



Výskumný ústav pôdoznactva
a ochrany pôdy Bratislava



Societas pedologica slovac



Lesnícka fakulta TU Zvolen



Katedra prírodného prostredia
Lesnickej fakulty TU Zvolen

Piate pôdoznalecké dni

Pôda - národné bohatstvo

Zborník príspevkov

15. - 16. október 2008
Sielnica, SR

Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy

Societas pedologica slovac

Lesnícka fakulta TU Zvolen

Katedra prírodného prostredia LF TU Zvolen

PIATE PÔDOZNALECKÉ DNI

Téma: pôda – národné bohatstvo

Zborník príspevkov

Sielnica, október 2008

Vedecký výbor

prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.
doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.
doc. Ing. Dr. Viliam Pichler, PhD.
RNDr. Emil Fulajtár, PhD.
doc. Ing. Juraj Chlpík, CSc.
Ing. Ján Kukla, CSc.

Organizačný výbor

doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
Ing. Ján Styk, PhD.
doc. Ing. Dr. Viliam Pichler, PhD.
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.
Ing. Erika Gömöröyová, PhD.
RNDr. Boris Pálka
Ing. Jozef Capuliak
Ing. Jozef Mališ

Editor: doc. Ing. J. Kobza, CSc.

Predslov

V dňoch 15. – 16. októbra 2008 sa uskutočnili v Sielnici pri Zvolene v poradí už piate pôdoznalecké dni Slovenska na tému: Pôda – národné bohatstvo. Boli organizované pod gesciou Výskumného ústavu pôdoznavectva a ochrany pôdy a Societas pedologica slovaci so sídlom v Bratislave v spolupráci s Katedrou prírodného prostredia Lesníckej fakulty TU Zvolen, Odborom pôdoznavectva a ochrany pôdy SAPV, Katedrou pedológie a geológie FAAPZ SPU Nitra, Katedrou pedológie PRIF UK Bratislava a Ústavom ekológie lesa SAV, Zvolen. Cieľom tohto vedeckého podujatia pôdoznalcov bolo prezentovať najnovšie poznatky pri ochrane pôdy a tvorbe legislatívy, hodnotení funkcií pôdy z hľadiska udržateľného využívania krajiny, ako aj hodnotenia vývoja a degradácie pôd vo vzťahu ku kvalite života. Vedeckého podujatia sa zúčastnili takmer všetci špecialisti zameraní na uvedené problematiky pôdoznavectva ako od nás, tak aj zo zahraničia (Česká republika, Maďarsko, Írsko), ako aj z decíznej sféry (MP SR Bratislava).

Dúfame, že predložené príspevky prinesú nové impulzy a názory pri hodnotení ochrany pôdy s ohľadom na jej postavenie a potrebu integrujúceho prístupu vo sfére ochrany životného prostredia, ako aj tvorby takej legislatívy, ktorá sa stane účinným nástrojom pri ochrane a ďalšom využívaní našich pôd a krajiny. Je to predsa naše národné bohatstvo. Príspevky sú publikované bez jazykovej úpravy.

doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
VÚPOP – RP Banská Bystrica
e-mail: kobza.vupop@bystrica.sk

Obsah (Contents)**Orálne prezentácie (oral presentations)**

Bielek P.	Legislatívna podpora ochrany pôdy: obsahové súvislosti a vývoj v zahraničí	9
Szallayová R.	Právna ochrana poľnohospodárskej pôdy	13
Kozák J.	Ochrana pôd a legislativa Európskej unie	21
Čurlík J.	Legislatívne problémy ochrany pôd na Slovensku	25
Vácha R., Čermák P., Skála J., Čechmáňková J., Horváthová V.	Možnosti legislatívnej úpravy aplikácie rybníčních a říčních sedimentů na zemědělskou půdu v ČR	31
Janků J.	Ekonomické ocenění znehodnoceného pozemku	39
Juráni B., Gregor J.	Funkcie pôdy z hľadiska udržateľného využívania krajiny	45
Bublinec E., Kukla J., Machava J., Farrell P.E., Dubová M.	Funkcia pôdy a bukového porastu pri sekvestracii uhlíka	49
Novák P., Vopravil J., Chramostová B., Lagová J.	Hodnocení produkčních a environmentálních funkcí půd	55
Sobocká J., Molčanová J.	Nové biofyzikálne kritériá pre delimitáciu území postihnutých prírodnými znevýhodneniami (LFA)	61
Bujnovský R., Vilček J.	Právne, ekonomické a etické aspekty ochrany poľnohospodárskej pôdy	69
Kobza J.	Vývoj a degradácia poľnohospodárskych pôd vo vzťahu ku kvalite života	77
Pichler V.	Vývoj a degradácia pôd vo vzťahu ku kvalite života	83
Várallya Gy.	Soil degradation processes and extreme moisture regime as limiting factors of soil multifunctionality and sustainable land use	89
Kukla J., Kuklová M., Sýkora A.	Vplyv obhospodarovania bučín na sukcesný vývoj fytocenóz a vlastností pôd	99
Prax A., Hybler V.	Výrazný antropický vliv na zamokření půd v poddolovaném území Plzeňské pánve	109

Posterové prezentácie (poster presentations)

Barančíková G., Makovníková J., Širáň M.	Identifikácia senzitívnych oblastí na základe monitorovania zmien pôdnej reakcie, obsahu organického hmoty a kompaktie	113
Bebej J., Janega A., Pichler V., Gómóryová E., Gregor J.	Inovované postupy na odber pôdnych vzoriek v neporušenom stave, prípravu pôdnych výbrusov a analýzu pôdneho skeletu	121

Benčaťová B., Kontriš J., Gregor J., Kontrišová O.	Výskum pôdných pomerov sekundárnych vápencových borín a bučín v Pieninskom národnom parku	129
Čurlík J.	Globálne funkcie pôd	135
Đurža O.	Arzén a magnetická susceptibilita pôd v povodí toku Kyjov	141
Fulajtár E.	Meranie erózie na Slovensku a v okolitých krajinách	147
Gómóryová E	Diverzita pôdných mikroorganizmov	155
Halas J., Nováková M.	Priestorová variabilita pôdných vlastností ako východisko racionálneho využívania pôdy a jej ochrany	161
Hrivňáková K., Grečo V. Bezáková Z., Píš V.	Spaľovanie dreva a jeho vplyv na životné prostredie Marianky	171
Kanianska R.	Bilancia plôch v Slovenskej republike s dôrazom na úbytky poľnohospodárskej a lesnej pôdy	179
Kontriš J., Kontrišová O., Gregor J.	Vplyv smrekových monokultúr na pôdne vlastnosti mezotrofných jedľobučín Spišskej Magury	187
Kontriš J., Kontrišová O., Gregor J., Malajterová N.	Vplyv smrekových monokultúr na pôdne vlastnosti Karpatských dubových lesov	193
Machava J., Bublinc E., Farrell P. E.	Ekologicko-produkčné vlastnosti a funkcie skupiny rendzinových pôd	199
Makovníková J.	Aktuálny stav a vývoj aktívneho hliníka v kambizemiach	207
Mališ J.	Možnosti využitia nedeštrukčných metód pri sledovaní hydrofyzikálneho stavu pôd v masíve Javoria	215
Novák P., Vopravil J., Chramostová B.	Mapové vyjádření retenční vodní kapacity půd České republiky	221
Novák P., Vopravil J., Khel T.	Mapové vyjádření využitelné vodní kapacity půd české republiky	229
Nováková K., Sobocký I.	Dynamika vlhkosti stredne ťažkých pôd Podunajskej nížiny bez vplyvu podzemnej vody	235
Pavlenda P.	Kvantifikácia zásob uhlíka v lesných pôdach	243
Petrášová V., Brtnický M., Foukalová J., Sřalková R., Pokorný E.	Vliv osevných postupů na vybrané vlastnosti potenciální respirace	251
Píš V., Hrivňáková K.	Hygienický stav pôd na vybraných pozemkoch katastra Sereď	257
Rampařeková Z.	Vývoj štruktúry poľnohospodárskej pôdy v jednotlivých obciach okresu Nitra	263

Richtr J.	Fosfor v půdním prostředí, jeho transport a metody stanovení	271
Semančíková E., Holcová V.	Matika půdy a hierarchické plánování krajiny	281
Styk J., Pálka B., Fulajtár E., Granec M.	Interaktívny model výpočtu intenzity pôdnej erózie (vhodný pre poľnohospodársku prax)	289
Šardíková, E.	Formovanie environmentálneho povedomia v oblasti využívania vody človekom	297
Šoltysová B., Kotorová D.	Vertikálna variabilita vybraných vlastností fluvizeme glejovej	301
Torma S., Halas J., Marinova S. Dimitrov P.	Možnosť využitia očistených vôd z čistiarní odpadových vôd pri zavlažovaní poľnohospodárskych pôd	309
Tužinský L., Gregor J., Pichler V.	Možné dopady klimatických zmien na vodohospodársku funkciu lesov-vodný režim pôdy	317
Vilček J.	Ochrana pôdy-princípy a mementá	323
Vlček V., Brtnický M., Pokorný E.	Vliv eroze na kvalitu a zdraví půd	331
Vopravil J., Janeček M., Tippl M., Khel T.	Mapové vyjádření erodovatelnosti půd České republiky	337
Vopravil J., Novák P., Vrabcová T.	Mapové vyjadrenie infiltračnej schopnosti pôd České republiky	345
Zaujec A.	Bilancie pôdneho organického uhlíka v ekologických hospodárstvach	351
Richard Pospíšil ¹ , Jozef Ržonca ² , Pavlína Vařeková ³ , Marie Svozilová ³	Kvalita pôdnej organickej hmoty pri rôznej intenzite hnojenia a využívania trávneho porastu	358
Alois Prax, Milan Palát, Vítězslav Hybler	Časová řada změn retenční kapacity půdy při antropogenním ovlivnění úrovně hladiny podzemní vody	365

LEGISLATÍVNA PODPORA OCHRANY PÔDY: OBSAHOVÉ SÚVISLOSTI A VÝVOJ V ZAHRANIČÍ

SOIL PROTECTION BY LAW: PRINCIPLES AND INTERNATIONAL DEVELOPMENT

Pavol Bielek

*Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôd, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: bielek@vupu.sk*

Abstrakt

Vývoj starostlivosti o pôdu bol historicky priamo závislý od vývoja a vyspelosti ľudských spoločností. Technický rozvoj najmä v 19. storočí vyvolal tlak na pôdu a súčasne aj požiadavky na jej právnu ochranu. Ochrana pôdy však zaostáva za vznikajúcimi problémami, čo je príčinou ich reálneho výskytu negatívne ovplyvňujúceho ekonomické, eko-sociálne a politické pomery v štátoch a ich spoločnostiach.

Kľúčové slová: ochrana pôdy, legislatíva

Abstract

Soil protection has been historically directly depended from human society development. Science and technology development mainly in 19. century induced negative pressure on soil and its quality and on legislation development as well. Soil protection is still behind of problems rise what lead to really existing impacts on soils, what simultaneously affects many economic, eco-social, and political situations in the countries and among of people.

Key words: soil protection, legislation

Vývoj starostlivosti o pôdu bol historicky podmienený vývojom nielen vedomia, ale aj z neho vyplývajúceho vzťahu človeka k pôde. Možno teda konštatovať, že vzťah človeka k pôde sa historicky vyvíjal ako súčasť jeho druhového vývoja a rozvoja jeho komunít. V najdávnejších dobách bola v obojstrannom vzťahu človeka a pôdy dominujúca pôda, ktorá mu umožňovala len takú úroveň využívania, ktorá zodpovedala jeho v tom čase ešte nízkej úrovni vedomia a „posielala“ ho z miesta na miesto, aby sa po jej kolonizácii mohla sama regenerovať, či dokonca zúrodniť. Stačili k tomu zákony a zákonitosti prírody.

Rozvoj civilizácie (a to aj zásluhou pôdy) umožnil narastajúci vplyv človeka na pôdu so snahou udržať sa (čo možno najdlhšie) na rovnakom území, k čomu bolo potrebné pochopiť aspoň tie najjednoduchšie princípy reprodukcie úrodnosti pôd a zásady jej

základnej ochrany. Napríklad už Rimania (a najmä Etruskovia) pri kolonizácii hornatého pobrežia Stredozemného mora stavali veľmi účinné terasoviská na ochranu pôdy pred eróziou (sú tam dodnes). Z týchto čias platí aj prísne vyžadovaná povinnosť využívať exkrementy zvierat na hnojenie pôd. Vytváral sa tým akýsi príkazný imperatív plnený hospodármi na pôde pod hrozbou trestu.

Rozhodujúcim zásahom do vzťahu človeka k pôde bolo priznanie vlastníckeho vzťahu k nej. Vznikol tak vyšší právne podložený záujem človeka o udržanie kvality pôdy pre seba a dokonca aj pre svojich potomkov. Najmä vládnuce vrstvy si začali uvedomovať, že kvalita života ľudí a bohatstvo nimi ovládaných území radikálne závisia od schopnosti chrániť a dobre využívať pôdu, až sa to stalo princípom bohatstva a moci ríš a vznikajúcich štátov. Pozitívne v tejto súvislosti vplývali aj správy o tom, že zlým hospodárením na pôde možno dokonca prísť o ríšu a uvaliť na obyvateľstvo hlad a na mnoho rokov aj zaostalosť (napr. Mezopotámia).

Človek stále viac prichádzal na to, že pôda je jeho istotou pre súčasnosť a nádejou pre budúcnosť. Tento princíp bol natoľko silný, že človek bol schopný viesť vojny a dobývať územia, okrem iného aj v nádeji, že mu získaná pôda pomôže k vlastnému rozvoju.

Rozhodujúcim vstupom do ochrany a využívania pôdy bola vedecko-technická „revolúcia“ so začiatkom v 19. storočí. Vznikla a rozvíjala sa aj samostatná veda o pôde, nastala epocha spoznávania pôd a objavili sa predtým nevídané prostriedky podporujúce rast úrod získaných na pôde (napr. priemyselné hnojivá). Rastúce poznania o pôde zvyšovali úroveň asistencie človeka pri získavaní úžitkov z pôdy, k čomu bolo potrebné prijímať regulačné opatrenia. Zásadne sa to „prevalilo“ na prelome 19. a 20. storočia, kedy sa začali odborné a legislatívne aktivity pozoruhodne akcelerujúce nový vývoj vzťahu človeka k pôde a k jej ochrane. Tu sú míľniky, ktoré treba v tejto súvislosti spomenúť:

- 1907: vznik Pôdnej služby na Islande
- 1924: vznik Pôdnej služby v USA
- 1952: založenie Európskej organizácie pre prieskum pôd (Belgicko)
- 1955: vznik pracovnej skupiny FAO pre klasifikáciu pôd
- 1956: prijatie zákona o ochrane poľnohospodárskej pôdy v ČSR
- 1959: vytvorenie pôdnej mapy Európy (1:2,5 mil.)
- 1972: prijatie Európskej charty o pôde (Rada Európy)
- 1982: prijatie Svetovej charty o pôde (OSN)
- 1982: prijatie Svetovej pôdnej politiky (OSN – UNEP)
- 1985: vytvorenie pôdnej mapy Európy (1:1,0 mil.)
- 1986: vytvorenie digitálnej verzie pôdnej mapy Európy (1:1,0 mil.)
- 1989: prijatie Zákona o ochrane pôdy Talianska
- 1993: prijatie Francúzskeho národného programu pre remediáciu pôd
- 1994: založenie Informačného kontaktného bodu pre pôdu (JRC Ispra)
- 1998: prijatie protokolu o ochrane pôdy v rámci Dohovoru alpských štátov (Bled)
- 1998: pracovné stretnutie „Politika ochrany pôdy v EÚ“ (Bonn)
- 1998: prijatie Zákona o ochrane pôdy Nemecka
- 1999: uskutočnenie Prvého európskeho fóra o pôde (Berlín)

- 2001: uskutočnenie Druhého európskeho fóra o pôde (Neapol)
- 2002: prijatie 6. environmentálneho akčného programu EÚ
- 2002: odsúhlasenie komunikácie k Tematickej stratégii o pôde (EÚ)
- 2003: vydanie revidovanej Európskej charty o pôde
- 2004: prijatie Akčného programu na ochranu pôdy Anglicka a Walesu
- 2006: návrh Rámcovej smernice na ochranu pôdy (EÚ)

Aj napriek obsiahlej podpore na medzinárodnej úrovni a právnomu zabezpečeniu na národných úrovniach, stále nie je ochrana pôdy dostatočne vykonávaná a zabezpečená. Príčinou nie sú len vecné, politické a spoločenské prekážky, vrátane nízkej vymožiteľnosti práva pri ochrane pôdy. Zdá sa, že potreba ochrany pôdy má aj odborné deficity na strane vedy, výskumu a ostatnej odbornej sféry a to najmä:

- nie sú dostatočne kvantifikované prínosy a následky z nekomoditných funkcií pôdy;
- nie sú aktualizované koncepty funkcií pôdy v netradičných oblastiach (rozvoj vidieka, sociálna situácia, vplyv na klímu, kvalita života, ...);
- nie sú kvantifikované funkcie jednotlivých vlastností pôd, alebo ich zoskupení (pôdna voda, pôdny vzduch, hĺbka pôdy, ...);
- nevieme uspokojivo prezentovať benefity z funkcií diferencovaného využívania pôd (lúka, les, mokrade, ...);
- nezaujímame sa o funkcie vyplývajúce zo stavu pôd (sucho, zamokrenie, ...);
- nie sú dostatočne vytvorené a prístupné prezentačné a informačné podpory na ochranu pôdy;
- nie je vytvorený ucelený koncept významu pôdy pri vzniku a riešení globálnych problémov sveta (hlad, energie, klimatická zmena).

Ochrana pôdy musí byť všeobecným štátnym a medzinárodným záujmom. Jej deficity ohrozujú ekonomický, eko-sociálny a politický stav a rozvoj krajiny. Naopak, prínosy z ochrany pôdy stabilizujú spoločnosť a prioritujú štáty v medzinárodnom priestore.

Dobrá ochrana pôdy je možná len s podporou kvalitnej odbornej sféry. Výskumné a odborné inštitúcie určené na spoznávanie pôdy a kreovanie opatrení na jej ochranu patria k povinným výbavám štátov a medzinárodných spoločenstiev.

PRÁVNÁ OCHRANA POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY PROTECTION OF AGRICULTURAL SOIL AND LEGISLATION

Rozália Szallayová

*Ministerstvo pôdohospodárstva SR-odbor pozemkových úprav, Dobrovičova 12,
812 66 Bratislava*

Právna ochrana poľnohospodárskej pôdy je v súčasnosti ustanovená právnymi predpismi a metodickými usmerneniami rezortu pôdohospodárstva. Výkon právnych predpisov v praxi zabezpečujú „orgány ochrany poľnohospodárskej pôdy“ – Ministerstvo pôdohospodárstva SR, krajské pozemkové úrady (8 KPÚ), obvodné pozemkové úrady (44 OPÚ) a „pôdna služba“ – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP).

Schváleniu právnych predpisov predchádzalo schválenie dokumentu „Zásady štátnej pôdnej politiky“ nasledovne:

- **Zásady štátnej pôdnej politiky** - schválené uznesením vlády SR č. 1141 6. 12. 2001
- **Zákon č. 518/2003 Z.z.** ktorým sa mení a dopĺňa zákon SNR č. 330/1991 Zb. o pozemkových úpravách, usporiadaní pozemkového vlastníctva, pozemkových úradoch, pozemkovom fonde a o pozemkových spoločenstvách v znení neskorších predpisov a o zmene niektorých zákonov (*kompetenčný zákon*)
- **Zákon č. 220/2004 Z. z.** o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 359/2007 Z. z.
- **Zákon č. 219/2008 Z.z.**, ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení zákona č. 359/2007 Z.z.
- **Nariadenie vlády SR**, ktorým sa ustanovujú podrobnosti o výške a spôsobe platenia z odvodov za odňatie poľnohospodárskej pôdy“ (*nariadenie bolo schválené vo vláde dňa 10.9.2008*)
- **Vyhláška MPSR č. 508/2004 Z.z.**, ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Výkon právnych predpisov v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy dopĺňajú **Metodické usmernenia MP SR** spracované na zabezpečenie jednotného výkonu špecializovanej štátnej správy na úseku ochrany poľnohospodárskej pôdy (MPSR, KPÚ, OPÚ) a Pôdnej služby (VÚPOP).

- **Metodické usmernenie MP SR a MVRR SR** č. MP SR – 4025/2004 – 430 MVRR - 2004-7343/24379-1:924/900 - Spoločné metodické usmernenie pre orgány ochrany poľnohospodárskej pôdy a orgány územného plánovania
- **Metodické usmernenie ÚGKK SR a MP SR číslo : 14/2005** vo veci spracovania technického podkladu k rozhodnutiu o odňatí poľnohospodárskej pôdy (kód BPEJ na GP)
- **Metodické usmernenie číslo: 737/2005-430** vo veci ťažieb nerastov na poľnohospodárskej pôde
- **Metodické usmernenie MPSR číslo: 4260/2006-910** na zabezpečenia jednotného výkonu ustanovení § 4 až 8 zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (*postup pôdnej služby a OPÚ*)
- **Metodické usmernenie číslo: 2595/2006-910** o postupe pri vybavovaní individuálnych žiadostí o prešetrenie kódu BPEJ
- **Metodické usmernenie číslo: 2341/2006 – 910** na zabezpečenie účelného využitia skrývky humusového horizontu poľnohospodárskej pôdy pri jej použití pre nepoľnohospodárske účely a na spracovanie dokumentácie bilancie skrývky
- **Metodické usmernenie číslo: 3187/2007-430** na posudzovanie návrhov na pestovanie rýchloraštinových drevín na poľnohospodárskej pôde
- **Metodické usmernenie číslo: 369/2008-430** pre orgány štátnej správy v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy k správnym poplatkom
- **Metodické usmernenie číslo: 367/2008-430** pre orgány štátnej správy v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy a v oblasti vinohradníctva a vinárstva

V druhej časti zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy v znení neskorších predpisov sú ustanovené zásady trvalo-udržateľného využívania poľnohospodárskej pôdy, obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy a ochrany jej vlastností takto:

§ 3

Starostlivosť o poľnohospodársku pôdu

(1) Každý vlastník poľnohospodárskej pôdy (ďalej len *vlastník*) alebo nájomca a správca poľnohospodárskej pôdy (ďalej len *užívateľ*) je povinný

- a) vykonávať agrotechnické opatrenia zamerané na ochranu a zachovanie kvalitatívnych vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy a na ochranu pred jej poškodením a degradáciou,
- b) predchádzať výskytu a šíreniu burín na neobrábaných pozemkoch, ak osobitný predpis^{2b)} neustanovuje inak“.

Poznámka pod čiarou k odkazu 2b znie:

„^{2b)} § 12 až 16 a § 26 zákona č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny v znení neskorších predpisov.“

c) zabezpečiť využívanie poľnohospodárskej pôdy tak, aby nebola ohrozená ekologická stabilita územia a bola zachovaná funkčná spätosť prírodných procesov v krajinnom prostredí,

d) usporiadať a zosúladiť poľnohospodársky druh pozemku s jeho evidenciou v katastri.

§ 4

Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred degradáciou

(1) Územie Slovenskej republiky ohrozené degradáciou poľnohospodárskej pôdy eviduje Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy v rámci odbornej činnosti pre oblasť ochrany poľnohospodárskej pôdy (ďalej len pôdna služba). **Pôdna služba** vykonáva prieskum poľnohospodárskych pôd a v oblastiach ohrozených degradáciou navrhuje ochranné opatrenia zamerané na jej zmiernenie a odstránenie.

(2) Ak pôdna služba zistí hrozbu poškodenia poľnohospodárskej pôdy alebo poškodenie poľnohospodárskej pôdy, alebo degradáciu poľnohospodárskej pôdy, orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) na jej návrh uloží vlastníčkovi alebo užívateľovi vykonať opatrenia na ochranu pred jej poškodením a degradáciou alebo opatrenia na odstránenie nežiaduceho stavu.

(3) Návrh pôdnej služby podľa odseku 2 obsahuje najmä

a) základné identifikačné údaje o poľnohospodárskom druhu pozemku podľa údajov katastra,

b) analýzu stavu ohrozenia poľnohospodárskej pôdy,

c) návrh opatrení na odstránenie hrozby poškodenia a degradácie poľnohospodárskej pôdy s prepočtom finančných nákladov.

§ 5

Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred eróziou

(1) Erózia poľnohospodárskej pôdy predstavuje úbytok povrchovej najúrodnejšej vrstvy poľnohospodárskej pôdy, úbytok živín, humusu, organickej hmoty, zníženie mikrobiologického života a stratu funkcií pôdy. Kategórie a limitné hodnoty pri erózii poľnohospodárskej pôdy sú uvedené v prílohe č. 1.

(2) Vlastník alebo užívateľ je povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznu ochranu poľnohospodárskej pôdy vykonávaním ochranných agrotechnických opatrení podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy, ktoré sú:

a) výsadba účelovej poľnohospodárskej a ochrannej zelene,

b) vrstevnicová agrotechnika,

c) striedanie plodín s ochranným účinkom,

d) mulčovací medziplodina kombinovaná s bezorbovou agrotechnikou,

- e) bezorbová agrotechnika,
- f) oševné postupy so striedaním plodín s ochranným účinkom,
- g) usporiadanie honov v smere prevládajúcich vetrov,
- h) iné opatrenia, ktoré určí pôdna služba podľa stupňa erózie poľnohospodárskej pôdy.

(3) Ak pôdna služba zistí eróziu poľnohospodárskej pôdy a nečinnosť vlastníka alebo užívateľa, orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) na jej návrh uloží opatrenia podľa odseku 2.

§ 6

Ochrana poľnohospodárskej pôdy pred zhutnením

(1) Zhutnenie poľnohospodárskej pôdy je nepriaznivý stav poľnohospodárskej pôdy zapríčinený zvýšením objemovej hmotnosti. Zhutnenie poľnohospodárskej pôdy vzniká v dôsledku nesprávnych osevných postupov a postupov hnojenia, nedostatočného vápnenia a nesprávneho používania poľnohospodárskej techniky.

(2) Vlastník alebo užívateľ je povinný pri využívaní poľnohospodárskej pôdy na poľnohospodársku výrobu vykonávať agrotechnické opatrenia, ktoré predchádzajú hrozbe zhutnenia poľnohospodárskej pôdy a zhutneniu poľnohospodárskej pôdy, a to najmä správnu voľbou plodín, osevných postupov a technológií obhospodarovania.

(3) Ak pôdna služba zistí zhutnenie poľnohospodárskej pôdy spôsobené nečinnosťou vlastníka alebo užívateľa, orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) na jej návrh uloží opatrenia podľa odseku 2.

(4) Limitné hodnoty objemových hmotností zhutnených poľnohospodárskych pôd sú uvedené v prílohe č. 1.

§ 7

Zásada bilancie pôdnej organickej hmoty

(1) Obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskej pôde sú podmienkou udržania jej optimálnych vlastností a funkcií.

(2) Vlastník alebo užívateľ je povinný vykonávať kontrolu bilancie pôdnej organickej hmoty a používať také spôsoby hospodárenia, ktoré nevyvolajú prekročenie limitnej hodnoty deficitu bilancie pôdnej organickej hmoty podľa prílohy č. 1.

(3) Ak pôdna služba zistí prekročenie limitnej hodnoty podľa odseku 4 spôsobené nečinnosťou vlastníka alebo užívateľa, orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) na jej návrh uloží vykonať organické hnojenie poľnohospodárskej pôdy.

(4) Limitné hodnoty ohrozenia obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty sú uvedené v prílohe č. 1.

§ 8**Ochrana poľnohospodárskej pôdy
pred rizikovými látkami**

(1) Každý, kto má podozrenie, že môže dôjsť k poškodeniu poľnohospodárskej pôdy rizikovými látkami, alebo zistí poškodenie poľnohospodárskej pôdy rizikovými látkami, je povinný túto skutočnosť ohlásiť príslušnému orgánu ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) alebo pôdnej službe.

(2) Za poľnohospodársku pôdu poškodenú rizikovými látkami sa považuje poľnohospodárska pôda, v ktorej sa aspoň jedna riziková látka nachádza v množstve nad limitnou hodnotou rizikových látok podľa prílohy č. 2.

(3) Na určenie obsahu rizikových látok v poľnohospodárskej pôde podľa odseku 2 je oprávnená len akreditovaná osoba.

(4) Každý, kto svojou činnosťou rizikovými látkami poškodí poľnohospodársku pôdu, je povinný bezodkladne vykonať opatrenia na odstránenie poškodenia. Ak tak neurobí, orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) tomu, kto poškodenie spôsobil, uloží opatrenia na odstránenie poškodenia poľnohospodárskej pôdy navrhnuté pôdnou službou.

(5) Orgán ochrany poľnohospodárskej pôdy (§ 23) na návrh pôdnej služby rozhodne o tom, že pozemok je kontaminovaný rizikovými látkami ohrozujúcimi zdravie alebo život ľudí a zvierat a že poľnohospodárske plodiny sa nesmú používať na výrobu potravín, krmív ani sa nesmú používať v potravinovom reťazci.

(6) Ak došlo k poškodeniu poľnohospodárskej pôdy rizikovými látkami podľa odsekov 2 a 4 priemyselnou činnosťou prevádzok, uloží v integrovanom povolení opatrenia na odstránenie poškodenia poľnohospodárskej pôdy orgán štátnej správy vo veciach integrovanej prevencie a kontroly znečisťovania.

Ministerstvo pôdohospodárstva SR so zámerom zabezpečenia jednotného výkonu ustanovení § 4 až 8 zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov spracovalo vzorový „návrh pôdnej služby“ a „rozhodnutia OPÚ“ pre ochranu vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy pred degradáciou, eróziou, zhutnením, deficitom pôdnej organickej hmoty, kontamináciou rizikovými látkami. So zreteľom na charakter, stupeň a rozsah poškodenia poľnohospodárskej pôdy alebo hrozby poškodenia pôdna služba spracuje návrh, ako podklad pre uloženie agrotechnických a iných opatrení na odstránenie poškodenia pôdy. Podľa ustanovení citovaného zákona je potrebné dodržať nasledovnú postupnosť:

1. Pri hrozbe poškodenia alebo poškodení vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy je povinný riešiť situáciu vlastník, užívateľ poľnohospodárskej pôdy (*na základe vlastného zistenia, podnetu orgánu ochrany poľnohospodárskej pôdy alebo pôdnej služby, prípadne upozornenia inej právnickej alebo fyzickej osoby*). Predpokladá sa, že

vlastník, užívateľ prijme a vykoná opatrenia na odstránenie hrozby a poškodenia poľnohospodárskej pôdy sám, prípadne po dohode s tým, kto hrozbu a poškodenie spôsobil.

2. OPÚ koná v prípade zistenia, že vlastník alebo užívateľ je nečinný

a) písomne vyzve vlastníka na vykonanie opatrení na odstránenie hrozby a poškodenia poľnohospodárskej pôdy (*záznam z terénneho šetrenia, ukladá opatrenia a termíny na vykonanie uložených opatrení*), účastníkom terénneho šetrenia podľa potreby je pracovník pôdnej služby,

b) rozhodnutím uloží opatrenia na odstránenie hrozby a poškodenia poľnohospodárskej pôdy

na podklade návrhu pôdnej služby.

Podľa ustanovenia § 4 zákona o ochrane pôdy Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany v Bratislave vykonáva prieskum ohrozených a degradáciou poškodených poľnohospodárskych pôd. Ak pôdna služba zistí hrozbu poškodenia poľnohospodárskej pôdy alebo priamo poškodenie poľnohospodárskej pôdy a nečinnosť vlastníka alebo užívateľa poľnohospodárskej pôdy, spracuje návrh na odstránenie nežiaduceho stavu na pôde.

Podľa ustanovení zákona návrh sa spracováva na ochranu poľnohospodárskej pôdy pred: - degradáciou (§4), eróziou (§5), zhutnením (§6), deficitom pôdnej organickej hmoty

(§7), kontamináciou rizikovými látkami (§8).

Podľa ustanovenia § 4 ods. 3

Návrh obsahuje:

- a) Základné identifikačné údaje o dotknutom poľnohospodárskom druhu pozemku podľa údajov katastra nehnuteľností
 - *katastrálne územie, parcelné číslo, druh pozemku, údaj o kóde BPEJ a jeho charakteristiku, užívateľ prípadne vlastník poľnohospodárskej pôdy,*
 - *kópia z katastrálnej mapy s farebným vyznačením územia - rozsahu poľnohospodárskej pôdy poškodenej, prípadne ohrozenej (vymerať v teréne jednoduchou meracou technikou- pásmom, siahou),*
- b) Analýza stavu ohrozenia poľnohospodárskej pôdy
 - *popis vizuálne zisteného ohrozenia, poškodenia poľnohospodárskej pôdy,*
 - *popis dopadu alebo možného dopadu ohrozenia, poškodenia vlastností poľnohospodárskej pôdy z pedologického hľadiska,*
 - *popis spôsobu zistenia konkrétneho charakteru, rozsahu a stupňa ohrozenia, poškodenia poľnohospodárskej pôdy (napríklad pri erózii § 5 ods. 1 zákona o ochrane pôdy, zhutnení, úbytku pôdnej organickej hmoty, kontaminácii rizikovými látkami),*
 - *popis odberu, spracovania a vyhodnotenia pôdnych vzoriek, ak poškodenie má charakter kontaminácie rizikovými látkami alebo, ak bol predpoklad kontaminácie pôdy,*
 - *podrobné vyhodnotenie zistenej hrozby a zisteného poškodenia, degradácie poľnohospodárskej pôdy so zreteľom na limitné hodnoty uvedené v prílohe č. 1a 2 zákona o ochrane pôdy.*

- súčasťou tejto časti môžu byť záznamy z terénneho šetrenia, záznamy s užívateľmi, vlastníkmi poľnohospodárskej pôdy, fotodokumentácia, a iné použité podklady.
- c) Návrh opatrení na odstránenie hrozby poškodenia, poškodenia vlastností a funkcií pôdy, degradácie poľnohospodárskej pôdy
 - pôdna služba vychádza zo zisteného poškodenia a hrozby poškodenia konkrétneho poľnohospodárskeho pozemku,
 - definuje a určuje konkrétne agrotechnické opatrenia na odstránenie konkrétnej hrozby poškodenia, poškodenia vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy a degradácie poľnohospodárskej pôdy, so zreteľom na ich aplikáciu na konkrétne parcely alebo časti parciel, a konkrétnemu vlastníkovi, užívateľovi poľnohospodárskej pôdy,
 - definuje a určuje lehoty, metódy a postupy na vykonanie agrotechnických opatrení na odstránenie konkrétnej hrozby poškodenia, poškodenia vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy a degradácie poľnohospodárskej pôdy, so zreteľom na metódy a postupy ustanovené v prílohe č. 1 a 2 zákona o ochrane pôdy, so zreteľom na konkrétne ustanovenie zákona napríklad § 5 ods. 2 zákona.

Návrh pôdnej služby bude premietnutý do rozhodnutia orgánu ochrany poľnohospodárskej pôdy – príslušný obvodný pozemkový úrad podľa § 4 až 8 zákona o ochrane pôdy, preto musí byť spracovaný na úrovni odborného podkladu pre právne úkony a ako listina preskúmateľná súdom.

1. Rozhodnutie o uložení opatrení na odstránenie hrozby poškodenia poľnohospodárskej pôdy (*erózia §5 , zhutnenie §6, úbytok organickej hmoty §7, kontaminácia rizikovými látkami §8*)
2. Rozhodnutie o uložení opatrení na odstránenie poškodenia poľnohospodárskej pôdy (*erózia §5 , zhutnenie §6, úbytok organickej hmoty §7, kontaminácia rizikovými látkami §8*)
3. Rozhodnutie o uložení opatrení na odstránenie degradácie poľnohospodárskej pôdy (*degradácia § 4 - iné poškodenie poľnohospodárske pôdy, ktoré nie je obsiahnuté v § 5 až 8*)

Zahájenie konania OPÚ oznámil v zmysle § 18 ods. 3 zák. č. 71/1967 Zb. o správnom konaní v zmysle neskorších predpisov listom účastníkom konania, a to vlastníkovi a užívateľovi p. pôdy s tým, že majú možnosť sa ku konaniu vyjadriť v konkrétnej časovej lehote.

Skutočnosť, že vlastnosti a funkcie poľnohospodárskej pôdy boli poškodené eróziou je preukázaná prešetrením pôdneho profilu v teréne (*zápis*), „návrhom pôdnej služby“, ktorú spracoval VÚPOP, ako organizácia rezortu pôdohospodárstva zodpovedná za odbornú činnosť pre oblasť ochrany poľnohospodárskej pôdy.

Podľa návrhu pôdnej služby je možné uloženými opatreniami vykonávať trvalú a účinnú protieróznou ochranu poľnohospodárskej pôdy.

Proti rozhodnutiu OPÚ je prípustné odvolanie podľa zákona o správnom konaní.

Rozhodnutie je po vyčerpaní riadnych opravných prostriedkov podľa zákona o správnom konaní a nadobudnutí právoplatnosti preskúmateľné súdom.

Biele plochy a ľahké samonálety na poľnohospodárskej pôde

1. Biele plochy

Pojem „**biela plocha**“ je vo všeobecnosti vysvetľovaný ako dlhodobó zalesnená poľnohospodárska pôda, ktorá je vhodná na zmenu druhu pozemku na lesný pozemok. Z praxe na úseku ochrany pôdy je nám známe, že ide o viac ako 10 ročné porasty lesných drevín na poľnohospodárskej pôde.

Je však treba zdôrazniť, že ide o plochy poľnohospodárskej pôdy (evidovaná v registri „C“ katastra nehnuteľností ako konkrétny „poľnohospodársky druh pozemku“, napríklad trvalý trávny porast, orná pôda), ktoré majú v skutočnosti charakter lesného pozemku, zodpovedajú druhu pozemku „lesný pozemok“, ktorý je porastený lesnými drevinami, a ktorý slúži na plnenie funkcií lesov.

Inventarizáciou potvrdená výmera bielych plôch je približne 275 tis. ha.

2. Ľahký samonálet

Plochy dlhodobó zanedbanej poľnohospodárskej pôdy s porastom krovín a drevín – tzv. ľahký samonálet, nie sú vhodné na preradenie medzi lesné pozemky pretože nemajú charakter lesného pozemku. Obhliadkou v teréne je možné zistiť, že ide o 5 až 15 ročné krovínové a stromové samonálety. Takto zanedbanú poľnohospodársku pôdu je možné vrátiť do pôvodného stavu odstránením porastu drevín a rekultivačnými opatreniami na pôde alebo ju po rekultivácii zalesniť.

Pre tieto plochy sa nepoužíva špeciálny pojem, je však potrebné uviesť, že ide o dlhodobó zanedbanú základnú starostlivosť o poľnohospodársku pôdu, najmä o trvalé trávne porasty. Tento úkaz „zanedbania starostlivosti o pôdu“ súvisí so zmenou hospodárenia na poľnohospodárskych pôdach po roku 1990, často súvisí s ich opustením a následným postupným rozširovaním týchto plôch.

Výmeru plôch „ľahkého samonáletu“ si nedovolím prezentovať ani odhadom.

OCHRANA PŮD A LEGISLATIVA EVROPSKÉ UNIE

SOIL PROTECTION AND LEGISLATION OF EU

Josef Kozák

Katedra pedologie a ochrany půd

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Česká zemědělská univerzita v Praze

Abstract

Soil is essentially a non-renewable resource and a very dynamic system which performs many functions and delivers services vital to human activities and ecosystems survival. Information available suggests that, over recent decades, there has been a significant increase of soil degradation processes, and there is evidence that they will further increase if no action is taken. This statement of the prepared Framework Directive is applied on the situation in the Czech Republic and the examples of practical solutions of the tasks which arised from the above mentioned Directive are given.

Key words: Soil protection, legislation of EU, soil degradation processes, threats to soil

Evropský parlament a Evropská komise došli k názoru, že výrazně se zhoršující stav evropských půd je nutné řešit radikálním způsobem a přikročily tudíž k vytvoření legislativního rámce pro ochranu půd. Zhoršující se stav půd byl pozorován delší dobu a projevoval se nejen klesající produkční schopností půd, ale i jejich snižující se schopností plnit mimoprodukční funkce. Současně byl zaznamenáván soustavný a výrazný úbytek půdního pokryvu jako takového. Alarmující údaje byly dokumentovány snímky z dálkového průzkumu Země, jakož i výsledky mapování využití krajiny v rámci projektu CORINE.

Byl konstatován poznatek, pedologům dávno známý, že půda je v zásadě neobnovitelným zdrojem, že její degradace může být rychlá, zatímco procesy jejího vytváření a regenerace jsou extrémně pomalé. Jedná se o velmi dynamický systém, který plní mnoho funkcí a poskytuje služby nezbytné pro lidskou činnost a pro přežití ekosystémů. Těmito funkcemi je produkce biomasy, zadržování, filtrování a transformace živin a vody, působení jako zásobárna biodiverzity, působení jako platforma pro většinu lidských činností, poskytování surovin, působení jako zásobárna uhlíku a místo, kde je uchováno geologické a archeologické dědictví. Je známo, že při extrémní dešťové srážce (jev čím dál častější) může být vodní erozí zničena povrchová vrstva půdy, zatímco tvorba 1cm půdy může trvat až tisíce let. Obdobná je situace v oblastech trpících větrnou erozí.

Degradace půdy nebo zlepšování stavu půdy má velký vliv na další oblasti, které jsou v zájmu Společenství, jako je ochrana povrchových a podzemních vod, lidské zdraví, změna klimatu, ochrana přírody a biodiverzity a bezpečnost potravin.

Půda je dle navržené rámcové směrnice přírodním zdrojem ve veřejném zájmu, který je pod zvyšujícím se environmentálním tlakem a je potřeba jej chránit před degradací **pro něj samotný**. Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 1600/2002/ES ze dne 22. července 2002, kterým se stanovil Šestý akční program Společenství pro životní prostředí, zahrnuje cíl chránit přírodní zdroje a podporovat udržitelné využívání půdy. Sdělení Komise Evropskému parlamentu a Radě "Směrem k tematické strategii ochrany půd" vyjmenovává osm hlavních procesů degradace půdy, kterým čelí půdy v EU. Jedná se o erozi, snižování obsahu organické hmoty, kontaminaci, zasolení, zhutnění, ztrátu biodiverzity půdy, nepropustné překrývání povrchu (sealing), sesuvy půdy a zaplavení. Současný stav vědeckého poznání biodiverzity půdy a jejího chování je příliš omezený na to, aby bylo možné do této směrnice zahrnout konkrétní ustanovení zaměřená na její ochranu. Prevenci a zmírňování dopadů povodní řeší návrh Směrnice Evropského parlamentu a Rady o vyhodnocování povodní a protipovodňových opatřeních.

Bylo konstatováno, že v členských zemích je velmi vysoká variabilita půdy a existují veliké rozdíly v jejím strukturním, fyzikálním, chemickém a biologickém stavu jak v jednotlivých profilech, tak mezi půdami. Tyto rozdílné podmínky a potřeby v členských zemích by měly být brány v úvahu, jelikož jsou z těchto důvodů nutná různá konkrétní řešení pro identifikaci ohrožených oblastí, definování cílů a provedení vhodných opatření k zajištění ochrany půd.

Legislativa členských zemí, například pokud jde o odpady, chemikálie, prevenci a kontrolu průmyslového znečišťování, změnu klimatu, vodu a zemědělství a rozvoj venkova, zahrnuje některá ustanovení týkající se ochrany půd, avšak tato opatření nejsou formulována tak, aby chránila všechny půdy proti všem procesům degradace, a nejsou na to dostatečná. Je tudíž nutné vytvořit koherentní a účinný legislativní rámec definující společné principy a cíle zaměřené na ochranu a udržitelné využívání půdy v členských zemích.

Byla též konstatována nutnost společného rámce pro vyjádření snah členských států o zlepšení ochrany půd a jejich udržitelné využívání, pro kontrolu přeshraničních dopadů degradace půdy, pro ochranu vodních a suchozemských ekosystémů a pro prevenci narušení konkurence mezi ekonomickými subjekty.

Výrazným bodem sváru při přípravě směrnice bylo přijetí definice půdy. Tato směrnice se vztahuje na půdu, která tvoří vrchní vrstvu zemské kůry nacházející se mezi matečnou horninou a povrchem, s výjimkou podzemní vody jak je definována v článku 2(2) směrnice 2000/60/ES Evropského parlamentu a Rady.

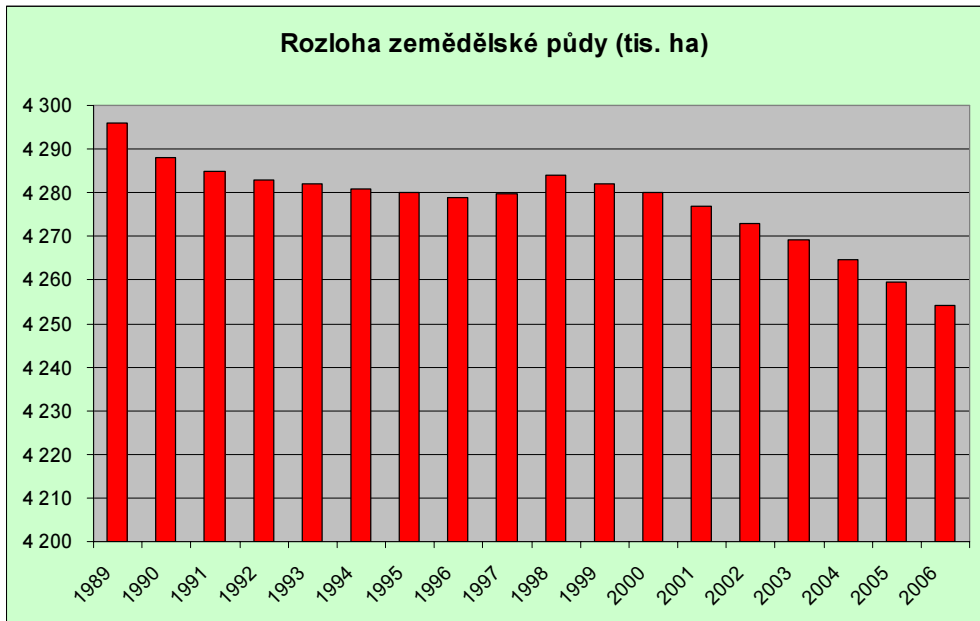
Pro účely této směrnice platí následující definice:

"nepropustné překrývání povrchu" je trvalé překrytí povrchu půdy nepropustným materiálem;

"nebezpečné látky" jsou látky nebo přípravky ve smyslu Směrnice Rady 67/548/ES a Směrnice Evropského parlamentu a Rady 1999/45/ES.

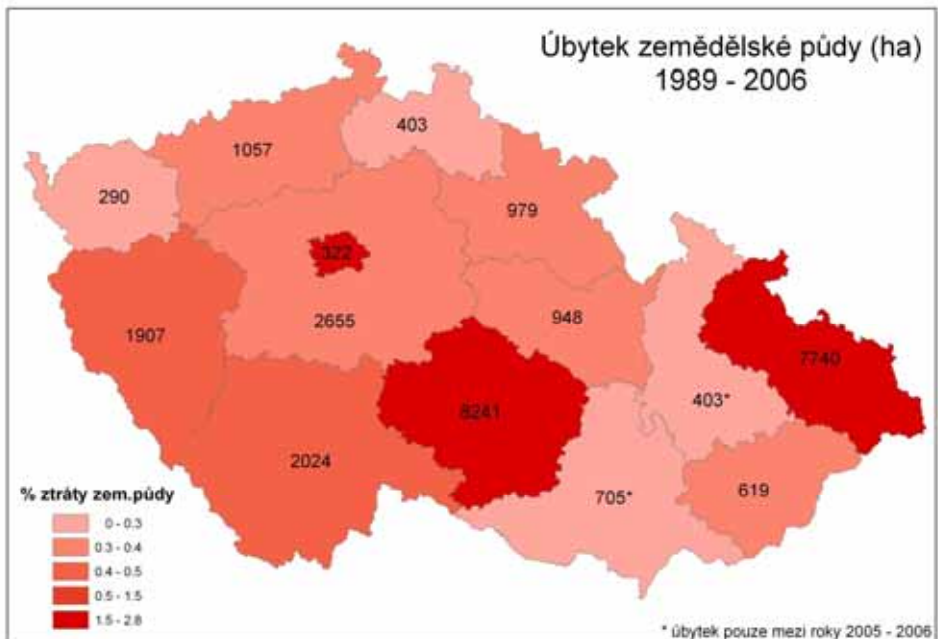
Velice důležitou hrozbou pro půdní pokryv je právě nepropustné překrývání povrchu půd (sealing), který má za následek celou řadu dopadů na další složky životního prostředí. Současně představuje velmi citlivý politický problém, neboť je spojen s růstem HDP. Vývoj úbytku rozlohy zemědělské půdy v ČR v letech 1999 – 2006 je patrný z obr. 1.

Obr.1



Na obr. 2 je patrné, že úbytek půdy je na území ČR značně nerovnoměrný.

Obr. 2



Celkový úbytek v ČR mezi lety 2002 a 2006 byl 18 393 hektarů ..., to je 10 ha/den!! (odpovídá ploše 14 fotbalových hřišť)

Identifikace oblastí ohrožených erozí, snižováním obsahu organické hmoty, zhutněním, zasolením a sesuvy půdy

Tyto hrozby by podle navrhované směrnice měly být vyčleňovány podle jednotných principů.

Během pěti let od [data transpozice] členské státy na vhodné úrovni identifikují v rámci svého národního území ty oblasti, kde jsou přesvědčivé důkazy nebo oprávněné důvody pro podezření, že zde došlo k jednomu nebo více z následujících procesů degradace půdy nebo je pravděpodobné, že k němu dojde v blízké budoucnosti, dále označované jako "ohrožené oblasti":

- (a) vodní nebo větrná eroze;
- (b) snižování obsahu organické hmoty způsobené stálým sestupným trendem v podílu organické frakce půdy, s výjimkou nerozložených rostlinných a živočišných zbytků, produktů jejich částečného rozkladu a půdní biomasy;
- (c) zhutnění prostřednictvím zvýšení objemové hmotnosti a snížení pórovitosti půdy;
- (d) zasolení prostřednictvím hromadění rozpustných solí v půdě;
- (e) sesuvům půdy způsobeným středně rychlým až rychlým pohybem mas půdy a horninového materiálu ze svahu.

Pro účely této identifikace, ve vztahu ke každému z těchto procesů degradace půdy, členské státy použijí alespoň prvky uvedené v Příloze I a budou brát v úvahu účinky těchto procesů na zhoršování emisí skleníkových plynů a rozšiřování pouští.

Spojený výzkumný ústav EU pro setrvalý rozvoj v Ispře vypracoval návrh metodiky pro identifikaci ohrožených oblastí, na které se též podíleli někteří členové Katedry pedologie a geologie (Eckelmann a kol. 2006)

Členské státy podle návrhu směrnice vytvoří vhodné mechanismy pro financování nápravy stavu kontaminovaných lokalit, v jejichž případě na základě principu "znečišťovatel platí" nelze identifikovat osobu zodpovědnou za znečištění nebo ji nelze činit zodpovědnou za znečištění podle legislativy Společenství nebo národní legislativy nebo ji není možné přinutit k tomu, aby nesla náklady nápravy stavu.

Pokud bude výše popsaná směrnice přijata a implementována, že výrazným způsobem přispěje k ochraně půd v zemích EU.

Použitá literatura

- EC 2006: Proposal for a directive of the European parliament and of the council establishing a for the protection of soil and amending. Directive 2004/35/EC
- ECKELMANN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRE, F., HOUŠKOVÁ, B., JONES, R.J.A., KIBBLEWHITE, M.G., KOZAK, J., LE BAS C., TÓTH, T., VÁRALLAY, G., YLI HALLA, M., ZUPAN, M. (2006): Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 94pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg

LEGISLATÍVNE PROBLÉMY OCHRANY PÔD NA SLOVENSKU

LEGISLATIVE PROBLEMS OF SOIL PROTECTION IN SLOVAKIA

Ján Čurlík

*Katedra geochémie PRiFUK Bratislava, Mlynská dolina, 817 14 Bratislava
e-mail: curlik@fns.uniba.sk*

Abstrakt

V tomto príspevku sa rozoberajú niektoré praktické problémy spojené s uplatňovaním zákona 220/2004. Tento zákon je orientovaný len na ochranu poľnohospodárskych a nie lesných pôd. Medzi iné slabé miesta tohto zákona patria limity, ktoré nezohľadňujú reálne prírodné podmienky Slovenska a pestrosť pôd, u ktorých sú fónové obsahy často väčšie ako limity. Súčasne poukazuje na slabé ochranné funkcie niektorých príbuzných zákonov, najmä tých zameraných na ochranu vody, prírody, lesov, ktoré tým zoslabujú účinnosť zákonov. Napokon časť príspevku je venovaná potrebe integrovaného prístupu k ochrane pôdy a vody

Kľúčové slová: ochrana pôd, zákon na ochranu pôd (220/2004), integračný princíp ochrany v systéme pôda-voda

Abstract

In this paper some practical problems of recent soil protection act (220/2004) application are briefly discussed. This act was adopted in 2004 y. and is devoted to agricultural soils whilst forest soils are not tackled. Another weak points of this act, namely soil limits, do not fit to real soil conditions as natural background values for some elements are higher than soil limits. Low protective values for soils of some protection oriented laws as for water, nature and forest protection, are mentioned. Finally, an integration principal for soil-water protection and soil act revision is advocated.

Key words: soil protection, soil protection law 220/2004, integration soil-water protection

Úvod

Pôda je multifunkčný prírodný útvar (pedosféra) a patrí medzi základné zložky životného prostredia. Dáva nesmierne veľa človeku a ostatným živým organizmom ale nezaslúžene málo pozornosti sa jej dostáva z vedeckej, politickej a rozhodovacej sféry. Zasluguje si preto rovnakú ochranu ako ostatné zložky- voda a ovzdušie. Pôdu treba chrániť ako produkčný útvar ale súčasne ako útvar, ktorý rozhoduje o kvalite dopestovaných plodín, o kvalite vody a ovzdušia. Preto treba chrániť funkcie a vlastnosti pôd, výmeru, chrániť pôdu pred znečistením a sanovať ju, ak došlo k degradačným zmenám. Podobné ambície si dáva v záhlaví aj Zákon 220/ 2004 „o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona 245/2003 Z.z.

o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov“ ktorý ustanovuje ochranu vlastnosti a funkcií pôd, ochranu pred degradáciou a zábermi poľnohospodárskych pôd.

Tento zákon, ako aj niektoré príbuzné zákony, má celý rad medzier, o ktorých je potrebné diskutovať. Autor, vzhľadom na tematiku pôdoznaleckých dní predkladá tento príspevok v snahe podporiť diskusiu o problémoch legislatívy a poukázať na medzery v zákonoch a potrebu zlepšenia ich účinnosti.

Legislatívne problémy ochrany pôd na Slovensku

Pôda (pedosféra) je celostný prírodný útvar (sféra) bez ohľadu na to či je to lesný alebo poľnohospodársky fond. Plní rôzne *ekologické (environmentálne), socio-ekonomické a globálne funkcie*. Všetky pôdy treba chrániť pred znečistením, eróziou a inými druhmi degradácie, udržateľne využívať a zveľaďovať. Možno pripustiť, že sa to dá v niektorých činnostiach robiť sektorovo (poľnohospodárske, lesné pôdy). No napríklad znečistenie pôd, ktoré môže ohroziť povrchové a podzemné vody, rastliny a zdravie človeka musíme sledovať vo vzťahu k prírodným (geogénnym) alebo antropogénnym zdrojom. Tieto zdroje môžu byť situované v lesných aj v agroekosystémoch.

Spomenutý **Zákon 220/ 2004**, sa obmedzuje len na poľnohospodársky využívané pôdy. Pritom lesný zákon sa problematikou nezaobrá. Zákon, ktorý by bol venovaný znečisteným územiám- lokalitám (contaminated sites), či krajinám (land) osobitne, doposiaľ nie je vypracovaný. Jeho „draftové“ verzie, ktoré sú pripravované na MŽP SR, sa vyhýbajú poľnohospodárskym pôdam (kompetenčné spory). Pre lesné pôdy nie sú záväzné limity kontaminácie.

Vo vzťahu k tematike znečistenia najväčším nedostatkom uvedeného zákona je, že nezohľadňuje systematicky overené geochemické poznatky o fónových koncentráciách prvkov v pôdach a o ich prirodzenej plošnej variabilite. Už nepatrné prekročenie fónových hodnôt posúva niektoré pôdy do skupiny kontaminovaných. Pritom v niektorých skupinách pôd (podzoly, litozeme, rendziny) sú fónové koncentrácie vyššie ako prijaté limity (Tab.1) Napríklad fónové (mediánové) hodnoty pre Cr v pôdach Slovenska sú 87 mg.kg^{-1} v C-horizontoch (Čurlík - Šefčík, 1999). Prakticky viac ako 75% našich pôd spadá do pôd kontaminovaných Cr. Podobne fónové hodnoty pre F prekračujú u viacerých skupín 400 mg.kg^{-1} (pararendziny, gleje, čiernice, litozeme).

Naproti tomu limity pre ortuť sú neopodstatnene vyššie a tak mnohé kontaminované pôdy zostávajú v kategórii čistých pôd. Pritom obsah ortuti nie je funkciou zrnitosti ale obsahu organických látok, ktorých obsah sa v tomto prípade nezohľadňuje.

Celkové obsahy fluóru v našich pôdach pohybujú od menej ako 300- 17200 mg.kg^{-1} (priemer 350 mg.kg^{-1} - C-hor. (Čurlík - Šefčík, 1999)). Prípustné koncentrácie vodorozpustného fluóru v limitoch sú 5 mg.kg^{-1} . Môže sa stať, že v rôznych pôdach s obsahom zvetrateľných minerálov s F (sľudy, apatity, fluorit), budú tieto hodnoty prekročené. V niektorých limitoch pre pôdy (napr. v Nemecku) sú prípustné koncentrácie vodorozpustného fluóru až 20 mg.kg^{-1} . Preto je náš limit v tomto prípade príliš striktný. Nemožno čistiť pôdy pod fónovú hodnotu v ekonomicky únosnej miere. V súčasnosti sa podľa morfogenetickej klasifikácie (Kolektív,2000) zrnitosť pôd (zrnitostné triedy) hodnotí v ternárnom systéme. Podľa zákona sa zotráva v staršom v binárnom, čo bráni jeho adaptácii pre hodnotenie zemín a sedimentov.

Uvedené problémy nové kritéria pre identifikáciu rizikových oblasti kontaminácie (Kobza a kol. 2007) prekenujú len čiastočne.

Tab.1 Limity obsahov potenciálne toxických stopových prvkov rozsahy ich koncentrácie a percentuálny podiel nadlimitných pôd v SR

Prvky	Holandské limity (1995) (target values)	Rozhodnutie MP SR531/1994-540	Z. 220/2004 na ochr. pôd *	Fón v SR (C-hor. medián) (Čurlík-Šefčík, 1999)	Rozsahy konc. (%nadlimitných pôd)
As	29	29	10	6,6	2,3- 22432 (25%)
Ba	200	500		387	10-8948 (20%)
Be (?)		3		1,4	0,2-9,7 (5%)
Cd	0,8	0,8	0,4	0,1	0,1- 17,8 (10%)
Co	20	20	15	10	4-117 (20%)
Cr	100	130	50	87	5- 6096 (75%)
Cu	36	36	30	17	1-12500 (20%)
Hg	0,3	0,3	0,15	0,05	0,3- 0,8 (10%)
Mo	10	1		0,5	0,2-57 (25%)
Ni	35	35	40	28	2- 2066 (25%)
Pb	85	85	25	14	2-- 3258 (25%)
Sb (?)				0,5	0,1-1165 (?)
Se (?)		0,8	0,25	0,05	0,1-36 (2%)
Sn (?)		20		4	0,5- 81 (?)
V		120		82	3-518 (?)
Zn	140	140	100	55	3– 14925 (10%)
F			400	350	300- 17200(25%)

Slabá prepojenosť zákonov na ochranu životného prostredia

Pomerne veľa problémov v ochrane jednotlivých zložiek životného prostredia (pôda, voda, ovzdušie, príroda, krajina) pramení k kompetenčnej rozpornosti. Tieto zákony sa prijímajú na Ministerstve pôdohospodárstva a Ministerstve životného prostredia SR. Komunikácia je buď nedostatočná, alebo sa nevenuje dostatočná pozornosť priekovému a interdisciplinárnym problémom a otázkam. To zoslabuje vzájomnú zákonnú podporu a účinnosť zákona. Stručne sa dotkneme len niektorých problémov:

Zákon 326/2005 o lesoch ustanovuje účel zákona, podľa ktorého je treba zachovať, zveľaďovať a ochraňovať les ako zložku životného prostredia (vrátane jeho funkcií), zabezpečiť trvalo udržateľné hospodárenie v lesoch. Chápe les tradične ako *ekosystém* (vzduch, rastlinné a živočíšne druhy, pôdy s jej vodným a vzdušným režimom). Z toho by vyplývalo, že zákon bude ochraňovať aj funkcie pôd, čiže aj ochranu pred degradáciou. Zákon zostáva len pri týchto proklamatívnych ustanoveniach ale prakticky sa nezaobrá problematikou ochrany lesných pôd. Treba položiť otázku, či vyrábaný les –lesná pôda už neplní žiadne funkcie a nepotrebuje ochranu?

Zákon Národnej rady 287/1994 na ochranu prírody a krajiny hovorí o ekologickej stabilite prírody a krajiny. Ochrana prírody a krajiny rozumie ako prevenciu a obmedzenie dopadov, ktoré ohrozujú poškodzujú alebo deštruujú podmienky života a jeho formy, kultúrne dedičstvo a krajinné celky, znižujú ekologickú stabilitu krajiny a odstraňujú dôsledky nepriaznivých dopadov. Neobsahuje ani jedno ustanovenie o pôde ani o tom, že aj niektoré chránené územia môžu byť difúzne kontaminované a ohrozené.

Zákon 326/2005 o lesoch ustanovuje účel zákona, podľa ktorého je treba zachovať, zveľaďovať a ochraňovať les ako zložku životného prostredia, (vrátane funkcií), zabezpečiť trvalo udržateľné hospodárenie v lesoch. Chápe les tradične ako *ekosystém* (vzduch, rastlinné a živočíšne druhy, pôdy s jej vodným a vzdušným režimom). Z toho by vyplývalo, že zákon bude ochraňovať aj funkcie pôd, čo znamená aj ochranu pred degradáciou. Zákon zostáva len pri týchto proklamatívnych ustanoveniach ale prakticky sa problematikou ochrany lesných pôd nezaobera.

Úplne kontroverzne vyznieva tiež *Vyhláška 338/2005 MP SR*, ktorá ustanovuje odbery a analytiku pôd na agrochemické skúšanie, ktorá sa využíva aj v monitoringu pôd.

Potreba integrovaného prístupu k ochrane v systéme pôda- voda.

Funkčnosť v celom systéme rieka- sediment- podzemná voda- pôda závisí od základných biogeochemických procesov, ktoré určujú filtračnú a pufračnú schopnosť pôd a sedimentov. Znečistenie prírodných zložiek, akými sú atmosféra, pôda a voda má negatívny dopad na kvalitu a kvantitu vody. Prispievajú k tomu aj globálne zmeny klímy, zmeny využitia pôdy a krajiny. Lepšie poznanie tohto systému, ako celku, nám umožňuje poznať dôležité procesy v systéme, rozhodujúce pre poznanie negatívnych trendov vo vývoji kvality vôd.

Súčasný poznatky o individuálnych systémoch, a nadväzne na to legislatívne nástroje, nie sú adekvátne na riešenie týchto problémov. Východiskom by mal byť integrovaný manažment povodí založený na poznaní jednotlivých rizík, ktorý má oporu v *zákone 364/2004 (Vodný zákon)*. Plány manažmentu povodí v zmysle tohto zákona sa majú vypracovať do r. 2013. Tento zákon má ambíciu „zabrániť vnikaniu znečisťujúcich látok do podzemných vôd, aby nedošlo k zhoršovaniu stavu útvarov podzemných vôd“. V tomto zákone je zakotvená povinnosť sledovať také prvky a ich zlúčeniny ako: Ag, As, Ba, Be, B, Cd, Cu, Co, Hg, Ni, Cr, Pb, Se, Sb, Sn, Mo, Tl, Te, Ti, U, V. Viaceré z týchto prvkov sa v pôde vôbec nesledujú (Ag, Ba, Be, B, Mo, Sn, Tl, Te, U, V). Z hľadiska ochrany kvality podzemných vôd je nesmierne dôležitý integrovaný prístup k ochrane aj k postaveniu limitov v systéme pôda- voda. Chrániť vodu, znamená predovšetkým chrániť pôdu, cez ktorú dochádza k transformácii povrchových vôd na podzemné.

O pôdach v uvedenom zákone nie sú prakticky žiadne ustanovenia. Vzniká teda otázka ako možno zhodnotiť dopady ľudských činností na stav povrchových a podzemných vôd a vypracovať ekonomické analýzy nakladania s vodami, keď o zdrojoch znečistenia nevieme takmer nič.

Sila každého zákona je nielen v jeho vykonateľnosti a v kontrole dodržiavania ale aj vo vzájomnom podopretí v náväzných alebo príbuzných zákonoch. Toto medzisektorové prepojenie v našich zákonných normách najmä vo vzťahu k pôdam prakticky chýba. Konkrétne pre ochranu pôd vyplýva z uvedeného potreba riešiť tieto problémy prierezovo, v nadväznostiach na ochranu všetkých zložiek životného prostredia.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore grantu VEGA č. 1/0238/08.

Acknowledgments

This study was financially supported by the Slovak Grant Agency project VEGA no. 1/0238/08.

Literatúra

- ČURLÍK, J., ŠEFCÍK, P., 1999: Geochemický atlas Slovenskej republiky. Časť V.-Pôdy. VÚPOP Bratislava, 100 s. + 83 máp.
- ČURLÍK, J., 2007: Prírodná variabilita zloženia, obohatenie a problémy hodnotenia kontaminácie pôd Slovenska. In: Ďurža, O. (Edit.): Geochémia 2007. Zbor. Referátov PRiFUK a ŠGÚDŠ Bratislava.
- KOBZA, J., BEZÁK, P., HRIVŇÁKOVÁ, K., MEDVEĎ, M., NÁČINIÁKOVÁ, Z., 2007: Kritéria pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie poľnohospodárskych pôd a metodické postupy ich hodnotenia. VÚPOP Bratislava, 37 str.
- KOLEKTÍV, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska VÚPOP Bratislava, 74 str.
- MP SR Bratislava, 2004: Zákon 220/ 2004 O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- MP SR, 2005: Zákon 326/2005 o lesoch.
- MP SR, 2005: Vyhláška 338/2005 Ministerstva pôdohospodárstva SR (agrochemické skúšanie).
- MŽP ČR, 1992: Zákon 334/1992 Sb. o ochrane zemédělského půdního fondu.
- Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) vom 17.Juli 1999. BGBl I, Nr.36 vom 16.7.99, S.1554.
- Gesetz zum Schutz des Bodens, BGBl.I, G 5702, Nr. 16 vom 24.3.98, S.502–510.
- Zákon Národnej rady 287/1994 na ochranu prírody a krajiny.

MOŽNOSTI LEGISLATIVNÍ ÚPRAVY APLIKACE RYBNIČNÍCH A ŘÍČNÍCH SEDIMENTŮ NA ZEMĚDĚLSKOU PŮDU V ČR

POSSIBILITIES OF LEGISLATIVE IMPROVEMENT OF POUND AND RIVER SEDIMENTS APPLICATION ON AGRICULTURAL SOIL IN CZECH REPUBLIC

Radim Vácha¹, Pavel Čermák², Jan Skála¹, Jarmila Čechmánková¹,
Viera Horváthová¹

¹Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, Praha 5, 156 27
Zbraslav, Česká republika

²Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský, Hroznová 2, Brno, 656 06,
Česká republika

Abstrakt

Rybniční a říční dnové sedimenty vznikají usazováním částic a vzhledem k udržení požadovaného stavu vodních toků a nádrží musí být periodicky těženy. Odtěžené sedimenty pak představují, vzhledem k jejich významným objemům, problém z pohledu jejich dalšího využití nebo likvidace. V České republice nebyla v tomto směru doposud schválena legislativní úprava, v současné době probíhá připomínkové řízení předloženého návrhu vyhlášky. Zároveň bylo zahájeno řešení projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum, číslo QH 82 083, který koordinuje naše pracoviště, zaměřeného na vliv aplikace sedimentů na kvalitu zemědělské půdy, z hlediska obsahu rizikových prvků a perzistentních organických polutantů v sedimentech a jejich vlivu na půdní vlastnosti. Poznatky, získané v sérii laboratorních, nádobových a parcelových pokusů, mikrobiálních a ekotoxikologických testů, budou využity k doplnění a zpřesnění současného stavu návrhu vyhlášky.

Klíčová slova: rybniční a říční sedimenty, zemědělská půda, rizikové prvky, perzistentní organické polutanty

Abstract

River and pound sediments are sedimentary products and for sustainable state of river or pound environment must be removed periodically. The use or liquidation of the sediments presents a real problem thanks to their huge mass. The legislative regulation of this problem is not yet available in the Czech Republic and the proposal of the act is processed in the present time. Our team coordinates the project of Ministry of Agriculture of Czech Republic (No. QH 82 083) focused on the sediment application on agricultural soils from the viewpoint on soil contamination by risky elements and persistent organic pollutants predominantly. The results obtained on the base of laboratory, pot and field trials, microbial and ecotoxicological tests will be used for the correction of current version of the proposal.

Key words: river and pond sediments, agricultural soil, risky elements, persistent organic pollutants

Úvod

Vytěžené dnové sedimenty vodních nádrží a toků představují významný problém z pohledu jejich dalšího využití nebo likvidace, v souladu s platnou legislativou. Vzhledem k vysokým množstvím odtěženého materiálu vznikají požadavky na stanovení jednotných pravidel s jejich dalším nakládáním. Je proto logické, že pouze právní úprava tohoto procesu může stanovit závazná pravidla. V současné době bylo realizováno vypracování návrhu legislativní úpravy využití vytěžených rybníčních a říčních sedimentů pro účely jejich využívání na zemědělském půdním fondu. Je pochopitelné, že konečná forma vyhlášky, bude kompromisem požadavků hlavních zájmových skupin, to je producentů sedimentu, ke kterým patří správci toků a majitelé vodních nádrží a především orgánů, zodpovědných za kvalitu zemědělského půdního fondu. Předložený příspěvek je zaměřen na vymezení sporných bodů v předložené formě návrhu vyhlášky a na vyhodnocení stavu zátěže rybníčních sedimentů v ČR, vzhledem k předpokládaným limitním hodnotám obsahu cizorodých látek.

Problematika

Při využití odpadních látek a dalších materiálů pro účely aplikace do zemědělských půd se vždy setkáváme s otázkou potenciálního vstupu rizikových látek do půdního prostředí a následně do dalších složek ekosystému a potravinového řetězce. Využitím sedimentů vracíme do půdy částice, o které byla ochuzena erozí a dalšími degradačními vlivy. Proto také zaznívají logické požadavky na návrat erodovaných částic zpět na zemědělskou půdu. Je však třeba zohlednit fakt, že při procesu sedimentace těchto částic dochází především ve vodním prostředí k interakci s dalšími látkami a kumulace látek rizikových je zde velmi pravděpodobná. Lze předpokládat, že sedimenty mohou být zatíženy rizikovými látkami původem:

- Z odpadních vod komunálních i průmyslových (týká se především blízké minulosti, kdy počet ČOV byl nedostatečný).
- Ze srážkových vod obsahujících splachy z povrchů komunikací a velkých zastavěných ploch v intravilánech (velkokapacitní parkoviště, zastřešené plochy atd.). Příkladem jsou vyšší obsahy rizikových prvků v návesních rybnících ve srovnání s rybníky polními (Beránek a Klement, 2002).
- Z erodované půdy nadprůměrně zatížené rizikovými látkami ze zemědělské činnosti (např. intenzivní zemědělství v blízké minulosti, špatně zabezpečená úložiště stájových hnojiv apod.).
- Ze záplav, při kterých dochází k úniku rizikových látek ze zaplavených objektů (čerpací stanice, průmyslové objekty apod.).
- Z erodované půdy antropogenně nezatížené, avšak vyvinuté na geochemicky anomálních substrátech, s přirozeně zvýšeným obsahem rizikových prvků.

Rizikové látky, které jsou v zemědělských půdách sledovány a jsou také obsaženy v návrhu vyhlášky o aplikaci sedimentů se dělí na:

- potenciálně rizikové prvky (RP)
- perzistentní organické polutanty (POP)

V rámci obou skupin může vést jejich dlouhodobá expozice k závažným zdravotním problémům, vyplývajícím z chronické toxicity těchto látek. Akutní toxicitu nelze vzhledem k charakteru zátěže předpokládat.

Potenciální zátěž širokým spektrem rizikových látek může být očekávána především u rybníčních a říčních sedimentů. Vycházíme z toho, že fluvizemě vyvinuté na aluviálních sedimentech v inundačních pásmech našich významných říčních toků, náleží k nejvíce zatíženým půdám, a to jak RP, kde se na zátěži nejvíce podílí prvky v pořadí Cd, Hg, Zn, Cu, Pb a Cr (Podlešáková a kol. 1994), tak i POP, kde byly zvýšené obsahy detekovány především v případě PAU, DDT a NEL, méně již PCB₆ (Podlešáková a kol. 1994, Vácha a kol. 2003). Také výzkum polychlorovaných dibenzo-p-dioxinů a dibenzofuranů vedl ke stejnému závěru (Podlešáková a kol. 2000, Vácha a kol. 2005), zvýšené koncentrace těchto polutantů s významným zdravotním rizikem byl zjištěn i ve fluvizemích relativně čistých vodních toků, ke kterým se řadí např. Dyje (Vácha 2004). Skutečnost, že sedimenty mohou obsahovat rizikové látky, používané v zemědělství, lesnictví nebo odpadních vodách, by měla vést k obezřetnému přístupu z hlediska jejich využití (Marek 2003, Budňáková 2005).

Provedená šetření však vykazují poměrně nízkou zátěž sedimentů rizikovými prvky. Podle Gergela a kol. (2003), kteří sledovali obsahy RP v sedimentech nádrží ČR, nepřesáhly průměrné obsahy RP ani v jednom případě limitní obsahy vyhlášky, uvádějící limitní hodnoty rizikových prvků v zemědělských půdách ČR (vyhl. MŽP č. 13/1994 Sb.). Beránek a Klement (2002) porovnávali v rámci studie ÚKZÚZ hodnoty RP a dále AOX a NEL v sedimentech z nádrží návesních a polních a uvádějí poměrně výrazné rozdíly, především pro Pb, Zn, AOX a NEL, jejichž koncentrace byly vyšší v sedimentech návesních nádrží. Celkové průměrné koncentrace jsou porovnatelné se závěry Gergela, pouze s tím, že vyšší hodnoty jsou udávány pro Pb, kde se zřejmě odráží vyšší zátěž návesních nádrží. Je zřejmé, že není možné odvozovat zátěže sedimentů od zátěží fluvizemí, musí být respektovány některé zákonitosti, především fakt, že sedimenty jsou vystaveny kontinuálnímu působení vody a lehce rozpustné podíly rizikových látek (ale také dalších prvků) jsou z nich vyluhovány a odplaveny. Fluvizemě zpravidla koncentrují naplavené rizikové látky díky rozdílnému vodnímu režimu, ale i fyzikálně-chemických charakteristikám.

Námítky zástupců jednotlivých povodí, v procesu tvorby návrhu technického podkladu vyhlášky o aplikaci sedimentů na zemědělskou půdu, směřovaly i k problému zvýšených obsahů RP v sedimentech, následkem sedimentace půdních částic s přirozeně zvýšenými obsahy RP. Tyto případy byly detekovány např. v oblasti severních Čech. Přirozeně zvýšené obsahy potenciálně rizikových prvků v půdách je třeba považovat za problematiku významnou, která v rámci návrhu novelizace vyhl. 13/1994 Sb., uvádějící limitní hodnoty rizikových prvků v zemědělských půdách ČR, byla zohledněna začleněním půd geochemicky anomálních. Fakt, že návrh vyhlášky o využití sedimentů pracuje pouze s celkovými obsahy rizikových prvků a nikoliv s jejich mobilními frakcemi, tuto situaci komplikuje. Určení podílu obsahů rizikových prvků, vázaných v krystalických mřížkách minerálů je pak velmi obtížné.

Projekt Národní agentury pro zemědělský výzkum (NAZV) a Ministerstva zemědělství ČR (číslo projektu QH 82 083), koordinovaný našim pracovištěm, je zaměřen na ověření a doplnění seznamu rizikových látek, jejich limitních hodnot a metodických postupů jejich stanovení v rybníčních a říčních sedimentech, určených k aplikaci na zemědělskou půdu. Výsledky projektu mají být využity i v případě, že již bude zavedena legislativně platná forma vyhlášky v době ukončení projektu, a to k aktualizaci její stávající formy.

Materiál a metódy

V rámci projektu NAZV bude využita aktuálna verze návrhu vyhlášky o aplikaci sedimentů na zemědělskou půdu. Na řešení se podílí Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., v Praze, pracovníci Ústředního kontrolního a zkušebního ústavu zemědělského, Masarykova univerzita v Brně a Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. v Praze.

Vlastní metodický postup bude obsahovat následující fáze:

1. Statistické zpracování dostupných údajů o zátěži sedimentů RP a POP.

Bude využita databáze poskytnutá ÚKZÚZ, která v současné době obsahuje výsledky stanovení v cca 300 vzorků sedimentů, za dobu 10 let.

V těchto vzorcích byly stanoveny základní ukazatele a obsahy potenciálně rizikových prvků a vybraných skupin perzistentních organických polutantů - POP (obsah organicky vázaných halogenů - AOX a sedmi kongenerů PCB - 28, 52, 101, 118, 138, 153, 180). Výsledky budou statisticky vyhodnoceny a porovnány se současným návrhem pro legislativu. Na základě srovnání bude vyčleněno procento sedimentů, které nespĺňuje dosavadní kritéria, z hlediska jejich využití (aplikace na zemědělskou půdu, povrchové úpravy a zavážení podzemních prostor).

V následném kroku budou navrženy analýzy, které budou dále testovány na souboru cca 30 vzorků sedimentů, vybraných z dosavadního souboru, a dále vzorků, které budou odebrány v následujícím období. Pozornost bude zaměřena především na mobilní formy potenciálně rizikových prvků, vybrané skupiny POP (monocyklické a polycyklické aromatické uhlovodíky, rezidua organochlorových pesticidů, PCB, HCB), dále bude sledována obsah a kvalita organické hmoty v sedimentech, obsahy živin a mikrobiologické a ekotoxikologické vlastnosti sedimentů.

2. Realizace stanovení na souboru odebraných vzorků

Uvedené návrhy stanovení budou provedeny na souboru vzorků, který bude doplněn především o sedimenty z říčních toků. Předpokládáme odběr již vytěžených a skladovaných sedimentů, kdy prakticky 99% vytěžených sedimentů je skladováno na haldách, po dobu jednoho až několika roků. Vyhodnocení bude provedeno i vzhledem k délce skladování vytěžených sedimentů.

3. Realizace nádobových, laboratorních, inkubačních pokusů a pokusů testů toxicity.

Sledován bude vliv aplikace sedimentů na růst rostlin, obsah živin, organickou hmotu, půdní reakci, celkové a mobilní obsahy rizikových prvků, eventuálně i celkové a biodostupné obsahy problémových organických polutantů. Dále bude sledován průběh změn mikrobiálních parametrů půd a ekotoxicity výluhů i pevných forem vzorků.

4. Založení a realizace polních parcelových pokusů

Bude sledován vliv aplikace sedimentů a agrotechnických zásahů na fyzikální a chemické vlastnosti půdy v poloprovozních podmínkách.

5. Syntéza získaných výsledků

Výsledky všech předchozích šetření budou souhrnně vyhodnoceny a sumarizovány. Předpokládáme, že dojde k návrhu korekcí aplikace sedimentů z hlediska jejich využití, z hlediska techniky jejich skladování a aplikace, z hlediska jejich hnojivých účinků a vlivu na půdní reakci, organickou hmotu a obsah rizikových prvků a perzistentních organických polutantů. Pokud bude zjištěna zvýšená zátěž sedimentů POP, budou navrženy maximální doporučené koncentrace problematických sloučenin. Pokud však nebude konstatována zvýšená zátěž sedimentů touto skupinou látek, nebude rozsah sledování v návrhu vyhlášky dále rozšiřován (zbytečné zvýšení cen

analýz a technických nároků). Aplikace metod pro stanovení mobilní a biodostupné frakce polutantů umožní zhodnotit, zda celkové obsahy jsou či nejsou vyhovující v rozhodujícím procesu při aplikaci sedimentů na ZPF. Provedené testy ekotoxicity a mikrobiální charakterizace půd umožní posoudit vliv aplikace sedimentů do půd na živé organizmy, porovnání výsledků testů ekotoxicity a chemických metod umožní posoudit, zda vybrané chemické metody jsou schopny podchytit nejdůležitější ekologická rizika.

Výsledky a diskuse

Bylo provedeno vyhodnocení zátěže dnových sedimentů, na základě periodického monitoringu, prováděného Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělským (ÚKZÚZ). Sedimenty byly rozděleny dle původu na sedimenty nádrží návesních, polních a lesních, bylo odebráno také několik vzorků sedimentů potočních.

Tab. 1 Vybrané vlastnosti vytěžených rybníčních a potočních sedimentů

	Org. hmota	pH CaCl ₂	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mo
	(%)	(mg/kg sušiny) obsah v extraktu lučavkou královskou								
růměr	8,8	6,0	11,2	1,2	24,6	12,9	45,8	30,6	0,1	0,2
medián	8,0	6,0	7,9	1,1	0,4	12,4	39,0	25,5	0,1	0,0
min	1,0	2,8	1,0	0,2	0,1	1,9	4,5	4,1	0,0	0,0
max	27,5	7,8	84,9	7,2	1660,0	59,0	251,0	162,0	1,2	3,5
poč. vz.	197,0	235,0	275,0	132,0	283,0	229,0	284,0	282,0	286,0	18,0

pokr. **Tab.1** Vybrané vlastnosti vytěžených rybníčních a potočních sedimentů

	Org. hmota	pH CaCl ₂	Ni	Pb	V	Zn	PCB ₇	AOX	NEL
	(%)	(mg/kg sušiny) obsah v extraktu lučavkou královskou							
průměr	8,8	6,0	34,0	68,2	51,2	170,0	5,3	31,8	358,9
medián	8,0	6,0	29,3	27,1	47,4	120,9	3,1	28,3	176,0
min	1,0	2,8	1,2	4,6	10,2	18,7	0,0	0,5	15,0
max	27,5	7,8	452,0	3350,0	117,5	1630,0	31,0	95,0	2010,0
poč. vz.	197,0	235,0	281,0	277,0	127,0	284,0	29,0	70,0	35,0

Z uvedených výsledků v tabulce 1 je patrné, že průměrné hodnoty obsahu rizikových prvků i uvedených skupin POP nedosahují horní hranice jejich požadovaných hodnot v zemědělských půdách ČR. Výjimkou je obsah Cd, kde průměrná hodnota dosáhla 24,6 mg · kg⁻¹, což je hodnota extrémně vysoká. Na základě střední hodnoty obsahu Cd a hodnoty maxima zjištěných koncentrací je zřejmé, že průměrná hodnota byla ovlivněna hodnotou maxima, která dosáhla extrémních 1660 mg · kg⁻¹. V každém případě je třeba věnovat otázce Cd v sedimentech zvýšenou pozornost, a to především k významu Cd z hlediska jeho zootoxicity a vysoké mobility v půdě, silně závislé na půdní reakci. Právě fakt, že po vytěžení sedimentu a jeho uložení dochází k jeho samovolnému okyselení, může významně mobilitu Cd ovlivnit. Pro ilustraci uvádíme návrh indikačního limitu (indikuje nebezpečí nadměrného vstupu rizikových prvků z půdy do rostlin) pro Cd v zemědělských půdách ČR (Sánka a kol. 2002).

Tab. 2 Návrh indikačného limitu pro Cd (Sáňka a kol. 2002)

prvek	Půdní druh	pH	Výluh lučavkou královskou (mg.kg ⁻¹)	Výluh NH ₄ NO ₃ (mg.kg ⁻¹)
Cd		<4.5	0.7	-
		4 - 5	1.1	-
		5 – 6.5	1.5	-
	lehké	>6.5	2	0.04
	ostatní	>6.5	2	0.1

Také u dalších potenciálně rizikových prvků se setkáváme s jejich vysokými koncentracemi na úrovni zjištěných maxim (As, Be, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn). Zvýšené koncentrace v hodnotách maxim vykazují také POP (PCB₇, NEL). Přitom za výrazně zvýšené hodnoty lze, kromě zmíněného Cd, považovat maxima u Ni, Pb a Zn. Četnost nálezů takto zvýšených hodnot je nízká, jedná se o případy ojedinělé, které však ilustrují nutnost jednotné legislativní úpravy aplikace sedimentů do půd.

Také ve vztahu k připravované legislativě (tabulka 3) pro aplikaci sedimentů vyhovují ve většině případů zjištěné průměrné koncentrace pro přímou aplikaci na půdu. V tabulce je pro srovnání uveden také obsah legislativně závazný obsah rizikových látek v kalech ČOV, určených a přímé aplikaci na zemědělskou půdu.

Při tvorbě návrhu vyhlášky byl jedním ze sporných bodů především obsah As v sedimentech. Původně převzatý limitní obsah As ze zákona o odpadech, který dosahuje pouhých 10 mg. kg⁻¹, byl logicky zpochybněn, protože hodnota limitu dosahuje poloviční hodnoty jeho horní hranice požadovaných hodnot pro půdy ČR. Tento limit by byl problematický především v oblastech, s přirozeně vyššími obsahy As v půdách (týká se především půd vyvinutých na hlubinných vyvřelinách, respektive v pásmech zrudnění). Vzhledem k tomu, že půdy vyvinuté na intruzívech a z nich přeměněných hornin tvoří významný podíl našeho půdního fondu, byla provedena korekce limitního obsahu As v sedimentech a stále je uvažováno další navýšení této hodnoty.

Tab. 3 Mezní hodnoty rizikových látek v sušině sedimentu a v sušině kalů (mg.kg⁻¹)

	Sedimenty ¹	Kaly ²
As	20	30
Be	7	
Cd	1	5
Co	50	
Cr	200	200
Cu	100	500
Hg	0,8	4
Ni	80	100
Pb	140	200
V	220	
Zn	300	2500
BTEX	0,4	
PAU	6	
PCB ₇	0,6	0,6

1 - Návrh vyhlášky, kterou se stanoví podrobnější právní úprava použití sedimentů z vodních toků, rybníků a jiných vodních nádrží na pozemky náležející do zemědělského půdního fondu

2 - Vyhláška č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě

Srovnáme-li limitní hodnoty vybraných rizikových látek v sedimentech a kalech ČOV, určených k přímé aplikaci na zemědělskou půdu (tab. 3), jsou limitní hodnoty pro sedimenty v absolutních hodnotách nižší (přísnější), než je tomu v případě kalů ČOV. Pokud však porovnáme bilanci vstupů rizikových látek do půd po aplikaci dnových sedimentů a kalů ČOV (tabulka 4), je zřejmé, že v případě sedimentů dochází ke vnosu vyšších koncentrací rizikových látek do půd. Je to dáno pochopitelně aplikační dávkou. V případě kalů ČOV uvádí vyhláška MŽP 382/2001 Sb. možnou aplikaci v přepočtu na sušinu kalů 5 tun jedenkrát za tři roky. U sedimentů je v návrhu vyhlášky uvedena jednorázová aplikace jednou za deset let, a to od 200 až do 1200 tun sušiny sedimentu na hektar. Eventuální zvyšování limitních hodnot rizikových látek v sedimentech, které je často požadavkem různých zájmových skupin, nemá v tomto kontextu logické vysvětlení.

Tab. 4 Maximální uvažovaný vstup RL po aplikaci sedimentů a kalů ČOV do půdy

	Aplikační dávka 750t . ha ⁻¹ /10 let Vnos RL (g. ha ⁻¹)	Aplikační dávka 15t . ha ⁻¹ /10 let Vnos RL (g. ha ⁻¹)
As	22 500	450
Be	3750	
Cd	750	75
Co	30	
Cr	150 000	3000
Cu	75 000	7500
Hg	600	60
Ni	60 000	1500
Pb	75 000	3000
V	135 000	
Zn	225 000	37 500
PAU	750	
PCB ₇	150	9

Z dosavadních výsledků je patrné, že odhad rizika, vyplývajícího z aplikace sedimentů do zemědělských půd, je při stanovených limitních obsazích pouze ve formě obsahu celkových poměrně problematický. Proto považujeme za nutné, zabývat se v rámci projektu problematikou slabších výluhů, vztažených k mobilním a potenciálně mobilním frakcím rizikových prvků v sedimentech. Nové výsledky jsou pak očekávány v oblasti testování biodostupných frakcí POP a realizaci testů toxicity na vodních a terestrických organizmech, stejně tak jako v oblasti vlivu aplikace sedimentů na aktivitu půdních mikroorganismů.

Závěr

Legislativní úprava využití dnových sedimentů z vodních toků, rybníků a jiných vodních nádrží na pozemky náležející do zemědělského půdního fondu je nezbytným krokem k jejich bezrizikovému nakládání. Absence této legislativy je již dlouhodobě kritizována především ze strany producentů sedimentů i subjektů, které s nimi dále nakládají. V České republice nebyla legislativně řešena problematika sedimentů jednotně s kaly čistíren odpadních vod a aplikace sedimentů musí být proto nyní řešena samostatně. Současná forma návrhu vyhlášky o využití sedimentů je výsledkem dlouhodobého kompromisu mezi odbornými skupinami, zodpovědnými za stav

vodních toků a nádrží a za stav půdního fondu. Dalším výzkumem bude dále potvrzena nebo zpochybněna oprávněnost některých limitů a může dojít i ke korekci některých hodnot nebo seznamu rizikových látek a stanovení.

Literatura

- BERÁNEK, K., KLEMENT, V., 2002: Hodnocení rybníčních sedimentů z hlediska jejich využití k aplikaci na zemědělskou půdu. Dílčí zpráva, ÚKZÚZ Havlíčkův Brod, 2002, 6s.
- BUDŇÁKOVÁ, M., 2005: Využití odpadů v zemědělství, Odpadové fórum, 2005 (6): 10 – 11.
- GERGEL, J. A KOL., 2003: Hodnoty obsahů těžkých kovů v sedimentu nádrží v ČR, zpráva pro MŽP, In: Benešová, Gergel: Okolnosti a souvislosti zemědělského využití rybníčních sedimentů, Odpadové fórum, 2003 (9): 14 – 16.
- MAREK, V., 2003: Právní stav využití sedimentů v zemědělství, Odpadové fórum, 2003 (9): 13 – 14.
- MŽP ČR, 1994: Vyhláška MŽP ČR, č. 13/94 Sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.
- MŽP ČR, 2001: Vyhláška MŽP ČR 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě.
- PODLEŠÁKOVÁ, E., NĚMEČEK, J., HÁLOVÁ, G., 1994: Zatížení nivních půd Labe rizikovými látkami. Rostlinná Výroba, 1994, roč. 40, č. 1, s. 69 – 80.
- PODLEŠÁKOVÁ, E., NĚMEČEK, J., VÁCHA, R., 2000: Zatížení zemědělských půd polychlorovanými dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany. Rostlinná Výroba, 2000, roč. 46, č. 8, s. 349-354.
- SÁŇKA, M., NĚMEČEK, J., PODLEŠÁKOVÁ, E., VÁCHA, R., BENEŠ, S., 2002: Vypracování kritických hodnot obsahů rizikových prvků a organických cizorodých látek v půdě a jejich příjem rostlinami z hlediska ochrany kvality a kvantity zemědělské produkce. Zpráva MŽP, 2002, s. 1 – 60.
- VÁCHA, R., 2004: Organické polutanty v půdách ČR. Sborník z 10. Mezinárodní konference Racionální použití hnojiv, 25. 11. 2004, ČZU Praha, ISBN 80-213-1232-7, s. 48 – 54.
- VÁCHA, R., POLÁČEK, O. HORVÁTHOVÁ, V., 2003: Zemědělské využití půd nivních oblastí z pohledu hygieny půdy, Sborník referátů, 9. Pedologické dny 2003, Ochrana a využití půdy v nivních oblastech, Seminární hotel Akademie, Velké Bílovice, 3 . – 4. září 2003, s. 42 – 48.
- VÁCHA, R., VYSLOUŽILOVÁ, M., HORVÁTHOVÁ, V., 2005: Polychlorinated dibenzo-p-dioxines and dibenzofurans in agricultural soils of Czech Republic. PLANT SOIL ENVIRON., 51, 2005 (10): 464 – 468.

EKONOMICKÉ OCENĚNÍ ZNEHODNOCENÉHO POZEMKU

ECONOMIC ASSESSMENT OF DEGRADED LAND

Jaroslava Janků

*Katedra pedologie a ochrany půdy, FPPZ, ČZU Praha, Kamýcká 129,
165 21 Praha 6 – Suchbátka*

Abstrakt

Pozemky, které jsou znehodnoceny průmyslovou činností či přírodními živly nejsou zajímavé pro investory, nevěnuje se tudíž ani pozornost jejich ekonomickému ocenění, navzdory tomu, že těchto pozemků přibývá. Pro hodnocení stavebních i zemědělských pozemků jsou vypracovány metody, které ovšem u pozemků znehodnocených často nelze použít. Tento příspěvek navrhuje metodu ohodnocení degradovaného pozemku, kontaminovaného těžkými kovy a pravidelně zaplavovaného.

Klíčová slova: cena, hodnota, ocenění

Abstract

Land degraded by industrial activity or natural elements is not interesting for investors; thus, there have been no studies of the economic value of such land even though there is an increasing amount of such land. There exist methodologies to assess construction and agricultural lands but these methods are not adequate for the assessment of degraded land. This paper introduces a new methodology for the assessment of degraded land contaminated by heavy metals and regularly inundated.

Key words: selling price, value, assessment

Úvod

Znehodnocené pozemky se z hlediska trhu považují často za neprodejné, neobchodovatelné.

Pojmem neobchodovatelné půdy, je chápána půda, jejíž hodnota je díky nevhodným lidským aktivitám či přírodním živlům snížena natolik, že je z hlediska investorů vnímána jako nemovitost s nulovou či dokonce zápornou hodnotou (nemovitost vyžaduje zásadní nápravné práce). Hodnota půdy (pozemku) by ovšem teoreticky ze své podstaty záporná být neměla pro svou zásadní vlastnost a to hodnotu výlučnosti omezeného přírodního zdroje. Cílem je tedy pokusit se určit hodnotu znehodnocené půdy a posoudit vhodnost stávajícího využití.

Metody

Základní pojmy

Hodnota je odhadem ceny, která by mohla při prodeji být zaplácena. Hodnota se může, ale nemusí rovnat ceně. Názor o hodnotě jedné nemovitosti si vytváří více subjektů, např. poptávající, prodávající, odhadci, jejichž představy se mohou lišit.

Cena je finanční částka sjednaná při nákupu a prodeji.

Úřední cena je stanovena cenovými předpisy MF (V č.3/2008 Sb). Je uměle vytvořená a účelově zaměřená cena. Slouží k zajištění fiskálních zájmů států, především při zjišťování daňového základu. Snahou úřadů státní správy je, aby administrativní cena byla v souladu s trhem a výsledný odvod do státního rozpočtu byl spravedlivý. Tvorba administrativní ceny však vychází ze zjednodušení reality a s odhadem tržní hodnoty nemá téměř nic společného. Neexistuje žádný mechanismus, který by administrativní cenu transformoval na cenu tržní. U zemědělských půd je však úřední cena v Kč za BPEJ často vodítkem pro určení tržní hodnoty.

Tržní hodnota – odhadnutá suma, za kterou by se nemovitost mohla směnit v den ocenění, mezi ochotným prodejcem a ochotným kupcem v nestranné transakci po řádném marketingu, kdy obě strany jednaly informovaně, rozvážně a bez nátlaku (schválená definice IVSC/TEGoVA, Evropské oceňovací standardy 2003).

Zvláštní hodnota - je termín, který se vztahuje na mimořádné prvky hodnoty nad nebo pod tržní hodnotou. Je to přírůstek hodnoty, který by mohl být použitelný spíše pro konkrétního vlastníka nebo uživatele majetku, než pro celý trh; tj. zvláštní hodnota je použitelná pouze pro kupujícího se zvláštním zájmem.

Návrh tržní hodnoty

Tržní hodnota je navržena podle všeobecně uznávaných metod, které jsou reálně použitelné v současných ekonomických podmínkách v ČR a nejlépe vystihují současnou hodnotu majetku, která je proměnlivá v čase a je ovlivňována mnoha faktory, které se vyvíjejí v období rozvoje tržního hospodářství, stabilizace finanční politiky a soukromého podnikání. Použití metod a způsob stanovení tržní hodnoty je také ovlivněn účelem, pro který se tržní hodnota majetku zjišťuje.

Metody oceňování

Návrh tržní hodnoty pozemků vychází z obvykle užívaných metod:

1. Metoda výnosová

Základem pro nejčastěji používaný budoucí tok příjmů při použití výnosové metody je výnos z nájemního vztahu snížený o roční náklady na provoz. Vyjádření hodnoty majetku pomocí kapitalizační míry je nutno provádět diferencovaně pro každý majetek a v jednotlivých faktorech průběžně zohledňovat jak vývoj ekonomiky ČR, tak i možné rizikové faktory (jak současné, tak budoucí).

2. Metoda tržního porovnání.

Tato metoda ocenění nemovitostí je založena na porovnání předmětné nemovitosti s obdobnými, jejichž ceny byly v nedávné době realizovány na trhu, jsou známé a ze získané informace je možno vyhodnotit hodnotu pozemku.

Návrh netržní hodnoty - zvláštní hodnoty

V případě zemědělského pozemku jako zvláštní hodnotu chápu především funkci ekologické stability, kterou lze vyjádřit metodou peněžního hodnocení biotopů.

Metoda peněžního hodnocení biotopů

Metoda byla poprvé uplatněna v Hessensku. Vychází z vytvoření seznamu biotopů, které se vyskytují na určitém území. Bodová hodnota pro každý z biotopů je získána na základě interdisciplinární spolupráce ekologů různých specializací a ekonomů. Bodová

hodnota pro každý biotop (nejnižší hodnotu 3 body/m² mají zcela odpřírodněné, antropogenní biotopy např. betony, asfalty, zastavěné plochy, zatímco nejvyšší bodovou hodnotu nad 70 bodů/m² mají nejkvalitnější přírodní biotopy) je převeden na peníze násobením bodu průměrnými společenskými náklady obnovení přírodních struktur. Pro podmínky ČR byl jeden bod vyjádřen hodnotou 12,40 Kč (a hodnoty biotopů byly v rozmezí 37-992 Kč/m²). (Seják, 2003)

Výsledky a diskuse

Jako příklad ocenění znehodnoceného pozemku byl vybrán zemědělský pozemek v povodí Litavky (katastrální území Trhové Dušníky, okres Příbram). Jedná se o zemědělský pozemek, vedený v KN v druhu pozemku trvalý travní porost. Pozemku je přiřazena BPEJ 55800, tzn. fluvizem glejová na nivních uloženinách, středně těžká, v mírně teplém, mírně vlhkém klimatickém regionu, zařazena do II. třídy ochrany ZPF, tzn. půda s nadprůměrnou produkční schopností a nadprůměrnými hydrologickými vlastnostmi.

Specifické pro tento pozemek je, že se nachází v záplavové oblasti řeky Litavky. Povodně se zde vyskytují pravidelně s různou intenzitou. Poslední velká povodeň byla v roce 2002. Litavka protéká půmyslovým městem Příbramí, kde se mimo jiné těžilo stříbro a zpracovávala ruda. V blízkosti Litavky byly tzv. odkalovací nádrže, které se při povodních v 2. polovině 20. století několikrát protrhly. Obsah nádrží se dostal do rozvodněné Litavky, která je roznesla po okolních pozemcích. Silná kontaminace těžkými kovy se týká i tohoto pozemku.

Co se týče jakosti vody, Litavka patří mezi jednoznačně nejznečištěnější řeky látkami této skupiny. Je to tok, který je zatížen nejvíce kovy nejen v tomto povodí, ale i na celém území republiky. Vysoké znečištění kovy, e důsledkem důlních činností a vypouštění důlních vod, svůj podíl má i okolní průmysl a podloží. Povolené limity přesahovaly mnohonásobně arsen, kadmium, olovo a zinek, zvláště v době zvýšených průtoků.

DP „Kontaminace vybraných půd těžkými kovy“ (Janků 1986) byla zaměřena na zjištění obsahu těžkých kovů právě v oblasti Litavky. Na oceňovaném pozemku byly odebrány v listopadu 1985 čtyři vzorky. Byla zjištěna silná kontaminace **kadmiem** (6,4- 58,4 mg.kg⁻¹ - (typický obsah 0,06 mg.kg⁻¹Bowen, 1966), **mědí** (30,6 – 169,0 - (typický obsah 20 mg.kg-1Bowen, 1966), **manganem** (1880,0 – 5080,0 (typický obsah 850 mg.kg-1Bowen, 1966), **olovem** (674,0- 4640,0 (typický obsah 10 mg.kg-1Bowen, 1966), **antimonem** (<50,0 – 209,7 (typický obsah 1,7 mg.kg-1 (Pavel, 1984) **cínem** (19,3- 301,4 (typický obsah 10 mg.kg-1Bowen, 1966), a **zinkem** (1460,0-4285,0 (typický obsah 50 mg.kg-1Bowen, 1966). Jedná se o celkové obsahy stanovené optickou emisní spektrální analýzou.

Vzhledem k tomu, že analýzy byly prováděny v roce 1986 a od té doby byla niva několikrát vydatně zatopena, zvláště při velké povodni v roce 2002, lze se domnívat, že stupeň kontaminace již není tak vysoký. Hovoří pro to i porovnání stavu vegetace. V roce 1986 viditelným důkazem toxicity byla suchá tráva po celý rok (Janků, 1986). Nyní tomu již tak není. Nicméně zemědělské využití (ve smyslu výroby potravin (krmiv) nelze doporučit.

Na pozemku probíhá též pokus s pěstováním dřevin. V minulosti byl učiněn pokus zalesnit tuto nivu, ale výsledkem jsou pouze stovky uhynulých sazenic a několik borových hájků. <http://www.mesta.obce.cz/trhove-dusniky/turistika.htm>).

V roce 2007 požádala ČZU Praha o pronájem pozemku pro výsadbu rostlin a rychle rostoucích stromů, které odčerpávají z půdy olovo. Obec nabídla část oceňovaného pozemku p.č. 399/1. Tato část je pronajata od r. 2008. Dle návrhu smlouvy činí nájemné 0,50 Kč/ m². Plocha pronajaté části pozemku činí 6600 m².

Obci byla také nabídnuta možnost vybudování archeoparku (skanzenu z období raného středověku). Tuto možnost obec zvažuje.

Postavení nemovitosti na trhu

Lze konstatovat, že předmětný pozemek z pohledu trhu s nemovitostmi můžeme zařadit do segmentu zemědělské pozemky kontaminované, ohrožované záplavami, nevhodné pro stavební využití, nevhodné pro zemědělské využití, v lokalitě obce Trhové Dušníky.

Trh s nemovitostmi v daném segmentu a lokalitě můžeme charakterizovat následujícím způsobem:

1. Obec trhové Dušníky je specifická tím, že v jejím katastru se nachází niva řeky Litavky, která spoluvytváří půvabnou krajinu. Meandry řeky jsou považovány za nejvýznamnější a ojedinělý přírodní úkaz, neboť na ostatních řekách došlo k regulaci toků a zpevnování břehů.
2. Niva byť krásná, ale zaplavovaná a kontaminovaná, neumožňuje krajinu využívat aktivně hospodářsky, s výjimkou zalesnění, které se doposud díky obsahu TK nedařilo.
3. Poptávka po pozemcích tohoto typu neexistuje, tzn. neexistuje trh.
4. Ekonomicky a společensky nejvýznamnější je retenční funkce nivy. Díky pojmutí velkého množství vody při záplavách niva chrání výrazným způsobem majetek obyvatel na dolním toku.

S ohledem na předchozí je možné konstatovat, že obecné vyhlídky předmětné nemovitosti – z hlediska výše ceny při eventuelním prodeji v daném segmentu a lokalitě – jsou nízké.

Realizované tržní ceny porovnatelných nemovitostí

V dané lokalitě, v katastru obce Trhové Dušníky ani v blízkém okolí nejsou pozemky tohoto typu běžně obchodovány.

Předpokládaný objem výnosu z pronájmu nemovitosti

Část pozemku je pronajata za částku 6600,- Kč ročně.

Ekologická zatížení nemovitosti

Jsou značná z minulosti. V současnosti a v budoucnosti vzhledem k zastavení těžby na Příbramsku je již nelze předpokládat.

Právní vady (věcná břemena apod.)

Nejsou. Nemovitost je ve vlastnictví jednoho majitele (obce).

Ostatní zjištěné vlivy

Pravidelné záplavy

Výměra nemovitosti

Pozemek má přibližně podélný tvar o celkové výměře 120 547 m².

Nejlepší možné přípustné a racionální využití pozemku

Pozemek je součástí rozlehlé nivy. Nejlepší možné přípustné a racionální využití pozemku

je představováno současným využitím, a tím je využití přirozené retenční schopnosti půdy při povodních.

Pakliže se prokáže v budoucnu snížení toxicity na míru neškodlivou dřevinám, je možné pozemek zalesnit. Jestli by v budoucnu došlo k detoxikaci na úroveň běžných půd, je možné i zemědělské využití (např. pastvina, louka), zatím díky toxickým hodnotám TK není zemědělské využití možné.

Další využití pozemku je v turistice, zmiňovaná možnost vybudování archeoparku. Povodí Litavky je významnou lokalitou keltského osídlení.

Pro stavební účely z důvodu častých povodní pozemek vhodný není. I když existují stavební postupy, které umožňují v záplavových oblastech stavět, bylo by to nevhodné právě z důvodu zachování ochranné krajinařské funkce.

Vlastní ocenění

Volba metody ocenění

Stanovení hodnoty tržní

V předkládaném návrhu hodnoty budou použity následující metody:

1. Metoda tržního porovnání

Je metodou běžně užívanou a uznávanou odbornou i laickou veřejností. Bohužel v tomto konkrétním případě v daném segmentu a lokalitě nelze nalézt srovnatelná tržní data. Případ prodeje kontaminovaného pozemku v záplavové oblasti mi není znám. Porovnávací metodu tudíž nelze použít.

2. Metoda výnosová

Pro výnosové ocenění byla použita dočasná renta, výnosy konstantní po dobu 7 let, diskontní míra 8%. Náklady na údržbu zanedbatelné. Sedm let bylo zvoleno s ohledem na růst stromů (bude viditelné, zda prospívají, či chřadnou).

3. Navrhovaná metoda s použitím koeficientu využití

Metoda bere v úvahu negativa pozemku - cena se upraví srážkou (nevyužitelnost k zemědělským účelům-kamení, náplavy, močály) a pozitivita - přírůžkou (dostupnost, blízkost okresního města) a koeficientem využití, který je ovlivněn kontaminací TK a pravidelnými záplavami.

Stanovení hodnoty netržní - zvláštní hodnota

Zvláštní hodnota předmětného pozemku spočívá především:

Retenční funkce při povodních. Částečná ochrana majetku obyvatel na dolním toku.

Krajinařská funkce. Ojedinelé meandry činí krajinu kolem řeky půvabnou.

Historická funkce. Kraj s významnými halštatsko-laténskými památkami. V katastru obce štolý stříbrných dolů (19. století), barokní stavby (kaple, boží muka). Nabídka vybudování archeoparku.

Turistická funkce - Zelený koridor - souvislý nepřerušovaný pruh krajiny, propojený stezkou

Pro stanovení hodnoty byla použita metoda peněžního hodnocení biotopů.

Závěr

Byla navržena metoda určení tržní hodnoty pozemku znehodnoceného kontaminací a záplavami použitelná pro případy, kde neexistují žádná porovnatelná data, a s pozemky tohoto segmentu se neobchoduje, což je u znehodnocených pozemků běžné.

Pozemek doporučuji ponechat pozemek současnému využití, tzn. preferovat funkci ekologické stability, případně pozemek zalesnit. Za předpokladu, že se podaří kořeny stromů odčerpat TK, mohlo by rychleji dojít k regeneraci půdy, rovněž pro majitele pozemku by tato transakce mohla být zisková.

Pozemek je také možné využívat pro turistiku, navrhovaný archeopark.

Zemědělské využití v dohledné době z hygienických důvodů nelze doporučit.

Každá půda, i znehodnocená, má hodnotu = funkce ekologické stability, prostor pro život, zachování krajiny

Literatura

BOWEN, H.J.M., 1966: Trace elements in biochemistry. Academic Press, London

BRADÁČ A. A KOL., 2004: Teorie oceňování nemovitostí. Brno

JANKŮ J., 1986: Kontaminace vybraných půd těžkými kovy. DP VŠZ Praha

MALÝ B., 2007: Evropské oceňovací standardy. Přednáška

PAVEL ET AL., 1984: Geologie a půdoznalství. VŠZ Praha 1984, s.125-128

SEJÁK, J., 2003: K ekologické újmě z podnikání. Environmentální aspekty podnikání. 2/2003

ZAZVONIL Z., 2007: Odhad hodnoty pozemků, Praha

www.cemc.cz/aspekty/vyber_z_clanku/Env_dopady/env_skody/dokumenty/1.pdf

www.mesta.obce.cz/trhove-dusniky

www.ochranavod.cz/03/zprava_2006_SOV.pdf

www.tegova.org/en/p4291cca2e8de4

cs.wikipedia.org/wiki/Trhov%C3%A9_Du%C5%A1n%C3%ADky

FUNKCIE PÔDY Z HĽADISKA UDRŽATEĽNÉHO VYUŽÍVANIA KRAJINY

SOIL FUNCTIONS FROM THE POINT OF VIEW OF SUSTAINABLE LAND USE

Bohdan Juráni¹, Juraj Gregor²

¹*Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava*

²*Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta, Technická univerzita, Zvolen*

Abstrakt

Z hľadiska udržateľného využívania krajiny by orientácia ochrany pôd mala byť zameraná na bonitne najkvalitnejšie pôdy ako v rámci celého územia Slovenska, tak i z lokálneho pohľadu, keďže tieto pôdy majú zároveň i najvyššie hodnoty mimoprodukčných funkcií a tým sú i zárukou dlhodobo udržateľného využívania krajiny.

Kľúčové slová: funkcie pôdy, udržateľné využívanie krajiny

Abstract

From the point of view of sustainable land use, orientation of the soil protection should be oriented on soils, having highest value of land evaluation, from global as well as from local point of view. Such soils have highest values of nonproductive functions and they are guarantee of sustainable land use.

Key words: soil functions, sustainable land use

Úvod

Využívanie pôdy formou poľnohospodárskej ale aj lesníckej produkcie je jednou z funkcií pôdy ktorá využíva pôdu ako základňu pre ľudské aktivity a je zároveň jednou z najstarších funkcií pôdy – produkcia biomasy.

Využívanie krajiny sa historicky veľmi významným spôsobom menilo. Človek logicky prioritne využíval krajinu a jej pôdu na zabezpečenie svojich potrieb, teda na produkciu potravín, vlákien a dreva na stavebné i energetické účely. Predĺženie dĺžky života ľudí na konci stredoveku, väčšie prežívanie novorodencov spôsobilo postupný rast populácie, čomu však nezodpovedali poľnohospodárske technológie, ktoré boli práčne a málo efektívne. Táto skutočnosť nútila obyvateľstvo kompenzovať nedostatok potravín a vlákien rozširovaním poľnohospodárskych pozemkov na úkor lesov. Takto sa postupne stávali poľnohospodárskou pôdou i svahovité polohy s plytkými skeletnatými pôdami, ktoré často intenzívne podliehali vodnej erózii. Lesné plochy decimované konverziou na poľnohospodárske a ťažbou dreva pre energetické účely, baníctvom a hutníctvom (výroba dreveného uhlia) podobne prispievali k rázu krajiny, ktorý nemal udržateľný charakter. Treba si uvedomiť, že miera odlesnenia nášho územia bola na súčasnej úrovni v trinástom storočí, v ďalších rokoch, prakticky až po dnešok odlesnenie výrazne presahovalo súčasný stav.

Nástup nových technológií v poľnohospodárstve v druhej polovici devätnásteho storočia, ale najmä tzv. zelená revolúcia v dvadsiatom storočí významným spôsobom zmenili tento stav. Rast úrod poľnohospodárskych plodín snáď najlepšie dokumentujú nasledujúce údaje o priemerných úrodách obilnín: rok 1910 1,2 t/ha, rok 1950 2,2 t/ha, rok 2005 4 t/ha. Takýto exponenciálny nárast úrod umožnil postupne vylúčiť z poľnohospodárskeho využívania extrémne svahovité a plytké skeletnaté pôdy a tieto postupne prinavrátiť medzi lesné plochy. Zdalo by sa teda, že načrtnutý problém dlhodobu udržateľného využívania krajiny vygenerovaný v minulosti je vyriešený, ukázalo sa však, že vystúpili iné, nové problémy, o ktorých predchádzajúce generácie ani netušili. Ide o problematiku takzvaných mimoprodukčných funkcií pôd, ktorých istá časť významným spôsobom ovplyvňuje dlhodobú udržateľnosť krajiny.

Ekologické funkcie pôdy a udržateľné využívanie krajiny

Ako ekologické funkcie pôdy označujeme a) filtračnú funkciu b) pufrácnú funkciu, c) transformačnú funkciu, d) transportnú funkciu, e) asanačnú funkciu, f) pôda ako prostredie pre organizmy a génová rezerva. Tieto funkcie existujú popri funkcii produkovať biomasu v istom rozsahu u každej pôdy a sú pre udržateľné využívanie krajiny nesmierne dôležité.

Akumulačná funkcia zabezpečuje akumuláciu látok v pôdnom profile, najmä pôdnej organickej hmoty v humusovom pôdnom horizonte, akumuláciu živín a najmä akumuláciu vody. Opatrenia v rámci poľnohospodárskych technológií sa snažia pozitívne ovplyvniť vodný režim pôd, na druhej strane ale väčšinou negatívne ovplyvňujú obsah humusu v pôde a pôdnu štruktúru.

Filtračná funkcia zabezpečuje filtráciu vôd, pretekajúcich alebo presakujúcich pôdnym prostredím. Zabezpečuje teda čistotu podzemných vôd, čistotu prameňov, ale i povrchových tokov. Pri laterálnej migrácii vôd zabezpečuje tiež čistenie pôdnej vody, ktorá na novej lokalite, po ukončení migrácie slúži pre rast rastlín a teda i pre produkciu úrody. Obmedzenie akčnosti tejto pôdnej funkcie v priestore môže mať za následok zhoršenie kvality vôd v krajine, ale i zhoršenie kvality (kontamináciu) produkovaných potravín v danom regióne.

Pufráčná funkcia tlmí výkyvy v rámci dynamiky pôdných vlastností. Ide predovšetkým o tlmenie zmien pôdnej reakcie a tlmenie zmien pôdných teplôt. Zmeny pôdnej reakcie, u nás najrozšírejšie ako pôdna acidifikácia, sú tlmené tlmivými bariérami. Ich postupné prekonanie má za následok zníženie pôdneho pH skokovitým charakterom s konečnou stratou schopnosti pôdy byť vhodným substrátom pre rast rastlín a v konečnom dôsledku stratu funkcie produkovať biomasu s nasledujúcou pôdnou eróziou.

Transformačná funkcia zabezpečuje transformáciu látok v rámci kolobehov látok. Pôda vo väčšine prípadov v nich hrá kľúčovú úlohu. Porušenie tejto dôležitej pôdnej funkcie môže priniesť priam katastrofické následky ako z hľadiska živinového, tak i z pohľadu pôdnej kontaminácie a následnej produkcie potravín, prekračujúcich prípustné hodnoty obsahov látok.

Transportná funkcia zabezpečuje prínos a odnos látok v rámci pôdneho profilu ale i krajiny. Môže prebiehať všetkými smermi, ako transportné médiá slúžia pôdna voda a pôdny vzduch. Porušenie tejto funkcie môže zapríčiniť nadmernú akumuláciu niektorých látok, alebo naopak, nadmerný odnos látok z pôdneho profilu ale i z krajiny.

Asanačná funkcia pôd zabezpečuje asanáciu, teda bezproblémový rozklad a mineralizáciu tiel uhynutých živočíchov a ľudí, vrátane tých, u ktorých uhynutie spôsobili infekčné ochorenia. Obmedzenie tejto funkcie by mohlo mať za následok problémy s infekčnými ochoreniami, spomalenie rozkladu problémy s tlecou dobou na cintorínoch.

Funkcia pôda ako prostredie pre organizmy a génová rezerva zabezpečuje pre budúcnosť dostatok organizmov s ohromným génovým pozadím, využitelným v budúcnosti.

Moderné poľnohospodárske technológie síce na jednej strane zabezpečujú slušné výnosy, z hľadiska zapojenia ľudskej práce na veľmi efektívne úrovni, na druhej strane však významným spôsobom ovplyvňujú hore opísané funkcie pôd a tým i dlhodobú udržateľnosť využitia krajiny.

Akumulačnú funkciu pôd z hľadiska akumulácie vody a obmedzenia jej povrchového odtoku do značnej miery pozitívne vplýva obrábanie pôd, najmä jesenná hlboká orba. Toto isté opatrenie ako aj ďalšie kypriace zásahy však negatívne ovplyvňujú aj vodnú a veternú eróziu pôd a tým dlhodobú udržateľnosť využívania krajiny pomocou poľnohospodárskych technológií.

Pri filtračnej funkcii, predovšetkým u plytkých, skeletnatých pôd, negatívne ovplyvňuje filtračnú funkciu hlboká orba, pri ktorej sa vytvárajú makropóry, cez ktoré preniká zrážková voda bez dôkladného kontaktu s pôdou. Ak je podornica silne skeletnatá, prienik vôd do podzemných vôd, alebo pramenísk je bez čistiaceho efektu pôdy. Ďalším negatívnym vplyvom je aplikácia priemyslových hnojív a obdobie tesne po ňom, najmä ak pôda je bez vegetácie, alebo nasleduje obdobie s nízkymi teplotami. Vtedy namiesto filtrácie zrážkovej vody môže dochádzať k jej kontaminácii.

Pufračnú funkciu ovplyvňujúcu pôdne pH ovplyvňuje niekoľko technologických poľnohospodárskych opatrení. Pozitívnom zmysle pufračnú schopnosť pôd ovplyvňuje vápnenie, u lesných pôd vzhľadom na povrchový spôsob aplikácie v obmedzenom zmysle, z hľadiska hĺbky ovplyvnenia. Aplikácia priemyslových hnojív, častá u poľnohospodárskych pôd, obvykle negatívne ovplyvňuje pufračnú schopnosť, keďže väčšina hnojív je fyziologicky kyslého charakteru, prispieva k prekonaniu pufračných pôdnych bariér. Pufráciu prieniku tepla do pôdy znižuje likvidácia nadložného pôdneho horizontu lesov, alebo trávnych porastov orbou.

Transformačnú funkciu pôd negatívne ovplyvňuje akákoľvek technológia, znižujúca biologickú aktivitu pôd, najmä nadmerné používanie priemyslových hnojív a iných chemikáli, tiež nadmerné vlhko, prípadne nadmerné sucho.

Transportná funkcia je v zmysle jej zväčšenia podporovaná opatreniami, ako je odvodnenie, prípadne zavlažovanie. Z hľadiska transportu pomocou média vzduch transportná funkcia je podporovaná kypriacimi opatreniami a udrzovaním priaznivej pôdnej štruktúry.

Pre asanačnú funkciu platia zásady, uvedené pri transformačnej funkcii.

Funkcia pôda ako prostredie pre organizmy a génová rezerva akékoľvek zásahy človeka do pôdy prakticky znižujú biodiverzitu a zhoršujú túto funkciu.

Ak sa teda komplexne zamyslíme o nadväznosti funkcií pôd a udržateľnosti využitia krajiny, treba jednoznačne konštatovať, že negatívne ovplyvnenie je významnejším spôsobom uskutočňované poľnohospodárskymi technológiami, v porovnaní s lesníckymi. Toto ovplyvnenie je významnejšie v extrémnych podmienkach s plytkými, skeletnatými pôdami, preto orientácia na intenzifikáciu poľnohospodárskej výroby na kvalitných pôdach s vyššou bonitou je možné i z tohto hľadiska pozitívne

hodnotiť. Na druhej strane ale zábery pôd na nepoľnohospodárske a nelesnícke využitie v týchto regiónoch sú v príkrom rozpore s pohľadom na udržateľné využitie krajiny.

Záver

Orientácia ochrany pôd má byť zaiste prioritne zameraná na bonitne najkvalitnejšie pôdy v rámci celého územia Slovenska, tie totiž majú i relatívne najvyššiu úroveň ostatných, mimoprodukčných funkcií. Taktiež dlhodobá udržateľnosť využívania krajiny v takýchto oblastiach je najľahšie dosiahnuteľná. Obzvláštnu pozornosť a ochranu z tohto hľadiska si vyžadujú pôdy zo spraší, najmä černoze.

Z hľadiska zabezpečenia udržateľnosti priestorového využívania krajiny je takisto potrebné chrániť najlepšie pôdy v každom regióne (teda v jednotlivých katastrálnych územiach), lebo význam mimoprodukčných funkcií je potrebné chápať i plošne, z hľadiska ochrany územia pred katastrofami, i keď nie je využívané intenzívnym spôsobom.

Literatúra:

- BUJNOVSKÝ, R., JURÁNI, B.: Kvalita pôdy, - jej vymedzenie a hodnotenie. Bratislava, VÚPOP 1999, 41 s.
- ŠARAPATKA, B., NIGGLI, U.: Zemědělství a krajina. Cesty k vzájemnému souladu. UP Olomouc 2008 271 s.

Pod'akovanie:

Príspevok vznikol aj vďaka grantovému projektu VEGA 1/0163/08

FUNKCIA PÔDY A BUKOVÉHO PORASTU PRI SEKVESTRÁCII UHLÍKA

FUNCTION OF SOIL AND BEECH FOREST AT CARBON SEQUESTRATION

**Eduard Bublinec, Ján Kukla, Ján Machava, Edward P. Farrell,
Margita Dubová**

*Ústav ekológie lesa SAV, Štúrova 2, 960 53 Zvolen,
Pedagogická fakulta KU, nám. A. Hlinku 56, 034 01 Ružomberok,
Lesnícka fakulta TU, Masarykova 24, 960 53 Zvolen,
University College, Dublin, Ireland*

Abstrakt

Buk je na Slovensku drevina, ktorá má najväčšie, približne 30,3 % zastúpenie. Lesné ekosystémy s prítomnosťou buka u nás zaberajú 85,28 % z plochy lesného pôdneho fondu. Geobiocenózy s jeho zastúpením sú odolné voči prírodným katastrofám a plnia aj dôležité funkcie pri sekvestracii uhlíka. Jeho zásoba v pôde na ploche 1 ha dosiahla hodnotu 150 ton, v pokrývkovom humuse 11 ton a v drevnatej zložke bukového ekosystému 220 ton. Ročná retencia vo forme prírastku v nadzemnej a podzemnej zložke činí 7,3 t/ha, navrátenie vo forme opadu lístia 1,6 t/ha. Bukový porast na tvorbu dendromasy spotrebuje ročne 8,9 t/ha uhlíka. Tento odčerpáva z ovzdušia vo forme CO₂ a plní tak významnú funkciu pri znižovaní množstva skleníkových plynov v ovzduší.

Kľúčové slová:

Sekvestrácia uhlíka, pôda, pokrývkový humus, bukový ekosystém

Abstract

In Slovakia, the European beech is a woody plant with the highest, approximately 30.3 % dominance. Forest ecosystems containing beech trees represent 85.28 % of the Slovak forest soil resource. Geobioceonoses with beech trees are resistant against natural disasters and they also have an important role in carbon sequestration. The carbon stocks per one hectare reach the following values: 150 t in soil, 11 t in surface humus, 220 t in wooden component of beech ecosystems. The value of annual retention in form of increment in both aboveground and underground parts makes 7.3 t/ha, recovery though leaf fall represents 1.6 t/ha. Beech stands require for their wood mass creation 8.9 t/ha of carbon annually. This amount is supplied in form of atmospheric CO₂. In such a way, beech stands have an important role in reducing amounts of greenhouse gases in the atmosphere

Key words:

Sequestration of carbon, soil, surface humus, beech ecosystem

Úvod

Buk tvorí kostru slovenských lesných ekosystémov. Zo všetkých drevín má najväčšie zastúpenie. Jeho podiel v našich lesoch dosahuje hodnotu 30,3 %. Lesné spoločenstvá s prítomnosťou buka zaberajú až 85,28 % z plochy lesného pôdneho fondu. Zo skupín lesných typov najväčší podiel dosahuje spoločenstvo tzv. holých bučín (*Fagetum pauper*, 18,25 %) a *Fageto-Quercetum* (15,93 %). Tretí ekosystém, ktorý má ešte zastúpenie nad 10 % je *Abieto-Fagetum* (11,50 %). Tieto tri skupiny lesných typov spolu s fytoocenózami *Fageto-Abietum* (9,20 %) a *Querceto-Fagetum* (8,40 %) zaberajú takmer 2/3 z lesnej plochy Slovenska (63,20 %). Geobiocenózy s jeho zastúpením sú odolné voči prírodným katastrofám a plnia dôležité verejno-prospešné funkcie. Patrí k nim aj sekvestrácia uhlíka.

Uhlík v ekosystémoch prechádza tzv. plynným cyklom: Atmosféra (atmosferický CO₂) – organizmy (producenty) – herbivory (konzumenty) – dekompozítory – atmosféra. Rýchlosť jeho obratu v terestrických ekosystémoch je daná predovšetkým rýchlosťou fotosyntetického príjmu CO₂ primárnymi producentami zo vzduchu, ďalej časom jeho zotrvania vo vytvorených organických látkach, obdobím zotrvania uhlíka v odumretých organických zvyškoch, rýchlosťou ich rozkladu a zotrvaním v pôde vo forme humusu.

Materiál a metódy

Výskum sa vykonával v Malých Karpatoch. Výskumnú plochu tvoril bukový porast zo skupiny lesných typov *Querceto-Fagetum tiliosum*, lesný typ medničkovno-bažanková bučina s lipou. V ponímaní zúriško-motPELLIERSKEJ školy ide o spoločenstvo *Dentario-Fagetum*, prípadne *Carici pilosae-Fagetum Oberdorfer 1957* (nižšie položené bučiny do 400 metrov). Pôdny predstaviteľ je kambizem modálna kyslá, ktorá sa vytvorila zo zvetraliny žuly a granodioritu.

Rovnorodý bukový porast je situovaný v nadmorskej výške 450 m a má priemerný vek 74 rokov. Hrúbka porastu sa pohybovala okolo 28,2 cm, priemerná výška dosahovala 25 m. Zásoba stromovej hmoty bola 604 m³/ha.

Vzorky pre analýzy uhlíka sa odobrali z dvoch vzorníkov vo veku 74 rokov (prsna hrúbka 38 cm, výška 28,8 m) a 78 rokov (priemer 27 cm, výška 27,4 m). Odoberali sa vždy z hornej, strednej a spodnej tretiny koruny a z nasledujúcich hrúbkových kategórií konárov v cm: 0–1,5 (listy, kôra, drevo), 1,5–3, 3–5, 5–7, 7–10, 10–15, 15–20, 20–25 cm (vždy osobitne kôra, vrátane borky a drevo). Podobne sme brali z hornej, strednej a spodnej tretiny kmeňa kotúče delené na kôru (borku a drevo). Podzemnú časť sme triedili na peň a korene o hrúbke 0,0–0,5 cm, 0,5–2,0 cm, 2,0–5,0 cm a nad 5 cm. Tým sme dosiahli metodicky veľmi dobrú kategorizáciu, ktorá umožňuje všestranne využiť získaný materiál.

Uhlík sa stanovil elementárnou analýzou.

Výsledky a diskusia

Pokrývkový humus (horizont Oo) mal v bučine hrúbku 2 cm a bol tvorený vrstvou L a F s náznakmi vrstvy H (nesúvislá, s hrúbkou do 3 mm). Humusovú formu možno teda označiť ako mederový mull. Aktuálna pôdna reakcia je kyslá (pH 4,1 – 5,0), vo vrchnej časti pôdneho profilu (0 – 6 cm) mierne kyslá (pH H₂O 5,6).

Obsah uhlíka v kompartmentoch bučiny (údaje sú v %)

Pokrývkový humus sme analyzovali podľa jednotlivých subhorizontov. Obsah uhlíka je nasledovný:

- a) Pôda - pokrývkový humus
 vrstva L: 46,94 %
 vrstva F: 45,46 %
 vrstva H: 32,63 %

- minerálna pôda
 H: 0-5 cm: 6,10 %
 5-10 cm: 3,71 %
 20-30 cm: 3,52 %
 40-50 cm: 1,90 %
 70-80 cm: 1,59 %

Výsledky analýz poukazujú na vysokú koncentráciu uhlíka v pokrývkovom horizonte Oo, typickú pre tento horizont. Relatívne vysoký obsah uhlíka je aj v minerálnej pôde a ešte aj v spodnej časti profilu, kde je pôda stredne humózna.

- b) Korene – hrúbková kategória
 0-0,5 cm: 42,16 %
 0,5-2,0 cm: 50,21 %
 2,0-5,0cm: 51,86 %
 nad 5 cm: 52,03 %
 Peň: 50,96 %

Pozoruhodné je, že obsah uhlíka v koreňoch stúpa s ich hrúbkou. Najmenší obsah je v biomase najjemnejších koreňov, t. j. v hrúbkovej kategórii do 0,5 cm (42,16 %).

- c) Kmene - kôra: 48,89 %
 - drevo: 52,86 %

Hodnoty pre uhlík v kôre majú malú variabilitu a kolíšu v rozpätí 48,8 – 49,0 %. Veľmi konštantné sú aj obsahy uhlíka v dreve (rozpätie sa pohybovalo vo všetkých vzorkách od 52,77 do 52,90 %!).

- d) Koruny bukov - listy: 49,41 %
 - kôra: 50,06 %
 - drevo: 52,60 %

V haluzine korún sme koncentráciu uhlíka zisťovali podľa jednotlivých hrúbkových kategórií vetiev a to vždy delené na listy, kôru a drevo.

Zásoba uhlíka v kompartmentoch bučiny (v kg . ha⁻¹)

Zásoby uhlíka v jednotlivých zložkách bukového ekosystému vypočítame na základe poznania hmotnosti kompartmentov a obsahu uhlíka v nich.

- a) Pôda - minerálna pôda: 194 708 kg/ha
 - pokrývkový humus
 - vrstva L: 1880 kg/ha
 - vrstva F: 3565 kg/ha

- vrstva H: 5274 kg/ha
- Spolu: 10719 kg/ha

Uhlík viazaný v pokrývkovom horizonte pôdy možno zaradiť medzi labilnú zásobu pôdy (mobilizovateľná rezerva). Môže sa z nej jeho rozkladom relatívne ľahko uvoľňovať napr. pri prírodných katastrofách (požiar, veterné katastrofy a pod.), ale aj pri náhlom uvoľnení zápoja lesného porastu, v extrémnom prípade pri jeho likvidácii holorubom. Deje sa tak najmä v procese mineralizácie nahromadených odumretých organických zvyškov, kedy uhlík uniká do ovzdušia vo forme CO₂. Preto hromadenie pokrývkového humusu je nepriaznivý stav a signalizuje zhoršujúcu sa funkciu lesného ekosystému.

- b) Korene: 12 711 kg/ha
- Peň: 31 219 kg/ha
- Spolu: 43 930 kg/ha

- c) Kmene - Kôra: 14 997 kg/ha
- Drevo: 307 834 kg/ha
- Spolu: 322 831 kg/ha

- d) Koruny – Listy: 1 592 kg/ha
- Letorasty: 4 310 kg/ha
- Kôra: 2 278 kg/ha
- Drevo : 2 1428 kg/ha
- Spolu: 29 608 kg/ha

Akumulácia uhlíka v pôde bukového ekosystému je 205 427 kg/ha, spolu v celom ekosystéme vrátane lesného porastu dosahuje 601 296 kg/ha. V názornejšom percentuálnom vyjadrení distribúcia uhlíka v bukovom lesnom ekosystéme má nasledujúce rozdelenie:

Pokrývkový humus:	1,8 %
Minerálna pôda:	32,4 %
Spolu:	34,2 %

Koruny:	4,9 %
Kmene:	53,6 %
Korene:	7,3 %
Spolu:	65,8 %

Aj keď tieto čísla sú dostatočne názorné a nepotrebujú komentár, predsa by sme radi zdôraznili, že prakticky 1/3 uhlíka sa akumulovala v pôde a 2/3 v drevnatej zložke bukového ekosystému.

Keďže uhlík vstupuje do procesu fotosyntézy ako CO₂, množstvo takto absorbovaného skleníkového plynu bučinou dosahuje úctyhodné číslo 1 466 565 kg na 1 hektári za 74 rokov existencie bukového porastu. Každý rok sa teda v ňom viaže 19 818 kg CO₂. Celkovo v bukovom ekosystéme, t. j. v pôde a v poraste je akumulované 2 224 794 kg oxidu uhličitého.

Záver

Z prezentovanej pilotnej štúdie je zrejmý mimoriadny význam funkcie pôdy a bukového porastu pri sekvestracii uhlíka. Túto funkciu možno označiť v zmysle nášho triedenia funkcií ako environmentálnu, pretože priamo súvisí so životným prostredím človeka. Jej význam vynikne, ak si uvedomíme, že uvedené údaje platia pre 1 ha bučiny. Keďže buk má vyše 30 % zastúpenie, tak údaje pre 1 ha by sme mohli vynásobiť tretinou výmery lesného pôdneho fondu, ktorá činí na Slovensku viac než 2 mil. hektárov.

Literatúra

- BIELEK, P., 207: Funkcia uhlíka v pôde pri ochrane pôdy a produkcii biomasy. Vedecká rozprava na XXX. Valnom zhromaždení členov SAPV, Nitra.
- BUBLINEC, E., 1979: Kolobeh makroprvkov a mikroelementov v lesnom ekosystéme a krajine. In: Biogeochemický oběh v krajine. Zborník prednášok zo sympózia RVHP, Pelhřimov, p. 60 – 67.
- BUBLINEC, E., 1994: Koncentrácia, akumulácia a kolobeh prvkov v bukovom a smrekovom ekosystéme. In: Acta Dendrobiologica, Bratislava: VEDA – vydavateľstvo SAV, 132 pp.
- FARRELL, E. P., 2004: Contribution of Forest and Forestry to the Mitigation of the Greenhouse Effect. Cost E21, Dublin, Ireland, October 2004
- OSZLÁNYI, J., 1980: Produktivita stromovej zložky bukového a smrekového lesného ekosystému v M. Karpatoch. Závěrečná správa. Zvolen : VÚLH, 116 pp.
- PICHLER, V. – GREGOR, J. – BUBLINEC, E. – TUŽINSKÝ, L., 2004: Carbon Sequestration in the Surface Humus of Forest Soils in Slovakia. In: Contribution of Forest and Forestry to the Mitigation of the Greenhouse Effect. Cost E21, Dublin, Ireland, October 2004, poster, p. 48.

HODNOCENÍ PRODUKČNÍCH A ENVIRONMENTÁLNÍCH FUNKCÍ PŮD

EVALUATION OF PRODUCTIONAL AND ENVIRONMENTAL FUNCTIONS OF SOILS

Pavel Novák, Jan Vopravil, Barbora Chramostová, Jitka Lagová

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Žabovřeská 250, 156 27 Praha 5 – Zbraslav

Abstrakt

Ze skupiny environmentálních půdních funkcí je vyhodnocena funkce hydrická (rozdělená na retenční a infiltrační), funkce ekologicko-stabilizační (zahrnující funkci pufru, transformační a asanační) a funkce degračně-stabilizační (vyjadřující rezistenci vůči erozi, kompakci). Stanovení hodnot půdních funkcí vychází z údajů datovýchází o charakteristikách a vlastnostech půd. Význam chemických, fyzikálních a stanovištních měřitelných půdních charakteristik je vyhodnocen. Ve stobodové stupnici jsou na základě databázových údajů porovnány potenciální hodnoty uvedených půdních funkcí pro tři zrnitostní subtypy černozemě (modální, arenickou a pelickou), které zároveň odpovídají třem hlavním půdním jednotkám českého bonitačního systému. Potenciální hodnoty těchto funkcí jsou porovnány se známými hodnotami funkce produkční (produkčním potenciálem). Celkovou kvalitu půdy z hlediska všech jejích funkcí je pak možno vyjádřit průměrem nebo součtem bodových hodnot za jednotlivé funkce, případně je možno některou funkci zvýhodnit podle její preference váhovým koeficientem. Finanční oceňování půdy by mělo zahrnovat kromě produkčního a stanovištního potenciálu i hodnoty dalších, ekologických funkcí.

Klíčová slova: ekologické funkce půdy – význam půdních parametrů – bodové hodnocení.

Abstract

The hydric soil function (included simultaneously retention and infiltration), ecology-stabilisational soil function (included together buffer, transformational and cleaning up functions) and degradation-stabilisational soil function (resistence to erosion, compaction) are evaluated from the bigger group of environmental soil functions. Assessment of soil function values come from soil characteristics data of database systems. Importance of the chemical, physical and other soil characteristics are evaluated. Potential values of the mentioned soil functions are expressed in one hundred points scale. It is done for three texturally different subtypes of Chernozems (modal, arenic, pellic) which parallelly correspond to three Main Soil Units of the Czech Soil Evaluation System. Potential values of these soil functions are compared to wellknown values of soil productional function (soil productional potential). Total soil quality is then possible to express by the average or the sum of point values of individual soil functions. Some chosen function can also be preffered by value

coefficient. Financial evaluation of the land (soil price practical application) could then include also values of environmental functions, not only value of productional potential.

Key words: ecological soil functions – importance of soil characteristics – point scale.

Úvod a problematika

Historicky si lidstvo cení především užitkovou funkci půdy, tj. její schopnost poskytovat produkci biomasy a socio-ekonomickou funkci půdy, tedy poskytovat prostor na kterém žijeme a poskytovat některé suroviny. Půda má však výraznou skupinu funkcí environmentálních, které udržují stabilitu zemských ekosystémů. Je neopominutelnou součástí světových cyklů oběhu vody, látek a výměny energií. Je obrovským retenčním prostorem pro vodu a je filtračním médiem pro podzemní vodu a její vlastnosti. V půdní organické hmotě jsou vázána velká množství uhlíku, dusíku, fosforu a síry. Půda je pufracním a transformačním činitelem, zajišťujícím asanaci a přeměnu řady látek, stálost prostředí. Půda svými vlastnostmi chrání zemský povrch před působením geologických degradačních procesů. Tyto funkce nejsou často doceněny. Je tedy možno říci, že stav půdního fondu, nehledě na způsob využití, vypovídá o kulturní úrovni dané společnosti.

Hodnocení produkčních a mimoprodukčních funkcí je vždy problematické a komplikované, protože do uvažování vstupuje mnoho vlivů a faktorů. Z hlediska potřeb lidské společnosti je však třeba multifunkcionalitu půdy nějakým způsobem vyjádřit. Každou půdní funkci je třeba hodnotit samostatně, protože některé z funkcí jsou ve vzájemném protikladu (funkce retenční a infiltrační). Soubor půdních funkcí – multifunkcionalita – se často označuje pojmem kvalita půdy. Kvalita půdy může ovšem být rozličná podle toho, jakou funkci preferujeme. Nejlépe se snad pojmem kvalita půdy rozumí schopnost půdy zabezpečovat své ekologické funkce při konkrétním způsobu využití (Bujnovský, Juráni 1999), čili plnění své dané nejdůležitější funkce bez ohrožení funkcí dalších (Novák 2000).

Dlouhou historii má hodnocení produkční funkce zemědělských půd v Čechách – již od období stabilního katastru (vláda Josefa II.), přes období Československé republiky (Kopecký 1931), až k řadě prací novějších (Mašát, Džatko, Němeček 1983, Novák 1995 a další) až k současné bonitaci (Mašát a kol. 2002). Při hodnocení mimoprodukčních funkcí byly v ČR vykonány jen první pokusy (Novák 2000). Hodnocení všech funkcí vychází v podstatě z podobných vstupních údajů o charakteristikách, parametrech a vlastnostech půd, ke kterým v případě potenciálu produkční funkce přistupují údaje stanovištní, klimatické a ekonomické. Zpravidla ve všech pracích se hodnota funkce (zvláště produkční) vyjadřuje ve stobodové stupnici. Problémem jsou vždy vstupní údaje o charakteristikách a vlastnostech půd, které jsou k dispozici a které mají k dané funkci přímý nebo nepřímý vztah, které je možno pro daný účel transformovat a které nejsou příliš variabilní v čase a v prostoru. Hodnocení každé funkce je možno provést buď pro jednotky klasifikačního nebo bonitačního systému. Oboje má své výhody i nevýhody, ale využití klasifikačního systému by bylo nutně obsáhlejší. V některých případech mohou jednotky obou systémů splývat.

Materiál a metódy

Environmentální funkce jsou definovány např. v pracích Bluma (1988, 1990) a Bujnovského a Jurániho (2000). Pro tento příspěvek byla provedena jejich určitá úprava a nebyly zhodnoceny ty funkce, pro které nebyly dostatečné podklady (např. funkce biodiverzity). Úprava funkcí spočívala v rozdělení některé funkce (funkce hydrické) a naopak vzájemné spojení pufruční, transformační a asanační funkce. Byly tak hodnoceny následující ekologické funkce půdy, resp. jejich relativní potenciály:

- retenční funkce pro vodu (retenční vodní kapacita)
- infiltrační funkce
- funkce ekologicko-stabilizační (zahrnující rámcově funkci pufruční, transformační a asanační)
- funkce degradačně-stabilizační (rezistence vůči erozi, kompakci).

Tyto funkce jsou porovnávány se známými potenciály funkce produkční (produkce biomasy – Novák 1995).

Principy hodnocení všech funkcí půdy (produkční i mimoprodukčních) musí vycházet z údajů o charakteristikách a parametrech půd, které je možno získat z datovýchází, popřípadě je možné je z databází transferovat (Novák, Vopravil 2007; Vopravil, Novák 1995-2008). To je zcela nezbytné. Je však třeba respektovat jejich variabilitu v prostoru a zejména v čase. Rozlišují se (Bujnovský, Juráni 1999, Novák 2000) parametry stabilní (zrnatost, hloubka, matečný substrát, skeletovitost), parametry relativně stabilní (humus, sorpční vlastnosti, retenční vodní kapacita, fyzikální stav půdy – objemová hmotnost, pórovitost, rychlost infiltrace, koeficient erodovatelnosti). Ty dominantně ovlivňují hodnocení půdy. Relativně dynamické parametry (reakce, živiny) souvisejí jen s krátkodobými změnami. Vliv klimatu a stanoviště nebylo možno uvažovat. Každá z půdních funkcí je dána významem, kombinací a vzájemnými vztahy všech charakteristik.

Význam jednotlivých půdních parametrů pro hodnocení potenciálních hodnot uvedených půdních byl znázorněn tabulkově s využitím návrhů Bujnovského a Jurániho 1999. Potenciální hodnoty jednotlivých půdních funkcí (resp. jejich rozpětí) byly vyhodnoceny pro tento příspěvek ve stobodové stupnici s využitím databázových údajů nebo z údajů vypočtených nebo transferovaných. V tomto příspěvku je provedeno vyhodnocení pro tři hlavní půdní jednotky bonitačního systému půd ČR (Mašát a kol. 2002), konkrétně pro HPJ 01, 04 a 06, což jsou HPJ odpovídající modálnímu, arenickému a pelickému subtypu černozemě (Němeček a kol. 2001). Vstupní data z databází jsou v tabulce a rozpětí potenciálních hodnot funkcí je znázorněno graficky.

Výsledky a diskuze.

Tab. 1 Význam půdních charakteristik a parametrů pro stanovení potenciálních hodnot půdních funkcí.

Parametr (charakteristika) Půdy	Funkce půdy				
	produkční	hydrická		ekologicko- stabilizační	degradačně stabilizační
		infiltrační	retenční		
zrnatost	+++	+++	+++	++	++

skeletovitost, hĺobka	+++	++	+++	++	+
struktúra	++	+++	+++	++	++
pórovitosť	++	+++	+++	++	++
merná hmotnosť	++	++	++	+	+
reakce	++	-	-	++	-
sorpční vlastnosti	+++	-	-	++	- (+)
humus	++	++	++	++	++
živiny	++	-	-	++	+
charakter stanovišťa					
klima	+++	+	+	++	++
svažitosť, expozícia, substrát	+	+	-	+	++

Hodnocení charakteristik:

- +++ veľmi významná
- ++ významná
- + méně významná
- nemajúci priamy vzťah

Z tabuľky je zjavné, na jakých parametroch pôdy v rozhodujúcej miere závisí jednotlivé funkcie pôdy: pre hydrické funkcie sú dôležité fyzikálne charakteristiky, pre ekologicko-stabilizačnú funkciu pôdné parametre chemické. Degradáčno-stabilizačnú funkciu závisí – nikoliv však výrazne – na väčšine pôdných vlastností. V produkčnom potenciáli sa stretávajú, vzájomne podmiňujú a kumulujú vplyvy všetkých pôdných vlastností a parametrov. Medzi všetkými charakteristikami pôdy dominuje zrnitosťná štruktúra, ovplyvňujúca všetky ostatné parametre pôdy. To ovšem není poznatek nijak nový.

Na príkladoch troch zrnitosťne odlišných subtypů černozemě (modální CEm, arenické CEr a pelické CEp, jež odpovídají HPJ 01, 04, 06 bonitačního systému) je provedeno hodnocení jednotlivých environmentálních funkcí ve stobodové stupnici. Hodnocení je porovnáno se známým bodovým hodnocením funkcie produkční (Novák 1995). Hodnocení vychází z databázových údajů nebo jejich aplikací (tabuľka 2).

Tab. 2 Parametry a charakteristika HPJ

(údaje z Vopravil, Novák 1995 – 2008, Novák, Vopravil 2007, Janeček, Vopravil 2005)

Půda	HPJ	Zrnitosť %		Sorpční charakt.		Humus %	pH/KCl
		< 0,01 mm	<0,002 mm	mva/100g	v %		
CEm	01	30 - 45	15 - 20	20 - 25	90 - 100	2,2 – 2,8	6,5 – 7,0
CEr	04	< 25	5 - 8	8 - 15	60 - 75	1,2 - 1,9	6,0- 6,5
CEp	06	55 - 70	> 30	25 - 32	90- 100	3,0 – 4,5	6,5- 7,1

Půda	HPJ	Měrná hmornost g . cm ⁻³	Pórovitost %	Infiltrace mm.min-1	Retence l . m ⁻³	VVK l.m ⁻³	Faktor K
CEm	01	1,30 -1,45	42 - 48	0,10- 0,15	320-360	180- 220	0,41
CEr	04	1,50 -1,65	38 - 43	> 22	80- 120	50 - 65	0,17
CEp	06	1,25 -1,40	46 - 52	< 0,08	320-360	120-200	0,30

Z těchto parametrů bylo odvozeno rozpětí bodových hodnot potenciálů ekologických funkcí půd a porovnáno s produkčním potenciálem (tab. 3).

Tab. 3 Rozpětí bodových hodnot produkční a environmentálních funkcí půd.

Černozem modální – CEm – HPJ 01

Funkce	Body									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
produkční								XXXXXXXXXX		
infiltrační					XXXXXXX					
retenční								XXXXXXXXXXXX		
ekostabilizační								XXXXXXX		
degradačně- stabilizační				XXXXXXX						

Černozem arenická CER – HPJ 04

Funkce	Body									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
produkční				XXXXXXXXXXXX						
infiltrační							XXXXXXXXXXXX			
retenční		XXXXXXX								
ekostabilizační						XXXX				
degradačně – stabilizační						XXXX				

Černozem pelická CEP – HPJ 06

Funkce	Body									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
produkční						XXXXXXX				
infiltrační	XXXX									
retenční							XXXXXXX			
ekostabilizační						XXXXXX				
degradačně – stabilizační						XXXXXX				

Dosažené výsledky je nutno chápat pouze rámcově, jako přiblížení se k reálnému stavu. Určení potenciálních hodnot jednotlivých půdních environmentálních funkcí je s jistou přesností možné, je-li k dispozici dostatek relevantních údajů z datovýchází.

Určit přesněji potenciál celkové kvality půdy nebo i produkční potenciál je obtížnější s ohledem na velkou šíři a variabilitu užitých klasifikačních jednotek. Velmi problematický je např. vliv stanovišť a klimatu, v případě produkční funkce i vliv managementu půdy. V řadě případů se mohou chybějící data transformovat z jiných charakteristik. Někdy se však musí operovat s tzv. kvalifikovanými odhady tam, kde přesná data chybějí, jejich rozptyl je příliš velký a hodnocení komplikované. Celkovou, obecnou kvalitu půdy je pak možno vyjádřit průměrem nebo součtem bodových hodnot jednotlivých funkcí, přičemž každá funkce má rovnocenné postavení. Je-li třeba zdůraznit význam některé z půdních funkcí, je možno tuto funkci preferovat váhovým koeficientem příslušné bodové hodnoty dané funkce.

Závěr

Půda jako neobnovitelný přírodní zdroj má pro lidskou společnost základní význam. Pro kvalitu lidského života proto zhodnocení půdy musí být vždy provedeno z různých hledisek, zahrnujících všechny její funkce. Z toho by také mělo plynout oceňování půdy. Ne tedy pouze tak, jak je tomu v úředních cenách zemědělské půdy podle produkčního potenciálu nebo jako je tomu v tržních cenách, vycházejících většinou z polohy a lokality nebo z možného využití jako zdroje surovin. Půda zdánlivě málo ceněná z těchto ryze ekonomických hledisek může mít vysokou hodnotu environmentální v ekosystému. Ta by vždy při jakémkoliv formě využití měla být vzata v úvahu a měla by se do finančního ocenění dané půdy promítnout.

Tento příspěvek je jedním z výsledků řešení projektu Ministerstva zemědělství ČR číslo QH82089 „Hodnocení mimoprodukčních funkcí půd České republiky ve vztahu k funkci produkční a s jejich vlivem na ochranu půdy, vody a krajiny“ a vznikl za jeho finanční podpory.

Literatura

- BLUM W. H. Problems of soil conservation. Nature and environment series, No 39, Strasburg 1988, 62 pgs
- BLUM W. H. Soil protection in Europe. Environment conservation 17, 1990, pgs 72 – 75
- BUJNOVSKÝ R., JURÁNI B. On the problem of soil quality evaluation. Vědecká práce VÚPOP Bratislava 1999, pgs 25-32, ISBN 80-85361-68-X
- KOPECKÝ J. Bodové stanovení bonity půd orných. Tiskárna Politika, Praha 1931, 45 str.
- MAŠÁT K., DŽATKO M., NĚMEČEK J. Produkční potenciál půd ČSR. Rostl. výroba 29, 1983, č. 10, str. 1011 – 1021.
- MAŠÁT K. A KOL. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně-ekologických jednotek. MZe ČR – VÚMOP Praha, 2002, 113 str., ISBN 80-238-9095-6
- NOVÁK P. A KOL. Metodika stanovení bodové hodnoty půdy – Výstup projektu RE 0930950002 Hodnota půdy, VÚMOP Praha 1995, 63 str.
- NOVÁK P., VOPRAVIL J. A KOL. Analýza a mapování infiltračních a retenčních schopností půd ČR. Závěrečná zpráva projektu VaV 1D/1/5/05, VÚMOP v.v.i. 2007
- VOPRAVIL J., NOVÁK P. A KOL. Datová báze charakteristik a vlastností půd ČR. VÚMOP Praha 1995 - 2008

NOVÉ BIOFYZIKÁLNE KRITÉRIÁ PRE DELIMITÁCIU OBLASTÍ POSTIHNUTÝCH PRÍRODNÝMI ZNEVÝHODNENIAMI (LFA)

NEW BIOPHYSICAL CRITERIA FOR DELIMITATION OF REGIONS AFFECTED BY NATURAL HANDICAPS (LFA)

Jaroslava Sobocká¹, Jana Molčanová²

¹ *Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava,
e-mail: sobocka@vupu.sk*

² *Výskumný ústav ekonomiky poľnohospodárstva a potravinárstva, Trenčianska 22,
Bratislava*

Abstrakt

Uplatnenie systému biofyzikálnych indikátorov pre definovanie znevýhodnených oblastí (LFA) poskytne určitú porovnateľnosť kritérií založených na transparentných a vedecky odôvodnených kritériách členských štátov EÚ (článok 50.3. ods. a) EC – Regulation 1698/2005). Pre diferenciaciu poľnohospodárskej krajiny s biofyzikálnymi obmedzeniami možno stanoviť určité kritériá a ich limitné hodnoty, ktoré odrážajú zníženú produktivitu pôd a zhoršené klimatické podmienky. Na základe dostupnosti pôdných a klimatických dát boli zvolené dve klimatické kritériá, štyri pôdne, jedno integrované kritérium (klímy a pôdy) a kritérium svahovitosti ako jediné topografické kritérium. Klimatické kritériá sa týkajú potreby dostatočného tepla pre úrodu za predpokladu vylúčenia nepriaznivých horúcich období. Prieupustnosť pôdy bola vybratá na základe potreby dostatočného, ale nie nadmerného množstva dostupnej vody v pôde. Textúra, skeletnosť a hĺbka pôdy boli zvolené z dôvodu ich vplyvu na hĺbku zakorenenia, resp. jeho obmedzenia na dostupnosť živín v pôde, primeraného vodno-vzdušného režimu v pôde a prieupustnosti pôdneho profilu. Chemické vlastnosti pôdy sa týkajú absencie toxických látok pôde ako je nadmerná salinita, sodicita alebo acidita. Integrované pôdno-klimatické kritérium bilancie pôdnej vody v profile vyjadruje dostupnosť vody v pôde pri určitej teplote počas vegetačného obdobia (koeficient evapotranspirácie). Svahovitosť bola uplatnená pre jej potenciálny vplyv na dostupnosť mechanizácie na pozemky. Tieto kritériá by mali zabezpečiť porovnateľnosť systémov delimitácie LFA v jednotlivých členských krajinách. Za znevýhodnené oblasti sa navrhujú tie regióny, kde bude splnené dané kritérium na určitej úrovni.

Kľúčové slová: biofyzikálne kritériá, ostatné znevýhodnené oblasti

Abstract

The application of biophysical indicator system provides definition of LFAs by ensuring certain comparability based on transparent and scientifically supported

criteria in all EU Member States (Article 50.3 sub-sec. a) EC – Regulation 1698/2005). Some criteria and their threshold values can be defined for agricultural land differentiation with biophysical handicaps. They reflect lower soil productivity and poor climate conditions. On based available soil and climate data two climatic and four soil criteria were retained and complemented by one integrated soil-climate criterion (soil water balance) and slope as the sole topographic criterion. Climatic criteria are related to the sufficient warm for yield provided that non favourable hot period. Soil drainage was defined on the base of sufficient but not flooded available water in soil profile. Texture, stoniness and soil depth both were chosen due to their influence on rooting depth or their restriction on nutrients supply, appropriate water-air regime and permeability in soil profile. Chemical soil properties can be referred to toxic compounds in soil like excessive salinity, sodicity or acidity. Integrated soil-climatic criterion of soil water balance in profile is focussed on water availability at defined temperature within growing period (evapotranspiration coefficient). Slope was considered for its potential impact on machinery accessibility on the fields. These criteria might be ensuring comparability of LFA delimitation systems in EU Member States. As natural handicapped areas will be proposed such regions which fulfil given criterion on the defined level.

Key words: bio-physical criteria, other less favourable areas

Úvod

Pôda a klíma sú hlavnými indikátormi vhodnosti krajiny pre poľnohospodárske využívanie. Každá plodina má celý rad požiadaviek na pôdu a klímu, napr. pre zabezpečenie úrody plodina potrebuje dostatočnú fyzickú stabilitu, dostatočné teplo a fotosynteticky aktívnu radiáciu, kyslík, vodu a živiny bez vplyvu škodlivých látok alebo poškodzujúceho vplyvu búrok alebo pesticídov. Tento fenomén potvrdzuje dominanciu pôdnych a klimatických podmienok pre hodnotenie vhodnosti krajiny pre poľnohospodárstvo. Poľnohospodárstvo sa snaží zmierniť limitujúce (stresujúce) faktory a zdokonaľiť prirodzenú vhodnosť krajiny pre dosiahnutie ekonomického optima.

Fyzické hodnotenie krajiny klasifikuje krajinu na základe zohľadnenia definovaného okruhu poľnohospodárskych operácií v Európe. Fyzické hodnotenie krajiny vedie k dvom typom výstupov:

- (i) usporiadanie, t.j. klasifikácia pôdnych jednotiek podľa ich schopnosti produkovať úrodu a
- (ii) oprávnenie usporiadania pôdnych jednotiek na základe identifikácie a hodnotenia limitujúcich faktorov.

Európska Komisia začala revíziu LFA nezávislým prehodnotením predbežného opatrenia v r. 2006. V tom istom čase JRC (Joint Research Centre) v Ispre (Taliansko) začal práce na identifikácii biofyzikálnych kritérií pre definovanie významných prírodných znevýhodnení v poľnohospodárstve EÚ. Tieto kritériá sa týkajú hlavne zníženej produktivity pôdy a zhoršených klimatických podmienok. Tento kritériálny prístup bol zvolený preto, aby bol nezávislý na type úrod a bol aplikovateľný na celom území členských štátov EÚ.

Pre vypracovanie panelu pôdnych, klimatických a krajinných hodnotení sa definoval prístup, ktorý umožní vyhraničenie tzv. „ostatných znevýhodnených oblastí pre

poľnohospodárstvo (LFA)“ v EU27. Usmernením je článok 50.3 ods. a) EC – Regulation 1698/2005, ktorý vyzýva na revíziu existujúceho systému, ktorý by sa zakladal na kritériách zníženej produktivity pôd a zhoršených klimatických podmienok pre poľnohospodárstvo. To znamená, že systém by vyhraničoval „zóny ovplyvnené zhoršenými klimatickými podmienkami a zníženou produktivitou pôdy“, čo by bolo východiskom pre odôvodnenie finančných nárokov na podporu farmárov. Je niekoľko východísk pre uskutočnenie zámeru. Vychádza sa z niekoľkých premís: Poľnohospodárstvo v Európe zahŕňa široký okruh plodín, pričom existuje mnoho pôdnych a klimatických charakteristík, ktoré určujú stabilitu a vzájomné pôsobenie. Mnoho základných pôdnych a klimatických charakteristík ovplyvňuje správanie plodín rôznorodým spôsobom. Napr. hĺbka pôdy nie je len merateľnou veličinou pre prístupnosť rastlinných koreňov, ale aj vytvára stabilitu a určuje kapacitu pre zásobu vody a živín. Mnoho pôdnych charakteristík pôsobí vo vzájomnej interakcii, napr. prítomnosť ílovitej vrstvy redukuje stabilitu a vývoj koreňov, ale prítomnosť tejto vrstvy môže byť užitočná pre piesočnaté pôdy vytvorením presakujúcej zavodnenej vrstvy, ktorá kompenzuje nízku retenčnú kapacitu pôd. Aby sa prekonali problémy so zložitým pôsobením jednotlivých charakteristík, FAO zaviedlo koncept kvality krajiny (LQ). Kvalita krajiny je definovaná ako kombinácia krajinných charakteristík, ktoré pôsobia na vhodnosť krajiny pre dané využívanie. Takto LQ určuje pôdne charakteristiky ako hĺbka, textúra, objemová hmotnosť, skeletnosť a klimatické charakteristiky ako je množstvo a režim zrážok a výpar. Táto definícia a kvantifikácia všetkých LQ a ich porovnanie s nárokmi mnohých rastlín sa zdá byť najvhodnejším postupom pre územie EU27. Treba poznamenať, že delimitácia jednotlivých území je podmienená prístupnými a dostatočnými údajmi.

Výsledky a diskusia

Diagnostické kritériá pre zníženie produktivity pôd a zhoršené klimatické podmienky v európskom poľnohospodárstve

Akceptovaný bol prístup FAO, ktorý rieši poľnohospodársku krajinu a je prispôbený na dané požiadavky. Ponechané boli dve klimatické a štyri pôdne kritériá a doplnené boli o jedno pôdno-klimatické kritérium (bilancia pôdnej vody) a svah ako jediné topografické kritérium. Pre každé kritérium sa definovali 2 kritické limity, ktoré sa ďalej delili na kategórie:

1. nelimitujúce;
2. menej prísne kritérium;
3. veľmi prísne kritérium.

Za „menej prísne kritérium“ sa považuje charakteristika, ktorá nie je dostatočne uvažovaná ako hendikep pre poľnohospodárstvo. „Veľmi prísne kritérium“ je charakteristika uvažovaná ako úplne nevhodná pre poľnohospodárstvo. Hodnoty vlastností medzi oboma limitami sú uvažované ako biofyzikálny hendikep pre poľnohospodárstvo bez možnosti kultivácie. Za znevýhodnené oblasti sa považujú územia obcí, kde podiel s výmerou poľnohospodárskych pôd (LPIS), ktoré spĺňajú dané kritériá, je väčší ako 50 %.

Tab. 1 Prehľad diagnostických kritérií a kritických limitov

	Kritérium	Definícia	Prahová hodnota oddeľujúca nelimitujúcu od limitujúcej	Pr limi
<i>Klíma</i>	Nízka teplota	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Dĺžka vegetačného obdobia (počet dní) definovaných počtom dní s dennou priem. teplotou > 5 °C (LGP_s) ▪ Suma tepla (stupeň – deň), pre vegetačné obdobie definované podľa akumulovanej priemernej dennej teploty > 5 °C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ < 180 dní alebo 1500° v dňoch 	▪ <
	Stres z tepla	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Počet alebo dĺžka nepretržitého obdobia (počet dní) v rámci vegetačného obdobia, pre ktoré denné teplotné maximum (T_{max}) presahuje 35° C 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jedno alebo viac období aspoň 10 po sebe nasledujúcich dní s dennou teplotou T_{max} > 35 °C 	▪ Jede se

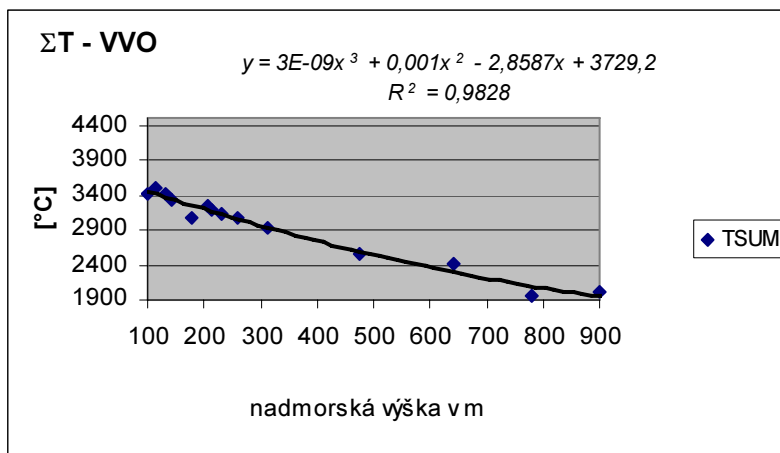
Tieto kritériá a pridružené kritické limity možno použiť všade tam, kde sú prístupné dostatočné geopriestorové a sémantické údaje o pôde a klíme. Existujú aj pan-európske pôdne a klimatické údaje, ktoré možno bez problémov aplikovať, avšak ich geopriestorové a sémantické rozlíšenie je príliš malé a prostriedky pre delimitáciu krajiny sú veľmi ohrozené.

Treba poznamenať, že väčšina navrhovaných pôdnych a klimatických kritérií bolo aplikovateľných pre klasifikáciu znevýhodnených poľnohospodárskych oblastí Slovenska. Pre riešenie zadanej úlohy sme použili viacero zdrojov, ale vychádzali sme predovšetkým s aktívnej georeferencovanej vrstvy BPEJ, ktorej správcom je Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave (Linkeš a kol. 1996). Ako základná teritoriálna jednotka bola uvažovaná obec (NUTS 5) na výmere LPIS na rozdiel od predchádzajúceho katastrálneho územia. Pre výpočet oblastí zaradených podľa jednotlivých kritérií do LFA sa použili GISové prostriedky (ArcMap 9,2 fy ESRI).

Kritérium 1: Nízka teplota – suma priemerných denných teplôt (TSUM) pri teplote $> 5^{\circ}\text{C}$, ktorá začína posledným mrazovým dňom na jar a končí prvým mrazovým dňom na jeseň. Veľmi prísne kritérium je suma denných teplôt v stupňoch (TSUM 1800 v $^{\circ}$). Menej prísne kritérium je počet dní (dĺžka vegetačného obdobia) s teplotou $> 5^{\circ}\text{C}$.

Riešenie:

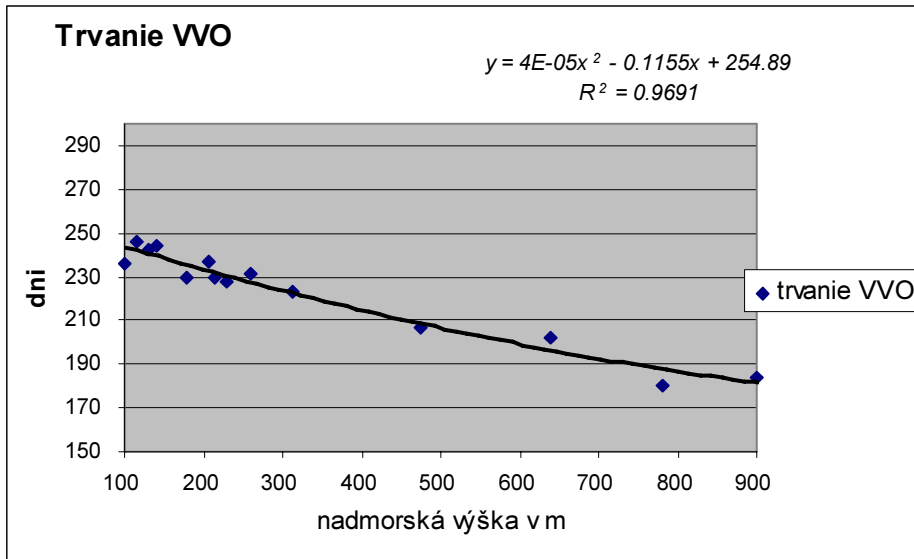
Pre výpočet oblastí znevýhodnených z hľadiska nedostatočného vegetačného obdobia sme opreli sa o výpočet sumy denných teplôt vo vzťahu k nadmorskej výške (viď. obr. 1). Na základe danej rovnice suma teplôt charakterizujúca VVO je v SR v nadmorskej výške 1090 m (to je veľmi prísne kritérium). Podľa vypočítaného vzťahu kritickú hodnotu TSUM čo spĺňa len niekoľko obcí, avšak väčšina týchto obcí spĺňa podmienku pre zaradenie do horských oblastí.



Obr. 1 Sumy priemerných denných teplôt vzduchu v $^{\circ}\text{C}$ vo veľkom vegetačnom období (VVO)

Menej prísne kritérium je dĺžka vegetačného obdobia (prah) s teplotou $> 5^{\circ}\text{C}$ je 180 dní. Použili sme rovnicu vzťahu nadmorskej výšky a trvania veľkého vegetačného obdobia (obr. 2). Podľa tejto rovnice je územie s trvaním veľkého vegetačného obdobia pod hranicou 950 m. Pri hodnotení sa však zohľadňoval celoplošný aspekt.

Tento údaj je aproximatívny, pretože územia sú ovplyvňované expozíciou svahov a masívnosťou horských oblastí a preto ho možno znížiť na úroveň 780 m n.m. Podobne aj tu väčšina obcí spĺňa podmienku pre zaradenie do horských oblastí. Poznámka: Toto kritérium platí len pre krajiny vyšších zemepisných šírok.



Obr. 2 Trvanie veľkého vegetačného obdobia (VVO)

Kritérium 2: Stres z tepla – ide o počet dní alebo dĺžku nepretržitého obdobia (počet dní) v rámci vegetačného obdobia, pre ktoré denné teplotné maximum (T_{max}) presahuje 35°C .

Riešenie: toto kritérium nespĺňa žiadne územie Slovenska.

Kritérium 3: Vodno-vzdušné (drenážne) pomery v pôde – územia, ktoré sú nasiaknuté alebo zaplavené vodou počas roka. Veľmi prísne kritérium je zamokrenie 40 cm pôdneho profilu počas obdobia trvajúceho viac ako 11 mesiacov, veľmi slabo priepustné pôdy. Menej prísne kritérium je zamokrenie 80 cm pôdneho profilu v období trvajúcom viac ako 6 mesiacov, slabo priepustné pôdy, avšak nie pôdy hodnotené v predchádzajúcom kritériu.

Riešenie: pre výpočet plochy týchto znevýhodnených oblastí sa použil systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek vzťahovaných len na územie LPIS. Veľmi prísne kritérium zamokrenosti územia (zamokrenie 40 cm viac ako 11 mesiacov) spĺňajú glejové pôdy a organozeme (rašelinové pôdy) – HPJ 94, 95 a 98. Menej prísne kritérium (zamokrenie 80 cm viac ako 6 mesiacov) sa vzťahuje na glejové subtypy fluvizemí a čiernic a na modálne pseudogleje (HPJ – 08, 09, 11, 12, 13, 25, 26, 27, 28, 57, a 89). Toto kritérium okrem glejových subtypov fluvizemí a čiernic môžu spĺňať ešte pseudogleje a pseudoglejové subtypy: HPJ 56, 58.

Kritérium 4: Textúra (pôdny druh) a skeletnosť – ide o oblasti, ktoré majú extrémnu pôdnu textúru (piesočnaté, alebo ílovité pôdy), alebo pôdy s vertikálnymi znakmi. Tiež územia, v ktorých sa nachádzajú štrky, kamene, balvany alebo výstup horniny v povrchovom pôdnom horizonte. Veľmi prísne kritérium je $> 50\%$ objemových skeletu (frakcia $> 2\text{ mm}$) v povrchovom horizonte. Menej prísne kritérium je $> 40\%$ objemových skeletu v povrchovom horizonte, piesočnatá textúra (menej ako

18 % ílu a viac ako 65 % piesku), ťažké ílovité pôdy (> 45 % ílu v povrchovom horizonte, prípadne vertikálne znaky).

Riešenie: pre výpočet plochy pôd extrémnej textúry a skeletnatých pôd sa využil systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek vzťahovaných len na územie LPIS. V súlade s veľmi prísnyim kritériom (> 50 % objemových skeletu v povrchovom horizonte) sa využil kód skeletnatosti BPEJ (3), ktorý zobrazuje plochy s množstvom skeletu 25 - 50 % a viac. Ako menej prísne kritérium sme vybrali frakciu jemnozeme (< 2 mm), ako znevýhodnené oblasti sú označené plochy BPEJ s kódmi 1 (pre piesočnaté pôdy) a 4 (pre ílovité pôdy a íly). Kritérium > 40 % objemových skeletu sme neuvažovali, nakoľko týmito údajmi nedisponujeme. Poznámka: v databáze BPEJ sa používa zrnitostná kategória podľa Nováka (percentuálne zastúpenie ílových častíc menej ako 0,01 mm). V kritériách EÚ sa používa pre určenie ílovej frakcie fyzikálny íl (0,002 mm), čo je rozdielne hodnota. Nami navrhované kritérium je v súlade s pozíciami EÚ.

Kritérium 5: Hĺbka zakorenenia – oblasti, ktoré majú limitovanú hĺbku zakorenenia v dôsledku prítomnosti súvislej horniny alebo stvrdnutej vrstvy (hard-pan). Veľmi prísne kritérium je hĺbka profilu < 15 cm, menej prísne kritérium je hĺbka profilu 15-30 cm.

Riešenie: pre výpočet plochy pôd extrémne plytkých sa využil systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek vzťahovaných len na územie LPIS. Veľmi prísne kritérium (hĺbka profilu < 10 cm) spĺňa len kód HPJ 97 – litozeme a rankre (extrémne skeletovité pôdy a s výskytom horniny do 10 cm). Menej prísne kritérium (hĺbka profilu < 30 cm) sa viaže na územia plytkých kambizemí, rankrov kambizemných a rendzín HPJ – 76, 77, 78, 79 a 90.

Kritérium 6: Chemické komponenty (salinita, sodifikácia, toxicita) – územia s vysokým obsahom solí alebo vymeniteľného sodíka alebo toxické územia. Veľmi prísne kritérium pre salinitu je > 16 dS/m, pre sodifikáciu > 15 ESP, pre toxicitu pH > 8,5 alebo < 4,5. Menej prísne kritérium je pre salinitu je 4-16 dS/m, pre sodifikáciu 6-15 ESP a pre toxicitu pH 8,0-8,5 alebo 4,5-5,5.

Riešenie: pre výpočet plochy pôd zasolených alebo toxických sa využil systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek vzťahovaných len na územie LPIS. Veľmi prísne kritérium pre zasolené pôdy spĺňa len kód HPJ 96 (solončaky a slance). Menej prísne kritérium pre zasolené pôdy sa viažu na komplexy čiernic so slancami (HPJ 31) a komplex černoziem čiernicových so slancami (HPJ 42). Toxicitu pôd v zmysle pôsobenia toxického hliníka v pôdach ako veľmi prísne kritérium spĺňajú podzoly (HPJ 86) s pH < 4,5. Menej prísne kritérium (pH 4,5-5,5) je diskutabilné, nakoľko prevažná väčšina kambizemí, luvizemí aj niektorých hnedozemí takéto kritérium ľahko spĺňa, preto sme ho v prvom návrhu neuvažovali. Neskôr sa hodnotili pôdy kyslé, s pH 4,5 – 5,5. Pre tieto pôdy sa urobili dodatočné výpočty, kde sa zohľadnili HPJ 60, 66, 67, 68. Ide o kyslé variety kambizemí a ich komplexy.

Kritérium 7: Bilancia pôdnej vody – počet dní, ktoré nie sú limitované vodou v období definovanom ako vegetačné. Takýto deň je vtedy, ak pomer dennej aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie presahuje 0,5. Veľmi prísny limit: < 60 dní, menej prísny limit 60-90 dní.

Riešenie: toto kritérium nespĺňa žiadne miesto v SR, hoci v blízkej budúcnosti je možné toto kritérium uplatniť v najsuchších regiónoch Slovenska.

8: Svahovitost' – svahovité oblasti, ktoré sú prakticky nedostupné pre poľnohospodársku mechanizáciu. Veľmi prísne kritérium je svah > 30 %, menej prísne kritérium je svah 15-30 %.

Riešenie: pre výpočet plochy týchto znevýhodnených oblastí sa použil systém bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek vzťahovaných len na územie LPIS. Na rozdiel od predchádzajúcich výpočtov, kedy sa brala do úvahy celá poľnohospodárska pôda, v nových výpočtoch je zadaná vrstva LPIS, t.j. skutočne obrábaná pôda. Vypočítalo sa percentuálne rozšírenie jednotlivých svahovitých území na podklade veľmi presného modelu DPM dodaného spracovateľmi ortofoto snímok s gridom 20 m (predchádzajúci model SVM50 mal grid 50 m).

Záver

Spoločný systém biofyzikálnych indikátorov zastrešuje definíciu LFA, čím sa vo všetkých členských štátoch zabezpečí istá porovnateľnosť a merateľnosť založená na transparentných a vedecky podporených kritériách. Analýzy dopadu týchto indikátorov na delimitáciu oblastí LFA ukázali, že množstvo regiónov prekonal prírodné znevýhodnenie. Dôvodom je využitie špeciálnych techník (odvodňovanie, zavlažovanie). Ďalšou možnosťou je prispôbenie poľnohospodárstva na znevýhodnenie cez uplatňovanie špecifických systémov výroby, pri ktorých nedôjde k výraznému zníženiu produkcie.

EK predložila ďalší dokument, ktorý odráža tzv. „druhý krok delimitácie LFA“. Druhý krok delimitácie by mal vychádzať z 3 povinných kritérií, z ktorých musia členské štáty využiť aspoň jeden na úrovni delimitácie (NUTS 5). Cieľom druhého kroku v súvislosti s delimitáciou by malo byť vylúčenie oblastí, kde napriek výskytu prírodného znevýhodnenia poľnohospodárska výroba dosahujú výstupy a výsledky porovnateľné s priemerom v členských štátoch. To znamená delimitovať územia, ktoré určitými technickými opatreniami prekonal prírodné znevýhodnenia. Týmto krokom členské štáty zabezpečia, že požiadavka čl. 50 ods. 3 písm. a), nariadenia č. 1698/2005, ktoré uvádza „zachovanie extenzívnej poľnohospodárskej činnosti je dôležité pre manažment krajiny“ je splnená. Snahou EK je čo najskôr predložiť návrh nariadenia tak, aby sa od 1. januára 2010 mohol začať uplatňovať nový systém.

Literatúra

- ELIASON, A., TERRES, J.-M., BAMPIS, C: 2007: Common Biophysical Criteria For Defining Areas which are Less Favourable for Agriculture in Europe. Proceeding from the Expert meeting, 2007 JRC Ispra (Italy), EC EUR 22735 EN.
- LINKEŠ, V., PESTÚN, V., DŽATKO, M., 1996: Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek Tretie upravené vydanie. Vydal Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava.
- TAKÁČ, J., LAPIN, M., ŠIŠKA, B., VALŠÍKOVÁ, M., 2005: Očakávané dôsledky klimatickej zmeny na poľnohospodárstvo a adaptačné opatrenia zahrňujúce technológie pestovania plodín, riadenie poľnohospodárskej výroby a reguláciu vodného a energetického režimu. Úloha štátneho programu výskumu a vývoja Aktuálne otázky rozvoja spoločnosti. Záverečná správa za ČÚ 01 2005. Hydromelióracie, š. p., Bratislava, 106 s.

PRÁVNE, EKONOMICKÉ A ETICKÉ ASPEKTY OCHRANY POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY

LEGAL, ECONOMIC AND ETHICAL ASPECTS OF AGRICULTURAL SOIL PROTECTION

Radoslav BUJNOVSKÝ¹, Jozef VILČEK²

¹*Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
email: bujnovsky@vupu.sk*

²*Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Raymanova 1, 080 01 Prešov
email: vilcek@vupop.sk*

Abstrakt

Využívanie poľnohospodárskej pôdy je neraz doprevádzané degradačnými procesmi, ktoré ovplyvňujú zabezpečovanie tak produkčnej, ako aj ostatných ekologických funkcií pôdy. Degradácia pôdy v podmienkach Slovenska predstavuje aktuálny problém spoločnosti a to bez ohľadu na to akú mieru pozornosti mu táto venuje. Zo štandardných opatrení na zlepšenie daného stavu v oblasti ochrany pôdy možno uviesť tvorbu a výkon legislatívnych predpisov s nadväznosťou na ekonomické nástroje a taktiež zabezpečovanie environmentálneho vzdelávania študentov a užívateľov pôdy. Rešpektovanie legislatívy na ochranu poľnohospodárskej pôdy je do určitej miery zahrnuté aj do podmienok vyplácania podpôr v poľnohospodárstve. Opätovné zavedenie odvodov za záber poľnohospodárskej pôdy môže prispieť z zmierneniu úbytku najkvalitnejších pôd. Oceňovanie ekologických funkcií pôdy ponúka možnosť pre stimuláciu ochrany pôd, no nemôže byť použité ako základ pre formovanie etických hodnôt bezprostredne spojených s postojom človeka k pôde a jej degradácii, ktoré globálna spoločnosť tak naliehavo potrebuje. Etické aspekty ochrany pôdy významnou mierou vstupujú do praktickej ochrany pôdy a jej udržateľného využívania. Etiku však nemožno v plnom rozsahu uzákoniť ani formovať za pomoci ekonomických nástrojov - etiku možno len žiť a naplňovať v živote spoločnosti a v živote konkrétnych jedincov.

Kľúčové slová: degradácia pôdy, ochrana pôdy, legislatíva, ekonomické nástroje, oceňovanie funkcií pôdy, environmentálne povedomie, etika využívania pôdy

Abstract

Use of agricultural soil is frequently linked with soil degradation processes that influence provision of soil environmental functions, biomass production inclusive. In Slovakian conditions soil degradation represents actual societal problem regardless of all the attention it receives. From standard measures for improvement of existing status in area of soil protection there can be mentioned creation and enforcement of legal norms with corresponding economical tools, and also provision of environmental education of students and training of soil users. Respecting some aspects of existing legislation on agricultural soil protection is partly included also into conditions for

agricultural supports payment. Reintroduction of taxes for agricultural soil sealing can contribute to the moderation of decrease of best quality soils. Financial valuation of ecological soil functions can be viewed as stimulation factor for soil protection it cannot be used as a base for setting ethical values regarding human relationship to soil and its degradation, values which global society urgently needs to form.

Ethical aspects of soil protection significantly enter into sustainable soil use. Ethics can not be fully codified nor to form with help of economic tools – it is possible ethics only to live and realize in the life of society and life of concrete individuals.

Key words: soil degradation, soil protection, legislation, economic tools, valuation of soil functions, environmental awareness, ethics of soil use

Úvod

Význam pôdy pre spoločnosť a funkcií ktoré pôda zabezpečuje je predmetom mnohých strategických dokumentov a publikácií (napr. Bedrna, 2002; Bielek, 1999; Bujnovský, Juráni, 1999; Šarapatka a kol., 2002). Degradácia pôdy predstavuje proces vratných a nevratných zmien spravidla vyvolaných človekom pri konkrétnom spôsobe jej využívania a negatívne znižuje schopnosť pôdy plniť produkčnú a mimoprodukčné - najmä ekologické funkcie. Degradácia pôdy predstavuje významný faktor, ktorý z dlhodobého hľadiska ovplyvňuje eko-sociálny rozvoj všetkých krajín. Uvedená skutočnosť je stále viac predmetom záujmu tak na národnej, ako aj nadnárodnej úrovni. Tematická stratégia pre ochranu pôdy (European Commission, 2002) a následné aktivity a dokumenty Európskej Komisie zamerané na hlbšiu analýzu stavu a potrieb v danej oblasti (van Camp a kol., 2004) len zdôrazňujú naliehavosť a potrebu riešenia ochrany pôdy.

Materiál a metódy

Príspevok analyzuje právne, ekonomické a etické aspekty ochrany pôdy, ktoré môžu rozsah degradačných procesov spomaliť, zastaviť resp. zvrátiť. Degradácia pôdy úzko súvisí so zabezpečovaním ekologických funkcií pôdy. Ich oceňovanie ponúka iný pohľad na hodnotu pôdy a potrebu jej efektívnej ochrany. Oceňovanie ekologických funkcií pôdy je ilustrované na príklade filtračnej funkcie - schopnosti vody akumulovať vodu. Oceňovanie tejto funkcie vychádza z odhadu nákladov, ktoré sa ušetrili resp. ktorým sa predišlo vďaka výkonu funkcie (avoided cost). Príspevok predkladá aj všeobecnú analýzu vzťahu degradácie pôdy a etických hodnôt jedincov a spoločnosti.

Výsledky a diskusia

Degradácia pôdy v podmienkach Slovenska, v nadväznosti na deklarovánú potrebu udržateľného využívania tohto prírodného zdroja, predstavuje aktuálny problém spoločnosti a to bez ohľadu na to akú mieru pozornosti mu táto venuje. Zo štandardných oblastí pre formulovanie opatrení treba spomenúť predovšetkým:

- tvorbu legislatívnych predpisov, strategických dokumentov a informačných zdrojov pre potreby strategického a operatívneho rozhodovania v oblasti využívania a ochrany pôdy,
- zabezpečovanie vzdelávania študentov a užívateľov pôdy v oblasti príčin a následkov degradácie pôdy.

Primárnym nástrojom na ochranu pôdy je tvorba a výkon príslušnej legislatívy. Ochranu a využívanie poľnohospodárskej pôdy na Slovensku v súčasnosti upravuje zákon č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov. S ochranou poľnohospodárskej pôdy úzko súvisí aj zákon č. 188/2003 Z.z. o aplikácii čistiarenskeho kalu a dnových sedimentov do pôdy. Predchádzanie vzniku niektorých degradačných procesov pôdy je premietnuté aj do podmienok vyplácania finančných podpôr pre poľnohospodárov z fondov EÚ [jednotná platba na plochu (SAPS), Agro-environmentálne opatrenia v rámci Programu rozvoja vidieka].

Vyplácanie priamych platieb na plochu vyžaduje hospodáriť na pôde v súlade s dobrými poľnohospodárskymi a environmentálnymi podmienkami, ktoré sú orientované na znižovanie vodnej erózie, udržiavanie vyrovnanej bilancie organickej hmoty v pôde a znižovanie zhutňovania pôdy. Rámcovo je potrebné najmä:

- zabrániť tvorbe ryhovej erózie s eróznou ryhou nad 20 cm,
- v termíne od 15. októbra do 1. marca. na dieloch pôdnych blokov nad 12° zabezpečiť minimálne 40%-né vegetačné pokrytie výmery ornej pôdy ozimnou plodinou, viacročnou krmovinou, medziplodinou alebo strniskom,
- zachovať štandardné striedanie plodín na ornej pôde a nespáľovať rastlinné zvyšky po zbere úrody z obilnín, strukovín a olejnín,
- nevstupovať na poľnohospodársku pôdu v čase keď môže dôjsť k jej zhutňovaniu a rozbahneniu.

V rámci Programu rozvoja vidieka na roky 2007-2013 sa v rámci opatrenia 5.3.2.1.3 Agroenvironmentálne platby a časti „Pôdoochranné opatrenia“ sústreďuje pozornosť predovšetkým na obmedzenie erózie pôdy na ornej pôde, vinohradoch a ovocných sadoch a taktiež na zatrávňovanie ornej pôdy. Vyplácanie agro-environmentálnych platieb predpokladá rešpektovanie dobrých poľnohospodárskych a environmentálnych podmienok, čo v prípade ornej pôdy znamená zabezpečenie 70% pokrytia výmery pôdy v období od 15. októbra do 1. marca, zatrávnenie resp. mulčovanie každej druhej uličky od 1. novembra do 30. apríla v prípade vinohradov, od 1. augusta do 31. mája v prípade ovocných sádov resp. hospodáriť na terasách. Zatrávňovanie ornej pôdy sa uvažuje v zraniteľných oblastiach vymedzených v rámci dusičnanovej smernice ES, v znevýhodnených oblastiach a na blokoch s priemernou svahovitosťou nad 7°.

Trvalé zábery pôdy predstavujú najvýraznejší zásah do kvality pôdy. Uvedeným záberom pôdy do budúcnosti nemožno síce zabrániť, ale kvalitu zaberanej pôdy možno do určitej miery regulovať. Popri všeobecných požiadavkách zákona č. 220/2004 Z.z. týkajúcich sa ochrany poľnohospodárskej pôdy pred degradáciou, novela uvedeného zákona č. 219/2008 Z.z. v oblasti opätovného zavedenia odvodov za zábery pôdy smeruje k zníženiu úbytkov prvých štyroch kategórií poľnohospodárskych pôd.

Ocenenie mimoprodukčných (ekologických) funkcií pôdy je ďalším príspevkom k uvedomeniu si hodnoty a významu pôdy pre spoločnosť. Kým o význame pôdy pre spoločnosť prostredníctvom jej funkcií sú dostupné viaceré odborné poznatky (napr. Bedrna, 2002; Bujnovský, Juráni, 1999; Šarapatka a kol., 2002), vzťahy týchto funkcií a ich hodno-

tenia k priamym a nepriamym ekonomickým prínosom sú neznáme (Wood a kol., 2005). V súčasnosti prakticky na celom svete je bonita poľnohospodárskej pôdy odvodená od jej produkčnej funkcie a súčasné znalosti o pôdnych funkciách nie sú zatiaľ premietnuté do žiadnej bonitácie pôd (Juráni, 2005). Ako vyplýva z celého radu prác (napr. Constanza a kol., 1997; deGroot, 1992; Faber a kol., 2002), krátkodobé zisky z využívania krajiny nie sú spravidla vyvážené prostriedkami na obnovu jednotlivých zložiek prírodného prostredia. V prípade pôdy je to dané aj tým, že ekologické funkcie pôdy nie sú zahrnuté do výrobných nákladov, resp. trhových nástrojov a aj v systéme politických rozhodnutí sa im venuje minimálna resp. žiadna pozornosť.

Ako uvádzajú deGroot et al. (2002), životné podmienky a následne kvalita života človeka priamo aj nepriamo závisia od dostupnosti environmentálnych statkov (goods) a služieb (services), ktoré majú zvyčajne nepeňažnú hodnotu. Ako uvádza Scott a kol. (1998), služby predstavujú vlastnosti ekologických funkcií pôdy, z ktorých človek odvodzuje úžitky. Kým produkčná funkcia prináša úžitkové spotrebné hodnoty, hodnotené ekologické funkcie pôdy možno zaradiť do skupiny regulačných funkcií prírodného prostredia (napr. deGroot a kol., 2002; Edwards, Abivardi, 1998; Hawkins, 2003) prinášajúcich úžitkové nespotrebné hodnoty.

Väčšinu služieb ekosystému, a platí to aj pre ekologické funkcie pôdy, nie je jednoduché priamo premietnuť do tržnej ekonomiky. Pri ekonomickom hodnotení vybraných ekologických funkcií pôdy prostredníctvom nepriamych trhových nákladov možno zvyčajne vychádzať z nákladov ktoré sa ušetrili resp. ktorým sa predišlo vďaka výkonu funkcie alebo z kompenzačných nákladov ktoré súvisia s navrátením poškodenej pôdy do pôvodného stavu.

Oceňovanie ekologických funkcií pôdy ilustrujeme na príklade schopnosti pôdy akumulovať vodu. Oceňovanie tejto funkcie nadväzuje hodnotenie retenčnej vodnej kapacity. Pri hodnotení ekonomických úžitkov funkcie pôdy akumulovať vodu vychádzame z predpokladaného zámeru človeka udržať vodu v krajine. Z tohto hľadiska je potom možné nazerať na pôdu a ohodnocovať ju ako „akumulačnú nádrž“ pre zadržiavanie vody. V prípade, ak by pôda absentovala, musel by človek takéto nádrže umelo vybudovať a teda by musel vynaložiť primerané finančné náklady na realizáciu takéhoto diela. Z finančných analýz rôznych vodných diel budovaných na Slovensku vyplýva, že náklady na zadržanie 1 m³ vody sa pohybujú na úrovni 2 €.

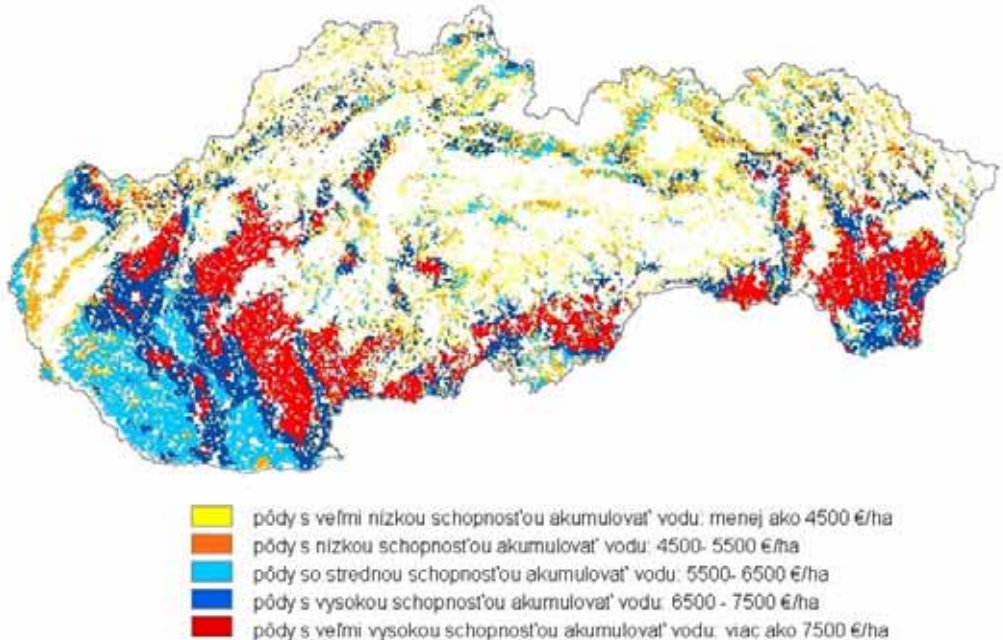
Pri predpokladanej metrovej hĺbke pôdneho profilu zadrží 1 m² pôdy s nízkou schopnosťou menej ako 0,25 m³ vody, kým pôdy s veľmi vysokou schopnosťou viac ako 0,40 m³ vody. Prepočet cez náklady pripadajúce na 1 m³ výstavby nádrže potom diferencuje ekonomické ohodnotenie príslušnej pôdy nasledovne:

- pôdy s veľmi nízkou schopnosťou akumulovať vodu: menej ako 4500 €/ha
- pôdy s nízkou schopnosťou akumulovať vodu: 4500- 5500 €/ha
- pôdy so strednou schopnosťou akumulovať vodu: 5500- 6500 €/ha
- pôdy s vysokou schopnosťou akumulovať vodu: 6500 - 7500 €/ha
- pôdy s veľmi vysokou schopnosťou akumulovať vodu: viac ako 7500 €/ha.

Nakoľko kvantifikácia akumulácie vody v pôde sa do značnej miery odvíja od hrúbky pôd, boli hodnoty ekonomického ohodnotenia 1 m³ pôdy v prostredí GIS ArcMap preklopené cez zodpovedajúcu hĺbku (plytké: 0-03 m – koeficient 0,3, stredne hlboké 0,3-0,6 m – koeficient 0,6, hlboké nad 0,6 m - koeficient 1,0) pôd a následne boli stanovené cenové rozpätia v hodnotení akumulácie vôd poľnohospodárskymi pôdami. Takýto postup umožňuje pre každú lokalitu stanoviť konkrétnu (relatívne presnú) hodnotu danej funkcie.

Priestorovú diferenciáciu ocenenia schopnosti pôdy akumulovať vodu ilustruje obrázok 1. Celková hodnota poľnohospodárskych pôd Slovenska z hľadiska akumulácie vody stanovená takýmto spôsobom je zhruba 11,8 mld. €. Jeden hektár poľnohospodárskych pôd má v priemere vzhľadom na hodnotenú funkciu cenu asi 5000 €.

Obr. 1 Cena schopnosti pôd akumulovať vodu



Ako uvádza Buday a kol. (2006) pomocou metódy určenia nákladov súvisiacich s nápravou následkov vyplývajúcich zo zníženia pozitívnej externality resp. konkrétnej služby ekosystému (protipovodňová ochrana, prevencia vodnej erózie, absorpcia SO₂ a NO₂, zhodnocovania a zneškodňovania organického odpadu) boli uvedené funkcie (v období 2001-2004) sumárne ocenené v rozpätí 440 - 560 €/ ha. Linkeš a kol. (1996) ocenili mimoprodukčné funkcie pôdy SR na 780 €/ha. Ocenenie schopnosti pôdy akumulovať vodu presahuje doterajšie hodnotenia.. Význam ekonomiky vo vzťahu k ochrane pôdy a prírodných zdrojov spočíva predovšetkým v podpore resp. stimulácii ich ochrany a trvalo udržateľného využívania. V súlade s Winklerom (2006) možno konštatovať, že metódy ekonomického hodnotenia nemôžu zachytiť normatívne a etické aspekty hodnotenia ekologických funkcií pôdy. Ako uvádza Sciamia (2007), oceňovanie nemôže byť použité ako základ pre formovanie etických hodnôt bezprostredne spojených s postojom človeka k pôde a jej degradácii, ktoré globálna spoločnosť tak naliehavo potrebuje.

Podľa Dawesa (1988), hodnota nie je ekvivalentná peniazom, no finančné ocenenie môže indikovať význam hodnoty. Vo všeobecnosti význam pôdy pre spoločnosť nie je stále docenený a celý rad odborných a vedeckých poznatkov o degradácii a ochrane pôdy nenachádza potrebné uplatnenie v praktickom živote, čo potvrdzuje celý rad publikácií (napr. Bujnovský, 2007; Bujnovský a kol., 2004; deKimpe, Warkentin, 1998; Yaalon, Arnold, 2000).

Formovanie environmentálneho povedomia človeka a jeho vzťahu k pôde vychádza z pochopenia a prijatia určitých axiém, od ktorých sa odvíja celá filozofia chápania, využívania i ochrany pôdy:

- pôda je len jedna (je to prierezový prírodný zdroj)
- pôda je ťažko obnoviteľný prírodný zdroj
- bez pôdy je život na Zemi nemožný
- pôda plní produkčnú a celý rad ekologických a socio-ekonomických funkcií
- využívanie pôdy odráža vyspelosť spoločnosti
- ochrana pôdy je pre existenciu života nevyhnutná.

Zvrátenie procesu degradácie pôdy a ostatných zložiek životného prostredia Zeme popísané v predchádzajúcich častiach predpokladá zlepšenie alebo zmenu vzorcov správania ľudí, zmenu súčasného spôsobu života, nové spôsoby myslenia a konania. Napriek tomu správanie jednotlivcov alebo skupín je ovplyvňované neochotou robiť významnejšie zmeny správania, dostupnosťou relevantných technológií, prítomnosťou resp. absenciou podporných opatrení pre verejnosť a sociálnymi tlakmi. Vo všeobecnosti ľudia odporujú zmenám, pokiaľ im neprinášajú bezprostredný zisk.

Primárne príčiny degradácie pôdy možno zovšeobecniť do nasledovných úrovní:

- uprednostňovanie ekonomických hľadísk pred environmentálnymi (zábery kvalitných pôd; negatívne externality nie sú súčasťou výrobných nákladov)
- uprednostňovanie individuálnych a skupinových záujmov pred celospoločenskými ako odraz boja ľudí o prežitie
- absolutizácia materiálneho vnímania reality a sveta.

Ako vyplýva z viacerých prác (Bujnovský, 2007; Howard, 2000; Stern, 2000), pre väčšinu ľudí jednoduchá zmena v oblasti environmentálneho povedomia nepostačuje. Je potrebné zásadné prehodnotenie základných presvedčení a algoritmov myslenia, nakoľko environmentálne relevantné správanie je na konci dlhého kauzálneho reťazca zahrňujúceho spektrum ľudských a súvisiacich faktorov.

V súlade s princípom **spoločného menovateľa** je načas začať hľadať prepojenie rôznych druhov problémov spoločnosti počnúc sociálnymi, politickými, ekonomickými a končiac problémami životného prostredia. Napriek všeobecnej neochote hľadať a riešiť primárne príčiny degradácie pôdy a ostatných zložiek prostredia a snahe pripisovať výsledky ľudských aktivít všeobecným globálnym zmenám, nedostatku financií či nedostatku iných zdrojov, problém postupnej degradácie pôdy a zložiek prostredia naďalej pretrváva. Ľudia, využívajúc politické a ekonomické nástroje, sa snažia neustále meniť podmienky života vrátane životného prostredia namiesto toho, aby zmenili presvedčenia a názory ktoré viedli k existujúcemu (často nepriaznivému) stavu. Podstata totiž nespočíva v zastavení určitého správania ľudí za pomoci politických a ekonomických nástrojov, ale v jeho trvalej zmene.

Etické aspekty ochrany pôdy významnou mierou vstupujú do praktickej ochrany pôdy a jej udržateľného využívania. Etiku však nemožno v plnom rozsahu uzákoniť ani formovať za pomoci ekonomických nástrojov - etiku možno len žiť a naplňovať v živote spoločnosti a v živote konkrétneho jedinca.

Téma ochrany pôdy je témou publicistiky aspoň 30 rokov, ale ľudia stále počítajú s tým, že problémy sa vyriešia samy. Nakoľko sú ľudia ochotní sa zmeniť? Nadchádza čas, keď za predsavzatiami a slovami musia nasledovať konkrétne činy - a preto je ochrana pôdy problémom každého človeka i celej spoločnosti.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0124-06 a tiež Ministerstvom pôdohospodárstva SR prostredníctvom riešenia úlohy výskumu a vývoja Multifunkčné využitie pôdy SR č. 2006 UO 27/090 03 03/090 03 19.

Literatúra

- BEDRNA, Z., 2002: Environmentálne pôdoznalectvo. Veda, Bratislava, 352 s., ISBN 80-224-0660-0.
- BIELEK, P., 1999: Soils and soil degradation in the Slovak Republic. ECCS Newsletter No. 3-4, 3-30.
- BUDAY, Š., CHRASTINOVÁ, Z., GUBOVÁ, M., FÁZIKOVÁ, M., KUSÁ, Z., PETRÁŠOVÁ, V. A KOL., 2006: Rozvoj vidieka a zmeny v potravinových vertikálach v kontexte integrácie SR do EÚ. VÚEPP, Bratislava, 231 s.
- BUJNOVSKÝ, R., 2007: Celospoločenské aspekty ochrany poľnohospodárskych pôd. VÚPOP, Bratislava, 24 s., ISBN 80-89128-28-0.
- BUJNOVSKÝ, R., JURÁNI, B., 1999: Kvalita pôdy - jej vymedzenie a hodnotenie. VÚPOP Bratislava, 1999, 42 s., ISBN 80-85361-49-3.
- BUJNOVSKÝ, R., ANTAL, J., BALKOVIČ, J., BIELEK, P., BUBLINEC, E., CEBECAUER, T., FULAJTÁR, E., GERGEOVÁ, Z., HOLÚBEK, R., HUBA, M., HRNČIAROVÁ, T., JURÁNI, B., KOVÁČ, K., MINDÁŠ, J., PAVLENDÁ, P., SOBOCKÁ, J., ŠIŠKA, B., ŠKVARENINA, J., ŠŤOTOR, J., THALMEINEROVÁ, D., 2004: Identifikácia priorít a rozvoja kapacít pre plnenie záväzkov SR vyplývajúcich z globálnych environmentálnych dohovorov. Tematická hodnotiacia správa o potrebách rozvoja kapacít pre Dohovor OSN o boji proti dezertifikácii v krajinách postihnutých suchom, predovšetkým v Afrike. MŽP - UNDP, Bratislava, 2004, 41 s.
- CONSTANZA, R., D'ARGE, R., DEGROOT, R., FABER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEM, S., O'NEILL, R.V.O., PARUELO, J., RASKIN, R.G., SUTTON, P., VAN DEN BELT, M., 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387, 253-260.
- DAWES, R.M., 1988: Rational choice in an uncertain world. Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth, 1988, 346 pp., ISBN 0-15-575215-4.
- DEGROOT, R.S., 1992: Functions of Nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making. Wolters Noordhoff BV, Groningen, 345 pp., ISBN 90-01-35594-3.
- DEGROOT, R.S., WILSON, M.A., BOUMANS, R.M.J., 2002: A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41, 393-408.
- DEKIMPE, C.R., WARKENTIN, B.P., 1998: Soil functions and the future of natural resources. In: Blume, H.P., Eger, H., Fleischhauer, E., Hebel, A., Reij, C., Steiner, K.H. (eds.), *Towards sustainable land use. Furthering cooperation between people and institutions. Vol. I. Proc. ISCO Conference.* Catena Verlag GmbH, Reiskirchen, 3-10, ISBN 3-923381-42-5.
- EDWARDS, P.J., ABIVARDI, C., 1988: The value of biodiversity: where ecology and economy blend. *Biological Conservation* 83, 239-246.

- European Commission, 2002: Towards a thematic strategy for soil protection. COM(2002)179 final. Brussels, 2002 (<http://europa.eu.int/comm/environment/soil>).
- FABER,S.C., CONSTANZA,R., WILSON,M.A., 2002: Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics* 41, 375-392.
- HACKETT, S.C., 2006: Environmental and natural resources economics. Theory, policy, and the sustainable society. M.E. Sharpe, Inc., London, 524 pp., ISBN: 0-7656-1472-3.
- HAWKINS,K., 2003: Economic valuation of ecosystem services. University of Minnesota, 42 pp.
- HOWARD,G.S., 2000: Adapting human lifestyles for the 21st century. *American Psychologist* 55, 509-515.
- JURÁNI,B., 2005: Ochrana, využívanie pôdy a vplyv človeka. In: Sobocká,J. (ed.), Štvrté pedologické dni. Zbor. z ved. konf. - CD-ROM. VÚPOP - SPS, Bratislava, 178-180, ISBN 80-89128-18-1.
- LINKEŠ,V., BIELEK,P., JURÁNI,B., BUJNOVSKÝ,R., 1996: Prínosy z mimoprodukčných funkcií pôdy a z jej poľnohospodárskeho využívania. Štud. Správa. VÚPÚ, Bratislava, 16 s.
- SCIAMA,Y, 2007: Towards a planet-wide ethic. A talk with Dominique Bourg. Research EU No. 52, 16-17.
- SCOTT,M.J., BILYARD,G.R., LINK,S.O., ULIBARRI,C.A., WESTERDAHL,H.E., 1998: Valuation of ecological resources and functions. *Environmental Management* 22, 49-68.
- STERN,P.C., 2000: Psychology and the science of human-environment interactions. *American Psychologist* 55, 523-530.
- ŠARAPATKA, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Univerzita Palackého, Olomouc, 2002, 248 s.
- VAN CAMP,L., BUJARRABAL,B., GENTILE,A.R., JONES,R.J.A., MONTANARELLA,L., OLAZABAL,C., SELVARADJOU,S.K., 2004: Reports of the technical working groups established under the thematic strategy for soil protection. EUR 21319 EN/1-6. Office for official publications of the European Communities, Luxembourg, 872 pp.
- WINKLER,R., 2006: Valuation of ecosystem goods and services. Part 1: An integrated dynamic approach. *Ecological Economics* 59, 82-93.
- WOOD,G.A., KIBLEWHITE,M.G., HANNAM,J.A., HARRIS,J.A., LEEDS-HARRISON,P.B., 2005: Soil-based services in the built environment. A report for the Department of Environment, Food and Rural Affairs. National Soil Resources Institute, Cranfield University, Silsoe, 51 pp.
- YAALON,D.H., ARNOLD,R.W., 2000: Attitudes toward soils and their societal relevance: Then and now. *Soil Science* 165, 5-12.

VÝVOJ A DEGRADÁCIA POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD VO VZŤAHU KU KVALITE ŽIVOTA

DEVELOPMENT AND DEGRADATION OF AGRICULTURAL SOILS IN RELATION TO QUALITY OF LIFE

Jozef Kobza

*Výskumný ústav pôdoznactva a ochrany pôdy, Bratislava, Regionálne pracovisko
Banská Bystrica*

Abstrakt

V príspevku pojednávame o aktuálnom stave a vývoji našich pôd podľa konkrétnych ohrození (kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, obsah pôdnej organickej hmoty, kompakcia a erózia pôd). Výraznou mierou na uvedených ohrozeniach sa podieľa práve človek svojimi rôznorodými aktivitami. Tieto do značnej miery súvisia s degradáciou pôdy, a tým aj zhoršovaním kvality životného prostredia, ako aj kvality života.

KLúčové slová: monitoring pôd, vývoj a degradácia pôd, antropizácia, kontaminácia, kompakcia, erózia pôd

Abstract

Actual state and development of soils in Slovakia according to concrete threats to soil (soil contamination, acidification, salinization and sodification, soil organic matter content, soil compaction and erosion) are described in this contribution. The significant role on given threats to soil has a man with his various activities. These ones are connected with degradation of soil and with deterioration of environment and quality of life, as well.

Key words: soil monitoring, development and degradation of soils, anthropization, soil contamination, soil compaction and erosion

Úvod

Pôdy – individuálne jednotky pôdneho pokryvu – sú variabilné polychrónne a polygenetické útvary s veľkou schopnosťou odrazu (v zmysle teórie odrazu). Sú výsledkom dlhodobého vývoja a genézy. Počas tohto vývoja nadobudli určité znaky a vlastnosti, ktoré sú pre konkrétne pôdy viac, alebo menej charakteristické, pričom tento ich „prirodzený“ vývoj stále prebieha.

Viac charakteristické znaky a vlastnosti sa dotýkajú tých pôd, ktoré vo svojom vývoji dosiahli štádium klimaxu, ich ďalší vývoj je značne pomalý. V zmysle moderných teórií vývoja otvorených systémov treba klimaxové štádium vo vývoji pôd chápať ako fázu dosiahnutia dynamickej rovnováhy, pri ktorej každý pôdny predstaviteľ získava aj vlastnosť invariantnosti – t.j. stability niektorých vlastností i napriek zmenám, ktorými táto pôda prechádza.

Menej charakteristické znaky a vlastnosti súvisia s recentným až subrecentným vývojom pôd. Za takéto môžeme vo všeobecnosti pokladať iba tie pôdy, alebo časti ich profilu, ktoré sú výsledkom pôsobenia takej interakcie pôdotvorných faktorov, ktorá je v určitej lokalite a časovo nadväzná na súčasnú. Pojem recentná pôda musíme teda vzťahovať na konkrétnu lokalitu i taxón klasifikácie pôd, pretože rôzne typy pôd reagujú svojím vývojom na meniace sa interakcie pôdotvorných faktorov rôzne.

K uvedeným vývojovým tendenciám pristupuje navyše vplyv človeka, ktorý viac alebo menej rušivo zasahuje do prirodzeného vývoja pôd. I keď vplyv človeka na pôdu je pomerne starého dáta (prvé poľnohospodárske ekumény vznikli ešte koncom atlantika a začiatkom subboreálu – t.j. pred asi 5 000 rokmi), výraznejšie sa začal prejavovať až v poslednom storočí (najmä formou poľnohospodárskej a priemyselnej činnosti). Tento vplyv človeka sa môže prejavovať v kladnom, ale i v negatívnom zmysle a často ovplyvňuje prirodzený vývoj pôd, alebo aspoň časť ich profilu. Výsledkom takéhoto antropogénneho pôsobenia môže dôjsť k zmene prirodzených vlastností pôd až k ich degradácii, v ojedinelých prípadoch môže dôjsť i k pretvoreniu pôd.

Detailnejšie sme sa začali zaoberať vývojom a možnou degradáciou pôd po roku 1990 – v období zmenených spoločensko-ekonomických podmienok prostredníctvom komplexného systému monitorovania pôd Slovenska, a to podľa ich konkrétnych ohrození (kontaminácia pôd, acidifikácia, alkalizácia a sodifikácia pôd, pôdna organická hmota, kompakcia a erózia pôd).

V tomto príspevku sme sa pokúsili priblížiť aktuálny stav a vývoj s možnou degradáciou pôd Slovenska vo vzťahu ku kvalite života.

Materiál a metódy

V práci sú zhodnotené výsledky dosiahnuté v pozorovacej sieti 318 monitorovacích lokalít pôd Slovenska. Dôležité parametre vlastností pôd boli sledované a hodnotené podľa ohrození pôdy v zmysle návrhu a doporučení EK pre jednotný európsky monitoring pôd (Van-Camp et al., 2004) nasledovne:

Kontaminácia pôd

rizikové prvky (Cd, Pb, Cr, Zn, Cu, Ni, Se, Hg) – v extrakte 2 mol.dm⁻³ HNO₃ a As (v extrakte 2 mol.dm⁻³ HCl) – nové hygienické limity podľa Zákona 220/2004 Z.z. (MP SR, 2004) boli prijaté až v priebehu monitorovacieho cyklu, ktorý bolo potrebné dokončiť s pôvodnými metódami

Acidifikácia pôd

pH/H₂O, pH/KCl, pH/CaCl₂, výmenné kationy (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺), kationová výmenná kapacita

Salinizácia a sodifikácia pôd

elektrická vodivosť (ECe), obsah výmenného Na v sorpčnom komplexe pôdy (ESP), sodíkový adsorpčný pomer (SAR), pH/H₂O, výmenné kationy a anióny (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺, Na⁺, Cl⁻, SO₄²⁻, CO₃²⁻, HCO₃⁻)

Kvantitatívne a kvalitatívne zloženie pôdnej organickej hmoty

Cox, Nt, HK, FK, Q₆⁴, elementárna analýza (C, H, N, O)

Kompakcia pôdy

zrornosť (podľa FAO), objemová hmotnosť, pórovitosť (z fyz. valčekov o objeme 100 cm³)

Erózia pôdy

¹³⁷Cs, pH/KCl, Cox, P, K, zrornosť (podľa FAO)

Podrobné metódy uvedených parametrov sú popísané v Záväzných metódach rozborov pôd pre ČMS-Pôda (Fiala a kol., 1999).

Výsledky a diskusia

Chemická degradácia pôd

Kontaminácia pôd

Na základe doterajšieho sledovania bol zistený mierny nárast koncentrácie niektorých rizikových prvkov (Cd, Cr, Cu a Pb) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, i keď rozdiel bol štatisticky nepreukazný. Zároveň sme zistili zvýšenie koncentrácie Cd, Cr, Pb a Zn v podornici. Najviac nadlimitných vzoriek bolo zistených pri kadmii, a to v kambizemiach (22 %) a v rendzinách (38,1 %). Mierny nárast niektorých prvkov, keďže sa jednalo prevažne o nepreukazný štatistický rozdiel, možno viac pripísať určitej variabilite týchto prvkov v čase, najmä vplyvom kultivácie.

Acidifikácia pôd

Kultivácia pôdy, aplikácia ochranných opatrení, vplyv emisných zložiek atmosféry, ako aj spôsob využívania pôdy ovplyvňujú predovšetkým hodnoty pôdnej reakcie najmä v ornici. Určitý mierny trend v smere acidifikácie zaznamenávame na kyslých pôdach a substrátoch, i keď rozdiel nie je štatisticky preukazný. Spomalenie vývoja rastlín, ako aj vplyv na výživu rastlín, ktoré patria k hlavným symptómom hliníkovej toxicity sa dotýka aj orných pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabokyslej až kyslej s nižšou kvantitou a kvalitou pôdnej organickej hmoty. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al³⁺/Ca²⁺ indikuje stupeň degradácie pôdy, vysoký stupeň degradácie pôdy sme stanovili pri fluvizemiach na nekarbonátových fluvialných sedimentoch (2,46) a pri pseudoglejoch využívaných ako orné pôdy (1,22 - Kobza a kol., 2008).

Salinizácia a sodifikácia pôd

Salinizácia predstavuje proces, ktorý vedie k preukaznému zvýšeniu vodorozpustných solí v pôdnom profile. Sodifikácia predstavuje akumuláciu Na⁺ v pevnej a/alebo tekutej fáze pôdy, prevažne ako vykryštalizované soli NaHCO₃ alebo Na₂CO₃ (Eckelmann et al., 2006). Doterajšie výsledky potvrdzujú súčasne oba prebiehajúce procesy, pričom sa ukazuje, že proces sodifikácie je dominantný. Zvýšený obsah solí je zaznamenávaný predovšetkým v podornicových a substrátových horizontoch, zriedkavý je v povrchovej vrstve pôdy. To dokumentuje skutočnosť, že proces zasolovania prebieha od spodných horizontov smerom k povrchu pôdy. Okrem procesu zasolovania pôd v primárnom vývoji, ktorý sa viaže na arídne a semiarídne oblasti treba spomenúť aj proces sekundárneho zasolovania, ktorý môže byť spôsobený najmä vplyvom tekutých alkalických odpadov, ktoré sa môžu dostávať za určitých okolností (napr. nesprávnym technologickým fixovaním) do pôdy, a tak zasolovať pôdu i v oblastiach, kde nie sú

pre tento proces vhodné podmienky (napr. v semihumídnej klíme). Príkladom takéhoto sekundárneho procesu zasolovania pôd je Žiarska kotlina (obr. 1).

Obr. 1 Sekundárne zasolené pôdy na alúviu Hrona v blízkosti alkalických odpadov hlinikárne v Žiari nad Hronom



Silne zmenené pôvodné vlastnosti pôd už súvisia s výraznou degradáciou pôvodne poľnohospodársky využívaných pôd.

Kvantitatívne a kvalitatívne zloženie humusu

Po počiatocnom poklese obsahu humusu prakticky na všetkých orných pôdach, zisťujeme v poslednom období jeho mierny nárast prakticky na prevažnej časti orných pôd, čo môže byť do určitej miery aj výsledok dotačnej politiky.

Priemerné hodnoty N_t v jednotlivých pôdnych typoch sú v úzkej korelácii s hodnotami organického uhlíka. Kvalitatívne parametre humusu sú vo väčšej miere ovplyvnené genézou pôdy a sú charakteristické pre konkrétny pôdny typ (HK/FK, Q_6^4). Ich hodnoty majú v čase skôr kolísavý charakter bez výraznejšieho trendu zhoršovania, alebo zlepšovania kvality humusu (Kobza a kol., 2008).

Fyzikálna degradácia pôdy

Sem zaradujeme predovšetkým kompáciu (zhutňovanie) a eróziu pôd. Fyzikálne vlastnosti patria k tým pôdnym vlastnostiam, ktoré v prípade poľnohospodársky využívaných pôd reagujú okamžite na zmeny v spôsobe kultivácie – agrotechniky a oševných postupov. Táto ich reakcia sa odvíja aj v závislosti od ich vlastností – hlavne zrnitostného zloženia a obsahu humusu (primárna kompácia). K nej sa

pridružuje i tzv. sekundárna kompakcia (vplyv človeka) – najmä používanie ťažkej mechanizácie pri nevhodnej vlhkosti. V praxi sa väčšinou vyskytuje ich kombinácia. Zhoršovanie fyzikálneho stavu sa prejavuje v smere od zrnitostne ľahších pôd k ťažším pôdam. Takmer 800 tis. ha poľnohospodárskych pôd je viac alebo menej ovplyvnených kompakciou pôdy.

Medzi najvýznamnejšie environmentálne problémy patrí aj erózia pôdy. Na základe nášho zistenia táto sa prejavuje približne na 43,3 % aktuálnej výmery poľnohospodárskeho pôdneho fondu (Kobza a kol., 2008).

Vplyv chemickej a fyzikálnej degradácie pôd na životné prostredie a kvalitu života

Fenomény chemickej a fyzikálnej degradácie pôd sa často vyskytujú súčasne, na charakter pôdy a krajiny vplývajú prevažne rozdielne. Fenomény fyzikálnej degradácie pôd sú zvlášť markantné na intenzívne obhospodarovaných pôdach s používaním často nesprávnych oševných a agrotechnických postupov. Prejavujú sa hlavne utlácaním pôd vplyvom prejazdu ťažkých mechanizmov a zhoršeniu prakticky všetkých dôležitých fyzikálnych parametrov, a to na všetkých intenzívne obhospodarovaných pôdach, najmä však pri černoziach a hnedozemiach (Kobza a kol., 1998). S tým súvisí aj proces erózie pôdy, pričom dochádza k trvalej strate vrchnej kultúrnej vrstvy pôdy, čím dochádza k trvalému narušeniu produkčných i mimoprodukčných funkcií pôdy a teda i kvality krajiny (vsakovacia schopnosť a hospodárenie, zníženie s vodou, biodiverzity a pod.).

Fenomény chemickej degradácie pôd na rozdiel od fyzikálnej degradácie sú často voľným okom neviditeľné (napr. nadlimitný obsah rizikových látok) a nemusia ešte spôsobovať zmeny v morfológii pôdneho profilu. Tieto však môžu napriek tomu predstavovať vážne riziko pre životné prostredie i kvalitu života.

V závislosti od pôdneho typu a druhu môže dochádzať k transportu rizikových látok cez koreňový systém rastlín do potravného reťazca, alebo naopak prienikom kontaminantov do podzemných vôd môže dochádzať ku kontaminácii širšieho územia a ohrozovania tak životného prostredia.

Jedna z definícií pôd hovorí o pôde ako integrálnych časti ekosystémov Zeme. Pôda je tak jednou z hlavných zložiek životného prostredia, kde dochádza ku kumulácii všetkých vplyvov okolitého prostredia. Práve nesprávnym využívaním pôdy a degradáciou pôdy dochádza k zhoršovaniu jej produkčných i mimoprodukčných funkcií, ako aj environmentálnych vlastností pôdy (odolnosť, náchylnosť, pružnosť a citlivosť pôdy k antropizácii) – Bedrna, 1998, Šarapatka a kol., 2002, a tým zároveň k zhoršovaniu kvality životného prostredia a života vôbec.

Záver

Súčasný stav kvality pôdneho pokryvu SR je výsledkom jednak dlhodobého vývoja a súčasne je aj produktom človeka. Tak, ako má pôda svoju minulosť, má aj svoju súčasnosť a bude mať aj svoju budúcnosť. Pôda bude stále viac ovplyvňovaná človekom. Preto bude potrebné zabezpečiť takú úroveň vzťahu človeka k pôde, ktorá negatívne neovplyvní budúcnosť našich pôd. Táto úloha vyplýva z potreby aproximovať základný zákon o ochrane našich pôd s najnovším odborným a legislatívnym vnímaním pôdy v medzinárodnom priestore a najmä v EÚ. V roku 2008 pripravujeme vydanie publikácie o komplexnom a detailnejšom stave a vývoji pôd SR aj s návrhom regulačných opatrení pre zvýšenie ochrany našich pôd.

Literatúra

- BEDRNA, Z., 1998: Environmentálne vlastnosti pôdy a ich význam v poľnohospodárstve. Poľnohospodárstvo (Agriculture), roč. 44, č. 11., 1998, s. 809-819.
- ECKELMANN, W., BARITZ, R., BIALOUSZ, S., BIELEK, P., CARRE, F., HOUŠKOVÁ, B., JONES, R.J.A., KIBBLEWHITE, M.G., KOZAK, J., LE BAS, C., TÓTH, T., VÁRALLYAY, G., YLI HALLA, M. and ZUPAN, M., 2006: Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No. 20, EUR 22185 EN, 94 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- FIALA, K., KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., BREČKOVÁ, V., BÚRIK, V., HOUŠKOVÁ, B., CHOMANIČOVÁ, A., LITAVEC, T., MAKOVNÍKOVÁ, J., MATÚŠKOVÁ, L., PECHOVÁ, B., VÁRADIOVÁ, D., 1999: Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- KOBZA, J., ILKA, P., PAVLENDÁ, P., BARANČÍKOVÁ, G., ČEPKOVÁ, V., DOŠEKOVÁ, A., FULAJTÁR, E., HOUŠKOVÁ, B., CHOMANIČOVÁ, A., MAKOVNÍKOVÁ, J., MATÚŠKOVÁ, L. a STYK, J., 1998: Monitoring pôd SR. VÚPOP Bratislava 1998, Správa za rok 1998, 68 s.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., ČUMOVÁ, L., DODOK, R., HRIVŇÁKOVÁ, K., MAKOVNÍKOVÁ, J., NÁČINIÁKOVÁ, Z., PÁLKA, B., PAVLENDÁ, P., SCHLOSSEROVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M. a TÓTHOVÁ, G., 2008: Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002-2006). VÚPOP Bratislava (2008), 196 s.
- ŠARAPATKA, B., DLAPA, P. a BEDRNA, Z., 2002: Kvalita a degradace půdy. Olomouc 2002, 248 s.
- VAN-CAMP, L., BUJARRABAL, B., GENTILE, A-R., JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., OLAZABAL, C. and SELVARADJOU, S-K., 2004: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.

VÝVOJ A DEGRADÁCIA PÔD VO VZŤAHU KU KVALITE ŽIVOTA

DEVELOPMENT AND DEGRADATION OF SOILS IN RELATION TO QUALITY OF LIFE

Viliam Pichler

Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta TU vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Abstrakt

Vývoj a degradácia lesných pôd v SR sú ovplyvňované dynamikou pôdotvorných procesov, prebiehajúcich v danom type prírodného prostredia, antropogénnymi faktormi v širšom zmysle, ako aj činnosťami v sektore lesného hospodárstva. Príspevok sa zaoberá socio-ekonomickým pohľadom na lesné pôdy, stavom a dopadmi ich imisnej záťaže na produkčnú a regulačnú funkciu, trendom ich možného ozdravenia, ako aj možnostiam predchádzania degradácie, a naopak zvyšovania funkčného potenciálu a účinnosti lesných pôd nástrojmi lesného hospodárstva. Docenenie úlohy lesných pôd ako najvýznamnejšieho fyzikálneho a chemického reaktora v podmienkach globálnych a regionálnych zmien sa môže zlepšiť integráciou verejnoprospešných funkcií lesných pôd do trhového mechanizmu. Podmienky pre tento krok sú z poznatkového hľadiska pripravené.

Kľúčové slová: lesné pôdy, funkčný potenciál, degradácia pôdy, ozdravenie pôdy

Abstract

The development and degradation of forest soils in Slovakia are affected by the dynamics of soil forming processes taking place in a given type of natural environment, by the anthropogenic factors in a broader sense, as well as activities inherent to the forestry sector. The paper deals with the socio-economic view on forest soils, with the status and impact of immission load on their production and regulation functions, with the trends of their possible regeneration, as well as opportunities for avoiding their degradation and the improvement of their functional capacity through forestry measures instead. The valuation and recognition forest soil functions under global and regional changes may be enhanced by the integration of forest soil functions into markets. The knowledge base for this important step is available.

Key words: forest soils, function potential, soil degradation, soil regeneration

Lesnícke pôdoznalectvo a starostlivosť o funkcie pôdy v slovenskom lesnom hospodárstve (LH) čelia v súčasnosti dvom hlavným nepriaznivým okolnostiam. Sú nimi na jednej strane globálne a regionálne zmeny prírodného prostredia, na strane druhej strane druhej ide o hlboký rozpor medzi širokým využívaním a nedostatočným finančným ohodnotením regulačných funkcií lesných pôd. Ich zabezpečovanie je

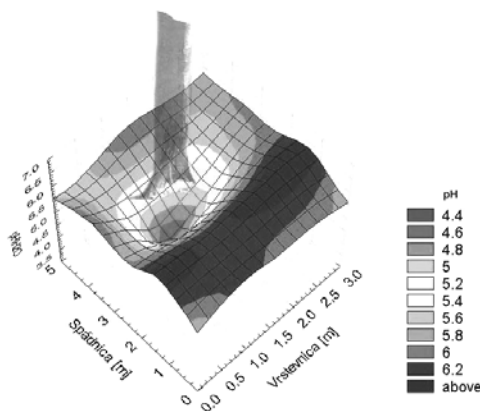
v časti odbornej verejnosti, ale najmä na politickej úrovni naďalej považované za externalitu LH, ktorá sa realizuje bez ohľadu na nerealistické očakávania, napr. v súvislosti s navrhovaným zvýšením extrakcie biomasy a využívania biomasy z lesných ekosystémov a v kontraste s reálnymi možnosťami. Tento pohľad je okrem iného v priamom rozpore so skutočnosťou, že v prípade zabezpečovania regulačných funkcií lesných pôd ide o sofistikované výkony, založené na výskume prepojenom na bezpečnosť a kvalitu života a prírodných zdrojov. Hoci sa tieto aktivity najčastejšie odohrávajú v infraštruktúrne znevýhodnených oblastiach, najväčší prospech z nich má obyvateľstvo neraz vzdialených urbanizovaných regiónov. Z hľadiska verejnej mienky pritom paradoxne nie sú zriedkavé názory, ktoré lesníckym zásahom pripisujú skôr negatívne účinky na stav prírodného a životného prostredia. Nové poznatky lesníckeho pôdoznalectva zároveň spôsobujú istú dekonštrukciu vlastných axiém, ktoré autori (napr. Kohnová, Szolgay 1995, Germann, Weingartner 2003) do určitej miery menia a spresňujú.

Súčasnú lesnú hospodárstvo berie sa na zreteľ aj dôsledky pre akumuláciu a transformáciu látok, najmä rozpustného organického uhlíka, v pôdnom profile. Ide pritom o procesy, ktoré sa počas rokovaní o Kjótskom protokole k rámcovému dohovoru OSN o zmene klímy podcenili, no po začlenení lesníckeho sektora do Európskej smernice o obchodovaní so skleníkovými plynmi (EU ETS) od roku 2012 prinesú vlastníkom a užívateľom lesov celkom nové možnosti zhodnotenia vlastných výkonov. Prostredníctvom spomínaných mechanizmov bude môcť lesnícky sektor na spomínanom fronte získať významné benefity. Ekonomické štúdie o vplyve obhospodarovania lesov na dostupnosť, cenu a bezpečnosť prírodných zdrojov na základe tradičných aj nových prístupov vznikajú doma i v zahraničí (napr. Willis 2002, Tutka et al. 2003, Holécý 2004).

Stav lesných pôd sa v rôznej miere odráža na zdravotnom stave lesných ekosystémov. Voľba drevinového zloženia, podmienená historickými rámcami, viedla na časti územia SR k rastu výmery so stanovištno suboptimálnym zastúpením drevín. Prirodzený podiel smreka v lesoch SR by mal byť cca 5 %, v skutočnosti je 5 x vyšší, pričom v porovnaní so zahraničím možno ešte stále hovoriť o priaznivej situácii. Aj takýto nepomer však vedie k jednostrannému vyčerpávaniu živín a k narušeniu živinového režimu. Synergické dôsledky tohto stavu sa prejavujú vo zvýšenej frekvencii ekologických disturbancií, najmä vetrových a hmyzích kalamít veľkého rozsahu. Cez prizmu týchto poznatkov sa preto treba pozeráť aj na súčasné trendy využívania dendromasy na energetické účely. Podobne ako v oblasti poľnohospodárstva, aj v LH majú tieto predstavy svoje úskalia. Štiepkovanie celých stromov, ich korunových častí alebo vetiev môže znamenať ďalšie a podstatné zhoršenie stanovištných pomerov v niektorých lesných ekosystémoch SR, t. j. na chudobných, silne skeletných, presychavých a podmäčianých pôdach. Podobne na pôdach postihnutých stratou bázických kationov účinkom kyslej imisnej záťaž. Pri ťažbe celej nadzemnej biomasy stromov sa odoberanou tenčinou, listím, a ihličím zvyšuje odčerpávanie živín N, P, K, Ca a Mg pri buku a ko hlavnej porastotvornej drevine SR s 30 % podielom o 126–149 % a pri smreku o 176–231 %. Z týchto hľadísk je potrebné nadviazať na práce (Bublinec, Ilavský 1990, Bublinec 1994), ktoré navrhli postupy na regionalizáciu a detailné posúdenie vhodnosti komplexnej extrakcie biomasy z hľadiska stanovištných pomerov a prebiehajúcich zmien prírodného a životného prostredia.

Lesné pôdy SR sú aj v súčasnosti konfrontované s nepriaznivou imisnou situáciou. Západné a severozápadné vetry prinášajú zo západoeurópskych priemyselných centier vzdušné masy, v ktorých sa postupne zvyšujú koncentrácie škodlivín, predovšetkým SO_2 a NO_x . Tento kumulatívny efekt výrazne pôsobí na chemickú degradáciu pôd, ktoré sa stávajú konečnou stanicou rozličných imisií. Preto napriek ich výraznému poklesu doma (SO_2 napr. na 21 % a NO_x na úroveň 42 % v porovnaní s rokom 1990) chemická degradácia našich – najmä lesných – pôd naďalej pokračuje. Kyslé zložky depozície silne závisia od nadmorskej výšky. Ich najvyšší objem v lesných ekosystémoch sa nachádza medzi 700–1 200 m n. m., t. j. v pásme, v ktorom má smrek svoj najväčší podiel na drevinovom zastúpení. Pomer kyslých zložiek k alkalickým sa pritom po prechode zrážok korunovou vrstvou výrazne mení. V bukových ekosystémoch pomer kyslých komponentov k alkalickým dosahuje na voľnej ploche hodnotu v ročnom priemere 170/100, po prechode korunami prevažujú alkalické zložky v pomere 185/100. V smrekových oblastiach sa pomer kyslých zložiek k alkalickým zvyšuje po prechode korunovou vrstvou zo 115/100 na 280/100. Svedčí to o enormnom filtračnom efekte korunovej etáže, ktorá pri existencii asimilačných orgánov ihličnatých drevín počas celého roka vyčesáva z ovzdušia veľké množstvá kyslých aerosolov. Tieto sa zrážkami zmývajú a splachujú do pôdy aj cestou stoku po kmeni (obr. 1), debazifikujú sorpčný komplex a vyvolávajú chemickú degradáciu lesných pôd. Spôsobujú tak ich acidifikáciu, pôdy získavajú podzolovú chemickú reakciu napriek tomu, že morfológia pôdneho profilu má ráz hnedých lesných pôd (kambizeme). Doba hodnotenia prísunu imisných ukladí založená na monitoringu vo vzťahu ku kritickým kyslým záťažiam ukazuje, že približne jedna tretina lesov Slovenska je priamo postihnutá acidifikáciou (Pichler et al. 2006). Vzťah atmosférických depozícií a zásob dreva v lesoch SR bol viac razy diskutovaný (Šály 2003, Bublinc Pichler 2006)

Kyslé imisie na vstupujú na niektorých lokalitách do interakcie s alkalickými imisiami.



Obr. 1: Charakteristický prejav dynamiky pôdnych vlastností v bukových ekosystémoch. Ide o pokles pôdnej reakcie v bezprostrednej blízkosti päty kmeňa.

Uskutočňuje sa preto výskum protismerného účinku alkalického prašného spadu na jednej strane, a kyslých imisií z diaľkového prenosu v kombinácii s intenzívnou perkoláciou vody v pôde zóny stoku po kmeni bukov. V zóne stoku po kmeni buka, kde sa účinky oboch depozícií prejavili v podobe zosilnenej účinkom jedincov buka ako edifikátorov geobiocenotických polí, t. j. pôsobením stoku po kmeni, dosiahla už v roku 1990 výmenná reakcia pôdy v hĺbke 5 cm hodnoty pH 6,2–6,6 z mierne kyslého intervalu, hoci aktuálna aj výmenná reakcia pôdy celoplošne vzrástla až na úroveň

$\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 7,56–8,00 a pH_{KCl} 7,0–7,2 (Šály, Pichler 1993). Ďalší vývoj aktívnej reakcie pôdy v hĺbke 5–10 cm v období rokov 1990 a 2006 preukázal odbúranie antropogénnej alkalinity pôdy. Počas 15-tich rokov poklesla aktívna pôdna reakcia v hĺbke 5–10 cm v zóne stoku po kmeni zo 7,4 na úroveň 5,9. V medzikmeňovom priestore bol pokles aktívnej reakcie v tejto hĺbke menej prenikavý, z hladiny 7,9 na 6,6. V medzikmeňovom priestore nastal pokles aktívnej reakcie zo 7,7 na 6,8. Aktívna reakcia pôdy vystavenej pôsobeniu stoku po kmeni bukov tak poklesla za obdobie od roku 1990 do roku 2006 z mierne alkalického pásma do mierne kyslého pásma, v medzikmeňovom priestore z mierne alkalického pásma do neutrálneho pásma. Predpokladaná doba ďalšieho zotrvania aktívnej pôdnej reakcie v uvedených pásmach bude v zóne stoku po kmeni v hĺbke 5–10 cm do r. 2030. V medzikmeňovom priestore zotrúva aktívna pôdna reakcia podľa použitého modelu v neutrálnom pásme v hĺbke 5–10 cm iba do roku 2015. Následne sa aktívna reakcia pôdy v medzikmeňovom priestore posunie do mierne kyslého pásma. Viac ráz opakované vyťaženie a opätovná obnova porastu povedú k postupnej konvergencii aktívnej reakcie pôdy v zóne stoku a v medzikmeňovom priestore na pôvodnú úroveň $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 5. To naznačuje možnosti regenerácie pôdy po doznení intenzívnej imisnej záťaže.

Z hľadiska retenčnej, akumuláčnej a transformačnej funkcie lesných pôd možno hovoriť skôr o dynamike v súvislosti lesníckymi opatreniami, než o degradácii lesnej pôdy. Patrí sem najmä akumulácia uhlíka a vodohospodárska funkcia lesnej pôdy. Doterajšie výsledky naznačujú, že najvhodnejším variantom sú z hľadiska podpory akumulácie uhlíka v pôde porasty so zakmenením $\pm 0,7$. Tradičnou motiváciou na zásahy rezultujúce do redukovaného zakmenenia je napr. snaha dosiahnuť produkciu požadovaných dimenzií a sortimentov dreva za kratší čas, predchádzanie tvorby nepravého jadra, resp. využitie svetlostného prírastku u priaznivo reagujúcich drevín. Cesty, ako dosiahnuť tento cieľ, spočívajú najmä v uplatňovaní intenzívnejších uvoľňovacích prebierok, ktoré sú založené na redukcii počtu stromov a vyvolaní hrúbkového prírastku po uvoľnení disponibilných zdrojov, ako aj na aplikácii svetlostného hospodárstva a clonných rubov v rámci podrastového hospodárskeho spôsobu. V takýchto porastoch sa spája relatívne rovnomerný pohyb vody cez pôdnu maticu a mierny výskyt makropórového prúdenia s ešte dostatočne pomalým rozkladom pokrývkového humusu. V porastoch po clonnom rube sa organický uhlík môže dostať rýchlym prienikom vody cez makropóry do hlbších vrstiev pôdy, kde je lepšie chránený pred mineralizáciou, ale len za podmienky, že po dosiahnutí určitej hĺbky začne namiesto preferovaného prúdenia dominovať vnútorná infiltrácia do pôdnej matrice. Podľa Quallsa et al. (2002) zistil, že horizonty A, B lesnej pôdy s vysokým obsahom oxyhydroxidov Fe a Al zachytili až 99,3 % rozpustného organického uhlíka uvoľneného z opadu a koreňov. Ako autor uvádza, že k tak veľkej sorpcii došlo vďaka pozvoľnému uvoľňovaniu rozpustného organického uhlíka a jeho následnému pohybu v pôdneho roztoku pôdnou maticou. Platí pritom, že uhlík deponovaný vo väčších hĺbkach pôdy má vyšší priemerný čas zotrvania v nej prv, než nastane jeho mineralizácia. K nej dochádza najmä v dôsledku mikrobiálnej aktivity, ktorá, ako zistila Gömöryová (2004 a, b), vykazuje vysokú priestorovú variabilitu. Podľa Harrisona et al. 2000 je modelovaná stredná doba zotrvania rozpustného organického uhlíka v pôde bukoveho porastu 65–140 rokov v hĺbke 0–5 cm, 30–150 rokov v hĺbke 5–10 cm, 50–440 rokov v hĺbke 10–20 cm atď. V nepriaznivom prípade môže byť vplavený uhlík v aerobných podmienkach na stenách makropórov mineralizovaný, pretože preferované cesty môžu účinkovať ako miesta prednostnej

sorpcie a mineralizácie zlúčenín uhlíka a dusíka (Bundt et al. 2006). Je možné, že vnútorná infiltrácia z makropórov do pôdnej matrice vyvolala aj prekvapujúco vysokú sekvestráciu uhlíka v klimaxovom bukovom ekosystéme, ktorú stanovil Knohl et al. (2003). Významná akumulácia uhlíka však prebieha aj v pôdach hospodársky využívaných lesov. Akselsson et al. (2005) pozoroval v lesných pôdach pod listnatými drevinami prírastok v stovkách kg uhlíka na hektár za rok. Po dorube porastu dochádza k rýchlej mineralizácii pokrývkového humusu, a rýchle uvoľňovanie rozpusteného organického uhlíka znižuje efektívnosť jeho sorpcie.

Z hľadiska vodohospodárskej funkcie lesných pôd možno výsledky doterajšieho výskumu do istej miery zovšeobecniť. Efekty obhospodarovania v podmienkach nižších stredohorách boli podmienené jednak faktormi prostredia, t. j. nižšími zrážkovými úhrnmi a vyššou potenciálnou evapotranspiráciou na príslušných lokalitách, a jednak vnútornými, fyziologickými danosťami drevín. Znamená to obmedzený priestor pre zvyšovanie odtoku, ale otvára možnosť na zlepšenie vlhovej zabezpečenia porastov. V polohách stredohôr bol vplyv lesopestovných a ťažbovo-obnovných postupov najväčší. Zásoba vody v pôde pod porastmi dopĺňovaná výstupom kapilárnej obruby zvodnenej vrstvy do prekoreneného pôdneho profilu aj v dôsledku nástupu preferovaného prúdenia. Zvodnená vrstva sa tvorila, resp. jej hladina sa zvyšovala v dôsledku obmedzenia transpirácie a retencie. Za súčasných klimatických podmienok, resp. v obvyklých poveternostných podmienkach, obhospodarovanie porastov v horskom pásme nemá významný hydrický účinok v zmysle zvýšenia dotácie vrstvy svahej vody, pretože tu aj porasty s prirodzeným zakmenením dokážu využiť len relatívne malú časť disponibilnej vody. Dôvodom toho je, že vnútorné alebo vonkajšie faktory obmedzia transpiráciu skôr, ako by sa mohli rozvinúť významné rozdiely v úhrnoch transpirácie a efektoch desukcie na pôdnu vlhkosť. Pravda, ako bolo povedané, z tohto pravidla sa môžu vyskytnúť výnimky napr. pri dlhodobom deficite zrážok aj vo vyšších nadmorských výškach. Ďalšiemu výskumu hydrických procesov v lesných pôdach je potrebné venovať napriek obtiažnosti terénnych meraní náležitú pozornosť, pretože vo vodnej bilancii lesných ekosystémov vyvolávajú podstatne vyššiu variabilitu ako proces transpirácie.

Možno zhrnúť, že vývoj, degradácia ale aj regenerácia a ozdravovanie lesných pôd vo veľkej väčšine prípadov ide ruka v ruku so stavom krajiny a lesných ekosystémov. V dôsledku globálnej zmeny klímy a využívania krajiny však dochádza k zmenám funkčného potenciálu lesných pôd, ktoré sú vyvolané odlišnou dynamikou poveternostných situácií, ďalej zmenenou štruktúrou ekosystémov účinkom ekologických disturbancií (vetrové kalamity, požiare...) a činnosti človeka (imisie, hydromeliorácie, zmena drevinového zloženia, zmeny hustoty lesnej cestnej siete – sprístupnenia lesov, zmena hospodárenia – podrastové hospodárstvo, silné prebierky, adaptačné opatrenia). Ide pritom o interakciu pôdy s lesným porastom, prírodným alebo manažovaným. Aby bolo možné kvantifikovať prebiehajúce a doposiaľ len kvalitatívne identifikované zmeny, resp. predpovedať ich ďalší smer, je potrebné skúmať priestorovú variabilitu intenzitných a kapacitných veličín, determinujúcich funkčný potenciál, a ich vzájomné vzťahy. Vo všeobecnosti sa do súčasnosti neprístupilo k celkovej kvantifikácii funkčnej kapacity lesných pôd. Tento krok je možné uskutočniť v rámci intenzitno-kapacitného prístupu vhodným zobrazením intenzitných hodnôt veličín na celkový objem pôdneho krytu

Pod'akovanie

Časti tejto práce boli podporené prostriedkami z grantov APVV-0468-06, VEGA 1/3548/06 a 1/0703/08.

Literatúra:

- AKSELSSON, C., BERG, B., MEENTEMEYER, V., WESTLING, O., 2005: Carbon sequestration rates in organic layers of boreal and temperate forest soils - Sweden as a case study. *Global Ecology and Biogeography*, 14, 77–84.
- BUBLINEC, E., 1994: Koncentrácia, akumulácia a kolobeh prvkov v bukovom a smrekovom ekosystéme. *Acta Dendrobiologica*. Veda, Bratislava, 85 pp.
- BUBLINEC, E., ILAVSKÝ, J., 1990: Ťažba nadzemnej biomasy stromov a jej vplyv na stanovištné pomery. v lesoch. *Lesnictví*, 36: 887–894.
- BUNDT, M., JÄGGI, M., BLASER, P., SIEGWOLF, R., HAGEDORN, F., 2001: Carbon and Nitrogen Dynamics in Preferential Flow Paths and Matrix of a Forest Soil. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 1529–1538.
- GERMANN, P., WEINGARTNER, R., 2003: Hochwasser und Wald – das forsthydrologische Paradigma. In: Jeanneret, F., Wastl-Walter, D., Wiesmann, U., Schwyn, M. (Hrsg.): *Welt der Alpen – Gebirge der Welt – Ressourcen, Akteure und Perspektiven*. Verlag Haupt, Bern/Stuttgart/Wien, 127–141.
- GÖMÖRYOVÁ, E., 2004 a: Small-scale variation of microbial activities in a forest soil under a beech (*Fagus sylvatica* L.) stand. *Polish J. Ecol.*, 52, 311–321.
- GÖMÖRYOVÁ, E., 2004 b: Priestorová variabilita niektorých mikrobiálnych charakteristík v bukovom poraste. In: ROHOŠKOVÁ, E. (eds), *Pedodiverzita. Pedologické dni 2004, Roztoky u Křivoklátu*, 34–35.
- HOLÉCY, J., 2004: Matematický model poistenia lesov Slovenska proti požiarom. *Vedecké štúdie 6/2004/A. Technická univerzita vo Zvolene*, pp. 65
- KNOHL, A., SCHULZE, E.-D., KOLLE, O., BUCHMANN, N., 2003: Large carbon uptake by an unmanaged 250-year-old deciduous forest in Central Germany. *Agricultural and Forest Meteorology*, 118, 151–167.
- KOHNŇOVÁ, S., SZOLGAY, J., 1995: K používaniu Dubovho vzorca pre výpočet maximálneho storočného špecifického odtoku na malých povodiach Slovenska. *Vodohospodársky časopis* 43, 1–2, 3–27.
- TUTKA, J., FISCHER, M., HOLÉCY, J., VALACH, Ľ, 2003: Oceňovanie lesa. Ústav pre výchovu a vzdelávanie pracovníkov lesného a vodného hospodárstva, Zvolen, pp. 254.
- PICHLER, V., BUBLINEC, E., GREGOR, J., 2006: Acidification of forest soils in Slovakia – causes and consequences. *Journal of Forest Science*, 52, 23–27.
- QUALLS, R. G., HAINES B. L., SWANK W. T., TYLER, S.W., 2002: Retention of dissolved organic nutrients by a forested ecosystem. *Biogeochemistry*, 61, 135–171
- ŠÁLY, R., 2003: Atmospheric depositions and the increase of the timber supply in Slovakia. *Phytopedon (Bratislava)*, 1: 1–6.
- ŠÁLY, R., PICHLER, V. 1993: Súčasné zmeny pôdnej reakcie v bučinách. In: Žihlavník, Š. (ed): *Acta facultatis forestalis*, 35. Zvolen: Technical University Press, p. 51–69.
- WILLIS, K.G., 2002: Benefits and costs of forests to water supply and water quality. *Social and Environmental Benefits of Forestry, Phase 2. Report to the Forestry Commission, Edinburgh*, pp. 20.

**SOIL DEGRADATION PROCESSES AND EXTREME
MOISTURE REGIME AS LIMITING FACTORS OF SOIL
MULTIFUNCTIONALITY
AND SUSTAINABLE LAND USE**

**PROCESY DEGRADÁCIE PÔD A EXTRÉMNY VLNKOSTNÝ
REŽIM AKO LIMITUJÚCE FAKTORY PÔDNEJ
MULTIFUNKCIONALITY A UDRŽATEĽNÉHO VYUŽÍVANIA
PÔD A KRAJINY**

Gy. Várallyay

*Research Institute for Soil Science and Agricultural Chemistry (RISSAC) of the
Hungarian Academy of Sciences, H-1022 Budapest, Herman O. út 15. Hungary, e-
mail: g.varallyay@rissac.hu*

Abstract

Soils are the most important natural resources in Hungary. Consequently, the rational use and protection of soil resources, maintaining their favourable „quality” and desirable multifunctionality are primary tasks of sustainable agriculture and rural development, including nature preservation. The natural conditions are generally favourable for rainfed biomass production. These conditions, however, show extremely high, hardly predictable spatial and temporal variability, often extremes, and sensitively react to various natural or human-induced stresses. The main ecological constraints are:

- (1) Soil degradation processes.
- (2) Extreme moisture regime: simultaneous hazard of flood, waterlogging, over-moistening or drought.
- (3) Unfavourable changes in the biogeochemical cycles of elements, especially of plant nutrients and environmental pollutants.

In the last years the quick development of in situ and laboratory analytics, remote sensing, informatics, computer technology, GIS/GPS applications, etc. has given opportunity to organize all available soil information into an up-to-date soil database. On this basis the „environmental sensitivity/susceptibility/vulnerability” of soils were comprehensively analyzed and technologies were elaborated for the control (prevention, elimination or moderation) of unfavourable soil processes.

Key words: soil degradation, extreme moisture regime, waterlogging hazard, drought sensitivity, environmental vulnerability, soil database, hydrophysical properties of soils.

Abstrakt

Pôdy patria medzi najdôležitejšie prírodné zdroje v Maďarsku. Racionálne využívanie a ochrana pôdných zdrojov, udržateľná kvalita a polyfunkčnosť sa teda stávajú primárnymi úlohami udržateľného poľnohospodárstva a rozvoja vidieka vrátane zachovania prírody.

Prírodné podmienky sú všeobecne priaznivé pre produkciu biomasy. Tieto podmienky ukazujú extrémne vysokú sotva prediktovateľnú priestorovú a časovú variabilitu, ako reakciu voči rôznym prírodným a človekom indukovaným dopadom. Medzi hlavné ekologické dopady zaraďujeme:

- (1) Degradáčne procesy pôd
- (2) Extrémny vlhkostný režim: nepretržité nebezpečenstvo záplav, zamokrenie alebo sucho
- (3) Nepriaznivé zmeny v biogeochemickom cykle prvkov, najmä rastlinných živín a polutantov v životnom prostredí

V priebehu posledných rokov rýchly rozvoj in situ a laboratórnych analýz, diaľkového prieskumu Zeme, informačných a výpočtových technológií, aplikácií GIS/GPS atď. nám dáva príležitosť lepšie organizovať všetky prístupné informácie o pôdach a aktualizovať databázu pôd. Na tomto základe environmentálna náchylnosť/citlivosť/zraniteľnosť pôd bola súhrnne analyzovaná a boli vypracované technológie pre kontrolu (prevencia, eliminácia alebo zmiernenie) nepriaznivých pôdných procesov.

Kľúčové slová: degradácia pôdy, extrémny vlhkostný režim, nebezpečie zamokrenia, náchylnosť na vysušovanie, environmentálna zraniteľnosť, databáza pôd, hydrofyzikálne vlastnosti pôd

Introduction

Sustainable development is the management and conservation of the natural resource base, and the orientation of technological and institutional changes in such a manner as to ensure the attainment and continued satisfaction of human needs for present and future generations. *Sustainable agricultural development* includes efficient *biomass production* for food, fodder, industrial raw material and alternative energy, using environment-friendly, energy- and material saving technologies paying special attention to quality, and a socially acceptable rural development, simultaneously.

The most important element of sustainable development in Hungary is the rational use and conservation of soil resources and ecosystems (the geological strata–soil–water–biota–plant–near surface atmosphere continuum), maintaining their favourable „quality” and their desirable multifunctionality. This is the main goal of agriculture, water management, environment protection and rural development, requiring priority and full support from the whole society (Somlyódy, 2000; Várallyay, 2003, 2006b).

Soil as a multifunctional media

The most important soil functions are as follows (Várallyay, 2003):

- (a) Conditionally renewable natural resource.
- (b) Reactor, transformer and integrator of the combined influences of other natural resources, place of „sphere-interactions”, creating „life media” and habitat for biota and „land site” for natural vegetation and cultivated crops.

- (c) Medium for biomass production, primary food-source of the biosphere.
- (d) Storage of heat, water and plant nutrients, as well as wastes from various sources.
- (e) High capacity buffer medium, which may prevent or moderate the unfavourable consequences of various environmental stresses.
- (f) Natural filter and detoxication system, which may prevent the deeper geological formations and the subsurface waters from various pollutants.
- (g) Significant gene-reservoir, an important element of biodiversity.
- (h) Conserver and carrier of the heritage of natural and human history.

Society has utilized these functions in different ways (rate, method, efficiency) throughout history, depending on the given natural conditions and socio-economic circumstances. In many cases the misguided soil management results in serious environmental deterioration.

Soil resources in Hungary

The natural conditions (climate, water, soil and biological resources) of Hungary are generally favourable for rainfed biomass production. These conditions, however, show extremely high and hardly predictable spatial and temporal variability, often extremes and sensitively react to various natural or human-induced stresses (Láng et al., 1983; Várallyay, 2006a,b,c; Várallyay et al., 1985). The generally favourable agro-ecological potential is mainly limited by three soil factors:

- (1) Soil degradation processes (Michéli et al., 2003; Várallyay, 1989, 2006a).
- (2) Extreme moisture regime: simultaneous hazard of flood, waterlogging, overmoistening and drought sensitivity (Várallyay, 2006a, 2007a).
- (3) Unfavourable changes in the biogeochemical cycles of elements, especially of plant nutrients and environmental pollutants (Láng et al., 1983).

Limiting factors of soil fertility, soil degradation processes

The unfavourable properties limiting soil fertility in Hungary are shown in Figure 1 (Szabolcs & Várallyay, 1978).

In addition to those constraints a large area is affected by various unfavourable soil degradation processes (Michéli et al., 2003; Várallyay, 1989, 2006b):

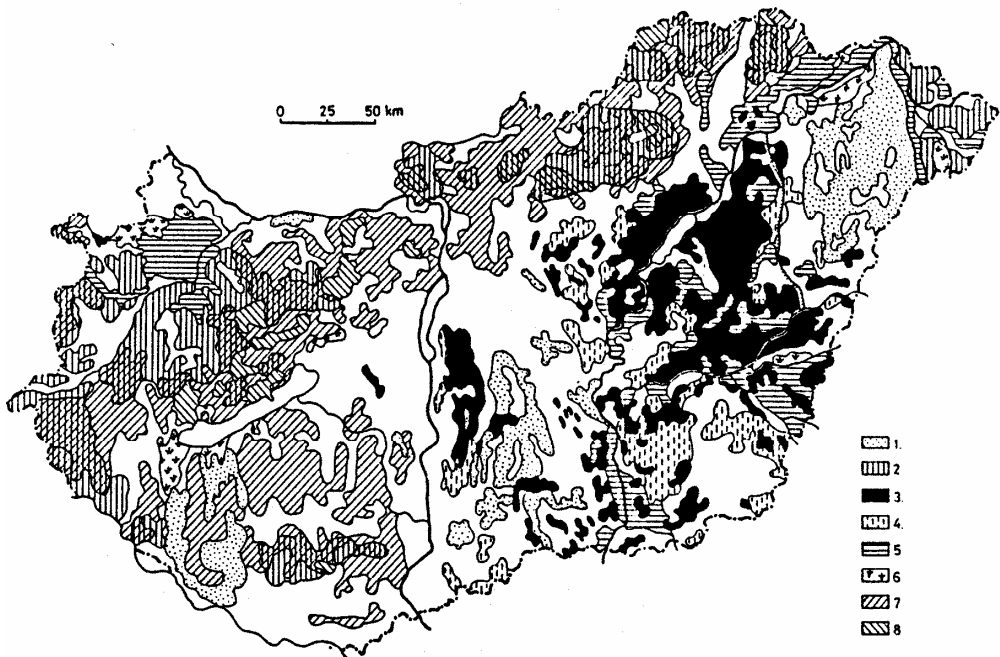
- (1) Soil erosion by water or wind.
- (2) Soil acidification.
- (3) Salinization/alkalization/sodification.
- (4) Physical soil degradation, such as structure destruction, compaction, surface sealing, etc.
- (5) Extreme moisture regime: (sometimes) simultaneous hazard of overmoistening, waterlogging and drought-sensitivity;
- (6) Biological degradation, such as unfavourable changes in soil biota, decrease in soil organic matter.
- (7) Unfavourable changes in the biogeochemical cycles of elements, especially in the regime of plant nutrients, such as leaching; volatilization; biotic and abiotic immobilization.

(8) Decrease in the buffering capacity of soil, soil pollution, and environmental toxicity.

Rational land use and soil management may react to these limitations in two different ways:

- adaptation to the given conditions by rational „site-specific” land use, proper cropping pattern and adequate agrotechnology;
- modification (mitigation) of the unfavourable conditions by soil reclamation and amelioration, including the development of proper infrastructure, water management and soil conservation practices.

Figure 1 Map of the limiting factors of soil fertility in Hungary



1. Extremely coarse texture (8% of the total area of Hungary). 2. Acidity (12.8%). 3. Salinity and/or alkalinity (8.1%). 4. Salinity and/or alkalinity in the deeper layers (2.6%). 5. Extremely heavy texture (6.8%). 6. Waterlogging or peat formation (1.7%). 7. Erosion (15.6%). 8. Shallow depth (2.3%).

Soil degradation is not an unavoidable consequence of intensive (but rational!) agricultural production and social development! Most soils are resilient to a certain extent, consequently, most of the soil degradation processes and their consequences can be efficiently prevented, eliminated or at least moderated. But it needs permanent control measures and widely adopted soil (and water) conservation technologies, which are the indispensable elements of sustainable (agricultural) development and up-to-date site-specific precision soil management (Várallyay, 1989, 2003, 2006b).

In the last years the revolutionary development of in situ and laboratory analytics, remote sensing, informatics, computer technology, GIS/GPS applications, etc. give opportunity for the up-to-date database development, including a comprehensive assessment of soil sensitivity/susceptibility/ vulnerability against various natural or human-induced stresses (Szabó et al., 1998; Várallyay, 2006c). Hungary participated actively in such international programmes as GLASOD, SOTER, SOVEUR, PHARE-MERA, ENVASO, and the EU Strategy of Soil Protection (Szabó et al., 1998; Várallyay, 2007b).

Extreme soil moisture regime

In future water will be the determining (hopefully not limiting) factor of food security and environmental safety in the Carpathian Basin, especially in its deepest part: in the Hungarian Plain (Somlyódy, 2000; Várallyay, 2005). Consequently, *the improvement of water use efficiency* will be one of the key issues of agricultural production, rural development and environment protection and the *control of soil moisture regime* will be an imperative task without any other alternatives.

Water resources are limited (Somlyódy, 2000; Várallyay, 2006c, 2007b). The increasing water demand must be satisfied from these limited resources. The average *annual precipitation shows extremely high territorial and temporal variability* – even at micro-scale (Figures 2 and 3). Under such conditions a considerable part of the precipitation is lost by surface runoff, downward filtration and evaporation.

Figure 2 Distribution of the amount of atmospheric precipitation in Hungary (long-term average)

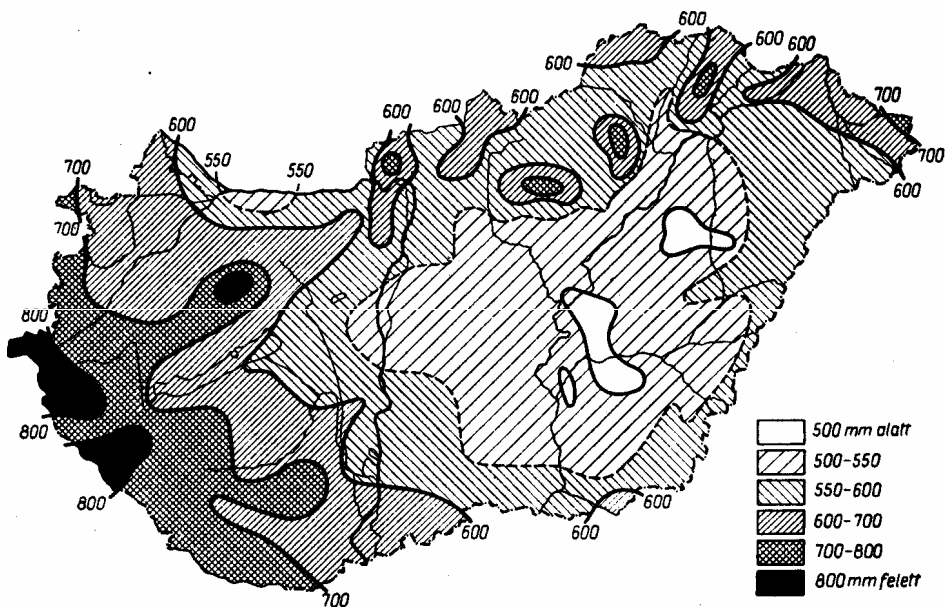
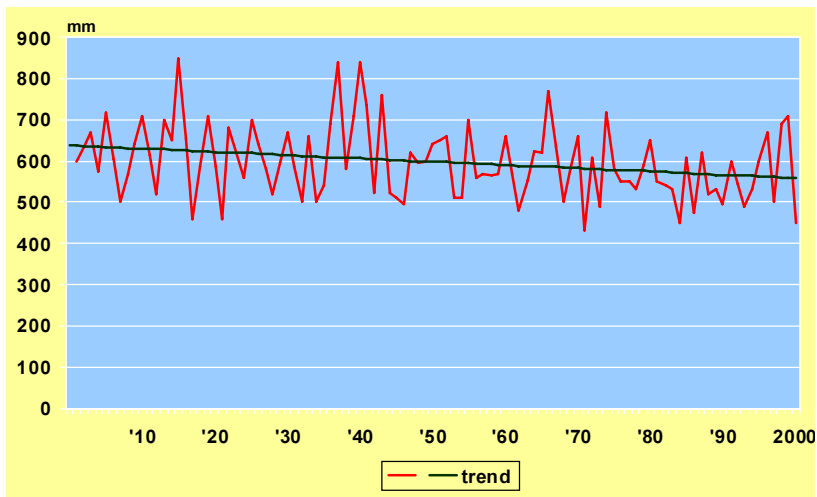


Figure 3 Long-term fluctuation of atmospheric precipitation in Hungary

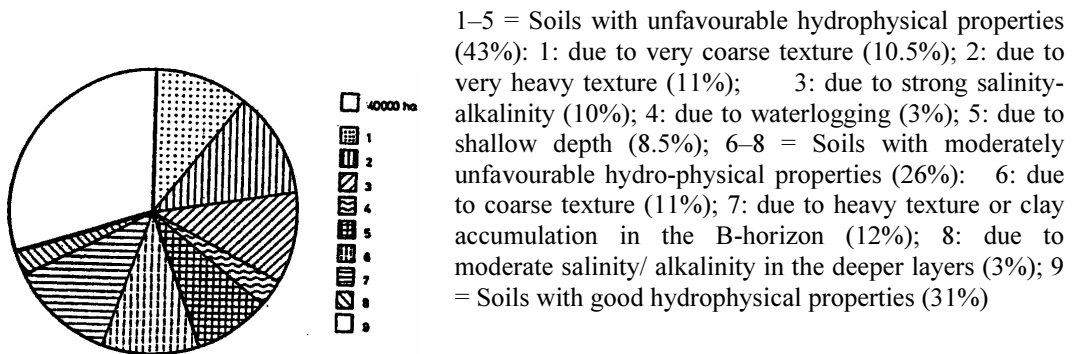
The annual water balance is negative in lowlands: 450–600 mm precipitation vs. 680–720 mm potential evapotranspiration. The negative water balance is equilibrated by horizontal inflow (on the surface as runoff; in the unsaturated zone as seepage; and in the saturated zone as groundwater flow), which leads to the accumulation of soluble constituents, the weathering products of a large water catchment area in a relatively small accumulation territory (Várallyay, 2006a,b).

Annual precipitation will not be more in the future. On the contrary, it might be less according to the forecasted climate change, characterized by increasing temperature and aridity. The unfavourable territorial and time distribution will be increasing with the risk (frequency, intensity) of extreme weather events and soil moisture situation. In addition to the hardly predictable atmospheric precipitation pattern, the two additional reasons of extreme soil moisture regime (the simultaneous hazard of waterlogging or overmoistening and drought sensitivity) are:

- the heterogeneous microrelief of the „flat” lowland;
- the highly variable, sometimes mosaic-like soil cover and the unfavourable physical and hydrophysical properties of some soils (mainly due to heavy texture, high clay and swelling clay content, or high sodium saturation: ESP).

According to our comprehensive assessment (Várallyay, 2005, 2007a; Várallyay et al., 1985) 43% of Hungarian soils can be characterized by unfavourable, 26% by moderately (un)favourable and 31% by favourable moisture regime, as illustrated by Figure 4, indicating the main reasons of various moisture conditions.

Figure 4 Distribution of soils according to their moisture regimes in Hungary



In the last two decades a comprehensive soil survey–analysis–categorization–mapping–monitoring system was developed in Hungary for the exact characterization of hydrophysical properties, modelling and forecast of water and solute regimes of soils. The system may serve as a scientific basis for soil moisture control and it is efficiently used for practical soil water management both for crop production and environmental protection. The most important elements of the system were as follows (Várallyay, 2005, 2006b, 2007a; Várallyay et al., 1985):

- Category system and 1:100 000 scale map of the hydrophysical characteristics of soils (Várallyay et al., 1985).
- Moisture regime types of Hungarian soils and their 1:500 000 scale map (Várallyay, 2005, 2006b).
- Large-scale mapping of hydrophysical properties and moisture regime of soils (Szabó et al., 1998).

Under the given environmental conditions it is an important fact that soil is the largest potential natural water reservoir (water storage capacity) in Hungary (Várallyay, 2005). The 0–100 cm soil layer may store about 25–30 km³ water, which is more than half of the average annual precipitation. About 50% of it is „available moisture content”. In many cases, however, this huge potential water storage capacity cannot be used because of four reasons:

- it is not „empty”, it is filled to a certain extent by a previous source (rain, melted snow, capillary transport from groundwater, irrigation, etc.): “filled bottle effect”;
- the infiltration of water into the soils is prevented by the frozen topsoil (“frozen bottle effect”);
- the infiltration is prevented or reduced by a nearly impermeable soil layer on, or near to the soil surface (“closed bottle effect”);
- the water retention of soil is poor and the infiltrated water is not stored in the soil, but only percolates through the soil profile („leaking bottle effect”).

The schematic map of these situations is shown in Figure 5 (Várallyay, 2005, 2006b,c, 2007a).

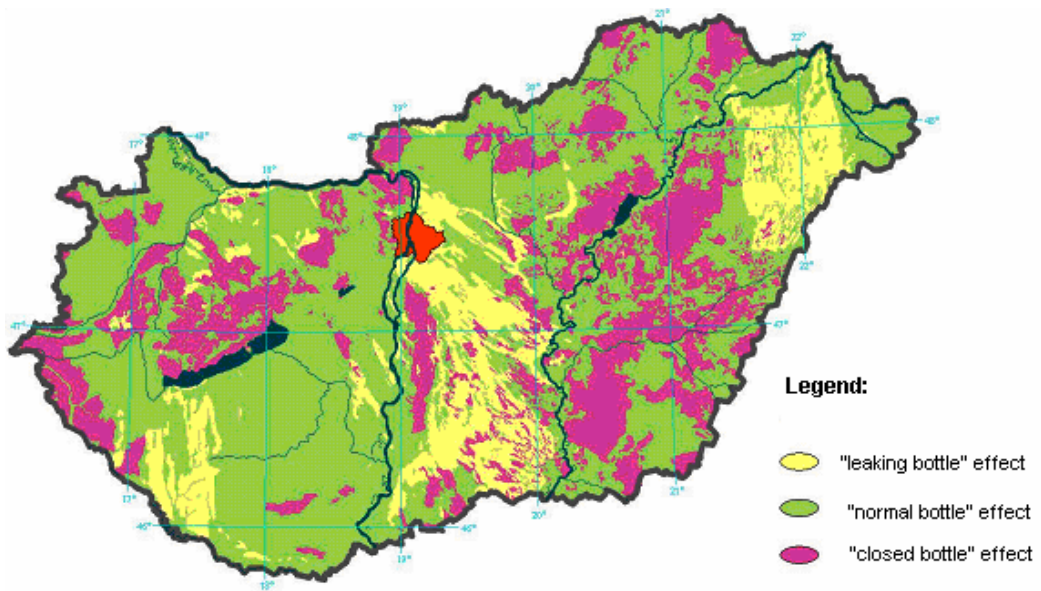
Control of soil degradation processes and soil moisture regime

In sustainable development the maintenance of soil multifunctionality, risk reduction and the prevention, elimination or at least moderation of undesirable (or even harmful) soil processes have primary importance. In Hungary it requires a „two-way” („double-face”) moisture regulation to:

- help water infiltration into the soil;
- help water storage within the soil in plant available form;
- drain the surplus amount of water from the soil profile and from the area (vertical and horizontal drainage).

The main possibilities and methods of such moisture control are summarized in Table 1. Most of these „moisture management actions” are – at the same time – efficient environment control measures (Table 1) (Várallyay, 2006b, 2007a).

Figure 5 Limited infiltration rate and water storage capacity of soils in Hungary



Tab. 1 Elements and methods of soil moisture control with their environmental impacts

Elements		Methods	Environmental impacts*
Reducing	surface runoff	Increase in the duration of infiltration (moderation of slopes; terracing contour ploughing; establishment of permanent and dense vegetation cover; tillage; improvement of infiltration; soil conservation farming system)	1,1a 5a, 8
	evaporation	Helping infiltration (tillage, deep loosening) Prevention of runoff and seepage, water accumulation	2,4
	feeding of ground-water by filtration losses	Increase in the water storage capacity of soil; moderation of cracking (soil reclamation); surface and subsurface water regulation	5b, 7
	rise of the water table	Minimalization of filtration losses (↑); groundwater regulation (horizontal drainage)	2,3 5b,5c
Increasing	infiltration	Minimalization of surface runoff (tillage practices, deep loosening) (↑)	1,4,5a, 7
	water storage in soil in available form	Increase in the water retention of soil; adequate cropping pattern (crop selection)	4,5b,7
Irrigation		Irrigation; groundwater table regulation	4,5c,7,9,10
Surface	} drainage	surface	} moisture control (drainage)
Subsurface		subsurface	

Favourable environmental effects	Unfavourable environmental effects
Prevention, elimination, limitation or moderation of: <ul style="list-style-type: none"> - water erosion (1) - sedimentation (1a) - secondary salinization, alkalization (2) - peat formation, waterlogging, overmoistening (3) - drought sensitivity, cracking (4) - plant nutrient losses by: - surface runoff (→ surface waters eutrophication) (5a) - leaching (→ subsurface waters) (5b) - immobilization (5c) - formation of phytotoxic compounds (6) - “biological degradation” (7) - flood hazard (8) 	<ul style="list-style-type: none"> - overmoistening, waterlogging, peat and swamp formation, secondary salinization/alkalization (9) - leaching of plant nutrients (10) - drought sensitivity (11)

Conclusions

The control of soil processes is a great challenge and the main task of soil science and soil management in sustainable development. Permanent control may prevent, eliminate or at least reduce undesirable soil processes and their harmful economical/ecological/environmental/social consequences. Soil resilience gives opportunity for the renewal of soil multifunctionality.

The control of soil processes can be efficient only on the basis of comprehensive risk assessments, impact analyses and exact prognoses.

Referentes

- LÁNG, I., CSETE, L. & HARNOS, ZS., 1983: [Agro-ecological potential of Hungarian agriculture] (In Hungarian) Mezőgazdasági Kiadó. Budapest.
- MICHÉLI, E., VÁRALLYAY, G., PÁSZTOR, L., SZABÓ, J., 2003: Land degradation in Hungary. In: Land Degradation. (Eds.: Jones, R. J. A., Montanarella, L.) 198–206. JRC. Ispra.
- SOMLYÓDY, L., 2000: [Strategy of Hungarian water management] (In Hungarian) MTA Vízgazdálkodási Tudományos Kutatócsoportja, Budapest. 370 pp.
- SZABÓ, J., PÁSZTOR, L., SUBA, ZS. & VÁRALLYAY, G., 1998: Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. *Agrokémia és Talajtan*. 47. 63–75.
- SZABOLCS, I. & VÁRALLYAY, G., 1978: [Limiting factors of soil fertility in Hungary] (In Hungarian) *Agrokémia és Talajtan*. 27. 181–202.
- VÁRALLYAY, G., 1989: Soil degradation processes and their control in Hungary. *Land Degradation and Rehabilitation*. 1. 171–188.
- VÁRALLYAY, G., 2003: Role of soil multifunctionality in future sustainable agricultural development. *Acta Agronomica*. 51. (1) 109–124.
- VÁRALLYAY, G., 2005: [Water storage capacity of Hungarian soils.] *Agrokémia és Talajtan*. 54. 5–24.
- VÁRALLYAY, G., 2006a: Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. *Agrokémia és Talajtan*. 55. 9–18.
- VÁRALLYAY, G., 2006b: Soil degradation processes and extreme soil moisture regime as environmental problems in the Carpathian Basin. *Stiinta Solului*, XI. (2) 20–39.
- VÁRALLYAY, G., 2006c: Risk reduction of extreme hydrological events with sustainable land use and soil management. *Ecohydrology and Hydrobiology*. 6. (1–4) 143–151.
- VÁRALLYAY, G., 2007A: Extreme soil moisture regime as an increasing environmental problem in the Carpathian Basin. *Tessedik Sámuel Főisk. Tudományos Közlemények*. 7. (1) 47–54.
- VÁRALLYAY, G., 2007B: Soil conservation strategy in an extended Europe and in Hungary. In: „Environmental Management. Trends and Results”. (Eds.: Koprivanac, N. & Kusic, H.) Zagreb, 133–146.
- VÁRALLYAY, G., SZÜCS, L., ZILAHY, P., RAJKAI, K., MURÁNYI, A., 1985: Soil factors determining the agroecological potential of Hungary. *Agrokémia és Talajtan*. 34. Suppl. 90–94.

VPLYV OBHOSPODAROVANIA BUČÍN NA SUKCESNÝ VÝVOJ FYTOCENÓZ A VLASTNOSTI PÔD

INFLUENCE OF BEECH FOREST CULTIVATION ON SUCCESSION DEVELOPMENT OF PHYTOCOENOSES AND PROPERTIES OF SOILS

Ján Kukla, Margita Kuklová, Andrej Sýkora

Ústav ekológie lesa Slovenskej akadémie vied, Štúrova 2, 960 53 Zvolen,
Slovenská republika

Abstrakt

Výskum sa robil na 4 geobiocenologických plochách zriadených v J časti Kremnických vrchov. Geobiocenózy sú súčasťou 4. lesného vegetačného stupňa, mezotrofného radu geobiocénov, skupiny typov geobiocénov *Fagetum pauper superiora* a lesného typu 4302 Zubačková bučina vyššieho stupňa (typ prírodnej geobiocenózy *Dentaria bulbifera nudum*, *Prenanthes purpurea*). Pôdy geobiocenóz sú kambizeme modálne nasýtené a kyslé, ktoré sa vytvorili z andezitových tufových aglomerátov. V dôsledku zrýchlenej mineralizácie povrchového humusu v priaznivejších svetelných a tepelných podmienkach vzrástli hodnoty aktuálnej reakcie v 0-5 cm povrchovej vrstve pôdy na rúbanisku k spodnej hranici heminitrofilného medziradu geobiocénov ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,0). Na druhej strane pod 60-80 ročným porastom buka poklesla aktuálna reakcia pôdy až k hornej hranici hemioligotrofného medziradu geobiocénov ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,9). Množstvo povrchového humusu vzrastalo až k rastovej fáze žrd'oviny, kedy dosiahlo približne 11 t.ha⁻¹. V 200 ročnom bukovom poraste bolo vyššie len o 22 %. V oblasti dlhodobo ovplyvňovanej imisiami kyslého typu činilo množstvo povrchového humusu viac ako 63 t.ha⁻¹.

Kľúčové slová: *Fagetum pauper*, pestovné opatrenia, kambizem, zmena prostredia, sukcesia

Abstract

The research was made on four geobiocoenological plots established in south part of the Kremnické vrchy Mts. The geobiocoenoses are a part of the 4th forest vegetation tier, mesotrophic order of geobiocoens, group of types of geobiocoens *Fagetum pauper superiora* and forest type 4302 Toothwort beech forest of higher degree (the type of natural phytocoenosis *Dentaria bulbifera nudum*, *Prenanthes purpurea*). The soils of geobiocoenoses are Eutric and Dystric Cambisols formed from andesite tuffaceous agglomerates. Due to accelerated mineralization of surface humus in better light and warm conditions increased the values of active soil reaction on clearing to the lower border of heminitrophillous inter-order of geobiocoens (to $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 6,0). On the other hand, below 60-80 years old beech forest the actual soil reaction decreased up to top boarder of hemioligotrophic inter-order of geobiocoens (to $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ 4,9). The amount of surface humus increased up to growth phase of pole-stage stand, in which it made

approximately 11 t.ha⁻¹. In 200 years old beech stand it was higher only about 22 %. In the region long-term influenced by acid atmospheric pollutants the amount of surface humus made more as 63 t.

Key words: *Fagetum pauper*, silvicultural measures, Cambisol, environmental change, succession

Úvod

Prirodzený vývoj lesných porastov šíriacich sa po skončení poslednej ľadovej doby bol v posledných tisícročiach významne ovplyvňovaný antropickou činnosťou, ktorá bola determinovaná najmä ekonomickými záujmami človeka. V posledných storočiach sa záujem ľudskej spoločnosti zamerával tak na zdokonalenie ťažbovej činnosti, ako aj veľkoplošné pestovanie ekonomicky významných drevín. Intenzita vplyvu človeka na lesné ekosystémy bola veľmi výrazná najmä v 20. storočí, v ktorom boli lesné ekosystémy menené najmä v súvislosti s rastúcimi ekonomickými požiadavkami. Dôraz sa kládol najmä na zvyšovanie kvality a kvantity drevnej hmoty, zatiaľ čo riešenie problémov spojených so znižovaním druhovej a genetickej diverzity, a tým aj stability lesných ekosystémov sa zanedbávalo. Prejavilo sa to v zmene drevinového zloženia lesných porastov, ich vekovej výškovej a hrúbkovej štruktúry, ako aj v zmene druhovej garnitúry bylinnej vrstvy a v neposlednej miere aj v zmene vlastností pôd. Negatívne dôsledky uvedeného prístupu sa prejavili hlavne v 5. a 6. lesnom vegetačnom stupni (Ivs), kde došlo k rozsiahlej premene zmiešaných porastov buka a jedle na monokultúry smreka. O trochu priaznivejšia situácia je v 3. a 4. Ivs, kde na normálne vyvinutých pôdach pôvodne dominoval buk, ale aj tu možno na značných plochách vidieť dôsledky honby za vyššou produkciou žiadaných druhov a sortimentov dreva.

Cieľom práce je zistiť, ako spôsob obhospodarovania nudálnych bukových porastov ovplyvňuje druhové zloženie fytocenóz, a tým aj vlastností ekotopu.

Materiál a metódy

Bukové geobiocenologické plochy boli v roku 2007 založené na lokalitách Poruba a Štagiar situovaných v južnej časti Kremnických vrchov na svahoch so sklonmi 5-15°, v nadmorskej výške 690-740 m. Makromorfologické charakteristiky pôd boli opísané podľa Šályho a Ciesarika (1991), humusové formy zatriedené podľa Šályho (1998) a pôdy boli klasifikované v zmysle Kolektívu (2000). Vzorky jemnozeme boli vysušené na vzduchu a preosiate cez sito s veľkosťou otvorov 2 x 2 mm. Zrinitosť jemnozeme dispergovanej pomocou ultrazvuku a hexametafosforečnanu sodného sa stanovila pomocou laserového zrinitostného analyzátora Fritsch analysette 22, obsah uhlíka oxidimetricky, podľa Ťurina, v modifikácii Simakova a hodnoty aktívnej a výmennej reakcie v suspenzii jemnozeme (pomer jemnozeme k vode, resp. 1 M KCl 1:2,5, v prípade povrchového humusu 1:5) sa zistili pomocou digitálneho pH-metra, typ Inolab pH 720 (Hraško et al., 1962). Na každej ploche sa v trojnásobnom opakovaní odobrali aj vzorky povrchového humusu, vysušili pri teplote 80 °C a zistila sa ich hmotnosť.

Fytocenologické zápisy boli vyhotovené na ploche 400 m² v zmysle Zlatníka (1976a) a zatriedené v zmysle Hančinského (1972). Názvy rastlín uvádzame podľa Dostála (1989).

Výsledky

Geobiocenologické plochy boli vybraté v štandardne obhospodarovaných bukových porastoch tak, aby reprezentovali základné vývojové štádiá sekundárnej sukcesie. Prvé sukcesné štádium vývoja, ktoré nastupuje po zrúbaní dospelého bukoveho porastu, reprezentuje geobiocenologická plocha Poruba 1. Na tejto ploche je celková pokryvnosť bylinnej synúzie pod 5-10 ročným nárastom buka maximálna, dosahujúca 90 až 100 %. Výrazne v nej dominuje svetlomilný druh *Calamagrostis epigeios*, ku ktorému je hojne pridružený rúbaniskový druh *Rubus hirtus* agg. a v menšom rozsahu i ďalšie druhy (*Eupatorium cannabinum*, *Hypericum perforatum*, *Chamerion angustifolium*, *Stachys sylvatica*, *Dentaria bulbifera* a i.). Z indikátorov 4. lesného vegetačného stupňa (lvs) sa v silne zmenenom spoločenstve zachoval len druh *Circaea lutetiana*, avšak na vlhšie pôdne prostredie poukazuje aj prítomnosť druhov ako *Cirsium palustre* a *Urtica kioviensis*. Z ruderalných druhov začína do spoločenstva prenikať *Plantago major*.

Druhé vývojové štádium reprezentuje geobiocenologická plocha Poruba 2, kde sa nachádza 15-20 ročná, 5 až 7 m vysoká bukova húština. Pre bylinný podrast je charakteristická nízka druhová pestrosť a minimálna celková pokryvnosť, nedosahujúca ani hodnotu 5 %. Ojedinele sa vyskytujú najmä bučínové druhy ako sú *Asarum europaeum*, *Dentaria bulbifera*, *Galium odoratum* a *Sanicula europaea*, iba na svetelne priaznivejších mikrolokalitách aj *Dryopteris filix-mas* a *Rubus hirtus* agg. Z indikátorov 4. lvs je vo veľmi nízkej hodnote zastúpený len druh *Circaea lutetiana*.

Geobiocenologická plocha Poruba 3 bola založená v 20-40 ročnej bukovej žrdovine reprezentujúcej tretie sukcesné štádium vývoja. V druhovo pomerne chudobnom bylinnom podraze je hojne zastúpený len jarný heliofyt *Dentaria bulbifera*, popri ktorom sa ojedinele až hojne vyskytuje aj *Rubus hirtus* agg. Z mezotrofných bučínových druhov sa ojedinele vyskytujú *Galium odoratum* a *Viola reichenbachiana*, z podhorských druhov *Polygonatum verticillatum*, indikátor prítomnosť 4. lvs.

Geobiocenologická plocha Štagiar reprezentuje jedno z posledných vývojových štádií štandardne obhospodarovaných bukových porastov. V bylinnom podraze dominuje jarný lesný heliofyt *Dentaria bulbifera*, ku ktorému sa ojedinele pridružujú druhy ako *Galium odoratum*, *Dryopteris filix-mas*, *Rubus hirtus* agg. a *Viola reichenbachiana*. Ekologicky významný je výskyt druhu *Dryopteris dilatata*, ktorý indikuje prítomnosť 4. lvs.

Vzhľadom k tomu, že vo fytocenózach skúmaných segmentov geobiocenóz sa vyskytujú druhy indikujúce minimálne prítomnosť 4. lesného vegetačného stupňa a mezotrofné bylinné druhy, vrátane druhu zubačka cibul'konosná (*Dentaria bulbifera*), pri absencii druhov ostatných trofických skupín, priradujeme tieto segmenty geobiocenózy do skupiny lesných typov *Fagetum pauper superiora* a lesného typu 4302 Zubačková bučina vyššieho stupňa (typom prírodnej fytocenózy *Dentaria bulbifera nudum*, *Prenanthes purpurea*).

Kambizeme skúmaných geobiocenóz boli vytvorené zo svahovín neovulkanických andezitových tufových aglomerátov. Sú to pôdy s dostatočnou vodnou kapacitou, ktoré rast bukových porastov nijako neobmedzujú. Mullový moder týchto pôd je tvorený horizontom opadu Ool, ktorý spolu s 1-2 cm hrubým fermentačným Oof horizontom dosahuje v priemere 3,5-5,5 cm.

Hrúbka humózných, stredne až silne prekorenených A horizontov kambizemí s priaznivými fyzikálnymi vlastnosťami a obsahom skeletu do 10 % dosahuje 5-7 cm.

Fyzikálne vlastnosti B horizontov sú mierne zhoršené, až zhoršené (v prípade nižšie ležiacich Bv₂ subhorizontov). Obsah skeletu je nízky a pohybuje sa v rozpätí 10-20 %. Podstatne vyšší obsah skeletu je len v prechodnom B/C horizonte na lokalite Štagiar. Zrnitostné zloženie kambizemí je do značnej miery ovplyvnené vlastnosťami materskej horniny, z ktorej sa vytvorili. V zmysle Nováka (1952, in Šály, 1998) sú pôdy na plochách Poruba 1 a 2 ílovitohlinité, na plochách Poruba 3 a Štagiar hlinité. Podľa trojuholníkového textúrneho diagramu ide o prachovito-hlinité pôdy (tab. 1). V jemnozemi kambizemí dosahuje obsah najpohyblivejšieho fyzikálneho ílu 9-19 % a smerom k nižším pôdnym horizontom sa zvyšuje. Dominuje v nich spravidla frakcia hrubého ílu, ktorá kolíše v rozpätí 38-52 %. Vyššie hodnoty hrubého prachu (o 1-6 %, v porovnaní s frakciou hrubého ílu) sú len vo vrchnej časti pôd na plochách Poruba 2 a 3. Celkový obsah prachu kolíše spravidla v rozpätí 65-75 %. Najnižšie zastúpenie tejto frakcie (okolo 60 %) sa zistilo v pôde na ploche Poruba 3, kde má najvyššie zastúpenie frakcia hrubého piesku (22-24 %). Najmenej zastúpená je frakcia jemného piesku, hodnota ktorej je v pôdach nižšia ako 5 %.

Hodnoty sušiny sú pomerne vyrovnané a dosahujú približne 94-96 % (tab. 2). S klesajúcim množstvom pôdneho humusu obsah sušiny vzrastal, hygroskopickú vodu (h) naopak klesal. Jej hodnoty pohybujúce sa v rozpätí 5,6-7,9 % nepriamo poukazujú na množstvo pre rastliny neprístupnej statickej vody ($V_n = 2 V_h = 3-4 h \cong 20-28 \%$).

V A horizontoch pôd štyroch bukových geobiocenóz sa obsah humusu pohybuje v rozpätí 7,6-10,2 % (tab. 2). V zmysle klasifikácie Šályho a Ciesarika (1991) sú teda silne humózne. Smerom k hlbším pôdnym horizontom percento humusu spravidla klesá, na rozhraní humózných a kambických horizontov skokovite. V hlbšie ležiacich pôdnych vrstvách je obsah humusu najnižší na plochách Poruba 3 a Štagiar, kde dosahuje už len 2,8-3,1 %. Tieto pôdne vrstvy sú teda ešte mierne humózne. V povrchovej 0-5 cm vrstve pôd sa hodnoty aktívnej reakcie nachádzajú v rozpätí 4,95-5,99 (tab. 2). V rozpätí rovnovážnych hodnôt pôdnej reakcie umožňujúcich priamu determináciu mezotrofného radu geobiocénov (pH_{H_2O} 4,9-6,0, sensu Kukla, 2003) sa pohybujú aj hodnoty aktívnej reakcie hlbšie položených B horizontov. Vzrast hodnôt aktívnej reakcie na ploche Poruba 1 až k dolnej hranici rozpätia determinujúceho prítomnosť heminitrofilného medziradu geobiocénov (pH_{H_2O} 6,0-7,2, sensu Kukla, 1993), považujeme len za dočasný. Vyvolaný bol zrýchlenou mineralizáciou povrchového humusu, ako reakcie na väčší prísun svetla a tepla do riedkeho, na rúbanisku vysadeného porastu buka. Na druhej strane relatívne nízke pH hodnoty – blízke hornej hranici rozpätia rovnovážnych hodnôt aktívnej reakcie determinujúceho prítomnosť hemioligotrofného medziradu geobiocénov, ktoré boli zistené v A horizonte pôdy odobratej v dospievajúcej bukovej kmeňovine, zrejme súvisia s vyššou produkciou odumretých organických látok a so spomalením dekompozičných procesov.

Tab. 1 Zrnitostné zloženie pôd

Plocha	Pôda		Vrstva		Fracie jemnozeme [mm]						Pôdny druh		
					íl		prach		piesok		Novák (1952)	textúrny diagram (Kolektív, 2000)	
					fyzi k.		hrubý	spolu	jemn ý	hrub ý			spolu
					<0,002	<0,01	0,01-0,05	0,002-0,05	0,05-0,1	0,1-2			0,05-2
subtyp	variet a	horizont	[cm]	[hmot. % sušiny]									
Poruba 1	nasýtená	Aoq	0-5	13,55	52,13	36,52	75,10	0,05	11,29	11,34	ílovito-hlinitý		
		Bv ₁	10-20	16,02	50,62	36,04	70,64	2,20	11,12	13,32			
		Bv ₁ +Bv ₂	20-30	17,63	50,69	36,61	69,67	2,12	10,56	12,68			
Poruba 2	kambizem modálna	kyslá	Aoq	0-5	10,35	39,33	43,71	72,69	4,94	12,01	16,95	hlinitý	
			Bv ₁	10-20	15,45	47,33	36,20	68,08	1,18	15,27	16,45	ílovito-hlinitý	
			Bv ₁ +Bv ₂	20-30	19,00	52,59	31,25	64,84	1,23	14,86	16,09		
Poruba 3	kambizem modálna	kyslá	Aoq	0-5	9,46	32,50	38,60	61,64	4,72	24,13	28,85	prachovito-hlinitý	
			Bv ₁	10-20	13,65	37,50	38,67	62,52	2,26	21,53	23,79		
				20-30	14,06	37,77	35,71	59,42	2,56	23,92	26,48		
Štagiar	kambizem modálna	kyslá	Aoq	0-5	11,52	42,88	40,23	71,59	0,04	16,85	16,89	hlinitý	
			Bv ₁ +Bv ₂	10-20	14,54	44,88	36,20	66,54	3,74	15,09	18,83		
			Bv ₂	20-30	15,01	43,05	38,96	67,00	5,04	12,88	17,92		

Tab. 2 Ekologické vlastnosti pôd

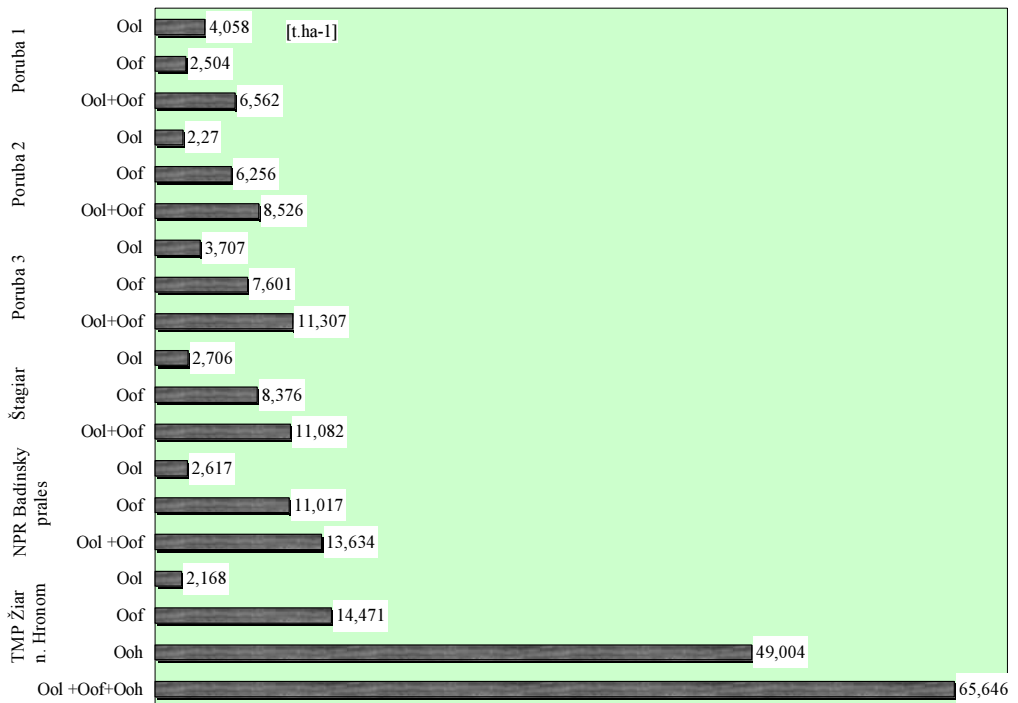
Plocha	Porast	Vek [r.]	Pôda		Vrstva		Sušina	Hygr. voda	Cox	Humus	Reakcia	
			subtyp	variet a	horizont	[cm]	[% nav.]	[% sušiny]			pH _{H₂O}	pH _{KCl}
Poruba 1	bukový nárast	5-10	kambizem modálna	nasýtená	Aoq	0-5	95,35	6,65	4,98	8,59	5,99	4,77
					Bv ₁	10-20	96,02	5,69	2,86	4,93	5,29	3,99
					Bv ₁ +Bv ₂	20-30	96,06	5,64	2,73	4,70	5,42	4,10
Poruba 2	buková húština	15-20			Aoq	0-5	94,47	7,91	5,90	10,18	5,49	4,52
					Bv ₁	10-20	95,00	7,14	2,90	5,01	4,94	4,14
					Bv ₁ +Bv ₂	20-30	95,26	6,81	2,56	4,42	5,31	4,06
Poruba 3	buková žrd'ovina	20-40			Aoq	0-5	94,98	7,19	4,95	8,53	5,31	4,21
					Bv ₁	10-20	95,26	6,82	1,16	2,00	5,34	4,05
						20-30	95,07	7,10	1,79	3,08	5,43	4,12
Štagiar	buková kmeňovina	60-80	Aoq	0-5	94,58	7,77	4,44	7,66	4,95	3,87		
			Bv ₁ +Bv ₂	10-20	94,96	7,23	1,96	3,38	5,03	3,84		
			Bv ₂	20-30	95,00	7,14	1,61	2,78	5,15	3,87		

Hodnoty suchej hmotnosti povrchového humusu zistené vo vybraných bukových geobiocenózach sú zachytené na obr. 1. Pre zaujímavosť uvádzame aj hodnoty zistené v NPR Badínsky prales (vek bukového porastu cca 200 rokov, kambizem modálna nasýtená, skupina lesných typov *Fagetum pauper superiora*, lesný typ 4302) a na TVP Žiar nad Hronom, kde buková geobiocenóza v dôsledku dlhodobého pôsobenia imisií kyslého typu nadobudla hemioligotrofný charakter (vek bukového porastu 90 rokov, kambizem podzolová pseudoglejová, zamokrený edaficko-trofický rad geobiocénov v oblasti 3. lvs, fytocenóza nudálneho charakteru s účasťou druhov *Athyrium filix-femina* a *Dryopteris dilatata* indikujúcich v oblasti 3. lvs zamokrenie pôdy, v zmysle Hančinského, 1972 a Zlatníka, 1976b nezaraditeľná).

Najmenšie celkové množstvo odumretých látok sa v súlade s očakávaním zistilo na ploche Poruba 1, kde sa nachádza 5-10 ročný, prevažne umelo vysadený porast buka. Na tejto ploche sa v dôsledku výrazne vyvinutej bylinnej vrstvy, najmä tráv, najväčšie množstvo organickej hmoty akumulovalo v subhorizonte Ool, zatiaľ čo na ostatných plochách v nižšie ležiacich subhorizontoch Oof, resp. Ooh (obr. 1) so vzrastajúcim vekom bukových porastov sa množstvo organických látok akumulovaných na pôdnom povrchu mezotrofných bukových geobiocenóz zvyšovalo až po rastovú fázu žrdoviny (na lokalite Poruba 3). V tejto rastovej fáze dosiahla suchá hmotnosť povrchového humusu viac-menej rovnakú hodnotu, ako v rastovej fáze kmeňoviny (na ploche Štagiar). Výrazne vyššie množstvo povrchového humusu sa nezistilo ani v Badínskom pralese, kde sa vek porastu odhaduje na cca 200 rokov (len asi o 22 %).

Výrazne odlišné ekologické podmienky sa nachádzajú v hemioligotrofných bukových geobiocenózach, v pôdach ktorých je v dôsledku nižšej mikrobiálnej aktivity spomalená dekompozícia odumretých organických látok. Tak je tomu aj v prípade TMP Žiar nad Hronom, kde sa pri hodnotách aktuálnej reakcie pôdy 4,6-4,7 tvorí mullový moder s približne 1 cm hrubým subhorizontom Ooh povrchového humusu. Suchá hmotnosť tohto subhorizontu činí viac ako $49 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ a veľmi vysoká, v porovnaní s mezotrofnými bukovými geobiocenózami, je aj suchá hmotnosť vyššie ležiaceho Oof dosahujúca viac ako 14 t. Na druhej strane množstvo organickej hmoty akumulovanej v subhorizontoch Ool (opadu) povrchového humusu hemioligotrofnej a mezotrofných bukových geobiocenóz sa takmer vôbec neodlišuje.

Obr. 1 Hmotnosť povrchového humusu vo vybraných bukových geobiocenózach



Suchá hmotnosť povrchového humusu je uvedená v tabuľke 3. Nižšiu variabilitu hmotnosti mali horizonty opadu, vyššiu vykazovali ťažšie fermentačné horizonty. Najnižšia variabilita hmotnosti povrchového humusu sa zistila na ploche Poruba 3 (buková žrdovina), najväčšia bola na ploche Poruba 1 (5-10 ročný nárast buka).

Tab. 3 Variabilita hmotnosti povrchového humusu.

Plocha		Edaficko- trofický rad/medzirad	Pôda		Subhorizont	Suchá hmotnosť
			subtyp	varieta		[g.m ⁻²]
Poruba	1	mezotrofný	kambizem modálna	nasý- tená	Ool	405,830 ± 205,03
					Oof	250,435 ± 119,99
					Ool+Oof	656,266 ± 321,25
	2			kyslá	Ool	227,004 ± 58,70
					Oof	625,571 ± 124,85
					Ool+Oof	852,576 ± 163,86
	3			Ool	370,672 ± 112,35	
				Oof	760,102 ± 147,40	
				Ool+Oof	1 130,774 ± 83,64	
Štagiar	4	Ool	270,613 ± 52,39			
		Oof	837,594 ± 159,01			
		Ool+Oof	1 108,207 ± 151,60			
NPR Badínsky prales	5	nasý- tená	Ool	261,697 ± 79,92		
			Oof	1 101,748 ± 209,33		
			Ool + Oof	1 363,445 ± 260,32		
TMP Žiar nad Hronom	6	hemioligotrofný	kambizem podzolová pseudoglejová	-	Ool	216,849 ± 24,34
					Oof	1 447,142 ± 225,82
					Ooh	4 900,428 ± 1212,59
					Ool + Oof + Ooh	6 564,553 ± 1 010,31

Rozdiely v množstvách akumulovanej organickej hmoty sú zrejme z údajov uvedených v tabuľke 4. Významne sa odlišovali najmä Oof subhorizonty povrchového humusu.

Tab. 4 Rozdiely v akumulácii povrchového humusu (ANOVA, LSD test)

Subhorizont	Porovnávané dvojice plôch														
	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	2-3	2-4	2-5	2-6	3-4	3-5	3-6	4-5	4-6	5-6
Ool	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	F hodnota 1,613					P = 0,2302					d.f. = 5; 12				
Oof	n.s.	*	*	*	*	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	n.s.
	F hodnota 17,539					P = 0,0000					d.f. = 5; 12				
Oo spolu	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	*	*
	F hodnota 74,668					P = 0,0000					d.f. = 5; 12				

Poznámka: $P < 0,01$; n.s. – nevýznamný rozdiel; d.f. – počet stupňov voľnosti

Záver

K najmenej výrazným zmenám abiotickej zložky segmentov prírodných geobiocenóz dochádza vtedy, keď obhospodarovanie lesných porastov nevedie k zmene ich drevinového zloženia. Tak je tomu aj v prípade štyroch bukových geobiocenologických výskumných plôch vybratých v J časti Kremnických vrchov, obhospodarovanie ktorých viedlo len k zmene štruktúry porastov.

Buk ako značný tieň vytvárajúca, ale i znášajúca drevena je edifikátorom, ktorý výrazne obmedzuje šírenie sa druhov náročnejších na svetlo, a tiež menších rastlinných druhov neschopných preniknúť koreňmi cez pomerne kompaktnú a relatívne suchú vrstvu povrchového humusu k organominerálnej pôde. V dôsledku toho sú si bukom budované typy prírodných fytoocenóz dlhodobo schopné udržať pôvodný charakter, bez ohľadu na vek porastov.

K významnému narušeniu druhového zloženia pôvodných alebo prírode blízkych bukových fytoocenóz dochádza až po úplnom odstránení ich drevinovej zložky. Tak tomu bolo aj na ploche Poruba 1, kde po odstránení bukového porastu došlo k masovému šíreniu sa svetlomilných rúbaniskových druhov. Celkovo sme na tejto ploche zistili 10 druhov drevín (z toho dvoch krov) a 46 bylinných druhov (z toho 5 tráv a 1 trávam podobný druh), zatiaľ čo na ostatných plochách sa počet bylín pohyboval od 7 do 13. Najmenší počet bylinných druhov sa zistil vo vývojovom štádiu žrd'oviny.

Vývojové štádiá bukových geobiocenóz sa líšia tak vekom a charakterom bylinnej zložky, ako aj vlastnosťami pôdneho prostredia. V priaznivých svetelných a tepelných podmienkach rúbaniska môže reakcia humusových horizontov v dôsledku akcelerovanej mineralizácie povrchového humusu prechodne vzrásť až do rozpätia limitných hodnôt heminitrofilného medziradu geobiocenov. Na druhej strane hodnoty aktuálnej reakcie pôd dospelých bukových porastov sú v dôsledku produkcie veľkého množstva odumretých organických látok a klesjúcej intenzity dekompozičných procesov mierne znížené. K podstatnému zakysleniu pôdneho prostredia dochádza najmä v oblastiach dlhodobo ovplyvňovaných imisiami kyslého typu. V porovnaní s mezotrofnými bukovými geobiocenózami môže byť množstvo organických látok akumulovaných v týchto oblastiach na povrchu pôdy až 6 násobne vyššie.

Pod'akovanie

Autori príspevku ďakujú Grantovým agentúram VEGA a APVV za čiastočnú finančnú podporu tejto práce (GP 2/7161/27, GP 2/7162/7 a APVV-0102-06).

Literatúra

- DOSTÁL, J. 1989: Nová květena ČSSR. Díl 1, 2, Academia, Praha, 1548 s.
- HANČINSKÝ, L. 1972: Lesné typy Slovenska. Príroda, Bratislava, 307 s.
- KOLEKTÍV, 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. ES VÚPOP Bratislava, 76 s. ZLATNÍK, A., 1976a: Lesnická fytocenologie. SZN Praha, 495 s.
- KUKLA, J. 1993: The direct determination of the geobiocen edaphic-trophic orders and interorders. Bratislava, *Ekológia* 12 (4): 373–385.
- ŠÁLY, R., CIESARIK, M. 1991: Pedológia. *Návody na cvičenia*. TU Zvolen, 123 s.
- ŠÁLY, R. 1998: Pedológia. Učebné texty. TU Zvolen, 177 s.
- ZLATNÍK, A. 1976A: Lesnická fytocenologie. SZN Praha, 495 s.
- ZLATNÍK, A. 1976B: Přehled skupin typů geobiocénů původně lesních a křovinných v ČSSR. *Zprávy geografického ústavu CSAV* 13 (3-4): 55–64.

VÝRAZNÝ ANTROPICKÝ VLIV NA ZAMOKŘENÍ PŮD V PODDOLOVANÉM ÚZEMÍ PLZEŇSKÉ PÁNVE

SIGNIFICANT ANTHROPIC INFLUENCE TO SOIL WATERLOGGING AT UNDERMINED AREA OF PILSNER BASIN

Alois Prax, Vítězslav Hybler

MZLU Brno, Zemědělská 1, 61300 Brno, ČR

Abstrakt

Přibližně 3500 hektarů zemědělské a lesní půdy byly v oblasti plzeňské pánve po ukončení těžby uhlí zamokřeny vystoupivší podzemní vodou. Po povodních v roce 2002 nastalo téměř trvalé zamokření a i po úpravách místních toků zůstalo asi 60 hektarů trvale zamokřených jako důležitý krajinný prvek.

Klíčová slova: těžba uhlí, podzemní voda, zamokření, poddolovaná oblast

Abstract

About 3500 ha of agricultural and forest land were observed. After the cessation of coal mining, the underground water rose up to the surface. After floods in 2002, almost permanent waterlogging occurred. Even after the reclamation purging a local effluent stream it was necessary to leave 60 ha as a permanently waterlogged “important landscape element”.

Keywords: coal mining, underground water, waterlogging, undermined region

Úvod

Je nesporné, že půdoznalství jako jeden z oborů přírodních věd musí řešit mimo jiné také úkoly vyvolané společenskou objednávkou. V roce 2005 byla tedy zpracována studie příčin zamokření zemědělských a lesních pozemků v oblasti Nýřan a okolí o celkové výměře 3500 ha. Velké meliorace u nás skončil na počátku devadesátých let minulého století. Nyní se problematika zamokření pozemků objevuje jen sporadicky. Po průzkumu terénu bylo zřejmé, že příčiny zamokření jsou o dost složitější, než bychom čekali. Zájmové území je dotčeno intenzivní antropickou činností na povrchu i v podloží - těžbou černého uhlí. Bylo nutné rozebrat situaci hlouběji také proto, že se jedná o území srážkově spíše deficitní.

Materiál a metody

Zájmová plocha je rozložena na katastrálním území 4 obcí (Nýřany, Úherce, Přehýšov a Tlučná). Jedná se v centrální části o plochou sníženinu v povodí Vejprnického a Lučního potoka. Hydrologickou zvláštností je historický objekt bifurkace, kterým bylo možno v případě potřeby dotovat vodou Luční potok z vodnatějšího Vejprnického potoka. Pro objasnění příčin zamokření bylo nutno kromě znalosti půdních a klimatických poměrů prostudovat i historické prameny o vývoji území (mapy,

kroniky), poměry geologické, hydrogeologické a hydrologické, doklady o těžební činnosti a podmínkách její likvidace a také dopravní infrastrukturu (silnice, železnice). V souhře specifických přírodních podmínek a intenzitě antropických aktivit tedy vidíme příčiny a důsledky zamokření zdejších

půd. Prameny dokládají, že ve zdejší rovinaté oblasti byly v historických dobách mezi obcemi Úherce a Zbůch rozsáhlé rybníky (Janov a Chobot), které byly vypuštěny a plochy převedeny na zemědělskou půdu. Z celé soustavy zůstal malý rybníček uprostřed rozsáhlejšího mokřadu jižně od obce Úherce. Koncentraci vod v této lokalitě umožňují geomorfologické a geologické poměry. Oblast Nýřanská se nachází z geologického hlediska v jižní části Plzeňské pánve, jde o tektonicky predisponovanou geologickou a hydrogeologickou strukturu s limnickou, výrazně cyklickou výplní, která je porušena zlomovými systémy různých směrů. Mocnost výplně dosahuje v nejhlubších místech až 800 m. Pánev je po obvodě dokonale uzavřena vyzdviženými algonkickými břidlicemi. Samotná lokalita se nachází uprostřed oblasti, kde bylo v minulosti těženo uhlí, nejvíce na přelomu devatenáctého a dvacátého století. Posuzované území leží uvnitř bývalého dobývacího prostoru Tlučná. Nejstarší je kladenské souvrství a dělí se na radnické vrstvy a nýřanské vrstvy. Na xylitické horniny proterozoika nasedá karbon bazální brekcii a výše v profilu následují střídající se jílovce, prachovce a pískovce s uhelnými slojemi.

Od nejstarších k nejmladším se jedná o plzeňské sloje, radnické, bubenské souslojí, touškovské slojky, nýřanskou sloj, chotíkovské sloje a nevřenské souslojí. Mocnost kvarterního pokryvu je proměnlivá a je závislá na genezi sedimentu. Převažují zde písčité a písčitojílovité produkty zvětrávání karbonských hornin. Tato uzavřená pánev je jednou z příčin zamokření, kdy i relativně nízké atmosférické srážky díky nepříznivým odtokovým poměrům přetrvávají delší dobu na tomto území. Ke zhoršení odtokových poměrů dochází také vlivem kolmo na směr toků vybudovanému železničnímu náspu a v poslední době

vlivem vybudování mohutného dálničního tělesa. Dálnice je situována ve směru V – Z a protíná Vejprnický potok. V nejnižším bodě v místě propustku pod silničním náspem stojí celoročně v příkopu voda. Specifikou oblasti je těžební činnost. Vlivy na povrch se projeví převážně na územích zemědělského a lesního půdního fondu. Vydobytím uhelných slojí dochází k postupnému zavalování nadloží do vyrubaných prostor, což se na povrchu ve většině případů projevuje jako poklesová kotlina, která se šíří formou poklesové vlny z centrální části na všechny strany. Důsledky poklesu se projevují zpravidla nejdříve v těsné blízkosti vodotečí, kdy ztrátou spádu dochází k rozlévání vod a následnému

zamokření terénu. Poklesem zpravidla dochází k degradaci až devastaci půdního fondu, která se v zemědělství projevuje mizením kulturních rostlin a nástupem mokřadní a bahenní vegetace, u lesů dochází k postupnému prosychání porostů vlivem stoupající hladiny podzemní vody.

Výsledky a diskuse

Lze konstatovat, že rozhodujícími činiteli, kteří ovlivňují devastaci půdního fondu, jsou intenzita poklesu terénu a výška hladiny podzemní vody. Po ukončení těžby v roce 1995 byla nějaký čas čerpána důlní voda. Po ukončení nastal prudký vzestup hladin podzemních vod, což bylo patrné v pozorovací studni „Ziegler“, kde došlo k vzestupu HPV od roku 1995 do roku 2002 zhruba o 45 m. Ze studny je přítom stále

odčerpáváno cca $100 \text{ m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ vody pro provoz zdejšího podniku. Podstatný vzestup podzemních vod pocítili v místních studních a sklepech také obyvatelé Nýřan a Tlučné zvláště po přívalových srážkách v srpnu 2002 a lednu 2003. Těžební činnost, která v minulosti působila odvodňovacím efektem, se nyní projevuje opačně s tím, že po ukončení těžby je nutno stále počítat s dynamikou podzemních vod i s místními pohyby půdy nad poddolovaným územím. V historii zamokření lesních porostů - jde o období nepříliš dávno - stupňující se intenzita zamokření souvisí časově s ukončením čerpání vody z dolů. Na intenzitu zamokření lesní půdy měly vliv také bohaté dešťové srážky a povodně v srpnu 2002 a lednu 2003. Došlo k rozsáhlým polomům a vývrátům lesních porostů na podmáčených půdách a následně k postupnému usýchání skupin stromů na některých lokalitách. V oddělení 705 H5 nedaleko „Větrné jámy“ vzniklo jezírko se stojícími suchými stromy v levobřežní nivě Lučního potoka. Ojedinelé drobné podmáčené lokality se stagnující vodou a suchými jedinci dřevin vznikly také ve vyšších polohách lesního komplexu mimo území nivy Lučního potoka. Po provedeném hydrodologickém průzkumu převážně kopanými půdními sondami do hloubky minimálně 100 cm je možné konstatovat, že jednou z příčin současného neutěšeného stavu lesních porostů jsou také specifické půdní podmínky. Zde je nutné rozlišit nivní polohy v okolí Vejprnického a Lučního potoka s oglejenými či glejovými fuvizeměmi, případně modálními gleji s vysoko položenou hladinou podzemní vody. Na výše (mimo nivu) ležících polohách převládají modální pseudogleje s výrazným povrchovým zamokřením půd. Zamokření je způsobeno převážně srážkovou vodou, kterou drží v povrchových vrstvách málo propustné jílovité, případně silně zajižené podložní písky. Zhutnělé jílovité podloží brání také kořenovému systému stromů v pronikání do hloubky, což je dobře patrné na částečně deformovaném typu kořenového systému u vývrátů. Porušení přirozeného koloběhu vody po náhlém odstranění lesních porostů na nových pasekách znamená také vyšší intenzitu zamokření daných lokalit. Je tedy zřejmé, že zamokření lesních půd je v tomto lesním komplexu novým vážným fenoménem, se kterým musí lesní hospodář počítat. Paseky po vývratech stromů a stále se rozšiřující usýchání dalších částí porostů jsou důsledkem této nové situace.

Závěr

Je nutné rozlišovat zamokření způsobené stagnující, případně jen malou dynamikou se vyznačující HPV v údolní poloze podél Lučního, případně Vejprnického potoka. Větší část těchto poloh se nepodařilo odvodnit ani po pročištění Lučního potoka. Toto území bude nutné vyčlenit z řádného obhospodařování. Přestože jde o region klimaticky suchý a teplý, bylo nutné v důsledku specifických půdních podmínek v některých částech území na zemědělských půdách provádět v minulosti úpravu vlhkostního režimu půd melioračními opatřeními. Při terénním průzkumu v jarním období roku 2005 se ukázala řada zamokřených míst převážně v drobných plochých depresních polohách, které musely být dosévány později, případně zůstala ležet ladem. Jde o kombinaci zamokření srážkovou vodou většinou na rovinatých či mírně svažitéch polohách v souvislosti s relativně nepříznivými půdními poměry, které jsou typické pro půdy na permokarbonských sedimentech. Jedná se o oglejené kambizemě nebo půdy vyznačující se silnějšími procesy illimerizace. Většina těchto půd byla odvodněna systematickou drenáží. Ojedinelé projevy současného místního převlhčení na polích mohou být zapříčiněny také místy porušenou drenáží či nedostatečně podchycenými pramennými vývěry. Nepříznivě na polích působí špatně volená agrotechnika a

pojezdy těžkou mechanizací za vlhkostně nevhodných podmínek. Dochází pak ke ztuhnutí půd, snížení půdní pórovitosti, zvýšení objemové hmotnosti a při degradaci půdní struktury dochází ke zhoršení infiltrace vody. Půdy v širokých údolních nivách jsou zamokřeny vysoko položenou a málo kolísající HPV. Probíhá tak glejový proces s převahou redukčních, pro kořeny rostlin značně nepříznivých pochodů. Jedná se zde většinou o luční porosty s přechodem k mokřadním rostlinným společenstvům. Příčiny narůstání tohoto procesu je nutno hledat ve špatných odtokových poměrech způsobených zřejmě terénními poklesy v souvislosti s poddolováním území. Druhým faktorem je dokladovaný nástup hladiny podzemní vody k povrchu a prakticky celoroční nasycení půdních pórů vodou. V tomto případě každý další přísun srážek tento proces zamokření zesiluje. Intenzivně zamokřené polohy luk v levobřežní nivě Lučního potoka a v oblasti u závodu DIOSS také mezi potoky Lučním a Vejprnickým je nutné navrhnout spolu s přilehlými lesními pozemky jako tzv. „Významný krajinný prvek“, který je nutno vyčlenit z běžného obhospodařování. Jde o výjimečnou lokalitu, kterou vzhledem ke specifické podmínce nelze řešit běžnými postupy meliorační praxe. Toto území zapadá do rámce realizovaného územního systému ekologické stability (ÚSES). Nárůst výskytu a ploch mokřadů v lokalitách poddolovaných území podpoří požadovanou diverzitu přírodního prostředí.

Autoři děkují za podporu projektu MSM6215648905.

Literatura

- DYK V. A MILICKÝ M. 2000: Vliv ukončení těžby a zatopení dolu Krimich II na oběh podzemní vody v jižní části Plzeňské pánve. Sborník hydrogeologické konference. Stráž pod Ralskem.
- HRAŠKO J., BEDRNA Z. 1988: Aplikované pôdoznalectvo. Příroda, Bratislava, 473 s.
- KUTÍLEK M. 1978: Vodohospodářská pedologie. SNTL – Alfa, Praha – Bratislava, 296 s.
- NĚMEČEK J., MAŠÁT K., KALENDA M., KRÁLOVÁ H., PILÍK J. 1965: Komplexní průzkum půd ČSSR – Průvodní zpráva okresu Plzeň – sever.
- NĚMEČEK J., SMOLÍKOVÁ L., KUTÍLEK M. 1990: Pedologie a paleopedologie. Academia Praha. 546 s.
- PEŠEK J. A KOL. 2001: Geologie a ložiska svrchnopaleozoických limnických pánví České republiky. ČGÚ, Praha, 243 s.
- Ekologická újma vzniklá výstavbou dálnice D 5, stavba 0511 na území okresu Plzeň – sever. Urbiprojekt Plzeň. Březen 1993, 43 s.
- Komplexní řešení území dotčeného hornickou činností v k. ú. Úherce u Nýřan. GSP, s.r.o., Ostrava. Arch. čís. 60950320. Prosinec 1995, 20 s.
- Studie protipovodňové ochrany – Území podél Vejprnického a Lučního potoka. Vodní díla TBD, a.s., Praha. Arch. čís. VD/50-28-03. Květen 2003, 82 s.
- Textová část LHP. LHC Obecní lesy Úherce. Plzeňský lesprojekt, a.s., Plzeň, 2005, 63 s.
- Závěrečná zpráva hydrogeologického průzkumu Nýřansko-Vejprnicko II, č. 00443. Gekon, s.r.o., Plzeň, září 2001.

IDENTIFIKÁCIA SENZITÍVNYCH OBLASTÍ NA ZÁKLADE MONITOROVANIA ZMIEN PÔDNEJ REAKCIE, OBSAHU ORGANICKEJ HMOTY A KOMPAKCIE

IDENTIFICATION OF VULNERABILITY AREAS ON THE BASIS OF SOIL REACTION, SOIL ORGANIC MATTER AND SOIL COMPACTION CHANGES

Gabriela Barančíková¹, Jarmila Makovníková², Miloš Širáň²

¹Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Raymannova 1, 08001 Prešov

²Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Mládežnícka 36, 974 05 Banská Bystrica

Abstrakt

Na posúdenie zraniteľnosti poľnohospodárskych pôd boli vybrané tri dôležité degradačné procesy: strata organickej hmoty, acidifikácia pôd a kompakcia. Prekrytím digitálnych vrstiev všetkých troch indikátorov, ktoré indikujú jednotlivé degradačné procesy: strata Cox, acidifikácia a kompakcia, boli vymedzené senzitívne oblasti na orných pôdach. Senzitívne oblasti na trvalých trávnych porastoch boli vymedzené prekrytím digitálnych vrstiev acidifikácie a straty organickej hmoty. Do kategórie B, ktorá vymedzuje nižšiu úroveň sensitivity, sa dostali predovšetkým orné pôdy na fluvizemiach a černozemiach Západného Slovenska, časť hnedozemí Banskobystrického kraja a rendziny. Do kategórie C, ktorá vymedzuje mimoriadne senzitívne oblasti (prekrytie digitálnych vrstiev degradačných procesov všetkých troch sledovaných parametrov) a indikuje pomerne vysokú zraniteľnosť pôd na daných územiach sa dostala orná pôda na časti fluvizemí Bratislavského a Trnavského kraja, pomerne malej ploche rendzín Banskobystrického kraja a typických čierníc Prešovského kraja. Zo získaných výsledkov tiež vyplynula vyššia náchylnosť orných pôd k degradačným procesom oproti trvalým trávnyim porastom.

Kľúčové slová: pôdna reakcia, acidifikácia, strata organickej hmoty, kompakcia pôd, senzitívne oblasti

Abstract

To judge vulnerability of agriculture soils three important degradation parameters: loss of organic mater, acidification and compaction were selected. Overlap of digital layers of all three indicators, which indicate separate degradation processes: loss of organic mater, acidification and compaction vulnerability area of arable land was allocated. Vulnerability area on pasture was allocated overlapping of acidification and loss of organic mater digital layers. In B category which indicate lover level of sensitivity there is arable land on Fluvisols, and Chernozem on Western part of Slovakia, part of Luvisols of Banska Bystrica region and Rendzinas. In category C, which allocated emergency sensitive area and indicated quite high vulnerability of arable land there are part of Fluvisols of Bratislava and Trnava regions, quite small area of Rendzinas of

Banska Bystrica region and typical Endofluvic Chernozem of Presov region. On the basis obtaining results it can be seen higher predisposition of arable land to degradation processes in comparison to pasture.

Key words: pH value, acidification, loss of organic matter, soil compaction, vulnerability areas of soil degradation

Úvod

Zraniteľnosť pôdy vyjadruje schopnosť pôdy vyrovnáť sa so zaťažením. Je výsledkom fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy, miery zaťaženia a predstavuje komplexnú informáciu pre modelovanie potenciálneho nebezpečenstva degradácie pre agroekosystém. Strata organickej hmoty, acidifikácia pôd ako aj kompakcia patria podľa zákona č. 220/2004 Z.z. k degradačným procesom.

Pôdna organická hmota (POH) priamo ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti pôdy a tým nepriamo ovplyvňujú pôdnu úrodnosť ako aj viaceré mimoprodukčné vlastnosti pôdy. POH plní dôležitú úlohu v pôdnej štruktúre, má veľký vplyv na penetráciu vody v pôde, je zásobárňou živín v pôde, výrazne ovplyvňuje kationovú sorpčnú kapacitu a ďalšie pôdne charakteristiky. Môžeme teda povedať, že POH je základným faktorom ovplyvňujúcim kvalitu pôdy (Brejda a kol., 2000). Rezervoár pôdneho uhlíka patrí medzi prioritné funkcie pôdy, ktoré definuje rámcová smernica EÚ na ochranu pôdy (Commission of the European Communities, 2006).

Acidifikácia je vratným procesom, dôsledky acidifikácie v agroekosystéme sú však nevratné. Pôdna acidita ovplyvňuje rast a činnosť koreňového systému rastlín, ovplyvňuje skladbu druhového zloženia v ekosystéme a podmieňuje úrody rastlín determináciou prijateľnosti živín rastlinami (Leonardi, 1991), zvyšuje prístupnosť Al, Mn a ťažkých kovov (Makovníková, 2002, Makovníková, 2005). Vývoj degradačného procesu acidifikácie v negatívnom zmysle ovplyvňujú emisie oxidov dusíka, emisie oxidu siričitého, aplikácia priemyselných, fyziologicky kyslých hnojív ako aj priemyselné a komunálne odpady s kyslým účinkom a spôsob obhospodarovania pôdy. Pozitívne pôsobí aplikácia vápenatých hmôt do pôdy s tým súviciaci rastúci počet podporovaných a schválených projektov vápnenia.

Kompakcia pôdy je významný proces degradácie pôdy ovplyvňujúci nielen produkčnú funkciu pôdy, ale aj iné degradačné procesy pôdy a krajiny (erózia pôdy a krajiny – Kobza a kol., 2005) a je v princípe výsledkom pôsobenia dvoch javov, miery odolnosti pôdy voči kompakcii závislej od stavu jednotlivých pôdnych vlastností a miery záťaže na pôdu prostredníctvom mechanizačných a dopravných prostriedkov. Teda v boji voči kompakcii sa nedá zaoberať ani bez zvyšovania odolnosti pôd na čo možno najvyššiu mieru, príp. jej udržiavanie. Táto je, čo sa týka pôdnych vlastností, závislá predovšetkým od pôdnej vlhkosti, najmä v čase záťaže obrábacími mechanizmami, no tiež od zrnitosti, obsahu POH, obsahu Ca, príp. pH (Lhotský, 2000, Heuscher a kol., 2005, Širáň, 2008 in press).

Materiál a metódy

Monitorovanie prezentovaných indikátorov pôdnej kvality je realizované v 5-ročných cykloch na poľnohospodárskych lokalitách orných pôdach (OP) a trvalých trávnych porastoch (TTP) ako aj na lokalitách nad hornou hranicou lesa. Monitorovacie lokality sú rozdelené na základe pôdneho typu, subtypu, materskej horniny a kultúry využívania (OP,TTP) do 24 pôdných skupín. Celkový počet monitorovacích lokalít základnej siete poľnohospodársky využívaných pôd je 318.

Pôdny organický uhlík (Cox) sa stanovuje podľa Ľurina v modifikácii Nikitina, pôdna reakcia (výmenná, roztokom neutrálnej soli CaCl_2) potenciometricky, objemová hmotnosť redukovaná zväžením vysušenej (pri 105 °C do konštantnej hmotnosti) neporušenej pôdnej vzorky o objeme 100 cm³ odobratej v Kopeckého valčekoch. Podrobný postup stanovenia jednotlivých indikátorov je uvedený v Záväzných metódach rozborov pôd (Fiala a kol. 1999).

Pri tvorbe mapových výstupov sledovaných indikátorov pôdnej kvality v orničnom horizonte pre poľnohospodárske pôdy Slovenska sme vychádzali z digitálnej údajovej vrstvy orných pôd a TTP pre mapu Slovenska 1: 400 000, ktorá reprezentuje plošné zastúpenie jednotlivých pôdných asociácií (na základe pôdných typov a subtypov) v rámci SR. Aby sa zachovalo aj určité regionálne rozdelenie, hodnotili sme Cox, pH a objemovú hmotnosť jednotlivých pôdných asociácií (skupín) podľa krajov. Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi a implementáciu výslednej digitálnej údajovej vrstvy bol využitý programový balík ArcGIS®.

Podrobný popis postupu tvorby týchto mapových výstupov je uvedený v našej predchádzajúcej práci (Barančíková a kol. 2007). Senzitívne oblasti boli vymedzené prekrytím vytvorených digitálnych vrstiev, ktoré mapujú zmeny indikátorov jednotlivých degradačných procesov.

Výsledky a diskusia

Strata organickej hmoty

Kľúčovým parametrom, ktorý sa nachádza vo všetkých minimálnych súboroch indikátorov pôdnej kvality je organický uhlík. Brejda (Brejda a kol., 2000) uvádza, že hodnota Cox je jediný indikátor, ktorý poukazuje na signifikantné rozdiely vo využití pôdy v rôznych regiónoch. Pri porovnaní priemerných hodnôt Cox medzi prvým (1993) a zatiaľ posledným (2002) monitorovacím cyklom jednotlivých pôdných typov na orných pôdach bolo zistené, že k poklesu došlo iba v prípade rendzín. Na čierniciach a regozemiach neboli zistené zmeny medzi priemernými obsahmi tohto parametra v r. 1993 a 2002 a na ostatných pôdných typoch orných pôd došlo k nepatrnému zvýšeniu tohto parametra. V prípade TTP došlo medzi rokmi 1993 a 2002 k zvýšeniu Cox, avšak na žiadnom pôdnom type nebolo zvýšenie tohto parametra signifikantne významné (Barančíková, 2008 in press). Uvedené zmeny v hodnotách pôdneho organického uhlíka predstavujú zmeny v priemerných hodnotách Cox daného pôdneho typu v rámci poľnohospodárskych pôd celého Slovenska.

Acidifikácia

Zmeny pôdnej reakcie pri porovnaní priemerných hodnôt medzi prvým (1993) a zatiaľ posledným analyzovaným (2002) monitorovacím cyklom pre párované hodnoty nie sú štatisticky preukazné (Makovníková, 2008 in press). Najväčší pokles priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v sledovanom období v hĺbke 0 – 10 cm sme

zaznamenali v skupine podzoly, rankre a litozeme, v skupine fluvizemí na nekarbonátových fluvialných sedimentoch a v skupine kambizemí využívaných ako orné pôdy. Tieto výsledky upozorňujú na znepokojivý trend vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu (Makovníková, 2007). Je to predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Kyslé a slabo kyslé pôdy, ktoré sú potenciálne ohrozené acidifikáciou, tvoria 47 % z výmery poľnohospodársky využívaných pôd. Pufrujúce systémy podzolov, rankrov a litozemí, čiernic na nekarbonátových sedimentoch, fluvizemí na nekarbonátových sedimentoch, kambizemí ako aj pseudoglejov (silikáty a výmenné kationy) indikujú (Ulrich, 1991), že tieto pôdy patria k labilnejším agroekosystémom, s tendenciou k zakysleniu.

Kompakcia

Hlavným indikátorom kompaktie pôd je objemová hmotnosť pôdy (OH) (Van-Camp a kol., 2004) i napriek tomu, že podľa niektorých autorov (Wijk, Beuving, 1985) jej hodnoty neraz neindikujú presne všetky fyziologické potreby rastlín, pričom toto skreslenie odôvodňujú rozdielnym obsahom POH v pôdach. V podmienkach západného Slovenska (prevažne Nitrianskeho kraja) porovnaním priemerných hodnôt OH jednotlivých pôdnych typov medzi prvým (1993) a posledným (2002) monitorovacím cyklom bol zistený negatívny trend (t.j. nárast hodnôt OH pôd) na stredne ťažkých černozeiach, čierniciach na nekarbonátových i karbonátových sedimentoch a ťažkých fluvizemiach karbonátových, v rámci stredného Slovenska na stredne ťažkých pseudoglejoch, príp. rendzinách a ťažkých regozemiach karbonátových, kým na východe Slovenska na stredne ťažkých fluvizemiach nekarbonátových a hnedozemiach (Širáň, M. J. Makovníková, B. Pálka, 2008).

Vymedzenie potenciálne senzitívnych oblastí

Senzitívne oblasti boli vymedzené prekrytím vytvorených digitálnych vrstiev, ktoré mapujú zmeny indikátorov jednotlivých degradačných procesov.

orné pôdy

V prípade orných pôd je to strata organickej hmoty, acidifikácia pôd a kompakcia. Kategóriu A predstavujú oblasti, kde nedochádza k prieniku negatívnej zmeny jednotlivých indikátorov uvedených troch degradačných procesov (žiadna zmena jednotlivých indikátorov alebo zmena najviac jedného indikátora), kategória B je výsledkom prieniku negatívnych zmien dvoch z hodnotených degradačných procesov a kategória C vymedzuje mimoriadne senzitívne oblasti vymedzené prienikom všetkých troch indikátorov (obr. 1, tab. 1).

kategória A = (žiadna zmena alebo zmena najviac jedného z parametrov Cox, pH, OH)

kategória B = (zmeny Cox \cap zmeny pH) \cup (zmeny Cox \cap zmeny OH) \cup (zmeny pH \cap zmeny OH)

kategória C = (zmeny Cox \cap zmeny pH \cap zmeny OH)

Tab. 1 Identifikácia senzitívnych oblastí (v % z výmery) na orných pôdach

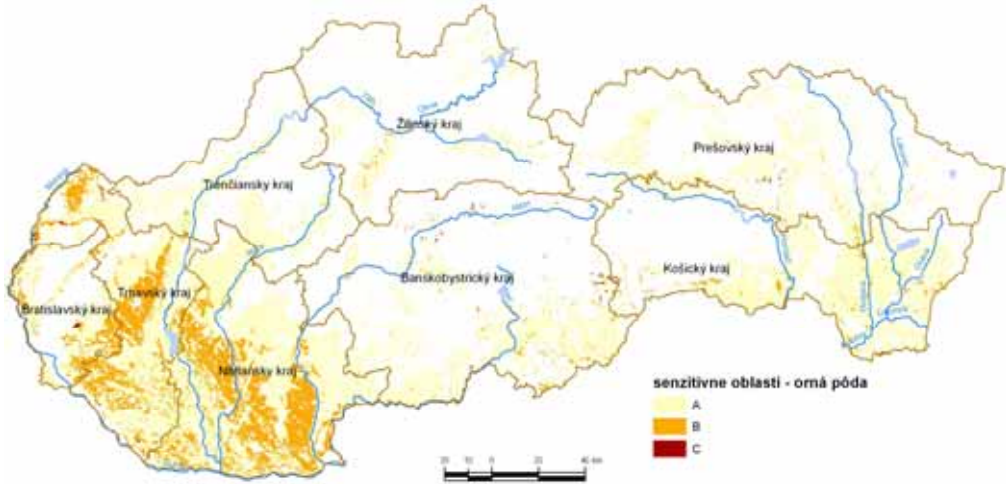
kategória	kraj							
	BA	TT	NR	TN	ZA	BB	KE	PO
A	67,5	65,7	63,9	98,2	94,9	93,3	95,1	97,9
B	31,7	33,9	36,1	1,8	5,1	5,6	4,9	0,9
C	0,8	0,4	-	-	-	1,1	-	1,2

Na orných pôdach, v porovnaní s TTP, je charakteristická nižšia zásoba humusu (množstvo organického uhlíka sa pohybuje v rozpätí 1 – 2 %), nakoľko pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orníčovom horizonte (Chukov, 2000), čím sa potenciálne môžu prehlbovať degradačné procesy ktoré na pôde prebiehajú. Strata organickej hmoty bola zaznamenaná predovšetkým na fluvizemiach a černozemiach Bratislavského a Trnavského kraja, hnedozemiach Banskobystrického kraja ako aj kambizemiach na flyši v Prešovskom kraji a na rendzinách v rámci celého Slovenska (kategória A). Degradačný trend vo vývoji Cox na OP môže byť spôsobený prevládáním mineralizačných procesov nad humifikačnými. Príčinou tohto trendu v prípade Bratislavského a Trnavského kraja môže byť nedostatočný prísun organickej hmoty, či už vo forme rastlinných zvyškov alebo maštalného hnoja, resp. postupné zvyšovanie teploty, ktoré je v tomto regióne pozorované v poslednom období. V prípade zníženia obsahu Cox orných pôd kyslých a pseudoglejových kambizemí Prešovského kraja a čiastočne aj Banskobystrického to môže byť na jednej strane dôsledok nevhodnej kombinácie pôdno-klimatických pomerov a na strane druhej nízkeho prísunu kvalitnej organickej hmoty predovšetkým na orných pôdach Banskobystrického kraja a kyslých kambizemiach flyšového pásma. Zvýšenie Cox na orných pôdach je viditeľné predovšetkým na regozemiach a modálnych kambizemiach Západného Slovenska a modálnych kambizemiach Košického a Prešovského kraja. Najvýraznejšie negatívne zmeny hodnôt pôdnej reakcie (zníženie hodnoty pôdnej reakcie o viac ako 0,5 jednotiek) v prípade orných pôd sme zaznamenali na čierniciach na nekarbonátových sedimentoch (vo všetkých krajoch okrem Bratislavského a Trnavského kraja) a na kambizemiach vyvinutých na flyši a kambizemiach vyvinutých na kyslých substrátoch (Prešovský kraj) (kategória A). Negatívny trend vývoja objemovej hmotnosti orných pôd v kategórii A bol zistený prevažne na stredne ťažkých hnedozemiach, hlavne Košického kraja, na stredne ťažkých fluvizemiach na nekarbonátových sedimentoch v Prešovskom a Bystrickom kraji a na stredne ťažkých pseudoglejoch Žilinského kraja.

Potenciálne senzitivne oblasti hodnotíme v dvoch úrovniach, kategória B - kombinácia dvoch degradačných procesov a kategória C - kombinácia troch degradačných procesov.

Na pomerne značných výmerách fluvizemí Západného Slovenska okrem poklesu Cox pozorujeme aj acidifikačný trend (zníženie kategórie pH) a na černozemiach zvýšenie kompaktie, čím sa relatívne veľké územie týchto orných pôd dostáva do senzitivnej kategórie B. Pokles Cox aj pH bol zaznamenaný aj na rendzinách. Do senzitivnej kategórie B sa dostala aj časť hnedozemí Banskobystrického kraja, kde okrem poklesu Cox bolo zaznamenané aj zvýšenie kompaktie. Negatívny trend všetkých troch sledovaných parametrov bol pozorovaný predovšetkým na fluvizemiach Bratislavského a Trnavského kraja, pomerne malej ploche rendzín Banskobystrického kraja a modálnych čierníc Prešovského kraja, čo je jasne viditeľné na obr. 1. Uvedené územia patria do kategórie C, ktorá vymedzuje mimoriadne senzitivne oblasti. Degradačný proces všetkých troch sledovaných parametrov indikuje pomerne vysokú zraniteľnosť pôd na daných územiach.

Obr. 1 Identifikácia senzitívnych oblastí na orných pôdach



Trvalé trávne porasty

Senzitívne oblasti boli vymedzené prekrytím vytvorených digitálnych vrstiev, ktoré mapujú zmeny indikátorov jednotlivých degradačných procesov. V prípade trvalých trávnych porastov je to acidifikácia pôd a strata organickej hmoty (obr. 2, tab. 2). Kategóriu A predstavujú oblasti, kde nedochádza k prieniku negatívnej zmeny indikátora uvedených dvoch degradačných procesov (v tejto kategórii buď nedochádza k žiadnej zmene jednotlivých indikátorov alebo dochádza k zmene najviac jedného z indikátorov), kategória B je výsledkom prieniku negatívnych zmien.

kategória A = (žiadna zmena alebo zmena najviac jedného z parametrov Cox, pH)

kategória B = (zmeny Cox \cap zmeny pH)

Obr. 2 Identifikácia senzitívnych oblastí na trvalých trávnych porastoch



Tab. 2 Identifikácia senzitívnych oblastí (v % z výmery) na trvalých trávnych porastoch

Kategória	kraj							
	BA	TT	NR	TN	ZA	BB	KE	PO
A	91,5	91,5	100	100	100	100	100	100
B	8,5	8,5	0	0	0	0	0	0

Podobne ako v prípade orných pôd aj na väčšine TTP nedošlo k preukaznej zmene (zníženiu obsahu organického uhlíka o 1 %) pri porovnaní hodnôt Cox prvého a zatiaľ posledného monitorovacieho cyklu. Zníženie tohto parametra je na niektorých lokalitách fluvizemí Bratislavského a Trnavského kraja.

Acidifikačné tendencie, v prípade trvalých trávnych porastov, sú výrazné v skupine podzolov, rankrov a litozemí, na kambizemiach vyvinutých na flyši a kambizemiach vyvinutých na kyslých substrátoch (Nitriansky kraj, Trenčiansky kraj, Banskobystrický kraj, Žilinský kraj, Košický kraj a Prešovský kraj), v Bratislavsko, Trnavskom a Banskobystrickom kraji sú výrazné acidifikačné tendencie aj na fluvizemiach na nekarbonátových substrátoch a v Trenčianskom kraji na pseudoglejoch. K prieniku sledovaných parametrov, kategória B, dochádza na niektorých lokalitách fluvizemí na nekarbonátových substrátoch Bratislavského (8,5 % z výmery TTP) a Trnavského kraja (8,5 % z výmery TTP).

Záver

Uvedená práca predstavuje prvý pokus komplexne zhodnotiť zraniteľnosť poľnohospodárskych pôd na Slovensku. Na posúdenie schopnosti pôd vyrovnat' sa so zaťažením boli vybrané tri najdôležitejšie degradačné procesy a to: strata organickej hmoty, acidifikácia pôd ako aj kompakcia.

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať väčšiu náchylnosť orných pôd k degradačným procesom oproti trvalým trávным porastom, predovšetkým na orných pôdach Západného Slovenska. Do kategórie B, ktorá vymedzuje citlivé oblasti sa dostala viac ako 1/3 orných pôd Bratislavského, Trnavského a Nitrianskeho kraja. Je to spôsobené predovšetkým intenzívnym využívaním týchto pôd, konkrétne nesprávnou aplikáciou priemyselných, fyziologicky kyslých hnojív, priemyselných a komunálnych odpadov s kyslým účinkom ako aj nedostatočným prísunom organickej hmoty, či už vo forme rastlinných zvyškov alebo maštalného hnoja.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0333-06.

Literatúra

- BARANČÍKOVÁ, G., 2008: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu. In: Kobza a kol.: Výsledky čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2002-2005.
- BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., 2008: Prístup k tvorbe mapy obsahu organického uhlíka na poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In: Pôda v modernej informačnej spoločnosti. Zborník príspevkov, Sobocká, J., Kulhavý, J. (eds.). Bratislava, str. 345-351, ISBN: 978-80-89128-44-0.
- BREJDA, J.J., MOORTMAN, T.B., KARLEN, D.L., DAO, T.H., 2000: Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. *Soil. Sci. Soc. Am.J.* 64: 2115-2124.
- Commission of the European Communities, 2006. Proposal for a Directive of the European parliament and of the council establishing a framework for the protection of soil amending Directive 2004/35/EC, Brussels, str. 30.

- FIALA, K., BARANČÍKOVÁ, G., HOUŠKOVÁ, B., CHOMANIČOVÁ, A., KOBZA J., MAKOVNÍKOVÁ J., MATUŠKOVÁ L., PECHOVÁ, B., VÁRADIOVÁ, D., 1999: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 60s. ISBN 80-85361-55-8.
- FIALA, K. a kol., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. ČMS-P. VUPOP Bratislava, 138 s.
- GUO L. B., GIFFORD R. M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis." *Global Change Biology*, 8: 345-360.
- HEUSCHER, A. S., BRANDT, C. C., JARDINE, M. P., 2005: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. *Soil Sci. Soc. of America Journal* 69, s. 51-56.
- CHUKOV, S. N.: Study by ^{13}C – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: *Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS, Toulouse, 2000*, str. 81-84.
- LEONARDI, S., 1991: Indirect effect of acid rain mediated by mineral leaching"An evaluation of potential roles of leaching from the canopy. In: Longhurst, W. S. (Ed) *Acid Deposition*, Springer - Verlag, Berlin, 123-140.
- KOBZA, J., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., STYK, J., ŠIRÁŇ, M., VOJTÁŠ, J., 2005: Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR. Bratislava: VUPOP, 2005, 24 s.
- LHOTSKÝ, J., 2000: Zhutňovanie pôd a opatrení proti nemu. In: *Rostlinná výroba*, č. 7/2000, ÚZPI Praha, 44 s.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2002: Stav a vývojové trendy aktívneho hliníka v pôdach SR. *Poľnohospodárstvo* 12, s. 619 – 624.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2007: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. VUPOP Bratislava, ISBN 978-80-89128-37-2.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2008: Monitoring acidifikácie pôd. In: Kobza a kol.: *Výsledky čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2002-2005 (3.cyklu)*.
- ŠIRÁŇ, M., 2008: Kompakcia poľnohospodárskych pôd a jej vývoj. In: Kobza a kol.: *Výsledky čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2002-2005 (3.cyklu)*.
- ŠIRÁŇ, M. J. MAKOVNÍKOVÁ, B. PÁLKA, 2008: Prístup k tvorbe mapy objemovej hmotnosti na orných pôdach Slovenska. In: *Pôda v modernej informačnej spoločnosti. Zborník príspevkov*, Sobocká, J, Kulhavý, J. (eds.). Bratislava, str. 713-716, ISBN: 978-80-89128-44-0.
- VAN-CAMP, L., BUJARRABAL, B., GENTILE, A-R., JONES, R.J.A., MONTANARELLA, L., OLAZABAL, C. and SELVARADJOU, S-K.: *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 2004, 872 pp.* Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- WIJK, A.L.M., van BEUVING, J., 1985: Relative density: a characterization of the degree of compaction of soils. *Soils a. Fertilizers*, Vol. 48, s. 10.
- ULRICH, B., 1991: An Ecosystem Approach to Soil Acidification. In: Ulrich B, Sumner ME (eds) *Soil Acidity*. Springer - Verlag, Berlin, 28-79.

INOVOVANÉ POSTUPY NA ODBER PÔDNYCH VZORIEK V NEPORUŠENOM STAVE, PRÍPRAVU PÔDNYCH VÝBRUSOV A ANALÝZU PÔDNEHO SKELETU

IMPROVED METHODS FOR UNDISTURBED SOIL SAMPLES COLLECTION, PREPARATION OF SOIL THIN SECTIONS AS WELL AS FOR ANALYSE OF SOIL SKELETON

Bebej, J.*, Janega, A.**, Pichler, V.*, Gomoryová, E.*, Gregor., J.*

* *Technická univerzita vo Zvolene, Lesnícka fakulta, KPP, T.G. Masaryka č. 24, 960 53 Zvolen*

** *Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, regionálne centrum Banská Bystrica, Kynceľovská 10, 974 01 Banská Bystrica*

Abstrakt

Príspevok sa venuje súčasnému stavu v oblasti zberu pôdnych vzoriek a ich úpravy (vrátane iných nespevnených sedimentov) s cieľom prípravy pôdnych vzoriek na mikromorfologické štúdiá. Tradičné postupy odberu pôdnych vzoriek do tzv. Kubienových plechoviek sa ukazujú byť ako nevhodné pre zber pôdnych vzoriek v neporušenom stave z pôd s vysokým obsahom pôdneho skeletu. V príspevku sa venuje pozornosť rôznym metodologickým postupom prípravy vzoriek na mikromorfologické štúdiá s dôrazom na skúsenosti a odporúčania získané v tejto oblasti autorským kolektívom.

Kľúčové slová: odber pôdnych vzoriek v neporušenom stave, impregnácia pôdnych vzoriek, mikromorfologické štúdiá pôdnych vzoriek

Abstract

The article discusses the state-of-the-art procedures in the field of soil samples collection and the preparation of soil samples and other unconsolidated sediments with the objective of accomplishing micromorphologic studies. The traditional one's Kubiena tins seems to be unsuitable for collection of undisturbed soil samples containing high soil skeleton volume and hence new method was tested. The diverse methodology of preparation of soil samples for micromorphologic studies samples is discussed and the both the experiences and the recommendation of author's collective in this field are presented.

Key words: undisturbed soil samples collection, soil samples impregnation, micromorphologic study

Úvod

Najvýznamnejšou vedeckou metódou využívanou prakticky vo všetkých vedných odvetviach prírodných vied od minulosti do súčasnosti je metóda optickej mikroskopie. Toto konštatovanie špeciálne platí pre oblasť mikromorfológie, ktorú možno definovať ako vednú disciplínu pedológie, ktorá sa zameriava na popis, interpretáciu a merania

veľkostí a vzťahov medzi pôdnymi časticami a ich okolím v pôdach na mikroskopickú úroveň. Optická mikroskopia je jednou z mála metód, ktoré umožňujú študovať pôdu a jej komponenty „in-situ“, za predpokladu, že sa podarí odobrať a spracovať pôdne vzorky pre mikroskopické štúdium v neporušenom stave. Mikromorfologickým štúdiom takto získaných pôdných vzoriek je možné získať presný 2D záznam 3D pedónu.

Metódy prípravy pôdných a geologických vzoriek na mikromorfologické štúdiá sa priebežne vyvíjajú už niečo cez 100 rokov. Zásadné zmeny v týchto postupoch však nastali až počas posledných desaťročí – v dôsledku vyvinutia nových zariadení, nástrojov a predovšetkým impregnačných médií s ultranízkou viskozitou. Vďaka týmto skutočnostiam možno v súčasnosti pripraviť veľmi kvalitné pôdne výbrusy prakticky zo všetkých pôdných typov vhodné na podrobné mikromorfologické štúdium.

Materiál a metódy

Aj keď v súčasnosti sa v oblasti pedológie stále viac a viac dáva do popredia štúdium mikromorfologických vlastností pôd pomocou nástrojov analýzy obrazu (viď napr. Mooney, Morris & Berry, 2006., Lebron, Suarez & Schaap, 2002) určených napr. na štúdium fyzikálnych vlastností pôd, hlavne pórovitosti pôd a pôdneho skeletu (napr. Dultz, 2006., Holland, White & Edis, 2007). Drees (1997) upozornil na skutočnosť, že kritické časti prípravy pôdných výbrusov pre mikromorfologické štúdiá – hlavne vzorkovanie, sušenie a impregnácia vzoriek – sú veľmi citlivé na uplatňovanie správnych laboratórnych postupov a z tohto pohľadu je potrebné upozorniť aj na zásadné zmeny týchto postupov popísaných v dnes už klasických prácach Murphy-ho (1986), či Fitzpatricka (1984).

Základnými krokmi prípravy pôdných výbrusov sú:

- Odber vzoriek
- Sušenie vzoriek
- Proces impregnácie
- Proces spracovania pôdných impregnatov na pôdne výbrusy

Odber vzoriek

Veľká časť odborníkov v oblasti pedológie využíva na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave plechovky podľa Kubienu (obr. 1), komerčne dostupnými na trhu, resp. ktoré možno vyrobiť individuálne pomocou metodických postupov dostupných na internete (napr. <http://www.afess.co.uk/kubienatins.php>). Z pohľadu korektného odberu pôdných vzoriek v neporušenom stave plechovky podľa Kubiena nie sú nevyhnutnou podmienkou na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave – zásadnou požiadavkou je len potreba zabezpečiť dokonalú manipuláciu s odobratou vzorkou pôdy v neporušenom stave. Na KPP LF Technickej univerzity vo Zvolene sa na tento účel využíva štandardná plechovka 0,5 l, ktorá drobnej úprave (zrezaní falcovaného okraja otvorenej časti konzervy) sa vloží do aplikátora vyrobeného z nerezovej ocele vybaveného držiakom (obr. 1). Vsunutím konzervy do aplikátora sa dosiahne to, že jemné plechové steny konzervy sú po obvode chránené masívnym nerezovým plášťom pred ich prípadným porušením. Navyše, vrchná časť aplikátora s reznou časťou taktiež z nerezovej ocele je skonštruovaná tak, že pri odbere vzoriek vrchná časť plechovky zapadá do puzdra zadnej časti aplikátora analogicky ako náboj

do nábojovej komory. Takýmto spôsobom možno prakticky 100% zabrániť nožnej deformácii vrchnej časti plechovky pri samotnom odbere vzorky čo samo o sebe predstavuje veľký progres oproti plehovkám podľa Kubiena. V momente, keď je aplikátor spolu s plehovkou naplnený vzorkou pôdy, odkrúti sa bajonetový závit v zadnej časti aplikátora držiaci spodnú časť plechovky, pohybom dozadu sa vytlačí plehovka s odobratou vzorkou pôdy a nožom sa oreže zvyšná časť pôdy nad povrchom konzervy.

Takýmto spôsobom možno odobrať veľkoobjemové vzorky pôd s presne známym objemom – čo je základným predpokladom pre metódy štúdia vzťahov medzi pôdnym skeletom a jemnozemia založených na analýze objemových a váhových pomerov týchto komponentov pôd (viď napr. Corti et al., 1998).

Vyššie uvedeným postupom sa teda zabezpečí odber vzoriek pôdy v neporušenom stave, ktoré sú pripravené na ďalšie kroky úpravy.

Obr. 1 Zariadenia slúžiace na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave

Plechovka na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave podľa Kubiena



Celkový pohľad na jednotlivé časti aplikátora slúžiaceho na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave



Pohľad na zložený aplikátor pripravený na odber pôdných vzoriek v neporušenom stave



Sušenie vzoriek

Je to jeden zo základných krokov úpravy vzoriek pred samotným procesom impregnácie organickými živcami. Cieľom tohto kroku je odstrániť zo vzoriek pôdných materiálov vodu, ktorá zabráňuje hydrofóbnej živici vyplniť efektívne všetky pórové priestory.

Proces sušenia vzorky sa môže uskutočňovať na voľnom vzduchu, v sušiarňach (v žiadnom prípade by teplota nemala prevýšiť 50°C), alebo prostredníctvom vytlačania vody acetónom či inou organickou kvapalinou s ktorou je živica vzájomne miešateľná. Proces výmeny voda/acetón sa môže realizovať pomocou kvapalnej, resp. plynnej fázy acetónu, avšak v súčasnosti je preferovaný proces substitúcie vody plynnou fázou. Takýmto spôsobom sa efektívne zabráni rozpúšťaniu organického materiálu prítomného v pôdnej vzorke, ako aj nadmernému narušaniu štruktúry/textúry vzoriek. Prvým krokom procesu vytlačania vody v pôdnej vzorke plynnou fázou acetónu pozostáva z odstránenia spodnej časti odbernej nádoby plechovky prípravkom na otváranie konzerv. Takto obojstranne otvorená plechovka sa položí na perforovanú mriežku, ktorá zaistí nerušený kontakt plynnej fázy acetónu s pôdnou vzorkou. Takto upravená plechovka s pôdnou vzorkou a perforovanou mriežkou sa položí nad acetónový kúpeľ v exsikátore, do ktorého sa vloží nádobka s bezvodým chloridom vápenatým, ktorý napomôže vysušovaniu vzorky prostredníctvom viazania vodných pár.

Proces vytesňovania pórovej vody acetónom je procesom, ktorý prebieha počas niekoľkých dní. Pri tomto procese sa odporúča vymieňať acetónovú kúpeľ najmenej jedenkrát za tri dni.

Počas niekoľkých dní väčšina vody viazanej v pôdnej vzorke bude vytlačena acetónom.

Pri vytesňovaní pórovej vody acetónom je potrebné monitorovať obsah vody odstránenej z pôdnej vzorky až do doby, pokým nebude voda v plnej miere nahradená acetónom. V závislosti od zvolených metódy vytlačania vody acetónom sa v súčasnosti odporúčajú dva postupy takéhoto monitoringu:

- V prípade vytlačania vody acetónovými parami najjednoduchšou a prakticky aj najdostupnejšou metódou je hustomerná metóda vyvinutá laboratóriami Univerzity v Stirlinge (Škótsko).
- V prípade vytlačania vody z pôdnej vzorky v acetónovom kúpeli podľa Schwartz et al. (1990) indikátorom ukončenia procesu vytesňovania pórovej vody acetónom sa stáva sfarbenie acetónového rezídua za pomoci síranu meďnatého – v prípade aj malej prítomnosti vody v takomto rezíduu dochádza k jeho sfarbeniu do tmavomodrej farby.

V samotnej pedológii je v súčasnosti preferovaná metóda vytesňovania pórovej vody parami acetónu (viď napr. Drees, 1997; Fitzpatrick et al., 2006). Experimentálne testy na Univerzite v Stirlingu poukázali na fakt, že počas celého procesu vytlačania pórovej vody acetónom je potrebné vymeniť acetónovú kúpeľ cca 6 x/proces. Pri tomto procese sa odporúča vymeniť cca 100cm³ acetónu v exsikátore, v ktorom sa monitoruje teplota a merná hmotnosť roztoku sa meria hustomerom s rozsahom 0,790 – 0,800 g.cm⁻³.

V momente, kedy na základe meraní sa zistí obsah vody v acetóne < 0,5 hm %, pôdne vzorky sú pripravené na impregnáciu organickými živcami.

Tab. 1 Vzťah medzi hm. % vody v acetóne a mernou hmotnosťou zmesi acetón/voda pri rôznych laboratórnych teplotách

% hm. vody v acetóne	Merná hmotnosť pri 18 ^o C	Merná hmotnosť pri 20 ^o C	Merná hmotnosť pri 22 ^o C
0,00	0,793	0,791	0,790
1,26	0,796	0,795	0,793
2,52	0,800	0,798	0,796
3,76	0,803	0,802	0,800
5,01	0,807	0,806	0,803
6,24	0,810	0,809	0,806
7,46	0,814	0,813	0,810
8,68	0,818	0,817	0,8135
9,90	0,8215	0,820	0,817
11,11	0,8255	0,824	0,820
12,32	0,828	0,827	0,823

Obr. 2 Technologické zariadenia určené na prípravu pôdnych vzoriek pre mikromorfologické štúdium pôd

Vyhrievacia komora na ohrev organickej živice určenej na impregnáciu pôdnych vzoriek



Detailný pohľad na vákuovú komoru, v ktorej prebieha vákuová impregnácia pôdnych vzoriek



Pohľad na tlakovú komoru, v ktorej prebieha polymerizácia sfarbených organických živíc



Riadiaca jednotka systému regulujúca teplotu vo vyhrievacej komore, vákuovej komore a tlakovej komore



Píla na rezanie impregnáto v pôdnych vzoriek v prostredí olejového chladenia



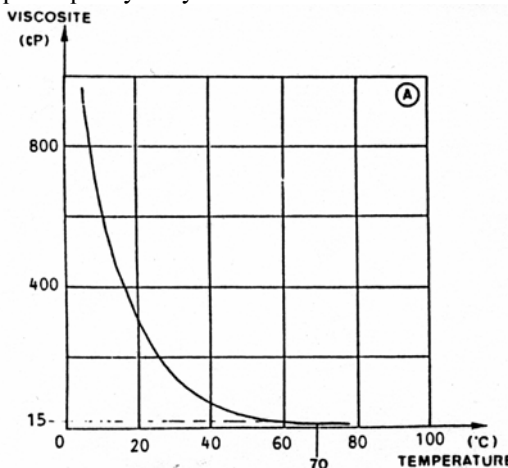
Pohľad na kompletnú technologickú linku pre prípravu pôdnych výbrusov – vrátane tlakového kompresora a vákuovej pumpy



Impregnácia

Štandardný proces impregnácie pôdnych vzoriek organickými živcami je relatívne jednoduchý – vzorka s pórovou vodou vytesnenou acetónovými parami - sa zohreje na teplotu cca 50° C, vloží sa do vákuovej komory (obr. 2), do ktorej sa cez hadičky privedie predpripravená sfarbená organická živica ohriata vo vyhrievacej komore na teplotu, pri ktorej táto dosahuje optimálnu viskozitu (podľa údajov výrobcu tejto živice – obr. 3)).

Obr. 3: Priebeh viskozity s teplotou u organickej dvojzložkovej živice Araldit využívanéj pre prípravu pôdnych výbrusov na KPP LF vo Zvolene



Niektorí autori (napr. Schwartz et al., 1990) navrhli modifikáciu tohto štandardného postupu. Na základe vlastných zistení navrhli proces impregnácie rozdeliť do viacerých krokov. Prvým krokom impregnácie vzoriek by malo byť napúšťanie vzoriek živcou na voľnom vzduchu, t.j. bez vákuu. Dĺžka tohto kroku je približne 4 dni, pričom v tomto období je potrebné proces doplnenia živice zopakovať niekoľko krát. Počas tohto kroku živica penetrujúca z povrchu vzorky do vnútra vytesňuje acetónové rezíduum, ktoré sa hromadí v spodnej časti vzorky. Až po cca 4 dňoch odporúčajú

spomínaní autori uskutočniť krok vákuovej impregnácie, ktorý by mal trvať maximálne počas 1 dňa. Posledným krokom impregnácie je zrušenia vákua, po ktorom nastane ďalšia, niekoľkohodinová etapa nasakovania impregnátu do vzorky. Až tomto kroku dôjde po tomto odporúčajú Schwartz et al. (1990) umiestneniu takto upravenej vzorky do sušiarne, kde sa dovŕši proces polymerizácie.

V súvislosti s impregnáciou pôdnych vzoriek organickými živícami je však potrebné upozorniť na niekoľko kľúčových aspektov. Prvým z nich je výber organickej živice. Polyesterové živice (napr. produkt Uvitex OB výrobcu CIBA-GEIGY) vyžadujú opatrnú manipuláciu s množstvom vytvrdzovacieho média – nakoľko jeho veľký obsah môže spôsobiť exotermickú reakciu vyvolávajúcu zmeny v štruktúre pôdnej vzorky. Výhodou živice tohto druhu je však skutočnosť, že ich viskozita môže byť riadená pridávaním acetónu, s ktorým je dobre miešateľná.

Epoxidové živice (medzi ktoré patrí napr. Araldit výrobcu CIBA-GEIGY) prinášajú so sebou viaceré výhody. Hlavnou z týchto výhod je stabilita takto pripravených pôdnych výbrusov pri aplikácii elektrónového lúča (napr. pri elektrónovej mikroskopii). Zásadnou nevýhodou epoxidových živíc je však ich nemiešateľnosť s acetónom, čo priamo podľa Dreesa (1997) bráni ich využitiu pri príprave pôdnych vzoriek upravených acetónovou procedúrou. Spomínaný limit aplikácie Aralditu možno podľa názoru autorov tohto príspevku v značnej miere limitovať tým, že vzorky upravené nad parami acetónu sa neimpregnujú aralditom okamžite, ale že na dobu niekoľko hodín až dní sa ohrievajú vo vákuovej komore tak, aby z nich vyrchalo maximálne množstvo acetónu.

Carbowax 8000 ako ďalšie hojne využívané impregnačné médium prináša so sebou viaceré negatívne limity – hlavne z pohľadu možného využitia takto pripravených vzoriek na optickú mikroskopiu a analýzu špeciálnymi RTG metódami výskumu.

S prípravou pôdnych výbrusov súvisí aj otázka o možnej aplikácii vysokotlakovej metódy impregnácie pri príprave impregnatív. Dnes už klasický postup takejto metódy popísal Sinkankas (1968). Postup navrhnutý týmto autorom sa s modifikáciami používa dodnes hlavne v oblasti geologických disciplín – rozdielny zostáva hlavne spôsob vyvolania tlakového šoku. Skúsenosti autorov tohto príspevku hovoria jednoznačne v prospech aplikácie vysokého tlaku pri príprave vzoriek – v tlakovej komore, s regulovanou teplotou, v ktorej po etape vákuovej impregnácie prebieha polymerizácia živíc pri teplote cca 40°C pri tlaku cca 30 atm.

Proces prípravy pôdnych výbrusov

Záverečným krokom je príprava pôdnych výbrusov. V tejto oblasti existuje prakticky len jeden základný limit, ktorý sa musí dodržiavať počas celého technologického postupu. Týmto limitom je vyvarovať sa aplikácii vody vo všetkých technologických krokoch počnúc rezaním vzoriek na diamantových píklach (obr. 2), končiac brúsením a leštením preparátov.

Záver

Cieľom tohto príspevku bolo zdokumentovať súčasnú situáciu v oblasti odberu a spracovania pôdnych vzoriek na štúdium mikromorfológie pôd. Autorský kolektív vyvinul a úspešne otestoval nový spôsob odberu pôdnych vzoriek v neporušenom stave pomocou špeciálneho aplikátora a štandardných 0,5 l. plechoviek bežne dostupných na trhu. Pri príprave pôdnych výbrusov sa využívalo laboratórne vybavenie ŠGSDŠ,

pracovisko Banská Bystrica. Prvé pokusy s prípravou pôdnych výbrusov sú veľmi nádejné, v súčasnosti prebieha intenzívne testovanie vplyvu acetónovej úpravy pôdnych vzoriek na kvalitu pôdnych výbrusov – hlavne z pohľadu vplyvu acetónu na proces polymerizácie pôdnych vzoriek epoxidovou živickou Araldit.

PodĎakovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantových úloh projektu APVV-0468-06 a VEGA 1/0703/08.

Literatúra

- Anonymous: Thin section and micromorphology at the University of Stirling, Scotland. <http://www.thin.stir.ac.uk/>
- CORTI, G., UGOLINI, F.C. & AGNELLI, A., 1998: Classing the soil skeleton (Greater than two millimeters): Proposed approach and procedure. *Soil Science Society of America Journal*, 62, 6, 1620-1629.
- DREES, R., 1997: Practical applications of soil micromorphology sampling and sample preparation. Summary of Presentation by Richard Drees Soil Science Society of America, Soil Micromorphology Workshop October 31, 1997
- DULTZ, S.; 2006: Determination of porosity and poreconnectivity in felsdspars from soils of granite and saprolite. *Technical articles, Soil Science*. 171(9): 675-694.
- FITZPATRICK, E.A., 1984: *Micromorphology of Soils*. Chapman and Hall Ltd.
- Fitzpatrick, E., A. & Gudmundsson, T.; 2006: The impregnation of wet peat for the production of thin sections. *European Journal of Soil Sciences*, 29, (4), 585-587.
- HOLLAND, J. E.; WHITE, R., W. & EDIS, R., B.; 2007: Image analysis evaluation of soil structure under raised bed and conventional cultivation in southwest Victoria. *Educ. Mater. Of Univ. Melbourne* <http://amorphous.agfor.unimelb.edu.au/soils/staff.shtml>
- LEBRON, I.; SUAREZ, D.; SCHAAP, M. G.; 2002: Soil pore size and geometry as a result of aggregate-size distribution and chemical composition. *Soil Science*. 167(3): 165-172.
- MOONEY, S.; MORRIS, C.; BERRY, P., 2006: Visualization and quantification of the effects of cereal root lodging on three-dimensional soil macrostructure using X-ray computed tomography. *Technical articles, Soil Science*. 171(9):706-718.
- MURPHY, C.P. , 1986: *Thin Section Preparation of Soils and Sediments*. AB Academic Publishers, Berkhamsted.
- SINKANKAS, J.; 1968: High pressure epoxy impregnation of porous materials for thin-section and microprobe analysis. *Amer. Mineralogist*, 53, 339-342.
- SCHWARTZ, J., F., & LINDSLEY-GRIFFIN, N.; 1990: An improved impregnation technique for studying structure of unlithified cohesive sediments. *Proceeding of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, 112, 87 – 91.

VÝSKUM PÔDNYCH POMEROV SEKUNDÁRNYCH VÁPENCOVÝCH BORÍN A A BUČÍN V PIENINSKOM NÁRODNOM PARKU

THE SIOL CONDITIONS COMPARATION OF THE SECONDARY LIMESTONE PINE FORESTANDS AND BEECH FORESTS IN THE PIENINY NATIONAL PARK

¹Benčaťová, B., ¹Kontriš, J., ¹Gregor, J., ²Kontrišová, O.

¹Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen

²Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene,
T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Abstrakt

Borovicové lesy (spoločenstvo *Calamagrostis varia* – *Pinus sylvestris* Pancer – Kotejowa 1967) je v Pieninskom národnom parku rozšírené na extrémnych stanovištiach pôvodných vápencových bučín (as. *Calamagrostio alpinae* – *Fagetum* Fajmonová et. Šimečková 1981). V borovicových monokultúrach a v prirodzených vápencových bučinách bol urobený výskum fyzikálnych a chemických vlastností pôd. Z výsledkov vyplýva, že monokultúry borovice lesnej sa vyskytujú na rendzinách sutinových, spontánne vzniknuté borovicové lesy sú rozšírené na rendzinách modálnych a porasty vápencových bučín na rendzinách kambizemných .

Kľúčové slová: borovicové monokultúry, vápencové bučiny, rendzina

Abstract

Pine forest stands (association *Calamagrostis varia* – *Pinus sylvestris* Pancer – Kotejowa) are in the Pieniny national park extended on the extrem biotops, autochtonly snared by the limestone beech forests (as. *Clematido alpinae* – *Fagetum*, Fajmonová et Šimeková 1981). The research was done in the pine monocultures and limestone beech forests. From these results float out, that monocultures of the *Pinus sylvestris* occur on the Skeli – Rendzic Leptosols. The spontaneously arised pine forests are existed on the Rendzic Leptosols and the autochton limestone beech forests on the Rendzic Leptosols

Key words: pine monoculture, limestone beech forests, Rendzic Leptosols

Úvod

Pôvodnými lesnými spoločenstvami boli v Pieninskom národnom parku podľa Michalku et al.(1986) jedľové lesy kvetnaté, bukové lesy kvetnaté, bukové lesy vápnomilné, javorovo-lipové a spoločenstvá reliktných vápencových borín. V procese kolonizácie tohto územia boli najviac atakované vápencové bučiny a boriny. Vo forme malých enkláv sa zachovali v oblasti Holice, Haligovských skál, Rabšтина, Vysokej

skaly a Aksamitky. Na miestach týchto vápencových lesov bola vysadená borovica lesná. Od čias klasikov geobotaniky (Jurko, Šomšák, Berta, atď.) sa v geobotanických prácach nevenuje štúdiu vzťahov rastlinných spoločenstiev a pôd takmer žiadna práca. V tejto práci chceme preto poukázať na vzťahy, ktoré existujú medzi pôdami, monokultúrami borovice lesnej a porastami vápencových bučín, resp. poukázať na to, či a do akej miery ovplyvňujú monokultúrne porasty pôdy, na ktorých boli v minulosti pôvodne rozšírené spoločenstvá podzväzu *Cephalanthero-Fagenion* Tx. et Tx. et Oberd. 1958.

Metodika

Pedologický a fytocenologický výskum bol robený v roku 1999. Pôdne sondy boli vykopané vo vysadenej monokultúre borovice lesnej (sonda č.1), v prirodzene vzniknutom poraste borovice lesnej (sonda č.2) a v poraste vápencovej bučiny (sonda č.3). Stratigraficko-morfologické znaky boli opísané vizuálne. Fyzikálne a chemické vlastnosti boli analyzované podľa metód uvádzaných HRAŠKOM et al. (1992), názvy syntaxónov podľa MUCINU A MAGLOCKÉHO (1985), rastlinných taxónov podľa MARHOLDA A HINDÁKA (1998), nomenklatúra pôd je uvádzaná podľa Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (ŠÁLY et al., 2000).

Výsledky a diskusia

Prirodzené a sekundárne porasty *Pinus sylvestris* (spoločenstvo *Calamagrostis varia-Pinus sylvestris* Pancer-Kotejowa 1973) patria v Pieninách k veľmi zriedkavo rozšíreným spoločenstvám. Vo forme malých, vzájomne izolovaných porastov sa vyskytujú v oblasti Haligoviec, zriedkavo v oblasti Lesnice. Osídľujú svahy s južnou, juhozápadnou a juhovýchodnou expozíciou a so sklonom 40–60 °. Formami reliéfu sú štrkové sutinové kužele, štrkovité lavice, erózne žľaby, zriedkavejšie skalnaté hrebene a chrbty pahorkov.

Pôdy patria typologicky do skupiny iniciálnych a rendzinových pôd. Pôdnym typom je rendzina sutinová a rendzina modálna. Na povrch pôdy spravidla vystupujú balvany, kamenné bloky, hrubý štrk, miestami štrčok. Povrch pôdy je pokrytý nepravidelne vrstvou opadanky s maximálnou hrúbkou 2 cm. Tento pokrývkový, terestrický organogénny horizont je tvorený opadom ihličia, drobnými konáríkmi, odumretými rastlinami a zriedkavejšie listia, výraznejšie je vyvinutý iba subhorizont opadu (0–1,5 cm), menej výrazne je vyvinutý subhorizont drviny. Subhorizont meliny je pre intenzívnu humifikáciu nezreteľný.

Tak rendziny sutinové ako aj modálne majú v A-horizonte vysoký (90%) podiel skeletu. Farba a štruktúra skeletu sa výrazne odlišuje iba pri rendzinách sutinových (tab. 1, sonda č. 1), modálne rendziny akumulujú humus v A/C-horizonte, preto je zemina farebne rovnaká (tab.2, sonda č. 2). Oba pôdne typy majú takmer rovnakú aktuálnu pôdnu reakciu (7,27; 7,15 pH). V sutinových rendzinách je pH H₂O v A/C-horizonte najvyššie (7,6), v modálnych rendzinách mierne klesá. Vzhľadom na vysoký obsah (17,6 %) môže ísť aj o vplyv humínových kyselín. Podľa obsahu humusu patria sutinové rendziny k pôdam mierne humóznym (1,1–3 % humusu) a rendziny modálne k pôdam veľmi silne humóznym. (10,1–20 % humusu).

Podľa morfologického klasifikačného systému pôd Slovenska (ŠÁLY et al. 2000) patria rendziny sutinové k pôdam piesočnato-hlinitým a hlinitým, modálne rendziny k piesočnatým. Obsah fosforu je u oboch pôdných typoch približne rovnaký (3,75; 2,5–

3,0 mg.k⁻¹), v A-horizonte sutinových rendzín je obsah oboch jednomocných katiónov variabilný, v nižších horizontoch (A/C, C) jeho obsah podobne ako aj obsah dvojmocného horčíka klesá o dve tretiny, napr. výmenný draslík z 89,5 na 30,2 mg.kg⁻¹. Pravdepodobne je to prejav zvýšenej evaporácie. Distribúcia dvojmocných katiónov horčíka má podobný charakter ako jednomocné katióny, t.j. s hĺbkou sa jeho obsah znižuje zo 144,9 na 51,1 mg.kg⁻¹. V porovnaní s modálnymi rendzinami majú sutinové rendziny o viac ako polovicu menej horčíka a takmer o tretinu menej dvojmocných katiónov vápnika (4324; 6429 mg.kg⁻¹). Ich obsah sa v pôdnom profile nemení tak výrazne ako v jednomocných katiónoch.

Tab. 1 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 1

vzorka	pH _{H2O}	pH _{KCl}	hrubý piesok %	prach %	jemný piesok %	hrubý íl %	fyzikálny íl %	C _{ox}	humus %
A	7,27	7,09	23,6	10,3	29,8	15,4	20,9	1,48	2,55
A/C	7,60	7,32	18,9	7,1	25,2	17,1	31,7	1,83	3,15
C	7,71	7,40	28,3	9,5	21,7	16,0	24,6	1,08	1,72
vzorka	P mg.kg ⁻¹	P mg.kg ⁻¹	Kp mg.kg ⁻¹	Na mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹		
A	3,00	3,00	88,0	7,2	89,5	144,9	4324		
A/C	2,50	2,50	53,5		50,2	90,3	4337		
C	3,00	3,00	35,6		30,2	58,1	4030		

Morfologický a stratigrafický opis rendziny sutinovej (pôdna sonda č. 1)

Lokalita: Haligovce, nad motorestom Haligovský dvor, plocha pri chodníku, J, 50 °, 550 m n. m., 25.9.1999.

Oo opadankový horizont vyvinutý nevýrazne v jamkách v okolí kamenných blokov
 Amc 0–14,5 cm - tmavosivá, suchá, drobivá, hrudkovitá zemina, štrčok 60 %, kamenné bloky 20%

A/C 14,5–31,5 cm - svetlohnedosivá, mierne uľahnutá zemina vyplňujúca priestory medzi kamennými blokmi, obsah skeletu 90 %

C 31,5 cm a viac - svetlohnedá, čerstvo vlhká zemina, homogénne premiešaná so štrčkom, vyplňuje priestory medzi kameňmi

Tab. 2 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 2

vzorka	pH _{H2O}	pH _{KCl}	hrubý piesok%	prach %	jemný piesok%	hrubý íl %	fyzikálny íl %	C _{ox}	humus %
Amc	7,15	7,00	20,3	11,8	44,4	13,9	9,6	7,66	13,21
Amc/Rc	7,14	7,00	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	10,21	17,6
vzorka	P mg.kg ⁻¹	Kp mg.kg ⁻¹	Na mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹			
Amc	2,5	53,1	28,8	75,0	325,2	6429			
Amc/Rc	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky	málo vzorky			

Morfologický a stratigrafický opis rendziny modálnej (pôdna sonda č. 2)

Lokalita: Haligovce, nad motorestom Haligovský dvor, skalnatý vápencový svah, 30 % skál na povrchu, J, 55 °, 575 m n. m., 25.9.1999.

Ooh 0–2 cm - nepravidelná vrstva nerozloženej organickej hmoty tvorenej ihličím, listami a odumretými rastlinami

Oof 2 cm + - nevýrazná, nepravidelná vrstva, čiastočne až úplne rozloženého rastlinného materiálu

Amc 2–18 cm - čierna, humózná, mierne vlhká zemina homogénne premiešaná so štrčkom a štrkom 90 %

A/C od 18 cm - čierna zemina so štrkom a štrčkom, vyplňuje priestory medzi blokmi, skelet 95 %

Na území Pienin sú vápencové bučiny (Asociácia *Clematido alpinae-Fagetum* (Sill.1933) Fajmonová et Šimeková 1981) najviac rozšírené v Malých Pieninách, v skalných masívoch Lažná skala a Rabštín, čiastočne na lokalite Vysoké Skalky v nadmorských výškach 710–900 m. Na ostatnom území je výskyt len ojedinelý (Holica, Vysieláč).

Spoločenstvá subasociácie *Clematido alpinae-Fagetum* v študovanom území uprednostňujú stanovištia J a JV orientovaných, strmých, balvanitých svahov s priemerným sklonom 40°. Pôdnym typom na lokalite Rabštín (tab.3, sonda č. 3) je rendzina kambizemná.

Aktuálna pôdna reakcia v humusovom Amc-horizonte je neutrálna v prechodnom A/Cc sa zvyšuje na mierne alkalickú (pH 7,72). V podložnom C1c a C2c je pH vyrovnané (7,62–7,84). Podľa zrnitostného zloženia je pre túto pôdu typický vysoký podiel (49,2–71,6 %) hrubého a fyzikálneho (30,8–94,0 %) ílu. Podiel oboch frakcií je takmer rovnaký v humusovom Amc (49,2; 30,8 %) a v podložnom C1c (49,7; 29,8 %) horizonte. Najväčší podiel týchto frakcií (71,6; 54,0 %) je v podložnom C2c-horizonte. Podľa zrnitostného zloženia ide o pôdy piesočnato-ílovito-hlinité v spodnej časti s vysokým 70–90 % podielom jemného a hrubého skeletu. Obsah humusu je najvyšší (4,07 %) v Amc-horizonte, s hĺbkou pôdy jeho obsah výrazne klesá. V C2c-horizonte má iba 0,14% humusu. Podľa obsahu humusu v Amc- horizonte ide o zeminu silne

humóznou, ostatné (A/Cc, C1c) horizonty majú mierne humózne, resp. C2c-horizont slabo humózne zeminy. Z dvojmocných kationov prevládajú napr. v C2c-horizonte takmer 3 000 násobne kationy vápnika nad kationmi horčíka. Kationy horčíka majú najväčší podiel v Amc-horizonte (82,7 mg.kg⁻¹) a najnižšie v A/Cc, resp. C2c (30,8; 34,1) horizonte. Kationy vápnika majú opačný podiel. Najviac (10 067 mg.kg⁻¹) vápna je v C2c-horizonte a najmenej (5 546 mg.kg⁻¹) v Amc-horizonte. Z jednomocných kationov majú niekoľkonásobne vyšší obsah kationy draslíka. Humusový horizont má takmer dvojnásobné množstvo draslíka ako ostatné horizonty. Veľmi nízky podiel (2,5, resp. 4,2 mg.kg⁻¹) majú prechodné (A/Cc, C1c) horizonty.

vzorka	pH _{H2O}	pH _{KCl}	hrubý piesok%	prach %	jemný piesok%	hrubý íl %	fyzikálny íl %	C _{ox}	humus %
Amc	7,21	6,88	29,9	6,3	14,6	49,2	30,8	4,07	7,02
A/Cc	7,72	7,02	16,5	6,7	11,0	65,8	47,3	1,69	2,91
C1c	7,62	7,08	24,9	8,5	16,9	49,7	29,8	2,80	2,80
C2c	7,84	7,03	12,7	6,5	9,2	71,6	54,0	0,14	0,14
vzorka	P mg.kg ⁻¹	Kp mg.kg ⁻¹	Na mg.kg ⁻¹	K mg.kg ⁻¹	Mg mg.kg ⁻¹	Ca mg.kg ⁻¹			
Amc	7,02	101,7	18,6	112,8	82,7	5546			
A/Cc	1,75	66,7	2,5	63,8	33,8	8907			
C1c	1,76	79,2	4,2	75,0	64,2	6627			
C2c	4,75	61,1	13,4	54,7	34,1	10067			

Tab.3 Fyzikálne a chemické vlastnosti pôdnej sondy č. 3

Morfologický a stratigrafický opis rendziny kambizemnej (sonda č. 3)

Lokalita: Rabštin, pod kótou 825, skalnatá sutina pod skalným previsom, JJV, 55°. 28.9.1999.

Oo 0–10 cm - rozpadnutá hmota listia a trávy

Amc 0–5 cm - tmavohnedá, drobne až stredne hrudkovitá, dobre prekorená zemina, hrudky tuhé, ťažko rozpadavé, štrčok 60%

A/Cc 5–26 cm, sivohnedá, hrudkovitá mierne uľahnutá zemina, štrčok 50%

C1c 26–56 cm - hnedá, silne uľahnutá, hrudkovitá zemina, hrudky obalené hýfami húb, kamene, štrčok 70%

C2c >56 cm - hnedá, uľahnutá, hrudkovitá zemina, hrudky obalené hýfami húb, zemina vyplňa priestory medzi skeletom, skelet 90 %.

Súhrn

Pôdy vápencových borovicových monokultúr a prirodzených vápencových bučín majú takmer rovnakú hodnotu aktuálnej pôdnej reakcie, ktorá sa pohybuje v rozmedzí 7,21 – 7,84 pH. A-horizonty sú v pôdach oboch spoločenstiev kyslejšie oproti A/C-horizontu približne o 0,5 pH. S hĺbkou pôdy klesá aj jej kyslosť. Najnižšia 7,71 – 7,84 pH je v substrátových horizontoch. Výrazné diferencie medzi pôdami sú v obsahu jemného piesku A-horizontu. Boriny viazané na rendziny sutinové ho majú dvojnásobne viac

ako vápencové bučiny. Boriny rozšírené na rendzine modálnej majú trojnásobne vyšší obsah jemného piesku ako bučiny. Obsah jemného piesku sa s hĺbkou výraznejšie znižuje iba v rendzinach sutinových. Pôdy vápencových bučín majú naopak v A-horizonte trojnásobne vyšší obsah hrubého ílu a o tretinu viac fyzikálneho ílu.

Obsah jednomocných a dvojmocných katiónov je v A-horizonte, až na horčík, výrazne väčší v pôdach vápencových bučín. Viac ako dvojnásobne väčší je obsah fosforu a sodíka. V A/C-horizonte majú tieto prvky v pôdach oboch spoločentiev takmer rovnaké zastúpenie. Množstvo draslíka je v bučinách takmer trojnásobne väčšie. Vápencové monokultúry rozšírené na rendzinach sutinových majú oproti bučinám jedenapolkrát viac horčíka. Tie boriny, ktoré sú rozšírené na rendzinach modálnych, majú oproti bučinám takmer štvornásobné množstvo horčíka. Obsah dvojmocných katiónov vápnika je v A-horizonte bučín o 22% väčší, v A-horizonte ho majú viac o 50%. Aj napriek výrazným rozdielom v obsahu prvkov, resp. niektorých fyzikálnych vlastností, nie je možné objektívne posúdiť vplyv monokultúr borovice sosny na pôdne vlastnosti pôvodných vápencových bučín a reliktných vápencových borín.

Poznámka: Výskumné práce sa čiastočne realizovali v rámci projektu VEGA č. 1/3518/06, 2/7161/27, 1/3548/06, 1/0703/08 a APVV 0456-07.

Literatúra

- HRAŠKO, J. et al., 1962: Rozbory pôd Slovenska. VÚPÚ Bratislava, 187 pp.
- MARHOLD K. & HINDÁK F. (eds.) 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda Bratislava, 68 pp.
- MICHALKO, J., BERTA, J., MAGIC, D., (1986): Geobotanická mapa ČSSR. Slovenská socialistická republika. VEDA, Bratislava, 163 pp.
- MUCINA L. & MAGLOCKÝ Š. (Eds), 1985: A list of vegetation units of Slovakia. Documents phytosociologiques C.N., Camerino, 9, p.175-220.
- ŠÁLY, R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J., FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J., RAČKO, J., SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 74 pp.
- Šály, R., 1992: Pôdy. In: Vološčuk, I. et al., 1992: Pieninský národný park. Akcent press servis, Banská Bystrica, p. 45-66.

GLOBALNE FUNKCIE PÔD

GLOBAL FUNCTIONS OF SOILS

Ján Čurlík

*Katedra geochemie PRiFUK Bratislava, Mlynská dolina, 817 14 Bratislava
e-mail: curlik@fns.uniba.sk*

Abstrakt

Globálne pôdne funkcie

Pôdy sú multifunkčné prírodné útvary (pedosféra), ktoré hrajú mimoriadne dôležité funkcie (regulačné, pufrčné, prostredia života, archívne) Vyvinuli sa v zóne vzájomného prenikania atmosféry, hydrosféry, biosféry a litosféry Ako jedná z geosfér plní globálne atmosférne, hydrosférne, biosférne a litosférne funkcie V príspevku sú stručne popísané tieto funkcie, ktoré sa často prehládajú.

KLúčové slová: globálne pôdne funkcie, atmosférne-, hydrosférne- biosférne a litosférne funkcie

Abstract

Global soil functions

Soils are multifunctional natural bodies (pedosphere) which play very important vital functions (regulation, buffering, habitat, archive..).They developed in the zone of interrelation of atmosphere-hydrosphere-biosphere and lithosphere. As one of the geospheres fulfil global hydrospheric, biospheric, atmospheric and lithosperic functions In this contribution these function are briefly describes.

Key words: global soil functions, atmospheric- hydrospheric-, biospheric- and lithosperic global function

Úvod

Pôdy sú multifunkčné prírodné útvary. Sú životným priestorom pre človeka, prírodným stanovišťom rastlín a organizmov. Plnia významné funkcie pri hospodárení s prírodnými zdrojmi, najmä pri ochrane povrchových a podzemných vôd (pufrčná, neutralizačná a filtračná schopnosť), odtokových pomerov v krajine (infiltrácia, vododržnosť), čo súvisí s kumuláčnou kapacitou pôd (kumulácia látok, energie, ich premeny a transport). Pôdy tlmia (pufrujú) stresy spôsobené environmentálnymi faktormi prírodnej (sucho, moko, mráz), alebo antropickej povahy (aplikácia chemikálií, aplikácia pevných, kvapalných prírodných a umelých hnojív, odpadov a pod.). Nosná funkcia je súhrnom subfunkcií, ktoré sa vzťahujú na využitie pôd pre dopravu, skladovanie, výstavbu sídiel, priemyselných a komerčných objektov, na ukladanie odpadov. Informačné funkcie spočívajú v tom, že každá pôda má zakódované určité informácie, ktoré indikujú ich potenciálnu úrodnosť, odolnosť voči rôznym negatívnym dopadom, vhodnosť ako základových zemín a podobne. Sú v nich tiež zachované informácie, ktoré nám hovoria o podmienkach vývoja pôd a takto

”zaznamenávajú” prírodnú a kultúrnu históriu. V pôdach sa zachovávajú rôzne artefakty ľudskej činnosti, archeologické a paleontologické nálezy, ktoré nám dávajú v súčasnosti možnosť nazrieť do vývoja ľudských dejín. Človek okrem poľnohospodstva a lesníctva, využíva pôdu na získanie prírodných surovín a materiálov (piesok, štrk, rašelina, hlíny).

Všetky tieto funkcie radia pôdu medzi základné zložky životného prostredia a nesmierne cenné kultúrne dedičstvo každého národa. Napriek tomu, že sa jednotlivým funkciám pôd venuje zo strany vedeckej komunity veľká pozornosť (Blum, 2005), poznanie globálneho významu pôd pre jednotlivé sféry Zeme (geosféry) sa začalo len nedávno a to v nedostatočnej miere.

Pôdam (pedosfére) patrí osobitné postavenie aj v rámci geosfér. Nachádzajú sa na rozhraní atmo- lito- a biosféry. Je s nimi spätá celým radom väzieb, ktoré usmerňujú výmenu látok medzi pôdou a hydrosférou, pôdou- atmosférou, hydrosférou a biosférou a medzi susednými ekosystémami. Vplývajú takto nielen na bio-hydrologický (kolobeh živín) ale aj na (veľký) geochemický kolobeh látok.

Cieľom tohto príspevku je upozorniť na tieto nezastupiteľné *globálne funkcie pôd*, cez ktoré sú funkčne aj geneticky späté s ostatnými zemskými sférami. Hádám aj cez ich vnímanie si možno viac uvedomiť, že poškodzovanie a degradácia pôdneho prostredia môže viesť k nezvratným zmenám na Zemi.

Pôda ako krehký systém hypergennej zóny

Pôdy sú štruktúrnymi ekoprvkami terestriálnych ekosystémov. Dochádza v nich k výmene látok a energie s okolitými systémami cez ich vlastné hranice. To sa vzťahuje aj na genetické informácie. Takýmto systémom hovoríme, že sú otvorené a podliehajú vonkajším intervenciám alebo stresom. Medzi takéto stresové vplyvy môžeme rátať zmeny v zrážkach, teplotách, zmeny zloženia atmosférických zložiek, zmeny vo využití zeme, akumuláciu znečistenín alebo živín v pôdach, zámerné alebo náhodné osídlenie cudzími rastlinami alebo živočíchmi.

Pôdy sa vytvorili historicky podmienenými procesmi. Sú to procesy, ktoré sa počítajú na tisíce rokov. Obopínajú celú ľudskú kultúrnu históriu a teda nie sú v nich zakódované len skúsenosti jednej generácie. Postupná adaptácia bioty na prevládajúce environmentálne podmienky, v dlhom časovom úseku, viedla k určitej optimalizácii týchto systémov, teda dovedla ich do štádia určitej dynamickej rovnováhy. V tomto otvorenom systéme, látkový a energetický vstup do systému je rovnaký ako výstup. Určité fluktuácie v hraničných podmienkach nezmenia vnútornú štruktúru, alebo funkcie tohto systému natoľko, aby to vyvolalo ireverzibilnú zmenu systému. To znamená, že vnútorná kapacita systému je dostatočná, aby kompenzovala a regenerovala tento systém. Biota sa môže napríklad prispôbiť pomalým zmenám abiotických alebo biotických faktorov, počas dlhšej geologickej histórie.

Ak stres pôsobiaci na pôdu je rýchly alebo dostatočne účinný, natoľko, že prekoná vnútornú kapacitu pôd kompenzovať stresy a regenerovať sa (kritické a super kritické záťaž alebo stresy), dochádza k degradácii pôd. Takéto stresy sú obvykle človekom indukované a spočívajú v zmene využitia krajiny, v zmene regionálnej klímy, alebo v znečistení.

Z uvedeného je zrejme, že pôdy samotné majú veľký vplyv na možné zmeny zloženia atmosféry a hydrosféry, na rozvoj biosféry a biodiverzitu.

Tým, že sa pôdy nachádzajú vo sfére vzájomného spolupôsobenia a prenikania prvkov atmosféry, biosféry litosféry a hydrosféry (Obr.1), dochádza aj k interakcii medzi biohydrologickým a geochemickým kolobehom látok. To samozrejme zasahuje aj do procesov v litosfére. V nasledovnej stati sa stručne oboznámime s vplyvom pôd resp. pedosféry na tieto geosféry:

Atmosféra a pôdy. Vplyv pôdy na atmosféru (troposféru) je priamy alebo sprostredkovaný. Sprostredkovaný vplyv spočíva cez funkčný vplyv pôd na ekosystémy, ktoré produkujú alebo spotrebujú plyny (kyslík, CO₂, vodné pary, oxidy dusíka). Priamy vplyv spočíva vo výmene plynov medzi pôdou a atmosférou. Je to najmä kolobeh uhlíka. Atmosferický CO₂ je zdrojom organických látok v pôde. Obsahy humusu (a rašeliny) v pôde, podľa niektorých výpočtov predstavujú 1100-1740.10¹⁷ g, (Kovda, 1985), čo je dvakrát viac ako zásoby uhlíka (CO₂) v atmosfére a trikrát viac ako v nadzemnej biomase. To súčasne predstavuje druhé miesto, po zásobách v moriach a oceánoch (3800.10¹⁵ g).

Intenzívne mechanizované poľnohospodárstvo a používanie agrochemikálií môže mať veľký vplyv na dotáciu niektorých plynov do atmosféry (CO₂, metán a oxidy dusíka). Oxidy dusíka sú výsledkom jeho zvýšenej produkcie pri zmene využitia zeme a krajiny a dôsledok používania dusíkatých hnojív. Oxidy dusíka podľa odhadov predstavujú až 35 % emisií skleníkových plynov (N₂O) do atmosféry. Tieto nadbytočné emisie prispievajú k acidifikácii pôd a vedú k prehnojeniu lesných ekosystémov. V pôde sa fixuje atmosferický dusík, mení sa na dusíkaté zlúčeniny a naopak, z pôd sa uvoľňuje molekulárny dusík. Zvýšenie troposferickej koncentrácie metánu pochádza z jeho uvoľnenia pri anaeróbných procesoch v poľnohospodárstve. Najväčším producentom sú pestovatelia ryže (okolo 22 % emisií CH₄), živočíšna výroba, ktorá je na druhom mieste a prispieva asi 13 %, čo závisí od zloženia krmív (German Advisory Council, 1995).

Z atmosféry sa do pôd prostredníctvom ľudskej činnosti dostávajú síranové, dusičnanové a amoniakálne ióny. V globálnom merítku sa mobilizácia síry znásobila najmenej trojnásobne, práve v dôsledku antropogénnych aktivít. Sírany sa stali najnebezpečnejšími acidifikačnými zložkami pre mnoho regiónov sveta. Pozitívnym trendom posledných rokov je, že došlo k zníženiu emisii síry do atmosféry. Napriek tomu hladina kyslých spadov je v súčasnosti prakticky kritická vo väčšine oblastí sveta, tzn., že bola prekročená nosná kapacita pôd vo vzťahu k týmto zložkám (SO_x, NO_x). Súčasne so znížením produkcie síranov (SO_x) sa totiž znížilo v atmosfére aj celkové množstvo neutralizujúcich kationov.

Niektoré potenciálne toxické prvky a mnohé syntetické organické látky mobilizované aktivitou človeka do atmosféry majú toxický vplyv na pôdy a ekosystémy. Tieto zložky môžu narušiť obsah živín v pôdach, prípadne môžu priamo toxicky pôsobiť na rastliny. Ich riziko spočíva v tom, že sa môžu pri zmene podmienok uvoľniť do ostatných zložiek životného prostredia.

S kolobehmi dusíka a uhlíka je spätý aj osud kyslíka, ktorý sa spotrebúva v pôde na rôzne oxidačné reakcie. Bez jeho dotácie do atmosféry prostredníctvom fotosyntézy, by sa jeho zásoby spotrebovali za 3000 rokov (Haber, 1971).

Hydrosféra a pôdy. Vzťah medzi pôdou a hydrosférou je nesmierne dôležitý pre rozvoj celej biosféry lebo voda a pôda sú základňou života a ich vzájomná interakcia ovplyvňuje (bio-) hydrologický kolobeh látok a výmenu prvkov v biosfére. Zahŕňa to nielen výmenu látok medzi týmito geosférami, ale aj výmenu medzi plynnými, kvapalnými a pevnými fázami pôd a takisto výmenu energie.

Vplyv vody na pôdy nespočíva len v priamom ovplyvnení erózných procesov, ale predovšetkým v hydromorfnom vplyve podzemných vôd na vývoj pôd. Toto ovplyvnenie neznamená obvykle len prevlhčenie pôdneho profilu, ale komplexné vplyvy spojené s vylučovaním niektorých látok na jednej strane, vylúhovaním na strane druhej, s vodným, tepelotným a vzdušným režimom pôd. Voda je významným transportným médiom, umožňujúcim plniť významné funkcie vo vzťahu k rastlinám, čo napokon ovplyvňuje všetky materiálne a energetické toky medzi pôdou a susednými ekosystémami.

Vzhľadom na tieto úzke vzťahy medzi vodou a pôdou je potrebné voliť unifikovaný princíp k ich štúdiu, ktorý prakticky znamená chrániť vodu cez pôdu a naopak.

Biosféra a pôdy. Pôdy sú zrakdom krajiny. Biosféra je nadkrajinným systémom. Pôdy vo vzťahu k biosfére plnia nenahraditeľnú funkciu v smere ochrany biodiverzity a ekosystémov. Biodiverzita sa vzťahuje na početnosť a variabilnosť žijúcich organizmov v rámci jedného druhu, alebo medzi rôznymi druhmi ekosystému.

V rámci biosféry hrajú v tomto smere najvýznamnejšiu úlohu lesné ekosystémy. Degradácia lesných pôd a zmeny vo využití pôd a krajiny sa odrážajú aj v zmene biodiverzity. Hoci sú pôdy dôležitou zložkou terestrických ekosystémov, niektorí autori ich považujú za samostatný ekosystém, v ktorom existuje rovnováha medzi abiotickou a biotickou zložkou. V tomto systéme pôda a biodiverzita sú nezávislé premenné. Strata biodiverzity sa vzťahuje na deštrukciu alebo fragmentáciu osídlenia, spôsobenú činnosťou človeka, najmä nadmerným využívaním prírodných zdrojov, znečistením, alebo nevhodnou zámenou druhov organizmov.

Zmeny vo využití pôd, akými sú zástavba, holoruby, rozširovanie pasienkov, ťažba materiálov, ale aj moderné spôsoby hospodárenia na pôde (monokultúry) majú vplyv na zmenu biodiverzity. Typ a rozsah degradačných zmien je dosť často určený vzťahom medzi demografickým vývojom a vývojom pôd. Hustota obyvateľstva spôsobuje enormný tlak na pôdne funkcie. To má ďalej za následok zvýšenie tlaku na produkčné schopnosti pôdy (priemyselné hnojenie), na zmeny využitia pôd a krajiny, vrátane využitia marginálnych oblastí

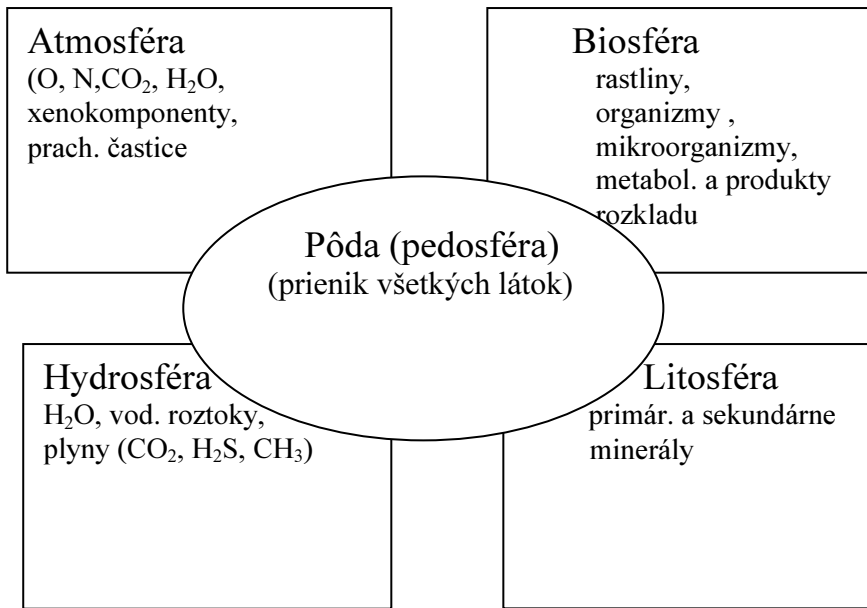
Litosféra a pôdy. V podstate dodnes platí predstava, že pôdy majú malý vplyv na litosféru a to aj s ohľadom na nepomerne mocnosti obidvoch sfér.

Pôda má však ochrannú funkciu pre litosféru, veď nie náhodne sa hovorí o pôde ako o „geoderme“ (epiderma Zeme), ktorá sa porovnáva s kožou organizmov a ktorá chráni litosféru pred eróziou a výnosom látok.

V pôde sa vytvára CO_2 , ktorý vplyva na zvetrávanie hornín a minerálov, na rozpúšťanie a tvorbu karbonátov a minerálov – solí.

Pôdotvorný proces vplyva na litosféru oveľa významnejšie ako to zodpovedá jej mocnosti, vďaka transformácii obrovského množstva slnečnej energie, pôsobeniu organických látok a najmä produktov ich premien a metabolizmu. Pôdy vplyvajú na tvorbu sedimentov a sedimentárnych hornín, na tvorbu karbonátov a tým na sekvestráciu uhlíka.

Obr. 1 Postavenie pedosféry v systéme geosfér



Obr. 2 Globálne funkcie pedosféry (Upravené podľa: GAC,1994; Dobrovolskij, Nikitin,1990)

atmosférne	hydrosférne	biosférne	litosférne
kumulácia a odraz slnečnej energie	prostredie výmeny látok a energie (v systéme pôda-voda), kolobehu vody na Zemi	prostredie pre život organizmov a zdroj potrebných látok a energie	geochemická premena vrchnej časti litosféry
regulácia kolobehu vody v atmosfére	regulácia prietochnosti, bilancie povrchových/ podzemných vôd, transportu a vylučovania látok	ochranná bariéra a médium pre fungovanie biosféry	zdroj chemických látok na tvorbu sedimentárnych hornín a nových minerálnych fáz v pôde
výmena plynov a regulácia ich režimu v atmosfére	transformácia povrchových vôd na podzemné	spojovací článok biologického a geochemického kolobehu látok	prenos slnečnej energie do hlbšej časti litosféry
príjem a uchovávanie niektorých plynov pred únikom do kozmu	ochrana čistoty povrchových a podzemných vôd (sorpcia, filtrácia, neutralizácia)	faktor biologického vývoja a zachovania biodiverzity	ochrana litosféry pred nadmernou eróziou a denudáciou
zdroj plynných a partikulárnych zložiek a mikroorganizmov do ovzdušia	faktor bioprodukčnosti vodných ekosystémov prínosom živín z pôd		

Pedosféra, ako jedná zo zemských sfér plní celý rad globálnych funkcií, predovšetkým tým, že sa zúčastňuje na kolobehu látok a energie medzi geosférami. Tieto kolobehy sa uskutočňujú vo vzťahu k jednotlivým geosféram rôznou rýchlosťou. Pri hodnotení pôd to treba brať do úvahy, najmä pri štúdiu premien krajiny a antropogénnych zmien pedosféry.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore grantov VEGA č. 1/0238/08.

Acknowledgments

This study was financially supported by the Slovak Grant Agency project VEGA no. 1/0238/08.

Literatúra

- BLUM, W.E. H., 2005: Functions of Soil for Society and the Environment. Reviews in Environmental Science and Biotechnology, Vol.4. N.3. 75-79.
- HABER, W., 1971: Landschaftspflege durch differenzierte Bodennutzung. Bayerisches Landwirt- schaf tliches Jahrbuch. 48. Jg. *Sonderheft* 1 pp. 19–35.
- KASIMOV, N.S. (Edit), 2005: Probrázovanie i izmenenija v pedosfere.
- KOVDA, V.A., 1973: Osnovy učeniya o počvach. Izdat. Nauka, 468str.
- German Advisory Council on Global Change, 1995: World in Transition: The Threat to Soils, Annual Report, Economica Verlag, 450 str.

ARZÉN A MAGNETICKÁ SUSCEPTIBILITA PÔD V POVODÍ TOKU KYJOV

ARSENIC AND MAGNETIC SUSCEPTIBILITY OF SOILS ALONG KYJOV BROOK

Ondrej Ďurža

*Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta, Katedra geochémie,
Mlynská dolina 842 15, Bratislava*

Abstrakt

Výskum pôdy kombinovaný s magnetickými meraniami v environmentálne zaťaženom území pozdĺž potoka Kyjov a rieky Ondava ponúka cenné informácie o kontaminácii poľnohospodárskych pôd. V riečnych sedimentoch potoka Kyjov a čiastočne rieky Ondava bola zistená významná arzénová kontaminácia (extrémne hodnoty As klesali smerom od odkaliska). Ten istý trend bol pozorovaný pre zmeny hodnôt magnetickej susceptibility. Najvyššie hodnoty magnetickej susceptibility boli zaznamenané v antropogénnych pôdach ($281,8 \times 10^{-5}$ SI j.), zvýšené v aluviálnych pôdach potoka Kyjov ($36,5 \times 10^{-5}$ SI j.) a aluviálnych pôdach rieky Ondava pod sútokom s Kyjovom ($27,0 \times 10^{-5}$ SI j.). Najnižšie boli zistené pre aluviálne pôdy rieky Ondava nad sútokom ($19,0 \times 10^{-5}$ SI j.).

Kľúčové slová: pôda, arzén, magnetická susceptibilita, odkalisko Kyjov, Východné Slovensko

Abstract

The soil survey combined with magnetometry measurements in the environmentally stressed area along Kyjov brook and Ondava river offered valuable information about contamination of agricultural soils. Significant arsenic contamination was detected also in stream sediments of the Kyjov brook and particularly in the Ondava river (extreme As values downwards the impoundment). The same trend was observed for the changes in magnetic susceptibility values. The highest values of magnetic susceptibility were found in anthropogenic soils ($281,8 \times 10^{-5}$ SI u.), higher in alluvial soil of the Kyjov brook ($36,5 \times 10^{-5}$ SI u.) and in alluvial soil of Ondava river below the confluence with Kyjov brook ($27,0 \times 10^{-5}$ SI u.). The lowest ones were found in alluvial soil of Ondava river up the confluence ($19,0 \times 10^{-5}$ SI u.).

Key words: soil, arsenic, magnetic susceptibility, Kyjov catchment, Eastern Slovakia

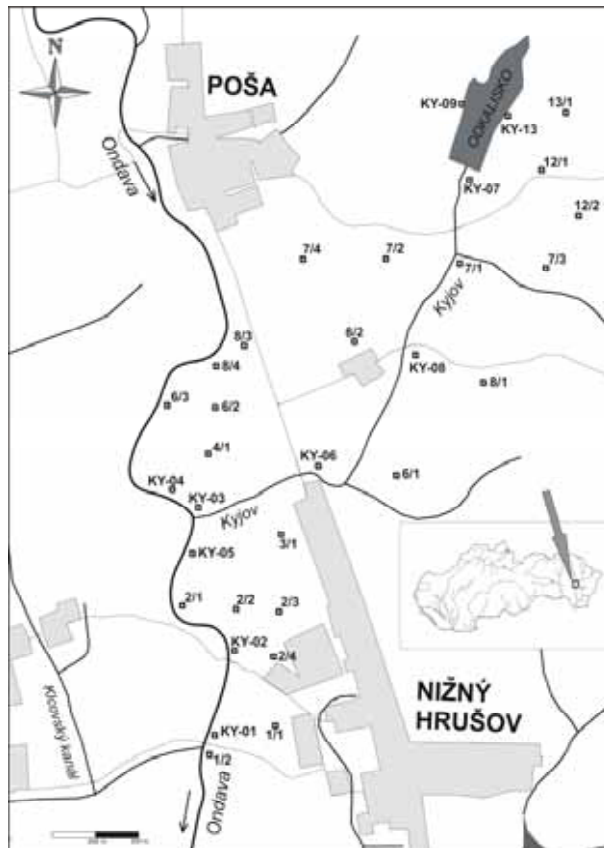
Úvod

Povodie toku Kyjov a Ondavy je kontaminované rôznymi látkami, medzi ktorými sú zistené aj vysoké koncentrácie mnohých ťažkých kovov (napr. As, Cd, Pb, Zn). Predmetné študované územie povodia toku Kyjov a stredného toku Ondavy je zobrazené na obr 1.

Geochemické práce v regióne boli zamerané najmä na povrchové vody a riečne sedimenty (Jurkovič et al., 2006; Slaninka et al., 2006). Výsledky poukazujú na značné zaťaženie vodného prostredia viacerými chemickými zložkami, pričom hlavným kontaminantom je arzén. Zdrojom kontaminácie je odkalisko situované nad obcou Kyjov, ktorého zriaďovateľom bolo Chemko Strážske, a.s. Veľmi vysoké obsahy arzénu boli zaznamenané v povrchových vodách (namerané maximum $11\,358\text{ mg.l}^{-1}$) a v riečnych sedimentoch (namerané maximum $3\,208\text{ mg.kg}^{-1}$) (Jurkovič et al., 2005; Slaninka et al., 2006). Okrem arzénu boli v povrchovej vode toku Kyjov a čiastočne aj Ondava preukázané vysoké hodnoty mineralizácie, NH_4^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , Cl^- (Jurkovič et al., 2006). Nakoľko fluvialne sedimenty rieky Ondava predstavujú významný zdroj pitnej vody, pretrvávajúce znečistenie môže negatívne ovplyvňovať aj kvalitu podzemných vôd v širšej oblasti.

Výsledky laboratórnych extrakčných experimentov v kombinácii s geochemickým hodnotením sedimentov a povrchových vôd študovanej lokality jednoznačne poukazujú na vysoký potenciál ohrozenia životného prostredia v povodí tokov Kyjov a Ondava (Jankulár a Ploszeková, 2006).

Obr. 1 Schematická mapa študovaného územia a lokalizácie vzoriek



Vymedzenie územia

Študované územie leží na ľavej strane nad a pod sútokom Kyjova a Ondavy (Obr. 1). Predstavuje oblasť fluviálnych sedimentov Ondavy (hydrogeologický rajón QN-106), ktorá má význam z vodárenského hľadiska. Predstavuje územie s vysokými využiteľnými zásobami podzemných vôd v regióne. Zdroj kontaminácie sledovaného toku Kyjov predstavuje odkalisko situované v závere doliny toku Kyjov pri obci Poša. Odkalisko bolo vybudované v roku 1977 a bolo dizajnované na skládkovanie odpadov zo spaľovne a zo spaľovania uhlia (Pivovarčiová et al., 1989).

Metodika práce

Pôdna kappametria je založená na poznaní, že namerané zvýšené hodnoty magnetickej susceptibility pôdných vzoriek v porovnaní s pozadím indikujú zvýšené hodnoty koncentrácie ťažkých kovov (Ďurža, 1999; Kapička et al., 2000). Mikl'ajev a Žogolev (1990) odporúčajú používať pôdnu kappometriu ako predbežnú metódu na zistenie hraníc "zvýšenej geochemickej aktivity". Využíva sa tiež na štúdium povrchových sedimentov (Brandau a Urbat, 2000; Milička et al., 2002) a pedologické a paleoklimatické štúdiá paleopôd a spraší (Ďurža et al, 2004; Liu et al., 2004).

Existuje viacero metód, ktoré sa používajú na meranie magnetickej susceptibility, ale len niektoré sú vhodné na štúdium pôdy. Pre meranie magnetickej susceptibility in situ bol použitý kappameter KT-5.

Na každom bode sa meria 13 miest (pamäť kappametru) na ploche cca 1 m², z ktorých sa vypočíta priemerná hodnota magnetickej susceptibility na danom bode. Zmeraných bolo 32 bodov (alúvium, obrobená i neobrobená pôda, antropogénna pôda) v nepravidelnej sieti (Obr. 1) na ploche cca 4 km². Miesta s anomálnymi hodnotami (alúvium Kyjova) boli merané opakovane.

Výsledky a diskusia

Zloženie materiálu z odkaliska študovali Hiller et al (2008). Chemické analýzy prezradili prítomnosť oxidov železa (možno Fe₃O₄, FeO alebo Fe₂O₃) a kovového železa. Zistili aj prítomnosť akcesorického množstva sulfidov takých ako sfalerit (ZnS), antimonit (Sb₂S₃), Cu a Ni sulfidy. Z ich výsledkov vyplýva významná korelácia medzi koncentraciami As a totálneho železa ($r^2 = 0,888$, $p < 0,001$), totálneho Mn ($r^2 = 0,794$, $p < 0,01$). Výsledky indikujú, že oxidy a oxihydroxidy Fe a Mn hrajú dôležitú úlohu pri zadržiavaní arzénu v sedimentoch i v pôde. Príčinou toho je veľká adsorbčná kapacita Fe a Mn oxidov a oxihydroxidov (Garcia-Sanchez et al., 2003 in Hiller et al., 2008). Z toho vyplýva možnosť sledovania As a ostatných ťažkých kovov meraním pôdnej kappametrie.

Priestorovú distribúciu ťažkých kovov v pôdach sme charakterizovali na základe výsledkov meraní pôdnej kappametrie. Najvyššie hodnoty magnetickej susceptibility pôd sa namerali (Tab. 1) na antropogénnych pôdach (hrádza, pod hrádzou). Cieľom práce bolo zistiť vplyv znečisteného toku Kyjova na vlastnosti okolitých pôd. Z tohto pohľadu sú zaujímavé najvyššie hodnoty magnetickej susceptibility (κ) v alúviu Kyjova ($36,5 \times 10^{-5}$ j. SI) a zvýšené v alúviu Ondavy pod sútokom s Kyjovom ($27,0 \times 10^{-5}$ j. SI). Najnižšie hodnoty magnetickej susceptibility sa zistili v alúviu Ondavy nad sútokom s Kyjovom ($19,0 \times 10^{-5}$ j. SI), obrábanej ($23,0 \times 10^{-5}$ j. SI) i neobrábanej pôdy ($22,6 \times 10^{-5}$ j. SI).

Tab. 1 Namerané hodnoty magnetickej susceptibility (κ) pôd v povodí toku Kyjov

číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka	číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka	číslo vzorky	κ (10^{-5} j. SI)	poznámka
KY-01	28	alúvium Ond.+Kyj.	KY-04	19	alúvium Ondava	7/3	24	neobrobená pôda
KY-01/0	23	neobrobená pôda	KY-04/0	22	neobrobená pôda	7/4	24	obrobená pôda
1/1	28	obrobená pôda	4/1	17	obrobená pôda	KY-08	28	alúvium Kyjov
KY-02/x	26	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	43	alúvium Kyjov	KY-08	31	alúvium Kyjov
KY-02/2z	23	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	45	alúvium Kyjov	KY-08/0	20	neobrobená pôda
KY-02/xz	29	alúvium Ond.+Kyj.	KY-06	32	alúvium Kyjov	8/1	18	neobrobená pôda
KY-02/0	28	neobrobená pôda	KY-06	40	alúvium Kyjov	8/1	23	neobrobená pôda
2/1	21	obrobená pôda	KY-06/0	25	neobrobená pôda	8/2	24	neobrobená pôda
2/2	24	obrobená pôda	6/1	24	neobrobená pôda	8/3	18	obrobená pôda
2/3	22	obrobená pôda	6/2	23	obrobená pôda	8/4	17	alúvium Ondava
2/4	63	antropogén. pôda	6/3	21	alúvium Ondava	KY-12	323	antropogén. pôda
KY-03	29	alúvium Ond.+Kyj.	KY-07	27	neobrobená pôda	12/1	21	neobrobená pôda
KY-03/0	19	neobrobená pôda	7/1	19	neobrobená pôda	KY-13	213	antropogén. pôda
3/1	20	obrobená pôda	7/2	21	neobrobená pôda	KY-13	528	antropogén. pôda

Poznámka: Na miestach označených KY boli študované aj riečne sedimenty (Jurkovič et al., 2006).

Pretože namerané zvýšené hodnoty magnetickej susceptibility pôdných vzoriek v porovnaní s pozadím indikujú zvýšené hodnoty koncentrácie ťažkých kovov (Kapička et al., 2000; Chaparro et al., 2004 a iní), možno predpokladať, že najvyššie koncentrácie ťažkých kovov v pôdných vzorkách sú v alúviu potoka Kyjov a alúviu rieky Ondava pod sútokom s Kyjovom, čo je v súlade so závermi geochemického štúdia povrchových vôd i riečnych sedimentov z tejto oblasti (Jurkovič et al., 2006; Slaninka et al., 2006). Keďže namerané hodnoty magnetickej susceptibility pôdných vzoriek z alúvia Ondavy nad sútokom s Kyjovom sú porovnateľné s hodnotami magnetickej susceptibility okolitých pôd (Tab. 2), ani obrábané ani neobrábané pôdy nie sú znečistené ťažkými kovmi. Z pôd je znečistené len alúvium toku Kyjov a Ondavy pod sútokom s Kyjovom. Zdrojom zvýšených koncentrácií ťažkých kovov je voda toku Kyjov, ktorý vyteká z odkaliska situovaného v závere doliny toku Kyjov pri obci Poša.

Tab. 2 Priemerné hodnoty magnetickej susceptibility pôd v povodí toku Kyjov

typ pôdy	magnetická susceptibilita		
	(10 ⁻⁵ j. SI)		počet meraných bodov
	priemer	min. – max.	
alúvium Ondava	19,0	14 - 24	3
alúvium pod sútokom Ondavy a Kyjova	27,0	21 - 34	5
alúvium Kyjov	36,5	21 - 51	6
neobrobená pôda	22,6	15 - 30	15
obrobená pôda	23,0	16 - 30	9
antropogénna pôda	281,8	48 - 694	4

Záver

Z nameraných hodnôt magnetickej susceptibility pôdných vzoriek sa dá predpokladať, že zvýšené obsahy ťažkých kovov sú len v najmladších terasách alúvia toku Kyjov a Ondavy pod sútokom s Kyjovom, čo korešponduje so závermi Jurkoviča et al. (2006), Slaninku et al (2006) a Hillera et al. (2007). Na študovanom území obrábané ani neobrábané pôdy nie sú znečistené ťažkými kovmi.

Kontaminácia pôdy ťažkými kovmi je problémom všetkých priemyselných a mestských regiónov. Vo všeobecnosti, chemické metódy sa používajú na monitorovanie znečistenia pôd, ale výsledky meraní magnetickej susceptibility sa osvedčili ako ďalšia rýchla a lacná informácia.

PodĎakovanie

Príspevok vznikol vďaka podpore projektov APVV-0231-07 a VEGA 1/0312/08.

Literatúra

- BRANDAU, A., URBAT, M., 2000: Rock Magnetic Signature of Sediment near the Active Dead Dog Mound, Juan De Fuca Ridge. XXV EGS General Assembly, Geophysical Research Abstract, vol. 2, CD Rom.
- ĎURŽA, O., 1999: Heavy Metals Contamination and Magnetic Susceptibility in Soils around Metallurgical Plant. Phys. Chem. Earth (A), Vol. 24, No. 6, 541 – 543.
- ĎURŽA, O., DLAPA, P., KLÁTIKOVÁ, K., MILIČKA, J., 2004: Interpretation of the magnetic susceptibility record of Senec brickyard loess/paleosol sequence. Contributions to Geophysics and Geodesy, Vol. 34/4, 381 – 386.
- HILLER, E., JURKOVIČ, Ľ., JANKULÁR, M., SLANINKA, I., KORDÍK, J., 2007: Výsledky geochemického štúdia kontaminovaných riečnych sedimentov a materiálu odkaliska (povodie Kyjov a Ondava, odkalisko Poša). In: Ďurža, O., Rapant, S. (eds.): Geochémia 2007, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, ISBN 80-88974-93-2, s. 109-112.
- HILLER, E., JURKOVIČ Ľ., KORDÍK J., SLANINKA I., JANKULÁR M., MAJZLAN J., GÖTTLICHER J., STEININGER R., 2008: Arsenic distribution and mobility in impoundment materials from chemical

- manufacturing and related stream sediments from polluted As-area in Eastern Slovakia. *Journal of Geochemical Exploration*, in press.
- CHAPARRO, M.A.E., BIDEKAIN, J.C., SINITO, A.M., GOGORZA C.S.G., 2004: Magnetic studies applied to different environments (soils and stream sediments) from a relatively polluted area in Buenos Aires Province, Argentina. *Environmental Geology*, 45, 654- 664.
- JANKULÁR, M., 2007: Mobilizácia arzénu a zinku z riečnych sedimentov a materiálu odkaliska (modelová lokalita). In: Jurkovič, Ľ. (Ed.): *Cambelove dni 2007: Geochémia v súčasných geologických vedách*, Bratislava, Univerzita Komenského Bratislava, ISBN 978-80-223-2409-0, s. 91-95.
- JANKULÁR, M., PLOSZEKOVÁ, M., 2006: Experimentálne hodnotenie bioprístupnosti arzénu v povodí toku Kyjov. In: Ďurža, O., Rapant, S. (eds.): *Geochémia 2006*, Štátny geologický ústav Dionýza Štúra Bratislava, ISBN 80-88974-88-7, s. 36-38.
- JURKOVIČ Ľ., KORDÍK J., SLANINKA I., 2006: Geochemical study of arsenic mobility in secondarily influenced Kyjov brook and Ondava river (Eastern Slovakia). *Slovak Geological Magazine*, 12, 1, 31-38.
- JURKOVIČ Ľ., SLANINKA I., KORDÍK J., 2005: Geochemické štúdium arzénu a jeho mobilita sekundárne ovplyvnenom povodí potoka Kyjov. In: Ďurža, O., Rapant, S. (eds.): *Geochémia 2005*. ŠGÚDŠ Bratislava. ISBN 80-88974-70-4. 33-36.
- KAPIČKA, A., JORDANOVA, N., PETROVSKÝ, E., USTJAK, S., 2000: Magnetic Stability of Power Plant Fly-ash in Different Soil Solutions. *Phys. Chem. Earth (A)*, 25, 5, 431 – 436.
- LIU, Q., BANERJEE, S.K., JACKSON, M.J., CHEN, F., PAN, Y., ZHU R. 2004: Determining the climatic boundary between the Chinese loess and paleosol: evidence from aelian coarse-grained magnetite. *Geophysical Journal International*, 156, 2, 267-274.
- MIKLAJEV, J.V., ŽOGOLEV, S.L., 1990: O prostranstvennoj svjazi anomalij magnitnoj vosprijimčivosti počv s litogeochemičeskimi oreolami rudnych elementov. *Vest. Leningr. Un-ta*, ser. 7, N 14, 26 – 33.
- MILIČKA, J., VASS, D., PERESZLÉNYI, M., 2002: Organická hmota v neskoromiocénnych sedimentoch Lučeneckej kotliny, južné Slovensk. *Mineralia Slov.*, 34, 93 – 98.
- PIVOVARČIOVÁ J., BAČO J., MOSEJ J., KAROL J., 1998: Poša – odkalisko, inžiniersko-geologický prieskum. IGHG Žilina.
- SLANINKA I., JURKOVIČ Ľ., KORDÍK J., 2006: Ekologická záťaž vodného ekosystému arzénom v oblasti odkaliska Poša (Východné Slovensko). *Vodní Hospodářství* 10/2006. s. 275-277.

MERANIE ERÓZIE NA SLOVENSKU A V OKOLITÝCH KRAJINÁCH

MEASUREMENTS OF SOIL EROSION IN SLOVAKIA AND SURROUNDING COUNTRIES

Emil Fulajtár

Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôd, Gagarinova 10, Bratislava

Abstrakt

Príspevok predkladá zhodnotenie meraní intenzity erózie pôdy uskutočnených na Slovensku v 20-tom storočí a ich porovnanie s údajmi z okolitých krajín (Poľska, Česka, Rakúska, Maďarska, Chorvátska). Do vyhodnotenia bolo zahrnutých 237 údajov (plocha/rok), z toho 69 zo Slovenska a 168 z okolitých krajín. Intenzity erózie namerané na Slovensku a v okolitých krajinách vykazujú dobrú zhodu. Pre hustosiate plodiny vo väčšine krajín dosahujú niekoľkých desiatín tony až 2-3 tony na hektár, pre širokoriadkové plodiny dosahujú niekoľko ton až niekoľko desiatok ton na hektár/rok.

KLúčové slová: *erózia pôdy, merania erózie, intenzita erózie, deluometrické merania.*

Abstract

This paper presents the summarization of soil erosion rate measurements at experimental plots carried in Slovakia during 2nd half of 20th century and their comparisons with measurements from surrounding countries (Poland, Czech Republic, Austria, Hungary and Croatia). In total 237 plot/year data were involved in the summarization, 69 of that are from Slovakia and 168 from remaining countries. The values measured in all involved countries fit together rather well. Most erosion rates are in the range of up to 2-3 tons per hectare per year under densely seeded crops and in the range of few ton up to few tens of tons per hectare for wide row crops.

Key words: *soil erosion, soil erosion rates, soil erosion measurements at experimental plots.*

Úvod

V druhej polovici 20. storočia prebiehalo na Slovensku viacero výskumných úloh zameraných na meranie erózie pôdy na malorozmerných plochách s celkovým zachytávaním odtoku a odnosu alebo s použitím preklápacích nádob (Obr 1, 2, 3). Zhodnotenie výsledkov týchto meraní a ich porovnanie s meraniami z Poľska a Maďarska spracoval Fulajtár (2008). Tento príspevok predkladá aktualizované a prepracované zhodnotenie meraní uskutočnených na Slovensku a ich porovnanie so zahraničnými údajmi, ktoré boli rozšírené o údaje z Česka, Rakúska a Chorvátska. Vzhľadom na obmedzený rozsah tohto príspevku sa interpretácia zhromaždených údajov obmedzuje len na ich vzájomné porovnanie a odhad celkového ročného odnosu pôdneho materiálu v stredoeurópskych podmienkach.

Merania na malorozmerných plochách na Slovensku

Najstaršie zachované údaje sú z meraní vykonávaných Výskumným ústavom pôdoznalstva a ochrany pôd (VÚPOP) prebiehajúcich začiatkom 80-tych rokov 20. storočia (Stašík a kol., 1983). Na ne navázala v druhej polovici 80-tych rokov druhá séria meraní VÚPOP na iných lokalitách (Chomaničová, 1988). Potom došlo na VÚPOPe k prerušeniu meraní a nová kampaň prebehla až v polovici 90-tych rokov (Fulajtár a Janský, 2001). Ďalšie merania prevádzal Výskumný ústav vodného hospodárstva (VÚVH) v spolupráci s VÚPOP (Gajdová a kol., 1999). V 80-tych a 90-tych rokoch boli vykonávané aj merania erózie Technickej univerzity vo Zvolene na lesných pôdach, ktoré prebiehali v rámci niekoľkých kampaní na rôznych stanovištiach (Midriak, 1986, 1989, 1993, 1994, Zaušková, 2001). Okrem týchto údajov boli merania erózie vykonávané aj Štátnou melioračnou správou (ŠMS) avšak ich výsledky neboli publikované a po zrušení ŠMS ďalší osud ich dokumentácie nie je známy.

Prehľad doterajších výsledkov meraní erózie na malých plochách na Slovensku podáva tabuľka 1. Pri porovnávaní výsledkov týchto meraní treba brať do úvahy jednak metodologické rozdiely, najmä rozličné rozmery erodovaných plôch (dĺžky erodovaných plôch sa pohybovali od 1 m do 100 m), a jednak rozdielne podmienky prostredia. Pri väčšine meraní bola použitá metóda celkového zachytávania erodovaného materiálu, okrem meraní Gajdovej a kol. (1999), ktorí pracovali na väčších plochách a používali preklápacie nádoby. Prírodné podmienky pozorovacích stanovišť boli pestré (spraše, viate piesky neogénne usadeniny, flyš, kryštalinikum).

Tab. 1 Výsledky erózných meraní na malých plochách na Slovensku

Miesto a autori	Metóda	Obdobie	Dĺžka svahu (m)	Sklon svahu	Porast	Priemerný	Rozpätie nameraných hodnôt	Počet
						odnos pôdy t ha ⁻¹		údajov plocha/rok
Malanta Šimonides (1993)	CZ	1992 (veget. obdobia)	1	9°	ČÚ	1,85	0,3-4,1	3
Karpatské pohoria, Midriak (1986, 89, 93, 94)	CZ	80, 90-te roky	1,5-6	rôzny	L	-	0,01-1,47	-
Karpatské pohoria, Zaušková (2001)	CZ	90-te roky	1	rôzny	L HR	- 1,19	0,06-0,55 0,57-1,72	- -
Čečejevce Stašík et al (1983)	CZ	1981-82 (veget. obdobia)	25	6-7°	RO, OP	4,85	2,9-6,8	2
Stakčín, Ubfa Chomaničová (1988)	CZ	1986-88 (veget. obdobia)	10	6-10°	OP, OR, SK, Hr	2,94	0-8,7	8
Osikov, Kočín, Gbely, Smolinské, Rišňovce Fulajtár, Janský (2001)	CZ	1994-96	20	4-6°	JJ, S, ZK, OP, CR	9,25	0-75**	12
	CZ			8-10°	OP, CR, OR, JJ, ZK, S, Lu, RO	13,80	0-75**	34
Lukáčovce, Turá Lúka Gajdová a kol. (1999)	PN	1997-99	100	4-12°	OP, OR, JJ, ZK, RO	0,04	0-0,32	10

Vysvetlivky: ** - odhad, odnos pôdy presiahol pri extrémnej zrážke kapacitu zberného zariadenia, - chýbajúci údaj.

Metóda merania: CZ - celkové zachytávanie, PN - preklápacie nádoby, ŠR - Štrbinové rozdeľovače,

Porast: L - les nerozlišený, HR - holorub, PP - poľnohospodárska pôda, OrP - orná pôda, TP - trávne porasty, Lu - lucerna, ON - oziminy nerozlišené, O - obilniny nerozlišené, KM - krmné miešanky, OP - ozimná pšenica, OR - ozimná raž, OT - ozimné tritikále, Ov - ovos, JJ - jarný jačmeň, Ho - horčica, RO - repka olejná, Hr - hrach, So - sója, B - bôb, SK - silážna kukurica, ZK - zrnová kukurica, K - kukurica nerozlišená, S - slnečnica, CR - cukrová repa, ČR - červená repa, Z - zemiaky, ČÚ - čierny úhor.

Porast: L - les nerozlišený, HR - holorub, PP - poľnohospodárska pôda, OrP - orná pôda, TP - trávne porasty, Lu - lucerna, ON - oziminy nerozlišené, O - obilniny nerozlišené, KM - krmné miešanky, OP - ozimná pšenica, OR - ozimná raž, OT - ozimné tritikále, Ov - ovos, JJ - jarný jačmeň, Ho - horčica, RO - repka olejná, Hr - hrach, So - sója, B - bôb, SK - silážna kukurica, ZK - zrnová kukurica, K - kukurica nerozlišená, S - slnečnica, CR - cukrová repa, ČR - červená repa, Z - zemiaky, ČÚ - čierny úhor.

Uvedené merania možno z hľadiska podmienok rozdeliť do dvoch výrazne odlišných skupín: a) merania na orných pôdach a b) merania na lesných pôdach. Tieto skupiny sa líšia nie len výraznými rozdielmi v protieróznej účinnosti porastu, ale aj metodicky. Zatiaľ čo merania na orných pôdach boli vykonávané väčšinou na plochách dlhých 10 – 100 m, na lesných pôdach bola erózia meraná na veľmi krátkych plochách s dĺžkou 1 – 6 m.

Zhromaždený súbor meraní erózie na orných pôdach obsahuje 69 údajov za plochu/rok. Sklony svahov na meraných stanovištiach sa pohybovali väčšinou od 4 do 12°. Rastlinný kryt zahŕňal väčšinu plodín ktoré na Slovensku prevažujú v štruktúre osevu, najmä obilniny, kukuricu, slnečnicu a repku. Hoci súbor nezahŕňa celú škálu rozmanitosti erózných podmienok a výber podmienok je náhodný, možno ho považovať za pomerne reprezentatívny pre orné pôdy pahorkatín a kotlín, ktoré patria k najintenzívnejším poľnohospodárskym oblastiam Slovenska. Namerané intenzity erózie sa pohybujú od 0 do cca 75 t ha⁻¹ r⁻¹. Odnos pôdy je obvykle veľmi nízky, alebo žiadny na plochách s hustosiatymi plodinami, pod širokoriadkovými plodinami dosahuje často niekoľko t ha⁻¹ r⁻¹ a zriedkavo aj 10-30 t ha⁻¹ r⁻¹. Odnos vyšší ako 30 t ha⁻¹ r⁻¹ sa vyskytuje len výnimočne. Vyhodnotenie meraní VÚPOP v rokoch 1994-96 (ročný chod erózie, protierózna účinnosť plodín atď.) podrobne spracovali Fulajtár a Janský (2001). Priemerný odnos pod hustosiatymi plodinami dosahoval 0,03 t ha⁻¹ r⁻¹ a pod širokoriadkovými 20,37 t ha⁻¹ r⁻¹.

Merania na lesných pôdach boli vykonávané na niekoľkých desiatkach erodomerných plôch v rôznych geologických a reliéfových podmienkach, zväčša pod bukovými a smrekovými (ale aj pod borovými, jedľovými, smrekovcovými a dubohrabovými) lesmi. Počet údajov pre lesné pôdy nie je uvedený pretože literatúra o meraniach na lesných pôdach si ešte vyžaduje podrobnejšie štúdium. Namerané hodnoty sa pohybujú v rozpätí 0-1,5 t ha⁻¹ r⁻¹ a najčastejšie dosahujú niekoľko desiatín t ha⁻¹ r⁻¹. Najvyššie hodnoty bývajú na rúbaniskách a ťažbou poškodených lesoch, kde sa často pohybujú nad 1 t ha⁻¹ r⁻¹. V každom prípade sú intenzity erózie namerané v lesoch približne o jeden rád nižšie ako na orných pôdach. Nie je to však len dôsledok lepšej protieróznej účinnosti lesných porastov, ale aj rozdiel v metodike meraní, najmä v dĺžke pôch, ktorá bola pri meraniach v lese väčšinou o jeden rád nižšia. Na erodomerných plochách v lesných oblastiach bola dominantným procesom plošná erózia, zatiaľ čo rozmery plôch zriaďovaných na ornej pôde sú postačujúce na rozvoj počiatočnej fázy líniovej erózie.

Merania v susedných krajinách

Pre porovnanie intenzity erózie bola vybratá veľmi voľne chápaná oblasť severovýchodne od Álp a Dinárskych hôr tiahnuca sa k Baltskému moru. Ide o oblasť klimaticky podobnú Slovensku s miernym podnebíom určeným striedajúcimi sa oceanickými vplyvmi prenikajúcimi od Atlantiku a kontinentálnymi vplyvmi z vnútrozemia Eurázie. Pochopiteľne podnebie je na tomto pomerne rozľahlom území rôznorodé a na juhu tejto oblasti je suchšie a teplejšie a na severe chladnejšie a vlhkejšie ako na Slovensku. Vybraté boli údaje o erózii pôdy na malorozmerných plochách s použitím celkového zachytávania odnosu a odtoku a s použitím preklápacích nádob alebo štrbinových rozdeľovačov odtoku namerané v Poľsku, Česku, Rakúsku, Maďarsku a Chorvátsku (tab. 2-6). Uvedené údaje nezahŕňajú systematicky všetky výsledky erózných meraní prebiehajúcich v týchto krajinách, ale len tie, ktoré bolo možné získať v prvej fáze syntézy erózných meraní.

Celkove sa z tejto oblasti podarilo zhromaždiť približne 254 údajov (plocha/rok), z čoho bolo 100 z Poľska, 86 z Česka, 26 z Maďarska, 24 z Rakúska a 9 z Chorvátska. Ich zhodnotenie sťažuje viacero prekážok, najmä to, že niektoré údaje sú čerpané iba zo sprostredkovaných zdrojov a pôvodné publikácie nie sú k dispozícii a to, že niektoré pôvodné publikácie sú v národných jazykoch. Z týchto dôvodov nemožno vyhodnotiť najmä České merania, lebo sú prevzaté z druhotného zdroja, ktorý nerozlišoval údaje ani pre čierne úhory, hustosiate a širokoriadkové plodiny a udáva iba celkové priemery, prípadne rozpätia hodnôt. Zo získaných 254 údajov (plocha/rok) bolo preto do vyhodnotenia zahrnutých len 168.

Uvedené výsledky predstavujú pomerne rôznorodý súbor, čo sa týka metodológie aj prostredia. Dĺžka erodovných plôch sa pohybuje od 4,5 do 120 m, väčšinou však okolo 20 m. Pri väčšine meraní bola použitá metóda celkového zachytávania, v Chorvátsku boli používané štrbinové rozdeľovače, v Rakúsku boli používané preklápacie nádoby. Väčšina meraní prebiehala na ornej pôde a len malá časť meraní v Poľsku a Česku postihuje aj trávne porasty a merania na lesnej pôde sa podarilo získať iba z jednej lokality v Poľsku (Beskydy, Starkel, 1972). Niektoré práce uvádzajú aj merania na čiernych úhoroch. Tieto údaje neboli do vyhodnocovania zahrnuté, pretože neodrážajú reálne erózne pomery, keďže čierne úhory sa v bežných podmienkach nevyskytujú a boli umelo udržiavané len pre potreby štúdia protieróznej účinnosti poľnohospodárskych plodín a agrotechniky, pri ktorom slúžili ako referenčná hodnota. Predbežné porovnanie údajov z okolitých krajín ukázalo, že intenzita erózie podlieha podobným trendom. Odnos na orných pôdach pod hustosiatymi plodinami je pomerne nízky a dosahuje len niekoľko desiatín tony až niekoľko ton na hektár ($0,3-2,4 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ v Poľsku, $0-2,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ v Rakúsku). V Maďarsku tak isto nebol pod hustosiatymi plodinami nameraný takmer žiaden odnos. Z tohto trendu sa vymykajú intenzity namerané v Chorvátsku, kde odnos pod hustosiatymi plodinami dosahuje $0-18,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$, pričom dva výrazné odnosy ($6,3$ a $18,9 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$) boli namerané pod krmnými miešankami a jeden ($5,2 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$) pod repkou olejnou. Je možné že tieto väčšie intenzity sú prejavom stredomorských klimatických vplyvov a inej distribúcie zrážkových úhrnov, alebo zrážkových intenzít počas roka, ale celkový priemer odnosu je veľmi podobný celkovému priemeru odnosov nameraných na Slovensku.

Tab. 2 Výsledky erózných meraní na malých plochách v Poľsku, Česku, Rakúsku, Maďarsku a Chorvátsku

Miesto a autori	Metóda	Obdobie	Dĺžka svahu	Sklon svahu	Porast	Priemerný	Rozpätie nameraných hodnôt	Počet údajov
						odnos pôdy		
Poľsko								
Czyrna, Klima (2002)	CZ	1991-96 (veget. obdobia)	5	13,5°	O, B, OT, KM, ČR	0,3	0,2-0,8	30
Bieszczady, Starkel (1972)	CZ	60-te roky	20	rôzny	Z	22,00	-	-
					ON	2,40		
					TP	0,10		
					L	0,03		
Szymbark, Gil (1986, 1999)	-	1972-90	60	18%	Z	28,05	-	18
					ON	1,83		
					TP	0,09		
Bogucin, Rejman, Usowicz (2002)	-	1998-2000 (veget. obdobia)	20	12%	ČÚ	39,77	-	3
Czeslawice, Rejman a kol. (1998)	-	1992-1995 (veget. obdobia)	20	9-10%	ČÚ	10,00	-	4
					O	1,24	-	4
Mokronosy, Stasik a Szafranski (2001)	-	1995-1998 (veget. obdobia)	40	4-12%	O	0,31	-	4
Posorty, Skrodzki (1972)	-	1956-1967	120	25%	OrP	15,13	-	12
					TP	0,04	-	12
Storkowo, Szpikowski (1998)	-	1994-1996 (veget. obdobia)	42	9%	ČÚ	4,64	-	3
					O	1,90	-	3
					Z	19,21	-	3
Česko								
Velké Žernoseky, Dostál (2006)	-	1959-1980	20	44,5%	ČÚ, TP	29,70*	-	44**
Trebsín, Dostál (2006)	-	1986-2006	35	14%	OrP	-	0-20	42**
* - priemer po vylúčení extrémnych hodnôt, **odhad								
Maďarsko								
Pilismarot, Goczan, Kertes (1988)	CZ	1982-85 (veget. sezóny)	45	8-15°	S, Ho, OP, ZK	60,80	0-221	4
			4,5-19,5			0,90	2,9-6,8	20
Pilismarot, Richter, Kertes (1989)		1984-85 (veget. sezóny)	8	8°	Lu	1,14	0,11-2,17	2
Rakúsko								
Mistelbach, Klik (2003)	PN	1994-2002	15	12%	ZK, OP, CR, JJ, S,	39,13	0-317,1	9
Pyhra, Klik (2003)	PN	1994-2002	15	15%	ZK, OP	9,52	0-67,5	9
Pixendorf, Klik (2003)	PN	1997-2002	15	5%	ZK, OP, CR, Ov	4,97	0,12-20,5	6
Chorvátsko								
Poljodar, Kiscic a kol. (2005)	ŠR	1995-2007	20,1	9%	K, So, OP, RO, KM,	12,70	0-38,7	9

Odnos pod širokoriadkovými plodinami sa vo všetkých krajinách pohybuje okolo niekoľkých ton až niekoľkých desiatok ton na hektár ($19 - 28 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ v Poľsku, pričom ide o zemiaky, $0-317 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$, s priemerom $35,6 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ v Rakúsku, $5,2-38,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$, s priemerom $26,7 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ v Chorvátsku, čo je veľmi podobné hodnotám nameraným na Slovensku. Bez zaujímavosti nie je ani fakt, že Rakúsku a Maďarsku boli namerané vyššie extrémne ako na Slovensku (317 a $221 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ oproti $75 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$).

Záver

Celkove bolo zhromaždených 323 údajov (plocha/rok), z čoho 69 zo Slovenska a 254 z okolitých krajín. Po vylúčení neúplných údajov bolo do vyhodnotenia zahrnutých 237 údajov, z čoho bolo 69 zo Slovenska a 168 z okolitých krajín. Porovnanie týchto údajov ukázalo, že intenzity erózie namerané na Slovensku a v okolitých krajinách vykazujú dobrú zhodu. Pri hustosiatych plodinách sa vo všetkých krajinách s výnimkou Chorvátska pohybujú v rozmedzí niekoľkých desiatín tony do 2-3 ton na hektár. Pre širokoriadkové plodiny sa pohybujú v rozmedzí o jeden rád vyššie, od niekoľkých ton do niekoľkých desiatok ton na hektár. V niektorých krajinách boli namerané vyššie extrémne hodnoty ako na Slovensku, $317 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ (Rakúsko) a $221 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$ (Maďarsko) oproti $75 \text{ t ha}^{-1} \text{ r}^{-1}$.

Najlepšie je zdokumentovaná intenzita erózie na orných pôdach. Oveľa menej údajov je dostupných z lesov a trávnych porastov, pričom na Slovensku boli uskutočnené početné merania na lesných pôdach a takmer žiadne na trávnych porastoch, zatiaľ čo v okolitých krajinách boli prevádzané viaceré merania na trávnych porastoch a takmer žiadne v lesoch. V tomto smere sa Slovenské údaje s údajmi zo susedných krajín vhodne dopĺňajú.

Pri robení záverov treba mať na pamäti, že zhromaždený súbor údajov nezahŕňa všetky merania ktoré boli v sledovaných krajinách prevádzané, ale len tie, ktoré sa podarilo v pomerne krátkej dobe získať prostredníctvom spolupráce s kolegami z týchto krajín a knižničnej výmennej služby. V budúcnosti bude kompletizácia údajov pokračovať. Treba mať na zreteli aj to, že vyhodnocovanie údajov je veľmi prácne a časovo náročné a nachádza sa iba v počiatočnom štádiu. V budúcnosti sa plánuje pokračovanie v spracovávaní získaných údajov a zvažuje sa prípadná štatistická analýza údajov, ak to obmedzené možnosti dovoľia.

Už súčasné závery však umožňujú sformulovať niektoré odporúčania pre ďalší výskum erózie v záujmových krajinách a to najmä väčší dôraz na merania v lesoch a na trvalých trávnych porastoch a taktiež možno odporúčať zjednocovanie metodiky, najmä zjednotenie dĺžky erodomerných plôch. Odporúčaná je dĺžka 20 metrov, ktorá je jednak pomerne často používaná už v súčasnosti a jednak sa merania na takýchto plochách dajú pomerne dobre prakticky zvládať.

Literatúra

- DOSTÁL, T., JANEČEK, M., KLIMENT, Z., KRÁSA, J., LANGHAMMER, J., VÁŠKA, J., VRÁNA, K., (2006): Czech Republic, In: Boardman J. a Poesen J.: Soil Erosion in Europe, J. Willey and sons, Ltd, Chichester.
- FULAJTÁR, E., (2008): Soil erosion rates in Western Carpathians: Major achievements of half-century investigations and strategy for future, Abstract book, Final COST

- 634 International Conference “On- and Off-site Environmental Impacts of Runoff and Erosion”, 30th June – 4th July 2008, Aveiro.
- FULAJTÁR, JANSKÝ (2001): Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana, VÚPOP, Bratislava.
- GAJDOVA J, HUCKO P, KOLLAR A, FULAJTAR E. (1999): Influence of erosion processes at agriculturally exploited land on quality of water in watercourses (In Slovak: Vplyv erózných procesov v poľnohospodársky využívanej krajine na kvalitu vody v tokoch), Research report, VÚVH, Bratislava.
- GIL, E., (1986): Rola użytkowania ziemi w przebiegu spływu powierzchniowego i spłukiwania na stokach fliszowych (The role of land use in processes of the surface runoff and wash-down on the flysch slopes), *Przegląd Geograficzny* rocznik 58, číslo 1-2.
- GIL, E., (1999): Obieg wody i spłukiwanie na fliszowych stokach użytkowanych rolniczo w latach 1980-1990 (wyniki badań przeprowadzonych na poletkach doświadczalnych na Stacji Naukowej IGiPZ PAN w Szymbarku). *Zeszyty IGiPZ PAN* číslo 60.
- GOZAN L., KERTESZ A., 1988: Some results of soil erosion monitoring at a large-scale farming experimental station in Hungary, *Catena* supplement 12.
- CHOMANIČOVÁ, A., (1988): Príčina erózie a najvhodnejšie spôsoby protieróznej ochrany pôd na flyšových substrátoch, výskumná správa, VÚPOP, Bratislava.
- KISIČ, I., BAŠIČ, F., BUTORAC, A., MESIČ, M., NESTROY, O., SABOLIČ M., (2005): *Erozija tla vodom pri različitim načinima obrade*, Sveučilište u Zagreba, Zagreb.
- KLIMA, K., (2002): Assessment of anti-erosion efficiency for three crop rotations applied to mountain soil, *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*.
- KLIK, A., (2003): Einfluss unterschiedlicher Bodenbearbeitung auf Oberflächenabfluss, Bodenabtrag sowie auf Nährstoff- und Pestizidausträge (The impact of Different Tillage Practices on Surface Runoff, Soil Erosion and Nutrient and Pesticide Losses, *Osterr. Wasser- und Abfallwirtschaft*, 5-6.
- MIDRIAK R., (1986): Measuring of runoff and soil erosion under forests and alpine meadows (In Slovak: K metódam merania povrchového odtoku a erózných pôdnych strát v lesných porastoch a nad hranicou lesa). *Vodohospodársky časopis*, 34(6).
- MIDRIAK, R., (1989): Vplyv foriem hospodárskeho spôsobu na povrchový odtok a pôdne straty v smrekovom a jedľo-bukovom ekosystéme, *Lesnícky časopis* 35.
- MIDRIAK, R., (1993): Povrchový odtok a erózne pôdne straty v lesných porastoch Slovenska, *Acta Facultatis Forestalis* 35.
- MIDRIAK, R., (1994): Ovplyvnenie kvantity a kvality povrchového odtoku i erózných pôdnych strát odlišným hospodárskym spôsobom v ekosystéme jedľo-bukového lesa, *Acta Facultatis Ecologiae* 1.
- REJMAN, J. A USOWICZ, B., (2002): Evaluation of soil-loss contribution areas in southeast Poland, *Earth Surface Processes and Landforms* 27.
- REJMAN, J., TURSKI, R., PALUSZEK J., (1998): Spatial and temporal variations in erodibility of loess soils, *Soil and Tillage Research* 46.
- RICHTER G., KERTESZ A., (1989): Some results of soil erosion measurements in FGR and in Hungary – a comparison, *Acta Geographica Debreciica*, XXIV-XXV.
- SKRODZKI, M., (1972): Present-day water and wind erosion of soils in NE Poland, *Geographia Polonica* 23.

- STARKEL L., (1972): Characterising the relief of Polish Karpathians and its impact on land use (In Polish: Charakterystyka rzeźby Polskich Karpat i jej znaczenie dla gospodarki ludzkiej), *Probl. zagosp. ziem gorskich*, 10.
- STASIK, R. A SZAFRAŃSKI, C., (2001): Próba zastosowania modelu USLE do prognozowania intensywności erozji wodnej gleb Pojezierza Gnieźnieńskiego, *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis* 217.
- STAŠÍK, V., KARNIŠ J., MŮCIK A., (1983): Kvantifikácia úniku živín najmä eróznymi procesmi v povodí Čečejevky, *Závěrečná správa, VÚPÚ, Bratislava*.
- SZPIKOWSKI, J., (1998): Wielkość i mechanizm erozji wodnej gleb na stokach uštykowanych rolniczo w zlewni młodoglacjalnej (Górna Parsęta, Chwalimski Potok). *Bibliotheca Fragmenta Agronomica*, 4B.
- ŠIMONIDES, I., (1993): Measurements of runoff and soil loss with the use of deluometric equipment, *Acta fytotechnica XLVIII, VŠP, Nitra*.
- ZAUŠKOVÁ, L., (2001): Povrchový odtok a erózne pôdne straty v lesných porastoch povodia vodohospodárskej nádrže Hriňová na území biosférickej rezervácie Poľana, *Acta Facultatis Ecologiae* 8, TŮ Zvolen.



DIVERZITA PÔDNYCH MIKROORGANIZMOV

SOIL MICROBIAL DIVERSITY

Erika Gömöryová

Lesnícka fakulta, Technická univerzita vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovensko
e-mail: egomory@vsld.tuzvo.sk

Abstrakt

Pôdne mikroorganizmy zohrávajú kľúčovú a nezastupiteľnú úlohu v mnohých pôdnych procesoch. V posledných rokoch sme v pôdoznaleckej literatúre zaznamenali rastúci záujem o problematiku diverzity pôdnych mikroorganizmov. Príspevok poukazuje na niektoré problémy pri jej zisťovaní, metódy štúdiá i niektoré výsledky, ktoré potvrdzujú extrémne vysokú diverzitu pôdnych mikroorganizmov.

Kľúčové slová: pôda, mikroorganizmy, diverzita

Abstract

Soil microorganisms are the key players in many soil processes. In recent years there is an increasing interest in the study of soil biodiversity. This paper deals with problems in the study of soil microbial communities and some recent knowledge confirming extremely high levels of soil microbial diversity.

Key words: soil, microorganisms, diversity

Pôdne organizmy sú dôležitým prvkom terestriálnych ekosystémov. Hoci predstavujú len čosi menej ako 0,5 % z celkového objemu pôdy a 10 % z celkovej organickej hmoty v pôde, majú nezastupiteľnú úlohu pri dekompozícii organickej hmoty, v kolobehu uhlíka, dusíka, síry, fosforu, transformácii a degradácii rôznych odpadových a toxických látok, a pod. Okrem toho v značnej miere ovplyvňujú aj fyzikálne vlastnosti pôdy. Produkovaním extracelulárnych polysacharidov napomáhajú tvorbe pôdnych agregátov a prispievajú k stabilizácii pôdnej štruktúry. Tým zároveň nepriamo ovplyvňujú vododržnosť pôdy, infiltráciu vody do pôdy, jej erodovateľnosť, atď. Doteraz sa výskum sústreďoval najmä na zisťovanie počtu, biomasy a aktivity pôdnych mikroorganizmov, zatiaľ čo otázkam diverzity pôdnych organizmov a najmä mikroorganizmov sa začalo intenzívnejšie venovať až v posledných rokoch a to z týchto dôvodov:

- problematika diverzity organizmov sa dostala do popredia záujmu mnohých vedeckých inštitúcií najmä po r.1992, kedy v Rio de Janeiro v rámci Konferencie OSN pre životné prostredie a rozvoj bol podpísaný Dohovor o biologickej diverzite. V samotnom Dohovore o biologickej diverzite (článok 2) je termín "biologická diverzita" definovaný ako "rôznorodosť všetkých živých organizmov vrátane ich suchozemských, morských a ostatných vodných ekosystémov a ekologických komplexov, ktorých sú súčasťou". Pod pojmom "biologická diverzita" v zmysle

Dohovoru sa chápe nielen rôznorodosť v rámci druhov a medzi druhmi, ale aj rozmanitosť (diverzita) ekosystémov (<http://www.enviroportal.sk>).

- metodické problémy - vysoká priestorová variabilita fyzikálnych, chemických a následne aj biologických vlastností pôd znamená komplikácie pri zisťovaní diverzity pôdných organizmov. Stavba pôdy, rôzne priestorové usporiadanie pôdných častíc, pórového priestranstva s pôdnym roztokom a vzduchom spôsobuje, že už na veľmi malých vzdialenostiach (niekoľkých mm až μm) sa vytvárajú habitáty s veľmi rozdielnymi podmienkami pre život mikroorganizmov. Pórové priestranstvo vytvára akýsi „labyrint“ pórov, vďaka ktorému môžu byť mikroorganizmy separované na značné vzdialenosti (v porovnaní s ich veľkosťou). Dalo by sa to porovnať s geografickou izoláciou vyšších organizmov, avšak v podstatne menšej mierke. Pokiaľ ide o chemické vlastnosti, predpokladá sa, že rozdiely v pôdnej organickej hmote, ktorá je zdrojom výživy väčšiny pôdných organizmov, vedú aj k diverzite mikrobiálnych spoločenstiev. Konkurenčný boj o potravu patrí medzi kľúčové faktory diverzifikácie organizmov (RITZ *et al.* 2003).

Počet taxónov v pôde je v porovnaní s rastlinami a živočíchmi niekoľkonásobne vyšší. Jeden gram pôdy môže obsahovať až 10 biliónov mikroorganizmov patriacich k tisíckam rôznych druhov. Toto obrovské množstvo pôdných organizmov sa vyznačuje aj značnou diverzitou na rôznych úrovniach, či už ide o úroveň genetickú, taxonomickú alebo funkčnú, týka sa to najmä mikroorganizmov. Okrem extrémnych stanovišť (ako sú napr. púštne oblasti), v pôde sa vyskytujú spoločenstvá s najväčšou diverzitou na Zemi. Doteraz bolo identifikovaných okolo 70 tisíc druhov baktérií a húb, ale predpokladá sa, že až okolo 4 530 000 druhov ešte nebolo opísaných, čo predstavuje takmer 95% všetkých mikroorganizmov (HAWKSWORTH *et MOUND*, 1991). Pôda sa tak považuje za najväčšiu génovú banku. Identifikácia mikroorganizmov je obtiažna, pracná a časovo náročná, nie je možné ich identifikovať na náklade morfológických znakov ako vyššie rastliny. Problémy sú aj s izoláciou mikroorganizmov. Mnohé druhy nie je možné kultivovať *in vitro*, čoho dôkazom je porovnanie výsledkov priameho mikroskopického pozorovania s výsledkami kultivácie na živných médiách. Významnejší posun poznatkov ohľadom diverzity pôdných mikroorganizmov nastal až zavedením novších metód, z nich najviac sa v súčasnosti používajú molekulárne techniky, metóda analýzy fosfolipidických mastných kyselín (PLFA) a analýzy metabolického potenciálu systémom BIOLOG.

Molekulárne techniky

Štúdium RNA alebo DNA sekvencií v kombinácii s próbami fluorescenčne značených oligonukleotidov znamená novú dimenziu pri charakterizovaní a štúdiu pôdných mikroorganizmov, ktoré nie je možné kultivovať. Spomedzi molekulárnych techník sú najpoužívanejšie tie, pri ktorých sa malá subjednotka génov pre RNA amplifikuje z nukleových kyselín, extrahovaných z pôdných mikroorganizmov.

Pomocou fluorescenčne značených rDNA oligonukleotidov (metóda FISH) môžeme mikroskopicky vidieť aj tie baktérie, ktoré sa nedajú kultivovať. Na základe molekulárnych metód sa zistilo, že 1g pôdy obsahuje viac ako 10^9 baktérií, patriacich k približne 10.000 rôznym druhom.

PLFA

PLFA sa analyzujú fosfolipidické masné kyseliny, ktoré sú podstatnou súčasťou bunkových membrán pôdnych mikroorganizmov a analýzy tak umožňujú získať obraz o trofickej štruktúre mikrobiálnych spoločenstiev. Touto metódou sú lipidy, nachádzajúce sa v mikrobiálnych bunkách, extrahované v organických rozpúšťadlách a následne kvantifikované na plynovom chromatografe. Je to pomerne rýchla a spoľahlivá metóda, pomocou ktorej môžeme zachytiť zmeny v štruktúre mikrobiálnych spoločenstiev, i keď je pravda, že aj táto metóda má svoje negatíva – fyziologický stav organizmov môže ovplyvňovať zloženie mastných kyselín v membránach, čo komplikuje následne interpretáciu výsledkov.

Metóda BIOLOG

Metódou BIOLOG identifikujeme metabolický potenciál spoločenstva (funkčnú diverzitu). Na identifikáciu využívame jednoduché uhlíkaté substráty (napr. L-arginin, L-asparagin, D-xylóza, α -D-laktóza, a ďalšie), ktoré sú spolu s farbivom (tetrazólium) umiestnené v jamkách na mikroplatniach. Podľa schopnosti rozkladať konkrétny C-substrát identifikujeme následne fyziologický potenciál spoločenstva. PLFA a BIOLOG metódy majú spoločné to, že pri nich sa neizolujú jednotlivé mikroorganizmy, ale identifikácia sa vykonáva na úrovni spoločenstva.

Ako už bolo vyššie spomenuté, pôdne organizmy sa vyznačujú značnou diverzitou. FITTER *et al.* (2005) sumarizovali údaje z prác niekoľkých autorov a uvádzajú, že napr. hektár pôdy môže byť domovom 125 – 400 druhov nematód. Vysoká variabilita sa zistila aj pri symbiotických hubách kmeňa Glomeromycota (tvoriace arbuskulárnu mykorízu). Doteraz bolo na Zemi opísaných 150-200 morfológických druhov. Zaujímavé je, že výskumný tím okolo prof. Younga z Univerzity v Yorku identifikoval molekulárnymi metódami až 17 rozdielnych typov týchto húb a to len na niekoľkých koreňoch druhu *Trifolium repens* a 24, keď sa do úvahy bral aj druh *Agrostis capillaris*. Naproti tomu pri väčších pôdnych organizmoch sa nezistila nejaká nezvyčajne vysoká diverzita. Skutočnosť, že čím menšie organizmy, tým väčšia diverzita, súvisí pravdepodobne s extrémnou heterogenitou pôdneho prostredia na všetkých priestorových úrovniach a obmedzenou schopnosťou migrácie väčšiny týchto organizmov.

Doteraz nezodpovedanou ostáva otázka, či je štruktúra mikrobiálnych spoločenstiev jednotlivých pôdnych typov v rôznych oblastiach na Zemi rovnaká (za predpokladu, že mikroorganizmy boli šírené vetrom, vodou, vtáctvom, ľudskou aktivitou). Ak ich výskyt je naopak geograficky ohraničený, potom možno predpokladať, že mikrobiálna diverzita v globálnom merítku bude značne vysoká (NANNIPIERI *et al.* 2003). TIEDJE *et al.* (2001) pozorovali pozitívny a signifikantný vzťah medzi genetickou a geografickou vzdialenosťou.

Pôda predstavuje komplexný systém, kde je vytvorených množstvo habitatov s veľmi rozdielnym fyzikálno-chemickým gradientom a diskontinuálnymi environmentálnymi podmienkami. Mikroorganizmy žijú v spoločenstvách, ktoré sú niektoré viac, iné menej navzájom prepojené. Výsledky štúdií naznačujú význam pôdnej štruktúry a priestorovej izolácie na diverzitu a štruktúru mikrobiálnych spoločenstiev. RANJARD *et RACHAUME* (2001) pri analýzach pôdnych vzoriek zistili, že až 80 % baktérií sa nachádzalo v mikropóroch vo vnútri stabilných agregátov. Takéto mikrohabitáty sa vyznačovali priaznivými podmienkami pre rast

mikroorganizmov, keďže tu bol priaznivý vodno-vzdušný režim, dostatok živín a zabezpečená ochrana pred predátormi. Na rozdiel od miest so zvýšenou mikrobiálnou aktivitou, tzv. zón „hot spots“, vo väčšine pórov nie sú podmienky optimálne pre rast a vývoj mikroorganizmov.

TIEDJE *et al.* (2001) sa domnievajú, že na povrchu pôdy, kde sa pozorovala vyššia diverzita mikroorganizmov a kde nedominoval ani jeden mikrobiálny druh, konkurenčný boj typický pre vyššie organizmy chýba, pretože pôdne mikroorganizmy sú priestorovo izolované. Kontakt medzi mikrohabitátmi spravidla trvá len krátky čas, bezprostredne po daždi, kedy voda vytvára „premostenie“ medzi pôdnymi čistočkami či agregátmi. Rýchly priesak vody podmieňuje izoláciu medzi rôznymi pôdnymi mikrohabitátmi. Dôkazom toho je skutočnosť, že v saturovaných pôdach dominuje len jeden alebo málo ďalších druhov. Na druhej strane vyššia diverzita by mohla súvisieť s väčšou variabilitou v kvalite organického materiálu na povrchu pôdy ako vo väčších hĺbkach. Pôdy s väčšou priestorovou izoláciou sa vyznačovali vyššou mikrobiálnou diverzitou a naopak. Pórové priestranstvo úzko súvisí s veľkosťou pôdných čistočiek. SESSITSCH *et al.* (2001) pozorovali vo frakcii s najmenšími pôdnymi čistočkami vyššiu diverzitu mikroorganizmov ako vo frakcii s čistočkami väčšími.

Pretože pôdne mikroorganizmy sú závislé na metabolických produktoch primárnych producentov je otázne, nakoľko diverzita vyšších rastlín ovplyvňuje diverzitu pôdných mikroorganizmov. Doterajšie výsledky poukazujú na súvislosti medzi výskytom pôdných mikroorganizmov a prítomnosťou špecifických rastlinných zvyškov a nárastom taxonomickej a funkčnej diverzity s rastúcou heterogenitou zdrojov (ZAK *et al.* 1996).

Je známe, že počet, biomasa a aktivita mikroorganizmov sa vyznačuje nielen značnou priestorovou, ale aj časovou variabilitou. Vystáva otázka, či sezónne zmeny ovplyvňujú aj kvalitatívne zloženie mikrobiálneho spoločenstva. PAPTAEODOROU *et al.* (2004) zistili, že diverzita baktérií, druhová bohatosť a vyrovnanosť významne súvisela so zmenami teploty a vlhkosti pôdy v priebehu roka, pričom na sledovaných plochách pozorovali pokles diverzity od leta do zimy. KANG *et al.* (2004) takisto pozorovali jasný časový trend v štruktúre mikrobiálneho spoločenstva.

V posledných rokoch pribúda prác, ktoré sa venujú problematike diverzity pôdných mikroorganizmov a funkciám ekosystémov. Na základe doterajších poznatkov nie je možné dať jednoznačnú odpoveď ani na otázku, v akom vzťahu je pôdna biodiverzita a pôdna úrodnosť. BENGTSOON (1996) uvádza, že „...neexistuje (priamy) mechanistický vzťah medzi diverzitou a funkciou ekosystému. Domnievať sa, že jedno jednoduché číslo –druhová bohatosť alebo index diverzity- môže podchytiť komplex vzťahov medzi viacerými druhmi a ich funkciou v týchto inetrakciách ... je naivné ..a negujúce ekologické výskumy od r. 1960“. Vzťah medzi mikrobiálnou diverzitou a pôdnymi funkciami je doteraz veľkou neznámou. Vo všeobecnosti platí hypotéza, že vyššia diverzita stabilizuje funkčné vlastnosti ekosystému, ktorý je stabilnejší, produkčnejší a odolnejší voči stresovým faktorom a disturbanciám (TORSVIK *et al.* 2002). O'DONAL *et al.* (2001, in NANNIPIERI *et al.* 2003) za hlavný problém pri zisťovaní vzťahov medzi diverzitou a pôdnymi funkciami považujú pochopenie vzťahov medzi genetickou diverzitou a štruktúrou spoločenstva na jednej strane a medzi štruktúrou spoločenstva a funkciou na strane druhej. Ukazuje sa, že zisťovanie počtu druhov (bohatosť) je menej relevantné ako zisťovanie funkčných

atribútov mikrobiálneho spoločenstva, nakoľko väčšina pôdných mikroorganizmov priamo ovplyvňuje viac ako len jednu funkciu. Ako príklad uvádzajú GARCIAPLAZAOLA *et al.* (1993, in RITZ *et al.* 2003) baktérie *Rhizobium*, ktoré pokiaľ žijú v symbióze s leguminóznymi rastlinami, fixujú N₂, ale pokiaľ žijú voľne, sú schopné denitrifikácie, rozkladajú organickú hmotu, zlepšujú agregáciu pôdných častí, produkujú extracelulárnych polysacharidov, apod. Výsledky viacerých experimentov poukazujú na to, že medzi mikrobiálnou diverzitou a dekompozíciou organickej hmoty nie je žiadny vzťah a že redukcia ktoréhokoľvek druhu má len nepatrný vplyv na pôdne procesy, nakoľko ostatné mikroorganizmy sú schopné prevziať ich funkciu (NANNIPIERI *et al.* 2005).

Výsledky experimentálnych analýz poukazujú na to, že vzťah medzi diverzitou a pôdnymi funkciami je komplexný a doterajšie poznatky nedovoľujú urobiť všeobecnejšie závery. Veľká rozmanitosť pôdných organizmov, heterogénne pôdne prostredie a množstvo procesov, ktoré v pôde prebiehajú vyžadujú rozsiahlejší výskum v tejto oblasti nielen kvôli rozšíreniu základných poznatkov, ale aj ich následnej aplikácie (ochrana, biotechnológie, atď.)

Pod'akovanie

Táto práca bola vypracovaná v rámci riešenia grantových úloh projektu APVV-0468-06 a VEGA 1/0703/08

Literatúra

- BENGTSSON, J., 1998: Which species? What kind of diversity? Which ecosystem function? Some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function. *Applied Soil Ecology* 10: 191-199.
- FITTER, A.H., GILLIGAN, A., HOLLINGWORTH K., KLECZKOWSKI A., TWYMAN R.M., PITCHFORD J.W., 2005: Biodiversity and ecosystem function in soil. *Functional Ecology*, 19: 369-377.
- HAWKSWORTH, D.L., MOUND, L.A., 1991: Biodiversity databases: the crucial significance of collections. In: Hawksworth, D.L. (Ed.), *The Biodiversity of Microorganisms and Invertebrates: its Role in Sustainable Agriculture*. CAB International, Wallingford, United Kingdom, pp. 17-29.
- KANG, S., MILLS, A.L., 2004: Soil bacterial community structure changes following disturbance of the overlying plant community. *Soil Science*, 169: 55-65
- NANNIPIERI, P., ASCHER, J., CECCHERINI, M.T., LANDI, L., PIETRAMELLARA, G., RENELLA, G., 2003: Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*, 54: 655-670.
- PAPATHEODOROU, E.M., ARGYROPOULOU, M.D., STAMOU G. P., 2004: The effects of large- and small-scale differences in soil temperature and moisture on bacterial functional diversity and the community of bacterial nematodes. *Applied Soil Ecology*, 25: 37-49
- RANJARD, L., RACHAUME, A., 2001: Quantitative and qualitative microscale distribution of bacteria in soil. *Research in Microbiology*, 152: 707-716.

- SESSITSCH, A., WEILHARTER, A., GERZABEK, M.H., KIRCHMANN, H., KANDELER, E., 2001: Microbial population structures in particle size fractions of a long-term fertilizer field experiment. *Applied Environmental Microbiology*, 67: 4215-4224
- RITZ, K., MCHUGH, M., HARRIS, J., 2003: Biological diversity and function in soils: contemporary perspectives and implications in relation to the formulation of effective indicators. OECD Expert Meeting on Soil Erosion and Soil Biodiversity Indicators, Rome, March, 2003 p.1-11
- TORSVIK, V., ØVREÅS, L., 2002: Microbial diversity and function in soil: from genes to ecosystems. *Current Opinion in Microbiology*, 5: 240-245
- ZAK, J.C., VISSER, S., 1996: An appraisal of soil fungal biodiversity: the crossroads between taxonomic and functional biodiversity. *Biodiversity and Conservation* 5: 169-183.

PRIESTOROVÁ VARIABILITA PÔDNYCH VLASTNOSTÍ AKO VÝCHODISKO RACIONÁLNEHO VYUŽÍVANIA PÔDY A JEJ OCHRANY

SPATIAL VARIABILITY RELATED TO SOIL PROPERTIES AS A BASIS FOR RATIONAL SOIL MANAGEMENT AND SOIL PROTECTION

JÁN Halas¹, MARTINA Nováková²

*Výskumný ústav pôdoznactva a ochrany pôdy Bratislava, Raymanova 1,
080 01 Prešov, SR¹*

*Výskumný ústav pôdoznactva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10,
827 13 Bratislava, SR²*

e-mail: halas@vupop.sk

Abstrakt

O existencii priestorovej variability pôdneho prostredia nikto nepochybuje. Otvoreným zostáva spôsob získavania údajov o tejto variabilite a rovnako hustota údajov potrebná na jednotku plochy s cieľom zabezpečenia relevantného výsledku, t.j. jej dostatočného postihnúť. V príspevku prezentujeme parciálne výsledky experimentu zameraného na testovanie možnosti získavania údajov a ich spracovania, výsledky týkajúce sa analýzy priestorovej variability vybraných parametrov a faktorov s nimi súvisiacich, smerujúcich v konečnom dôsledku k racionálnejšiemu (dlhodobému) využívaniu pôdy a jej ochrany v modelovom území. Bazálnu časť tvorili údaje DPZ (satelitné obrazové záznamy), na pozadí ktorých boli vytvorené areály s vizuálne podobnými prejavmi. Vzhľadom na potrebu analýzy a hodnotenia vytvorených areálov bola nad modelovým územím vytvorená inteligentná sieť bodov pre odber pôdnych vzoriek v tvare rovnostranného trojuholníka. Z analyzovaných parametrov (Cox, zrnitosť) boli následne vytvorené mapy ich priestorovej variability ako aj mapy variability DMR a variability úrody pestovaných plodín. Z experimentu vyplynula potreba klasifikácie vytvorených areálov dostupnými parametrami ako aj potreba systematizácie v GIS prostredí, za účelom následného triedenia a zoskupovania areálov podľa zvolených atribútov, čo poslúži pri rozhodovaní o spôsobe racionálnejšieho využívania pôdy a jej ochrany.

Kľúčové slová: priestorová variabilita, pôdne vlastnosti, racionálne využívanie pôdy

Abstract

The existence of detail spatial variability related to soil properties is well-known fact. The problem is how to cover and to map it in appropriate way and to obtain relevant data for purposes of rational soil management and soil protections (and precision farming as well). In the paper we present i) an example of the partial results of experiment oriented to compare spatial soil data obtained with different methods (existing data versus data from field measurements) and ii) the results of analyzes of

spatial variability related to soil properties (content of Cox, soil texture) and another landscape properties relevant from their contribution to rational soil management point of view. On the base of remote sensing data (satellite scenes) the areas with similar soil properties were visually delimited. The intelligent regular (triangle) soil sampling network was applied to obtain spatially detailed soil data. Collected soil data were processed and maps of spatial variability related to selected soil properties were prepared. The method of zonal analyzes was applied on soil maps, map of elevation (DTM) and on map of crop yield spatial variability with the aim to characterize individual areas. Consequently, individual areas were evaluated from the production and economic rentability point of view. From the experiment results it is clear that classification of delimited areas on the base of selected criteria (special-purposed criteria) represents the method with high potential in support of decision making in the area of rational soil management and soil protection.

Keywords: within-field spatial variability, soil properties, rational soil management

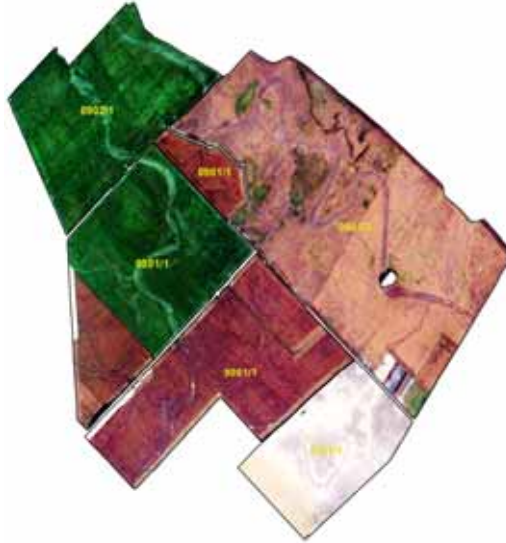
Úvod

O existencii priestorovej variability pôdneho prostredia nikto nepochybuje. Samozrejmosťou neraz býva výrazná variabilita pôdných parametrov aj v rámci relatívne malých území, akými sú hony (parcely) poľnohospodárskej pôdy (Scholtz a iní 2006, Scholtz a iní 2007, Sviček a Nováková 2006). Otvoreným zostáva spôsob získavania údajov o tejto variabilite a rovnako hustota údajov potrebná na jednotku plochy s cieľom zabezpečenia relevantného výsledku, t.j. jej dostatočného postihnúť. V príspevku prezentujeme parciálne výsledky experimentu zameraného na testovanie možnosti získavania údajov a ich spracovania, výsledky týkajúce sa analýzy priestorovej variability vybraných parametrov a faktorov s nimi súvisiacich, smerujúcich v konečnom dôsledku k racionálnejšiemu (dlhodobému) využívaniu pôdy a jej ochrany. Práca je súčasťou z kontraktu VÚPOP s MPSR zameraného na rozpracovanie modelov a aplikáciu presného poľnohospodárstva kombináciou metód GIS, DPZ a terénnych meraní. Experiment bol realizovaný na modelovom území poľnohospodárskeho subjektu Agrodivízia s.r.o. Selice.

Materiál a metódy

Charakteristika územia

Modelové územie je lokalizované v jednej z našich najproduktívnejších poľnohospodárskych oblastí, na Podunajskej nížine, presnejšie na ľavom brehu Váhu, juhovýchodne od mesta Šaľa. Územie patrí do veľmi teplej a veľmi suchej klimatickej oblasti (priemerná ročná teplota približne 10°C a priemerný ročný úhrn zrážok okolo 530 mm). Dominantným faktorom ovplyvňujúcim pôdne pomery územia (prevládajúcim pôdnym typom sú fluvizeme a čierne) je poloha Selíc na alúviu Váhu. Územie leží prakticky na rovine, avšak lokálne má značne diferencovaný mikrorelief (výškové rozdiely predstavujú 1 až 3,5 m). Experiment bol realizovaný na KD Žihárec 0001/1, Jatov 9901/3, Sala 0902/1 a 0901/1, Palárikovo 9001/1 a 9101/1 (podľa evidencie LPIS, obr.1) s výmerou 723 ha.

Obr.1 Lokalizácia modelového územia (evidencia LPIS)

Charakteristika experimentu

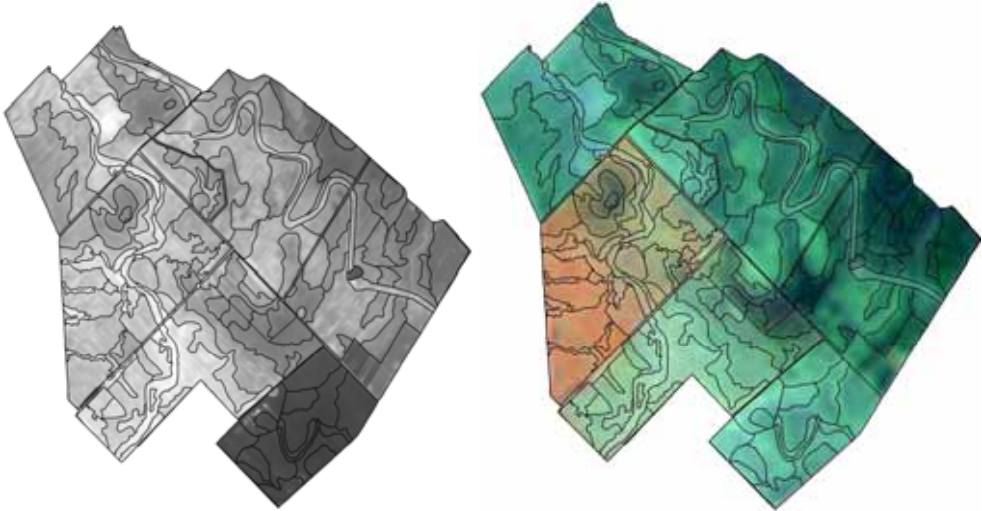
V prvom kroku experimentu bola realizovaná vizuálna rekognoskácia modelového územia na podklade údajov DPZ. Satelitné obrazové záznamy a letecké snímky z rôznych časových období (viac rokov – 2002-2007, ako aj období počas roka) poskytli dostatočne spoľahlivý bazálny materiál, na pozadí ktorého bola identifikovaná značná priestorová variabilita pôdneho prostredia.

V druhom kroku boli na podklade údajov DPZ vytvorené areály s vizuálne podobnými prejavmi (obr.2). Napriek tomu, že nejde o detailne a komplexne sofistikovaný prístup vytvárania priestorovo diferencovaných areálov, vzhľadom na testované možnosti ich kreovania za podpory štatistických a geoštatistické metód (spôsoby spracovania údajov DPZ) sa tento prístup ukázal ako akceptovateľný.

Vzhľadom na potrebu analýzy a hodnotenia vytvorených areálov, ako aj identifikácie príčin vizuálnych prejavov priestorovej variability, bola nad modelovým územím vytvorená inteligentná sieť bodov pre odber pôdnych vzoriek v tvare rovnostranného trojuholníka (131,5 m) (obr. 3a), ktorá sa javí ako najpriateľnejšia z hľadiska možnej identifikácie variability pôdnych charakteristík mapovaním. Hustota siete bola zvolená na úrovni jedna vzorka na 1,5 ha, čo vyplynulo z odporúčaní hustoty vzorkovania pre účely presného poľnohospodárstva (PF). Ide o kompromisné riešenie medzi potrebnou hustotou na dosiahnutie relevantného výsledku a nákladmi nevyhnutnými na analýzu vzoriek. Spolu bolo odobratých 512 vzoriek, z ktorých boli stanovené parametre – obsah Cox (z hĺbky 0-0,2 m) a zrnitosť, resp. obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (z hĺbok 0-0,2 a 0,35-0,45 m).

Pre porovnanie - počet sond realizovaného Komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd (KPP), ktoré spadajú do modelového územia je spolu 56 (obr. 3b).

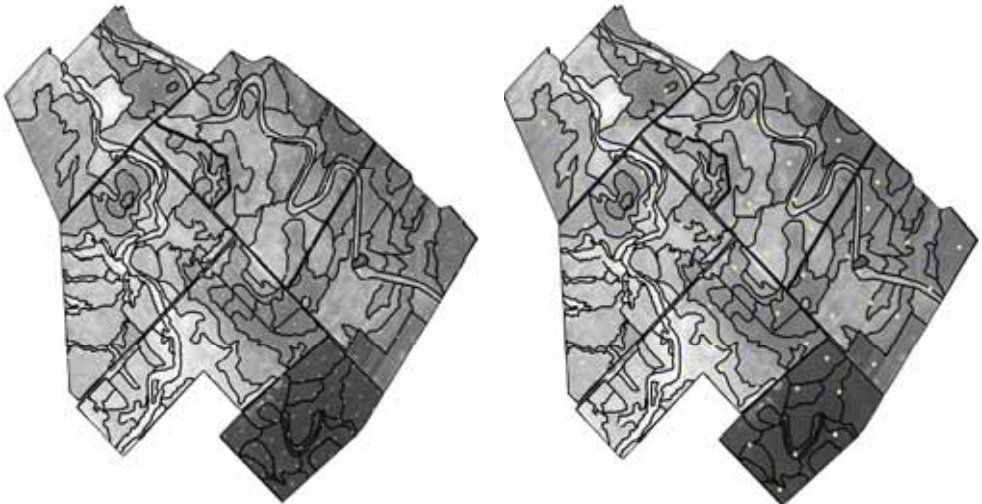
Obr. 2 Vytvorené areály (na podklade satelitných scén) s diferencovanými vizuálnymi prejavmi pôdných vlastností



Obr.3 Lokalizácia odberových miest pre stanovenie zrnitosti pôdy v experimente (3a) a podľa pôdneho prieskumu KPP (3b).

3a)

3b)

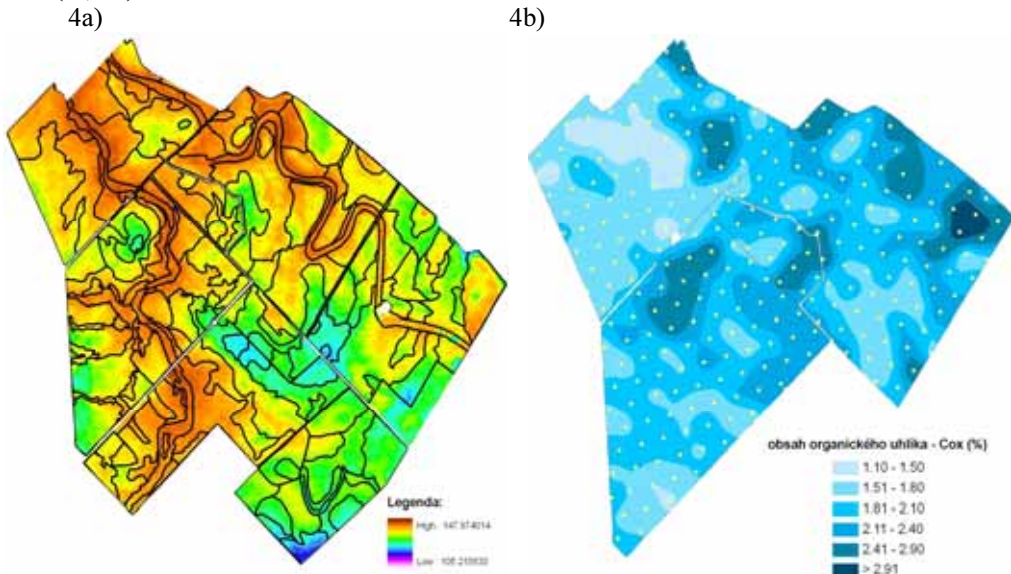


Pre účely hodnotenia areálov boli použité aj údaje o výškových pomeroch modelového územia (digitálny model reliéfu – DMR), ako aj údaje o variabilite a výške produkcie (pestovaných plodín) v sledovanom období. Tieto poskytol užívateľ pôdy (subjekt Agrodivízia Selice sr.o.).

Značné množstvo zozbieraných údajov (presne geograficky lokalizovaných) umožnilo interpretáciu a vytvorenie vrstiev priestorovej variability sledovaných pôdných vlastností a environmentálnych charakteristík (vrátane úrody) v prostredí ArcGISTM - Geostatistical AnalystTM (Jonhston a iní 2001) prostredníctvom metód interpolácie kriging a spline. Na ilustráciu prezentujeme niektoré vybrané vrstvy: variabilita DMR – obr. 4a; variabilita obsahu C_{ox} – obr.4b; variabilita úrody – obr.6a.

Podklady pre hodnotenie vizuálne stanovených areálov boli pripravené prostredníctvom zonálnej štatistiky v nadstavbe Spatial Analyst™ (McCoy a Johnston 2001). Aplikácia metódy zonálnej štatistiky umožnila priradiť jednotlivým areálom zodpovedajúce údaje o sledovaných vlastnostiach pôdy a krajiny (nadmorská výška, zrnitosť pôdy, obsah C_{ox}). Samotné hodnotenie areálov následne prebehlo na základe agregovaných údajov o dosiahnutej úrode v príslušných areáloch a údajoch o miere rentability pestovaných plodín v jednotlivých areáloch (stanovenej na základe dostupných ekonomických podkladov).

Obr.4 Výškové pomery modelového územia (DMR;4b); obsah organického uhlíka Cox (%; 4b).



Výsledky a diskusia

Detailná priestorová variabilita pôdnych vlastností – ukážka zrnitosť pôdy

So zámerom porovnania variability jedného parametra vytvoreného dvoma spôsobmi (zrnitosť pôdy) bola z vrstvy BPEJ vytvorená mapa pôdnych druhov (obr. 5a) a porovnávaná s mapou vytvorenou zo vzorkovanej siete (obr 5.b) Porovnanie výmer jednotlivých kategórií v oboch prípadoch je prezentované v tabuľke 1.

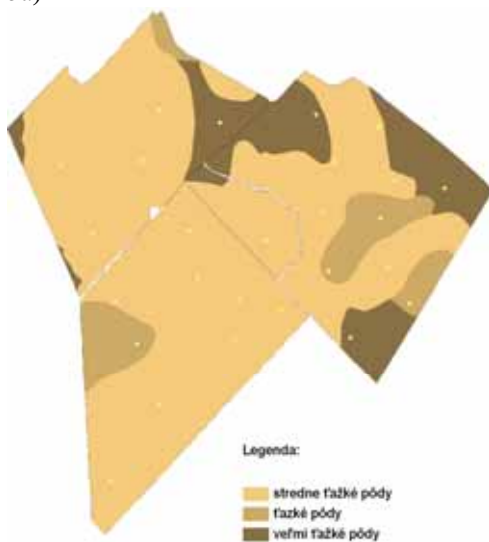
Značná rozdielnosť medzi oboma vrstvami vyplýva najmä z hustoty odberu pôdnych vzoriek. Zatiaľ čo pri KPP bola odoberaná jedna vzorka z výmery 14-16 ha, v prípade potreby informácií pre uplatnenie presného poľnohospodárstva ide o neporovnateľne hustejšiu sieť (1 vzorka na 1-2 ha). Zdôvodnenie nezrovnalostí sa črtá aj vo fakte, že napriek lokalizácii územia na rovine (alúvium Váhu), ide o značne heterogénne pôdne prostredie. Experiment tak potvrdil potrebu priestorovo detailnejšieho vzorkovania a analyzovania pôd v prípade, že dôraz je kladený na detailný, priestorovo orientovaný prístup k hospodáreniu na pôde.

Tab 1. Zastúpenie výmery pôdných druhov vo výseku modelového územia

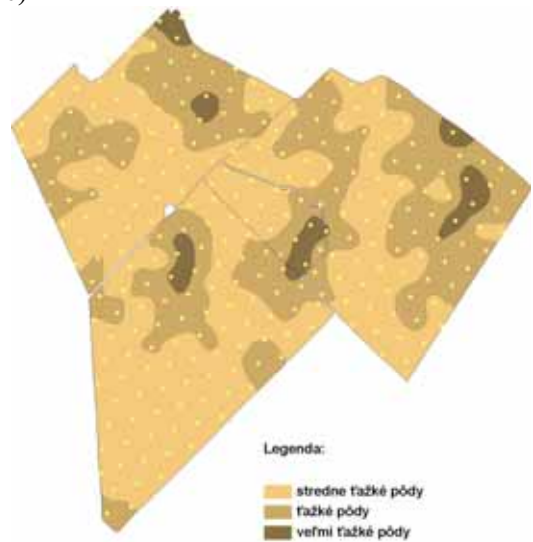
Pôdny druh	Zastúpenie podľa BPEJ	Zastúpenie podľa zhustenej siete
Stredne ťažké pôdy	291,1 ha (74,0 %)	221,9 ha (56,4 %)
Ťažké pôdy	37,7 ha (9,6 %)	153,1 ha (38,9 %)
Veľmi ťažké pôdy	64,6 ha (16,4 %)	18,4 ha (4,7 %)

Obr.5 Zrinitosť pôdy podľa BPEJ (5a); zrinitosť stanovená z nameraných údajov a obsahu jednotlivých zrnitostných frakcií v pôde (5b).

5a)



5b)



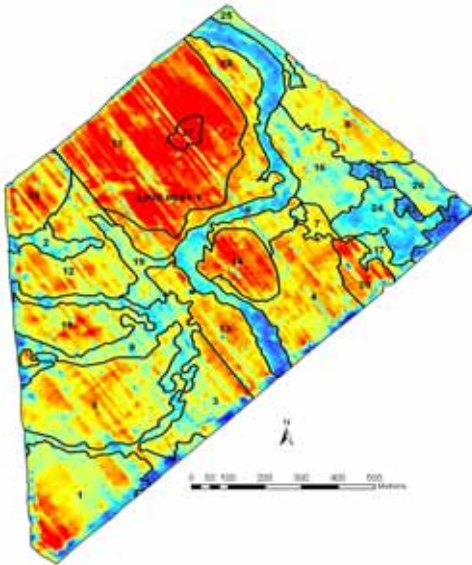
Hodnotenie vizuálne diferencovaných areálov

Z plodinových a dostupných ekonomických podkladov bola za každý vytvorený areál vypočítaná miera rentability (MR) podľa ročníkov a pestovaných plodín. Na ilustráciu prezentujeme výsledky v tab2. a na obr.6.

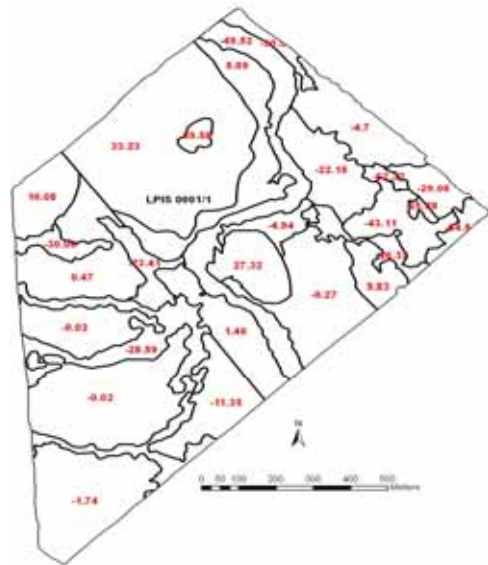
Ako najvhodnejšie sa pre účely priestorovej delimitácie diferencovaných areálov ukázali obrazové záznamy z jarného obdobia (s rozlišovacou schopnosťou 10 m), keď je pôda bez vegetácie s vyrovnaným vlhkosťným režimom, alebo po sejbe bez vegetácie resp. s jej nepatrným množstvom, ale už s prejavmi „prevládajúceho“ stavu, ktorý formoval tieto dominantné prejavy v minulosti.

Obr. 6 Variabilita úrody pšenice ozimnej v rámci vybraného honu modelového územia (6a);
miera rentability (MR) pestovania pšenice ozimnej vo vytvorených areáloch (%) (6b).

6a)



6b)



Výsledky experimentu potvrdili jednoznačnú koreláciu medzi vizuálne stanovenými, priestorovo diferencovanými areálmi a vlastnosťami pôd a krajiny v rámci modelového územia. Na základe analýz a hodnotenia areálov, charakterizovaných priradenými údajmi o vlastnostiach pôdy a krajiny, boli identifikované ako príčiny variability faktory fyzickogeografické (predovšetkým mikrorelief územia), z pôdných zrnitosť (a to ako horizontálna, tak aj vertikálna), obsah organických látok, rozdielna pôdna vlhkosť, uplatňujúca sa aj cez hladinu podzemnej vody. Zaznamenaná plodinová variabilita či homogenita bola dominantne ovplyvnená pôdnou vlhkosťou, pôdna vlhkosť úhrmi zrážok a ich rozdelením v jednotlivých ročníkoch. Nemalú úlohu zohrala aj pestovaná plodina. Experiment poukázal na nevyhnutnosť paralelného sledovania klimatických ukazovateľov, a to predovšetkým úhrnov zrážok a ich rozdelenia v priebehu vegetácie (detailné výsledky experimentu sú zosumarizované v prácach Halas a iní 2007 a Halas a iní 2008).

Tab. 2 Hodnotenie areálov podľa dosiahnutej úrody a miery rentability (ukážka).

Zóna	Úroda 06	Úroda 05	Rozdiel	MR06	Katégoria	MR05	Katégoria	Zs/St 06	Zs/St 05	Výmera
p.č.	t.ha ⁻¹		úrody %	%	MR 06	%	MR 05	Sk.ha ⁻¹		ha
1	6.36	3.99	59.40	54.57	VVR	-1.74	NR	10416.04	-315.59	8.65
2	5.82	2.84	104.93	41.44	VVR	-30.06	NR	7910.98	-5443.44	1.30
3	5.90	3.60	63.89	43.39	VVR	-11.35	NR	8282.10	-2054.60	4.74
4	5.84	4.05	44.20	41.93	VVR	-0.27	NR	8003.76	-48.05	7.72
5	6.09	4.06	50.00	48.01	VVR	-0.02	PRAH	9163.51	-3.46	11.14
6	5.08	2.05	147.80	23.46	VR	-49.52	NR	4478.12	-8966.05	7.85
7	5.80	3.86	50.26	40.96	VVR	-4.94	NR	7818.20	-895.26	2.28
8	5.25	3.87	35.66	27.59	VVR	-4.70	NR	5266.75	-850.67	5.24
9	5.73	2.90	97.59	39.26	VVR	-28.59	NR	7493.47	-5175.90	8.25
10	5.82	4.06	43.35	41.44	VVR	-0.02	PRAH	7910.98	-3.46	4.38

Pozn.: MR-miera rentability, Zs/St- zisk/strata, VVR-veľmi vysoko rentabilné, VR-vysoko rentabilné, SR-stredne rentabilné, MR-málo rentabilné, NR-nerentabilné

Výsledky experimentu potvrdili jednoznačnú súvislosť medzi relatívne stabilnými na jednej strane a dynamicky sa meniacimi vlastnosťami pôdy a krajiny na strane druhej a ich „odrazom“ v priestorovej variabilite a výške produkcie poľnohospodárskych plodín, pričom poukázali na možnosť ich postihnutia prostredníctvom v priestore delimitovaných zón.

Záver

Analýza a hodnotenie priestorovo lokalizovaných informácií so značnou hustotou (parciálna časť reťazca) poskytujú hodnotný bazálny materiál, ktorý výraznou mierou napomôže pri rozhodovaní o spôsoboch a smeroch racionálneho využívania (a to aj parciálnych častí poľa) ako aj ochrany pôdy z dlhodobého hľadiska.

Z experimentu vyplynula potreba klasifikácie vytvorených areálov dostupnými parametrami ako aj potreba systematizácie v GIS prostredí, za účelom následného triedenia a zoskupovania areálov podľa zvolených atribútov. Zároveň výsledky experimentu – priestorovo diferencované areály, spolu s analyzovanými údajmi, ktoré detailnejšie opisujú a charakterizujú jednotlivé areály, podporené ich ekonomickým hodnotením, sú predpokladom pre správne pochopenie ich správania sa v čase, čo predstavuje nevyhnutný predpoklad a východisko pre manažment priestorovo variabilného hospodárenia na pôde („zónový“ manažment - ako špecifický prípad systému presného hospodárenia). A práve manažment presného hospodárenia na pôde, jeho filozofia a jednoznačná orientácia na dosiahnutie ekologického (a ekonomického) prínosu, je alternatívnym predpokladom naplnenia podstaty racionálneho využívania pôdy.

Literatúra

HALAS, J., NOVÁKOVÁ, M. SCHOLTZ, P. 2007. Priestorová diferenciacia vybraných pôdnych a environmentálnych vlastností a ich vplyv na úrodu pšenice ozimnej (*Triticum aestivum* L.). In *Vedecké práce*, VÚPOP Bratislava, č. 29, s. 37-47.

- HALAS, J., NOVÁKOVÁ, M., SCHOLTZ, P. 2008. Účinnosť systému presného poľnohospodárstva. In *Naše pole*, roč. 12, 2008, č. 8, s. 32-33.
- JONHSTON, K., HOEF, J. M.V., KRIVORUCHKO, LUCAS N. 2001. Using ArcGIS™ Geostatistical Analyst. ESRI Press, Redlands, California, USA, 300 pp.
- MCCOY, J., JOHNSTON, K. 2001. Using ArcGis™ Spatial Analyst. ESRI Press, Redlands, California, 232 pp., ISBN 1-58948-005-8
- SCHOLTZ, P, NOVÁKOVÁ, M., HALÁS, J., SVIČEK, M. 2006. Aktivity výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy (VÚPOP) v rámci problematiky presného poľnohospodárstva. In *Vedecké práce*, VÚPOP Bratislava, č. 28, s. 71-80.
- SCHOLTZ, P, NOVÁKOVÁ, M., HALÁS, J., SVIČEK, M. 2007. Soil Science and Conservation Research Institute (SSCRI) activities in the field of precision farming in condition of Slovak Republic. In Fountas, S., Aggelopoulou, A., Gemtos, F., Blackmore, S. (eds.), Poster Paper Proceedings of 6 Conference of Precision farming – ECPA, Greece, CD.
- SVIČEK, M., NOVÁKOVÁ, M. 2006. Detailné geoinformácie ako predpoklad úspešného uplatnenia postupov precízneho poľnohospodárstva. In: Nozdrovický, L.: Rozpracovanie systému presného hospodárenia na pôde v podmienkach Slovenskej republiky. Zborník SAPV 51, Nitra 6.06.2006, SAPV Nitra, Slovakia, s. 36 – 41.

SPALOVANIE DREVA A JEHO VPLYV NA ŽIVOTNÉ PROSTREDIE MARIANKY

COMBUSTION OF WOOD AND ITS INFLUENCE ON ENVIRONMENT OF MARIANKA

Katarína Hrivňáková, Vladimír Grečo, Zuzana Bezáková, Vladimír Piš

*Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava,
e-mail: hrivnakova@vupu.sk, greco@vupu.sk, naciniakova@vupu.sk, pis@vupu.sk,*

Abstrakt

V obci Marianka sa uskutočnil monitoring polycyklických aromatických uhľovodíkov (PAU) v pôdach, ktorých pôvod je v sedimentácii emisií prevažne zo spaľovania dreva ako hlavného zdroja tepla pri vykurovaní domov drevom v obci. Priemerná nameraná hodnota PAU v obci bola 1,53 mg/kg pôdy, so signifikantnými rozdielmi kontaminácie pôd s PAU na nezastavaných okrajoch obce a zastavaným centrom obce. Pri porovnaní pôd, ktoré boli záhradkármi hnojené drevným popolom sa zistili nadlimitné koncentrácie PAU v pôdach. Koncentrácie rizikových prvkov v pôdach boli v pod limitných hodnotách s výnimkou jedného zo sledovaných pozemkov, ktorý bol vysoko kontaminovaný PAU a rizikovými prvkami. PAU sú hlavnými nežiaducimi látkami v pôdach obce Marianka, ktorých priemerná hodnota u vzoriek odobratých v záhradách je vyššia ako pripúšťa Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy.

KLúčové slová: PAU, rizikové prvky, drevný popol, jemné častice, emisie, pôda, obec Marianka

Abstract

In the village Marianka has been carried out monitoring of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil, which origin is in the sedimentation of emissions mainly from wood burning as main source of heat by house heating with wood in the village. The mean measured value of PAHs in the village soils has been 1,53 mg/kg, with significant differences of soil contamination with PAHs in peripheries of the village without buildings and in the village centre. By comparison of the soils, which were fertilized with wood ash is discovered excess of PAHs concentrations in soils. The concentrations of hazardous elements in soils were in low concentrations values with exception of one observed location with high concentration of PAHs and hazardous elements. The PAHs are main undesirable substances in the soils of Marianka village which mean value of the garden samples is higher then acceptance level of Law No. 220/2004.

Key words: PAH, hazardous elements, wood ash, fine particulate, emission, soil, Marianka village

Úvod

V mnohých domácnostiach, hlavne na vidieku, sa tradične používa spaľovanie dreva v kozuboch alebo kachliach na vyhrievanie miestností alebo domov. Predovšetkým v obciach, ktoré sú lokalizované v dolinách, sú emisie zo spaľovania či už uhlia alebo dreva spolu s dopravou najväčšími znečisťovateľmi ovzdušia, resp. pôdy.

Pri kúrení drevom obyčajne dochádza k nekompletnému spaľovaniu drevnej hmoty za vzniku plyných látok, medzi ktoré patria oxid uhličitý, uhoľnatý, oxidy dusíka, stopy oxidov síry, ale vznikajú aj rôzne prchavé organické látky. Ďalej vznikajú jemné častice o veľkosti niekoľkých mikrometrov (sú označované ako PM_{2,5} a PM₁₀), ktoré spolu so sadzami a jemnými časťami popola sú emitované do ovzdušia a sú viditeľné ako dym. Zvyšok po spálení dreva je popol.

Plynné látky

Samotné horenie dreva je komplikovaný proces, kde musí dôjsť k termálnej dekompozícii, tzv. pyrolýze celulózy, hemicelulózy a lignínu, za vzniku pyrolýznych plynov.

Pyrolýznymi produktami sú také látky ako C, H₂O, CO, CO₂, RCOOH, RCHO, ROH, CH₂CO, CH₄, C₂H₆, H₂, C₂H₄, C₂H₂, vznikajú voľné radikály CH, CH₂, CH₃, CHO, atď.

Je potrebné poukázať na nebezpečné voľné radikály v dyme, ktoré vznikajú pri horení dreva a sú chemicky aktívne 20 minút, pokiaľ voľné radikály z cigaretového dymu sú chemicky aktívne iba po dobu 30 sekúnd. Ak sa vdychuje dym z horiaceho dreva, potom voľné radikály z tohto dymu pôsobia na bunky ľudského tela štyridsaťkrát dlhšie ako voľné radikály z cigaretového dymu. (Lachocki a kol., 1992). Odborníci z EPA odhadujú, že riziko vzniku rakoviny je dvanásťkrát väčšie pri vdychovaní dymu zo spaľovaného dreva, ako z cigaretového dymu, ak sa porovnajú rovnaké objemy vdychovaného dymu (The Health Effects of Wood Smoke).

Jemné častice

Spaľovanie dreva, ako bolo spomenuté už vyššie, obyčajne nie je dokonalé. Závisí to od podmienok za akých sa spaľuje drevo, napr. množstva vody v dreve, od množstva vzduchu privedeného do spaľovacieho priestoru kde dochádza k premiešaniu vzduchu s pyrolýznymi plynmi aby sa vykonal ich kompletne spaľovanie, alebo naopak dochádza k ochladzovaniu plynov a nedochádza k ich spaľovacím reakciám. Ako nedostatočné premiešavanie pyrolýznych plynov tak aj ochladzovanie pyrolýznych plynov vedie k nižšej efektívnosti spaľovania a k tvorbe jemných častíc, ktoré predstavujú skondenzované rôzne organické látky vzniknuté pri nedokonalom spaľovaní. Hlavné faktory, ktoré majú vplyv na tvorbu jemných častíc sú stupeň horenia, veľkosť ohniska, závisia od typu krbu a kachlí, či sa spaľuje mäkké alebo tvrdé drevo a od obsahu vody v dreve (Hall a DeAngelis, 1980). Jemné dymové častice sú tak malé, že nie sú zadržované oknami ani dverami a prechádzajú do miestností aj keď sú okná a dvere zatvorené. Znečistenie vzduchu týmito časticami v miestnostiach môže dosiahnuť hodnôt až 70 % v porovnaní s vonkajšími hodnotami jemných častíc. Keď sa porovnával vplyv dopravy a spaľovania dreva na znečistenie ovzdušia, tak v oblastiach kde sa kúrilo drevom je znečistenie ovzdušia väčšie spaľovaním dreva ako z dopravy (Dr. Joellen Lewtas, U.S.EPA, 1991; European Commission DG ENV, Special Issue 4, May 2008)

Fine a kol.(2004), našli pri chemických analýzach jemných častíc viac ako 250 rôznych chemických organických látok. Sú to rôzne skupiny organických látok ako n-

alkány, n-alkény, n-alkoholy, n-alkanály, n-alkánové kyseliny, n- n-alkénové kyseliny, alkándiové kyseliny, metyl alkanáty, etyl alkanáty, metyl alkenoáty, ďalej guaiakol a jeho rôzne substituenty, syringol a jeho substituenty, substituované fenoly a benzény, látky zo skupiny PAH, alkyl-PAH a oxy-PAH, rôzne deriváty cukrov, kumaríny a flavonoidy, furány, diterpenoidy, triterpenoidy, fytosteroidy, squalén, tokoferoly a ďalšie komplexné organické látky. Jemné častice obsahujú ďalej prvky ako Si, S, P, Cl, K, Cu, Zn, Mn, Br, Rb, Sr, Pb ako aj nitráty, sulfáty, chloridy a amoniak. Organický uhlík v závislosti od spaľovaného dreva (mäkké alebo tvrdé) bol nájdený pri jemných časticiach v hodnotách 43,6 – 77,8 hmotnostných percent a elementálny uhlík v hodnotách 3,3 – 22,8 hmotnostných percent (Fine a kol., 2004).

Niektoré štúdie, ktoré sa týkajú emisií (Fine a kol., 2001, 2002, 2004) poukazujú na fakt, že drevo spaľované v kachliach produkuje menej jemných častíc ako drevo spaľované v krboch. Pri spaľovaní vznikajú množstvá jemných častíc v hodnotách 1 až 7 g/kg dreva (McDonald a kol., 2000 a Skreiberg a kol., 1997) avšak iní (Burnet a kol., 1986) uvádzajú množstvá až 20 g/kg.

Keď sa sledovali nebezpečné látky, ktoré sú zložkou jemných častíc ako sú PAU a alkyl-PAU, tak pri spaľovaní napr. tvrdého dreva v kozuboch obsahovali jemné častice menšie množstvá PAU a alkyl-PAU v porovnaní s drevom spaľovaným v kachliach. Všeobecne vznikajú pri spaľovaní mäkkého dreva (napr. borovice) väčšie množstvá PAU a alkyl-PAU ktoré sú súčasťou jemných častíc, ako pri spaľovaní dreva tvrdého (napr. duba), pričom nezáleží na tom či sa drevo spaľovalo v krboch alebo v kachliach. Bolo nájdených celkovo 45 rôznych polycyklických aromatických uhľovodíkov, z ktorých hlavne PAU s viacerými kruhmi patria medzi zdraviu škodlivé (Fine a kol., 2004). Patria sem aj karcinogénne PAU ako benzo(a)antracén, chryzén, benzo(b)fluorantén, benzo(k)fluorantén, benzo(a)pyrén, indeno(1,2,3-cd)pyrén, dibenzo(ah)antracén a benzo(ghi)perylén.

Emisie však spôsobujú okrem zdravotných problémov, ktoré súvisia s ich vdychovaním aj znečistenie pôd a vôd v okolí kde sa spaľuje drevo látkami, ktoré boli spomenuté vyššie. Dymové častice môžu sedimentovať v závislosti od transportných podmienok v ovzduší v rôznych vzdialenostiach od zdroja emisií. Pri inverziách sú sedimentované blízko zdrojov, pri dobrých rozptylových podmienkach môžu byť transportované do väčších vzdialeností od

zdroja. Ak sa sledujú množstvá PAU v pôdach, tak typické množstvá PAU v lesnej pôde sú 5 – 100 µg/kg, avšak vo vidieckych pôdach môžu dosahovať ojedinele hodnoty až 1000 µg/kg PAU. Tu však je potrebné zobrať do úvahy aj iné zdroja karcinogénnych PAU ako je spaľovanie dreva, napr. dopravu. Najväčšie množstvá sa dajú očakávať v mestských pôdach a to v hodnotách bežne 600 – 3000 µg/kg z rôznych zdrojov znečistenia. (Menze et al., 1992).

Drevný popol

Drevný popol sa nachádza na zozname hnojív a pôdnych pomocných látok, ktoré sa môžu

používať v ekologickej poľnohospodárskej výrobe podľa Zákona č. 421/2004 Z.z. o ekologickom poľnohospodárstve. Bežne sa s drevným popolom hnojí v záhradách domov, v ktorých sa spaľuje drevo, keď záhradkári nechcú používať na hnojenie záhradiek umelé hnojivá, ktoré sú komerčne dostupné, ale používajú drevný popol ako ekologické hnojivo. Na Slovensku a ani v Európe, s výnimkou Dánska, neexistuje legislatíva, ktorá by určovala kritéria pre hnojenie s drevným popolom v ekologickom poľnohospodárstve. Na Slovensku nie sú určené limity pre maximálne prípustné

množstvá ťažkých kovov a PAU v drevnom popole a ani maximálne množstvá drevného popola používaného ako ekologické hnojivo na hektár pôdy/rok. Pri hnojení drevným popolom drobnými pestovateľmi zeleniny a ovocia v záhradkách nie je možné z ekonomických dôvodov, aby si dali robiť chemické analýzy ich vlastného drevného popola, resp. hnojených ním pôd, vzhľadom na ceny chemických analýz.

Nórski výskumníci však našli pri analýzach drevného popola po spálení odobratých vzoriek dreva v južnom Nórsku vysoké koncentrácie kadmia, olova a zinku (Reimann, C., Ottesen, R.T., Anderson, M., et al., 2008)

Priemerné hodnoty vybraných ťažkých kovov v drevnom popole podľa (Someshwar, 1996) sú priložené v tabuľke 1.

Tab. 1 Priemerné hodnoty vybraných ťažkých kovov v drevnom popole

Koncentrácia	< 3 mg/kg	< 25 mg/kg	< 50 mg/kg	< 110 mg/kg	> 300 mg/kg
Prvok	Se, Hg	Cd, Co	Mo, Ni, As, Cr	Pb, Cu, B	Zn, Mn

V drevnom popole sa nachádzajú PAU obyčajne iba s dvoma a troma kruhmi. Pri analýzach drevného popola pri spaľovaní dubového dreva v krbe sa v našom laboratóriu sa dokázala prítomnosť naftalénu, acenaftylénu, acenafténu, fluorénu, fenantrénu, antracénu, fluoranténu a pyrénu zo sledovaných PAU, v hodnotách niekoľko desiatok mikrogramov na kg popola. Ako kvalitatívne, tak aj kvantitatívne ukazovatele PAU v drevnom popole sa môžu meniť v závislosti od druhu spaľovaného dreva a od podmienok spaľovania dreva. Pri analýzach PAU v sadiach usadených na stene dymovej rúry tesne nad krbovou vložkou a v komínovej vložke sa však našlo celé spektrum analyzovaných PAU, vrátane PAU s štyrmi a piatimi kruhmi (benzo(a)pyrén, benzo(k)fluorantén, atď). Preto so sadzami z dymových rúr a z komínových vložiek by sa malo zaobchádzať zvlášť opatrne a dbať na to aby sa nedostali do pôdy.

Materiál a metódy

Odber vzoriek za účelom stanovenia PAU a rizikových prvkov bol vykonaný podľa medzinárodných noriem. Vzorky odobraté pre sledovanie vplyvu hnojenia drevným popolom boli zo záhrad, kde sa pridával drevný popol do pôdy záhradkármi. Vzorky odobraté na sledovanie kontaminácie pôd emisiami boli odobraté na okrajoch a v zastavaných častiach obce Marianka, tak ako je to priložené na mapke. Na vyhodnotenie výsledkov PAU sa použila metóda GC/MS validovaná v projekte Horizontal a na vyhodnotenie rizikových prvkov metóda extrakcie v lúčavke kráľovskej pomocou mikrovlňného rozkladu vzorky a následné stanovenie prvkov AAS.

Výsledky a diskusia

Vplyv spaľovania dreva na životné prostredie pri vykurovaní domov a hnojenie drevným popolom v záhradách sa sledoval v obci Marianka. Táto obec leží ďaleko od vysoko frekventovaných ciest, v samotnej obci je frekvencia dopravy nízka a väčšina obyvateľov obce používa na vykurovanie domov drevo, pretože obec nebola donedávna plynofikovaná. Treba poznamenať, že sa systematicky v drevnom popole ktorý sa záhradkármi pridával do pôdy, nesledovali koncentrácie PAU a ťažkých

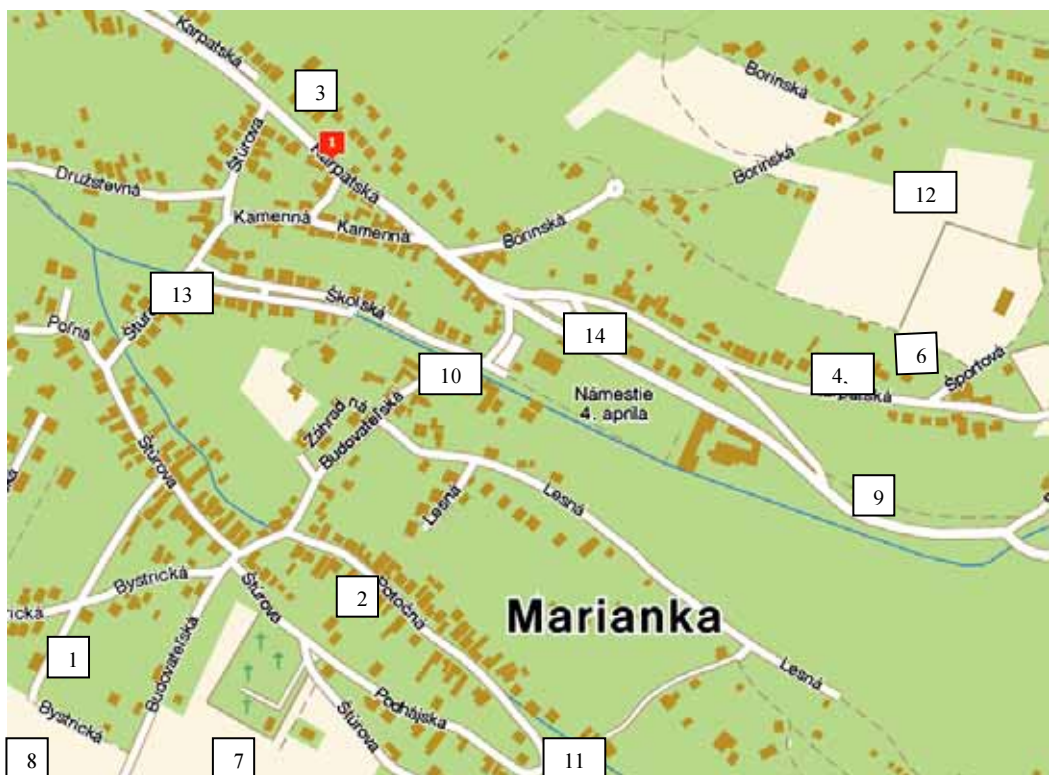
kovov. Naším cieľom bolo zistiť skutočný stav polutantov v pôdach, bez ohľadu na frekvenciu hnojenia a množstvá pridávaného dreveného popola do pôdy v záhradách aj preto, že v praxi neexistujú návody alebo obmedzenia pri hnojení drevným popolom a záhradkári ho používajú ako hnojivo podľa vlastného uváženia v rôznych množstvách.

Pri sledovaní vplyvu hnojenia drevným popolom na koncentrácie PAU a ťažkých kovov v pôdach boli odobrané vzorky zo šiestich odberných miest. Prehľad miest odobratia vzoriek je možné sledovať na priloženej mapke Marianky a namerané výsledky sú zhrnuté v tabuľke č. 2. Ku každej vzorke pôdy do ktorej sa podľa vyjadrenia záhradkárov pridával drevený popol bola odobratá kontrolná vzorka z rovnakého pozemku, kde sa podľa vyjadrenia záhradkárov popol nepridával. Na mapke Marianky sú miesta odberu označené číslami 1 až 6.

Pri jednotlivých vzorkách bol stanovený pôdny druh. Odberné miesto č.1 malo pôdu hlinito-piesočnatú, pri č. 6 bola vzorka hlinito-piesočnatá a jej kontrolná vzorka bola piesočnatá. Všetky ostatné odobraté vzorky boli pôdy piesočnato-hlinité. Tieto charakteristiky pôdy sa zohľadnili pri vyhodnotení limitných hodnôt rizikových prvkov v pôdach, podľa Zákona č. 220/2004 Z.z. Vzorky č.1 – 6 boli odobraté zo záhrad, kde sa hnojilo drevným popolom. Pri týchto odberných miestach sa sledovali množstvá PAU a ťažkých kovov v pôdach pre ich možnú kontamináciu pridávaným drevným popolom do pôdy. To má svoje opodstatnenie, pretože ako bolo spomenuté vyššie v Nórsku sa v drevnom popole z niektorých lokalít našli vyššie hodnoty ťažkých kovov v drevnom popole. PAH sa vyskytujú v popole obyčajne iba s dvomi a tromi kruhmi. Avšak kontrola popola na prítomnosť nebezpečných vyšších PAU, ktoré môžu kontaminovať popol a bežne sa vyskytujú v sadiach, je u záhradkárov nemožná.

V tabuľke č.2 sú zhrnuté výsledné hodnoty merania PAU a rizikových prvkov s ohľadom na charakteristiku pôd. Ako z tabuľky vyplýva, s výnimkou dvoch kontrolných vzoriek, všetky ostatné vzorky sú kontaminované vyššími hodnotami PAU, ako pripúšťa Zákon č. 220/2004 Z.z., kde limitná hodnota PAU pre poľnohospodársku pôdu je 1 mg/kg. Fakt, že aj kontrolné vzorky majú nadlimitné množstvá PAU je možné vysvetliť nadmerným znečistením pôd emisiami zo spaľovania dreva, keďže doprava, ako ďalší možný zdroj kontaminácie v obci, je nízka. Ako z nameraných výsledkov vyplýva, vzorky hnojených pôd obsahovali obyčajne vyššie hodnoty PAU ako ich kontrolné vzorky. Rizikové prvky sú v pod limitných množstvách s výnimkou Zn a drevený popol neprispel k nadlimitným množstvám rizikových prvkov v pôdach, s výnimkou odberného miesta č. 4. Obidve vzorky odobrané na tomto mieste sú dobrým príkladom nekontrolovaného vysypávania dreveného popola na pôdu alebo pridávania do pôdy. Tu sa zjavne spolu s popolom pridávali aj sadze, súdiac s vysokých hodnôt PAU vo vzorkách a ktoré obsahovali vysoké množstvá benzo(a)antracénu, chryzénu, benzo(b)fluoranténu, atď. Vysoké hodnoty ťažkých kovov svedčia o veľkých množstvách dreveného popola, resp. sadzí pridávaných do pôdy ako jediného možného zdroja týchto prvkov, ako aj možnej vyššej kontaminácii spaľovaného dreva ťažkými kovmi. Z nameraných výsledkov vyplýva, že hnojenie pôd drevným popolom záhradkármi si vyžaduje zavedenie potrebnej legislatívy týkajúcej sa odporúčaných dávok dreveného popola na plochu / rok, a limitné hodnoty pre rizikové látky v drevnom popole. Pri hnojení pôd drevným popolom, PAU predstavujú väčší problém kontaminácie pôdy ako rizikové prvky, tak ako to dokumentujú namerané výsledky v tabuľke č.2.

V obci Marianka sa vedľa kontaminácie pôdy drevným popolom sledovala aj kontaminácia pôdy PAU, ktoré pochádzali hlavne z emisií zo spaľovania dreva, ktoré sa v obci používa na vyhrievanie domov. Odborné miesta sú označené na mape pod č. 7 – 14 a namerané hodnoty sú zhrnuté v tabuľke č.3. K týmto odborným miestam je možné priradiť aj kontrolné vzorky z tabuľky č.2 ako odborné miesta na vyhodnotenie nameraných hodnôt PAU. Kontaminácia pôd s PAU bola nameraná v hodnotách 0,35 – 3,41 mg/kg s priemernou hodnotou 1,53 mg/kg. Porovnaním hodnôt v oboch tabuľkách s mapkou Marianky sú najnižšie koncentrácie PAU namerané na okrajoch obce, resp. v najmenej zastavaných častiach Marianky, ktoré sú viac vzdialené od zdrojov emisií. Naopak najvyššie hodnoty PAU sa dosiahli v najviac zastavaných častiach obce, kde je najviac zdrojov emisií.



Tab. 2 Obsah rizikových látok v pôde (mg.kg⁻¹)

Odborné miesto č.	pôda	PAU	As	Cd	Co	Cr	Cu	Mn	Ni	Pb	Zn
1	vzorka	1,82	1,16	0,09	3,97	13,9	13,4	352,0	6,78	15,5	101,2
	kontrola	0,63	1,68	0,12	4,71	14,8	12,3	401,3	8,89	13,7	79,9
2	vzorka	3,82	3,20	0,16	7,04	31,2	43,5	742,1	16,29	24,2	157,0
	vzorka	4,14	3,69	0,11	6,9	28,1	33,4	659,7	15,11	25,8	105,8
	kontrola	3,41	5,15	0,34	6,71	31,5	45,0	632,2	17,0	23,7	112,9
3	vzorka	3,89	4,77	0,32	3,2	25,1	31,4	514,2	12,84	27,3	147,5
	kontrola	2,64	4,65	0,52	3,48	23,6	17,8	349,6	12,26	20,0	234,0
4*	vzorka	68,57	5,69	3,23	9,74	35,7	192,9	6822,6	24,17	73,4	566,0
	vzorka	21,19	4,67	3,05	15,76	24,1	102,0	21236,3	21,69	56,1	435,6
5*	vzorka	2,17	3,00	0,26	7,35	22,1	24,5	954,0	13,51	19,5	110,4
	kontrola	0,95	2,40	0,16	6,79	16,7	9,1	450,3	7,13	16,7	68,9
6	vzorka	2,00	1,57	0,17	5,21	13,8	11,5	400,8	7,09	11,2	44,9
	kontrola	2,29	2,91	0,09	7,43	21,4	17,3	397,6	11,04	18,3	104,0

* Odborné miesta 4 a5 boli susediace dva pozemky a kontrola v mieste 5 je kontrolnou vzorkou aj pre miesto 4

Tmavo označené výsledky predstavujú nadlimitné hodnoty pre poľnohospodársku pôdu

Tab. 3 Obsah PAU v poľnohospodárskej pôde (mg.kg⁻¹)

Odborné miesto č.	7	8	9	10	11	12	13	14
PAU	1,72	0,35	0,70	1,47	1,52	0,54	1,04	2,67

Tmavo označené výsledky predstavujú nadlimitné hodnoty pre poľnohospodársku pôdu

Záver

Vzhľadom na stúpajúce ceny energií mnohé domácnosti využívajú viac drevo na vykurovanie domov ako doposiaľ, resp. prechádzajú na vykurovanie domov drevom z ekonomických dôvodov. Vzhľadom na to, že obec Marianka nebola donedávna plynfikovaná a hlavne sa na vykurovanie domov používalo drevo, tak kontaminácia pôd sledovanými PAU je pomerne vysoká a dosahuje hodnoty PAU pôd vedľa vysoko frekventovaných ciest, po ktorých prejde niekoľko tisíc áut denne a kde sú obyčajne dosiahnuté hodnoty PAU bežne 2 – 4 mg/kg. Používanie drevného popola záhradkármi ako ekologického hnojiva je problematické hlavne pre možnú kontamináciu pôd PAU a to skôr ako rizikovými prvkami, ako to aj dokazujú výsledky meraní. Pre používanie drevného popola ako hnojiva však chýbajú návody, resp. adekvátna legislatíva a preto ho záhradkári používajú aj v nadmerných množstvách, čo však ekologické pestovanie poľnohospodárskych produktov robí problematickým.

Literatúra

- European Commision, DG ENV, Special Issue 4, May 2008. Residential wood burning – a major cause of harmful pollution.
- EPA 1994: Lorreta Ucelli spokeswoman, Washington Post.
- FINE, P. M., CASS, G.R., and SIMONEIT, B.R.T., 2001: Chemical characterization of fine particle emissions from from the fireplace combustion of woods grown in the northeastern Unites States. *Environ. Sci. Technol.* 35, 2665.
- FINE, P. M., CASS, G.R., and SIMONEIT, B.R.T., 2002: Chemical characterization of fine particle emissions from from the fireplace combustion of woods grown in the southern Unites States. *Environ. Sci. Technol.* 36, p. 1442.
- FINE, P. M., CASS, G.R., and SIMONEIT, B.R.T., 2004: Chemical characterization of fine particle emissions from from the fireplace combustion of woods grown in the midwestern Unites States. *Environ. Sci. Technol.* 21 (3), p.387.
- LACHOCKI, P. et al., 1992: Persistant Free Radicals in Wood smoke. Louisiana State University, *Free Radical Biology and Medicine* Vol. 12.
- LEWTAS, J., 1991: Contribution of source emissions of the mutagenicity of ambient Urban air particles, U.S. EPA, 91 – 131.6.
- McDONALD, J.D., ZIELINSKA, B., FUJITA, E.M., SAGEBIEL, J.C., CHOW, J.C., and WATSON, J.G., 2000: Fine particle and gaseous emissions rates from residential wood combustion. *Envirom. Sci. Technol.* 34, p.2080.
- MENZIE, C.A., et al., 1992: Exposure to carcinogenic PAHs in the environment. *Environmental science and technology.* 26, p. 1278 – 1284.
- REIMANN, C., OTTESEN, R.T., ANDERSSON, M., et al., 2008: Element levels in birch and spruce wood ashes – green energy ? *Science of the Total Environment.* 393 (2 – 3), p. 191 – 197.
- SOMESHWAR, A., 1996: Wood and combination woodfired boiler ash charakterisation. *J. Environ. Qual.* 25, p. 962 – 972.

BILANCIA PLÔCH V SLOVENSKEJ REPUBLIKE S DÔRAZOM NA ÚBYTKY POĽNOHOSPODÁRSKEJ A LESNEJ PÔDY

LAND BALANCE IN THE SLOVAK REPUBLIC WITH EMPHASES ON AGRICULTURAL AND FOREST LAND UPTAKE

Radoslava Kanianska

Slovenská agentúra životného prostredia, Tajovského 28, 975 90 Banská Bystrica

Abstrakt

Celková výmera Slovenskej republiky predstavovala v roku 2007 4 903 573 ha. Podiel výmery poľnohospodárskej pôdy predstavoval 49,53 % z celkovej výmery, lesné pozemky zaberali 40,93 % z celkovej výmery. Zastavané plochy tvorili 4,65 % z celkovej výmery. Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia bola zaznamenaná tendencia úbytkov produkčných poľnohospodárskych a lesných pôd. Najvýraznejšie úbytky poľnohospodárskej pôdy boli zaznamenané v 70-tych rokoch, kedy došlo k úbytku 102 942 ha. Vzhľadom na zmeny vo využívaní pozemkov sa menili aj výmery jednotlivých kategórií pôd. V období rokov 1980 až 2005 došlo k poklesu celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy o 43 782 ha. Naopak rozloha lesných pozemkov sa zväčšila o 50 686 ha. V porovnaní rokov 1991 a 2005 sa zastavaná plocha v SR zväčšila o 99 666 ha. Podobný trend bol zaznamenaný v celej Európskej únii, pre ktorú je charakteristický vysoký stupeň urbanizácie. Ako potvrdzujú analýzy dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 urbanizovaná plocha v rámci EÚ 23 sa v rokoch 1990 až 2000 zväčšila o 917 224 ha. Na Slovensku bolo aplikáciou dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 identifikovaných 161 200 ha zmien krajinej pokrývky Slovenska. V urbanizovanej krajine došlo k zväčšeniu rozlohy sídelných, priemyselných, rekreačných areálov ako aj komunikácií o 4 460 ha.

Kľúčové slová

Poľnohospodárska pôd, lesné pozemky, zastavané plochy, urbanizované plochy, úbytky pôdy, CLC

Abstract

In 2007, total size of the Slovak Republic was 4 903 573 ha. The share of agricultural land was 49.53 % of total land size, while the share of forest land was 40.93 %, and the share of building areas was 4.65 %. During the longer time period, tendency in uptake of productive agricultural and forest land was recorded. The highest uptake of agricultural land was in 70-ties, when the uptake was 102 942 ha. Together with the changes in land utilisation, areas of individual land categories varied. In the period of 1980 – 2005, size of agricultural land decreased about 43 782 ha. On the contrary, size of forest land increased about 50 686 ha. In the period of 1991 – 2005, building area increased about 99 666 ha in the Slovak republic. Similar trend was observed throughout the whole European Union which is characteristic with high level of

urbanisation. Land uptake by urban and other artificial development in the 23 European countries covered by Corine Land Cover amounted to 917 224 ha in 10 years. In the Slovak republic, data of CLC90 and CLC2000 showed changes in 161 200 ha of land cover. Residential, industrial, recreational and infrastructural zones in urban areas increased about 4 460 ha.

Key words

Agricultural land, forest land, building areas, urban area, land uptake, CLC

Úvod

Súčasný vývoj v Slovenskej republike je charakterizovaný rýchlym tempom ekonomického rastu. Hospodársky rast Slovenska meraný tempom rastu HDP prevyšuje v súčasnosti priemer krajín EÚ 15. Charakter a tempo ekonomického rastu je však determinované životným prostredím. Vzájomné interakcie sa prejavujú často krátko negatívne, napríklad úbytkom prírodných zdrojov. Zvlášť markantne je tento jav možné pozorovať na narastajúcich úbytkoch produkčnej pôdy pre rôzne účely, vrátane výstavby. Tento trend je pozorovaný ako v Slovenskej republike tak aj na úrovni celej Európskej únie.

Materiál a metóda

Pri hodnotení bilancie plôch boli použité **údaje zo Štatistických ročeniek o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľností spracované Úradom geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky (ÚGKK SR)**. Za **poľnohospodársky pôdny fond** je podľa ÚGKK SR považovaná poľnohospodárska pôda (orná pôda, chmeľnice, vlnice, záhrady, ovocné sady a trvalé trávne porasty) a súčasti poľnohospodárskeho pôdneho fondu (ako sú poľné cesty, plochy so zariadením pre vodné závlahy, vodné toky a kanály hydromelioračného charakteru, poľné hnojiská, silážne jamy a pod.) **Lesné pozemky** tvoria pozemky porastené lesnými drevinami, pozemky, na ktorých boli lesné porasty dočasne odstránené s cieľom ich obnoviť, pozemky bez lesných porastov, ktoré slúžia lesnému hospodárstvu, pozemky nad hornou hranicou stromovej vegetácie vo vysokohorských oblastiach s výnimkou zastavaných pozemkov a ich príjazdových komunikácií. **Zastavané plochy** tvoria pozemky, na ktorých sú postavené stavby a nádvoria, diaľnice, cesty, miestne komunikácie, dráhy, letiská, prístavy.

Pri hodnotení bilancie plôch v SR boli zároveň použité údaje získané v rámci **projektu Corine Land Cover (CLC), ktorý bol koordinovaný Európskou environmentálnou agentúrou** a v rámci ktorého boli hodnotené zmeny krajiny pokrývky na základe **porovnávania satelitných snímok z roku 1990 a 2000**. Kategórie plôch v rámci projektu CLC sa nestotožňujú s kategorizáciou plôch používanou ÚGKK SR. Preto ani nie je možné údaje vzájomne porovnávať.

Výsledky a diskusia

Celková výmera Slovenskej republiky predstavovala k 31.12.2007 výmeru 4 903 573 ha. Výmera poľnohospodárskej pôdy predstavovala 2 428 899 ha, čo je 49,53 % z celkovej výmery pôdy, lesné pozemky zaberajú 2 007 142 ha, čo je 40,93 % z celkovej výmery. Zastavané plochy a nádvoria tvorili 4,65 % z celkovej výmery

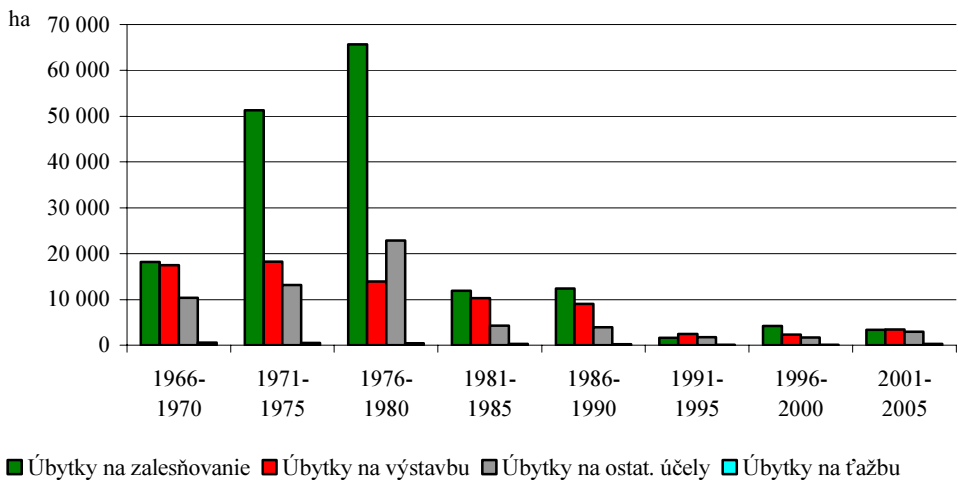
o rozlohe 227 931 ha. Zvyšok výmery tvorili vodné plochy, ostatné plochy a iné nelesné a nepoľnohospodárske pozemky.

Pri hodnotení dlhšieho časového obdobia bola zaznamenaná tendencia úbytkov produkčných poľnohospodárskych a lesných pôd.

Úbytky poľnohospodárskej pôdy zvlášť pre účely výstavby je z environmentálneho hľadiska negatívny jav najmä v prípade ak ide o zábery vysoko produkčných pôd. Skrývka humusového horizontu pri zmene kategórie pôdy z poľnohospodárskej na zastavanú plochu je len čiastočným riešením. Pôda so svojim humusovým horizontom sa tvorí v dlhodobom pôdotvornom procese trvajúcim stovky až tisícky rokov, okrem mnohých environmentálnych funkcií je nenahraditeľným prostredím pre mnoho živých organizmov.

Najvýraznejšie úbytky poľnohospodárskej pôdy boli zaznamenané v 70-tych rokoch, kedy došlo v období rokov 1976 – 1980 k úbytku 102 942 ha. V tomto období bolo z toho zastavaných 13 947 ha poľnohospodárskej pôdy. V ďalšom období sa úbytky poľnohospodárskej pôdy postupne zmenšovali. **Od druhej polovice 90-tych rokov však pozorujeme opätovný nárast úbytkov poľnohospodárskej pôdy** (obr. 1).

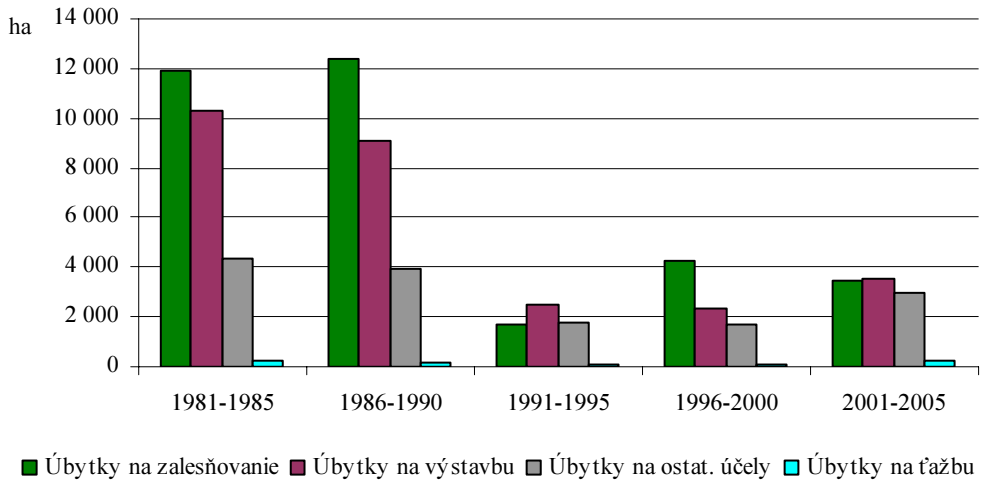
Obr. 1 Úbytky poľnohospodárskej pôdy v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1966-2005



Zdroj: ÚGKK SR

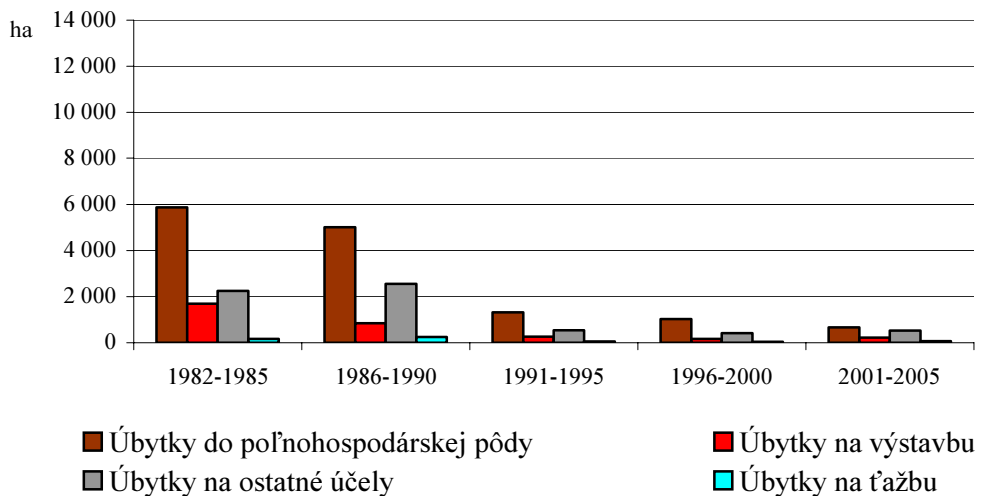
Úbytky lesných pozemkov sú v porovnaní s úbytkami poľnohospodárskej pôdy menšie, aj čo sa týka úbytkov pre účely výstavby (obr. 2,3).

Obr. 2 Úbytky poľnohospodárskej pôdy v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1981-2005



Zdroj: ÚGKK SR

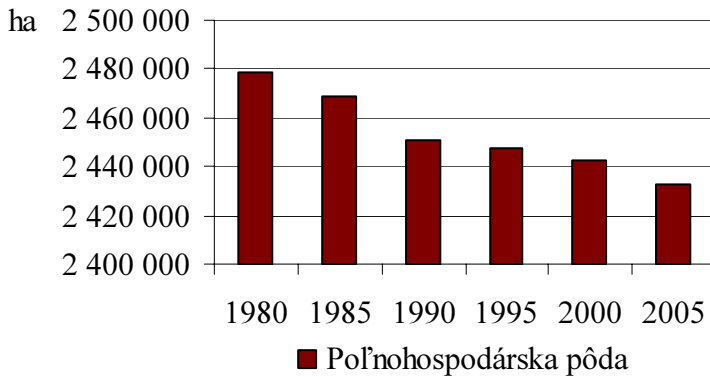
Obr. 3 Úbytky lesných pozemkov v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1982-2005



Zdroj: ÚGKK SR

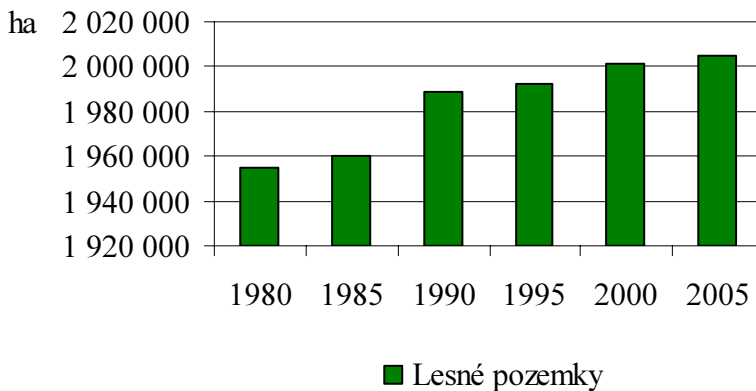
Vzhľadom na zmeny vo využívaní pozemkov, ktoré boli vyvolané uvedenými úbytkami ale na strane druhej aj prírastkami pôdy z iných kategórií pôd, sa menili aj výmery jednotlivých kategórií pôd. Od roku 1980 bol zaznamenaný pokles vo výmere poľnohospodárskej pôdy. **V období rokov 1980 až 2005 došlo k poklesu celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy o 43 782 ha. Naopak, v prípade lesných pozemkov bol zaznamenaný na Slovensku postupný nárast o 50 686 ha** (obr. 4,5).

Obr. 4 Vývoj výmery poľnohospodárskej pôdy v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1980-2005



Zdroj: ÚGKK SR

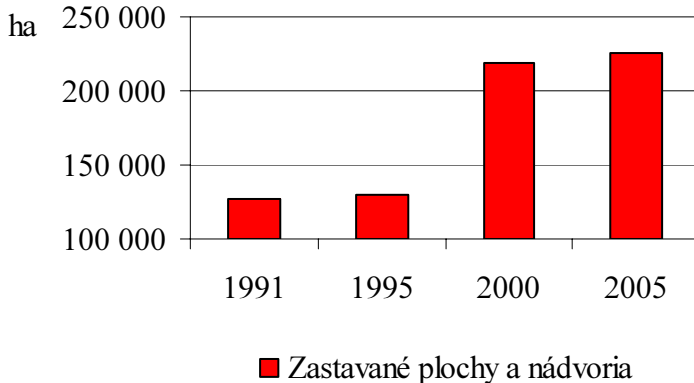
Obr. 5 Vývoj výmery lesných pozemkov v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1980-2005



Zdroj: ÚGKK SR

Výmera zastavaných plôch a nádvorí mala po roku 1990 rastúcu tendenciu. V porovnaní rokov **1991 a 2005 sa zastavaná plocha v SR zväčšila o 99 666 ha**, čo predstavuje nárast o **80 %** (obr. 6).

Obr. 6 Vývoj výmery zastavaných plôch a nádvorí v SR podľa údajov katastra nehnuteľností v období rokov 1991-2005



Zdroj: ÚGKK SR

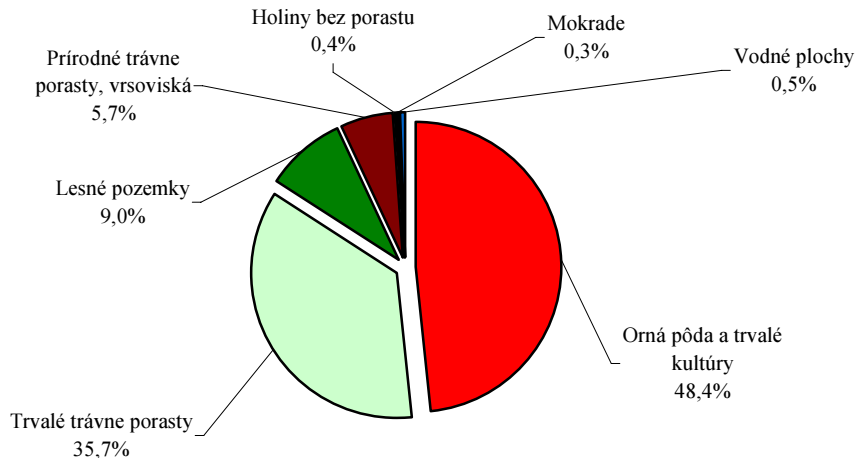
Uvedené tendencie sa prejavili aj v znížení výmery ornej pôdy na obyvateľa. **V roku 1965 orná pôda na obyvateľa predstavovala 3 940 m². V roku 2005 to už bolo takmer o tretinu menej a to 2 652 m².**

V tejto súvislosti je potrebné dodať fakt, že Slovensko od roku 2001 zaznamenáva záporný prirodzený prírastok obyvateľstva, čo sa prejavuje na znižovaní počtu obyvateľov (MP SR, 2007). Napriek znižovaniu počtu obyvateľov, požiadavky súvisiace so zábermi poľnohospodárskej pôdy a v menšej miere aj lesných pozemkov pre účely výstavby rastú.

Podobný trend bol zaznamenaný v celej Európskej únii, pre ktorú je charakteristický vysoký stupeň urbanizácie. Až 75 % európskej populácie žije v súčasnosti v mestách a je predpoklad, že do roku 2020 toto percento vzrastie až na 80 % populácie. Výsledkom tohto trendu budú ďalšie zábery produkčnej pôdy v blízkosti miest (EEA, 2006a).

Ako potvrdzujú analýzy dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 v období rokov 1990 – 2000 z projektu Corine Land Cover, tlak na iné využívanie pôdy ako na produkčné účely spôsobil, že **urbanizovaná plocha v rámci EÚ 25 sa v rokoch 1990 až 2000 zväčšila o 917 224 ha**, čo zodpovedá trojnásobnej rozlohe Luxemburska. Poľnohospodárske, v menšom rozsahu aj lesné, poloprirodné a prírodné oblasti ustupujú urbanizovaným plochám. Tento trend má dosah na pokles druhej biodiverzity, zníženie životného priestoru mnohých druhov rastlín a živočíchov a na fragmentáciu krajiny. Jedným z kľúčových faktorov ovplyvňujúcich túto urbanizačnú expanziu je nízka cena kvalitnej produkčnej pôdy v porovnaní so zastavanou. Analýza dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 ukázala, že **najväčší podiel záberov pre účely výstavby a iného umelého využívania pôdy bol realizovaný na ornej pôde a pôde s trvalými kultúrami (48 % z celkových záberov) (obr. 7).**

Obr. 7 Podiel záberov pôdy z rôznych druhov pozemkov pre účely výstavby a iného umelého využívania pôdy v EÚ 23 v období rokov 1990 až 2000



Zdroj: EEA, 2005

Najviac záberov pôdy bolo vykonaných pre účely občianskej, bytovej výstavby a služieb. V Luxembursku a Írsku tieto zábery predstavovali až 70% z celkových záberov pôdy. Najväčšie zábery pôdy **pre účely priemyselnej výstavby** boli realizované v Belgicku, Grécku a Maďarsku. Zábery pôdy **pre účely ťažby** dominovali v Poľsku (43 % podiel z celkových záberov pôdy) (EEA, 2005, 2006b).

Na Slovensku bolo aplikáciou dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 v období rokov 1990 – 2000 identifikovaných 161 200 ha zmien krajinej pokrývky Slovenska. Najvýznamnejšie boli v lesnej a poloprirodnej krajine, kde došlo k zmene 58 030 ha lesa na lesokroviny a 52 970 ha lesokrovín na lesy. Zároveň 18 600 ha poľnohospodárskych lúk, prirodzených lúk a heterogénnych poľnohospodárskych areálov zarástlo na lesokroviny.

V poľnohospodárskej krajine sa zväčšila rozloha mozaiky polí, lúk a trvalých kultúr o 16 550 ha najmä na úkor ornej pôdy (13 210 ha), došlo k úbytku ornej pôdy o 5 690 ha najmä v prospech lúk (4 620 ha), došlo k zmene viníc a sádov na ornú pôdu (4 960 ha).

V urbanizovanej krajine došlo k **zväčšeniu rozlohy sídelných, priemyselných, rekreačných areálov ako aj komunikácií o 4 460 ha** a vodných plôch s prívodnými kanálmi o 6 420 ha (SAŽP, 2007).

Záver

Bilancia plôch v Slovenskej republike na základe údajov katastra nehnuteľností ako aj údajov získaných analýzou dátových vrstiev CLC90 a CLC2000 poukázala na negatívny trend úbytkov produkčných pôd. Rovnaká tendencia bola pozorovaná aj na úrovni Európskej únie, čo z environmentálneho hľadiska hodnotíme najmä pri úbytkoch vysoko produkčných poľnohospodárskych pôd za veľmi negatívne, v rozpore s udržateľným rozvojom.

Dokiaľ nebudú prijaté účinné legislatívne opatrenia môžeme predpokladať, že tento trend poklesu výmery produkčných pôd najmä na úkor zastavaných plôch bude pokračovať aj v budúcnosti.

Literatúra

- [1] European Environment Agency. *The European Environment State and Outlook 2005*. Copenhagen, 2005, 570 p.
- [2] European Environment Agency. *Urban sprawl in Euopre. The ignored challenge*. Copenhagen, 2006a, 56 p.
- [3] European Environment Agency. *Land accounts for Europe 1990-2000. Towards integrated land and ecosystem accounting*. Copenhagen, 2006b, 56 p.
- [4] Ministerstvo pôdohospodárstva SR. *Program rozvoja vidieka SR 2007 – 2013 Slovensko*. Bratislava, 2007, 234 s.
- [5] Ministerstvo životného prostredia SR, Slovenská agentúra životného prostredia. *Správa o stave životného prostredia SR 2006*. Bratislava, 2007, 318 s.
- [6] Úrad geodézie, kartografie a katastra Slovenskej republiky. *Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR podľa údajov katastra nehnuteľností*. Bratislava, 1997-2007

VPLYV SMREKOVÝCH MONOKULTÚR NA PÔDNE VLASTNOSTI MEZOTROFNÝCH JEDĽOBUČÍN SPIŠSKEJ MAGURY.

THE SPRUCE MONOCULTURES INFLUENCE TO THE SOIL CONDITIONS OF MEZOTROPHIC FIRE-BEECH FOREST STANDS OF SPIŠSKÁ MAGURA MTS.

¹Kontriš, J., ²Kontrišová, O., ¹Gregor, J.

¹Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen

²Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene,
T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Abstrakt

V oblasti Spišská Magura bol robený pedologický a fytocenologický výskum v dvoch lesných porastoch. Z chemických analýz pôdy vyplýva, že pôdna reakcia v smrekovej monokultúre je nižšia v porovnaní s porastom jedľobučiny v povrchovom pôdnom horizonte zhruba o 10%. Ostatné jedľobučinové pôdne horizonty sú kyslejšie o 3,3–12,6%. Obsah humusu je vyšší v jedľobučine. Fosfor je naakumulovaný v pôdnom profile smrečín osemkrát viac ako v jedľobučine.

Z týchto čiastkových výsledkov je zrejme, že smrekové monokultúry majú nepriaznivý vplyv na pôdnu reakciu povrchových pôdnych horizontov a obsah humusu hlavne v prvej generácii.

Kľúčové slová: jedľobučina, smreková monokultúra, kambizem luvizemná, interakcia

Abstract

In the Spišská Magura Mts. was done pedological and phytocenological research in two forest stands.. From the chemical analyses of soils is resulted, that the soil reaction in the spruce monocultures is lowered in oposit to the fire beech forest stands in the surface soil horizon about 10% only. Other fire-beech soil horizons are more acid about 3,3 – 12,6%. The humus part is higher in the fire-beech stand than in the spruce monocultures. Phophorus is accumulated in the soil profile of the spruce monocultures eight time more than in the fire-beech forest stand.

From these partialy results is evident the spruce monocultures have unfavourable influence to the soil acidity of the surface soil horizons, and percentual part of humus, mainly in the first generation.

Key words: fire-beech, spruce monocultures, Luvic Cambisol, interactin

Úvod

Štruktúra lesov Spišskej Magury sa začala výrazne meniť od dvanásteho storočia, keď bolo územie medzi zásekmi Uhorska a poľskou hranicou darované Belom IV. šľachticom z Hrhova. Na stave lesov sa odrazila tak šoltýska, dedinská aj valašská kolonizácia. Vplyv bol tak intenzívny, že v súčasnosti je Spišská Magura sústavou smrekových monokultúr. Pôvodne bukové i jedľobukové, jedľové a jedľovo-smrekové lesy sa zachovali len sporadicky v oblasti Dankovho plesa (Ozero) a pod Uhliskom, kde bol urobený v rámci projektov VEGA 1/3518/06, 2/7161/27 aj výskum vplyvu smrekových monokultúr na vlastnosti pôvodných jedľovo-bukových lesov.

Metodika

Pedologický a fytocenologický výskum bol robený v roku 2005. Pôdne sondy boli vykopané paralelne v prirodzenej jedľobučine a v 70-80 ročnej monokultúre smreka. Pôdne sondy boli navzájom vzdialené 40 m. Stratigraficko-morfologické znaky boli opísané vizuálne. Chemické vlastnosti boli analyzované podľa metód uvádzaných Hraškom et al. (1992), názvy syntaxónov podľa Mucinu a Maglockého (1985) a rastlinných taxónov podľa Marholda a Hindáka (1998).

Prírodné pomery

Záujmové územie patrí z geomorfologického hľadiska do celku Spišská Magura, podcelok Repisko. Podložie je tvorené pieskvcami, zlepcami a ílovcami z obdobia paleogénu. Priemerná ročná teplota je 4°C, vo vegetačnom období 9,6°C. Priemerný ročný úhrn zrážok je 853 mm, v letnom období 581 mm. Z pôd prevažujú kambizeme. Pôvodnými spoločenstvami boli jedľovo-bukové a jedľové lesy.

Výsledky a diskusia

Pôdny profil č. 1 je vykopaný v prirodzenom poraste jedľovej bučiny v lokalite „Pod Uhliskami“ (as. *Abieto-Fagetum carpathicum* Klika 1936). Reliéf je pravidelný, SZ orientovaný, sklon 25°, nadmorská výška 900 m. V stromovom poschodí dominuje *Fagus sylvatica*, subdominantom je *Picea abies*, resp. *Abies alba*. V bylinnom poschodí dominujú mezo- až eutrofné bučínové druhy.

Stratigraficko-morfologické znaky pôdneho profilu č. 1

Kambizem luvizemná

Ool horizont: 0,5-2 cm hrubá vrstva, tvorená nerozloženými časťami rastlín (listy listnatých drevín, byliny, konáre, sčasti aj ihlice)

Oof horizont: cca 1 cm hrubá vrstva, čiastočne rozložená biomasa

Ooh horizont: cca 1 cm hrubá vrstva, amorfná organická hmota sčasti prekorenená (*Oxalis acetosella*)

Aoq horizont: 0-9 cm tmavosivá zemina, ílovitohlinitá, odrobinková, čerstvo vlhká až suchá, bez skeletu

Bvt horizont: 9-20 cm hrubá vrstva, svetlosivohnedá, ílovitohlinitá, drobivá, hrudkovitá, čerstvo vlhká až vlhká, slabo plastická, so štrčkom, nevýrazne prekorenená

B/C horizont: 20-39 cm hrubá vrstva, hnedá zemina, vlhká, ílovitá, uľahnutá, vyplňa priestory medzi bridlicami do hrúbky 2 cm, do dĺžky 10 cm

C horizont : 39 cm a viac hnedá, až slabosivohnedá, uľahnutá, ílovitá, silne plastická, vlhká, skelet 60%, bridlicové platničky o hrúbke 1 cm a šírke 5 cm.

Pôdny profil č. 2 je vykopaný 40 m východne od predchádzajúcej pôdnej sondy, v nadm. výške 896 m. Charakter reliéfu je rovnaký ako pri predchádzajúcej sonde. Pôdna sonda je vykopaná v rovnovekej monokultúre smreka. Krovinné poschodie v týchto porastoch nie je vyvinuté, bylinné poschodie vzhľadom na 90% pokryvnosť *Oxalis acetosella* je monotónne.

Stratigraficko-morfologické znaky pôdneho profilu č. 2

Kambizem luvizemná

Ool horizont: 0,5-1 cm hrubá vrstva, tvorená prevažne nerozloženým ihličím a konárikmi

Oof horizont: 3 cm hrubá vrstva, čiastočne rozložené ihlice

Ooh horizont: 3 cm hrubá vrstva, svetlohnedý rozložený rastlinný materiál

Aoq horizont: 0-8 cm sivohnedá zemina, odrobinková až jemne hrudková, ílovitohlinitá, prekorenená jemnými aj silnejšími koreňmi, jemný štrčok z flyšu do veľkosti 1 cm (asi 10%), suchá až čerstvo vlhká, kyprá

Bvt horizont: 8-30 cm hrubá vrstva, hrudkovitá, ílovitohlinitá, drobná zemina so skeletom hrúbky do 0,5 cm a veľkosti 2 cm (asi 10%), čerstvo vlhká, drobná, prekorenená silnými koreňmi

B/C horizont: 30-50 cm hrubá vrstva, hnedá, ílovitá, uľahnutá zemina, skelet hrúbky 1- 10 cm (cca 50%), hrudkovitá, vlhká, plastická, výskyt hrdzavých konkrécií a sivastých povlakov

C horizont: 50 cm a viac ocel'ovosivá, ílovitá zemina, uľahnutá, hrudkovitá, so štrčkom do veľkosti 1 cm vyplňa priestory medzi bridlicami, skelet 75%.

Tab. 1 Chemické vlastnosti zemín pôdnych sond (JB =jedľo-bučina, SM = smreková monokultúra, % = percentuálny rozdiel, + = v prospech JB, - = v prospech SM)

Pôdny horizont	pH H ₂ O			pH KCl			% sušiny		
	JB	SM	%	JB	SM	%	JB	SM	%
Aoq	4,24	3,79	+10,6	3,36	3,22	+4,2	95,4	96,0	-0,6
Bvt	4,56	5,15	-11,5	3,51	4,62	-24,0	96,1	96,7	-0,6
B/C	5,59	5,78	-3,3	5,01	5,18	-3,3	97,1	97,6	-0,5
C	5,13	5,87	-12,6	4,44	5,17	-14,1	96,2	98,1	-1,9

Pôdny horizont	% C _{ox}			P mg.1000g ⁻¹			% humusu		
	JB	SM	%	JB	SM	%	JB	SM	%
Aoq	8,1	3,6	+55,5	0,19	4,4	-95,7	14,1	6,3	+55,3
Bvt	3,2	3,5	-8,7	0,19	0,41	-53,6	5,4	6,1	-11,5
B/C	2,3	0,5	+78,3	0,85	0,4	+52,0	3,8	0,8	+78,9
C	1,1	1,3	-15,4	0	4,4	+100,0	1,9	2,3	-17,4

Z výsledkov uvedených v tab. 1 vyplýva, že aktuálna pôdna reakcia v jedľobučine sa pohybovala v rozmedzí 4,24 až 5,13, čím sa pôdy tohto spoločenstva radia k mierne kyslým až veľmi kyslým pôdam. Najvyššiu hodnotu (4,24 pH) má povrchový Ao horizont. Aktuálna kyslosť po prechode do B/C horizontu klesá na 5,59 pH, v C horizonte mierne klesá. V smrekovej monokultúre aktuálna pôdna reakcia je veľmi

kyslá až mierne kyslá. Podobne ako v jedľobučine najvyššiu hodnotu pH má povrchový Ao horizont. Oproti jedľobučine je hodnota aktuálnej pôdnej reakcie smrekovej monokultúry o 10,6% kyslejšia. Aktuálna pôdna reakcia v pôdnom profile smrečín s hĺbkou pôdy klesá. Najvyššia je v substrátovom horizonte. Podpovrchový diagnostický horizont B a substrátový horizont majú pH v H₂O v priemere o 10% vyššie. Aj pri výmennej pôdnej reakcii je jej priebeh podobný. Povrchový horizont v smrečine je oproti bučine kyslejší o 4,2 %. Ostatné horizonty (B, B/C, C) majú až o dve tretiny vyššiu hodnotu. pH. Najvyššia hodnota 5,18 pH je v B/C horizonte. Podpovrchové pôdne horizonty a substrátový horizont jedľobučín sú podobné ako aj pri aktuálnej pôdnej reakcii takmer o 14% kyslejšie.

Percento sušiny je v oboch pôdnych sondách takmer rovnaké. Jeho rozpätie v jedľobučine je 95,4 – 97,1%. Najnižšie je v Ao horizonte, v nižších horizontoch je mierne zvýšené. Podobný priebeh má % sušiny aj v pôdnom profile vykopanom v monokultúre smrečiny. V smrečine je percento sušiny nepatrne (0,6 - 1,8%) vyššie.

Najvyšší percentuálny podiel Cox (8,1) je v povrchovom horizonte jedľobučiny. Oproti smrekovej monokultúre (3,6%) je to dvakrát viac. Podiel Cox sa s hĺbkou pôdy takmer lineárne znižuje z 8,1 na 1,1. V smrečine je jeho podiel v A a B horizonte takmer rovnaký (3,6; 3,7%). Výrazný pokles (0,5%) je v prechodnom B/C horizonte.

Pôdny profil jedľobučín má veľmi nízky obsah fosforu (0,19 – 0,85 mg.1000g⁻¹). V substrátovom horizonte tento prvok absentuje. Vysoký obsah (4,4 mg.1000g⁻¹) má povrchový humus monokultúry smreka. V B a B/C horizonte sa jeho podiel znižuje až na 0,4 mg.1000g⁻¹. V rovnakom podieli (4,4 mg.1000g⁻¹) ako v povrchovom horizonte sa akumuluje v substrátovom horizonte. Pravdepodobne to súvisí s humusom, ktorý sa takisto vo zvýšenej miere akumuluje práve v tomto horizonte.

Obsah humusu v zeminách pôdnej sondy v monokultúre smrečiny je relatívne rovnaký (6,3; 6,1%) v A a B horizonte. V B/C horizonte je jeho obsah desaťkrát nižší. Akumuluje sa podobne ako fosfor v substrátovom horizonte. V jedľobučine obsah humusu v povrchovom horizonte je oproti smrečine viac ako dvojnásobný, v prechodnom B/C horizonte takmer päťnásobne väčší. O 11% je nižší iba v podpovrchovom pôdnom horizonte.

Súhrn

Z analýzy aktuálnej a výmennej pôdnej reakcie vyplýva, že monokultúry smreka v porovnaní s jedľobučinami znižujú kyslosť kambizeme v oblasti Spišská Magura (Pod Uhľiskon) len v povrchovom horizonte približne o 10%. Ostatné pôdne horizonty jedľobučiny sú kyslejšie o 3,3 až 12,6%. Tento vzťah má rovnaký charakter aj pokiaľ ide o výmennú pôdnu reakciu. Percentuálny podiel sušiny je takmer rovnaký v pôdach oboch porastov. Percentuálny podiel Cox je v priemere jedenapolkrát vyšší ako v smrekových monokultúrach. Fosfor má tendenciu akumulácie v pôdnom profile smrekových monokultúr, kde je ho takmer osemkrát viac ako v jedľobučine. Pôdy jedľobučín akumuluju jedenapolkrát viac humusu. Z týchto parciálnych výsledkov je zrejmé, že smrekové monokultúry majú nepriaznivý vplyv najmä na kyslosť zemín povrchového pôdneho horizontu, na percentuálny podiel Cox a na podiel humusu.

Poznámka: Výskumné práce sa čiastočne realizovali v rámci projektu VEGA č. 1/3518/06, 2/7161/27, 1/3548/06, 1/0703/08 a APVV 0456-07.

Literatúra

- HRAŠKO, J. et al., 1962: Rozbory pôd Slovenska. VÚPÚ Bratislava, 187 pp.
- MARHOLD K. & HINDÁK F. (eds.) 1998: Zoznam nižších a vyšších rastlín Slovenska. Veda Bratislava, 68 pp.
- MUCINA L. & MAGLOCKÝ Š. (Eds), 1985: A list of vegetation units of Slovakia. Documents phytosociologiques C.N., Camerino, 9, p.175-220.
- ŠÁLY, R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J., FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J., RAČKO, J., SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 74 pp.

VPLYV SMREKOVÝCH MONOKULTÚR NA PÔDNE VLASTNOSTI KARPATSKÝCH DUBOVÝCH LESOV

THE SPRUCE MONOCULTURES INFLUENCE TO THE SOIL CONDITIONS OF THE CARPATHIAN OAK FORESTS

¹Kontriš, J., ²Kontrišová, O., ¹Gregor, J., ¹Malajterová, N.

¹Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, T.G.Masaryka 24, 960 53 Zvolen

²Fakulta ekológie a environmentalistiky Technickej univerzity vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

Abstrakt

V prirodzených lesných spoločenstvách dubovo-hrabových lesov a smrekových monokultúr sme na základe chemickej analýzy paralelne vykopaných pôdnych profilov a priemerných vzoriek povrchového A horizontu vyhodnotili vplyv smrekovej monokultúry na pôdne vlastnosti. Z výsledkov vyplýva, že smrečiny v prvej generácii ovplyvňujú aktuálnu pôdnu reakciu v A horizonte, celkove akumulujú viac sodíka, vápnika a železa. Ostatné prvky, ako mangán, draslík, zinok a fosfor majú väčší obsah v pôdach karpatských dubovo-hrabových lesov.

Z porovnania výsledkov chemických analýz priemernej vzorky A horizontu vyplýva, že v dubinách je nižšia kyslosť pôdy, vyšší obsah vápnika, horčíka, draslíka a zinku, skoro rovnaký je v oboch porastoch obsah mangánu. Smrečiny majú vyšší obsah sodíka, železa a fosforu.

Kľúčové slová: dubové hrabiny, smrekové monokultúry, pôda, interakcie

Abstract

On the ground of chemical analyses of the parallel soil average samples of surface A-horizon we evaluated the influence of the spruce monoculture to the soil quality in the natural forest associations of the oak-hornbeam forests and of the spruce monocultures. It float from the result out, that spruce forest stands in the first generation influence soil reaction in the A-horizon, totally they accumulate more calcium, sodium and iron. Other chemical elements (manganese, potassium, zinc, and phosphorus) have bigger quantity in the soil of the carpathian oak-hornbeam forests.

From these results it is evident the lower soil acidity, bigger calcium, magnesia, sodium and zinc. The manganese quantity is in the both forest stands equally. The spruce forest stands have the bigger sodium, iron, and phosphorus quantity.

Key words: oak-hornbeam forests, spruce monocultures, soil, interaction

Úvod

Turčianska kotlina je budovaná prevažne pestrou zmesou hornín neogénneho pôvodu (Dák-roman, vrchný bádén-sarmat, panón a egenburg). Horniny vrchnej kriedy a paleogénu vnútrokarpatských kotlín (lutét-oligocén) sa vyskytujú v severozápadnej časti kotliny. Na horninách vrchnej kriedy, paleogénu a sčasti aj na neogénnych vrstvách z vrchného bádenu-sarmatu boli pôvodnými lesmi teplomilnejšie dubovo-hrabové lesy karpatské. Na ostsaných neogénnych horninách to boli mezofilné dubovo-hrabové lesy lipové. V súčasnosti sa smrekové monokultúry pestujú približne na dvoch tretinách lesného pôdneho fondu, z toho asi 10% zmiešané smrekovo-borovicové monokultúry a na jednej tretine borovicové monokultúry.

V poslednom období sa geobotanici intenzívnejšie venujú štúdiu ich štruktúry, floristickému zloženiu, syngenéze a cenotaxonomii. Poznatky ich vplyvu na pedotop sú ojedinelé, preto aj cieľom tohto príspevku je zhodnotiť vplyv smrekovej monokultúry na pôdne vlastnosti v porovnaní s vlastnosťami pôdy karpatských dubovo-hrabových lesov.

Metodika

Výskum bol robený v jeseni roku 2007 v 70-80 ročnom monokultúrnom poraste smrečiny a paralelne v poraste karpatských dubovo-hrabových lesov nachádzajúcich sa v lesoparku Bór. V porastoch oboch fytocenóz bola odobratá z A horizontu priemerná vzorka pôdy pozostávajúca z dvadsiatich náhodne vybraných odberových miest. Pôdne sondy sú navzájom vzdialené približne 100 m, reliéf pri oboch sondách je pravidelný, nezakrivený, so sklonom do päť stupňov, s juhozápadnou orientáciou. Morfológický opis pôdnych sond bol robený z čerstvej zeminy. Z každého pôdneho horizontu sme odobrali vzorku na chemické analýzy, ktoré boli robené metódami Meličku II. Klasifikácia pôdnych predstaviteľov je uvádzaná podľa Morfológického systému pôd Slovenska (Šály et al., 2000)

Výsledky a diskusia

Pôdne profily sú nerovnako hlboké, v karpatskom dubovo-hrabovom lese (as. *Quercus-Carpinetum* Michalko 1957) a smrekovej kultúre majú rôznu hĺbku. Pôdy v smrečinách sú hlbšie o 21 cm, stratigrafia oboch sond je rovnaká. Výrazné diferencie sú v pokryvkovom horizonte, najmä v hrúbke subhorizontu opadu, ktorý ja v dubinách dvojnásobne hrubší. Makromorfológické znaky pôdnych sond sú nasledovné:

Asociácia *Quercus-Carpinetum*, sonda č. 1

Kambizem modálna

Ool horizont: hrúbka 10 cm, nerozložené listy stomov, bylín a konáriky

Oof horizont: hrúbka 2 cm, čiastočne rozložené listy a byliny

Ooh horizont: hrúbka 1 cm, tmavivá rozložená organická hmota

Ao horizont: hrúbka 0-9 cm, tmavosivohnedá zemina odrobinková, piesočnatohlinitá, kyprá, bez skeletu, bohato prekorenená, čerstvo vlhká, prechod difúzny

Bv₁ horizont: hrúbka 10-19 cm, svetlohnedá zemina odrobinková až hrdkovitá, piesočnatohlinitá, drobivá, bez skeletu, stredne prekorenená, čerstvo vlhká, prechod difúzny

- Bv₂ horizont: hrúbka 20-32 cm, hnedá zemina, hrudkovitá, hlinitopiesočná, drobná, bez skeletu, stredne prekorenená, čerstvo vlhká, prechod výrazný
- B/C horizont: hrúbka 33-42 cm, hnedožltá zemina, polyedrická, hlinitopiesočná, uľahnutá, ojedinele prekorenená, čerstvo vlhká, prechod výrazný, málo skeletnatá
- C horizont: hrúbka 43 a viac cm, žltohnedá s hrdzavými škvrnami, piesočnatá, silne uľahnutá, čerstvo vlhká, neprekorenená, výrazne prechádza do kompaktného flyšového podložia

Asociácia *Oxalido (culti)-Piceetum* (smreková monokultúra), sonda č. 2

Kambizem modálna

- Ool horizont: hrúbka 2,5 cm, opadnuté ihličie
- Oof horizont: hrúbka nepravidelná, cca 0,5 cm
- Ooh horizont: hrúbka 2 cm, amorfná organická hmota tmavosivá
- Ao horizont: hrúbka 0-15 cm, sivotmavohnedá, odrobinková a hrudkovitá, kyprá, hlinitá, bez skeletu, bohato prekorenená, suchá, prechod nepravidelný, zvlnený
- Bv₁ horizont: hrúbka 16-31 cm, sivohnedá, hrudkovitá, piesčitohlinitá, drobná, bez skeletu, stredne prekorenená, mierne vlhká, prechod difúzny
- Bv₂ horizont: hrúbka 32-54 cm, hnedá, hruovitá, piesočnatohlinitá, mierne uľahnutá, skelet ojedinelý, mierne vlhká, prechod difúzny
- B/C horizont: hrúbka 55-83 cm, svetlohnedá s hrdzavými škvrnami, polyedrická, hlinitopiesočná, uľahnutá, slabo štrkovitá s ojedinelými hrubými kameňmi, čerstvo vlhká, výrazný prechod
- C horizont: 84 a viac cm svetlohnedookrová zemina, doskovitá, hlinitopiesočná, silne uľahnutá, skeletnatá, čerstvo vlhká.

Výsledky pedologického výskumu sú uvedené v tab. 1-5. Z výsledkov vyplýva, že aktuálna pôdna reakcia v pôdach smrekových monokultúr, najmä v subhorizonte meliny je najkyslejšia (4,6 pH). V porovnaní s dubinami je tento subhorizont kyslejší až o 37%. Ostatné pôdne horizonty tak v dubinách, ako aj v smrečinách majú kyslosť vyrovnanú. V smrečinách je jej variabilita (5,2-5,5 pH) v rozmedzí 0,3 pH a v dubinách (4,8-5,2 pH) v rozmedzí 0,4 pH. Z uvedeného vyplýva (tab. 1-2), že dubiny sú v povrchových a substrátových horizontoch o 0,4 pH kyslejšie. A-horizonty oboch porastov majú však rovnakú hodnotu aktuálnej pôdnej reakcie. Kyslosť priemernej vzorky (tab.3-4) A- horizontu je v dubine (5,0 pH) o 14% nižšia ako v smrečine.

Pôdy smrečín majú 6-7 násobne (3199,8 mg.1000g⁻¹; 437,82 mg.1000g⁻¹) väčší obsah kationov vápnika ako horčika. Oba prvky sa najviac akumulujú v meline. Ich zastúpenie v B- horizontoch je variabilné. Oproti A- horizontu je ich obsah v Bv₁ horizonte pri vápniku vyšší o 5% a pri mangáne o 7%. V prechodnom B/C a substrátovom horizonte dochádza pri oboch prvkoch k akumulácii. Obsah Ca je väčší o 37% a Mg o 44%.

Pôdy v dubine majú vyšší obsah vápnika len v meline a to oproti smrečinám o 21%. V oststných pôdnych horizontoch je jeho podiel oproti smrečinám nižší od 7% (Bv₂) až po 59% (Bv₁). Dubiny majú oproti smrečinám väčší obsah mangánu a to od 4% (C-horizont) do 12% (Ao). V Ooh subhorizonte je to 46% v prospech dubín. Oproti smrečinám je jeho obsah jedenápnásobne vyšší.

Tab. 1 Chemické vlastnosti pôdnej sondy v dubine (v mg.1000g⁻¹)

Pôdny horizont	Hrúbka (cm)	pH	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	P	Vip	Abs
Ooh	0+1	6,26	5158,3	761,44	689,87	34,79	267,16	3,13	5,96	60,9	60,9	43,5
Ao	0-9	5,16	2656,7	501,12	190,47	22,76	125,31	14,45	3,31	19,4	19,4	70,0
Bv ₁	9-19	4,77	1370,7	377,50	61,71	25,41	119,56	19,47	2,28	12,7	12,7	77,0
Bv ₂	19-32	5,21	2054,3	449,51	57,40	25,63	103,80	28,55	0,45	45,2	45,2	51,76
B/C	32-52	5,15	4151,9	786,84	141,58	38,30	20,09	16,92	0,96	18,1	18,1	71,22
C	52<	5,2	3975,8	785,51	108,1	45,79	11,92	15,91	0,97	27,9	27,9	63,06

Tab. 2 Chemické vlastnosti pôdnej sondy v druhotnej smrečine (v mg.1000g⁻¹)

Pôdny horizont	Hĺbka (cm)	pH	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	P	Vip	Abs
Ooh	0+2	4,59	4237,8	408,45	315,56	40,30	303,18	10,65	11,86	76,1	76,1	36,5
Ao	0-10	5,17	3199,8	437,82	100,68	25,52	92,24	11,83	2,80	18,4	18,9	70,5
Bv ₁	10-26	5,41	3364,9	616,50	92,42	48,77	35,15	27,16	0,61	20,5	20,5	69,0
Bv ₂	26-45	5,45	2991,0	422,25	49,54	30,28	75,42	23,76	0,57	16,3	16,3	73,0
B/C	45-71	5,49	4464,2	742,44	104,38	65,11	13,28	43,85	0,03	16,8	16,8	72,5
C	71<	5,40	4778,3	755,16	102,87	74,83	10,00	45,27	0,31	19,4	19,4	70,0

Tab. 3 Priemerná vzorka A- horizontu pôdnej sondy v dubine (v mg.1000g⁻¹)

Pôdny horizont	Hrúbka (cm)	pH	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	P	Vip	Abs
Ao	5-20	5,04	2612,7	396,86	174,84	22,94	125,61	13,45	6,67	10,5	10,5	79,7

Tab. 4 Priemerná vzorka A- horizontu pôdnej sondy v smrečine (v mg.1000g⁻¹)

Pôdny horizont	Hrúbka (cm)	pH	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	P	Vip	Abs
Ao	5-20	4,32	2560,4	297,41	170,34	29,20	129,48	24,18	3,6	16,3	16,3	73,0

Tab. 5 Rozdiely v zastúpení chemických hodnôt medzi druhotnými smrečínami a dubinami (- = percentuálny rozdiel v prospech smrečiny, + = percentuálny rozdiel v prospech dubiny)

Pôdny horizont	Hrúbka (cm)	pH	Ca	Mg	K	Na	Mn	Fe	Zn	P	Vip	Abs
Ooh	- 50	+ 37	+ 21,7	+ 46	+ 54	- 17,4	- 11,8	- 70,6	- 49,7	- 19,9	- 19,9	+ 16
Ao	- 10	0	- 16,9	+ 12,7	+ 47	- 10,8	+ 26,4	+ 18,1	+ 15,4	+ 2,5	+ 25,7	- 0,7
Bv ₁	- 37	- 11	- 59,6	- 38	- 33,2	- 47,8	+ 70,6	- 28,3	+ 73,2	- 38	- 38	+ 10,3
Bv ₂	- 31	- 37	- 31	+ 60	+ 13,6	- 15,3	+ 27,3	+ 16,7	- 21	+ 63	+ 63	- 29
B/C	- 23	- 5,4	- 71	+ 5,6	+ 26,5	- 41	+ 33,8	- 61,4	+ 96,8	+ 7,1	+ 7,1	- 1,7
C	- 24	- 8,7	- 16,7	+ 3,8	+ 4,8	- 38,8	+ 16,1	- 64,8	+ 68	+ 30,4	+ 30,4	- 9,9
Priemerná vzorka		+ 14	+ 2	+ 25	+ 2,5	- 21,4	- 2,9	- 44	+ 46	- 35,3	- 35,5	+ 8,4

Draslík, tak ako ostatné prvky sa akumuluje najmä v melinovom subhorizonte oboch biotopov. V smrečine má oproti Ooh-horizontu trikrát nižšiu hodnotu (315,56 mg.1000g⁻¹; 100,68 mg.1000g⁻¹). V B-horizontoch je jeho obsah o polovicu nižší. V prechodnom a substrátovom horizonte dochádza k jeho akumulácii, a to až na úroveň Ao-horizontu. Pôdy v dubinách majú o 5% (C-horizont) až 48% (Ao) väčší obsah dusíka. Len v Bv₁-horizonte je jeho obsah oproti smrečínám nižší o 33%, podobne ako pri mangáne.

Smrečiny majú celkom o 37% väčší obsah sodíka v pôde. Rozdiely v jednotlivých horizontoch sú od 11% (Ao) po 49% (Bv₁). Opačná situácia je v obsahu mangánu, ktorého obsah je v dubinách vyšší vo všetkých horizontoch a to od 16% (C-horizont) po 70% (Bv₁). Len v Ooh-subhorizonte je jeho obsah o 12% vyšší v smrečinách. V smrečinách dochádza k väčšej akumulácii železa. Až o 70% je ho viac v meline smrečín, v prechodnom a substrátovom horizonte o 61-64%. V dubinách je jeho obsah vyšší v Ao a Bv₂-horizonte o 10, resp. 15%. Dvojnásobný obsah zinku má oproti dubinám len Ooh-subhorizont. V ostatných pôdnych horizontoch dubín, až na Bv₂ je jeho obsah v priemere až trojnásobne vyšší.

Zásoby fosforu sa v smrečinách najviac vyskytujú v subhorizonte meliny. Oproti ostatným pôdnym horizontom takmer štvornásobne viac (76,1 mg.1000g⁻¹; 16,3 mg.1000g⁻¹) Jeho obsah je znížený v Ao-horizonte na 18,9 mg.1000g⁻¹, v Bv₁-horizonte je mierne zvýšený. V prechodnom B/C- horizonte a v substrátovom horizonte je jeho obsah zvýšený na 16,8 mg.1000g⁻¹, resp. 19,4 mg.1000g⁻¹. pôdy v dubinách až na Ooh-horizont a Bv₁-horizont majú obsah fosforu vyšší od 2,5% (Ao) až po 63% (Bv₂).

Z analýzy chemických vlastností priemerných vzoriek Ao-horizontu vyplýva, že aktuálna kyslosť pôdy v smrečinách (4,32 pH) je oproti dubine o 0,72 pH vyššia, čo je v protiklade s výsledkami analýzy Ao-horizontu (5,17 pH) v pôdnej sonde vykopanej v biotope smrečín a v dubine (5,16 pH). S výsledkami priemerných vzoriek nekorelujú ani obsahy vápnika, ktorý je v dubine o 279 mg.1000g⁻¹ vyšší, ako v smrečine, ďalej zinku, ktorého obsah je v dubine väčší o 2,8 mg.1000g⁻¹. Fosforu je naopak viac o 16,5 mg.1000g⁻¹ v smrečine. Zhodné výsledky sú v zastúpení sodíka a železa, ktoré sa viac akumulujú v pôdach smrečín.

Súhrn

Z analýzy pôdnych sond vykopaných v prirodzenom dubovo-hrabovom lese karpatskom a v rovnovejkej monokultúre 70-80 ročného smreka vyplýva, že monokultúra zvyšuje aktuálnu pôdnu reakciu len v melinovom subhorizonte. Povrchové Ao-horizonty majú v oboch spoločenstvách rovnakú hodnotu pH. V priemernej vzorke odobranej z povrchového A-horizontu je zemina v smrečine kyslejšia o 0,72 pH. Zásoba vápnika je v smrečinách vyššia o 7,1 až 59,6%, sodíka o 10,8 až 47,8%, železa takmer dvojnásobne. Obsah horčíka je vo všeobecnosti vyšší v dubinách, a to od 3,8% v substrátovom horizonte do 12,7% v povrchovom A-horizonte. Draslík sa tiež vo väčšom množstve akumuluje v pôdach karpatských bučín. Oproti smrečinám je jeho obsah vyšší od 4,8% v substrátovom horizonte. V povrchovom horizonte A je jeho obsah v dubinách takmer dvojnásobný. Pre dubiny je v porovnaní so smrečinami typický vysoký rozdiel v obsahu mangánu (16-70,6%) v povrchových a v substrátovom horizonte. Výrazné sú rozdiely aj v obsahu zinku a to najmä v Bv₁, B/C a C-horizonte, kde je až 96% rozdiel v jeho obsahu v prospech dubín. Dubiny majú aj vyššiu zásobu fosforu, výnimkou je tak ako aj pri mangáne a draslíku Bv₁-horizont, v ktorom je jeho obsah jedenapolnásobne vyšší.

Chemické analýzy priemerných vzoriek z Ao-horizontu potvrdili výsledky analýz pôdnych Ao-horizontov sond v obsahu sodíka a železa, ktorých obsah je vyšší v smrečinách a v obsahu mangánu, draslíka a zinku, ktoré sa viac akumulujú v dubinách. Výsledky aktuálnej pôdnej reakcie a obsahu vápnika v prospech dubových lesov nie sú totožné.

Poznámka: Výskumné práce sa čiastočne realizovali v rámci projektu VEGA č. 1/3518/06, 2/7161/27, 1/3548/06, 1/0703/08 a APVV 0456-07.

Literatúra

ŠÁLY R., BEDRNA, Z., BUBLINEC, E., ČURLÍK, J., FULAJTÁR, E., GREGOR, J., HANES, J., JURÁNI, B., KUKLA, J., RAČKO, J., SOBOCKÁ, J., ŠURINA, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 74 pp.

EKOLOGICKO-PRODUKČNÉ VLASTNOSTI A FUNKCIE SKUPINY RENDZINOVÝCH PÔD

ECOLOGICAL AND PRODUCTIONAL PROPERTIES AND FUNCTIONS OF RENDZIC LEPTOSOLS

Ján Machava¹, Eduard Bublinec², Edward P. Farrell³

¹*Katedra prírodného prostredia, Lesnícka fakulta, TU Zvolen, T.G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen*

²*Pedagogická fakulta, KU, Ružomberok/ Ústav ekológie lesa, SAV, Štúrova 2, 960 01 Zvolen*

³*School of Biology and Environmental Science, University College Dublin, Belfield, Dublin 4, Ireland*

Abstrakt

Vzorok rendziny a pararendziny boli odobraté z plôch založených na lokalitách Škutovky, pri Liptovskej Osade a Jazierce (Jazierské travertíny) pri Ružomberku. Chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti vzoriek boli stanovené štandardnými analytickými metódami. Hoci sa v rendzine zistili vyššie obsahy makro- a mikroživín, s výnimkou K, ako v pararendzine, jej produkčné vlastnosti sú limitované jednostranným chemizmom. Zo sledovaných rizikových prvkov vykázal zvýšenú koncentráciu len Ni, avšak –potenciálne prístupné množstvá tohto prvku boli hlboko pod limitnou hodnotou. Poukazuje to na značnú väzbu sledovaného prvku v pôdach s vyššou hodnotou pH. V krasových oblastiach, akými sú Slovenský Kras a Burren Karst Park v Írsku, je degradácia rendzinových pôd spôsobená odlesnením, a dlhším obdobím sucha. Ich ochranu možno zabezpečiť sofistikovaným riadením lesného hospodárstva.

Kľúčové slová: rendzina, pararendzina, erózia, pôda, kras

Abstract

Samples of Rendzic Leptosols and Calcaric Cambisols were taken from plots of Škutovky, near at Liptovska Osada and Jazierce (Jazierce's travertine) nearby Ružomberok. Chemical and physico-chemical properties of soils were determined by standard analytic methods. Though Rendzic Leptosols have shown higher contents of macro- and microelements, with the exception of K, compared to Calcaric Cambisols, its productive properties are limited by one-sided mineral nutrition (Ca, Mg). From investigated risk elements, only Ni has overstepped the limit concentration in C-horizon, however, its potentially available amount was low below the limit value. It has pointed out to the strong bound of this element to the soil at higher pH value. In the Karst regions, like that Slovak Karst and the Burren Karst Park, in Ireland, the degradation of Rendzic Leptosols group is caused by deforestation and by a long period of drought. The protection of these endangered soils can be secured by sophisticated management of forestry.

Key words: Rendzic Leptosols, Calcaric Cambisols, erosion, soil, karst

Úvod

Pôda ako súčasť prírodných zdrojov od počiatku slúžila človekovi na uspokojovania jeho potrieb. Najskôr to boli hlavne produkčné funkcie pôdy v poľnohospodárstve a lesníctve. V dnešnej dobe, keď podiel týchto odvetví na tvorbe národného hospodárskeho produktu postupne klesá, človek si uvedomuje aj jej ďalšie funkcie – ekologické a sociálno-ekonomické. Funkcie, ktoré slúžia na spríjemnenie jeho životného prostredia. Hoci pôda je neodmysliteľnou súčasťou ľudskej spoločnosti, činnosť človeka môže viesť k jej poškodzovaniu a hlavne k obmedzeniu jej ekologických funkcií. Medzi pôdy, ktoré môžu byť degradované (poškodzované) patria tie, ktoré boli vytvorené na karbonátovom podloží – zo skupiny rendzinových pôd hlavne rendziny. Z ekologického hľadiska je nutné rendzinové pôdy rozdeliť na základe zloženia materskej horniny. Rendziny vytvorené na karbonátovom podloží sa odlišujú skeletnosťou, hĺbkou a chemizmom od pararendzín vytvorených na karbonátovo-silikátových horninách (nepravé rendziny). Deliacou čiarou medzi karbonátovými a karbonátovo-silikátovými horninami je 75 % obsah karbonátov. V dôsledku pomalého rozkladu sa počas holocénu z karbonátových hornín mohli spravidla vytvoriť len plytké až stredne hlboké rendziny. Na strmých svahoch sa vytvorili len litozeme. Rýchlosť degradácie rendzinových pôd závisí hlavne od lokálnych podmienok a od vlastností týchto pôd. Vzhľadom na plytký profil, nízku dažďovú kapacitu, dobrú priepustnosť nielen A horizontu, ale aj horninového podložia, dochádza v dôsledku nadmerného priesaku k veľkým stratám vody. Preto majú rendziny nízku vodnú kapacitu a v období sucha môže dochádzať k predčasnému vädnutiu vegetácie a následnej erózii. Na druhej strane rýchly vertikálny transport vody výdatne prispieva k tvorbe zásob vody v karbonátovom masíve.

Na Slovensku sú rendziny po kambizemiach v lesnom pôdnom fonde druhým najviac zastúpeným pôdnym typom (13,1 %, poľnohospodárstvo – 4,7 %). Preto si tieto pôdy zasluhujú zvýšenú pozornosť a ochranu. Rendziny sa považujú hlavne za lesné pôdy, lebo po odlesnení a poľnohospodárskom využívaní dochádza k ich erodovaniu a spustnutiu.

V tejto práci sú uvedené charakteristiky rendzín a pararendzín zo stredného Slovenska a ich vlastnosti sú navzájom porovnané s pôdami vytvorenými na karbonátovom podloží v „The Burren National Park“ v západnom Írsku.

Materiál a metódy

Pôdne sondy boli vyhlbené na lokalite Škutovky, pri Liptovskej Osade a Jazierce (Jazierské travertíny) pri Ružomberoku (obr. 1 a 2). Pôdne vzorky boli odobraté podľa jednotlivých horizontov a spracované štandardnými analytickými metódami v pedologickom laboratóriu na Katedre prírodného prostredia Lesníckej fakulty vo Zvolene (Šály, Ciesarík, 1991). Po desintegrácii boli pôdne vzorky preosiate cez sito z umelej hmoty s veľkosťou oka 2 mm. Stanovené boli nasledovné chemické a fyzikálno-chemické vlastnosti jemnozeme: reakcia pôd potenciometrickou metódou - pomocou laboratórneho pH-metra OP 211, zrnitostné zloženie pomocou laserového analyzátoru Economy 20, fy Fritsch, obsah karbonátov Jankovým vápnomerom, obsahy makro- a mikroživín v mikrovlňnom výluhu koncentrovanej HNO_3 , potenciálne prístupné formy vo výluhu 2 M HNO_3 a potenciálne mobilné formy vo výluhu 0,05 M EDTA metódou atómovej absorpčnej spektrometrie (AAS) na použitie

spetrometra Avanta fy GBC, celkový obsah C, N a S – pomocou CNS analyzátoru, fy LECO. Kontrola presnosti stanovenia koncentrácií sledovaných prvkov bola zabezpečená stanovením koncentrácií sledovaných prvkov v štandardnej pôdnej vzorke. Stanovené koncentrácie sa prepočítali na sušinu vzorky.

Obr. 1 Rendzina (Škutovky, Liptovská Osada) **Obr. 2** Pararendzina (Jazierce, Ružomberok)



Výsledky a diskusia

Rendziny sú na Slovensku všeobecne rozšírené v rozličných geografických polohách. Vyvinuli sa prevažne z hornín mezozoickej obalovej série kryštalinika. Túto sériu tvoria takmer výlučne vápence a dolomity lemujúce oblúky našich kryštálických pohorí najmä zo severnej strany. Rendziny sú významne zastúpené v pohoriach Nízke Tatry, Belianske Tatry, Malá a Veľká Fatra, Strážovská hornatina, Chočské pohorie, Muránska planina, Slovenský raj, Malé Karpaty, Trábeč a Slovenský kras. Nachádzajú sa v nadmorských výškach 200-2 200 m, v klimatickej oblasti teplej a suchej až veľmi chladnej a vlhkej. V poľnohospodársky využívaných oblastiach je ich výmera pomerne malá (4,7 %), v rámci lesného pôdneho fondu sú však po kambizemiach druhým najrozšírenejším typom (13,1%, <http://pedogeografiuuk.blogspot.com/2008/01/rendzina.html>).

Pôdy vyvinuté z takýchto pôdotvorných substrátov v prevažne členitom reliéfe sú spravidla plytké, stredne ťažké (obsah hrubého ílu 20-45 %), so skeletnosťou nad 30 %. Dominantným pôdotvorným procesom pri ich vzniku a vývoji je proces akumulácie a stabilizácie humusu. Rendziny modálne sú pôdy s molickým Am horizontom prechádzajúcim cez tenší prechodný A/C horizont priamo do pôdotvorného substrátu (zvetraliny), alebo je A horizont uložený priamo na kompaktnej karbonátovej hornine, R-horizonte (obr. 1). V typickom vývoji sa uhličitaný nachádzajú vo všetkých pôdnych horizontoch, ktorým dodávajú mierne alkalický charakter (zastúpenie karbonátov dosiahlo až 91 %).

Tab. 1 Fyzikálne a fyzikálno-chemické vlastnosti rendziny (Škutovky) a pararendziny (Jazierce)

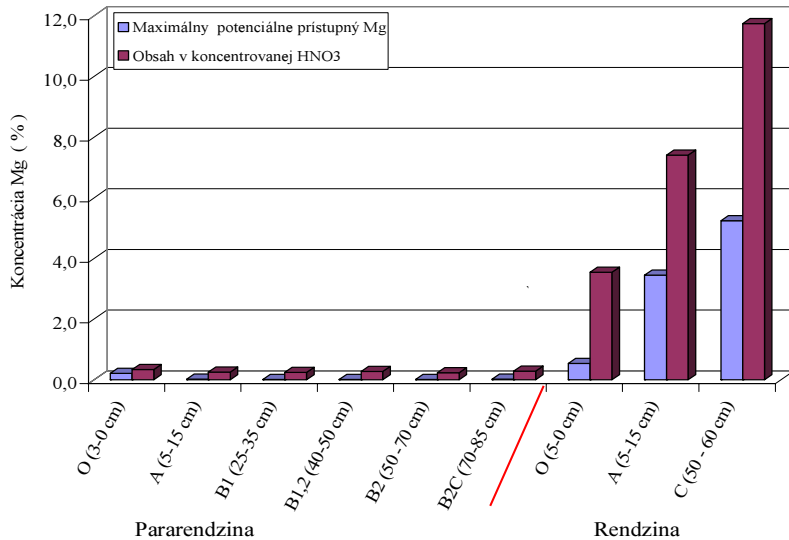
Plocha	Horizont	Reakcia pôdy	CO ₃ ²⁻	C _{ox} ¹⁾	Humus	P _{Mehlich} ²⁾	Íl		Prach	Piesok	
							fyz. ³⁾	hrubý		jemný	hrubý
	(cm)	pH _{H₂O}	(%)			(ppm)	(%)				
Škutovky (Rendzina)	Oo (5 - 0)	6,85	-	-	-	17,5	-	-	-	-	-
	Amc (5 -15)	7,01	38,7	7,6	13,0	14,3	6,9	20,7	42,5	3,6	26,3
	Cc (50 - 60)	8,10	91,1	1,2	2,1	7,1	-	-	-	-	-
Jazierce (Para- rendzina)	Om (4 - 0)	6,10	-	-	-	13,1	-	-	-	-	-
	Amc (5 -15)	6,92	2,6	2,9	5,1	13,2	9,7	32,4	40,1	4,5	13,3
	(Bv1)c (25 - 35)	7,04	0,4	1,5	2,5	7,0	12,6	32,5	40,2	2,3	12,4
	(Bv1/Bv2) c (40-50)	6,65	0,0	0,9	1,6	6,6	11,5	33,4	41,1	2,0	12,0
	(Bv2)c (50 - 70)	6,70	0,1	0,1	0,2	3,9	11,5	28,7	46,6	1,4	11,8
	(Bv2)c/Cc (70-85)	6,54	0,1	0,1	0,1	4,1	10,8	28,7	38,6	5,6	16,3

Legenda: ¹⁾ obsah organického uhlíka; ²⁾ obsah prístupného P podľa Mehlicha II; ³⁾ Fyzikálny íl

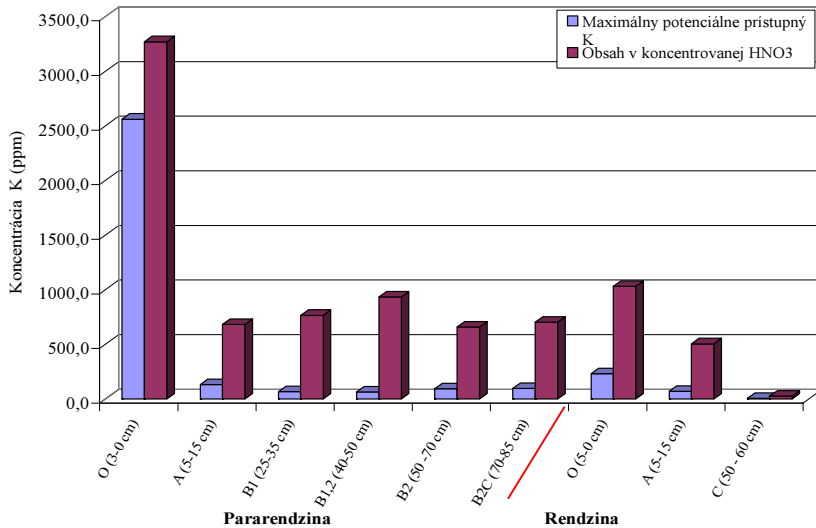
Obsah humusu v A horizonte závisí aj od nadmorskej výšky, v našom prípade je to do 14 %, čo je v súlade s údajom Šályho (1996) pre polohy do 600 m. Vyššie zastúpenie častíc prachu (10-50 µm) v A horizonte môže pozitívne ovplyvňovať kvalitu pôdy. Na druhej strane jednostranný nadbytok zásadito pôsobiacich kationov (Ca²⁺ a Mg²⁺) sa prejavil v antagonizme makroživín Mg²⁺ a K⁺ (obr. 3 a 4). Najvyšší obsah Ca²⁺ (23 %) sa napr. zistil v C horizonte rendziny, pričom obsah Mg²⁺ bol tu 2-krát nižší. V rendzine sa zistili aj vyššie koncentrácie S a N. V O horizonte sú takmer 2-krát vyššie obsahy v porovnaní s pararendzinou. Opačné trendy sa zistili v prípade K, obsah ktorého bol v O horizonte pararendziny 3-krát vyšší. V oboch pôdnych typoch bol zaznamenaný nízky obsah prístupného P_{Mehlich}.

Pararendziny sú pôdy s molickým, niekedy až ochrickým horizontom. Tvoria sa zo zvetralín spevnených karbonátovo-silikátových hornín. Sú vytvorené na svahovinách vápnených ílov, ílovcov, pieskocov, slieňov, slieňovitých bridlic, karbonátových zlepcov a brekcií, v našom prípade aj s prímiesou travertínového skeletu. Vyskytujú sa v nižších nadmorských výškach, v pahorkatinách a v nižších horských polohách jadrových pohorí, ale aj v oblasti flyšu. V polohách nad 900 m boli pôdy zo spomínaných hornín už v B horizonte odvápnené. Pararendziny nemajú jednostranný chemizmus, preto sú stanovištné vhodné aj pre poľnohospodárske využitie (4,7 %). Z rozlohy lesného pôdneho fondu zaberajú 1,7 %.

Obr. 3 Celkový a potenciálne prístupný Mg (výluh v koncentrovanej a 2 M HNO₃)



Obr. 4 Celkový a potenciálne prístupný K (výluh v koncentrovanej a 2 M HNO₃)

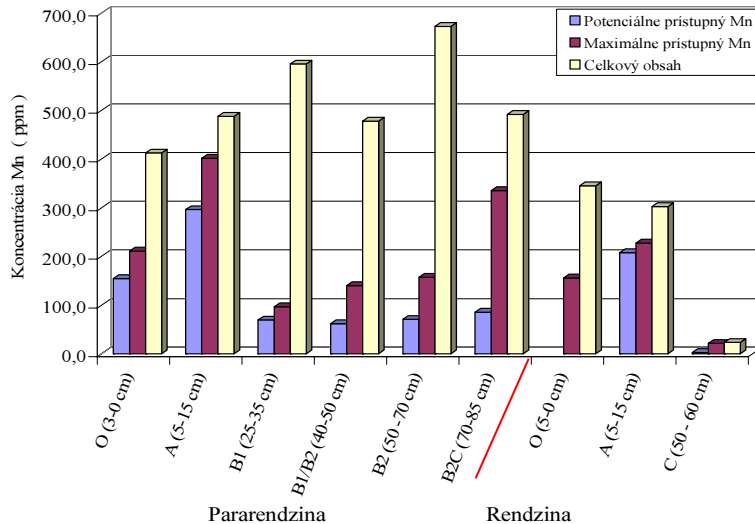


Vlastnosťami sa pararendziny podobajú rendzinám, hlavne v prípade hodnôt pH, kvality humusu a štruktúry. Avšak v porovnaní s rendzinami majú nižšie zastúpenie skeletu (< 30 %). V jemnozemi pararendziny sa v porovnaní s rendzinou zistilo o polovicu nižšie zastúpenie hrubého piesku a o 50 % vyššie zastúpenie fyzikálneho a hrubého ílu (tab. 1). Obsah karbonátov v C horizonte sa nachádza v rozsahu 10-50 %. Hoci najvyššie zastúpenie karbonátov sa zistilo v minerálnom podiele A horizontu pararendziny (2,6 %), v porovnaní s rendzinou je to takmer 15-krát menej. Preto proces jeho dekarbonizácie a zakyslenia prebieha podstatne rýchlejšie.

Z mikroživín vykazovali podobný trend koncentračných hodnôt Cu a Zn. V profile pararendziny kolísali koncentrácie Cu okolo hodnôt 10 mg.kg⁻¹ a Zn okolo hodnôt 50

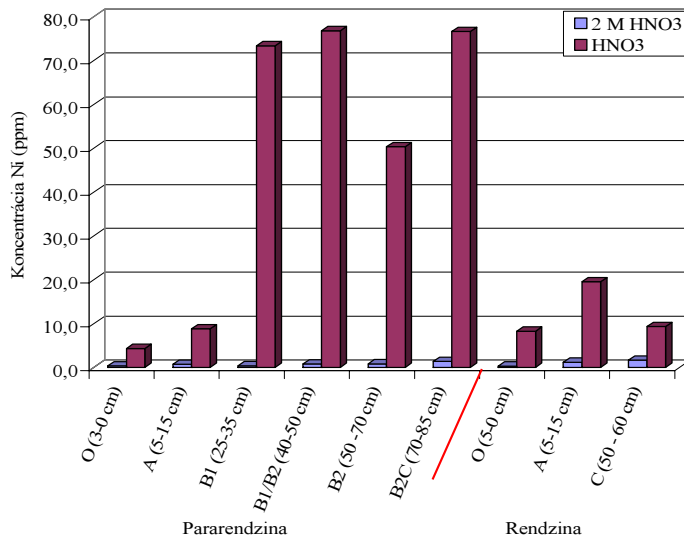
mg.kg⁻¹, zatiaľ čo v rendzine hodnoty ich koncentrácií klesali z 25, resp. 70 mg.kg⁻¹ v A horizonte takmer k hodnotám 1 a 2 mg.kg⁻¹ v C horizonte. Potenciálne prístupné a potenciálne mobilné množstvá tvorili, s výnimkou O-horizontu, nepatrnú časť celkového obsahu týchto prvkov. Obsahy Mn a Fe zistené v pararendzine a rendzine vykázali podobný trend, avšak pre obmedzený rozsah práce uvádzame len údaje o koncentráciách Mn (obr. 5). Pokiaľ koncentrácia Mn stúpala od O-horizontu (400 mg.kg⁻¹) po B- horizont (700 mg.kg⁻¹), v prípade Fe vzrástla z 5 000 na 12 000 mg.kg⁻¹. Spoločným znakom boli nízke koncentrácie Mn a Fe v C-horizonte rendziny (23, resp. 93 mg.kg⁻¹).

Obr. 5 Celkový a potenciálne prístupný a mobilný Mn (koncentrovaná a 2 M HNO₃ a 0,05 M EDTA)



Rozdielne boli aj koncentrácie Ni a Cr. Zatiaľ čo v rendzine sa koncentrácie Ni od A horizontu smerom nadol zvyšovali (z 5 na 38 mg.kg⁻¹), koncentrácie Cr v B-horizonte kolísali okolo hodnoty 70 mg.kg⁻¹. Hoci najvyššia koncentrácia Ni (obr. 6) prekročila limitnú koncentráciu (35 mg.kg⁻¹), potenciálne prístupné množstvo Ni (výluh v 2 M HNO₃) nepredstavovalo žiadne riziko.

Názvy pôdnych typov rendzina a pararendzina naznačujú, že tieto pôdy majú podobné vlastností, avšak rozdielny obsah skeletu, zrnitosť jemnozeme a jednostranný chemizmus rendzín je príčinou rozdielnych ekologicko-produkčných vlastností. Hoci rendzina má dostatok živín, nehľadiac na jednostranný jej chemizmus, v období suchej periódy sú tieto živiny akoby umŕtvené. Okrem toho pri odlesnení rendzina, ako lesná pôda, podlieha erózií, ktorá vedie k postupnému obnažovaniu podložia. Zastúpenie živín v pararendzine je omnoho vyrovnanejšie a ich prístupnosť pre rastliny je ľahšia. Subtyp rendzina kambizemná (PRk) patrí medzi najúrodnejšie pôdy v lesnom ekosystéme.

Obr. 6 Celkový a potenciálne prístupný Ni (výluh v koncentrovanej a 2 M HNO₃)

Rendzinové pôdy sú pre naše národné hospodárstvo dôležité najmä pre ich produkčné vlastnosti, ale zároveň slúžia ako „rezervoár biodiverzity“. Uvedená funkcia vytvára životné prostredie pre rastlinné a živočíšne organizmy. Zhoršenie vlastností pôd vo všeobecnosti vedie k zníženiu biodiverzity. Biologická degradácia pôd je spravidla následkom fyzikálnej a chemickej degradácie, ktorá je pre tieto pôdy typická.

Výsledkom sú obnažené karbonátové podložia, ako je tomu napr. v Slovenskom Krase. Podobný jav môžeme sledovať i v západnom Írsku (v národnom parku „The Burren National Park“). Burren, nachádzajúci sa v grófstve (county) Clare, je krasová oblasť (obr. 7) s fragmentovanou pôdou a vegetáciou hlavne na vápencovom podloží (Moles a Moles, 2002).

Chemický a mineralogický rozbor vzoriek odobratých zo študovanej oblasti potvrdil, že sa tu nachádzajú 3 odlišné pôdne typy vytvorené hlavne z bridlíc a vápencov, granitu a kremitého granitu. Pôdny kryt na bridliciach a vápencoch sa vytvoril v dôsledku rýchleho Holocénneho zvetrávania hornín a pedogenézy, pri ktorej sa v pôde vo väčšej miere hromadí íl. Tieto pôdy sú preto v porovnaní s pôdami obsahujúcimi granit odolnejšie voči erózii.

Obr. 7 Krasová oblasť v Burrenskom národnom parku

V poslednej dobe (1998) bol pôdny kryt napriek vyššej protieróznej odolnosti rozrušený a erózia pôd pokračuje aj v súčasnosti. Táto skutočnosť poukazuje na citlivosť pôd krasovej oblasti Burren voči erózii. Biodiverzita krasovej oblasti Burren je výnimočne vysoká (Webb a Scannell, 1983), a preto Správa mesta Burren a zvlášť Správa národného parku Burren by sa mali zamerať na prevenciu voči nebezpečenstvu ďalšej pôdnej erózie. To isté platí aj pre naše chránené oblasti.

Záver

Rendziny sa tvoria hlavne z mezozoických karbonátových hornín. Produkčná schopnosť týchto pôd na rozdiel od pararendzín je v dôsledku jednostranného chemizmu a neprístupnosti niektorých živín značne znížená. Pre vysoký obsah skeletu a puklinový charakter horninového podložia sú rendziny tiež značne výsušnými pôdami. To vysvetľuje ich nižšiu produkčnú schopnosť i napriek tomu, že majú vyšší obsah makro- i mikroživín, s výnimkou draslíka. V prípade odlesnenia a poľnohospodárskeho využívania rendzín dochádza k ich erózii a následnej degradácii (zmyv a mechanický transport častíc pôdy). Pretože ide o lesné pôdy, miera ich degradácie úzko súvisí s ochrannou funkciou koreňového systému a korunného zapoja lesných spoločenstiev. Ochranu týchto pôd pred degradáciou možno preto zabezpečiť len prostredníctvom špecificky riadeného lesného hospodárstva.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0102-06 a Vedeckou grantovou agentúrou Ministerstva školstva SR a Slovenskej akadémie vied (projekt 1/3548/06. a 2/7162/7).

Literatúra

- MOLES, N.R., MOLES, R.T., 2002: Influence of geology, glacial processes and land use on soil composition and Quaternary landscape evolution in The National Park, Ireland. *Catena* 47, 291-321.
- ŠÁLY, R., 1996: Pedológia. Technická univerzita vo Zvolene. 177 s.
- ŠÁLY, R., CIESARIK, M., 1991: Pedológia. Návodý na cvičenie. VŠLD vo Zvolene, 1991, 123s.
- WEBB, D.A., SCANNELL, M.I.P., 1983: Flora of Connemara and the Burren. Royal Dublin Society and Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK.
<http://pedogeografiak.blogspot.com/2008/01/rendzina.html>

AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ AKTÍVNEHO HLINÍKA V KAMBIZEMIACH

ACTUAL STATE AND DEVELOPMENT OF ACTIVE ALUMINIUM IN CAMBISOLS

Jarmila Makovníková

*Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Mládežnícka 36, 974 04 Banská
Bystrica, e-mail: makovnikova.vupop@bystrica.sk*

Abstrakt

Príspevok je zameraný na stanovenie aktuálneho stavu a vývoja aktívneho hliníka v poľnohospodársky využívaných kambizemiach SR. Ako materiál sme použili pôdne vzorky kambizemí zo základnej siete monitoringu pôd odobraté v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít v jednotlivých skupinách kambizemí (hĺbka 0 – 0,10 m). Aktívny hliník bol stanovený vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0. Obsah aktívneho hliníka sa pohyboval od 1,20 do 385.12 mg.kg⁻¹. Najvyššie hodnoty mediánu sme namerali v kambizemiach na flyši a najnižšie v skupine kambizemí na vulkanitoch. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al³⁺/Ca²⁺ indikuje stupeň degradácie pôdy, vysoký stupeň degradácie pôdy sme stanovili aj na orných pôdach a to v skupine kambizemí na flyši a v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach. K výraznému nárastu obsahu aktívneho hliníka v sledovanom období došlo v kambizemiach vyvinutých na flyši. Na základe Spearmanovej korelačnej analýzy sme stanovili zápornú signifikantnú závislosť medzi obsahom aktívneho hliníka a hodnotou pôdnej reakcie ako aj obsahom Ca²⁺ a kladnú signifikantnú závislosť medzi obsahom aktívneho hliníka a obsahom organickej hmoty. Sekvenčná analýza podľa Zeiena a Brummera ukázala, že hliník je prevažne viazaný v silikátoch v reziduálnej frakcii a oxidmi železa a percentuálny podiel v mobilnej frakcii je nízky, napriek tomu hodnota mobilného hliníka v tejto frakcii predstavuje vysoké riziko pre koreňový systém rastlín a príjem živín.

Kľúčové slová: monitoring pôd, aktívny hliník, kambizeme

Abstract

Obtained results of status and development of active aluminium in Cambisols of Slovakia are presented in this paper. Active aluminium content have been observed in the frame of Partial monitoring system - Soil. The soil samples were collected from the depth 0 – 0.10 m in 1993, 2007 and 2002 years. Active aluminium content (in soil samples with pH value in KCl lower than 6.0, n = 61), basic cations Ca²⁺ Mg²⁺ a K⁺, pH value in KCl, Corg and soil particle lower than 0,01 mm were determined. Active aluminium content in Cambisols (status in 2002 year, depth 0 – 0.10 m) has been running from 1.20 to 385.12 mg.kg⁻¹. The highest median of active aluminium content was measured in Cambisols group development on Flych belt. Relation between Al³⁺/Ca²⁺ indicates a degree of soil degradation. Unsuitable relations were determined

in Cambisols group development on Flysch belt and in Cambisols group development on acid substrates (both arable land). Increase in active aluminium content was observed in Cambisols group development on Flysch belt. From the viewpoint of Spearman correlation analyses active aluminium content was in negative significant relation with pH in KCl as well as with Ca^{2+} and in positive significant relation with Cox. A methodological process of selective sequential extraction according to Zeien and Brummer has been used for five key localities (Cambisols). Aluminium is bound with relative high share on Fe oxides as well as in residual fraction. The mobile fraction is very important especially from plant uptake of view.

Key words: soil monitoring, active aluminium, Cambisols

Úvod

Kambizeme patria k najviac rozšíreným pôdam Slovenska (26,8 % poľnohospodársky využívaných pôd SR (Bielek a kol., 1998)). Vyvinuté sú na rôznych pôdotvorných substrátoch, a to od kyslých granitických hornín a kryštalinika, cez vulkanické horniny až po flyš, ako aj na karbonátových horninách (Hansen a kol., 2001). Kambizeme patria k pôdam so značne variabilnými pôdnymi vlastnosťami, sú využívané ako poľnohospodárske pôdy (orné pôdy i pôdy pod trvalými trávnyimi porastami) a tiež ako lesné pôdy.

Kambizeme na Slovensku z veľkej časti patria ku kyslým až slabo kyslým pôdam zaťaženým acidifikáciou, ktorá zasahuje všetky pôdne komponenty (Makovníková, 2008, in press). K mimoriadne nepriaznivým dôsledkom acidifikácie patrí aj zvyšovanie mobility iónov hliníka. Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, tj. voľné katióny Al^{3+} a hydrolytické ióny hliníka $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})^{63+}$. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H_2O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Zlúčeniny hliníka sa rozpúšťajú aj v silne alkalickom prostredí a vytvárajú záporne nabité tetrahydroxidohlinitanové ióny $\text{Al}(\text{OH})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Makovníková, Kanianska, 1996).

Voľné katióny hliníka v pôde patria k významným faktorom obmedzujúcim rast kultúrnych plodín na pôdach so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie (Kozák, Boruvka, 1998). Hliníková toxicita sa prejavuje redukciami dĺžky koreňov spojenou so znížením absorpcie živín a vody, odumieraním koreňového meristému, redukciami príjmu vápnika a horčíka vplyvom kompetitívnej inhibície, redukciami príjmu dusíka ako aj znížením metabolizmu železa inhibíciou redukcie trojmocného železa na dvojmocné. Toxicita voľných katiónov hliníka má negatívny vplyv na celkový zdravotný stav rastlín, pričom medzi citlivé plodiny patrí napríklad jačmeň, medzi stredne tolerantné pšenica, zemiaky alebo ovos (Horák a kol., 1995, Mačuha, 1999).

Materiál a metóda

Ako materiál sme použili pôdne vzorky kambizemí zo základnej siete ČMS-P odobraté v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít v jednotlivých skupinách kambizemí. V získaných vzorkách ($n = 61$) bola stanovená výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl) potenciometricky (Fiala a kol., 1999). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0 bol stanovený

aktívny Al podľa Sokolova a obsahy výmenných bázičkových katiónov Ca^{2+} , Mg^{2+} a K^+ , (Fiala a kol., 1999), pôdny organický uhlík (Cox) podľa Ťurina v modifikácii Nikitina ako aj obsah častíc $< 0,01$ mm. V pôdnych vzorkách odobratých z kľúčových lokalít reprezentujúcich kambizeme ($n = 5$) bola stanovená výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova, obsahy výmenných bázičkových katiónov Ca^{2+} , Mg^{2+} a K^+ , (Fiala a kol., 1999), pôdny organický uhlík (Cox) podľa Ťurina v modifikácii Nikitina ako aj obsah častíc $< 0,01$ mm. a selektívna sekvenčná extrakcia podľa Zeiena a Brummera (Zeien, Brummer, 1989)

Pri hodnotení stavu a vývoja aktívneho hliníka sme sa zamerali na hĺbku 0 – 0,10 m, nakoľko v monitorovanom období práve v tejto hĺbke dochádza k výraznejším zmenám pôdnej reakcie, ktorá primárne podmieňuje rozpustnosť a tým aj potenciálnu toxicitu aktívneho hliníka (Makovníková, 2008 in press).

Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

Výsledky a diskusia

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len vo vzorkách kambizemí s hodnotami $\text{pH/KCl} < 6,0$ (tab. 1. tab. 2).

Tab. 1 Štatistická distribúcia aktívneho hliníka v kambizemiach v roku 2002 (rok odberu 3. cyklu)

	hĺbka	Al v mg.kg^{-1}				$\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$
		Min	Max	x	median	
kambizeme	0 – 10 cm	1,20	385,12	52,36	13,77	1,12
	35 – 45 cm	0,52	416,50	57,80	8,22	-

Tab. 2 Štatistická distribúcia aktívneho hliníka v skupinách kambizemí v roku 2002 v hĺbke 0-0,10 m (rok odberu 3. cyklu)

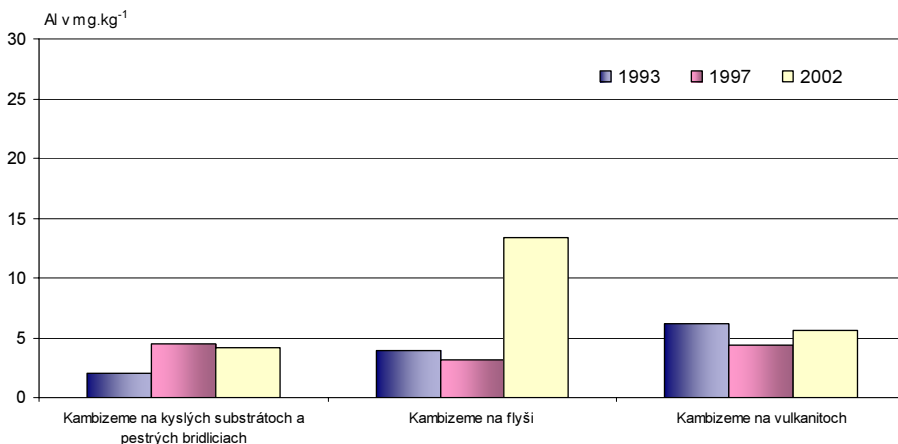
Pôdny predstaviteľ	Al v mg.kg^{-1}				$\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$
	Min	Max	x	median	
kambizeme na vulkanitoch TTP	1,20	249,00	45,79	9,89	5,40
kambizeme na vulkanitoch OP	2,10	7,90	5,20	5,60	0,14
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach TTP	1,45	289,80	80,64	20,37	1,87
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	2,13	7,90	4,38	4,17	0,50
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši TTP	5,52	385,12	107,51	76,43	1,41
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši OP	4,20	249,45	42,24	13,55	0,63

Vysvetlivky: OP - orná pôda, TTP - trvalý trávny porast, x_{\min} - minimálna hodnota, x_{\max} - maximálna hodnota, x - aritmetický priemer

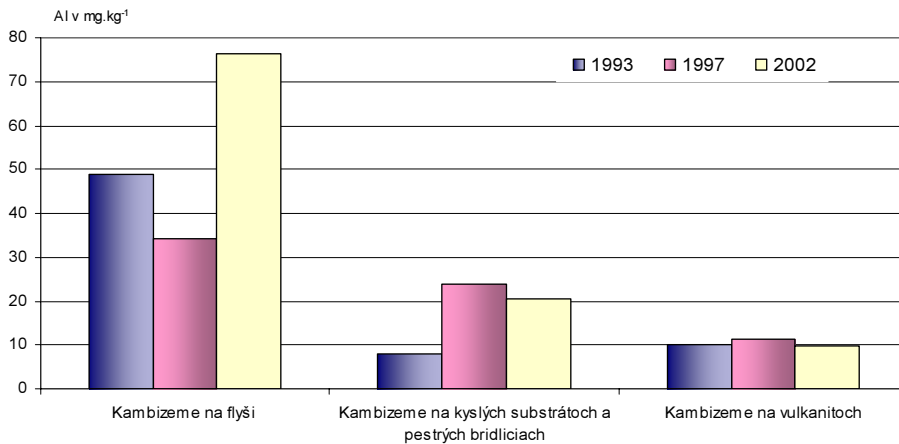
Analyzované súbory nevyhoveli požiadavke na normalitu súboru, preto sme pri hodnotení použili medián. Výrazné rozdiely medzi mediánom a aritmetickým priemerom sú spôsobené vysokým variačným rozpätím v jednotlivých súboroch reprezentujúcich jednotlivé skupiny kambizemí. Najvyššie hodnoty mediánu sme namerali v kambizemiach na flyši a to aj v skupine orných pôd aj v skupine trvalých trávnych porastov a najnižšie v skupine kambizemí na vulkanitoch. Výrazný rozdiel je v priemerných hodnotách aktívneho hliníka medzi ornými pôdami a trávnyimi porastmi pri tých istých pôdnych predstaviteľoch, ktorý je dôsledkom vzťahu medzi kvalitou pôdy a jej využívaním a je ovplyvnený na jednej strane materským substrátom, jeho kyslosťou či zásaditosťou, na druhej strane sa pridáva vplyv antropogénnych činiteľov ako sú obrábanie pôdy, aplikácia hnojív, ako aj spôsob využívania pôdy. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al^{3+}/Ca^{2+} indikuje stupeň degradácie pôdy. Pohybuje sa od 0,14 do 5,40. Grišina a Baranova uvádzajú kritickú hladinu pomeru Al^{3+}/Ca^{2+} pre citlivé plodiny 0,50 a pre menej citlivé plodiny do 1,00 (Grišina, Baranova, 1990). Vysoký stupeň degradácie pôdy sme stanovili aj na orných pôdach a to v skupine kambizemí na flyši a v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach.

Zmeny v obsahu aktívneho hliníka (medián) v troch odberových rokoch v kambizemiach na orných pôdach a trvalých trávnych porastoch sú na obr. 1 a obr. 2. Analytické stanovenie aktívneho hliníka je závislé na hodnote pôdnej reakcie ($pH/KCl < 6,0$), preto nie je možné stanoviť hliník pre tie isté lokality v každom odberovom roku, z tohto dôvodu ani nehodnotíme štatistickú preukaznosť zmien obsahu aktívneho hliníka. K výraznému nárastu došlo v kambizemiach vyvinutých na flyši a to na orných pôdach aj trávnych porastoch, kde došlo v sledovanom období aj k výraznému zníženiu hodnoty pôdnej reakcie (Makovníková, 2005).

Obr. 1 Aktívny hliník v kambizemiach využívaných ako orné pôdy v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0 - 0,10 m) (medián)

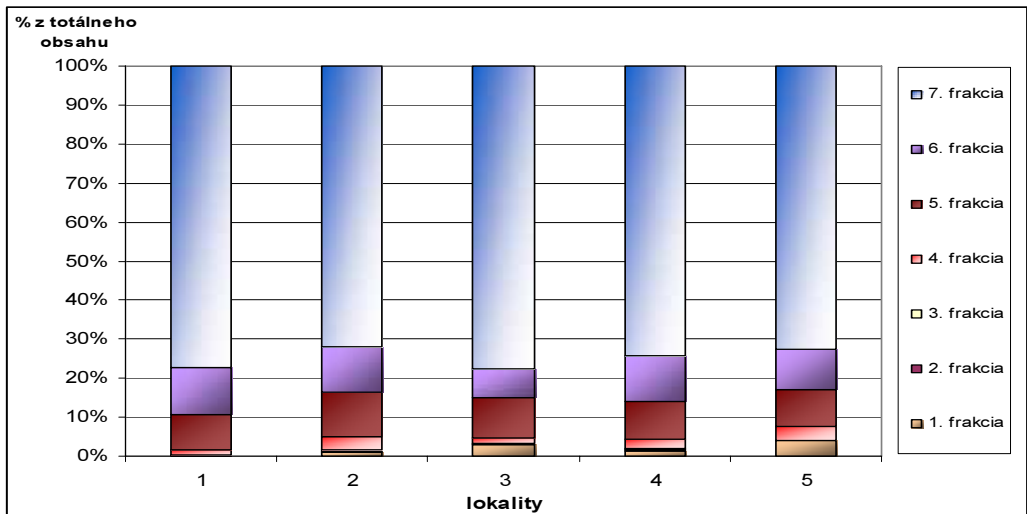


Obr. 2 Aktívny hliník v kambizemiach využívaných ako trvalé trávne porasty v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 0-0,10 m) (medián)



Potenciálnu väzbu hliníka na pôdne komponenty sme stanovili na 5 kľúčových lokalitách reprezentujúcich kambizeme na flyši (využívané ako trvalé trávne porasty) sekvenčnou analýzou podľa Zeiena a Brummera (1989) a to sedem frakcií hliníka: 1.frakcia – mobilná, 2.frakcia – ľahko mobilizovateľná, 3.frakcia – okludovaná na oxidy Mn, 4.frakcia – viazaná pôdnou organickou hmotou, 5.frakcia – viazaná amorfnými oxidmi Fe, 6.frakcia – viazaná dobre kryštalizovanými oxidmi Fe a 7.frakcia – reziduálna (obr. 3).

Obr. 3 Selektívna sekvenčná extrakcia Al v kambizemiach



Priemerný obsah hliníka (v % z celkového obsahu) viazaného v jednotlivých frakciách stúpa v poradí: okludovaná na oxidy mangánu (0,21 %) < ľahko mobilizovateľná (0,22 %) < mobilná (1,85 %) < viazaná pôdnou organickou hmotou (2,48 %) < viazaná amorfnými oxidmi železa (9,88 %) < viazaná kryštalizovanými oxidmi železa (10,46 %) < reziduálna (74,73 %). Napriek tomu, že hliník je prevažne viazaný v silikátoch v reziduálnej frakcii a oxidmi železa a percentuálny podiel v mobilnej frakcii je nízky,

hodnota mobilného hliníka v tejto frakcii predstavuje vysoké riziko pre koreňový systém rastlín a príjem živín.

V tabuľke 3 sú uvedené Spearmanove korelačné koeficienty pre aktívny hliník a parametre pôdy, ktoré majú potenciálny vplyv na distribúciu hliníka v pôde a tým aj na jeho obsah v prístupnej forme (Mrvič a kol., 2007, Makovníková, 2002, Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998).

Tab. 3 Spearmanove korelačné koeficienty pre aktívny Al a parametre pôdy

Pôdny predstaviteľ	Spearmanove koef. pre aktívny Al a vybrané pôdne parametre					
	pH/CaCl ₂	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Cox v %	obsah častíc < 0,01mm
kambizeme na vulkanitoch TTP	-0,40	-0,52	-0,20	-0,19	0,52	0,13
kambizeme na vulkanitoch OP	-0,48	-0,75	-0,62	0,46	0,48	0,10
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach TTP	-0,69	-0,37	-0,43	-0,10	0,44	0,22
kambizeme na kys. substr. a pestrých bridliciach OP	-0,81	-0,25	-0,25	-0,10	0,48	0,47
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši TTP	-0,86	-0,80	-0,17	-0,37	0,64	0,10
kambizeme a kambizeme pseudoglejové na flyši OP	-0,70	-0,67	-0,55	-0,37	0,66	0,34
kambizeme (celý súbor)	-0,69	-0,67	-0,35	-0,12	0,60	0,21

Obsah aktívneho hliníka ovplyvňuje predovšetkým hodnota pôdnej reakcie, čo je v súlade s prácami viacerých autorov (Mrvič a kol., 2007, Makovníková, 2002, Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998). Miera korelačnej závislosti sa mení v jednotlivých skupinách pôd, najnižšia je v kambizemiach na vulkanitoch a najvyššia v kambizemiach vyvinutých na flyši. Inhibičný vplyv Ca²⁺ sa výrazne prejavil preukaznou zápornou koreláciou v kambizemiach na vulkanitoch a v kambizemiach na flyši, vplyv Mg²⁺ sme zistili len v kambizemiach na vulkanitoch a na flyši, využívaných ako orné pôdy. Preukazný je aj kladný vplyv vyššieho obsahu organickej hmoty na vyšší obsah aktívneho hliníka, ktorý je výraznejší v skupinách pôd využívaných ako trvalý trávny porast. Vplyv frakcie < 0,01 mm je signifikantný len v prípade kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach využívaných ako orné pôdy.

Záver

Hodnoty mediánu aktívneho hliníka v 3. odberovom cykle monitoringu pôd v kambizemiach SR boli výrazne nižšie v orných pôdach oproti trvalým trávny porastom, čo je dôsledkom vzťahu medzi kvalitou pôdy a jej využívaním. Pomer

ekvivalentných množstiev výmenných katiónov Al^{3+}/Ca^{2+} indikuje stupeň degradácie pôdy, vysoký stupeň degradácie na orných pôdach sme stanovili v skupine kambizemí na flyši (0,63) a v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (0,50). Spomalenie vývoja rastlín ako aj vplyv na výživu rastlín, ktoré patria k hlavným symptómom hliníkovej toxicity sa teda netýkajú len trávnych porastov ale v nemalej miere aj orných pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabo kyslej a kyslej oblasti, s nižšou kvalitou organickej hmoty.

Literatúra

- BIELEK, P., ŠURINA, B., ILAVSKÁ, B., VILČEK, J., 1998: Naše pôdy, VUPOP Bratislava, 80s, ISBN 80-85361-42-6.
- GRIŠINA, L. A., BARANOVA, T.A.: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. Lesné pôdoznanectvo, 10, 1990, 121-136.
- FIALA, K., BARANČIKOVÁ, G., HOUŠKOVÁ, B., CHOMANIČOVÁ, A., KOBZA J., MAKOVNÍKOVÁ J., MATÚŠKOVÁ L., PECHOVÁ, B., VÁRADIOVÁ, D., 1999: Návrh metodík chemického rozboru pôd pre účely pôdneho monitoringu. Bratislava, 60s. ISBN 80-85361-55-8.
- HANSEN, H.CHR. B., KOBZA, J., SCHMIDT, R., SZAKÁL, P., BORGAARD, O.K., HOLM, P.E., KANIANSKA, R., BOGNAROVA, S., MAKOVNÍKOVÁ, J., MATÚŠKOVÁ, L., MIČUDA, R., STYK, J., 2001: Environmental Soil Chemistry. (edited by Hansen), MBU Banská Bystrica, Slovakia: 191.
- HORÁK, V., DOLEJŠKOVÁ, J., HEJTMÁNKOVÁ, A., 1995: Toxicita hliníku v rastlinách. Rostlinná výroba, 41, (5), s. 239-245.
- KOZÁK, J., BORŮVKA, L., 1998: Species of Al ions as related to some characteristics of both agricultural and forest soils of the Šumava region. Rostlinná výroba, 44, 419-426.
- MAČUHA, P., 1999: Reakcia domácich odrôd pšenice ozimnej na toxické pôsobenie Al^{3+} katiónov pri nízkom pH. Poľnohospodárska výroba a skúšobníctvo, 7 (VII), č.3-4, s.25-27.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2002: Vplyv pôdnych parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. Agriculture 8, vol. 51, str. 436 – 441, 2005.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2005 : Vplyv pôdnych parametrov na distribúciu hliníka v pôdach SR. Agriculture (Poľnohospodárstvo) 8, vol. 51, str. 436 – 441.
- MAKOVNÍKOVÁ, J., 2008: Monitoring acidifikácie pôd. In: Kobza a kol.: Výsledky čiastkového monitorovacieho systému – Pôda za obdobie 2002-2005 (3.cykus).
- MAKOVNÍKOVÁ, J., KANIANSKA, R., 1996: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. Rostlinná výroba, 42/7, 289-292.
- MRVIČ, V., JAKOVLJEVIČ, M., STEVANOVIČ, D., ČAKMAK, D., 2007: The forms of aluminium in Stagnosols in Serbia. Plant Soil Environ., 53, str. 482 – 489.
- ZEIEN, H., BRÜMMER, G.W., 1989: Chemische Extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG., 59, str.505 -510.

MOŽNOSTI VYUŽITIA NEDEŠTRUKČNÝCH METÓD PRI SLEDOVANÍ HYDROFYZIKÁLNEHO STAVU PÔD V MASÍVE JAVORIA

POSSIBILITIES OF NON-DESTRUCTIVE METHODS CONCERNING OBSERVATION OF HYDROPHYSICAL STATE OF SOILS IN JAVORIE

Jozef Malíš

*Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská
Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: malis.vupop@bystrica.sk*

Abstrakt

Nedeštrukčné metódy skúmania fyzikálnych vlastností pôdy jednak uľahčujú výskumnú činnosť, jednak môžu pomáhať odhaliť širšie súvislosti skúmaných fenoménov. Interpretácia a kalibrácia meraní pôdnej rezistivity, získaných metódou elektrickej rezistivitnej tomografie ich porovnaním s výsledkami z literatúry a z iných deštruktívnych a nedeštruktívnych metód merania, ponúka metodické východiská pre ďalší pôdno-hydrologický výskum. Tieto merania upravujú merítko, v ktorom prebiehajú príslušné pôdne procesy. Nová škála pôdnej rezistivity nám umožnila identifikovať také fenomény ako hladinu tzv. svahovej vody, kapilárnu obrubu či odhadnúť zrnitosť zloženia pôdy a jej hĺbku. Merania boli vykonané na severných svahoch orografického celku Javorie v rámci lesných porastov.

KLúčové slová: elektrická rezistivita pôdy, kapilárna obruba, hĺbka pôdy

Abstract

Non-destructive methods of research of soil physical properties are helpful at investigation activities as well as they may help to search out broader coherences of examined phenomena. The interpretation and calibration of the soil resistivity measurements compared to different sources of literature and as well as to several destructive and non-destructive methods, offer some methodical fundamentals for next research of soil hydrology. The electrical resistivity tomography modifies spatial scale of soil processes. The new scale of soil resistivity allows us to identify such phenomena as ground water table and capillary fringe, to estimate total soil depth and soil texture. This measurement was led on the north slopes of orographic unit Javorie within the frame of woodlands.

Key words: electrical resistivity of soil, capillary fringe, soil depth

Úvod

Ako uvádza Cosenza *et al.* (2006), problémom nepriamych metód zisťovania pôdných charakteristík je určenie presných priestorových rozhraní výskytu týchto fenoménov, resp. interpretácia komplexných nameraných veličín v zmysle zvolenej pôdnej vlastnosti. Z tohto dôvodu je potrebné pristúpiť buď na overovanie, resp. porovnávanie

výsledkov získaných nepriamymi metódami pomocou priamych, zväčša deštruktívnych metód, alebo použitím kombináciu viacerých nepriamych metód. Garambois *et al.* (2002) použil na zisťovanie obsahu vody v rôznych hĺbkach pórovitého prostredia usadených hornín tri geofyzikálne metódy: seizmickú refrakciu, GPR (Ground penetrating radar) a elektrickú rezistivnú tomografiu (odporové profilovanie). My sme pri našom výskume využili komparáciu nedeštruktívnej, geofyzikálnej metódy elektrickej rezistívnej tomografie (ERT) s inými metódami (TDR, terénne zisťovanie v pôdných sondách) a s výsledkami z literatúry.

Často sa zabúda na veľký význam pôdotvorného substrátu z hľadiska spolupodieľania sa na plnení rôznorodých funkcií pôdy (Sternberg *et al.* 1996), s ktorou tvoria – v prípade nespevnených substrátov – úzko prepojený systém. Materská hornina ako jeden z faktorov pôdotvorného procesu významným spôsobom determinuje hĺbku pôdy. Hĺbka pôdy je rozmerom funkčného priestoru pôdy. Pokiaľ berieme do úvahy celkovú, t. j. totálnu hĺbku pôdy, je táto hrúbkou sypkého zemitého materiálu až po pevnú horninu. V niektorých prípadoch to môže znamenať i niekoľko metrov hlboký priestor vyplnený materiálom, ktorý je schopný podieľať sa na vodnom režime pôdy.

Pod pojmom svahoviny rozumieme sypké alebo len nepatrne spevnené, obyčajne zvrstvené zeminy, ktorých pohyb a uloženie na svahoch je výsledkom rôznych procesov za periglaciálnych podmienok. Sú to teda svahové sedimenty, pričom v ich transporte mala hlavný význam soliflukcia. Svahoviny tvoria pôdotvorný substrát väčšiny našich pôd, pričom ich pôvod často nekorešponduje priamo s kompaktnou horninou nachádzajúcou sa „in situ“; soliflukčné uloženy sú vo všeobecnosti charakteristické navytriedenosťou materiálu rôzneho pôvodu (ŠÁLY 1986). Vplyv svahovín a ich stavby sa prejavuje v pôdno-genetickom stave pôd, vo fyzikálnych vlastnostiach pôdy (typická je vysoká priestorová variabilita zrnitostného zloženia) v hydrologii povodia (cez ovplyvňovanie retenčnej kapacity pôdy, laterálneho odtoku či odtoku do spodín atď.) atď., keďže geologický proces tvorby pôdotvorných substrátov sa v tomto prípade často prelína s pôdotvorným procesom.

Nepriepustná alebo málo priepustná vrstva pôdy (resp. jej sypkého substrátu) alebo kompaktné podložie môže spôsobiť obmedzenie distribúcie vody, smerujúce ku vzniku zvodnenej vrstvy, t.j. zónu saturácie (Kirby 1978). Za vhodných okolností môže v sklonitých terénoch takýmto spôsobom vzniknúť tzv. svahová voda, ktorá je typom gravitačnej vody. Medzi pôdnym profilom a zvodneným horizontom prebieha výmena vody vplyvom režimu pôdnej vody a podzemnej, resp. svahovej vody, prostredníctvom takých javov, ako je preferované prúdenie či kapilárny zdvih, ktoré vo veľkej miere závisia od zrnitostných vlastností pôdy (Rode 1957).

Materiál a metódy

Výskumná plocha Javorie leží na S svahu rovnomenného sopečného masívu v rámci lesných pozemkov, v časti medzi kótami Javorie a Homôlka v nadmorskej výške 920–960 m n. m (48° 26' 27" SZŠ, 19° 16' 18" VZD). Tieto lesy patria do LHC VLM Pliešovce. V rámci kategórie patria k lesom hospodárskym. Klimageograficky patrí lokalita do mierne chladného okrsku chladnej klimatickej oblasti s priemernou teplotou okolo 3,0°C a zrážkovým úhrnom 850 mm za rok. Pôdnym subtypom je kambizem andozemná s pôdnym profilom hlbokým 130 cm a s obsahom skeletu cca 30 %. Podľa morfogenetickej klasifikácie je tvorená troma horizontami – Aua-Bvn-C, t. j. umbrický horizont Aua – tmavosfarbený povrchový humusový, sorpčne nasýtený, kambický

andický horizont Bvn s náznakmi andických vlastností (objemová hmotnosť $\leq 0,9$ g.cm⁻³ a obsah amorfných Fe, Al) a substrátový horizont C. Pôda sa vyvinula z cca 3–5 m hlbkej andezitovej svahoviny na rovnomernom svahu so sklonom do 25 % a SSZ expozíciou. V dôsledku andezitového podložia na lokalite prevláda živný rad B. Túto lokalitu radíme do 4. lvs, pričom prevládajúcou skupinou lesných typov je Fagetum typicum, teda živné bučiny.

Meranie hĺbky pôdy a svahovín elektrickou rezistivitnou tomografiou sa uskutočnilo dňa 3. októbra 2006 na popísanej lokalite Javorie, s použitím automatického geoelektrického systému ARES (GF Instruments, s. r. o., Brno). ERT determinuje podpovrchovú distribúciu rezistivity (merného odporu) pomocou meraní na pôdnom povrchu. Z týchto meraní môže byť následne odvodená pomocou inverzného softvéru pravá – skutočná rezistivita. Merný odpor pôdy závisí od mnohých faktorov, z ktorých najdôležitejšie sú: momentálna vlhkosť pôdy, zrnitosť (najmä skeletnosť), pórovitosť, koncentrácia pôdneho roztoku, teplota, tlak atď. Výsledky sme spracovali formou rezov a následne sme ich analyzovali a interpretovali z pohľadu výskytu zvolených fenoménov. Do jednotlivých meraní bola samostatne vložená topografia.

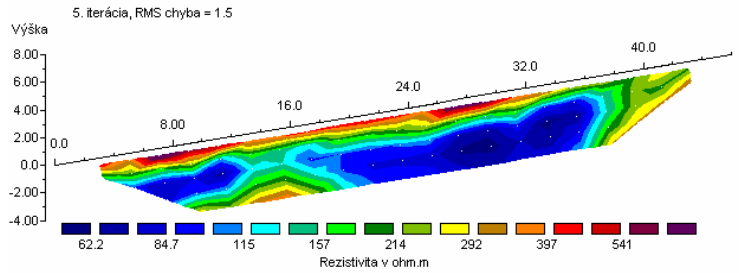
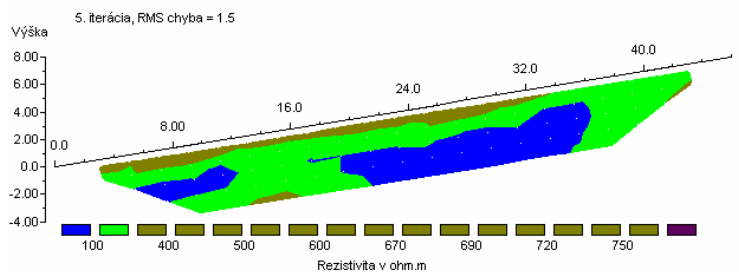
Výsledky a diskusia

Na obr. 1 vidíme porovnanie pôvodnej RGB škály farebného zobrazenia rezistivity pôdy v logaritmickom vyjadrení a modifikovanú, nami vytvorenú novú škálu pôdneho odporu. Pôvodná škála, preddefinovaná v programe RES2DINV, je tvorená 16 odtieňmi, vytvorenými kombináciou troch základných farieb R (red) – červená, G (green) – zelená a B (blue) – modrá.

Obr. 1 Ukážka zmeny rozsahu farebnej škály vyjadrujúcej elektrickú rezistivitu pôdy



Nami zvolená a vytvorená nová škála pôdnej rezistivity má presne definované tri kategórie sledovanej veličiny. Do prvej kategórie, ktorú sme klasifikovali ako zvodnenú vrstvu svahoviny (modrá farba), sme zaradili materiál s hodnotou merného elektrického odporu od 10 do 100 Ω .m. Tieto hodnoty sme určili na základe literatúry (LOKE 2004), pričom prezencia zvodnenej vrstvy bola dokázaná terénnym výskumom vo vykopanej pôdnej sonde. Druhá kategória sa vzťahuje na rozsah rezistivity od 100 do 300 Ω .m a bola charakterizovaná ako kapilárna obruba svahovej vody (zelená farba). Určili sme ju empiricky, na základe meraní vlhkosti metódou TDR na týchto výskumných plochách v poslednej tretine vegetačného obdobia, podľa práce PICHLERA (2007). V hĺbke 80–90 cm bola zistená zvýšená objemová vlhkosť pôdy, spôsobená kapilárnym zdvihom. Tretiu kategóriu, t. j. zónu so zvýšeným obsahom skeletu, sme zaradili v rezistivitnej škále do oblasti merného odporu nad 300 Ω .m (žltohnedá farba).

Obr. 2 Ukážka rezistivného rezu pôdou. Pôvodná škála zobrazenia elektrickej rezistivity pôdy**Obr. 3** Ukážka rezistivného rezu pôdou v preškálovanom zobrazení pôdnej rezistivity

Zaujímavým poznatkom, ktorý možno pozorovať na obr. 2 resp. 3, je oblasť zvýšeného merného elektrického odporu v ľavej spodnej časti profilu. Keďže naše meranie bolo limitované maximálnym hĺbkovým dosahom prístroja, nemohli sme z nameraných údajov interpretovať rozhranie svahoviny a podložnej kompaktnej horniny. Práve táto oblasť zvýšeného merného elektrického odporu, o ktorej možno podľa tendencie jej rastu predpokladať, že sa bude s hĺbkou zvyšovať, nám môže indikovať vystupujúcu podložnú kompaktnú horninu, t. j. oblasť s vysokým merným elektrickým odporom pôdy.

Vzhľadom k tomu, že v spodnej časti profilov sa vo väčšine prípadov nachádza oblasť s nízkym merným odporom zeme, ktorú sme interpretovali ako zvodnenú vrstvu svahoviny, resp. jej kapilárnu obrubu, usudzujeme na prezenciu sypkého materiálu svahovinových súvrství v celej škále rozsahu našich meraní. Jasnejšie rozhranie je možné určiť jedine pre tzv. krycie súvrstvie svahovín, ktoré sme zistili v hornej časti profilov, interpretáciou oblasti so zvýšeným merným odporom pôdy na rezistivných rezoch a tiež terénnou obhliadkou – na zvolených tranzektoch sme pozorovali výskyt elipsoidných útvarov a zhlukov skeletu v povrchových častiach a tesne pod povrchom (PICHLER 2007), t. j. elektrický odpor nám v tomto prípade indikuje zmenené zrnitostné zloženie pôdy. Rozhranie pôdy a podložnej sypkej materskej horniny nebolo z nameraných údajov interpretovateľné, pretože pôdna voda pôsobí v tomto prípade ako homogenizačný faktor na objekt merania, t. j. na merný odpor pôdy a príľahlej svahoviny. S vysokou pravdepodobnosťou však možno predpokladať, že celková, t. j. totálna hrúbka pôdneho a svahovinového krytu je na danom stanovišti minimálne 4,5 m a viac, pričom treba zdôrazniť, že na plnení regulačných funkcií pôd sa v tomto prípade podieľa celý pôdno-zvetralinový plášť.

Širší pohľad na pôdne prostredie nám pomáha pri odkrývaní súvislostí napr. medzi zásobami pôdnej vody a faktormi prostredia akými sú hĺbka pôdy či geomorfologické charakteristiky stanovišťa – dĺžka svahu, relatívna poloha na svahu, tvar reliéfu, expozícia, sklon, atď. (CATANI et al. 2006). WHIPKEY a KIRKBY (1978) uvádzajú, že výška zvodnenej vrstvy na svahu rastie v smere po spádnici nadol. V našom prípade bola vzdialenosť meraných profilov od temena svahu cca 200–300 m, pričom zásoba svahovej vody bola dostatočne veľká na to, aby ovplyvňovala vodný režim pôdy; poloha na svahu môže byť teda dôležitým poznatkom z hľadiska pôdnej hydrologie. Podobne, čo sa týka nadmorskej výšky, pôdy vo vyšších polohách sú v mnohých prípadoch hlbšie ako nižšie položené pôdy, pretože sú tu hlbšie aj vrstvy svahovín. Najmohutnejšie vrstvy svahovín nachádzame v nadmorských výškach 700–1300 m n. m., smerom nadol i nahor hĺbka klesá. Toto je nesporne dôležité aj v hydrologii územia, lebo zeminy vyšších polôh fungujú vo vodnej bilancii územia ako zásobárne vody. Pri väčšej hrúbke zemín sa uplatňuje ich väčšia vododržná kapacita (ŠÁLY 1986). Z pohľadu expozície nachádzame v horských polohách hlbšie pôdy na severných svahoch, pretože v období pleistocénu tieto pôdy v dôsledku chladu menej rozmrzali, a teda sa aj menej soliflukčne posúvali. V našom prípade môže byť veľká hrúbka svahovín dôkazom vyššie uvedených skutočností: lokalita sa nachádza na severnom svahu v nadmorskej výške 920–960 m n. m.

Záver

Využitie geofyzikálnej metódy elektrickej rezistívnej tomografie má pre pôdnu hydrologiu nepopierateľný význam. Už pri relatívne malom množstve nameraných údajov a pri časovo i fyzicky pomerne nenáročnom prieskume je možné (za predpokladu adekvátnej interpretácie) získať hodnotné informácie o pôdnom prostredí na danej lokalite, resp. získať širší rámcový pohľad na skúmané javy. So vzrastajúcou vlhkosťou pôdy a svahoviny sa znižuje merný elektrický odpor tohto prostredia, resp. zvyšuje sa jeho elektrická vodivosť. Tento predpoklad možno využiť na identifikáciu, a následne i kvantifikáciu takých fenoménov, akými sú existencia zvodnenej vrstvy svahoviny a jej kapilárnej obruby. Pôdna voda homogenizuje systém pôda – svahovina, teda „zmýva“ rezistívne rozhrania jednotlivých morfo genetických horizontov a súvrství svahovín (hlavného a bazálneho). Na druhej strane nám však súčasne dokazuje úzku prepojenosť, resp. integritu skúmaného prostredia z pohľadu plnenia funkcií našich pôd.

Literatúra

- CATANI, F., SEGONI, S., FALORNI, G., 2006: A soil depth prediction scheme or geomorphologic and hydrologic distributed modeling. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 8, 09405.
- COSENZA, P., MARMET, E., REJIBA, F., CUI, Y. J., TABBAGH, A., CHARLERY, Y., 2006: Correlations between geotechnical and electrical data: A case study at Garchy in France. *Journal of Applied Geophysics*, Abstract.
- GARAMBOIS, S., SÉNÉCHAL, P., PERROUD, H., 2002: On the use of combined geophysical methods to assess water content and water conductivity of near-surface formations. *Journal of Hydrology* 259, 32 – 48.
- GREGOR, J., 1992: Vlhkosť pôdy v bučine v závislosti od reliéfu a zakmenenia. Kandidátska dizertačná práca TU, Zvolen. 104 s.

- KIRKBY, M. J., 1978: Hillslope Hydrology. John Wiley & Sons, Chichester, 512 s.
- LOKE, M. H., 2004: Tutorial: 2-D and 3-D electrical imaging surveys. www.geoelectrical.com, 128 s.
- PICHLER, V., 2007: Densita bukových porastov ako nástroj regulácie hydrických a environmentálnych funkcií pôd. TU Zvolen, 50 s.
- RODE, A. A., 1957: Pôdna voda. Vydavateľstvo SAV, Bratislava, 512 s.
- STERNBERG, P.D., ANDERSON, M.A., GRAHAM, R.C., BEYERS, J.L., TICE, K.R., 1996: Root distribution and seasonal water status in weathered granitic bedrock under chaparral. *Geoderma* 72: 89–98.
- ŠÁLY, R., 1986: Svahoviny a pôdy Západných Karpát, Veda, Bratislava, 200 s.
- WHIPKEY, R. Z., KIRKBY, M. J., 1978: Flow within the Soil. *In: Hillslope Hydrology*. John Wiley & Sons, Chichester, 121–144.

MAPOVÉ VYJÁDRĚNÍ RETENČNÍ VODNÍ KAPACITY PŮD ČESKÉ REPUBLIKY

MAPPING OF SOIL WATER HOLDING CAPACITY OF SOILS IN CZECH REPUBLIC

Pavel Novák, Jan Vopravil, Barbora Chramostová

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Žabovřeská 250, Praha 5 – Zbraslav
e-mail: pnovak@vumop.cz*

Abstrakt

Na podkladě dlouhodobého vyhodnocení půdních vlastností a charakteristik rozsáhlého souboru půdních sond z celého území České republiky a terénních měření, bylo možné s relativně vysokou přesností (předpokládaná chyba se uvažuje cca 25 %) mapově zobrazit retenční vodní kapacitu půd ČR v km gridu. To umožňuje například efektivněji navrhovat protipovodňová opatření a usnadňuje hospodaření a nakládání s krajinou.

Klíčová slova: retenční vodní kapacita půd, propustnost, infiltrace, půda, skelet, půdní vlhkost

Abstract

On the basis of long-term evaluation of soil characteristics and properties from extensive set of soil pits from all over the Czech Republic and many terrain measurements, it was possible to present soil water holding capacity on a map (in grids) with a relatively high accuracy (eligible error approximately 25%). That makes possible for example more effective proposal of flood controls and facilitation of soil and landscape management.

Key words: soil water holding capacity, permeability, infiltration, soil, coarse fragments, soil moisture

Úvod

Schopnost půdy zadržovat vodu, stabilizovat její odtok a uvolňovat vodu pro rostliny je obrovská a nezasvěcené svými hodnotami často překvapuje. Velmi obecně závisí na hloubce půdního profilu, zrnitostním složení půdy, obsahu skeletu, obsahu humusu, strukturním stavu a pórovitosti.

V podstatě je retenční vodní kapacita půd to množství vody, které je půda schopna zadržet v systému kapilárních pórů a postupně ji pro potřeby rostlin uvolňovat. Její množství v podstatě odpovídá hydrolimitu „polní vodní kapacity“; není to tedy voda, která makropóry odtéká gravitací do spodiny (gravitační voda, gravitační póry). Liší se tak od hydrolimitu „plné vodní kapacity“, který charakterizuje úplné zaplnění všech typů pórů půdy vodou a je tedy značně vyšší; to je však obsah vody dočasný, závisející na propustnosti půdy a její schopnosti odvádět vodu do geologického podloží. Obsahu vody v půdě blížící se „plné vodní kapacitě“ může být u běžných automorfních půd

dosaženo jen krátkodobě po dlouhodobých intenzivních deštích. Při kalkulaci možných odtokových poměrů krajiny při vysoké intenzitě srážek by však bylo vhodné tyto stavy – alespoň teoreticky – uvažovat. Je také nutno zdůraznit, že hodnoty rychlosti infiltrace jsou v protikladu s hodnotou retenční vodní kapacity. Při přívalovém dešti dochází k povrchovému odtoku a retenční vodní kapacita ani plná vodní kapacita půdy nemůže být využita.

Pokud je nám známo, jsou to jedny z prvních obdobných pokusů o zpracování dané problematiky ve světovém měřítku. Výsledky je nutno posuzovat jako možné přiblížení k reálnému stavu. Přesto se domníváme, že výsledky mohou posloužit jako dosud jediná vstupní data retenčních poměrů velkých území pro řadu dalších aplikací a stanovení.

Materiál a metody

Pro stanovení byly použity následující podklady:

- Datová banka fyzikálních, chemických, morfologických a profilových charakteristik a vlastností půd ČR. Z nich byly získány hodnoty zrnitostního složení a fyzikálních charakteristik (nekapilární a kapilární pórovitost, objemová hmotnost, maximální kapilární kapacita); po případě (málo) hydrolimity polní vodní kapacity, bodu vadnutí, infiltračních rychlostí. Z datové báze byly stanoveny hodnoty retenční vodní kapacity. Vlastníkem této databáze je VÚMOP.
- Digitalizovaná grafická a numerická databáze bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ – VÚMOP). Databáze vychází z průběžně aktualizovaných a doplňovaných grafických materiálů v měř. 1 : 5 000 a jejich numerického (plošného) a poměrného zastoupení. V pětimístném číselném kódu BPEJ je na druhém a třetím místě kódu obsažena hlavní půdní jednotka HPJ a na pátém místě kódu údaj o hloubce půdy a skeletovitosti.
- Hydrologické charakteristiky půdotvorných substrátů. Zpracováno ve spolupráci s geology z Českého ústavu geologického speciálně pro účely řešení, a to na základě charakteristik hornin a jejich větrání, zrnitosti, struktury, možné skeletovitosti, obsahu různých jílových minerálů (ovlivňujících bobtnavost, smršťování) a hydrologických vlastností zvětralin. Byly použity ke zpracování retenčních vlastností lesních půd.
- Podle údajů z datové báze o zrnitostním složení a fyzikálních parametrech prvních tří horizontů jednotlivých HPJ (výjimečně podle známých hydrolimitů) byly hodnoty RVK určeny v první fázi pro jednotnou hloubku půdních profilů rovnou 1,0 m. Byly vyjádřeny v litrech na 1 m² plochy půdy, tedy na 1 m³ objemu půdy. Údaje byly konfrontovány s pracemi *Stackmana (1974)* a *Feddese (1980)*, zvláště pak *Kuráže (2006)* zpracované speciálně pro účel projektu.
- V druhé fázi byla u těchto hodnot vyčíslených pro hloubku 1,0 m profilu provedena redukce na:
 - běžnou, průměrnou hloubku profilu, typickou pro danou HPJ (u obvykle mělkých nebo středně hlubokých půd);
 - na obsah vody, která je ± trvale přítomna v profilu (u semi a hydromorfních půd).

Bylo tak vyčísleno skutečné množství vody, které je půda při srážkách schopna zdržet.

Poznámka: udaná hodnota retenční (~ polní) vodní kapacity se ovšem liší od „plné vodní kapacity“, která charakterizuje jen velmi krátkodobý obsah vody.

- Podle stanovených RVK pro jednotlivé HPJ byla provedena kategorizace do pěti skupin půd s různou úrovní retence. Toto rozdělení do pěti skupin platí pro půdy bez skeletu nebo slabě skeletovité (do 25 % skeletu). Pro silněji skeletovité a lesní byly vytvořeny podskupiny, ve kterých byla hodnota RVK snížena na cca 60 % hodnoty bezskeletovitých půd. Za skeletovité byly označeny ty půdy, jejichž kód BPEJ končí na číslici 4 a vyšší (obsah skeletu > 25 %) a snížení vychází z dosavadních znalostí a kvalifikovaných odhadů.
- Lesní půdy byly zařazeny do jednotlivých podskupin podle klasifikace zvětralinových plášťů z hlediska RVK.
- Speciálně pro daný projekt byla vytvořena mapa hydrogeologických charakteristik půdotvorných substrátů. Tuto mapu bylo nutno z rukopisného provedení v měřítku 1:250 000 nejprve digitalizovat, následně upravit v prostředí TOPOL 6 a exportovat do prostředí Arc Info, kde došlo k jejímu zpracování překrytím (overlay) lesů, zastoupených v grafické databázi BPEJ (HPJ).
- Hodnoty RVK pro jednotlivé HPJ jsou v tabulce č. 1.

Tab. 1 Hodnoty retenční vodní kapacity (RVK) pro jednotlivé hlavní půdní jednotky (HPJ)

HPJ bonitace	Rámcová zrnitost	RVK pro mm (l.m ⁻²)	Uvažovaná hloubka profilu (m)	RVK pro uvažovanou hloubku mm (l.m ⁻²)	Redukce na vodu %	RVK výsledná pro uvažovanou hloubku mm (l.m ⁻²)	Skupina zeměděl. půd
01	h	340	1,0	340	-	340	3
02	h	340	1,0	340	-	340	3
03	h	340	1,0	340	-	340	3
04	h/hp - p	100 (80)	1,0	100(80)	-	100(80)	1
05	h/hp - p	160	1,0	160	-	160	2
06	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
07	jh-jv	340	1,0	340	-	340	3
08	h	340	1,0	340	-	340	3
09	h	340	1,0	340	-	340	3
10	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
11	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
12	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
13	h/hp - p	160	0,6	96	-	160	2
14	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
15	h/jh	340	1,0	340	-	340	3
16	ph-h	220	1,0	220	-	220	5
17	hp-p	120 (140)	1,0	120(140)	-	120(140)	2
18	h-jh	220	0,6	132	-	130	2
19	h-jh	240	0,6	144	-	140	2
20	jh-jv	240	0,6	144	-	140	2
21	hp-p	80	1,0	80	-	80	1
22	ph-h	120	1,0	120	-	120	2
23	hp-ph/jh-jv	220	1,0	220	-	220	5
24	h-jh	220	0,8	176	-	175	5
25	h	220	0,8	176	-	175	5
26	h(jh)	240	0,8	192	-	180	5
27	hp-ph	160	0,8	128	-	130	2
28	h	280	0,8	224	-	260	4
29	h-ph	180	0,8	144	-	140	2
30	hp-ph	200 (220)	0,8	160(176)	-	160(175)	5
31	hp-p	100	0,8	80	-	80	1
32	ph(hp)	120	0,8	96	-	100	1
33	h-jh	280	0,8	224	-	225	4
34	ph(hp)	160	0,8	128	-	130	2
35	h-ph	280	0,8	224	-	225	4

36	ph/hp	240	0,8	192	-	190	5
37	hp	60	0,3	18	-	20	1
38	hp-jh	80	0,3	18	-	25	1
39	ph,h	60	0,2	12	-	15	1
40	ph-h	160	0,6	96	-	100	1
41	h-jh	200	0,6	120	-	120	2
42	h/jh	320	1	320	-10	300	3
43	h/jh	280	1,0	280	- 10	250	4
44	h/jh	280	1,0	280	- 10	250	4
45	h/jh	280	1,0	280	-10	250	4
46	h/jh	240	1,0	240	-10	220	5
47	h/jh	240	1,0	240	-25	180	5
48	ph/h	180	0,8	144	-25	110	2
49	jh-jv	220	0,8	176	-25	130	2
50	h	200	0,8	160	-25	120	2
51	ph-h	240	0,8	192	-25	145	2
52	ph	260	1,0	260	-25	195	5
53	h-jh(jv)	280	1,0	280	-25	210	5
54	jh-jv	300	1,0	300	-25	225	4
55	hp,p	100 i méně	1,0	100	-	100(i méně)	1
56	h	340	1,0	340	-	340	3
57	jh-jv	340	1,0	340	-	340	3
58	h	340	1,0	340	- 50	170	5
59	jh-jv	340	1,0	340	-50	170	5
60	h	340	1,0	340	-	340	3
61	jh,jv	340(360)	1,0	340(360)	-	340	3
62	h(-jh)	340	1,0	340	- 10	310	4
63	h-jv	340 (360)	1,0	340(360)	-25	255	4
64	h-jv	340	0,8	272	-50	140	2
65	hp-jh	300	0,5	150	-60	60	1
66	jh,jv	300	0,5	150	-60	60	1
67	h-jv	300	0,5	150	-60	60	1
68	h-jv	300	0,5	150	-60	60	1
69	h,ph	300	0,5	150	-75	40	1
70	h-jv	300	0,6	180	-60	70	1
71	h-jv	300	0,6	180	-60	70	1
72	ph-jv	180	0,5	90	-75	25	1
73	h-jv	150	0,5	75	- 75	20	1
74	h-jv	150	0,5	75	- 75	20	1
75	h	300	0,6	180	- 75	135	2
76	hp-jv	300	0,6	180	- 75	135	2
77	hp-jv	260	1,0	260	- 25	200	5
78	h	260	1,0	260	- 25	200	5

- Z těchto podkladů bylo možno pro každý 1 km² sítě přiřadit jednu kategorii potenciální retenční vodní kapacity půd podle většinového zastoupení, tj. podle největšího plošného zastoupení v daném čtverci sítě. Práce proběhly v prostředí Arc Info.
- Celé zpracování představovalo velký objem prací se značným počtem dat. Bylo též náročné a komplikované nutností použití různých souřadnicových systémů – S 42 a JTSK.

Výsledky a diskuse

Výsledné hodnoty retenční vodní kapacity půd zobrazuje tabulka č. 2. Tyto výsledky navazují na některé naše pokusy, které byly v oblasti vyhodnocení retence větších území zpracovány již dříve (Novák *et al.* 1998, 2000, 2001, 2003). Výsledky je nutno posuzovat kriticky jako přiblížení ke skutečnému stavu. Je zajímavé, jak se např. liší údaje hodnot různých autorů vztažené k půdám relativně stejných (zvláště zrnitostních) charakteristik. Je proto někdy problematické provést kategorizaci absolutních hodnot retenční vodní kapacity půd do příslušných hydrologických skupin a podskupin půd.

Další příčinou možných nepřesností pak je – zvláště při mapovém zpracování – velká plošná i prostorová půdní heterogenita, kterou ovlivňuje zejména zrnitostní složení půdních profilů s výskytem zrnitostně odlišných vrstev (horizontů vodovodných a vodonosných), hloubka půdy (k podložní hornině, k hladině podzemní vody), skeletovitost profilu, obsah humusu a mineralogické složení jílové frakce (ovlivňující objemové změny, tvorbu trhlin a charakter pórů), strukturní stav půdy, utužení.

K dalším nejistotám přistupuje podíl lesních ploch. Pro zemědělské půdy existuje v podstatě poměrně dost údajů. Lesní půdy však tento dostatek základních vstupních dat hydrologických vlastností nemají. Proto pro mapové vyjádření bylo nutno vyjít z hydrologických vlastností hornin respekt. charakteru jejich zvětralin. Byla tedy zpracována hydrogeologická charakteristika půdotvorných substrátů ČR, ve které jsou v rámci pěti kategorií charakterizovány vztahy mezi rychlostí infiltrace, retenční vodní kapacitou a typem horniny (charakterem zvětralin) ze které půdotvorný substrát vznikl včetně převažujícího výskytu příslušných půdních typů. Logicky potom toto třídění je podstatně hrubší a je příčinou možných nejistot a chyb.

- Pro každý 1 km² gridu sítě mohla tak být v prostředí Arc Info přiřazena jedna kategorie RVK podle největšího plošného zastoupení ve čtverci. Nebylo možno výpočet průměrných hodnot: při průměrném počtu 30 – 40 různých areálů BPEJ (+ lesa) ve čtverci a ploše 78 600 km² území ČR by se jednalo o obrovské množství výpočtů. Takový postup by byl možný pouze v detailu pro malé území.

Tab. 2 Kategorizace HPJ podle retenční vodní kapacity (RVK)

Hydrolog. Skupina půd	Mapová skupina zem. a les. půd	HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Výsledné rozmezí hodnot RVK mm (l.m ⁻²)	Mapová hodnota skupiny mm (l.m ⁻²)	Hodnota skupiny slovně
A	1.	04, 21, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 55, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74	< 100	80	nízká
	1.1.	dtto + skelet, lesní půdy skupina 1	< 60	50	
B	2.	05, 13, 17, 18, 19, 20, 22, 27, 29, 34, 41, 48, 49, 50, 51, 64, 75, 76	100 – 160	130	nižší střední
	2.1.	dtto + skelet, lesní půdy skupina 2	60 – 95	80	
	3.	01, 02, 03, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 14, 15, 56, 57, 60, 61	> 320	330	vysoká
	3.1.	dtto + skelet, lesní půdy skupina 3	> 190	200	
C	4.	28, 33, 35, 42, 43, 44, 45, 54, 62, 63	220 – 320	270	vyšší střední
	4.1.	dtto + skelet, lesní půdy skupina 4	130 – 190	160	
D	5.	16, 23, 25, 26, 30, 36, 46, 47, 52, 53, 58, 59, 77, 78	160 – 220	180	střední
	5.1.	dtto + skelet, lesní půdy skupina 5	95 – 130	110	

Poznámka: Do subkategorií 1.1., 2.1., 3.1., 4.1. a 5.1. jsou kromě lesních půd řazeny BPEJ, které mají poslední, páté číslo kódu 3 a vyšší.

Závěr

Jak již bylo řečeno v úvodu a v metodice, je celá problematika řešena už řadu let a je postupně zpřesňována. Proto snad poslední dosažené výsledky mohou poskytnout podklady, které by měly mít dopad na řešení velmi důležitých praktických otázek předpovědi povodňových situací a dlouhodobého sucha.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Ministerstvo životního prostředí České republiky, výzkumného projektu VaV 1D/1/5/05 „Vývoj metod predikce stavů sucha a povodňových situací na základě infiltračních a retenčních vlastností půdního pokryvu ČR“.

Literatura

- BRADY, N.C., WEIL, R.R., 2002: The Nature and Properties of Soils., 13 th edit., Prentice Hall edit, New Jersey.
- Režný, J., 1958: Vztah mezi zrnitostí půdy a půdními hydrolimity. Graf, převzato z Benetín J. Pohyb vody v zemi, SAV Bratislava.
- Datová banka fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik a vlastností půd, VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- FEDDES, R.A., 1980: Physics of soil moisture. ILRI Wageningen , 25 p., 15 tbl. Grafická část datové banky mapování BPEJ. VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- JANEČEK, M., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika, rukopis v tisku.
- KENT, K.M., 1971: Hydrology, National Engineering Handbook, USDA, Washington.
- KURÁŽ, V.: Retenční vodní kapacita a infiltrační rychlost půd pro HPJ bonitační soustavy. Rukopis – tabulka. ČVUT Praha, 4 s.
- NOVÁK, P. et al., 1998: Retenční schopnost půd oblastí postižených povodněmi na Moravě 1997 a důsledky povodní pro půdu a krajinu. Zpráva za VE 5.2. projektu MŽP ČR „Vyhodnocení povodní 1997“, VÚMOP Praha.
- NOVÁK, P. et al., 2000: Retenční vodní kapacita půd povodí Horní Moravy. Sborník konference „Pedologické dny 1999“, PF UK Olomouc.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., 2001: Retenční vodní kapacita půd české části povodí Labe. Mapa s legendou 1:500 000. Pro odbor vodního hospodářství Mze ČR.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., 2003: Zpracování digitálních map hydrologických charakteristik půd České republiky. Záv. zpráva a výstup V02 projektu NAZV QD 1368. VÚMOP, v.v.i. Praha, 12 s.+ digit. mapy.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J. et al., 2006: Mapy retenční vodní kapacity půd a infiltrační schopnosti půd povodí Chrudimky, Cidliny, Otavy, a Bečvy. VÚMOP, v.v.i.
- RIJTEMA, P.E.: Soil Moisture forecasting, ILRI Wageningen.
- STACKMAN, W., 1974: Soil Moisture Characteristic. Inst. Land and Water Management Research, Wageningen, 116 p.
- TOMÁŠEK, M., 2005: Hydrologické vlastnosti půdotvorných substrátů s ohledem na infiltrační schopnost a vodní retenční kapacitu zvětralin. Verifikovaný rukopis, tabulka, mapa 1:250 000, ČGÚ Praha.

MAPOVÉ VYJÁDŘENÍ VYUŽITELNÉ VODNÍ KAPACITY PŮD ČESKÉ REPUBLIKY

MAPPING OF AVAILABLE HOLDING WATER CAPACITY OF SOILS IN CZECH REPUBLIC

Pavel Novák, Jan Vopravil, Tomáš Khel

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Žabovřeská 250, Praha 5 – Zbraslav
e-mail: pnovak@vumop.cz*

Abstrakt

Na podkladě dlouhodobého vyhodnocení půdních vlastností a charakteristik rozsáhlého souboru půdních sond z celého území České republiky a terénních měření, bylo možné s relativně vysokou přesností (předpokládaná chyba se uvažuje cca 30 %) mapově zobrazit využitelnou vodní kapacitu půd ČR v km gridu. To umožňuje například efektivněji navrhovat opatření zejména proti dlouhodobému suchu a usnadňuje hospodaření a nakládání s krajinou.

Klíčová slova: využitelná vodní kapacita půd, dlouhodobé sucho, propustnost, infiltrace, půda, skelet, půdní vlhkost

Abstract

On the strength of long-term evaluation of soil properties and characteristic from extensive set of soil pits from the whole territory of the Czech Republic and many terrain measurements, it was possible to present available soil water holding capacity on a map (in grids) with a relatively high accuracy (expected error approximately 30%). That makes possible more effective proposal of flood controls and facilitation of soil and landscape management.

Key words: available water holding capacity, long-term drought, permeability, infiltration, soil, coarse fragments, soil moisture

Úvod

Schopnost půdy zadržovat vodu, stabilizovat její odtok a uvolňovat vodu pro rostliny je obrovská a nezasvěcené svými hodnotami často překvapuje. Velmi obecně závisí na hloubce půdního profilu, zrnitostním složení půdy, obsahu skeletu, obsahu humusu, strukturním stavu a pórovitosti.

Termínu „využitelná vodní kapacita“ se používá zvláště v anglické literatuře (available water holding capacity) k určování potenciální zásoby vláhy dostupné určitým plodinám. Tento stav není přesným hydrolimitem: označuje se jím množství vody mezi hydrolimity polní vodní kapacitou (\pm retenční vodní kapacitou) a bodem vadnutí, čili mezi hodnotami pF 2,4 – 2,6 (PK) a pF 4,2 (BV) na odvodňovací větvi pF křivky. Většinou se počítá pro závlahové účely pro jednotlivé horizonty půdního profilu do hloubky dosažitelné kořeny každé jednotlivé plodiny. Je tedy různá pro různé rostliny (stejně, jako BV). Její vyjádření pro hloubku 1,0 m nebo pro námi stanovenou hloubku

půdního profilu a z ní vyplývající polní (\pm retenční) vodní kapacity je tedy pouze velmi rámcově vyjádření schopnosti určité půdy (HPJ) zásobovat rostliny vodou nebo rámcově určení půd potenciálně ohrožených vysycháním. K přesnému výpočtu pro určitý profil (horizont) je třeba znát kromě přesných hodnot polní kapacity a bodu vadnutí ještě hodnotu objemové hmotnosti půdy. K orientačnímu stanovení se používá grafů podle *Bradyho a Weila (2003)* nebo *Brežného (1952)*.

Pokud je nám známo, jsou to jedny z prvních obdobných pokusů o zpracování a mapové zpracování dané problematiky ve světovém měřítku. Výsledky je nutno posuzovat jako možné přiblížení k reálnému stavu. Přesto se domníváme, že výsledky mohou posloužit jako dosud jediná vstupní data vláhových poměrů velkých území pro řadu dalších aplikací a stanovení.

Materiál a metody

Pro stanovení byly použity následující podklady:

- Datová banka fyzikálních, chemických, morfologických a profilových charakteristik a vlastností půd ČR. Z nich byly získány hodnoty zrnitostního složení a fyzikálních charakteristik (nekapilární a kapilární pórovitost, objemová hmotnost, maximální kapilární kapacita); po případě (málo) hydrolimity polní vodní kapacity, bodu vadnutí, infiltračních rychlostí. Vlastníkem této databáze je VÚMOP.
- Digitalizovaná grafická a numerická databáze bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ – VÚMOP). Databáze vychází z průběžně aktualizovaných a doplňovaných grafických materiálů v měř. 1 : 5 000 a jejich numerického (plošného) a poměrného zastoupení. V pětímístném číselném kódu BPEJ je na druhém a třetím místě kódu obsažena hlavní půdní jednotka HPJ a na pátém místě kódu údaj o hloubce půdy a skeletovitosti.
- Hydrologické charakteristiky půdotvorných substrátů. Zpracováno ve spolupráci s geology z Českého ústavu geologického speciálně pro účely řešení, a to na základě charakteristik hornin a jejich větrání, zrnitosti, struktury, možné skeletovitosti, obsahu různých jílových minerálů (ovlivňujících bobtnavost, smršťování) a hydrologických vlastností zvětralin.
- Hodnoty využitelné vodní kapacity byly – velmi rámcově – stanoveny odečtením podle grafu Brežného, kdy z rozdílu mezi hydrolimity polní (\sim retenční) vodní kapacity a bodu vadnutí byly s přesností na desítky litrů vody využitelné pro rostliny stanoveny hodnoty pro jednotlivé HPJ. Ty byly potom kategorizovány do pěti skupin a opět podle většinového plošného zastoupení ve čtverci gridu mapově zobrazeny.
- Hodnoty využitelné vodní kapacity půd pro jednotlivé HPJ jsou v tabulce č. 1.

Tab. 1 Hodnoty využitelné vodní kapacity VVK pro jednotlivé hlavní půdní jednotky (HPJ)

HPJ	Výsledná RVK mm (l.m ⁻²)	Bod vadnutí mm (l.m ⁻²)	Využitelná vodní kapacita VVK mm (l.m ⁻²)	HPJ	Výsledná RVK mm (l.m ⁻²)	Bod vadnutí mm (l.m ⁻²)	Využitelná vodní kapacita VVK mm (l.m ⁻²)
01	340	140	200	40	100	40	60
02	340	140	200	41	120	50	70
03	340	140	200	42	280*	110	170
04	100(80)	40(30)	60(50)	43	280*	110	170
05	160	60	100	44	280*	110	170
06	340	140	200	45	280*	110	170
07	340	140	200	46	240*	95	145
08	340	140	200	47	240*	95	145
09	340	140	200	48	145*	60	95
10	340	140	200	49	175*	70	105
11	340	140	200	50	160*	60	100
12	340	140	200	51	190*	75	115
13	160	60	100	52	260*	100	160
14	340	140	200	53	280*	110	170
15	340	140	200	54	300*	120	180
16	220	90	130	55	100	40	60
17	120(140)	50(60)	70(80)	56	340	140	200
18	130	55	75	57	340	140	200
19	140	60	80	58	340*	140	200
20	140	60	80	59	340*	140	200
21	80	30	50	60	340	140	200
22	120	50	70	61	340(360)	140	200
23	220	90	130	62	340*	140	200
24	175	65	110	63	340*	140	200
25	175	65	110	64	270*	105	165
26	180	70	110	65	150*	60	90
27	130	50	80	66	150*	60	90
28	260	100	160	67	150*	60	90
29	140	60	80	68	150*	60	90
30	160(175)	60(65)	100(110)	69	150*	60	90
31	80	30	50	70	180*	70	110
32	100	40	60	71	180*	70	110
33	225	85	140	72	90*	40	50
34	130	50	80	73	75*	35	40
35	225	85	140	74	75*	35	40
36	190	70	120	75	180*	70	110
37	20	10	10	76	180*	70	110
38	25	10	15	77	260	100	160
39	15	5	10	78	260	100	160

Pozn.: Hodnoty RVK pro HPJ označené * jsou uvažovány bez možné redukce na stálý obsah vody.

Výsledky a diskuse

Výsledné hodnoty retenční využitelné vodní kapacity půd zobrazuje tabuľka č. 2. Tyto výsledky navazujú na niektoré naše pokusy, ktoré boli v oblasti vyhodnocení vláhových poměrů větších území zpracovány již dříve (Novák *et al.* 1998, 2000, 2001, 2003). Výsledky je nutno posuzovat kriticky jako přiblížení ke skutečnému stavu. Je zajímavé, jak se např. liší údaje hodnot různých autorů vztažené k půdám relativně stejných (zvláště zrnitostních) charakteristik. Je proto někdy problematické provést kategorizaci absolutních hodnot využitelné vodní kapacity půd do příslušných hydrologických skupin a podskupin půd.

Další příčinou možných nepřesností pak je – zvláště při mapovém zpracování – velká plošná i prostorová půdní heterogenita, kterou ovlivňuje zejména zrnitostní složení půdních profilů s výskytem zrnitostně odlišných vrstev (horizontů vodovodných a vodonosných), hloubka půdy (k podložní hornině, k hladině podzemní vody), skeletovitost profilu, obsah humusu a mineralogické složení jílové frakce (ovlivňující objemové změny, tvorbu trhlin a charakter pórů), strukturní stav půdy, utužení.

K dalším nejistotám přistupuje podíl lesních ploch. Pro zemědělské půdy existuje v podstatě poměrně dost údajů. Lesní půdy však tento dostatek základních vstupních dat hydrologických vlastností nemají. Proto pro mapové vyjádření bylo nutno vyjít z hydrologických vlastností hornin respekt. charakteru jejich zvětralin. Byla tedy zpracována hydrogeologická charakteristika půdotvorných substrátů ČR, ve které jsou v rámci pěti kategorií charakterizovány vztahy mezi rychlostí infiltrace, retenční vodní kapacitou a typem horniny (charakterem zvětralin) ze které půdotvorný substrát vznikl včetně převažujícího výskytu příslušných půdních typů. Logicky potom toto třídění je podstatně hrubší a je příčinou možných nejistot a chyb.

Tab. 2 Kategorizace HPJ podle využitelné vodní kapacity (VVK)

Skupina VVK	HPJ	Hodnota VVK (mm (l.m ⁻²))
1	01, 02, 03, 06, 07, 08, 09, 10, 11, 12, 14, 15, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63 + lesní půdy skupina 5	vysoká >200 mm (l.m ⁻²)
2	28, 42, 43, 44, 45, 52, 53, 54, 64, 77, 78 + lesní půdy skupina 4	vyšší střední 150 – 199 mm (l.m ⁻²)
3	16, 23, 24, 25, 26, 30, 33, 35, 36, 46, 47, 51, 70, 71, 75, 76 + lesní půdy skupina 3	střední 110 – 149 mm (l.m ⁻²)
4	05, 19, 20, 27, 29, 30, 34, 48, 49, 50, 65, 66, 67, 68, 69 + lesní půdy skupina 4	nižší střední 80 – 109 mm (l.m ⁻²)
5	04, 17, 18, 21, 22, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 41, 55, 72, 73, 74 + lesní půdy skupina 5	nízká <79 mm (l.m ⁻²)

- Pro každý 1 km² gridu sítě mohla tak být v prostředí Arc Info přiřazena jedna kategorie VVK podle největšího plošného zastoupení ve čtverci. Nebylo možno výpočet průměrných hodnot: při průměrném počtu 30 – 40 různých areálů BPEJ (+ lesa) ve čtverci a ploše 78 600 km² území ČR by se jednalo o obrovské množství výpočtů. Takový postup by byl možný pouze v detailu pro malé území.

Závěr

Jak již bylo řečeno v úvodu a v metodice, je celá problematika řešena už řadu let a je postupně zpřesňována, přesto se odhadovaná chyby v přesnosti údajů předpokládá cca 30 %. Přesto poslední dosažené výsledky mohou poskytnout podklady, které by měly mít dopad na řešení velmi důležitých praktických otázek předpovědi chování půdy při nedostatku srážek.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Ministerstvo životního prostředí České republiky, výzkumného projektu VaV 1D/1/5/05 „Vývoj metod predikce stavů sucha a povodňových situací na základě infiltračních a retenčních vlastností půdního pokryvu ČR“.

Literatura

- BRADY, N.C., WEIL, R.R., 2002: The Nature and Properties of Soils, 13 th edit., Prentice Hall edit., New Jersey.
- REŽNÝ, J., 1958: Vztah mezi zrnitostí půdy a půdními hydrolimity. Graf, převzato z Benetin J. Pohyb vody v zemi, SAV Bratislava.
- Datová banka fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik a vlastností půd, VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- FEDDES, R.A., 1980: Physics of soil moisture. ILRI Wageningen, 25 p., 15 tbl. Grafická část datové banky mapování BPEJ. VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- JANEČEK, M., 2007: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika, rukopis v tisku.
- KENT, K.M., 1971: Hydrology, National Engineering Handbook, USDA, Washington.
- KURÁŽ, V.: Retenční vodní kapacita a infiltrační rychlost půd pro HPJ bonitační soustavy. Rukopis – tabulka. ČVUT Praha, 4 s.
- NOVÁK, P. et al., 1998: Retenční schopnost půd oblastí postižených povodněmi na Moravě 1997 a důsledky povodní pro půdu a krajinu. Zpráva za VE 5.2. projektu MŽP ČR „Vyhodnocení povodní 1997“. VÚMOP Praha.
- NOVÁK, P. et al., 2000: Retenční vodní kapacita půd povodí Horní Moravy. Sborník konference „Pedologické dny 1999“, PF UK Olomouc.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., 2001: Retenční vodní kapacita půd české části povodí Labe. Mapa s legendou 1 :500 000. Pro odbor vodního hospodářství Mze ČR.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL J., 2003: Zpracování digitálních map hydrologických charakteristik půd České republiky. Záv. zpráva a výstup V02 projektu NAZV QD 1368. VÚMOP, v.v.i. Praha, 12 str.+ digit. Mapy.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL J. a kol., 2006: Mapy retenční vodní kapacity půd a infiltrační schopnosti půd povodí Chrudimky, Cidliny, Otavy, a Bečvy. VÚMOP, v.v.i.
- RIJTEMA, P. E.: Soil Moisture forecasting, ILRI Wageningen.
- STACKMAN, W., 1974: Soil Moisture Characteristic. Inst. Land and Water Management Research, Wageningen, 116 pgs.
- TOMÁŠEK, M., 2005: Hydrologické vlastnosti půdotvorných substrátů s ohledem na infiltrační schopnost a vodní retenční kapacitu zvětralin. Verifikovaný rukopis, tabulka, mapa 1:250 000, ČGÚ Praha.

DYNAMIKA VLNKOSTI STREDNE ŤAŽKÝCH PÔD PODUNAJSKEJ NÍŽINY BEZ VPLYVU PODZEMNEJ VODY

DYNAMIC OF MEDIUM HEAVY SOILS OF PODUNAJSKA NIZINA (LOWLAND) WITHOUT GROUNDWATER INFLUENCE

Katarína Nováková, Igor Sobocký

Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava

Abstrakt

Na výskumnej stanici š.p. Hydromeliorácie v Moste pri Bratislave prebiehal od roku 1973 poľný stacionárny pokus s poľnohospodárskymi plodinami, ktorého súčasťou bolo aj meranie vlhkosti pôdy v rôznych vrstvách pôdneho profilu. V príspevku je vyhodnotená dynamika vlhkosti stredne ťažkej pôdy – černoze za 9-ročné obdobie (1997–2005). Sledovaná pôda je typická a najrozšírenejšia na Podunajskej nížine. Vlhkostný režim pôdy nie je ovplyvňovaný podzemnou vodou, ani doplnkovou závlahou, iba zrážkovou vodou. Z výsledkov je zrejmé, že vlhkosť pôdy najviac mení vo vrchnej vrstve pôdneho profilu a počas vegetačných období klesá až k bodu vädnutia. V hlbších vrstvách pôdy sú zmeny vlhkosti miernejšie. V zimných obdobiach sa pôdny profil nasýti vodou približne na poľnú vodnú kapacitu. Počas rokov 1997–2005 je možno pozorovať postupný trend znižovania vlhkosti v celom pôdnom profile. Pre poľnohospodársky využívané stredne ťažké pôdy - černoze v klimaticky teplej a suchej oblasti Podunajskej nížiny sa odporúča doplnková závlaha.

Kľúčové slová: vlhkosť pôdy, stredne ťažké pôdy, hydrofyzikálne vlastnosti, poľná vodná kapacita, bod vädnutia

Abstract

The field experiment with agricultural plants has been processed since 1973 at the research station of the state enterprises Hydromeliorácie in Most near Bratislava. Soil moisture measurement in different layers of soil profile was a part of the research. Soil moisture dynamics of medium heavy soil – chernozem during 9-years period (1997–2005) was evaluated. Observed soil is typical and the most spread for Podunajská lowland. Soil moisture regime is not influenced by groundwater and irrigation, it is influenced only by rain water. It is evident from results that soil moisture most changes in upper layer of soil profile and falls to wilting point during vegetation seasons. Moisture changes are smaller in deeper soil layers. Soil profile is saturated approximately to field capacity in winter seasons. A successive trend of soil moisture reducing in all soil profile is possible observed during 1997–2005 years. Supplementary irrigation is recommended for agricultural used medium heavy soils – chernozems in climatic warm and dry area of Podunajská lowland.

Key words: soil moisture, medium heavy soils, hydrophysical properties, field capacity, wilting point

Úvod

Vlhkosť pôdy a jej zmeny v pôdnom profile závisia predovšetkým od meteorologických parametrov (zrážky, teplota, výpar), od pestovanej plodiny, a sú výsledkom pôsobenia viacerých hydrologických procesov. Zásoba vody v pôde je jeden z parametrov vodnej bilancie pôdy. Základná rovnica pre bilancovanie pôdnej vody v určitom období má tvar:

$$W_1 + Z + K + P_1 + P_2 = ET + O_1 + O_2 + W_2$$

W_1 [mm] – zásoba vody v pôde na začiatku sledovaného obdobia

Z [mm] – zrážky, prípadne závlahy počas sledovaného obdobia, ktoré dopadnú na povrch pôdy (bez intercepcie)

K [mm] – prírastok vody v pôde zo zdrojov podzemnej vody (kapilárny prítok) a z podložia

P_1 [mm] – povrchový prítok z iného územia

P_2 [mm] – podpovrchový prítok z iného územia

ET [mm] – výpar z pôdneho povrchu a transpirácia

O_1 [mm] – povrchový odtok

O_2 [mm] – podpovrchový odtok

W_2 [mm] – zásoba vody v pôde na konci sledovaného obdobia

Pretože všetka pôdna voda nie je využiteľná pre rastliny, ani nie je rovnako pohyblivá, pri praktických úlohách vodnej bilancie pôdy sa uvažuje len s vodou využiteľnou pre rastliny, s tzv. využiteľnou vodnou kapacitou. Tento hydrolimit sa vypočíta ako rozdiel poľnej vodnej kapacity (môže byť nahradená retenčnou vodnou kapacitou stanovenou v laboratóriu) a bodu vädnutia. Z dynamiky vlhkosti pôdy a známych hodnôt hydrolimitov je zrejmé, či počas sledovaného obdobia je v pôde dostatok využiteľnej vody pre rastliny, alebo je potrebné jej nedostatok doplniť závlahou. Aj keď dlhodobé merania vlhkosti pôdy v rámci monitoringu (Cambel et al., 1996) sú často pre náročnosť nahrádzané matematickým modelovaním vodného režimu pôdy, sú stále cenným príspevkom k poznaniu procesov v systéme pôda-voda-rastlina-atmosféra.

Prevládajúcim pôdnym typom na značnej časti Podunajskej nížiny na území Žitného ostrova sú černozeme (45%). Z pôdných druhov sú najrozšírenejšie stredne ťažké pôdy (66%) (Nováková et al., 1994). Vzhľadom na to, že černozeme sú rozšírené v klimaticky najteplejších a suchých oblastiach a v polohách, kde sa podzemná voda vyskytuje hlboko pod terénom, vlhkostný režim černozemí je priaznivý len v rokoch bohatších na zrážky (Fulajtár, 1986). V povrchových vrstvách pôdy je dynamika zmien obsahu vody v priamej závislosti od meteorologických parametrov. Už za pomerne krátke suché a teplé obdobie vlhkosť v ornici výrazne klesá až k bodu vädnutia. K prevlhčeniu nad maximálnu kapilárnu kapacitu a k nedostatku vzduchu v pôde prakticky vo vegetačnom období nedochádza ani vo vlhších obdobiach. Takáto situácia vzniká len v zimných mesiacoch. Aj podľa Bedrnu a kol. (1989) je charakteristickou črtou vlhkostného režimu černozemí v hlavnom vegetačnom období výrazný výskyt semiaridného vlhkostného intervalu, ako aj častý pokles vlhkosti až do aridného intervalu vlhkosti. Vlhkostný režim černozemí vzhľadom na celkový rozsah vlhkosti a jej pokles do suchého intervalu až k bodu vädnutia je z agronomického hľadiska málo priaznivý. Vo vegetačnom období tu pestované plodiny majú skoro pravidelne nedostatok vody, ktorý je potrebné doplniť závlahou (Nováková, 1986; Nováková, 1999). Dynamika vlhkosti černozemí a skutočnosť, že hladina podzemnej vody, ktorá

je hlboko pod terénom a neovplyvňuje koreňovú zónu pôdy, znamená, že na týchto pôdach sa prejavuje skôr výparný režim, nie priesakový, takže nehrozí riziko prieniku dusičnanov a iných polutantov do podložia a kontaminácia podzemnej vody (Nováková, 2005).

Materiál a metódy

Problematika sa riešila v rokoch 1997-2005 na pozemkoch štátneho podniku Hydromeliorácie, š.p. Bratislava, na výskumnej stanici v Moste pri Bratislave. Ide o lokalitu, ktorá vlastnosťami pôdy reprezentuje značnú časť Podunajskej nížiny a z hľadiska zrážok výrazne deficitnú oblasť, ktorá najmä pri plodinách s dlhým vegetačným obdobím vyžaduje doplnkovú závlahu.

Lokalita sa nachádza v hornej časti Žitného ostrova, vo výrobnjej oblasti kukuričnej s nadmorskou výškou 133 m. Z hľadiska klimatického je to oblasť teplá, podoblasť suchá s prevažne miernou zimou. Podzemná voda sa nachádza v hĺbke 6-8 m, preto sú porasty pestovaných plodín bez závlahy zásobované len prirodzenými zrážkami.

Za obdobie rokov 1901-1980 je priemerný úhrn zrážok 550 mm, za vegetačné obdobie (apríl – september) 305 mm a za zimné obdobie (október – marec) 245 mm. Výdatnejšie zrážky sa vo vegetačnom období vyskytujú vo forme búrok s množstvom niekoľko desiatok milimetrov.

Priemerná denná teplota v roku je $9,7^{\circ}\text{C}$, za vegetačné obdobie (apríl – september) $16,2^{\circ}\text{C}$. V letnom období pri výskyte vysokých teplôt a absencii prirodzených zrážok trpia pestované plodiny často nedostatkom vody, čím dochádza k znižovaniu ich produkčnej schopnosti. Tieto dôvody vedú k potrebe aplikovania závlahy. Priemerný počet tropických dní nad 30°C je 16 a priemerná vlhkosť vzduchu je 74 %. Prevládajúci smer vetra je západný až severozápadný.

Pôda je charakterizovaná ako černoziem karbonátová s obsahom uhličitanov okolo 15 % a pH hodnotou 7,6. Obsah prístupných živín sa pohybuje od strednej do dobrej zásoby. Pôda je stredne ťažká a vyznačuje sa dobrými fyzikálnymi vlastnosťami. Voda dobre presakuje do nižších vrstiev pôdneho profilu, keďže pôdotvorným substrátom sú piesočnato – hlinité až hlinité karbonátové náplavy, ktoré v hĺbke 110-135 cm postupne prechádzajú do piesku resp. štrku. Obsah humusu v orníčnej vrstve (0 – 35 cm) je 2,56 % (podľa Tjurina). Obsah prístupného fosforu $60\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ a draslíka $90 - 120\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Mehlich III). V podmienkach SR patrí táto pôda medzi najúrodnejšie a za optimálnych podmienok živinového a vodného režimu poskytuje vysoké úrody pestovaných plodín.

Na lokalite boli stanovené základné hydrofyzikálne vlastnosti pôdy: zrnitosťné zloženie, objemová hmotnosť a základné hydrolimity štandardnými metódami (Hraško a kol., 1962; Velebný, 1982).

V sledovanom 9-ročnom období sa na lokalite pestovali jarné a ozimné obilniny, cukrová repa a kukurica v presne stanovenom oševnom postupe. Časť pokusnej plochy, na ktorej prebiehalo meranie vlhkosti pôdy, bola bez závlahy, takže dynamika vlhkosti pôdy bola ovplyvňovaná iba prirodzenými zrážkami.

Merania vlhkosti na nezavlažovanej pôde prebiehali jedenkrát za týždeň počas vegetačného obdobia neutrónovou metódou s využitím neutrónovej sondy zn. DIDCOT. Princípom merania je spomaľovanie rýchlych neutrónov nárazmi na atómy vodíka obsiahnutých v molekule vody. Sonda obsahuje zdroj rýchlych neutrónov (Am – Be) a detektor, ktorý monitoruje počet spomaľených neutrónov. Ich počet je priamo

úmerný obsahu vody v prostredí (pôde). Vyhodnotené boli merania vlhkosti v hĺbkach 20 cm, 60 cm a 100 cm počas rokov 1997-2005.

Výsledky a diskusia

Zrnitostné zloženie pôdy stanovené hustomernou metódou a pôdny druh podľa Nováka sú uvedené v tabuľke 1. Pôda na lokalite je ílovitohlinitá, v hlbších vrstvách prechádza do hlinitej.

Tab. 1 Zrnitostné zloženie pôdy

hlbka [cm]	fyz.íl [%] <0,002 mm	I.kat [%] < 0,01 mm	II.kat [%] 0,01-0,05 mm	III.kat [%] 0,05-0,1 mm	IV.kat [%] 0,1-2 mm	pôdny druh
20,00	19,99	52,51	34,06	11,26	2,18	IH
60,00	22,73	50,92	33,77	14,02	1,28	IH
100,00	15,26	32,08	41,70	24,57	1,65	H

IH - ílovitohlinitá (45 - 60 % častíc < 0,01 mm)

H - hlinitá (30 - 45 % častíc < 0,01 mm)

Základné hydrofyzikálne vlastnosti pôdy sú uvedené v tabuľke 2. Pre hodnotenie dynamiky vlhkosti sú dôležité hydrolimity poľná vodná kapacita, ktorú možno približne nahradiť retenčnou vodnou kapacitou, a bod vädnutia. Interval vlhkosti medzi nimi znamená využiteľnú vodu v pôde pre rastliny. Vlhkosť pôdy nad poľnou vodnou kapacitou sa už prejavuje negatívne, klesá prevzdušnosť pôdy a rastliny začínajú pociťovať nedostatok pôdneho vzduchu. Rovnako vlhkosť pôdy pod bodom vädnutia je nepriaznivá, znamená trvalé vädnutie rastlín. Ideálne je, aby sa vlhkosť pôdy pohybovala medzi tzv. bodom zníženej dostupnosti a poľnou vodnou kapacitou. Bod zníženej dostupnosti zodpovedá vlhkosti približne v polovici intervalu medzi poľnou vodnou kapacitou a bodom vädnutia.

Tab. 2 Hydrofyzikálne vlastnosti pôdy

hlbka [cm]	MH [g/cm ³]	OH [g/cm ³]	KN [% obj]	MKK [% obj]	RVK [% obj]	PO [% obj]	Pn [% obj]	Ps [% obj]	BV [% obj]
20	2,71	1,24	43,70	37,28	34,44	54,17	13,88	5,85	16,72
60	2,74	1,39	42,83	38,19	36,04	49,42	9,26	4,11	15,91
100	2,77	1,38	45,67	39,79	35,00	50,18	7,99	7,20	13,54

Legenda: MH - merná hmotnosť, OH - objemová hmotnosť, KN - kapilárna nasiakavosť,

MKK - maximálna kapilárna nasiakavosť, RVK - retenčná vodná kapacita,

PO - celková pórovitosť, Pn - nekapilárna pórovitosť, Ps - semikapilárna pórovitosť

BV - bod vädnutia

Ročné úhrny zrážok a úhrny zrážok za vegetačné obdobie v sledovanom 9-ročnom období (1997 – 2005) sú uvedené v tabuľkách 3 a 4. Je v nich uvedená aj charakteristika roka alebo vegetačného obdobia z hľadiska zrážkového normálu (1901-1980). Všetky roky, počas ktorých sa merala vlhkosť, boli z hľadiska zrážok v priemere normálne. Vegetačné obdobia boli v priemere prevažne tiež normálne, až na roky 1999 a 2005, ktoré boli vlhké a rok 2000, ktorý mal v priemere suché vegetačné obdobie. Počas vegetačného obdobia boli však zrážky často nepravidelne rozdelené, čo spolu s vysokými teplotami počas takýchto období zvyšovalo evapotranspiráciu, a prejavovalo sa rýchlym úbytkom vody z pôdneho profilu.

Tab. 3 Ročné úhrny zrážok

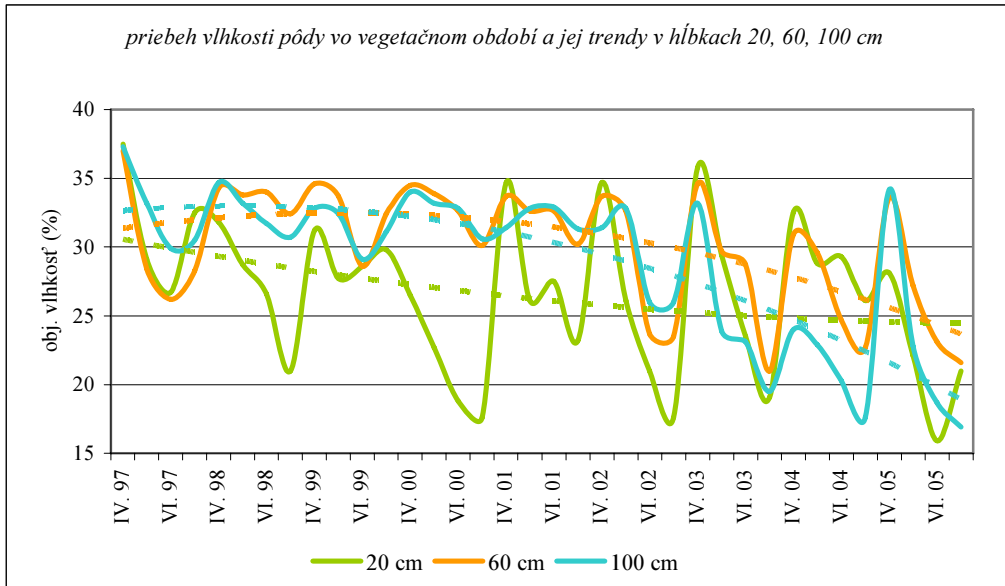
Rok	Ročný úhrn zrážok	% z normálu	Charakteristika roka
1997	570,2	103,7	Normálny
1998	556,6	101,2	Normálny
1999	623,5	113,4	Normálny
2000	496,4	90,3	Normálny
2001	546,6	99,4	Normálny
2002	652,0	118,5	Normálny
2003	424,9	77,3	Normálny
2004	541,3	98,4	Normálny
2005	631,3	114,8	Normálny

Tab. 4 Úhrny zrážok za vegetačné obdobie

Rok	Úhrn zrážok za vegetačné obdobie IV.–IX.	% z normálu	Charakteristika vegetačného obdobia
1997	364,9	119,6	Normálne
1998	350,6	115,0	Normálne
1999	406,1	133,1	Vlhké
2000	192,6	63,1	Suché
2001	332,8	109,1	Normálne
2002	340,0	111,5	Normálne
2003	281,8	92,4	Normálne
2004	302,0	99,0	Normálne
2005	385,2	126,3	Vlhké

Na obr. 1 je zobrazený priebeh objemovej vlhkosti vo vegetačnom období na pokusnom pozemku s opakovaným pestovaním typických poľných plodín (ozimná pšenica, jarný jačmeň, kukurica, cukrová repa). Najväčšie zmeny vlhkosti boli namerané vo vrstve 20 cm. Vlhkosť pôdy počas vegetačného obdobia často klesala až k bodu vädnutia a počas jesenných a zimných mesiacov sa pôda nasýtila na poľnú vodnú kapacitu. Menšie zmeny vlhkosti sa prejavovali v hlbších vrstvách 60 cm a 100 cm, kde už zrážková voda neprenikla. Získané výsledky dynamiky vlhkosti stredne ťažkej pôdy – černoze sú v súlade s autormi Fulajtár (1986) a Bedrna a kol. (1989). Pretože pri pestovaní poľnohospodárskych plodín sa vyžaduje optimálna vlhkosť v pôde, ktorá by rozhodne nemala klesáť až k bodu vädnutia, na stredne ťažkých pôdach – černozemiach v suchých a teplých oblastiach Podunajskej nížiny je nevyhnutná závlaha.

Z nameraných výsledkov je zrejмый dlhodobý trend postupného znižovania pôdnej vlhkosti v sledovaných horizontoch 20, 60, 100 cm. Príčinou je pravdepodobne narastanie rozdielu medzi hlavnými zložkami vodnej bilancie, zrážkami na jednej strane a výparom a transpiráciou na druhej strane. Väčšia časť zrážok sa vyparí alebo je spotrebovaná rastlinami, preto zrážky počas vegetačného obdobia neprenikajú do hlbších vrstiev pôdy a nezvyšujú ich vlhkosť. Deficit pôdnej vody v priebehu rokov stále narastá a ani v zimných obdobiach, kedy je výpar minimálny, nedokážu zrážky nasýtiť hlbšie vrstvy pôdneho profilu. Na sledovanej lokalite nemožno ani počítať s kapilárnym prítokom z hladiny podzemnej vody, pretože tá je hlboko pod terénom a neovplyvňuje koreňovú zónu pôdy.

Obrr. 1 Dynamika vlhkosti pôdy v hĺbkach 20, 60 a 100 cm

Záver

Dynamika vlhkosti stredne ťažkej pôdy – černoze bola nameraná v rokoch 1997 – 2005 na lokalite Most pri Bratislave, ktorá sa nachádza na Podunajskej nížine v hornej časti Žitného ostrova. Pestovanými plodinami boli ozimná pšenica, jarný jačmeň, kukurica a cukrová repa. Najväčšie zmeny vlhkosti boli namerané vo vrstve 20 cm. Vlhkosť pôdy počas vegetačného obdobia často klesala až k bodu vädnutia a počas jesenných a zimných mesiacov sa pôda nasýtila na poľnú vodnú kapacitu. Menšie zmeny vlhkosti sa prejavovali v hlbších vrstvách 60 cm a 100 cm, kde už zrážková voda neprenikla.

Z nameraných výsledkov je zrejмый dlhodobý trend postupného znižovania pôdnej vlhkosti. Príčinou je nepomer medzi väčším výparom a transpiráciou na jednej strane a nedostatočnými zrážkami na druhej strane. Väčšia časť zrážok sa vyparí alebo je spotrebovaná rastlinami, preto zrážky počas vegetačného obdobia neprenikajú do hlbších vrstiev pôdy a nezvyšujú ich vlhkosť. Deficit pôdnej vody v priebehu rokov stále narastá a ani v zimných obdobiach, kedy je výpar minimálny, nedokážu zrážky nasýtiť hlbšie vrstvy pôdneho profilu. Pre poľnohospodársky využívané stredne ťažké pôdy - černoze v klimaticky teplej a suchej oblasti Podunajskej nížiny sa preto odporúča doplnková závlaha.

Literatúra

- BEDRNA, Z. a kol., 1989: Pôdne režimy. Veda, Bratislava, 1989, 224 s.
- CAMBEL, B., NOVÁKOVÁ, K., SOBOCKÝ, I., 1996: Monitoring vodného režimu pôdy. In: Ochrana pôdy výzva pre budúcnosť. Zborník referátov z vedeckej konferencie, VÚPÚ Bratislava, Nízke Tatry - Tále, 1996, s. 205-206.
- FULAJTÁR, E., 1986: Fyzikálne vlastnosti pôd Slovenska, ich úprava a využitie. Poľnohospodárska veda, séria A – Poľnohospodárstvo 1/86. VEDA, Bratislava, 1986, 156 s.
- HRAŠKO, J. a kol., 1962: Rozbory pôd. SVPL, Bratislava, 1962, 342 s.
- NOVÁKOVÁ, K., 1986: Vplyv závlahy na vodný režim pôdy. Vedecké práce VÚZH Bratislava, 1986, 18, s.177-188.
- NOVÁKOVÁ, K., 1999: Trend vývoja fyzikálnych vlastností pôdy na intenzívne využívanej zavlažovanej pôde. In: Hydromeliorácie Slovenska na prahu 21. storočia. Zborník referátov z vedeckej konferencie. VÚMKI, Bratislava, 1999, s. 89-96.
- NOVÁKOVÁ, K., 2005: Vplyv vodného režimu a hnojenia na pohyb dusičnanov v koreňovej zóne a riziko ich prieniku do hydrosféry. Záverečná správa, Hydromeliorácie, š. p. Bratislava, 2005, 37 s., 82 príl.
- NOVÁKOVÁ, K., TAKÁČ, J., KOŠČ, V., 1994: Vyhodnotenie retenčných, transportných a vybraných chemických vlastností pôd ovplyvňujúcich vodný režim pôd a kontamináciu podzemnej vody. Záverečná správa, VÚZH Bratislava, 1994, 34 s., 8 príl.
- VELEBNÝ, V., 1982: Hydropedológia. SVŠT Bratislava, 1982, 173 s.

KVANTIFIKÁCIA ZÁSOB UHLÍKA V LESNÝCH PÔDACH

QUANTIFICATION OF CARBON STOCKS IN FOREST SOILS

Pavel Pavlenda

Národné lesnícke centrum, T.G.Masaryka 22, 960 92 Zvolen,

e-mail: pavlenda@nlcsk.org

Abstrakt

Informácie o kvantite pôdnej organickej hmoty a pôdneho uhlíka v lesných pôdach Slovenska v súčasnosti vychádzajú z viacerých typov prieskumov a zisťovaní.

Súbor 112 plôch veľkoplošného monitoringu siete 16x16 km a 8 plôch intenzívneho monitoringu (ICP Forests / BioSoil) je základným súborom plôch s najdetailnejšou informáciou z hľadiska hodnotených vlastností, hĺbky a vzorkovacieho dizajnu. Organický uhlík bol stanovovaný aj vo vzorkách pokrývkového humusu a pôd z takmer 1500 plôch národnej inventarizácie lesov Slovenska (NIML). Hlavnou výhodou tohto súboru je popri vysokej reprezentatívности súboru plôch aj existencia údajov pre množstvo veličín o lesnom poraste a lesnom ekosystéme. Nevýhodou je jednoduchý spôsob vzorkovania a limitovaná hĺbka odberov (do 20 cm). Doplnkové informácie o zásobách uhlíka v lesných pôdach sú z prieskumu stanovištných pomerov. Výsledky z rôznych výskumných plôch slúžia napr. ako podklad pre odvodenie indexov zásob uhlíka pre rôzne hĺbky.

Na základe vyššie uvedených databáz boli vypočítané celkové zásoby organického uhlíka v lesných pôdach Slovenska 307,7 Mt a v pokrývkovom humuse 16,6 Mt.

Kľúčové slová: lesné pôdy, zásoby uhlíka, pôdna organická hmota

Abstract

Information about soil organic matter and soil carbon in forest soils in Slovakia is based on several different soil surveys.

The set of 112 large-scale monitoring plots of the 16x16 km grid and 8 intensive monitoring plots (ICP Forests / BioSoil) is the coarse set of plots and most detailed information source with respect to soil properties and parameters, soil depth (L, F, H layers, 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm, 40-80 cm) and sampling design. Organic carbon content was determined in forest floor and soil samples also from almost 1500 plots of the National Forest Inventory. The main advantage of this survey beside high representativeness is existing set of numerous parameters related to site condition, forest stand condition as well as environmental parameters. The disadvantage is a simple way of sampling and limited depth of sampling (20 cm). Supplementary information about carbon content and carbon pools in forest soils comes from data sets from soil survey and forest site condition survey carried out from 1950's to 1970's and partly repeated within a research project in 2005-2007. Results of carbon content in forest soils from research plots can be used e.g. for derivation of indices of carbon stocks for different depths and respective soil types.

Based on the above mentioned data, total carbon pool in mineral forest (0-100 cm) soils has been calculated the 307.7 Mt and 16.6 Mt in litter.

However, the methods for detection of changes in soil organic carbon stocks in forest soils and for calculation and modelling of carbon content are still to be discussed and improved.

Keys words: forest soils, carbon pools, soil organic matter

Úvod

V poslednom období sa venuje veľká pozornosť zásobám pôdnej organickej hmoty a uhlíka najmä v súvislosti s kvantifikáciou zásob pôdneho uhlíka a bilanciami skleníkových plynov. Keďže sektor lesného hospodárstva má v bilancii skleníkových plynov mimoriadne postavenie, predmetom riešenia výskumnej úlohy „Vplyv klimatickej zmeny na lesy Slovenska“ (úloha na základe kontraktu s MP SR) bola aj čiastková úloha „Monitorovanie bilančných zmien uhlíka v lesných ekosystémoch“, pričom v rámci nej sa riešila aj problematika pôdneho uhlíka.

Stav a zásoby pôdnej organickej hmoty ovplyvňuje množstvo faktorov. K najdôležitejším prírodným patria klimatické faktory, topografické faktory (sklon, umiestnenie vzhľadom na svah a reliéfne tvary), vegetačný kryt a do určitej miery aj materský substrát a vlastnosti dané pôdotvorným substrátom. K antropickým možno zaradiť najmä spôsob vyžívania krajiny, resp. pôdy a rôzne degradačné vplyvy, ktoré súvisia s využívaním pôdy (erózia, zhutňovanie a pod.). Klimatické faktory ovplyvňujú najmä intenzitu premien organických zvyškov a ich dekompozície. S určitým zjednodušením možno konštatovať, že so zvyšujúcimi sa zrážkami sa zvyšuje zásoba organickej pôdnej hmoty a so zvyšujúcou sa priemernou teplotou klesá zásoba organickej pôdnej hmoty. Pôdotvorný substrát súvisí s textúrou pôdy a s mnohými chemickými vlastnosťami. Piesčité pôdy zvyčajne za inak rovnakých podmienok obsahujú menej organickej pôdnej hmoty ako pôdy s jemnejšou textúrou. Vegetačný kryt určuje množstvo a vlastností organických zvyškov (opadu), ale modifikuje aj mezo- a mikroklimatické pomery. Taktiež topografické prvky, resp. reliéf modifikujú teplotný a vlhkosťný režim, erózne a akumulčné procesy a pod. Keďže najväčšie zásoby pôdnej organickej hmoty sú pri povrchu pôdy, je zrejmé, že erózia (teda odstraňovanie a transport pôdnych častíc) ich môže výrazne ovplyvniť.

Pri bilancovaní uhlíka v lesnej krajine v stredoeurópskych podmienkach je veľmi časté, že najvyššie zásoby zo všetkých bilančných kategórií (nadzemná biomasa, podzemná biomasa, mŕtve drevo, opad, pôda) sú zásoby uhlíka najvyššie práve v pôdach, pričom vzhľadom na vysokú variabilitu aj na malom území je miera neistoty pre stanovenie zásob uhlíka najvyššia (BARITZ et al. 2005, BARITZ et al 2006, STOLBOVOY et al. 2005).

Materiál a metódy

Existujúca informačná báza o zásobách uhlíka v lesných pôdach Slovenska, ktorá bola podkladom pre východiskové hodnotenia zásob uhlíka v rámci vyššie uvedeného projektu, vychádzala najmä z údajov získaných v rámci výskumu v rôznych lokalitách Slovenska (ŠÁLY 1978) a z databáz monitoringu lesa na Slovensku. Táto informačná báza mala určité nevýhody a obmedzenia (počty plôch, limitovaná hĺbka odberu, limitovaný rozsah stanovištných parametrov a pod.). Napriek tomu bola zatiaľ

základom pre odvodenie vzťahov medzi rôznymi typmi parametrov (triediacich znakov stanovišťa a lesného porastu). Založením siete plôch národnej inventarizácie lesov Slovenska (NIL), pri ktorej sa zabezpečovalo aj vzorkovanie pôd, umožnilo sa vytvorenie podstatne rozsiahlejšieho súboru a reprezentatívnejšej siete, pričom z týchto plôch sú k dispozícii detailné údaje o stanovišti, lesných porastoch a ďalších faktoroch, ktoré ovplyvňujú zásoby uhlíka v pôde. V uplynulých rokoch sa realizoval na plochách monitorovacej siete 16x16 km demonštračný projekt BioSoil, ktorý bol zameraný najmä na detailné hodnotenie stavu pôd. Tým sa urobili rozhodujúce kroky pre vytvorenie rozsiahlej experimentálnej bázy pre kvantifikáciu zásob uhlíka v lesných pôdach a ich zmien.

Odbery vzoriek povrchového humusu sa robili pomocou plastových štvorcov o známej veľkosti, aby sa umožnil prepočet na plošnú jednotku. Na plochách NIML boli 3 opakovania, na plochách ICP Forests /BioSoil bolo päť opakovaní. Odbery vzoriek pôd sa zabezpečili na plochách NIML zo zákopkov v štandardne definovaných hĺbkach 0-10 cm a 10-20 cm, na plochách ICP Forest / BioSoil v hlbkej kopanej sonde a v 4 vŕtaných sondách (vzorkovaním pôdnym vrtákom) v hĺbkach 0-10 cm, 10-20 cm, 20-40 cm a 40-80 cm.

Uhlík bol vo vzorkách stanovený metódou suchého spálenia na prístroji FLASH EA 1112. Vzorky pokrývkového humusu boli vysušené a zvážené, čo pri známej veľkosti odbernej plochy umožnilo kalkuláciu zásoby uhlíka na plošnú jednotku. Pre kvantifikáciu zásob organického uhlíka na plošnú jednotku je potrebné realizovať prepočet pomocou objemovej hmotnosti a redukovať vypočítanú hodnotu o skelet. Objemová hmotnosť bola na plochách základnej monitorovacej siete 16x16 km určená na základe vzoriek odobratých pre tento účel pomocou valčekov o objeme 200, resp. 100 cm³. Pre plochy NIL bola objemová hmotnosť vypočítaná pomocou pedotransférových funkcií. Percento skeletu bolo odhadované v teréne pre každú odberovú hĺbku, alternatívne metódy kvantifikácie skeletu (rod penetration method) sa neosvedčili

Výsledky

Prehľad výsledkov z hodnotených údajových báz je v tabuľkách 1 a 2. Je z nich zrejmé, že variabilita zásob organického uhlíka v pôdach je veľmi vysoká, pričom v pokrývkovom humuse je výrazne vyššia oproti hodnotenej hĺbke 0 – 20 cm.

Tab. 1. Základné štatistické charakteristiky pre zásoby uhlíka v pôdach zo súboru plôch monitoringu stavu lesa (16x16 km)

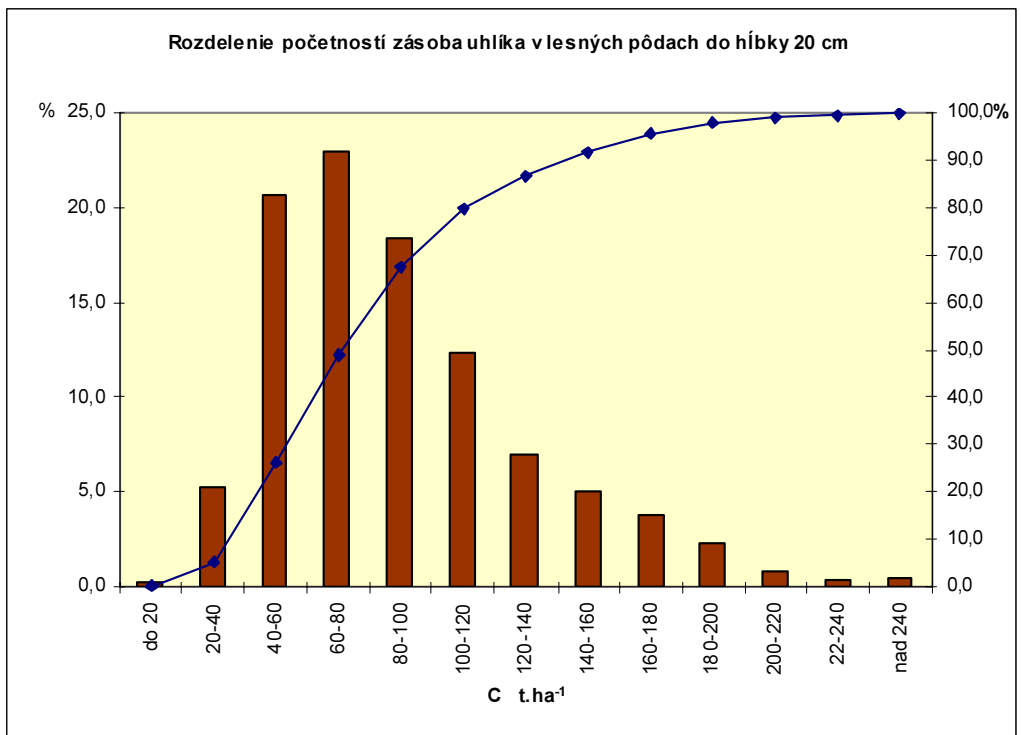
	Aritmetický priemer	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient	Medián	Min	max
	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹	%	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹
P. humus	8,7	9,1	82,7	6,1	1,1	43,6
0-20 cm	72,9	28,8	39,5	67,1	14,8	175,5

Tab. 2. Základné štatistické charakteristiky pre zásoby uhlíka v pôdach zo súboru plôch NIML

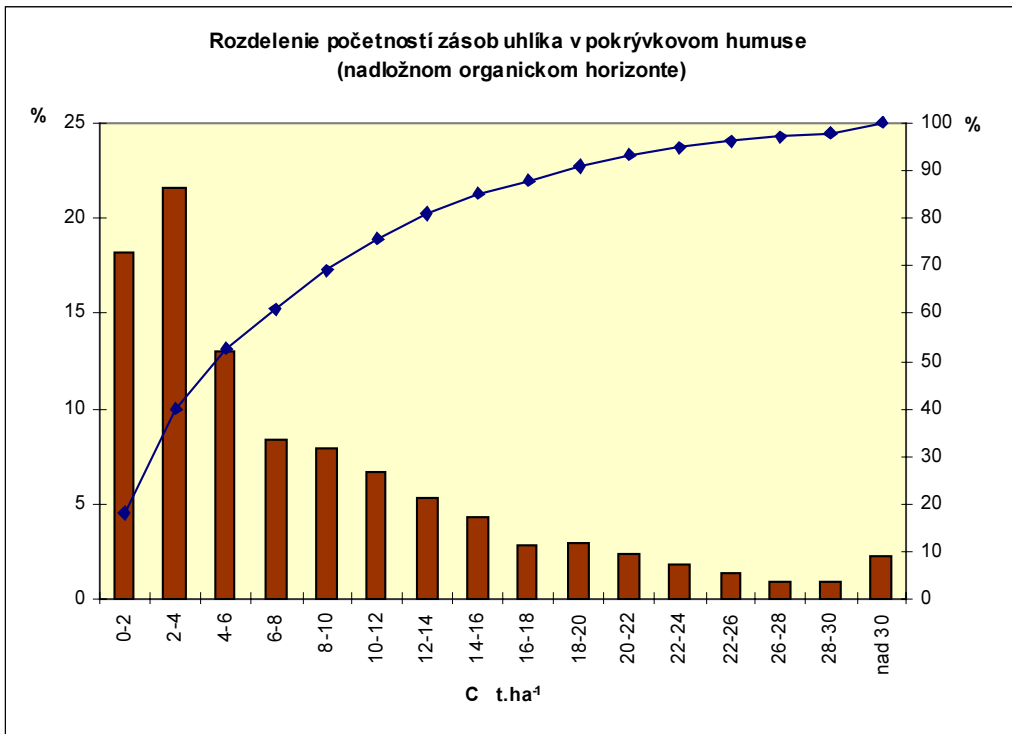
	Aritmetický priemer	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient	Medián	min	max
	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹	%	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹	tC.ha ⁻¹
P. humus	8,3	7,8	94,2	7,8	0,1	54,2
0-20 cm	89,7	32,6	36,4	81,5	13,7	271,6

Pre pokrývkový humus sú zistené stredné hodnoty zásob organického uhlíka z oboch sietí plôch veľmi podobné (8,3, resp. 8,7 t C.ha⁻¹), pre zásobu uhlíka v pôde do hĺbky 20 cm je však rozdiel stredných hodnôt výraznejší (89,7 resp. 72,9 t C.ha⁻¹).

Rozdelenie početností zásob uhlíka v pokrývkovom a v pôde do hĺbky 20 cm sú na obrázkoch 1 a 2.

Obr. 1. Rozdelenie početností zásob organického uhlíka v pokrývkovom humuse na plochách NIL

Obr. 2. Rozdelenie početností zásob organického uhlíka v pokrývkovom humuse na plochách NIL



Z obr. 3 je zjavná vysoká variabilita v rámci väčšiny pôdných typov, teda aj v rámci relatívne homogénnejších súborov, ale zrejme sú aj rozdiely v zásobách uhlíka medzi pôdnymi typmi. Najvyššie zásoby vo všeobecnosti majú organozeme (rašelinové pôdy), andozeme, pararendziny a rendziny. Naopak najnižšie zásoby majú regozeme, pseudogleje, hnedozeme a luvizeme. Dominantný pôdny typ na lesnom pôdnom fonde Slovenska - kambizem - má priemerné zásoby uhlíka.

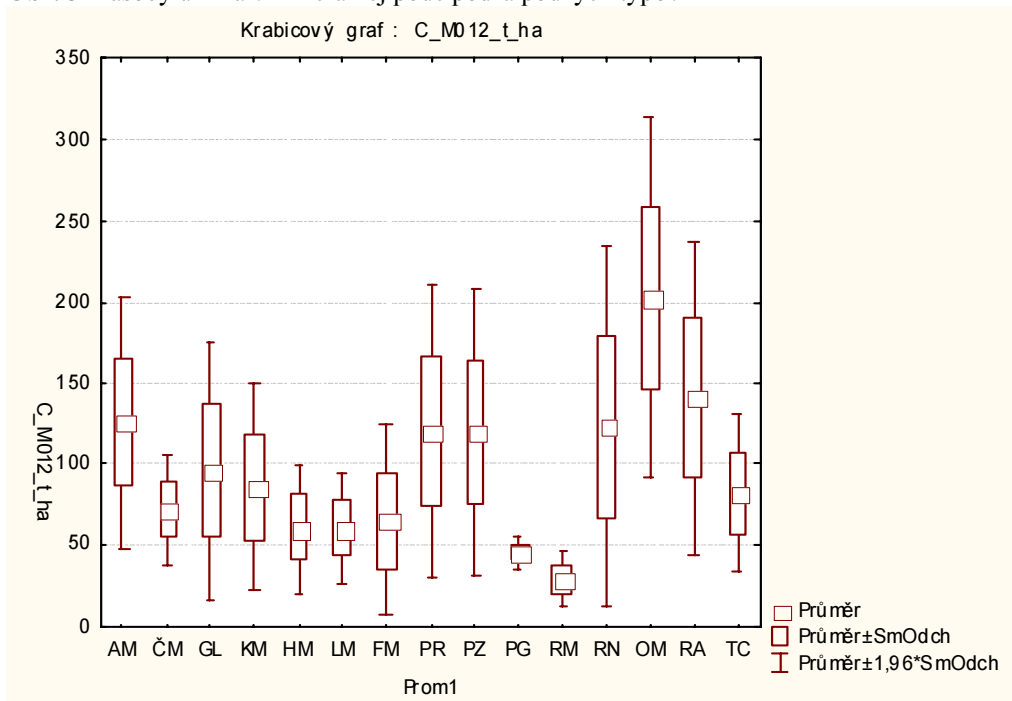
Keďže namerané hodnoty obsahu uhlíka v súbore plôch NIL sú iba zo vzoriek do hĺbky 20 cm, pri kvantifikácii zásob uhlíka na iné hĺbky z týchto plôch je potrebný prepočet. V záujme porovnateľnosti zásob s poľnohospodársky využívanými pôdami je vhodné mať údaj pre hĺbku do 30 cm. Taktiež kvantifikácia zásob uhlíka pre pôdny kryt do hĺbky 100 cm (resp. celý pôdny kryt po pevnú horninu v prípade plytších pôd) je často používaná. Vzhľadom na nedostatočne rozsiahle súbory údajov o zásobách vo väčšej hĺbke (to sa týka aj takmer všetkých lesnícky či pôdoznalecky vyspelých krajín) je možným riešením odvodenie koeficientov na základe menších súborov, ktoré však obsahujú exaktné namerané hodnoty do väčších hĺbok.

Týmto postupom sme získali pre jednotlivé pôdne typy nasledovné prepočtové koeficienty (zásoba do 100 cm/ zásoba do 20 cm).

KM	LM	RA	PZ	FM	RN	AM	PR	GL	RM	HM	ČM	PG	ČA
1,775	1,878	1,298	1,434	1,933	1,479	2,950	1,618	1,215	1,586	2,083	2,561	1,919	1,557

Vyššie uvedený postup odvodenia zásob uhlíka v pôdach pomocou stratifikácie súboru dát a priradenia strednej hodnoty je jedným z možných prístupov, vyznačuje sa však veľmi vysokou mierou neistoty. Druhým spôsobom, štatisticky presnejším, je výpočet zásob na základe analýzy vzťahov medzi zásobami uhlíka a kvantitatívnymi veličinami. Vzhľadom na existujúce vzťahy medzi klimatickými parametrami a procesmi premien organickej hmoty, a teda aj zásobami organického uhlíka v pôdach, je efektívne využitie poznatkov o vzťahoch medzi zásobami uhlíka a nadmorskou výškou ako veličinou ľahko zistiteľnou a syntetizujúcou hlavné klimatické veličiny.

Obr. 3 Zásoby uhlíka v minerálnej pôde podľa pôdných typov



Pri regresnej analýze celého súboru sme zistili, že najvhodnejšie zodpovedá priebehu nameraných hodnôt s nadmorskou výškou použitie lineárnej regresie. Pri korelačnej analýze sme vypočítali korelačný koeficient, ktorý jasne indikuje vzťah medzi nadmorskou výškou a zásobou humusu, ale pre celý súbor je tento vzťah pomerne voľný ($R^2 = 0,321$). Po stratifikácii súboru podľa pôdných typov, prípadne subtypov sa prejaví rozdielnosť medzi nimi. Napr. pre andozeme a pararendziny, teda pôdy, ktoré sa vyskytujú v značnom vertikálnom rozpätí, boli zistené vyššie korelačné koeficienty než pre celý súbor plôch ($R^2 = 0,430$ pre andozeme, resp. $R^2 = 0,441$ pre pararendziny). Opačným príkladom sú regozeme, ktoré sa vyskytujú iba v najnižších polohách, variabilita zásob uhlíka v nich je relatívne nízka a prakticky neexistuje vzťah medzi nadmorskou výškou a zásobami uhlíka v pôdach.

Procesy premien opadu (opadu drevín a bylín), a tým aj mieru akumulácie organickej hmoty na povrchu pôdy, a teda aj zásoba organického uhlíka v tejto vrstve sú ovplyvňované mnohými faktormi. Popri vlastnostiach opadu sú to samozrejme najmä klimatické faktory, ale priamo či aj mnohé vlastnosti stanovišťa a porastové

charakteristiky. Odvodenie zásoby uhlíka v pokrývkovom humuse je preto komplikovanejšie.

Záver

Predbežné výsledky hodnotenia zásob organického uhlíka v lesných pôdach Slovenska na základe existujúcich sietí monitoringu stavu lesov a inventarizácie lesov potvrdzujú niektoré všeobecné poznatky o obsahu uhlíka v pôdach (variabilita obsahu uhlíka v pôde je veľmi vysoká, získavanie experimentálnych údajov o objemovej hmotnosti a obsahu skeletu ako nutných parametrov pre kvantifikáciu zásob uhlíka v pôdach je technicky a metodicky veľmi náročné a zvyšuje chybu v stanovení zásob a pod.).

Zistené zásoby uhlíka v pôde do hĺbky 20 cm dosahovali priemerne $89,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (min. $13,7$, max. $271,6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Najnižšie zásoby uhlíka majú regozeme, pseudogleje, hnedozeme a luvizeme, najvyššie organozeme, andozeme, rendziny, pararendziny.

Vo všeobecnosti, najmä pre pôdne typy vyskytujúce sa v značnom výškovom rozpätí, je zrejme zvyšovanie zásob uhlíka s nadmorskou výškou. Zásoba uhlíka v pôde je určená najmä klimatickými údajmi, ktoré pre účely modelu možno nahradiť jednou premennou – nadmorskou výškou.

Pre kvantifikáciu zásob do väčších hĺbok je potrebné použiť prepočtové koeficienty, odvodené najmä z existujúcich výsledkov z výskumných plôch, a to pre pôdne jednotky (typy, prípadne subtypy).

Priemerná zásoba uhlíka v pokrývkovom humuse (povrchovom organickom horizonte) je ešte variabilnejšia. Priemerná hodnota zo súboru plôch NIML je $8,29 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ (min. $0,12$, max. $54,2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$). Korelácia s nadmorskou výškou pre pokrývkový humus je oveľa slabšia než pri zásobe uhlíka v plôchach, rozdiely sú určené najmä dominantnou drevinou.

Kombináciou priemerných údajov po stratifikácii podľa mapovaných pôdnych jednotiek a vypočítaných údajov na základe regresných rovníc možno vytvoriť priestorové modely zásob uhlíka v pôdach, pričom je možné použiť viacero postupov geoštatistiky a overiť ich presnosť.

Celková zásoba organického uhlíka v lesných pôdach Slovenska je podľa výpočtov $175,5 \text{ Mt}$ v hĺbke do 20 cm, resp. $307,7 \text{ Mt}$ do hĺbky 1 m, celková zásoba uhlíka v nadložnom organickom horizonte (v pokrývkovom) humuse lesných pôd Slovenska vypočítaná na základe databázy z NIML $16,6 \text{ M}\text{á}$.

Literatúra

- BARITZ, R. ET AL., 2005: Validated, representative soil carbon profiles under forest vegetation. Final report Carboinvent (Deliverable 3.1). Joanneum research, Graz. 46 pp.
- BARITZ, R., VAN RANST, ERIC, SEUFERT, G., 2005: Soil carbon default values relevant for evaluations of the carbon status of forest soils in Europe. Final report Carboinvent (Deliverable 3.2). Joanneum research, Graz. 26 pp.
- BARITZ, R., GALINSKI, W., SOMOGYI, Z., LINDNER, M., THUERIG, E., 2006: Compilation and Calculation of Soil Carbon Data according to the IPCC GHG Inventory Methodology. Final report Carboinvent (Deliverable 3.4). Joanneum research, Graz. 52 pp.

- CIENCALA, E., EXNEROVÁ, Z., MACKÚ, J., HENŽLÍK, V., 2006: Forest topsoil organic carbon content in Southwest Bohemia region. *Journal of Forest Science*, 52, 9: 387-398.
- GÄRDENÄS, A., 1998: *Soil Organic Matter in Forest Soils – Effects of Climate and Water Balance*. Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, SLU, Uppsala, 184 s.
- JONES, R. J. A., HIEDERER, R., RUSCO, E., LOVELAND, P., MONTANARELLA, L., 2004: *Topsoil Organic Carbon in Europe*. IES JRC, 48 s.
- STOLBOVOY, V., MONTANARELLA, L., FILIPPI, N., SELVARADJOU, S., PANAGOS, P., GALLEGU, J., 2005: *Soil Sampling Protocol to Certify Changes of Organic Soil Carbon Stock in Mineral Soils of European Union*. EUR 21576 EN, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg, 12 pp.
- ŠÁLY, R., 1978: *Pôda - základ lesnej produkcie*. Príroda, Bratislava, 235 s.
- WUTZLER, T., REICHSTEIN, M., 2006: Soils apart from equilibrium – consequences for soil carbon balance modelling. *Biogeosciences Discuss.*, 3: 1679-1714

Pod'akovanie

Príspevok bol spracovaný s využitím údajov získaných v rámci riešenia projektu APVT-27-006504, podporeného agentúrou APVV, úloh financovaných MP SR na základe kontraktu a projektu BioSoil spolufinancovaného Európskou komisiou.

VLIV OSEVNÍCH POSTUPŮ NA VYBRANÉ VLASTNOSTI POTENCIÁLNÍ RESPIRACE

INFLUENCE OF CROP ROTATION ON SELECTED PROPERTIES OF POTENTIAL RESPIRATION

Petrášová, V.¹, Brtnický, M.¹, Foukalová, J.¹, Strálková, R.², Pokorný, E.¹

¹Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, AF, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

²Zemědělský výzkumný ústav Kroměříž

Abstrakt

V práci jsou vyhodnoceny změny biologických vlastností půdy. Výzkum probíhal v letech 1993-1999 v Zemědělském výzkumném ústavu v Kroměříži. Byly sledovány změny mikrobiologické respirace v ornici a podorničí zejména v závislosti na střídání osevního postupu. K tomuto účelu byla použita interferometrická metoda (Novák, Apfelthaler, 1964). Výzkum probíhal na těchto čtyřech variantách osevních postupů: A) ozimá pšenice po ječmenu jarním B) pšenice ozimá po veltěšce C) ječmen jarní po pšenici ozimé a D) ječmen jarní po cukrové řepě. Hodnocené vzorky byly odebírány bodově z hloubky 0-30 cm pro ornici každé dva týdny v období od třetí dubnové dekády do třetí červencové dekády.

Klíčová slova: půdní respirace, potenciální respirace, produkce CO₂

Abstract

There is evaluated the survey of the changes of biological properties. The survey took place in 1993 - 1999 at the Agricultural Research Institute in Kroměříž. There were surveyed changes of microbiological respiration in topsoil and subsoil depending on the crop rotation concretely. There was used the interferometrical method (Novák, Apfelthaler, 1964) for this purpose. The survey alternates: A) winter wheat after spring barley, B) winter wheat after alfalfa, C) spring barley after winter wheat and D) spring barley after sugar beet. The samples for the analyses were taken pointwise from the depth 0 – 30 cm for topsoil every two weeks from third April decade to third July decade.

Keywords: soil respiration, potencial respiration, CO₂ production

Úvod

Úrodnost půdy, která je výsledkem působení složitého souboru navzájem se ovlivňujících vlastností, je nejčastěji definována jako schopnost půdy zabezpečovat nároky rostlin na vodu, vzduch, živiny a biologicky aktivní látky.

Vedle fyzikálních a chemických půdních vlastností je půdní úrodnost utvářena jejími vlastnostmi biologickými. Tímto rozumíme činnost edafonu, tj. půdních mikroorganismů a živočichů. Početně i biomasou v něm převládají mikroorganismy, tj.

bakterie, mikromycety, aktinomycety a sinice. Mikroorganismy podle současných znalostí hrají klíčovou roli v půdním metabolismu.

Půdní organismy mají nezastupitelnou funkci ve všech procesech podmiňujících půdní úrodnost a dále například zajišťují rozklad organické hmoty v půdě, zpřístupňují živiny rostlinám, mají schopnost detoxikovat cizorodé látky, které se dostávají do půdy antropogenní činností (např. pesticidy, těžké kovy, organické polutanty).

Biologická aktivita půdy, která je zde zastoupena měřením respirační aktivity mikroorganismů, byla měřena interferometrickou metodou spolu se základními testovacími variantami, jež popsal Dr. Ing. Bohumír Novák, CSc. a Ing. Roman Apfelthaler v Rostlinné výrobě v roce 1964.

Materiál a metody

Sledování probíhalo v přesných polních pokusech Zemědělského výzkumného ústavu, s.r.o. v Kroměříži v letech 1993 – 2000 na 4 variantách osevních postupů v ornici (A - pšenice ozimá po obilnině - ječmen), (B - pšenice ozimá po jetelovině - vojtěška), (C – ječmen jarní po obilnině – pšenice ozimá), (D – ječmen jarní po cukrovce). Půdním typem je černozem luvická.

Respirometrický test je založen na měření intenzity tvorby oxidu uhličitého v půdním vzorku a je měřítkem rychlosti rozkladu látek v půdě. Množství vyprodukovaného CO₂ [mg/100g zeminy/h] měříme v inkubovaném vzorku zeminy jednak bez přidavku jakéhokoliv substrátu (B – vzorek bazální) nebo s přidavkem živin, které mohou mikroorganismy lehce využít (potenciální). Jako zdroj uhlíku slouží glukóza (G), jako zdroj samostatného dusíku síran amonný (N) a jako zdroj uhlíku i dusíku zároveň slouží kombinace glukózy a síranu amonného (NG). Základní respirometrickou analýzou se tímto získaly čtyři údaje z každého vzorku a z nich vypočtené kvocienty pak slouží ke klasifikaci půdních poměrů. Mezi nejdůležitější charakteristiky, které zde chceme zmínit, patří:

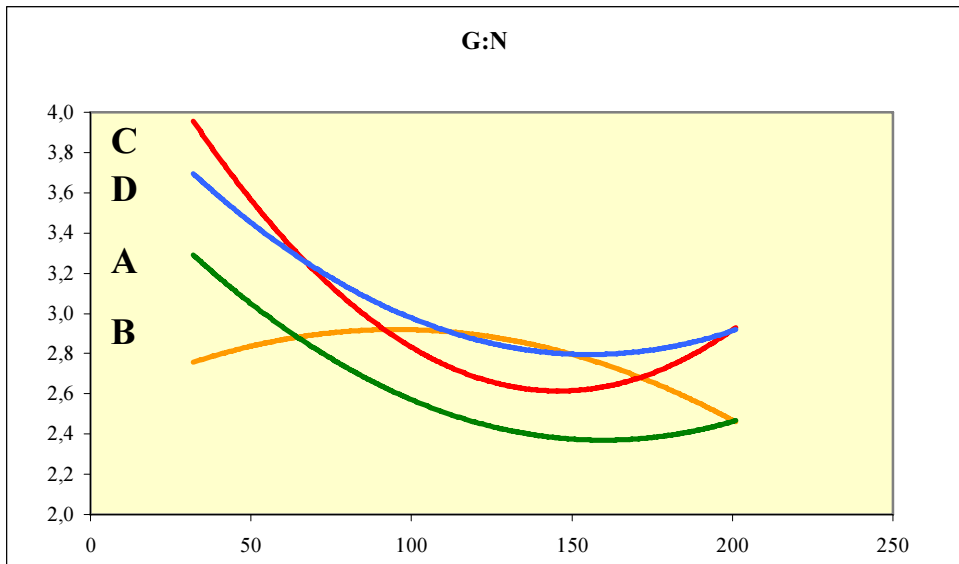
- G:N – dává představu o vzájemném poměru využitelného uhlíku a dusíku v půdě. Vzhledem k tomu, že uhlík se využívá vždy ve větším rozsahu než dusík, je při vyrovnaném fyziologickém poměru obou těchto elementů poměr G:N roven přibližně 5. Při nižších hodnotách tohoto koeficientu, jsou půdní mikroorganismy z půdního vzorku relativně lépe vyživovány organickými látkami než dusíkem, při vysokých hodnotách je tomu naopak.
- NG:B – je výrazem stability organických látek v půdě. Vyšší hodnoty značí vyšší stabilitu. V podstatě je to výraz, který označuje do jaké míry je využito potenciálních schopností mikroorganismů mineralizovat organické látky ke skutečné mineralizaci

Výsledky a diskuse

U hodnot G:N (vzájemný poměr využitelného uhlíku a dusíku v půdě) v ornici jsme zjistili u variant pšenice po ječmenu (A), ječmen po pšenici (C) a ječmen po cukrovce (D) nejvyšší hodnoty na začátku pozorovacího období (březen), poté následoval pokles a od červnových měření mírný nárůst hodnot. U varianty pšenice po vojtěšce (B) jsme zjistili nejnižší hodnoty na konci pozorovacího období (červenec) a hodnoty nejvyšší, na rozdíl od ostatních variant, v dubnu.

Všetchny varianty během celého sledovaného období vykazují hodnoty nižší jak 5 což značí, že jsou půdní mikroorganismy z půdního vzorku relativně lépe vyživovány organickými látkami než dusíkem (Graf 1, Tab. 1).

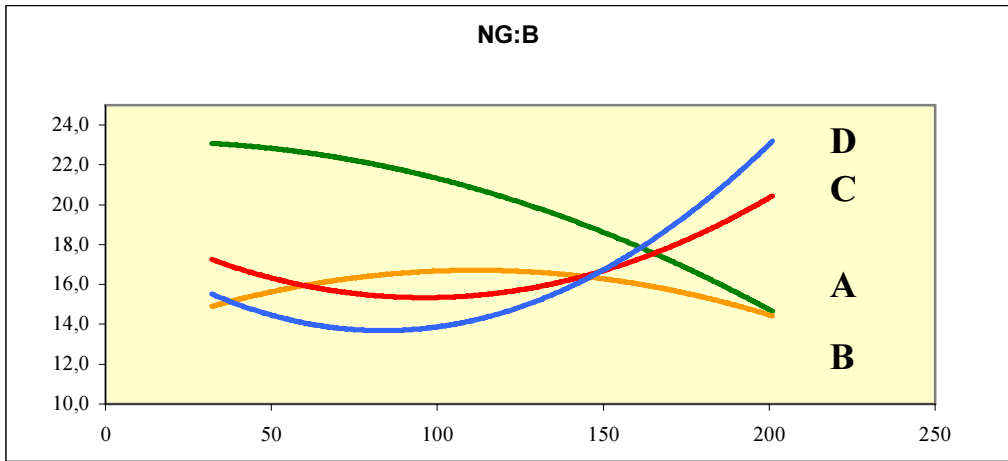
Graf 1 Dynamika změn hodnot využitelného poměru uhlíku a dusíku v půdě (G:N) jednotlivých variant v ornici (0 - 30 cm)



Tab. 1 Regresní rovnice fyziologické využitelnosti půdního dusíku v ornici

Varianta	Rovnice	R	R ²
A	$y = 6E-05x^2 - 0,018x + 3,8102$	0,1939	0,0376
B	$y = -4E-05x^2 + 0,0078x + 2,5492$	0,1334	0,0178
C	$y = 0,0001x^2 - 0,0302x + 4,8177$	0,1697	0,0288
D	$y = 6E-05x^2 - 0,0184x + 4,2218$	0,1619	0,0262

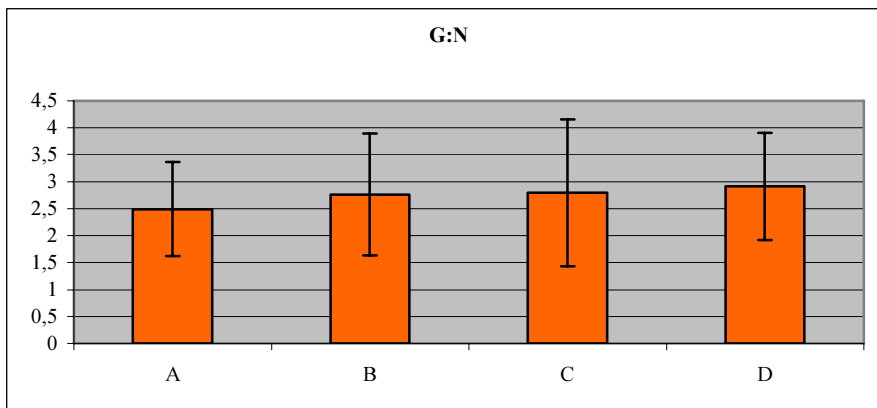
U hodnot, které jsou výrazem stability organických látek (NG:B) platí, že vyšší hodnoty značí vyšší stabilitu organických látek. Nejvyšší hodnoty u tohoto parametru v ornici byly zjištěny u variant pšenice po ječmenu (A) a ječmenu po cukrovce (D), avšak u varianty A byla tato hodnota zjištěna na začátku sledovaného období - poté následoval postupný pokles až do konce sledování. U varianty D byla zjištěna na konci sledovaného období, nejnižší hodnoty byly zjištěny u odběru na konci března. Stejný trend jako varianta D má i varianta ječmen po pšenici (C). U této varianty dochází k výskytu nejnižších hodnot během dubna. U varianty pšenice po vojtěšce (B) jsme zjistili nejnižší hodnoty na konci pozorovacího období (červenec) a hodnoty nejvyšší, na rozdíl od ostatních variant, v dubnu (Graf 2, Tab. 2).

Graf 2 Dynamika změn stability organických látek u jednotlivých variant v ornici (0 - 30 cm)**Tab. 2** Regresní rovnice faktoru komplexního působení v ornici

Varianta	Rovnice	R	R ²
A	$y = -0,0002x^2 + 0,0055x + 23,15$	0,1200	0,0144
B	$y = -0,0003x^2 + 0,0639x + 13,153$	0,1670	0,0279
C	$y = 0,0005x^2 - 0,0891x + 19,623$	0,1670	0,0279
D	$y = 0,0007x^2 - 0,1153x + 18,501$	0,2337	0,0546

Průměrné hodnoty vzájemného poměru uhlíku a dusíku v půdě pro ornici byly relativně podobné a jejich hodnoty se pohybují v rozmezí 2,5 - 2,9. Nebyl zde však prokázán rozdíl mezi jednotlivými variantami osevního postupu (Graf 3, Tab. 3).

Střalková (2001) uvádí průměrnou hodnotu pro černozemě 3,03, což se blíží našim hodnotám, které byly v rozmezí 2,5 – 2,9. Pokorný (1997) pro lokalitu Litenčice udává hodnotu 3,1 a pro lokalitu Kostelec hodnotu 4,6 - tyto hodnoty jsou vyšší než námi zjištěné, ale i zde platí, že jsou půdní mikroorganismy z půdního vzorku relativně lépe vyživovány organickými látkami než dusíkem.

Graf 3 Průměrné hodnoty a směrodatná odchylka využitelného poměru uhlíku a dusíku v půdě (G:N) v ornici(0-30 cm)

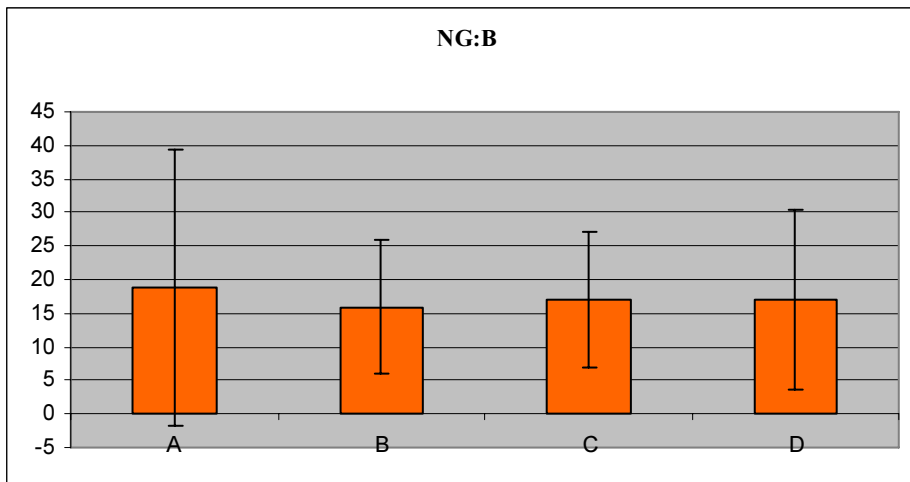
Tab. 3 Poměr využitelného uhlíku a dusíku v půdě – analýza variance

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	5,966429	3	1,98881	1,629188	0,183183	2,641596
Všechny výběry	297,8597	244	1,220737			
Celkem	303,8262	247				

Průměrné hodnoty stability organických látek v půdě pro ornici se pohybovaly v rozmezí 16,0 – 18,9. Nebyl prokázán rozdíl mezi jednotlivými variantami (Tab. 8). Nejnížší hodnotu vykazovala varianta pšenice po vojtěšce (B), naopak nejvyšší měla varianta pšenice po ječmenu (A) (Graf 4, Tab. 4).

NG:B určuje stabilitu organických látek v půdě. Vyšší hodnoty značí vyšší stabilitu. V podstatě je to výraz, který označuje do jaké míry je využito potenciálních schopností mikroorganismů mineralizovat organické látky ke skutečné mineralizaci

Námi zjištěné hodnoty (16,0 – 18,9) jsou relativně podobné s údaji z literárních zdrojů, kdy např. Strálková (2001) udává průměrnou hodnotu 17,14. Vyšší hodnoty uvádí Pokorný (1997) u několika lokalit, z nichž jsou to např. Litenčice s hodnotou 21,6 a Kostelec s hodnotou 20,0. Nižší hodnoty pro černoze uvádí Němeček (1990) – 12,1.

Graf 4 Průměrné hodnoty a směrodatná odchylka stability organických látek v ornici (0 - 30 cm)**Tab. 4** Stabilita organických látek v půdě – analýza variance

Zdroj variability	SS	Rozdíl	MS	F	Hodnota P	F krit
Mezi výběry	260,4444	3	86,81481	0,431654	0,730516	2,641596
Všechny výběry	49073,55	244	201,1211			
Celkem	49333,99	247				

Závěr

Sledování probíhalo v polních pokusech Zemědělského výzkumného ústavu, s. r. o. v Kroměříži v letech 1993 – 2000 na 4 variantách osevních postupů v ornici a

podorníči (A - pšenice ozimá po obilnině - ječmen), (B - pšenice ozimá po jetelovině - vojtěška), (C – ječmen jarní po obilnině – pšenice ozimá), (D – ječmen jarní po cukrovce). Biologická aktivita půdy, která je zde zastoupena měřením respirační aktivity mikroorganismů, byla měřena interferometrickou metodou.

G:N: při vyrovnaném poměru uhlíku a dusíku v půdě je poměr *G:N* roven přibližně 5. V počátku sledovaného období má k této hodnotě nejbližší varianta C ječmen jarní po obilnině (pšenice ozimá) s hodnotou blížíící se 4 a D - ječmen jarní po cukrovce.

NG:B: je výrazem stability organických látek v půdě. Vyšší hodnoty značí vyšší stabilitu. Nejvyšší hodnoty u tohoto parametru v ornici odpovídají variantám A (pšenice ozimá po obilnině – ječmen) a D - ječmen jarní po cukrovce a to na konci sledovaného období. Výrazně nejnižších hodnot dosahuje varianta pšenice po vojtěšce B.

Průměrné hodnoty vzájemného poměru využitelného uhlíku a dusíku v půdě pro ornici byly relativně podobné a pohybují se v rozmezí 2,5 - 2,9. Nebyl zde však prokázán rozdíl mezi jednotlivými variantami osevního postupu. Průměrné hodnoty stability organických látek v půdě pro ornici se pohybovaly v rozmezí 16,00 –18,9. Nebyl prokázán rozdíl mezi jednotlivými variantami.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- APFELTHALER, R., NOVÁK, B., 1964: Příspěvek k metodice stanovení respirace jako indikátoru mikrobiologických pochodů. Rostlinná výroba, ročník 10, číslo 2: 145-150.
- BECK, T., 1968: Mikrobiologie des Bodens.
- NĚMEČEK, J., SMOLÍKOVÁ, L., KUTÍLEK, M., 1990: Pedologie a paleopedologie, s. 107.
- POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., NENÁTKOVÁ, K., 2007: Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku - Metodická pomůcka, Zpracováno s podporou Ministerstva zemědělství ČR (Náměšť nad Oslavou).
- POKORNÝ, E., STŘALKOVÁ, R., DENEŠOVÁ, O., 1997: Využití biologických testů ke kontrole změn půdní úrodnosti, Obilnářské listy č. 6/1997.
- STŘALKOVÁ, R., POKORNÝ, E., DENEŠOVÁ, O., PODEŠVOVÁ, J., 2001: Biologická aktivita půdy vybrané kapitoly z metodiky Obilnářské listy č. 4/2001.

HYGIENICKÝ STAV PÔD NA VYBRANÝCH POZEMKOCH KATASTRA MESTA SEREĎ

HYGIENIC STATE OF SOIL ON SELECTED FIELDS IN SERED CADASTER

Vladimír Piš, Katarína Hrivňáková

*Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, SR
e-mail: pis@vupu.sk, hrivnakova@vupu.sk*

Abstrakt

Kontaminácia pôd v oblasti Serede je stále aktuálny problém. Príspevok poskytuje pohľad na kontamináciu pôd ťažkými kovmi v miestach ktoré boli navrhnuté na vyňatie z pôdneho fondu. V 25 vzorkách zo siedmych lokalít v blízkosti mesta Sereď boli stanovené ťažké kovy, PCB a PAU. Na sledovaných lokalitách bola zistená kontaminácia chrómom a niklom. Koncentrácia chrómu sa pohybovala v intervale 36,0 - 145mg/kg a koncentrácie niklu v intervale 28,5 – 52,1mg/kg, pričom limitné hodnoty pre chróm boli prekročené na piatich parcelách zo siedmych a koncentrácie nikli boli prekročené na jednej lokalite. Koncentrácia PCB, PAU, ako aj ďalších sledovaných ťažkých kovov neprekračovala limitné hodnoty podľa zákona 220/2004 Z.z.

Kľúčové slová: ťažké kovy, chróm, nikel, kontaminácia, limitné hodnoty , odber vzoriek

Abstract

The soil contamination is still actually on the Sereď area. This paper shows on the contamination of the soils which have been suggested to removing from land reserves. The heavy metals, PCB and PAH have been determined in 25 samples near the Sereď town. There were the contamination of chromium and nickel detected. The concentration of chromium ranged from 36,0 to 145mg/kg and the concentration of nickel ranged from 28,5 to 52,1mg/kg. The limited values of the chromium were exceeded on the five localities and the nickel on one locality. The concentration limits (according to law 220/2004) of PCB, PAH and another heavy metals were not exceeded.

Key words: heavy metals, chromium, nickel, contamination, limited values, sampling

Úvod

Problém znečistenia pôd ťažkými kovmi u nás i vo svete pretrváva i napriek tomu, že v posledných desaťročiach bol intenzívne študovaný. Posledné štúdie poukazujú na potrebu presunu kontroly cudzorodých látok na počiatok potravinového reťazca (Rehák at al., 1999).

Staré environmentálne záťaže predstavujú na Slovensku stále závažný problém. Chemický a metalurgický priemysel v minulosti prispieval významnou mierou k znečisteniu územia Slovenska. Nedokonalé technológie, prípadne výroba látok o ktorých sa až neskôr zistilo, že majú vysokú perzistenciu v prostredí a zároveň sú nebezpečné svojou toxicitou, prispievali k znehodnocovaniu prostredia na území Slovenska. Z hľadiska toxicity sú veľmi nebezpečné najmä ťažké kovy, ktoré okrem svojej toxicity sú nebezpečné tým, že sa v prostredí neodbúravajú. Ich zdrojom na Slovensku bol najmä metalurgický priemysel. Významným zdrojom znečistenia ťažkými kovmi bola Niklová huta Sered'. V rokoch 1963 – 1993 sa v podniku vyrábala nikel, kobalt a síran a uhličitan nikelnatý. V priebehu týchto rokov sa vyprodukovalo cca 5,5 milión ton lúženca, ktorý je dodnes deponovaný v blízkosti bývalej huty. V súčasnosti sa síce kopa zatrávňuje ale aj tak i dnes ako aj v minulosti sa dvíhajú mraky prachu tvoreného jemnými mikročastočkami a znečisťujú Sered' i okolité obce. V blízkosti niklovej huty bola zaznamenaná najvyššia depozícia chrómu z prašného spadujúceho $100\text{mg/m}^2/\text{rok}$ (Ursíniová at al., 1992).

Z hľadiska znečistenia je pôda najviac ohrozeným prostredím. Vo všeobecnosti sa to bohužiaľ tak nevníma, pretože znečistenie pôdy je väčšinou na prvý pohľad málo viditeľné. V pôde však končia všetky kontaminujúce látky, či už z ovzdušia alebo z vody. V pôde síce fungujú samočistiace mechanizmy pomocou ktorých dokáže mnohé kontaminanty odbúrať a zneškodniť avšak s mnohými produktmi ľudskej činnosti si pôda nedokáže resp. len veľmi ťažko poradiť.

Materiál a metódy

Celková výmera pozemkov ktoré boli ovzorkované je $2\,235\,442\text{ m}^2$. Pozemky sú lokalizované v katastre obce Sered'. Oblasť sa nachádza v severnej časti Podunajskej roviny. V tejto oblasti sú vyvinuté čiernice karbonátové až čiernice glejové na karbonátových fluvialných sedimentoch.

Každá parcela bola rozdelená tak, aby odber vzoriek zodpovedal požiadavkám zákona 220/2004 Z.z. Priemerná rozloha plochy z ktorej bola odobratá jedna priemerná vzorka bola 8,7 ha. Celkovo bolo odobratých 25 vzoriek, pričom každá vzorka reprezentovala odber z deviatich odberných miest z hĺbky 0-20cm. Hmotnosť združenej vzorky bola cca 5kg.

Odobraté vzorky pôdy boli spracované a analyzované v akreditovaných laboratóriách VÚPOP Bratislava podľa predpísaných metód (interné metodiky VÚPOP Bratislava a metódy ISO STN pre jednotlivé druhy analýz) a vyhodnotený v zmysle zákona 220/2004 Z.z.

Výsledky a diskusia

V tabuľke č. 1 sú uvedené výsledky hygienických parametrov nameraných vo vzorkách 3568 až 3592.

Tab. 1 Hygienické parametre na posúdenie hygienického stavu monitorovaných lokalít (rizikové prvky)

Parcelné číslo Označenie vzorky	Ukazovatele [mg/kg]								
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
3924/43									
3568	9,91	0,22	9,84	71,6	25,2	48,2	18,8	77,6	0,047
3569	7,84	0,19	6,88	36,0	19,7	30,7	13,3	66,1	0,055
3570	9,32	0,23	8,20	126	23,1	37,8	18,8	87,0	0,055
4058/3									
3571	7,71	0,16	6,93	44,0	16,4	28,5	13,0	49,1	0,030
3572	10,7	0,220	10,2	139	27,1	47,5	21,0	82,0	0,045
3924/7									
3573	7,59	0,070	7,67	97,3	19,3	37,6	14,1	64,4	0,039
3574	7,67	0,200	7,60	50,2	18,1	34,5	14,1	58,9	0,041
3940/1									
3575	8,00	0,150	8,22	53,4	18,9	36,4	14,3	64,2	0,047
3576	9,13	0,180	9,23	60,4	22,2	41,9	15,8	72,6	0,047
3577	8,49	0,190	8,35	53,2	19,9	37,6	14,2	62,4	0,044
4085/10									
3578	9,84	0,190	9,26	139	23,4	48,4	18,5	69,0	0,049

Parcelné číslo Označenie vzorky	Ukazovatele [mg/kg]								
	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
3579	9,90	0,240	9,80	146	25,9	48,3	20,1	78,9	0,078
3580	11,5	0,240	10,6	91,4	27,8	52,1	21,4	86,7	0,074
3992/5									
3581	9,47	0,270	8,54	68,5	22,0	42,6	18,2	67,1	0,054
3582	8,72	0,190	8,54	66,9	21,6	40,4	18,8	66,7	0,050
3583	11,6	0,200	10,6	141	25,9	49,3	22,3	79,7	0,048
3584	10,7	0,250	10,1	80,1	25,3	47,8	22,4	78,6	0,053
3585	10,4	0,240	9,18	79,7	24,9	45,3	21,4	80,1	0,058
3586	9,32	0,180	9,26	73,2	24,3	42,6	20,4	80,0	0,048
3977/1									
3587	10,9	0,230	10,2	71,1	30,3	44,5	22,2	89,9	0,065
3588	9,88	0,200	9,22	57,1	23,1	39,1	19,9	75,6	0,056
3589	8,98	0,140	9,01	54,7	22,6	38,7	19,4	73,5	0,046
3590	7,62	0,160	7,89	43,0	18,8	33,7	17,2	61,9	0,042
3591	7,26	0,120	7,57	44,4	18,3	33,4	15,9	60,3	0,043
3592	7,35	0,110	7,61	45,2	17,7	34,1	18,3	60,8	0,039

Pretože obsah PCB bol vo všetkých vzorkách pod medzou stanoviteľnosti < 0,005mg/kg a ani obsah PAU neprekračoval limitné hodnoty, pri hodnotení sme sa zamerali hlavne na ťažké kovy.

Tab. 2 Limitné hodnoty [mg/kg] Rizikové prvky: piesčito-hlinitá, hlinitá

As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
25	0,7	15	70	60	50	70	150	0,5

ílovito-hlinitá, ílovitá

As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
30	1,7	20	90	70	60	115	200	0,75

Toxikológia rizikových prvkov prekračujúcich limitné hodnoty

Chróm

Väčšina pôdneho chrómu sa nachádza v málo pohyblivej forme Cr^{3+} . V podmienkach priaznivých na oxidáciu sa mení na Cr^{6+} , ktorý je jednak v pôdach silno acidických a silno alkalických veľmi nestály a pohyblivý. Do pravých roztokov sa chróm dostáva len v aridných podmienkach s vysokým oxidačným potenciálom. Cr^{6+} sa vyskytuje vo forme roztoku HCrO_4^- a CrO_4^{2-} a reaguje za vzniku Cr^{3+} . Oba Cr^{3+} aj Cr^{6+} sa môžu absorbovať priamo pokožkou v závislosti od fyzikálneho stavu, aniónovej formy, koncentrácie a pH roztoku. Do organizmu sa dostáva konzumáciou kontaminovanej potravy, inhaláciou kontaminovaného vzduchu a v menšej miere priamym kontaktom s pokožkou a cez potné žľazy. Testy na experimentálnych zvieratách preukázali, že Cr^{6+} vykazuje vyššie toxické a mutagénne účinky než Cr^{3+} , ale obe látky sú v oxidovanej forme veľmi toxické. Zdrojom zvýšeného obsahu chrómu sú najmä hutné závody, galvanizovne a cementárne.

Chróm má na ľudský organizmus karcinogénne účinky, poškodzuje dýchacie fermenty buniek, ďalej má nefrotoxický a hepatotoxický účinok. Zlúčeniny chrómu sa do prostredia dostávajú hlavne priemyselnou činnosťou.

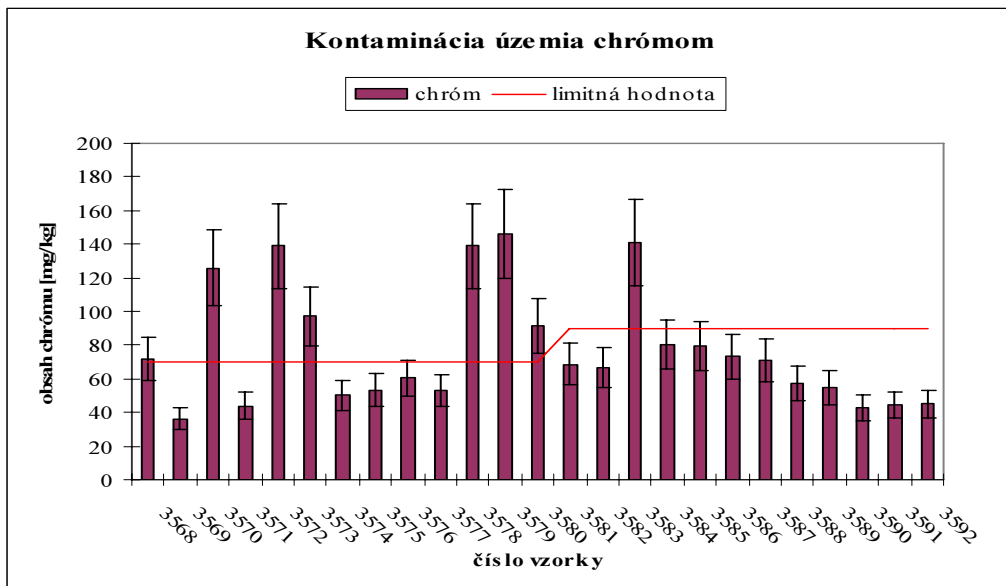
Nikel

Nikel sa vyskytuje vo všetkých pôdnych typoch, do ovzdušia sa dostáva sopečnou činnosťou alebo priemyselnou činnosťou človeka.

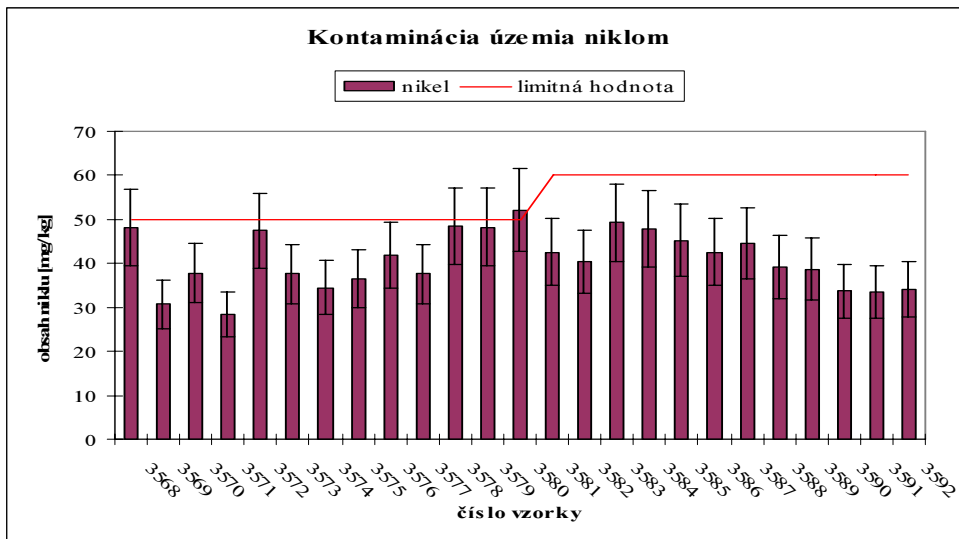
Rozdelenie v pôdnom profile je ovplyvnené množstvom a vlastnosťami ílových minerálov, humusu, oxidov Fe a Mn a ľahkou bioakumuláciou.

Najbežnejším symptómom negatívneho účinku na ľudský organizmus je výskyt alergických reakcií, tvorba vyrážok, chronická bronchitída, zníženie funkcie pľúc. Nikel môže spôsobiť poruchy žalúdka a poškodenie obličiek a krvotvorby.

Obr. 1 Kontaminácia územia chrómom



Obr. 2 Kontaminácia územia niklom



Tab. 3 Porovnanie priemerných hodnôt jednotlivých prvkov vo vzťahu k limitu

Prvok	Priemerná hodnota [mg/kg]	Percento z limitu [%]	
		PH, H*	IH, I*
As	9,19	36,7	30,6
Cd	0,191	27,1	19,1
Co	8,82	58,9	44,1
Cr	77,3	110	85,9
Cu	22,5	37,5	32,1
Ni	40,8	81,7	68,1
Pb	18,2	25,9	15,8
Zn	71,7	47,8	35,9
Hg	0,050	10,0	6,0

* PH – piesčito-hlinitá pôda
 H – hlinitá pôda
 IH – ílovitohlinitá pôda
 I – ílovitá pôda

Z porovnania výsledkov s limitmi podľa zákona 220/2004 Z.z., vyplýva, že limitné hodnoty boli prekročené na parcelách č. 3924/43, 4058/3, 3924/7, 4085/10 a 3992/5. Na všetkých uvedených parcelách bol prekročený obsah chrómu a na parcele č. 4085/10 bolo zistené aj prekročenie obsahu niklu. Pri porovnávaní celkových obsahov jednotlivých kovov v sledovaných pôdach bolo zistené, že u chrómu a niklu sú v porovnaní s ostatnými kovmi namerané podstatne vyššie obsahy (Obr.1 a 2). U týchto kovov sa okrem vzoriek prekračujúcich limitné hodnoty preukázali aj u ostatných vzoriek pomerne vysoké obsahy, ktoré sa najviac blížila k limitnej hodnote. Z tabuľky 3 vyplýva, že v priemerných hodnotách, pri chróme bolo dosiahnuté percento limitu 110% resp. 85,9% a pri nikle 81,7% resp. 68,1%, čo sú najvyššie hodnoty zo všetkých meraných prvkov. Na základe týchto výsledkov možné celkové územie považovať za kontaminované.

V podmienkach čiernic karbonátových až čiernic glejových na karbonátových nivných sedimentoch (pH_{KCl} 7,30 - 7,43) je mobilita kovov znížená, takže prienik do

potravného reťazca prostredníctvom rastlín je málo pravdepodobný, čo však zároveň obmedzuje aj možnosť dekontaminácie pôdy metódou fytoremediácie. Najväčší problém spočíva v kontaminácii okolia sledovanej lokality prostredníctvom fyzikálnych faktorov ako vodná a veterná erózia. Uvedená lokalita je citlivá najmä z hľadiska veternej erózie pôdy. Kontaminované častice pôdy sa takto môžu dostávať i do obývaných oblastí a inhaláciou pôdneho aerosólu môže dochádzať k priamemu ohrozeniu zdravia ľudí i zvierat.

Záver

V 25 vzorkách zo siedmich lokalít v blízkosti mesta Sereď boli stanovené ťažké kovy, PCB a PAU. Z výsledkov vyplynulo, že na sledovaných lokalitách bola zistená kontaminácia chrómom a niklom. Koncentrácia chrómu sa pohybovala v intervale 36,0 - 145 mg/kg a koncentrácie niklu v intervale 28,5 – 52,1 mg/kg, pričom limitné hodnoty pre chróm boli prekročené na piatich parcelách zo siedmich a koncentrácie niklu boli prekročené na jednej lokalite. Koncentrácia PCB, PAU, ako aj ďalších sledovaných ťažkých kovov neprekračovala limitné hodnoty podľa zákona 220/2004 Z.z.

Hygienický rozbor pôdy z hľadiska obsahu ťažkých kovov na pozemku v katastrálnom území obce Sereď ukázal, že časti parciel č. 4058/3, 3992/5, 3924/43, 3924/7 a celá parcela č. 4085/10 je kontaminovaná chrómom a niklom. Z hľadiska difúznej a lokálnej kontaminácie je možné dané územie považovať za kontaminované.

Záverom je potrebné konštatovať, že pri výbere lokalít určených na vyňatie z poľnohospodárskeho pôdneho fondu by sa mala zohľadňovať hygienická kvalita pôdy a na stavebné účely by sa mali prednostne zberať len pôdy ktoré sú viac menej kontaminované a nie kvalitné zdravé hygienicky nezávadné pôdy.

Literatúra

- REHÁK, Š., at al., 1999: Podmienky distribúcie ťažkých kovov v zóne aerácie pôd. Záverečná správa. VÚZH, Bratislava, p.11-15.
- URSÍNIOVÁ at al., 1992: Sledovanie prášneho spádu a jeho zložiek vo vonkajšom prostredí na Slovensku. Acta Hygienica et epidemiologica et Microbiologica. Praha, p 1-8.
- MP SR. Zákon č. 220/2004 Z.z. O ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Príloha 2, Bratislava: 2004.

VÝVOJ ŠTRUKTÚRY POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY V JEDNOTLIVÝCH OBCIACH OKRESU NITRA

DEVELOPMENT OF STRUCTURE OF AGRICULTURAL SOIL IN VILLAGES OF NITRA DISTRICT

Zuzana Rampašeková

*Katedra geografie a regionálneho rozvoja FPV UKF, Nitra,
e-mail: zrampasekova@ukf.sk*

Abstrakt

Príspevok sa venuje hodnoteniu pôdných pomerov t.j. pôdných typov a pôdných druhov v okrese Nitra. Jadro práce je zamerané na štúdium vývoja dynamiky zmien využitia poľnohospodárskej pôdy a hodnotením vplyvu človeka na pôdu v obciach okresu Nitra v rokoch 1996 až 2006.

Kľúčové slová: pôda, typ, druh, vývoj, štruktúra

Abstract

This article is devoted to evaluation of soil's approach rather soil's types and kinds in Nitra district. The core of the work is oriented to the study of development and dynamics of changes of using agricultural land and evaluation of human impact to the land in the villages of Nitra district between 1996 and 2006.

Key words: soil, types, kinds, development, structure

Úvod

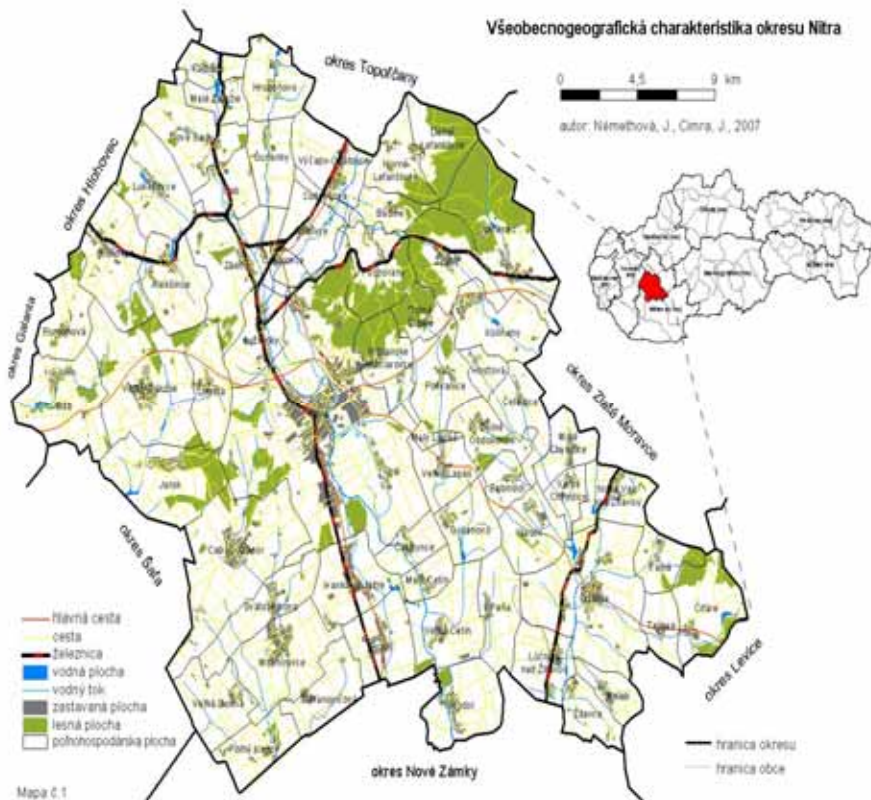
Skúmaný okres Nitra (mapa 1) je typickým poľnohospodárskym regiónom Slovenska, ktorý patrí do Nitrianskeho kraja. Administratívne ho tvorí 62 obcí. Pôdne faktory majú základný význam pre poľnohospodársku výrobu. Pôdne pomery, ktoré sú charakterizované pôdnymi druhmi a pôdnymi typmi sa menia v závislosti od vlastností materskej horniny, mikroklímy, reliéfových a hydrologických podmienok, vegetácie, fauny a činnosti človeka.

Z hľadiska pôdných druhov sú pre poľnohospodárstvo vhodné hlinité a piesočnatohlinité pôdy, ktoré zaberajú približne 85 % výmery okresu. Ílovitohlinité, resp. ílovité pôdy sú lokalizované pozdĺž nív riek Nitry a Žitavy.

Z hľadiska pôdných typov sú v okrese plošne najzastúpenejšie poľnohospodárske pôdy hnedozeme a černozeme. Nivy riečnych tokov Nitry a Žitavy sú pokryté plošne menej zastúpenými fluvizemami a čiernicami.

Pre rozvoj poľnohospodárskej výroby má význam vývoj štruktúry využitia poľnohospodárskej pôdy. Na základe tohoto vývoja možno charakterizovať antropizáciu poľnohospodárskych pôd okresu.

Mapa 1 Všeobecnogeografická mapa okresu Nitra



Materiály a metódy

Problematika poľnohospodárstva a využitie poľnohospodárskej pôdy na rôznych regionálnych úrovniach je predmetom záujmu viacerých geografov. Významnými prácami tohto charakteru sú práce napr. P. Spišiaka (1999, 2004), P. Spišiaka, G. Lelkeša (2003), V. Drgoňu, A. Dubcovej, H. Kramárekovej (1998), J. Némethovej (2002,2004), ale podobnú problematiku riešia tiež autori D. Oremusová (2002), M. Hasprová (2003), P. Bacsó (2006), L. Šolcová (2006), M. Hasprová, H. Kramáreková a D. Oremusová (2007). Podklady pre vypracovanie príspevku boli získané na KS ŠÚ v Nitre a vo Výskumnom ústave pôdoznavectva a ochrany pôdy v Bratislave. Mapy boli spracované v programe GIS (Cimra, J., 2006).

Vývoj štruktúry poľnohospodárskej pôdy v jednotlivých obciach okresu

Vývoj štruktúry poľnohospodárskej pôdy je v našom prípade porovnaním plošných výmer pomocou odchylky plôch jednotlivých foriem poľnohospodárskej pôdy obcí okresu Nitra v roku 1996 a 2006. Tento vývoj dokumentuje tabuľka 1.

Tab. 1 Vývoj štruktúry poľnohospodárskej pôdy v jednotlivých obciach okresu

Názov územia	Odchylka poľnohospodárskej pôdy v m ²						
	spolu	v tom					
		orná pôda	chmelnica	vinica	záhrada	ovocný sad	trvalý
Mojmírovce	-11 702 054	-11 515 802		95 961	-196 879	-81 692	
Nové Sady	-7 026 566	-6 335 504		0	-234 936	-9 436	
Horné Lefantovce	-4 136 223	-4 200 982		-1 641	-206 532	197 900	
Nitra	4 050 000	4 040 000		0	10 000	0 000	

pokračovanie Tab. 1

Babindol	-125	-40 231	-	40 265	3 680	-
Lehota	-20 337	-26 830	-	-10 100	15 689	39
Čifáre	-19 976	-26 636	-	-292	-7 331	-
Alekšince	-11 144	-21 957	-	76	6 607	2 219
Svätoplukovo	-22 456	-21 214	-	-2 073	831	-
Telince	-8 304	-20 388	-	1 210	1 752	262
Veľký Cetín	-11 419	-18 921	-	72	10 165	-
Rišňovce	-26 746	-16 598	-	-1 757	-10 126	1 735
Poľný Kesov	-21 948	-16 518	-	-1 253	-3 310	-
Štefanovičová	-14 458	-13 742	-	-247	-61	-

pokračovanie Tab. 1

Ľudovítová	8 441	4 583	-	-	3 858	-	
Nitrianske Hrnčiarovce	-7 646	13 317	-	-28 483	34 760	-9 055	
Žirany	-10 043	14 193	-	1 311	-22 500	-	
Báb	43 841	19 706	-	3 900	5 611	10 235	
Malý Lapáš	2 898	20 394	-	-107	7 098	-5 782	
Hruboňovo	-3 198	28 791	-	-	2 849	-	
Dolné Obdokovce	-41 979	37 293	-	670	1 822	-40 022	
Výčapy - Opatovce	-1 471	41 277	-	883	738	-47 134	
Lukáčovce	60 903	57 107	-	181	3 806	-	

Na základe tabuľky 1, v okrese Nitra ubudlo -30 881 900 m² poľnohospodárskej pôdy (4,5%). Najväčší plošný úbytok poľnohospodárskej pôdy zaznamenávame v obci Mojmírovce - 11 702 054 m² (65,9%), ďalej v Horných Lefantovciach -4 136 223 m² (52,5%), v Nových Sadoch -7 026 566 m² (46,1%), v Podhoranoch -3 006 259 m² (36,2 %), v Nitre -4 958 203 m² (-8,3%). V ostatných obciach sú úbytky nepatrné. Najväčší prírastok poľnohospodárskej pôdy bol zaznamenaný v obci Pohranice 635 822 m² (6,6%).

Z hľadiska štruktúry poľnohospodárskej pôdy u všetkých foriem využitia poľnohospodárskej pôdy zaznamenávame úbytok.

- Najväčší celkový úbytok evidujeme u plošne najrozšírenejšej **ornej pôdy** - 28 109 760 m² (4,6 %). Maximálny úbytok bol zaznamenaný v obci Mojmírovce - 11 515 802 m² (-77,7%). Ten vznikol hneď na začiatku sledovaného obdobia t.j. na prelome rokov 1996/97. Väčšie zmeny v ďalších rokoch nenastali. Druhý v poradí najväčší úbytok vznikol v Horných Lefantovciach -4 200 982 m² (-64,2%), ďalej v Nových Sadoch - 6 335 504 m² (-43 %), v Podhoranoch -2 086 618 m² (-30,7%), Host'ovej - 692 038 m² (-21,9%) a v Nitre -4 042 048 m² (-8%). Ostatné úbytky sú nepatrné. Maximálny prírastok ornej pôdy zaznamenávame v obci Žitavce 685 457 m² (10,8%), ďalej v obci Pohranice 753 653 m² (9,9%), Lúčnica nad Žitavou 666 460 m² (7,2%), a v obci Šurianky 228 601 m² (-2,4%).
- Druhý najväčší úbytok poľnohospodárskej pôdy zaznamenávame u **trvale trávnych porastov** (TTP) -1 702 061 m² (10,1 %). Zo 62 obcí evidujeme 38 obcí s úbytkom TTP, v 4 obciach plochy neboli zaznamenané zmeny plôch a v 18 obciach zaznamenávame prírastok plôch. V prípade 2 obcí sa TTP nevyskytujú. Maximálny úbytok, ktorý presahuje 90 %, zaznamenávame v obci Šurianky -225 054 m² (-98,7 %), Nové Sady -446 690 m² (-96,2 %) a Kapince -159 927 m² (-96,9 %). Úbytok plôch pod 50% zaznamenávame v obci Lúčnica nad Žitavou -663 326 m² (-49,1 %), Žitavce -619 215 (-45,6%) , Podhorany -619 362 m² (-35,2 %) atď. Pozorovaním zmien plôch trvale trávnych porastov sme zaznamenali veľmi vysoké prírastky, ktoré prevýšili aj 100%. Maximálny prírastok evidujeme v obci Melek 409 087 m² (780 %), Čechynce 89 989 m² (268 %), Host'ová 665 252 m² (197 %), Veľký Lapáš 215 544 m² (64 %) a ďalšie.
- Tretí v poradí najväčší úbytok zaznamenávame u **záhrad** -963 498 m² (-3,6 %). V prípade 24 obcí bol zaznamenaný úbytok, v prípade 38 obcí prírastok plôch. Maximálny úbytok plôch zaznamenávame v obci Horné Lefantovce -206 532 m² (-62,2 %), Podhorany -161 555 m² (-54 %) a v Nových Sadoch -234 936 m² (-49,9 %). Prírastok z hľadiska relatívnych hodnôt bol omnoho menší a zaznamenávame ho v obciach Cabaj - Čápor 161 402 m² (-12,8 %), Lehota 15 689 m² (5,4 %), Lužianky 18 004 m² (3,9 %) a ďalšie.
- Ďalšou formou poľnohospodárskej pôdy, u ktorej zaznamenávame úbytok sú **vinice** -514 686 m² (2,3 %). V prípade 29 obcí sme zaznamenali úbytok plôch viníc, v 3 obciach sa výmera plôch viníc nezmenila a v 30 obciach zaznamenávame prírastok plôch viníc. Maximálny úbytok zaznamenávame v obci Horné Lefantovce -19641 m² (-60,7 %), Podhorany -72 939 m² (-45,5 %), Zbehy -2 019 m² (-16 %) atď. Prírastok plôch je omnoho väčší. Maximálny prírastok, ktorý bol zaevidovaný v Malom Cetíne je 106 369 m² , čo je až 7221 % z pôvodnej

plochy viníc. Ďalšie prírastky už neboli také extrémne zaznamenali sme ich v obci Babindol 40 265 m² (29,4 %), Malé Chyndice 84 m² (21,6 %) a v ďalších.

- Predposlednou formou poľnohospodárskej pôdy, ktorá opäť zaznamenala úbytok plochy v rámci obcí okresu Nitra sú **ovocné sady** -18 349 m² (-0,4 %). V 17 prípadoch obcí sme zaznamenali úbytok, v 11 obciach nenastali vo výmere žiadne zmeny, v 10 obciach nastali prírastky plôch a v 24 obciach ovocné sady nie sú zastúpené. Maximálny úbytok sme zaznamenali v 5 obciach, kde ovocné sady úplne zanikli. Ide konkrétne o obce Podhorany, Žitavce, Melek, Nové Sady a Malý Lapáš. Vysoký prírastok, ktorý presiahol 100% zaznamenávame v 2 prípadoch v obci Horné Lefantovce 197 900 m² (476 %) a v obci Nová Ves nad Žitavou 73 828 m² (127 %). V ostatných obciach boli prírastky menšie.
- Poslednou formou poľnohospodárskej pôdy sú **chmelnice**, ktoré sa v roku 1996 vyskytovali vo veľmi malej výmere v obci Jarok 43 m². v roku 2006 neboli chmelnice zaevidované v žiadnej obci okresu Nitra.

Záver

Skúmaný okres Nitra je svojou plošnou výmerou poľnohospodárskej pôdy 682 486 240 m² (2006) typickým poľnohospodárskym regiónom Slovenska, ktorý patrí do Nitrianskeho kraja. Tento charakter si zachováva napriek tomu, že k roku 2006 celkovo zaznamenávame úbytok poľnohospodárskej pôdy o -30 881 900 m² čo je -4,5% v porovnaní s rokom 1996. Vo všetkých prípadoch jednotlivých foriem poľnohospodárskej pôdy zaznamenávame úbytok. Najväčší celkový úbytok evidujeme u plošne najrozšírenejšej ornej pôdy -28 109 760 m² (-4,6 %). Ďalšími v poradí sú trvale trávne porasty (TTP) -1 702 061 m² (-10,1 %), záhrady -963 498 m² (-3,6 %), vinice -514 686 m² (2,3 %) a ovocné sady -18 349 m² (-0,4 %). Chmelnice sa v roku 1996 vyskytovali, ale do roku 2006 boli úplne odstránené.

Najvýraznejšie úbytky poľnohospodárskej pôdy, resp. ornej pôdy v sledovanom území sú pravdepodobne v dôsledku výstavby bytov, infraštruktúry, priemyselných plôch a pod.

Literatúra

- BACSO, P., 2006: Analýza poľnohospodárskeho pôdneho fondu obcí okresu Nové Zámky (s dôrazom na obvod Štúrovo). In Geografia v meniacom sa svete: zborník abstraktov. Banská Bystrica : FPV UMB, 2006, s. 58. ISBN 80-969541-7-2.
- CIMRA, J., 2006: Metodický postup tvorby environmentálneho GIS-u na príklade povodia rieky Nitra. In Zborník zo VII. vedeckej konferencie doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov. Nitra: FPV UKF, 2006, s. 312-319. ISBN 80-8050-960-3.
- DRGOŇA, V., DUBCOVÁ, A., KRAMÁREKOVÁ, H., 1998: Poľnohospodárska krajina Slovenska - problémy jej regionálneho rozvoja. In: Geografické štúdie 5. Nitra : FPV UKF, 1998, s. 35-54. ISBN 80-8050-204-8.
- HASPROVÁ, M., 2003: Vznik a vývoj mikroregionálnych prác. In Geografie XIV. Brno : PdF MU, 2003, s. 61-65. ISBN 80-210-3208-1.

- HASPROVÁ, M., KRAMÁREKOVÁ, H., OREMUSOVÁ, D., 2007: Vybrané kapitoly z aplikovanej geografie. Nitra : CCV PF UKF, 2007. 43 s. ISBN 978-80-8094-219.
- NÉMETHOVÁ, J., 2002: Vývoj poľnohospodárskej výroby v okrese Nitra v rokoch 1997-2000. In: Geographia Slovaca 18. Luknišov zborník 3. 2002, č. 18, s. 119-125. ISSN 1210-3519.
- SPIŠIAK, P., 1999: Agrostructures of Bratislava. In: AFRNUC, Geographica Supplementum No 2/II. Bratislava : PriF UK, 1999, s. 163-171.
- SPIŠIAK, P., 2004: Poľnohospodárske výrobné oblasti a poľnohospodárske prírodné oblasti Slovenska. In: AFRNUC, Geographica Nr. 45. Bratislava : PriF, UK, 2004, s. 39-54.
- SPIŠIAK, P., LELKÉS, G., 2003: Vybrané problémy agroštruktúr vo vysokoprodukčnej poľnohospodárskej oblasti Slovenska - Dolnonitriansky region. In: Geografie XIV - Geografické aspekty stredoevropského priestoru. Brno : PdF MU, 2003, s. 122-127. ISBN 80-210-3208-1.
- ŠOLCOVÁ, L., 2006: Teoreticko-metodologické prístupy k štúdiu vývoja krajiny - južnej časti Vtáčnika a severnej časti Tribeča. In: GEO Information, č 3, 2006, s. 64-70. ISSN1336-7234.
- OREMUSOVÁ, D., 2002: Geografický prístup v plánovaní regionálneho rozvoja okresu Nové Zámky. In Geographia Slovaca 18, 2002, s. 183-187. ISSN 1210-3519.
- NÉMETHOVÁ, J., 2004: Degradácia pôd v okrese Nitra s dôrazom na ich poľnohospodárske využitie. In Zborník z V. vedeckej konferencie doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov. Nitra: FPV UKF, 2004, s. 262-265. ISBN 80-8050-670-1.

FOSFOR V PŮDNÍM PROSTŘEDÍ, JEHO TRANSPORT A METODY STANOVENÍ

PHOSPHORUS IN SOIL ENVIRONMENT, ITS TRANSPORT AND PROCEDURES

Jan Richtr

*Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta,
Katedra biologie ekosystémů, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice,
Česká republika,
e-mail: richtj01@prf.jcu.cz*

Abstrakt

Nebodové zdroje fosforu z půd mohou významně přispívat k eutrofizaci povrchových vod. Odnos této živiny je variabilní a závisí na mnoha faktorech. Mezi hlavní patří především sorpční vlastnosti půdy, hydrologie území, množství a intenzita srážek a také způsob obhospodařování. Existuje velké množství metod, ale mezi nejuniverzálnější patří především metoda Mehlich 3 a Oxalátová metoda. Pomocí nich můžeme stanovit i stupeň nasycení půdy fosforem. Spojením těchto metod a informací o hydrologii a hospodaření na daných půdách je možné s využitím P indexu relativně snadno identifikovat kritická místa v zemědělských povodích. Pro studium transportních cest P by mělo být nezbytné získat informace o hlavních anorganických a organických formách P, ale i o jejich vazebných složkách v půdě.

Klíčová slova: eutrofizace, transport fosforu, P index, metody stanovení

ABSTRACT

Nonpoint sources of phosphorus from soils may significantly contribute to eutrophication of surface waters. Loss of this nutrient via transport paths from soils to waters is variable and depends on many factors. The main ones are sorption properties of soil, site hydrology, agricultural management, precipitation amount and its intensity. Many methods for estimation of P losses can be used but Mehlich 3 and Oxalate Method seem to be the most suitable ones for most types of soils. These methods allow us to determine the degree of phosphorus saturation of soil as well. We can use these methods and information about hydrology and management in connection with a P index for identification of critical sites in an agricultural catchment. For study of transportation paths, it should also be necessary to acquire the information about main anorganic and organic P forms and their bounding compounds in soil.

Key words: eutrofization, transport of phosphorus, P index, procedures

Úvod

Obohacování povrchových vod o biologicky dostupné sloučeniny fosforu (P) může vést k negativním jevům a v konečném důsledku až k omezení využívání vod pro rybolov, rekreaci, průmysl a jako zdroje pitné vody (Anderson et al. 2002, Sharpley et

al. 2003). Nebodové zdroje P jsou spojeny především s povrchovým odtokem a erozí při srážkových událostech (Sharpley et al. 1994). Tento P může pocházet z hnojiv a akumulovat se tak v zemědělských půdách (Bennett et al. 2001). Jedná se o zdroje živin, které jsou rozprostřeny v prostoru a čase. Jejich identifikace a kontrola tedy není jednoduchá (Carpenter et al. 1998). Bernot et al. (2006) uvádějí, že větší přísun živin ze zemědělských povodí může zvýšit biologický metabolismus v daných povrchových tocích, a tím ovlivňovat retenci a uvolňování živin ve vodních ekosystémech. Pro redukci těchto nebodových zdrojů P a zároveň udržení produkce potravin je potřeba především vyrovnat vstupy a výstupy P do zemědělských půd a redukovat nežádoucí transport P do vod (Sharpley et al. 2003). Toho lze dosáhnout vhodným zemědělským obhospodařováním, které bude obsahovat opatření proti těmto negativním následkům (Sharpley et al. 2001). Důležitým nástrojem pro podporu vhodného zemědělského obhospodařování může být tzv. Místní P index pro odhad rizika ztrát P ze zemědělských půd do povrchových vod (Buczko et al. 2007).

Role fosforu v prostředí a s nimi spojená rizika eutrofizace jsou již dobře známa (např. Bennett et al. 2001, Anderson et al. 2002), stejně tak jako i rizika spojená s používáním fosforečnanových hnojiv v zemědělství (např. Carpenter et al. 1998, Sharpley et al. 2003). Mechanismům uvolňování a chování fosforu v obhospodařovaných půdách je věnován zvýšený zájem (např. Motavalli et al. 2000). Pro efektivní redukování odnosu P z půd do vod a jeho příspěvku k eutrofizaci, je však nepostradatelný monitoring transportu P mezi jednotlivými složkami prostředí a pochopení (identifikace) různých vlivů působících na tento transport. Chováním P a vlivy na jeho transport v povodích se zabývají například McDowell et al. (2001), Vadas et al. (2005) a Gelbrecht et al. (2005). Využití těchto poznatků v praxi v podobě P indexu prezentují například Heathwaite et al. (2003) nebo Buczko et al. (2007).

Tato práce se formou literárního přehledu zabývá problematikou chování a transportu fosforu v půdách a rozebírá analytické metody, které k této problematice náleží. Cílem tohoto literárního přehledu je navrhnout vhodný postup pro sledování transportu P z půdního prostředí.

Fosfor v půdním prostředí

V půdách se fosforečnany vyskytují v mnoha sloučeninách podle toho, z jakého zdroje a jakým způsobem se do půdy dostávají a v jaké fázi půdního cyklu fosforu se nachází (Sharpley 1995). Mezi nejvýznamnější anorganické sloučeniny P v kyselých a mírně kyselých půdách patří fosforečnany s Fe, Al a u neutrálních a zásaditých půd fosforečnany s Ca. Organicky vázaný P v povrchových vrstvách půdy se nejčastěji pohybuje v rozmezí 20% až 80% z celkového P (Brady et al. 2002). Z organických sloučenin P v půdě je nejvíce zastoupena kyselina fytová, která může tvořit 10 až 50% celkového organického P, zatímco fosfolipidy a nukleové kyseliny přibližně jen 1% až 2% (Brady et al. 2002). Nicméně Turner et al. (2007) ve své studii zjistili, že zastoupení DNA a pyrofosforečnanu v půdě bylo zhruba stejné jako zastoupení kyseliny fytové. Podíl různých organických sloučenin P se však během pedogeneze dramaticky mění (Turner et al. 2007) a informace o organických formách P v půdách jsou zatím omezené (Reitzel et al. 2007).

Fosfor v půdě podléhá různým procesům a přeměnám (Sharpley 1995). Z těchto dějů převažuje především proces sorpce a desorpce fosforečnanů, dále také mineralizace organicky vázaného P nebo jeho imobilizace půdní biomasou (Brady et al. 2002). Rozpuštěný orthofosforečnan je velmi reaktivní a ochotně reaguje se širokou škálou

různých sloučenin a povrchů (Froehlich 1988). Schopnost půdních částic vázat P z roztoku je možné charakterizovat tzv. fosforečnanovou sorpční kapacitou (Maguire et al. 2002). Sorpční kapacita může být chápána jako celkový počet míst na půdních částicích, které se mohou vázat s P. Tato vazebná místa jsou reprezentována především nerozpustnými oxidy Al, Fe (Brady et Weil 2002). Sorpční proces je součástí tzv. fosforečnanového pufracího mechanismu, který umožňuje částicím vyrovnávat změny koncentrace P v roztoku (Froehlich 1988).

Transportní cesty fosforu z půd

Transport fosforu z půd do dalších ekosystému je řízen mnoha procesy (House 2003) a je kontrolován souborem faktorů, které mezi sebou interagují v prostoru a čase. Transportní mechanismy P jsou vázány především na vodní prostředí. Odnos fosforu v rozpuštěných, koloidních a partikulovaných formách závisí především na jeho obsahu v půdě, půdním typu, morfologii terénu a jeho hydrologii (McDowell et Sharpley 2001b). Jednotlivé přesuny P především v rámci zemědělských povodí můžeme rozdělit následovně:

(1) Přírozený vstup P z atmosféry. Ten může činit 0,05-0,5 kg P.ha⁻¹.rok⁻¹ (Brady et Weil 2002), a to především v podobě suché depozice. Na dvou lokalitách v ČR byla zjištěna průměrná atmosférická depozice 0,15 a 0,24 kg P.ha⁻¹.rok⁻¹ (Kopáček et al. 1997).

(2) Vstup P ve formě anorganických a organických hnojiv je velmi variabilní. V ČR byla v r. 2004 průměrná spotřeba fosforečnanových hnojiv 6 kg P.ha⁻¹ (Klement 2005b). Fosfor se běžně aplikuje ve formě minerálních hnojiv nebo organických produktů. Množství a typ aplikovaných hnojiv prokazatelně ovlivňuje zastoupení anorganických i organických forem P v půdě (McDowell et Sharpley 2001a), ale vliv organických hnojiv na obsah a chemii P není zatím plně objasněn (Griffin et al. 2003). Motavalli et Miles (2002) porovnávali dlouhodobý vliv anorganických a organických hnojiv na obsah P v půdě s půdou kontrolní a zjistili, že zatímco anorganická hnojiva významně neovlivnila obsah P v půdě, organická hnojiva významně zvýšila obsah všech půdních frakcí P. Některé organické formy P mohou také redukovat sorpční kapacitu půdy, protože zde může docházet ke kompetici o sorpční místa na půdních částicích. Například kyselina fytová má daleko větší afinitu k půdním částicím nežli orthofosforečnan (Berg et Joern 2006). Heathwaite et al. (1997) zjistili, že přidaná anorganická i organická hnojiva mohou být přímým zdrojem P pro jeho transport z půdy, zvláště při přívalových srážkách, které nastanou nedlouho po aplikaci hnojiv.

(3) Výstup P ve sklizené úrodě. Množství takto přemístěného P se pohybuje v rozmezí 5-50 kg.ha⁻¹.rok⁻¹ a závisí na daném druhu plodiny (Brady et Weil 2002).

(4) Odnos partikulovaného P erozí. Eroze je obecně považována za hlavní cestu ztrát P z většiny zemědělských ploch (Stevenson 1986). Brady et Weil (2002) uvádí velikost tohoto transportu mezi 0,1 až 10 kg P.ha⁻¹.rok⁻¹. Ztráty P erozí jsou ovlivněny sklonem povrchu, rozsahem používání hnojiv, zemědělským obhospodařováním, typem půdy a množstvím i intenzitou srážek (Brady et Weil 2002). Důležitou vlastností erozních procesů z pohledu transportu fosforu je tzv. "selektivní eroze". Při selektivní erozi jsou vyplavovány přednostně menší půdní částice, které obsahují více přístupného P než původní půda (Maguire et al. 2002). Výsledky práce Maguire et al. (2002) ukazují, že tyto nejmenší půdní částice mají velkou fosforečnanovou pufrací kapacitu,

a tak mohou kontrolovat koncentraci rozpuštěného P při svém transportu dále v povodí.

(5) Odnos rozpuštěného P v povrchovém odtoku může tvořit asi $0,01-3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Brady et Weil 2002). Koncentrace tohoto rozpuštěného P je především závislá na obsahu slabě vázaného P v půdě (McDowell et Sharpley 2001b). Hlavním činitelem, který způsobuje přenos rozpuštěného P po povrchu jsou intenzivní srážkové události a přenos tohoto P je dále zvýšen, pokud tyto události následují po aplikaci hnojiv (Owens et Shipitalo 2006).

(6) Odnos P podpovrchovým odtokem se může pohybovat okolo $0,1-1,2 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ (Stevenson 1986). V zemědělských povodích podpovrchový odtok ovlivňují především odvodňovací systémy a způsob hospodaření (McDowell et al. 2001). Koncentrace P v podpovrchovém odtoku klesá s narůstáním počtu interakcí voda-půda, a to hlavně kvůli sorpčním reakcím (McDowell et al. 2001). Tento typ transportu za jistých podmínek může tvořit významnou část ztrát P (McDowell et al. 2001). Například Gelbrecht et al. (2005) prokázali, že podpovrchový odtok může být hlavním zdrojem ztrát P u uměle odvodněných orných půd s vysokým obsahem P. Naopak Owens a Shipitalo (2006) ve své studii ukázali, že odnos P podpovrchovým odtokem z pastvin s vyváženým obsahem P je malý a koncentrace P jsou pod hodnotou obvykle způsobující eutrofizaci v povrchových vodách. Haygarth et al. (1998) ve své studii transportu P různými cestami zjistili, že přenos P z odvodněných pastvin byl menší než z neodvodněných, což právě odráží větší potenciál sorpce P při vertikálním pohybu vody do drenáží. Heathwaite et al. (1997) zjistili, že export celkového P odtokem z trvalých travních porostů se může pohybovat okolo $2-3 \text{ kg P} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a při umělém odvodnění se toto množství sníží zhruba o 30%.

Analytické metody stanovení fosforu v půdách

Pro zjišťování stavu P v prostředí, jeho dostupnosti pro rostliny a náchylnosti k transportu z půdy do povrchových vod bylo vyvinuto velké množství nejrůznějších metod a analytických postupů (viz tab.1). Mezi nejrozšířenější metody stanovení orthofosforečnanu (PO_4^{3-}) se využívá kolorimetrie. K dalším typům stanovení orthofosforečnanu patří např. iontová chromatografie (McDowell et Sharpley 2001a), hmotnostní spektrometrie s indukčně vázaným plazmatem (ICP-MS) a v současnosti (např. Turner et al. 2007, Reitzel et al. 2007) se také více uplatňuje metoda jaderné magnetické rezonanční spektroskopie (NMR), která analyzuje zastoupení P v různých typech vazeb v anorganických (např. orthofosforečnan, pyrofosforečnan a polyfosforečnany) i organických sloučeninách (např. mono- a diestery či fosfonáty) (Ahlgren et al. 2006). Většina analýz P v půdách obsahuje dvě hlavní procedurální části: (i) Převedení daných forem P na rozpuštěný orthofosforečnan pomocí různých extrakčních směsí a (ii) stanovení tohoto orthofosforečnanu. Komplexnějším typem chemických analýz P v půdách a sedimentech jsou tzv. frakcionační metody. Ty jsou založeny na extrakci chemicky determinovaných forem P určitým extrakčním činidlem nebo jejich směsí podle daného frakcionačního schématu (Stevenson 1986). Příkladem může být frakcionační schéma v tab.2. Frakcionace organicky vázaného P není tolik rozpracována jako frakcionace anorganického P (Golterman 2001).

Tab.1 Přehled nejčastěji používaných metod pro půdní P

typ metody	název metody	činnidla	pH	princip extrakce	výhody/nevýhody
environmentální	extrakce P vodou nebo CaCl ₂	H ₂ O, CaCl ₂	přírozené	převedení snadno rozpust. P do roztoku	extrakce při přirozeném pH, simulace půdního roztoku
	extrakce P iontoměničiči a oxidy Fe	žádná	přírozené	adsorpce P do sorbentů	simulace přirozeného odběru anorg. P biomasou
	Oxalátová metoda	(COONH ₄) ₂ .H ₂ O, (COOH ₂).2H ₂ O	3	rozpuštění P vázaného na amorfní oxidy Al a Fe	vypočítání stupně saturace půdy fosforem
agronomické	Bray a Kurz P-1	HCl, NH ₄ F	2,6	uvolnění P z Al, Fe a Ca tvorbou komplexu P-F	používaný v USA, nežádoucí tvorba CaF ₂
	Mehlich 3	CH ₃ COOH, NH ₄ , NO ₃ , NH ₄ F, HNO ₃ , EDTA	2,5	uvolnění P tvorbou komplexů a rozpuštěním vazebných kovů	agronomická metoda v USA i ČR pro stanovení mnoha prvků
	Olsenův P test	NaHCO ₃	8,5	rozpouští [Ca ₃ (PO ₄) ₂] pomocí srážení Ca ²⁺ s CO ₃ ²⁻	malá extrakční schopnost, vhodný pro vápenaté půdy

Tab.2 Sekvenční frakcionace podle Psennera a Pucska (1988) (převzato od Borovec et Hejzlar 2001)

Extrakční krok (čas a teplota extrakce)	Frakce	Extrahovatelné formy P, Al a Fe
1.	Destilovaná voda zbavená kyslíku 2x (10 min, 25°C)	RP rozpuštěný a slabě vázaný anorganický P, Al a Fe
		NRP rozpuštěný a slabě vázaný organický P
2.	0,1M Na ₂ S ₂ O ₄ + 0,1 M NaHCO ₃ (30 min, 40 °C)	RP P vázaný na hydratované oxidy Fe (Mn)
		NRP P vázaný na organickou hmotu sorbovanou na Fe hydroxidy
3.	1M NaOH (16 h, 25 °C)	RP P vázaný na hydratované oxidy Al a některé Fe
		NRP P vázaný v precipitátech huminových sloučenin s kovy a P v mikroorganismech a detritu
4.	0,5M HCl (24 h, 25 °C)	RP P vázaný na uhličitany a v apatitech
		NRP kysele labilní organický P
5.	1M NaOH (24 h, 85 °C)	RP nedostupný a jiný organický P a reziduální Al a Fe

Využití metod stanovení fosforu k odhadu jeho transportu z půd

Přenos P z půdy dále do povrchových vod je ovlivněn např. dobou trvání desorpce, extrakčním poměrem půda:voda, ale je především kontrolován (i) celkovým množstvím desorbovatelného P, (ii) rychlostí desorpce P z různých adsorpčních míst a (iii) kinetikou rozpouštění fosforečnanů s Al, Fe nebo Ca (Horta et Torrent 2007). Pote et al. (1996) zjistili, že koncentrace rozpuštěného P v povrchovém odtoku je lineárně závislá na hodnotách P podle standardně používaných metod. McDowell a Sharpley (2001b) ale ukazují, že při vyšších koncentracích fosforu je lineární závislost strmější, což je dáno nasycením vazebných míst pro P nad určitou prahovou hodnotou koncentrace půdního P. Tato zjištění byla dále využita pro stanovení prahových hodnot půdního P pro běžné agronomické testy (McDowell et Sharpley 2001b). Z porovnání metod pro odhad odnosu rozpuštěného P nejlépe vyšla oxalátová metoda pro zjišťování fosforečnanové sorpční saturace, která nejuniverzálněji poskytovala odhad rozpuštěného P v povrchovém odtoku (Vadas et al. 2005). Griffin et al. (2003) využili pro stanovení sorpční saturace půdy fosforem také metody Mehlich 3. Stanovení prahových koncentrací půdního P a jeho náchylnosti k odnosu pomocí těchto půdních testů nabízí dobrou identifikaci ohrožených půd, avšak Maguire et Sims (2002) doplňují, že tzv. P index je preciznější v identifikování rizika odnosu P z jednotlivých polních ploch nebo celých zemědělských povodí, protože zahrnuje kromě P v půdě mnoho dalších faktorů (riziko eroze, hydrologii území, aplikaci hnojiv atd.) (Buczko et Kuchenbuch 2007). P index je koncipován jako agro-environmentální nástroj pro identifikování kritických míst v povodí, která mohou nejvíce přispívat k celkovému odnosu P. Zohledňuje hydrologickou konektivitu zemědělských ploch s povrchovými toky a s tím spojený odnos P (Heathwaite et al. 2003). Dále zahrnuje nejdůležitější řídicí faktory ztrát fosforu v rámci povodí (Buczko et Kuchenbuch 2007). Ty se rozdělují na zdrojové (obsah P, aplikace hnojiv) a transportní (eroze, povrchový odtok, podpovrchový odtok, vzdálenost plochy od toku apod.). Informace o obsahu P v půdě patří mezi nejdůležitější zdrojové faktory tohoto indexu. Získávají se z klasických agronomických testů (Buczko et Kuchenbuch 2007). Díky závislosti těchto testů na koncentraci rozpuštěného P v odnosu a použitím přepočtu podle určitého extrakčního koeficientu je možné získat odhad rozpuštěného P v odnosu z půd (Vadas et al. 2005).

Závěr

Mobilita P v povodí je řízena souborem mnoha faktorů. Vyhodnocení těchto faktorů společně se stanovením P v půdě by mělo být základem studia mobility P v tomto prostředí. Vhodný postup pro sledování transportu P v rámci povodí by měl zahrnovat především: **(1)** Stanovení hlavních anorganických, ale i organických forem P v půdě. **(2)** Ohodnocení sorpčních vlastností půdy, a to především množství sorpčních míst a množství desorbovatelného P. **(3)** Získání informací o zemědělské aktivitě v povodí. **(4)** Ohodnocení transportních cest pro odnos P z půd do povrchových vod, např. pomocí vhodně nastaveného experimentu či kampaňového terénního měření, které by zahrnovaly také kvantitativní i kvalitativní ohodnocení anorganického P i organicky vázaného P a vyhodnocení odnosu za velkých srážkových událostí. **(5)** Zjištění místních hydrologických podmínek ovlivňující tento transport. **(6)** Ohodnocení forem anorganického i organického P v povrchových vodách a jejich sedimentech, stejně tak jako jejich hlavních vazebných složek.

Poděkování

Článek byl vypracován na základě projektu č. 32-KJB601410708 podporovaném Grantovou agenturou Akademie věd.

Literatura

- AHLGREN, J., REITZEL, K., DANIELSSON, R., GOGOLL, A. et RYDIN, E., 2006: Biogenic phosphorus in oligotrophic mountain lake sediments: Differences in composition measured with NMR spectroscopy. *Water Research* 40: 3705-3712.
- ANDERSON, D.A., GLIBERT, P.M. et BURKHOLDER, J.M., 2002: Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries* 25: 562-584.
- BENNETT, E.M., CARPENTER, S.R. et CARACO, N.F., 2001: Human Impact on Erodable Phosphorus and Eutrophication: A Global Perspective. *Bioscience* 51: 227-234.
- BERG, A.S. et JOERN, B.C., 2006: Sorption dynamics of organic and inorganic phosphorus compounds in soil. *J. Environ. Qual.* 35: 1855-1862.
- BERNOT, M.J., TANK, J.L., ROYER, T.V. et DAVID, M.B., 2006: Nutrient uptake in streams draining agricultural catchments of the midwestern United States. *Freshwater Biology* 51: 499-509.
- BRADY, N.C. et WEIL, R.R., 2002: *The Nature and Properties of Soils*, thirteenth edition. Pearson Education Ltd. New Jersey, 960 pp.
- BUCZKO, U. et KUCHENBUCH, R.O., 2007: Phosphorus indices as risk-assessment tools in the U.S.A. and Europe- a review. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 170: 445-460.
- CARPENTER, S.R., CARACO, N.F., CORRELL, D.L., HOWARTH, R.W., SHARPLEY, A.N. et SMITH, V.H., 1998: Nonpoint pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Ecological Applications* 8: 559-568.
- FROELICH, P.N., 1988: Kinetic control of dissolved phosphate in natural rivers and estuaries: A primer on the phosphate buffer mechanism. *Limnol. Oceanogr.* 33: 649-668.
- GELBRECHT, J., LENGSELD, H., PÖTHIG, R., OPITZ, D., 2005: Temporal and spatial variation of phosphorus input, retention and loss in a small catchment of NE Germany. *Journal of Hydrology* 304: 151-165.
- GOLTERMAN, H.L., 2001: Fractionation and Bioavailability of Phosphates in Lacustrine Sediments: a Review. *Limnetica* 20: 15-29.
- GRIFFIN, T.S., HONEYCUTT, C.W. et HE, Z., 2003: Changes in Soil Phosphorus from Manure Application. *Soil Sci. Am. J.* 67:645-653.
- HEATHWAITE, A.L., GRIFFITHS, P., HAYGARTH, P.M., JARVIS, S.C. & PARKINSON, R.I., 1997: Phosphorus loss from grassland soils: implications of land management for the quality of receiving waters. In: *Freshwater Contamination*, pp 177-186. Proc Rabat Symp April-May 1997, IHAS Publ. No. 243.
- HEATHWAITE, L., SHARPLEY, A.N. et BECHMANN, M., 2003: The conceptual basis for a decision support framework to assess the risk of phosphorus loss at the field scale across Europe. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 166: 1-12.

- HORTA, M.C. et TORRENT, J., 2007: The Olsen P method as an agronomic and environmental test for predicting phosphate release from acid soils. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.* 77: 283-292.
- HOUSE, W.A., 2003: Geochemical cycling of Phosphorus in rivers. *Applied Geochemistry* 18: 739-748.
- KLEMENT, 2005b: Porovnání vývoje agrochemických vlastností půd za období 1993–1998 a 1999–2004. Ústřední kontrolní a zkušební ústav zemědělský. Brno.
- KOPÁČEK, J., PROCHÁZKOVÁ, L., HEJZLAR, J. et BLAŽKA, P., 1997: Trends and seasonal patterns of bulk deposition of nutrients in the Czech Republic. *Atmospheric Environment* 31: 797-808.
- MCDOWELL, R.W. et SHARPLEY, A.N., 2001a: Soil phosphorus fractions in solution: influence of fertiliser and manure, filtration and method of determination. *Chemosphere* 45: 737-748.
- MCDOWELL, R.W. et SHARPLEY, A.N., 2001b: Approximating Phosphorus Release from Soils to Surface Runoff and Subsurface Drainage. *J. Environ. Qual.* 30: 508-520.
- MCDOWELL, R.W., SHARPLEY, A.N., CONDRON, L.M., HAYGARTH, P.M. and BROOKES, P.C., 2001: Processes controlling soil phosphorus release to runoff and implication for agricultural management. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 59: 269-284.
- MAGUIRE, R.O. et SIMS, J.T., 2002: Soil Testing to Predict Phosphorus Leaching. *J. Environ. Qual.* 31: 1601-1609.
- MAGUIRE, R.O., EDWARDS, A.C., SIMS, J.T., KLEINMAN, P.J.A. et SHARPLEY, A.N., 2002: Effect of Mixing Soil Aggregates on the Phosphorus Concentration in Surface Waters. *J. Environ. Qual.* 31: 1294-1299.
- MOTAVALLI, P.P. et MILES, R.J., 2002: Soil phosphorus fractions after 111 years of animal manure and fertilizer applications. *Biol Fertil Soils* 36: 35-42.
- OWENS, L.B. et SHIPITALO, M.J., 2006: Surface and subsurface phosphorus losses from fertilized pasture systems in Ohio. *J. Environ. Qual.* 35: 1101-1109.
- POTE, D.H., DANIEL, T.C., SHARPLEY, A.N., MOORE, P.A., JR., EDWARDS, D.R. a NICHOLS, D.J., 1996: Relating extractable soil phosphorus to phosphorus losses in runoff. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 855–859.
- PSENNER, R. et POSCKO, R., 1988: Phosphorus fractionation: advantages and limits of the method for the study of sediment P origins and interactions. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.* 30: 43-49. Cit in: Borovec et Hejzlar (2001).
- REITZEL, K., AHLGREN, J., DEBRABANDERE, H., WALDEBÄCK, M., GOGOLL, A., TRANVIK, L. et RYDIN, E., 2007: Degradation rates of organic phosphorus in lake sediment. *Biogeochemistry* 82: 15-28.
- SHARPLEY, A.N., CHAPRA, S.C., WEDEPOHL, R., SIMS, J.T., DANIEL, T.C., REDDY, K.R., 1994: Managing agricultural phosphorus for protection of surface waters: Issues and options. *Journal of Environmental Quality* 23: 437-451.
- SHARPLEY, A.N., 1995: Soil phosphorus dynamics: agronomic and environmental impacts. *Ecological Engineering* 5: 261-279.
- SHARPLEY, A.N., MCDOWELL, R.W. et KLEINMAN, P.J.A., 2001: Phosphorus loss from land to water: integrating agricultural and environmental management. *Plant and Soil* 237: 287–307.

- SHARPLEY, A.N., DANIEL, T., SIMS, T., LEMUNYON, J., STEVENS, R. et PARRY, R., 2003: *Agricultural Phosphorus and Eutrophication*, Second Edition. United States Department of Agriculture, Agriculture Research Service.
- STEVENSON, F.J., 1986: *Cycles of Soil Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur, Micronutrients*. A Wiley-Interscience Publication, 380pp.
- TURNER, B.L., CONDRON, L.M., RICHARDSON, S.J., PELTZER, D.A. et ALLISON, V.J., 2007: Soil Organic Phosphorus Transformations During Pedogenesis. *Ecosystems* 10: 1166–1181.
- VADAS, P.A., KLEINMAN, P.J.A., SHARPLEY, A.N. and TURNER, B.L., 2005: Relating Soil Phosphorus to Dissolved Phosphorus in Runoff: A Single Extraction Coefficient for Water Quality Modeling. *J. Environ. Qual.* 34: 572–580.

MATIKA PŮDY A HIERARCHICKÉ PLÁNOVÁNÍ KRAJINY

PROBLEM OF SOIL AND LAND USE AND HIERARCHICAL LANDSCAPE PLANNING

Eva Semančíková, Veronika Holcová

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Přírodovědecká fakulta, Katedra biologie ekosystémů, Branišovská 31, 370 05 České Budějovice, Česká republika, e-mail: evi@prf.jcu.cz

Abstrakt

Půda a její kvalita je jedním z hlavních ukazatelů kvalitního životního prostředí. Problematika související s půdou a jejím využíváním jako je změna kvality půd, narušení protierozní ochrany půd, degradace zemědělských ekosystémů, zábor volné krajiny, marginalizace zemědělské půdy a venkova by tak měla být součástí plánování krajiny na všech jejích úrovních. Cílem tohoto článku je poukázat na nedostatečné začlenění problematiky půd do nejvyšší úrovně hierarchického plánování, tedy do národních strategických a taktických dokumentů, které přímo nebo nepřímo ovlivňují řešení krajinných problémů, tedy i problematiky půd, na nižších regionálních a lokálních úrovních.

Klíčová slova: problematika půd, hierarchické plánování, strategické a taktické dokumenty

Abstract

Soil and its quality is one of the main indicators of the environmental quality. And that is why problems with soil and land use should be a part of landscape planning on its all levels. Problems dealing with soil and land use can be set as changes in soil quality, soil erosion, degradation of agricultural ecosystems, soil sealing, and soil and landscape marginalization. The aim of this paper is to point out that the integration of problems dealing with soil and land use into the highest level of hierarchical landscape planning is not suitable. By the highest level of hierarchical landscape planning we understand strategic and tactical national documents that could directly or indirectly affect a solution of landscape problems, including soil and land use problems, on regional and local levels.

Key words: problem of soil and land use, hierarchical landscape planning, strategic and tactical documents

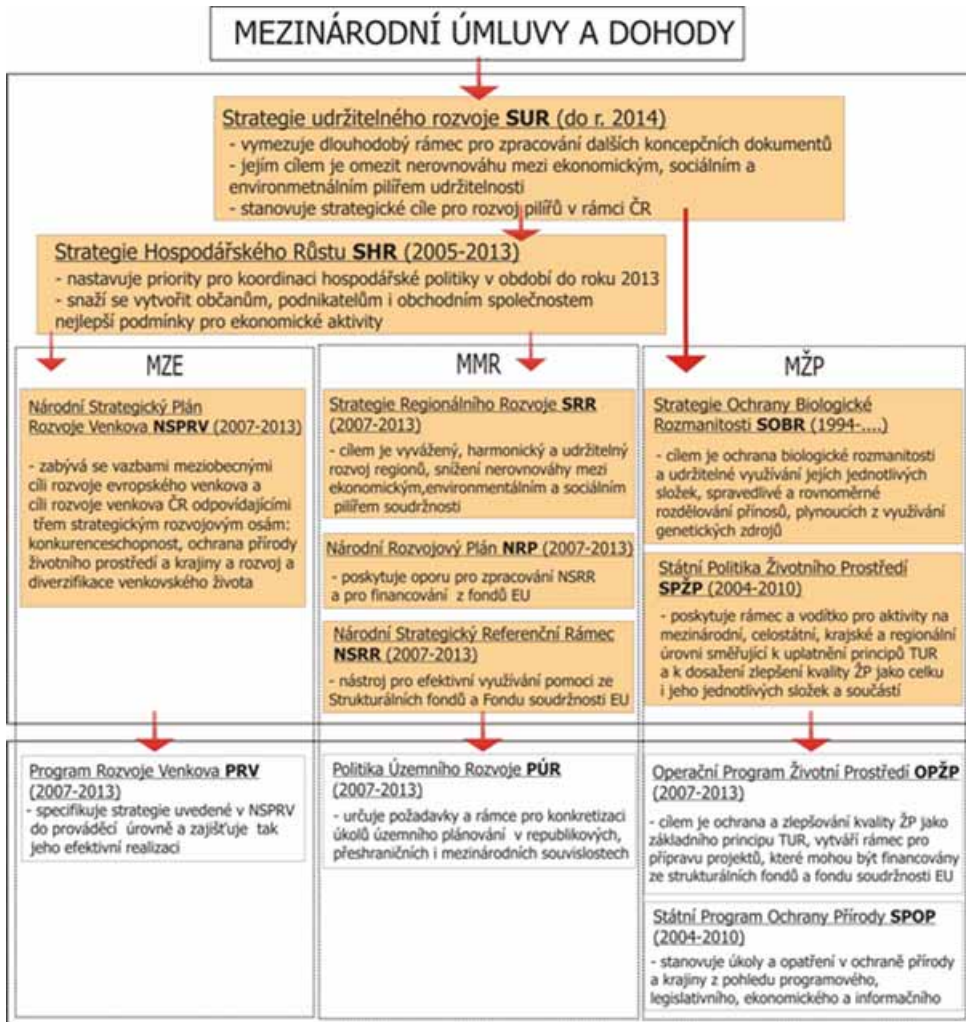
Úvod

Kvalita půd patří k prioritám ochrany životního prostředí i v rámci Evropské unie. V roce 2002 bylo v rámci 6. Akčního programu rozhodnuto o stanovení priorit ochrany biodiverzity a přírodních zdrojů, a také vedle vody a vzduchu jako složek životního

prostředí, chránit půdu a sestavit tématickou strategii pro ochranu půd. Tématická strategie ochrany půd vyšla v roce 2006 a zároveň s ní byl zveřejněn návrh Směrnice pro ochranu půd (Directive 2006/0086 (COD)). Půda je zde definována jako neobnovitelný zdroj, díky extrémně pomalému procesu její obnovy. Cílem strategie je zajistit trvale udržitelné využívání půdy se zvláštním důrazem na ochranu půd před degradačními procesy, jimiž jsou eroze, úbytek organické hmoty, lokální a rozptýlená kontaminace, stavební zakrytí, utužování, pokles biologické rozmanitosti, zasoňování, povodně a sesuvy. Strategie je postavena na 4 klíčových pilířích, kterými jsou: 1) Vytvoření legislativního rámce, jehož hlavním cílem bude ochrana a trvale udržitelné využívání půdy; 2) Integrace ochrany půdy do národních a regionálních politik členských států; 3) Podpora vědeckého výzkumu a doplnění chybějících informací v oblastech ochrany půd; 4) Zvyšování povědomí veřejnosti o důležitosti ochrany půdy. Pilíř „Integrace ochrany půdy do národních a regionálních politik členských států“ může dobře fungovat, pokud bude zajištěno efektivní hierarchické plánování krajiny, jehož součástí bude také řešení problematiky půd. Hierarchickým plánováním krajiny rozumíme strategický, taktický a operativní management, který postupně definuje dlouhodobé, střednědobé a krátkodobé cíle a úkoly práce s krajinou (Boucníková, Fanta et.al. 2006). Výhodou hierarchického plánování je redukce komplexity řešeného tématu, jeho rozdělením na několik úrovní a tím snazší zvládnutí nepředvídaných okolností. Další předností přístupu, kde jsou stanoveny strategické a taktické cíle, v tomto případě předcházení a náprava environmentálních problémů souvisejících s půdou, je koordinace všech prací a projektů lokální úrovně a jejich směřování ke společným cílům.

V návaznosti na vstup České republiky do Evropské unie a v návaznosti na ratifikace mezinárodních úmluv a dohod, vzniklo mnoho strategických a taktických dokumentů, které přímo nebo nepřímo ovlivňují práci s krajinou a řešení krajinných problémů. Naším příspěvkem bychom chtěli přiblížit problematiku ochrany půdy, jak se jí zabývají národní strategické a taktické dokumenty České republiky (viz Obr.). Protože však nebylo jednoduché porovnat různé dokumenty, jak se problematikou krajiny zabývají, byla vytvořena metodika (Semančíková et. al. 2007, 2008) na základě které je možné kvantifikovaně porovnat dané dokumenty a porovnat jejich kvalitu.

Obr.1 Přehled národních strategických a taktických dokumentů a jejich hierarchické návaznosti



Metodika

Ve vztahu k půdě se v krajině vyskytuje několik problémů. Pro účely naší studie jsme tyto problémy související s půdou rozdělili na několik okruhů jako jsou 1) změna kvality půd, 2) narušení protierozní ochrany půd, 3) degradace zemědělských ekosystémů, ale také 4) zábor volné krajiny, 5) marginalizace zemědělské půdy a venkova. V analýze nás zajímalo, které ze jmenovaných problémů jsou ve studovaných strategických a taktických dokumentech popisovány a do jaké míry je jejich řešení zohledňováno a zpracováváno v závěrečných podporovaných aktivitách, popřípadě v navazujících dotačních titulech. Hodnocení těchto dokumentů probíhalo na základě jednoduše postavené metodiky (Semaničková et al. 2007), kdy jsme definovali čtyři základní kategorie obodované nulou až třemi body (viz Tabulka 1). Dokument, který

by se zabýval všemi problémy a zároveň je řešil (☺☺) by v hodnocení získal 100% a naopak dokument, který by problémy nezmiňoval (☹☹) by dostal 0% .

Tab. 1 Kategorie hodnocení dokumentů

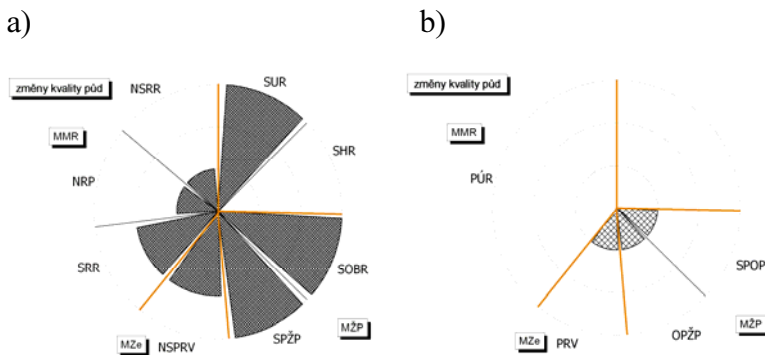
Kategorie	Popis dokumentu	body
Kategorie 1	Popisuje problém, podporuje jeho řešení a popisuje způsoby tohoto řešení	3
Kategorie 2	Popisuje problém, podporuje jeho řešení, ale dále se problémem nezabývá	2
Kategorie 3	Popisuje problém, ale dále se jím nezabývá.	1
Kategorie 4	Dokument problém vůbec nezmiňuje.	0

Výsledky

Změny kvality půd

Studované *strategické* dokumenty navrhují zvyšovat kvalitu půd převážně pomocí přístupů šetrného zemědělského hospodaření, agroenvironmentálních opatření a integrovaného zemědělství, zmiňují nutnost ochrany půd před kontaminací znečišťujících látek, nadměrným přísunem živin a před erozí, která primárně souvisí se snižováním zornění. V kategorii 1 se problematikou zvyšování kvality půd podrobně zabývají především dokumenty SUR, SPŽP a SOBR (viz Obrázek 2).

Obr. 2 Změny kvality půd jak se jimi zabývají a) strategické a b) taktické dokumenty



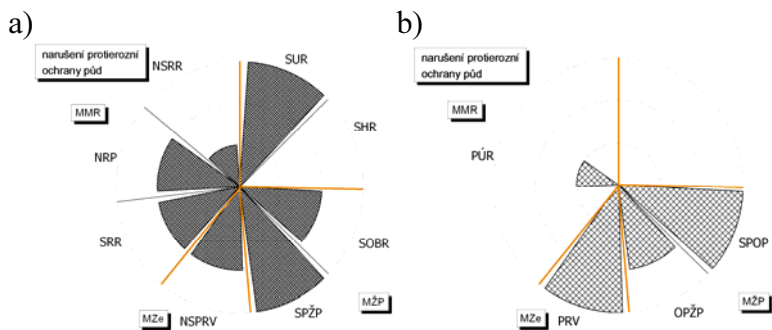
SUR podporuje moderní i tradiční způsoby hospodaření v krajině, které zabraňují úbytku organické hmoty v půdě. Navrhuje zajištění monitoringu půd a vyhodnocení stávajícího systému ochrany půdy. Spolu se SPŽP podporují snížení množství aplikovaných agrochemikálií a ochranu půd před kontaminováním nebezpečnými látkami. SOBR podporuje technologické postupy, které povedou k obnově biologické diverzity a zastavení degradace půd. Dokumenty NSPRV, SRR danou problematiku pouze zmiňují a podporují její řešení v kategorii 2 a podrobněji se kvalitou půd nezabývají.

Z *taktických* dokumentů se SPOP věnuje odstranění kontaminace půdy způsobené hospodařením na půdě a navrhuje zavést výrobové poplatky na vybraná hnojiva a pesticidy. PRV v prioritě „Ochrana vody a půdy“ podporuje zavedení vhodných zemědělských systémů. Více se ochraně kvality půd nevěnuje žádný ze sledovaných taktických dokumentů a nedostatečně tak navazují na hierarchicky výše postavené dokumenty strategické.

Narušení protierozní ochrany půd

Proces eroze popisují jako problémový jev, všechny studované *strategické* dokumenty, s výjimkou NSRR a SHR (viz Obrázek 3). Komplexně vidí řešení v podpoře technologií vhodných z hlediska ochrany před půdní erozí a eutrofizací vod. Dokumenty SPŽP a SUR (kategorie 1) zahrnují problém eroze do širšího kontextu zvyšování ekologické stability krajiny vhodným používáním zemědělského půdního fondu snižujícím riziko znečištění vod a nadměrného transportu sedimentů. SPŽP navrhuje rozšířit programy pro pozemky ohrožené vodní nebo větrnou erozí a pro vyšší retenci vody v krajině. Dokumenty NRP, NSPRV, SRR, SOBR problém pouze zmiňují a podporují řešení (kategorie 2). Obecně se věnují nutnosti komplexních agroenvironmentálních opatření za cílem zpomalení erozních jevů.

Obr. 3 Nerušení protierozní ochrany půd jak se jimi zabývají a) strategické a b) taktické dokumenty

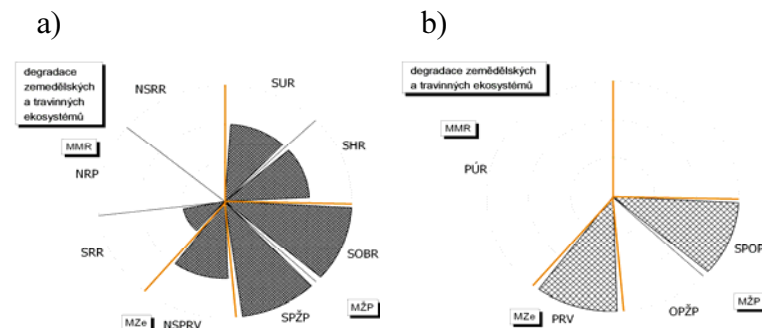


Z analýzy *taktických* dokumentů vyplynulo, že dokumenty SPOP a PRV řeší problém dostatečně, PRV částečně a navazují tak na dokumenty strategické. Pouze PÚR problém velice obecně zmiňuje a nedostatečně tak navazuje na NRP a SRR (viz Obrázek 3).

Degradace zemědělských a travinných ekosystémů

Studované *strategické* dokumenty poměrně podrobně charakterizují současný stav zemědělských ekosystémů ČR. Podrobně se problému věnují SPŽP, SOBR (kategorie 1) (viz Obrázek 4).

Obr. 4 Degradace zemědělských a travinných ekosystémů ve a) strategických a b) taktických dokumentech



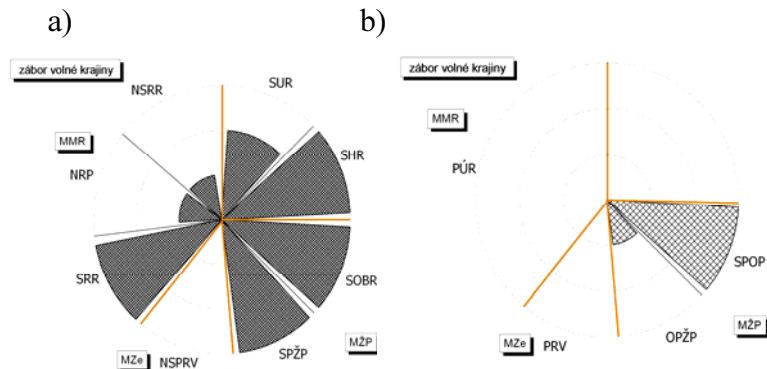
SPŽP navrhuje optimalizovať zastavenie jednotlivých druhů pozemků v závislosti na prírodných a stanovištných podmínkach. SOBR popisuje regulační management zemědělstvím ovlivněných pozemků, nutnosti kontinuálně studovat vlivy tradičních managementových postupů jako navrhovaných optimálních opatření. Podrobně se věnuje také problematice travinných ekosystémů v rámci zemědělské praxe. V kategorii 2 daný problém zmiňujú NSPRV, SHR, SUR. NSPRV se problému věnuje z pohledu obecného cíle zvýšení biodiverzity zemědělské a lesní krajiny vhodnými systémy hospodaření. SHR podporuje zemědělskou činnost v produkčně méně příznivých oblastech skrze dotace z agroenvironmentálních programů.

Ze sledovaných taktických dokumentů rozpracovává cíle stanovené dokumenty strategickými pouze SPOP a PRV. OPŽP a PÚR problém nezmiňují a nerozvíjí tak díla cíle stanovené strategickými dokumenty.

Zábor volné krajiny

Živelnou zástavbu dosud nezastavené krajiny považuje za nežádoucí jev polovina studovaných *strategických* dokumentů. Zdůrazňují zejména nutnost snižovat podíl nových záborů a zvyšovat efektivnost využití již zastavených území. Podrobně se záboru volné krajiny (kategorie 1) věnují: SPŽP, SRR, SOBR, SHR (Obrázek 5).

Obr. 5 Zábor volné krajiny, jak jím zabývají a) strategické a b) taktické dokumenty



SPŽP navrhuje zvýšit účinnosť odvodů za zábor půdy se zohľadnením biologickej rozmanitosti na ní jako ekonomického nástroje plošné ochrany půdy např. valorizací sazebníku odvodů za odnětí půdy ze ZPF. SRR podporuje územně plánovací činnosti zaměřené na omezení neřízeného procesu zástavby krajiny, zejména v urbanizovaných a suburbánních oblastech. SOBR podporuje zpracování strategických rozvojových dokumentací na všech úrovních, dále urychlení realizace komplexních pozemkových úprav. SHR doporučuje řešit problém zvýšením odvodů a jejich diferenciací podle druhu investiční činnosti a vytvořit vazbu mezi záborom a regenerací území. Daný problém zmiňuje také SUR (kategorie 2), jejímž jedním z cílů je zavedení účinnějších opatření proti záborům půdy včetně systémového finančního a organizačního zajištění realizace těchto opatření. Podrobněji se však zmíněnou problematikou nezabývá.

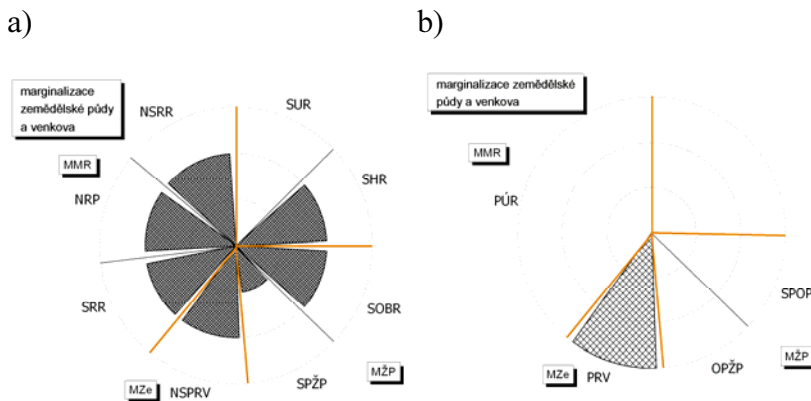
Z *taktických* dokumentů pouze SPOP má stanovené cíle, které podrobně rozpracovává a navazuje tak na SPŽP. Na SPŽP také částečně navazuje, nicméně PRV a opět PÚR se danou problematikou nezabývají.

Marginalizace zemědělské půdy a venkova

Studované *strategické* dokumenty se problematice marginalizace zemědělské půdy a venkova věnují pouze okrajově (SOBR, NSRR, NSPRV, SRR, NRP, SHR). Problém je řešen převážně na úrovni zatraktivnění způsobu života venkovského obyvatelstva podporou specializovaných výrob a rozvíjením mimoprodukčních funkcí zemědělství. Dopady na krajinu a ŽP nejsou až na výjimku SOBR zmíněny. **SOBR** zdůrazňuje posílení nástrojů na podporu udržitelného rozvoje venkovských oblastí, používat takové nástroje, které mají příznivý vliv na životní prostředí. Podrobně je tento problém ošetřen v taktickém dokumentu Program rozvoje venkova ČR.

Jako jediný *taktický* dokument se problematikou marginalizace zemědělské půdy zabývá PRV, který v tomto ohledu podrobně rozpracovává strategický NSPRV (viz Obrázek 6).

Obr. 6 Záběr volné krajiny, jak jím zabývají a) strategické a b) taktické dokumenty



Závěr

Z výše uvedené studie vyplývá nedostatečná provázanost strategických a taktických dokumentů s ohledem na řešení problematiky související s půdami a jejich využíváním. Problémy jako jsou změna kvality půd, narušení protierozní ochrany půd, degradace zemědělských ekosystémů, záběr volné krajiny, marginalizace zemědělské půdy a venkova, jsou vcelku dobře definovány alespoň v některých strategických dokumentech, především dokumentech Ministerstva životního prostředí. Navazující taktické dokumenty, které by se měly podrobněji zabývat cíli řešení problematiky půd a stanovit konkrétní postupy a časový harmonogram řešení, se danou problematikou zabývají naopak méně, často nedostatečně, čímž nerozvíjí strategické cíle. Hierarchická struktura plánování v tomto ohledu nefunguje dostatečně a při tvorbě nových dokumentů by měla být brána v úvahu také funkčnost tohoto systému plánování.

Poděkování

Článek byl vypracován na základě projektu č. 32-KJB601410708 podporovaném Grantovou agenturou Akademie věd.

Literatura

- BOUCNÍKOVÁ, FANTA, LIŠKOVÁ, 2006: Úloha krajinného plánování v systémovém řízení vývoje a využívání krajiny, In: Dreslerová, J. et al. (eds.): Ekologie krajiny a krajinné plánování. Sborník ekologie krajiny 2 , Sborník příspěvků z konference CZ-IALE. ISBN 80-96386-82-1.
- SEMANČÍKOVÁ, E., HOLCOVÁ, V., DVOŘÁKOVÁ-LÍŠKOVÁ, Z., 2007: Analýzy strategických a taktických dokumentů. Zpráva pro MŽP. Nепublikováno.
- SEMANČÍKOVÁ, E., DVOŘÁKOVÁ-LÍŠKOVÁ, Z., HOLCOVÁ, V., 2008: How strategic planning deals with spatial landscape problems?. In.: Eds.: Kabrda, J., Bičík, J., Man in the landscape across frontiers: Landscape and land use change in Central European border regions. Conference Proceedings of the IGU/LUCC Central Europe Conference 2007. ISBN 978-80-86561-80-6.

INTERAKTÍVNY MODEL VÝPOČTU INTENZITY PÔDNEJ ERÓZIE (VHODNÝ PRE POĽNOHOSPODÁRSKU PRAX)

INTERACTIVE MODEL FOR INTENSITY OF SOIL EROSION CALCULATION (APPROPRIATE FOR AGRICULTURAL PRACTICE)

Ján Styk¹, Boris Pálka², Emil Fulajtár³, Martin Granec⁴

^{1,2}Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: styk.vupop@bystrica.sk, palka.vupop@bystrica.sk

^{3,4}Výskumný ústav pôdoznalctva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: fulajtár@vupu.sk, granec@vupu.sk

Abstrakt

Vplyvom exogénnych činiteľov (v našich klimatických podmienkach predovšetkým vplyvom vody) dochádza pri erózii pôdy k uvoľňovaniu a následnému transportu pôdných častíc, na ktoré sú relatívne pevne fixované živiny a organická hmota. Z pohľadu poľnohospodárstva sa negatívny vplyv erózie na pôdu prejavuje najmä degradáciou jej úrodnostných vlastností, výsledkom čoho je výrazný pokles jej produkčnej schopnosti. Pôdna erózia je prirodzený proces, ktorý je však často významne akcelerovaný neuváženou činnosťou človeka. Vhodná ochrana pôdy pred pôdnou eróziou spôsobenou vodou vychádza z poznania priestorového rozšírenia eróziou ovplyvnených pôd a intenzite vodnej erózie v konkrétnych podmienkach lokality. Protierózna ochrana pôdy je chápaná ako komplex opatrení (organizačných, agrotechnických, biologických a technických), ktoré slúžia na zníženie strát pôdnej hmoty. Prostredníctvom pripravovaného interaktívneho modelu výpočtu pôdnej erózie bude mať užívateľ pôdy možnosť prístupu k základným informáciám o erózii pôdy (plošná distribúcia eróziou ovplyvnených pôd, potenciálna a aktuálna strata pôdnej hmoty) a jednotlivých erózných faktoroch na konkrétnom kultúrnom diele. Na základe nadobudnutých údajov si bude môcť navrhnuť vhodný manažment obhospodarovania pôdy (využitím odporúčaných protieróznych opatrení) s cieľom znížiť straty pôdy (aby neboli prekročené limity uvedené v zákone o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Z.z.) Základná štruktúra webovej aplikácie využíva predikčný erózný model Univerzálnej rovnice straty pôdy (Wischmeier, Smith, 1978) v prostredí GIS kde je možné spracovávať a kombinovať množstvo prístupných dát týkajúcich sa pôdno-klimatických a geografických podmienok Slovenska za účelom generovania grafických a numerických výstupov zameraných na eróziu pôdy.

Kľúčové slová: erózia pôdy, protierózna ochrana pôdy, interaktívny model, USLE

Abstract

The result of exogenous factors influence (in climatic conditions of Slovakia especially by influence of water) on the soil is releasing and following transportation of soil particles (soil erosion) on which nutrients and organic matter are relatively firmly fixed. Negative influence of erosion on the soil (from the agriculture point of view) is expressed by degradation of soil fertility properties. Significant decreasing of soil production ability is the result of this process. Soil erosion is a natural process which is mostly accelerated by unsuitable human activity. Appropriate soil protection against water erosion is based on the knowledge about areal distribution by erosion affected agricultural soils and intensity of soil erosion in concrete conditions of study locality. Soil protection against erosion is understood as a complex of measures (organization, agrotechnical, biological and technical) appropriate for decreasing of soil matter loss. User (owner) of soil will have the possibility for the access to essential information on soil erosion (areal distribution by erosion impacted soils, potential and actual soil matter loss) and individual erosive factors on concrete locality by using of prepared interactive model for determination of soil erosion. On the basis of obtained information is possible to project appropriate measures to combat soil erosion with the purpose to decrease of soil loss (in accordance with act n. 220/2004). Basic structure of web application is based on the predictive, erosive model of Universal soil loss equation in GIS. In GIS is possible to combine and process a great deal of available data focused on soil-climatically and geographically conditions of Slovakia on purpose to generate graphical and numerical outputs directed to soil erosion.

Key words: soil erosion, measures to combat soil erosion, interactive model, USLE

Úvod

Extrémna erózia pôdy prejavujúca sa dlhodobo v konkrétnej lokalite môže v konečnom dôsledku viesť až k zániku pôdy ako takej, pričom sa na povrch dostane pôdotvorný substrát alebo materská hornina. Čiastočne to môže ísť na vrub nedostatočnému množstvu informácií týkajúcich sa intenzity erózie na konkrétnych plochách a využívaní vhodných protieróznych opatrení. Hoci je zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy v platnosti už od roku 2004 nie všetci užívatelia pôdy si uvedomujú riziká, ktoré sú spojené s nedodržiavaním odporúčaných protieróznych opatrení zmiernujúcich negatívny vplyv dažďovej vody na pôdy lokalizované na svahovitých pozemkoch.

Vhodne volená protierózna ochrana pôdy vychádza predovšetkým z informácií o intenzite erózneho vplyvu na pôdu v konkrétnych podmienkach lokality a priestorovom rozšírení eróziou ovplyvnených pôd. Vytvorením tzv. interaktívneho modelu pre výpočet pôdnej erózie sa dosiahne to, že užívateľ pôdy veľmi jednoduchým spôsobom získa čo najviac konkrétnych informácií o konkrétnom kultúrnom diely (interaktívne mapy, tabuľky), ktoré sa vzťahujú k erózii pôdy (jednotlivé erózne faktory, potenciálna a aktuálna erózia). Na základe získaných informácií si bude môcť sám na svojej parcele zorganizovať optimálne obhospodarovanie pôdy za účelom zminimalizovať straty pôdnej hmoty (využitím odporúčaných protieróznych postupov).

Materiál a metódy

Cieľom riešenej úlohy je rozšírenie možností webovej aplikácie o interaktívny model výpočtu pôdnej erózie prostredníctvom, ktorého bude mať užívateľ pôdy voľný prístup k informáciám o intenzite erózií pôdy (potenciálna, aktuálna) a jej priestorovom rozšírení. Na základe získaných údajov si bude môcť navrhnúť manažment obhospodarovania pôdy (využitím odporúčaných protieróznych opatrení) s cieľom znížiť straty pôdy tak aby neboli prekročené limity uvedené v zákone 220/2004.

Základná štruktúra použitého erózneho modelu Univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE) využíva v prostredí GIS dostupné informácie a vytvorené digitálne vrstvy týkajúce sa pôdno-klimatických a geografických podmienok Slovenska (faktory erozivity dažďa, erodibility pôdy, reliéfu a plodiny). V prostredí GIS je možné spracovávať a kombinovať množstvo prístupných dát za účelom generovania grafických a numerických výstupov týkajúcich sa pôdnej erózie.

Užívateľ poľnohospodárskej pôdy bude mať prístup k informáciám o stupni erodovanosti poľnohospodárskej pôdy (sú vyjadrené kategóriami), ktoré sa vzťahujú ku konkrétnemu kultúrnemu dielu (tab. 1) a priestorovom rozšírení eróziou ovplyvnených pôd. Do budúcnosti chceme pripraviť aplikáciu, ktorej výstupom budú konkrétne hodnoty straty pôdnej hmoty.

Tab. 1 Hraničné hodnoty kategórií erodovanosti poľnohospodárskych pôd

Kategória erodovanosti	Priemerná ročná strata pôdy
Žiadna, alebo nízka	0-4 t/ha/rok
Stredná	4-10 t/ha/rok
Vysoká	10-30 t/ha/rok
Extrémna	>30 t/ha/rok

Potenciálna erózia predstavuje možnú (teoretickú) ohrozenosť pôdy procesmi vodnej erózie ak vo výpočte nie je zohľadnený ochranný vplyv vegetačného pokryvu pôdy.

$$A = R \cdot K \cdot LS$$

Aktuálna erózia predstavuje reálne ohrozenie pôdy procesmi vodnej erózie pri zohľadnení aktuálneho vegetačného krytu a spôsobu obhospodarovania (Šúri et al., 2002).

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

On-line model stanovenia intenzity erózie využíva prekrytie vytvorených digitálnych vrstiev jednotlivých erózných faktorov kde:

A – vygenerovaná digitálna vrstva priemernej ročnej straty pôdy v tonách z hektára

R – digitálna vrstva faktora eróznej účinnosti dažďa (erozivita dažďa) je definovaný ako súčin energie dažďa a jeho maximálnej 30-minútovej intenzity (Styk, Pálka, 2007)

K – aktualizovaná digitálna vrstva faktora náchylnosti pôdy na vodnú eróziu (erodibilita pôdy) je ovplyvnený základnými parametrami ako sú zrnitosť, štruktúra pôdy, obsah organickej hmoty (Fulajtár, Styk, Pálka, Granec, 2008)

LS – aktualizovaná digitálna vrstva faktora vplyvu reliéfu vyjadruje efekt topografie na množstvá pretransportovanej pôdnej hmoty. Dĺžka svahu (L) vyjadruje pomer straty pôdy z plochy určitej dĺžky ku strate pôdy z plochy so štandardnou dĺžkou 22,13m. Sklon svahu (S) vyjadruje pomer straty pôdy z plochy s určitým sklonom ku strate pôdy z plochy so štandardným sklonom 9% (Styk, Pálka, 2007)

C – faktor ochranného vplyvu vegetačného krytu vyjadruje vplyv vegetácie a použitej agrotechniky na intenzitu erózie (Malíšek, 1992).

P – faktor účinnosti protieróznych opatrení (je vyjadrený pomerom straty pôdnej hmoty obhospodarovanej pozdĺž vrstevníc (vrstevnicová agrotechnika) a štandardnou orbou (P – faktor sme v štúdiu nezohľadňovali)

Vhodne zvolená ochrana pôdy pred vodnou eróziou vychádza z informácií o priestorovom rozšírení eróziou ovplyvnených pôd a intenzite vodnej erózie v konkrétnych podmienkach lokality. Protierózna ochrana pôdy je komplex organizačných, agrotechnických, biologických a technických opatrení, ktorých hlavným cieľom je (Antal, 2005):

- zabrániť vzniku škodlivej erózie na ohrozenej pôde
- znížiť intenzitu erózie aby neboli prekročené limity straty pôdy
- trvalo udržať existujúcu úrodnosť ohrozenej pôdy
- zabrániť degradácii ohrozenej pôdy, alebo ju aspoň znížiť
- zabezpečiť ochranu nižšie ležiacich zdrojov povrchových a podzemných vôd pred negatívnymi účinkami erodovaného materiálu

V tab. 2 sú uvedené niektoré odporúčané opatrenia proti erózi, ktoré sú vhodné pre pôdno-klimatické podmienky Slovenska.

Tab. 2 Protierózne opatrenia na poľnohospodárskej pôde (Antal, 2005)

Protierózne opatrenie	Spôsob realizácie
Organizačné opatrenia	Delimitácia pôdneho fondu Protierózne rozmiestnenie kultúr a plodín Veľkosť, tvar a usporiadanie pozemkov
Agrotechnické opatrenia	Vrstevnicová agrotechnika Pôdoochranná agrotechnika (bezorbová agrotechnika, mulčovanie, minimálna agrotechnika, podryvanie, podmietka)
Biologické opatrenia	Pásové pestovanie plodín Stabilizujúce pásy Protierózne oševné postupy Ochranné zatrávňovanie Ochranné zalesňovanie
Technické opatrenia	Protierózne priekopy Terasy

Dosiahnuté výsledky

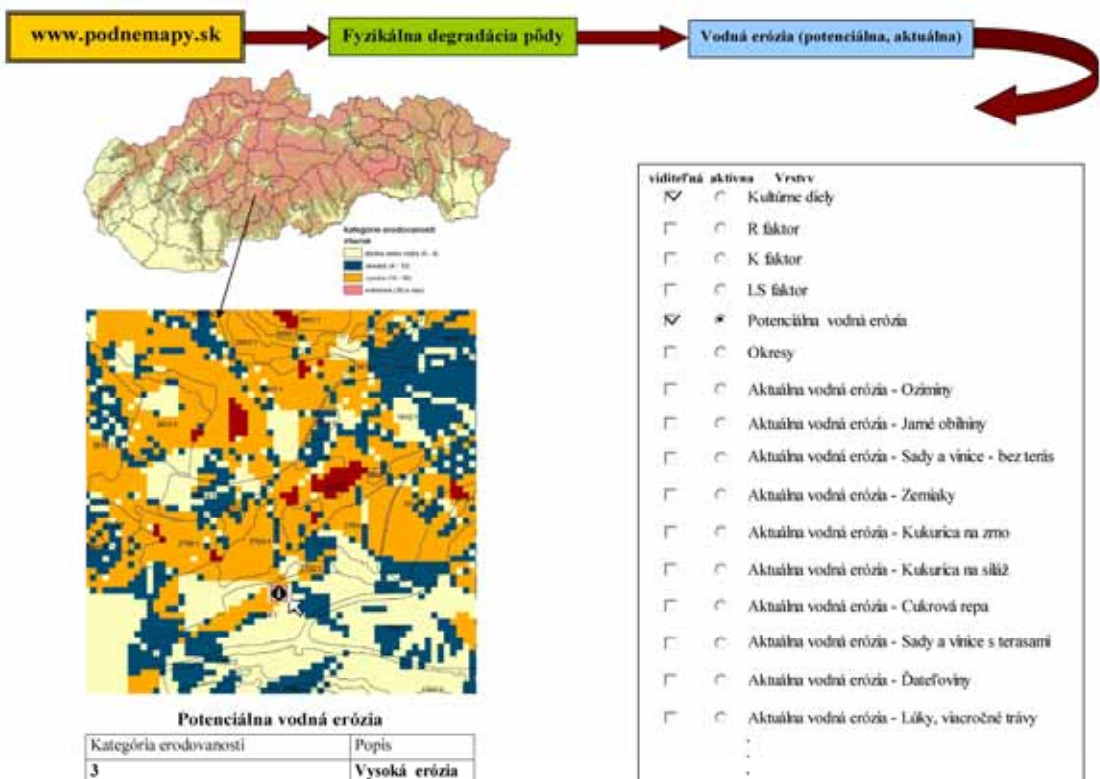
Pri vytváraní interaktívneho modelu výpočtu pôdnej erózie (umožní prístup užívateľa pôdy k dôležitým informáciám týkajúcich sa priestorového rozšírenia eróziou ovplyvnených pôd a intenzity pôdnej erózie v konkrétnych podmienkach lokality) sme využívali aktualizované a detailizované digitálne vrstvy jednotlivých eróznych faktorov (faktory R, K, LS, C).

Na obrázkoch (obr. 1, 2) je znázornená štruktúra pripravovanej webovej aplikácie, ktorá obsahuje informácie o potenciálnej a aktuálnej erózii ako aj o konkrétnych faktoroch ovplyvňujúcich eróziu pôdy. Užívateľ pôdy sa po zadaní internetovej adresy www.podnemapy.sk dostane na stránku pôdneho portálu Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy. V sekcii „Aplikácie pre verejnosť“ sa cez oddelenie „Fyzikálna degradácia pôdy“ dostane na aktívnu ikonu „Potenciálna erózia poľnohospodárskej pôdy“. Kliknutím na túto ikonu sa zobrazí stránka, ktorej súčasťou bude textová (obsahuje informácie o hraničných limitoch straty pôdy v zhode so zákonom 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, tabuľku jednotlivých kategórií erodovanosti pôdy a stručný popis odporúčaných protieróznych opatrení) a grafická časť (aktívna mapa potenciálnej erózie).

Záujemca o informácie sa postupným klikaním (okres, sekcia kladu listov, kataster) dostane až ku konkrétnemu kultúrnemu dielu. Je nutné zadať si vrstvy, ktoré majú byť viditeľné a aktívne.

a) v prípade záujmu o informácie týkajúce sa potenciálnej erózie si musíme zadať: kultúrny diel - ako viditeľnú vrstvu
potenciálnu vodnú eróziu - ako viditeľnú a aktívnu vrstvu

Obr. 1 Potenciálna erózia pôdy na konkrétnom kultúrnom dieli



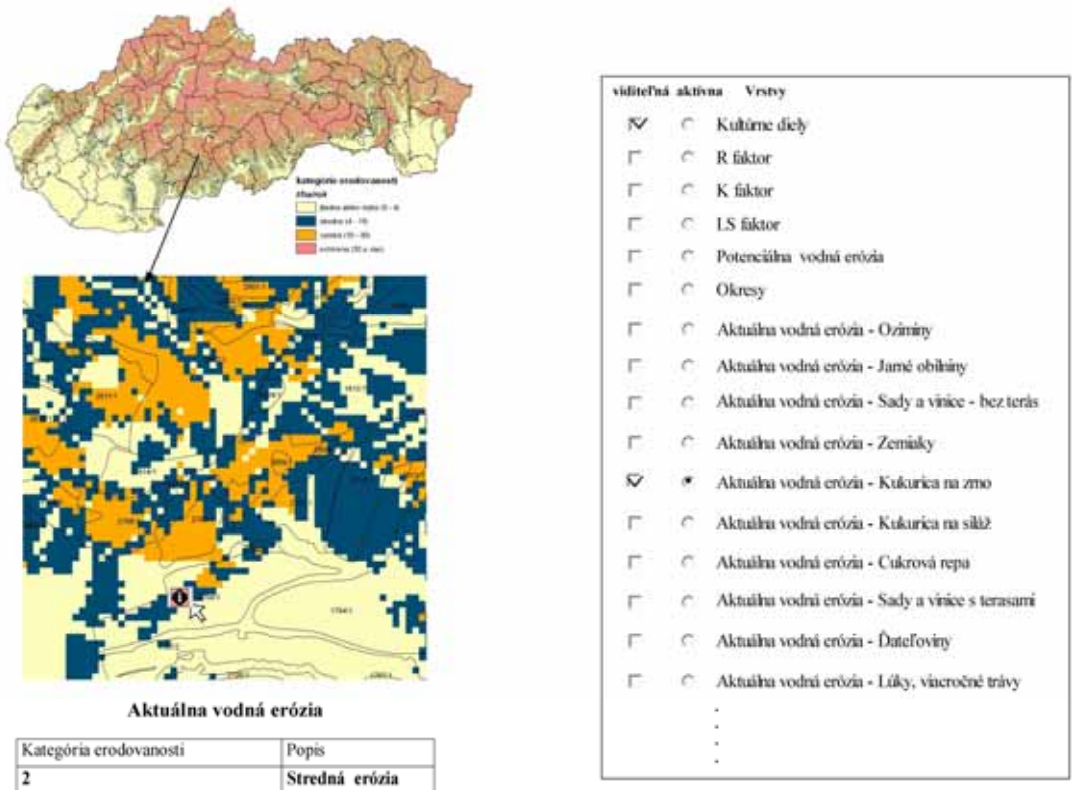
Zobrazí sa grafický výrez mapy potenciálnej erózie (s vrstvou kultúrnych dielov), na ktorom budú farebne rozlíšené jednotlivé kategórie erodovanosti. Ak chceme získať konkrétny údaj vzťahujúci sa na záujmový kultúrny diel, klikneme na neho ikonkou „i“ (informácia). Pod grafickým výrezom mapy erózie sa zobrazí tabuľka v ktorej bude informácia o potenciálnej erózii (kategórie erodovanosti) na konkrétnom kultúrnom diely (obr. 1).

b) v prípade záujmu o informácie týkajúce sa aktuálnej erózie si musíme zadefinovať:
kultúrny diel - ako viditeľnú vrstvu

aktuálnu vodnú eróziu pre konkrétnu pestovanú plodinu - ako viditeľnú a aktívnu vrstvu

Zobrazí sa grafický výrez mapy aktuálnej erózie pre konkrétnu poľnohospodársku plodinu (s vrstvou kultúrnych dielov), na ktorom budú farebne rozlíšené jednotlivé kategórie erodovanosti. Ak chceme získať konkrétny údaj vzťahujúci sa na záujmový kultúrny diel, klikneme na neho ikonkou „i“ (informácia). Pod grafickým výrezom mapy erózie sa zobrazí tabuľka v ktorej bude informácia o aktuálnej erózii (kategórie erodovanosti) pre konkrétnu plodinu (obr. 2)

Obr. 2 Aktuálna erózia pôdy na konkrétnom kultúrnom diely pre konkrétnu plodinu (kukurica na zrno)



c) v prípade záujmu o informácie týkajúce sa jednotlivých erózných faktorov si musíme zadať:

kultúrny diel - ako viditeľnú vrstvu

konkrétny erózný faktor - ako viditeľnú a aktívnu vrstvu

Zobrazí sa grafický výrez mapy jednotlivých erózných faktorov (s vrstvou kultúrnych dielov), na ktorom budú farebne rozlíšené hodnotové polygóny jednotlivých faktorov. Ak chceme získať konkrétny údaj vzťahujúci sa na záujmový kultúrny diel, klikneme na neho ikonkou „i“ (informácia). Pod grafickým výrezom mapy erózneho faktora sa zobrazí tabuľka v ktorej bude jeho konkrétna hodnota.

Záver

Pripravovaný interaktívny model výpočtu pôdnej erózie (ako súčasť webovej aplikácie) umožní užívateľovi poľnohospodárskej pôdy prístup k dôležitým informáciám o erózii pôdy (plošná distribúcia eróziou ovplyvnených pôd, potenciálna a aktuálna strata pôdnej hmoty) a jednotlivých erózných faktoroch na konkrétnom kultúrnom diele.

Pri vytváraní interaktívneho modelu sme využili aktualizované a detailizované digitálne vrstvy erózných faktorov (erozivita dažďa, erodibilita pôdy, vplyv reliéfu, vplyv plodiny) v základnej štruktúre predikčného erózneho modelu Univerzálnej rovnice straty pôdy.

Na základe získaných informácií (intenzita erózie, plošné rozmiestnenie eróziou ovplyvnených pôd) si užívateľ pôdy môže zvoliť vhodný spôsob obhospodarovania pôdy využitím vhodných resp. odporúčaných protierózných opatrení, ktoré slúžia na zníženie intenzity pôdnej erózie na úroveň neprekračujúcu limitné hodnoty uvedené v zákone 220/2004. Konkrétne protierózne opatrenia budú podrobnejšie popísané na internetovej stránke (webovej aplikácii) www.podnemap.sk, ktorej súčasťou bude aj interaktívny model výpočtu pôdnej erózie.

Literatúra

- ANTAL, J., 2005 : Protierózna ochrana pôdy. SPU Nitra, 79 s., ISBN 80- 8069-572-5.
- FULAJTÁR, E., STYK, J., PÁLKA, B., GRANEC, M., 2008: Aktualizovaný výpočet faktora erodovateľnosti pôdy (K – faktor) za účelom generovania detailnejšej digitálnej vrstvy, In: *Proceedings. Vedecké práce 30, VÚPOP Bratislava, (t.č. v tlači)*
- MALÍŠEK, A., 1992: Optimálna dĺžka svahu v závislosti na vodnej erózii. In.: *Vedecké práce 17, VÚPÚ Bratislava, s. 203 – 220, ISBN 80-85361-04-3.*
- STYK, J., PÁLKA, B., 2007: Assessment of soil sensitivity to water erosion using USLE model (in the scale of Slovakia). In.: *Proceedings. Vedecké práce 28, VÚPOP Bratislava, p. 152-159, ISBN 978-80-89128-40-2.*
- ŠÚRI, M., CEBECAUER, T., HOFIERKA, J., FULAJTÁR, E., 2002: Soil erosion assessment of Slovakia at a regional Scale using GIS. *Ecology, Bratislava 21, 404-422.*
- WISCHMEIER, W.H., SMITH, D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, *Agricultural Handbook 537, USDA, 58 pp.*
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov.

FORMOVANIE ENVIRONMENTÁLNEHO POVEDOMIA V OBLASTI VÝUŽÍVANIA VODY ČLOVEKOM

CREATION OF ENVIRONMENTAL AWARENESS IN AREA OF WATER USE BY HUMAN

Ľubica Šardíková

TU Zvolen, Masarykova 24, Zvolen

Abstrakt

Voda predstavuje látku ktorá zohráva najvýznamnejšiu úlohu v životnom prostredí a následne v živote človeka. Udržateľné využívanie a účinná ochrana prírodných zdrojov, vrátane vody, predpokladá tak

- i) dostatočné a dostupné informácie,*
- ii) dostatočné kapacity pre prijatie potrebných opatrení v praktickom živote, ako aj*
- iii) motiváciu pre trvalo udržateľné využívanie vody a ostatných prírodných zdrojov.*

Tvorba poznatkov a informácií v oblasti ochrany vodných zdrojov a využívania vody v živote ľudí predstavuje permanentný proces. Platná legislatíva síce vytvára základný rámec pre zlepšovanie kvality vodných zdroj vrátane kvality pitnej vody, no jej uplatňovanie v praktickom živote závisí od ľudí. Poznatky, názory a vzťah k hodnotám ľudského života - to všetko predstavujú oblasti ktoré v konečnom dôsledku ovplyvňujú tak stav životného prostredia ako aj zdravotný stav populácie, a v konečnom dôsledku ekonomickú silu a sociálnu politiku štátu. Pre zachovanie dostatočnej kvality životného prostredia vrátane kvality vody a zdravého spôsobu života je veľmi dôležité naučiť ľudí zodpovednosti voči budúcim generáciám a ostatným, prostrediu ktoré ich formuje, nielen príkladom, ale najmä pochopením filozofie života a bytia človeka.

Kľúčové slová: kvalita vody, ochrana vôd, využívanie vody, kvalita života

Abstract

Water is the substance that plays significant role in environment and subsequently in the human life. Sustainable use of natural resources, water including, assumes:

- i) sufficient and available information,*
- ii) sufficient capacities for adoption of necessary measures in the life and*
- iii) motivation for sustainable use of water and other natural resources.*

Creation of knowledge and information in area of preservation of water resources and use of water in the life of human represents permanent process. National legislation creates the basic frame for improvement of quality of water resources including drinking water, but its practical application depends on people. Knowledge, opinions, relation to the human life values - that all are the areas which finally have influence on state of environment as well as on population health. For sustaining of sufficient quality of environment including water quality and desirable life style it is very important to teach of people to the responsibility to other people, environment not only

through example but also through understanding the philosophy of life and human being.

Key words: water quality, water protection, water use, life quality

Úvod

Voda je najrozšírenejšou látkou na Zemi. Pokrýva až 70 % zemského povrchu ,ale ku pitiu je možné využiť 3%. Je pre život človeka a živých organizmov nepostrádateľnou. Je podstatou biosféry, podieľa sa na klimatických podmienkach a spolu s pôdou vytvárajú základné životné podmienky človeka vrátane zabezpečenia kvality a kvantity výživy a formovania jeho zdravotného stavu a životného štýlu. Ukazuje sa, že práve voda, jej ochrana, kvalita a množstvo rozhodne o našom prežití, teda o prežití človeka ako druhu. Samotná k životu nestačí, ale bez nej sa žiť nedá. Nedostatok vody resp. jej nevyhovujúci hygienický stav sa prejavuje v celom rade ochorení. Svetová zdravotnícka organizácia poukazuje na fakt, že 80% súčasných chorôb priamo súvisí s kvalitou pitnej vody a pitným režimom.

Materiál a metódy

Príspevok analyzuje jednotlivé kvalitatívne ukazovatele stavu vôd, základné nástroje pre zlepšenie kvality vodných zdrojov ako aj environmentálne a zdravotné aspekty využívania vody. Pretože transfer poznatkov a informácií má zásadný význam pri formovaní stavu životného prostredia vrátane vody, zdravia ľudí a ich postoja k nim, pozornosť je venovaná tiež problematike formovania environmentálneho povedomia mládeže na základných a stredných školách formou externých prednášok a ich obsahovej náplne.

Výsledky a diskusia

Význam vody pre spoločnosť možno v zjednodušenej forme vidieť v dvoch oblastiach a to

i) pri fungovaní ekosystému a vytváraní základných životných podmienok človeka a živých organizmov *ii)* pri zabezpečení potrieb človeka tak v ekonomickej, ako aj existenčnej rovine.

Dostatok využiteľných vodných zdrojov v primeranej kvalite (osobitne podzemných vôd) v podmienkach Slovenska má význam najmä pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou. Z celkovej spotreby vody z podzemných zdrojov sa pre zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou využíva 77%. Stav znečistenia podzemných zdrojov vôd je často výsledkom dlhodobého využívania pôdy, na ktorom má poľnohospodárstvo svoj podiel. Podľa údajov Európskej agentúry pre životné prostredie (EEA, 2005), poľnohospodárstvo prispieva 50-80 %-ami k difúznemu znečisťovaniu vôd dusíkom. V oblastiach, kde obce nemajú vybudovanú kanalizáciu a čistiarne odpadových vôd môže byť tento podiel byť nižší.

Politické, právne a ekonomické regulačné opatrenia sú spravidla považované za hlavné nástroje pre riešenie súčasných environmentálnych problémov (napr. EEA, 2006; OECD, 2005). V súlade s autormi Gordon a kol. (2001), trvalo udržateľné využívanie a účinná ochrana prírodných zdrojov, vrátane vody, predpokladá tri základné faktory:

- dostatočné a dostupné informácie
- dostatočné kapacity pre prijatie potrebných opatrení v praktickom živote
- motiváciu pre trvalo udržateľné využívanie vody a ostatných prírodných zdrojov.

Tvorba poznatkov a informácií v oblasti ochrany vodných zdrojov a využívania vody v živote ľudí predstavuje permanentný proces. Aktuálne informácie o zdrojoch znečistenia povrchových a podzemných vôd vytvárajú základný predpoklad pre zníženie resp. odstránenie takéhoto znečistenia.

Sú to výsledky monitorovania kvality vodných zdrojov, ktoré sú v gescii viacerých inštitúcií a rezortov.

Národná legislatíva síce vytvára základný rámec pre zlepšovanie kvality vodných zdroj vrátane kvality pitnej vody, no jej uplatňovanie v praktickom živote závisí od uvedomelosti ľudí.

Významnú úlohu z pohľadu formovania zdravia ľudí a ich postoja k vode zohrávajú dostupné informácie o význame vody pre človeka, ktoré získavame tak v rodinnom prostredí, ako aj na školách. Vedomosti, názory, vzťah k životným hodnotám človeka - to všetko sú oblasti, ktoré v konečnom dôsledku ovplyvňujú sociálnoekonomický štatút, politiku štátu, mentálnu silu a zdravie populácie, Informácie o stave kvality vody možno formou prednášok poskytovať tak učiteľom ako aj žiakom na základných a stredných školách. V prednáškach poukazujem na nedostatky a stav životného prostredia v blízkom okolí, nečistoty potokov, nelegálne vypúšťanie žump a odpadov, skládky, správanie sa susedov a inštitúcií.

Časť osnovy mojej práce s deťmi, týkajúca sa vody a s ňou súvisiaceho environmentálneho zdravia:

- voda ako základná podmienka života a zdravia
- vzťah človeka k vode (akú vodu pijeme a ako vodu používame)
- čistá a znečistená voda (zdroje znečistenia, spôsoby a technické prostriedky čistenia vody)
- voda - bohatstvo ktoré si stále nedoceňujeme
- technická a úžitková voda
- sladká voda (prostredie pre ostatné organizmy, vplyv človeka na kvalitu vody, kolobeh vody v prírode a spôsobené klimatické zmeny)
- technické, vedomostné a vzťahové možnosti civilizácie (dopady znečisťovania sladkej vody na biokultúry, doprava vody pred a následná úprava po spotrebe človekom)
- škola - cesta a prostriedok zmeny kvality vzťahu a stupňa zodpovednosti k vode, pôde, lesom a ostatnej živej a neživej prírode, k budúcim potomkom a generáciám, spoločnosti, zodpovednosti voči sebe, okoliu a ostatným a aj k svojmu zdraviu.

Získané informácie môžu priamo ovplyvniť aktivity, záujmy a iné činnosti detí v ich ďalšom spoločenskom a osobnom živote, povolání, aj rodine- ako základnej jednotky spoločnosti. Formujú ich postoje k hodnotám bytia a života, historickým hodnotám, prírode, človeku, sebe samému, vode- ochrane a návrat k jej dostatočnej konzumácii, ako základnej podmienky fungovania všetkých životných funkcií , a imunitného systému, a tým vlastného zdravia a zdravia svojich potomkov.

Záverom

Súčasná generácia je vybavená silným intelligenčným a genetickým potenciálom, narodená do doby počítačov a informačných technológií s nedoziernymi možnosťami. Pre zachovanie dostatočnej kvality životného prostredia vrátane kvality vody a zdravého spôsobu života je veľmi dôležité naučiť ľudí zodpovednosti voči ostatným, prostrediu ktoré ich formuje, nielen príkladom, ale najmä pochopením filozofie života a bytia človeka, uvedomovaním si podstatných a pravých životných hodnôt, zákonov zdravia, vzájomného spolužitia a dokonalosti spoločného životného priestoru ostatných živých organizmov. To, v súlade s myšlienkami Al Groreho (1992), Howarda (2000) a mnohých iných, predpokladá zmenu resp. prispôbenie životného štýlu podmienkam životného prostredia, aby v potrebnej kvalite a kvantite bolo dostupné aj pre ďalšie generácie.

Literatúra

- EEA: Source apportionment of nitrogen and phosphorus inputs into the aquatic environment. EEA Report No. 7/2005. European Environment Agency, Copenhagen, 2005, 48 pp., ISBN 92-0167-777-9
- EEA: Using the market for cost-effective environmental policy. Market-based instruments in Europe. EEA Report No1/2006. EEA, Copenhagen, 2006, 44 pp.
- GORDON,J., VINCENT,D., HABERKORN,G., MACGREGOR,C., STAFFORD-SMISS,M., BRECKWOLDT,R.: Indicators within a decision framework: social, economic and institutional indicators for sustainable management of the rangelands. Report. National Land and Water Resources Audit, Canberra, 2001, 113 pp.
- GORE,A.: Earth in the balance. Ecology and the human spirit. Houghton Mifflin Company, Boston, 1992, 408 pp., ISBN 0-395-57821-3.
- HOWARD,G.S.: Adapting human lifestyles for the 21st century. American Psychologist 55, 2000, 509-515

VERTIKÁLNA VARIABILITA VYBRANÝCH VLASTNOSTÍ FLUVIZEME GLEJOVEJ

VERTICAL VARIABILITY OF SELECTED PROPERTIES OF GLEYIC FLUVISOL

Božena Šoltysová, Dana Kotorová

*Slovenské centrum poľnohospodárskeho výskumu – Ústav agroekológie Michalovce
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, e-mail: soltysova@scpv-ua.sk*

Abstrakt

V rokoch 2006 – 2007 sa v podmienkach ťažkej fluvizeme glejovej sledovala vertikálna variabilita fyzikálnych, hydrofyzikálnych a chemických vlastností. Výskum sa realizoval na dvoch variantoch: Ex – experimentálny a Ko – kontrolný. Pôdne vzorky boli odoberané z hĺbky 0,0 – 0,6 m po 0,1 m v jarnom období roku 2006 a v jesennom období rokov 2006 a 2007. Z pôdnych vlastností boli sledované: zrnitostné zloženie, objemová hmotnosť, celková pórovitosť, maximálna kapilárna kapacita, obsah celkového dusíka, prístupného fosforu, draslíka, horčíka, výmenná pôdna reakcia a obsah humusu. Obsah ílovitých častíc na oboch sledovaných variantoch sa v profile 0,0 – 0,6 m pohyboval v intervale 59,41 – 68,52 %, čo zodpovedá ílovito-hlinitej až ílovitej pôde. Objemová hmotnosť bola v priemere vyššia na experimentálnom variante. Hodnotené fyzikálne a hydrofyzikálne parametre boli štatisticky významne ovplyvnené variantom, rokom sledovania i hĺbkou pôdneho profilu. Obsah ílovitých častíc bol štatisticky najvýznamnejšie ovplyvnený hĺbkou odberu. Hodnoty sledovaných chemických parametrov pôdy boli štatisticky vysoko preukazne ovplyvnené hĺbkou odberu a ročníkom. S hĺbkou pôdneho profilu bol zistený pokles prístupného fosforu, draslíka, celkového dusíka a humusu. V spodnom profile pôdy však boli zistené vyššie obsahy prístupného horčíka a výmennej pôdnej reakcie. V pôdnom profile 0,0 – 0,6 m v roku 2007 poklesol obsah prístupného horčíka, celkového dusíka a výmennej pôdnej reakcie v porovnaní s východiskovým stavom. Obsah prístupného fosforu a draslíka sa naopak preukazne zvýšil. Obsahy prístupných živín, celkového dusíka a pôdnej reakcie boli vysoko preukazne ovplyvnené variantom.

Kľúčové slová: fluvizem glejová, fyzikálne, hydrofyzikálne a chemické vlastnosti pôdy, pôdny profil

Abstract

Vertical variability of physical, hydrophysical and chemical properties of heavy Gleyic Fluvisol were observed in years 2006 – 2007. Research was realized on two variants: Ex – experimental and Ko – control. Soil samples were taken from depth 0.0 – 0.6 m from each 0.1 m in spring time year 2006 and in autumn time years 2006 – 2007. From soil properties were observed as follows: granulometric composition, bulk density, total porosity, maximum capillary capacity, content of total nitrogen, available phosphorus, available potassium, magnesium, exchange soil reaction and humus

content. On both variants in soil profile 0.0 – 0.6 m content of clay particles was in range 59.41 – 68.52 % and soil is characterized as clay-loamy soil till clayey soil. In average bulk density was higher at experimental variant. On valued of physical and hydrophysical soil parameters had statistically significant effect variant, year and depth of soil profile. Depth of soil profile had statistically significant effect on content of clay particles. Depth taking and year statistically significant influenced values of observed chemical soil parameters. With depth of soil profile decreasing of available phosphorus, potassium, total nitrogen and humus were determined. In lower of soil profile higher contents of available magnesium and exchange soil reaction were ascertained. In soil profile 0.0 – 0.6 m decreased contents of available magnesium, total nitrogen and exchange soil reaction in year 2007 in comparison with initial stage. The available phosphorus and potassium contents were significant increased. Variants statistically significant influenced contents of available nutrients, total nitrogen and soil reaction.

Key words: Gleyic Fluvisol, physical, hydrophysical and chemical soil properties, soil profile

Úvod

Pôda je nenahraditeľným prírodným zdrojom celosvetového významu a základným výrobným prostriedkom pre poľnohospodársku výrobu. Vlastnosti pôdy sa menia aj v závislosti od priestorového usporiadania a rozloženia pôdnej hmoty a ovplyvňuje ich aj výber oševného postupu, realizované obrábanie a hnojenie plodín (Kováč et al., 1997; Šoltysová et al., 2004; Horáček et al., 2005).

K významným poľnohospodárskym oblastiam Slovenska patrí Východoslovenská nížina (VSN), ktorá sa vyznačuje špecifickými agroekologickými podmienkami. K týmto špecifickým podmienkam patrí striedanie pôdnych druhov na veľmi krátkych vzdialenostiach, vysoké zastúpenie ťažkých až veľmi ťažkých pôd, ktoré sa vyznačujú nepriaznivými fyzikálnymi, chemickými a biologickými vlastnosťami, čo je spôsobené vysokým obsahom ílovitých častíc nielen v ornici, ale aj v podornici (Vilček, 2005). Tieto faktory spôsobujú významnú heterogenitu pôdneho profilu, ktorá sa odráža v nevyrovnaných vlastnostiach pôdy.

Cieľom práce je poukázať na vertikálnu variabilitu fyzikálnych, hydrofyzikálnych a chemických vlastností rozdielne obhospodarovanej fluvizeme glejovej.

Materiál a metódy

V rokoch 2006 – 2007 sa na experimentálnom pracovisku Slovenského centra poľnohospodárskeho výskumu – Ústavu agroekológie Michalovce v Milhostove sledovali zmeny fyzikálnych a chemických vlastností rozdielne obhospodarovanej pôdy. Experimentálne pracovisko sa nachádza v centrálnej časti VSN v nadmorskej výške 101 m, severná šírka 48°41', východná dĺžka 21°43'.

V danej lokalite sa nachádzajú fluvizeme glejové (FM_G), ktoré vznikli v dôsledku dlhodobého pôsobenia podzemnej a povrchovej vody na veľmi ťažkých aluviálnych sedimentoch s nepriaznivými fyzikálnymi a fyzikálno-chemickými vlastnosťami. Ich agronomické vlastnosti sú podmienené podielom ílovitých častíc v celom pôdnom profile, resp. iba v podornici. Ornica má hrudkovitú štruktúru s vysokou pútačou schopnosťou a je ťažko priepustná v celom profile.

Výskum sa realizoval na dvoch variantoch: Ex – experimentálny – X. hon v poľnom stacionárnom pokuse; Ko – kontrolný – dlhodobo neobrábaný variant. Pôdne vzorky boli odoberané z hĺbky 0,0 – 0,6 m po 0,1 m v jarnom období roku 2006, ktorý slúžil ako východiskový stav a v jesennom období v rokoch 2006 a 2007. Sledované pôdne parametre boli stanovené známymi analytickými metódami (Kobza et al., 1999).

Z fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností boli sledované: objemová hmotnosť redukovaná (ρ_d , $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$), celková pórovitosť (Po, %) a maximálna kapilárna kapacita (Θ_{MKK} , %). Obsah zŕn I. kategórie (< 0,01 mm) bol stanovený pipetovacou metódou.

Z chemických vlastností pôdy sa sledovali tieto ukazovatele: obsah celkového dusíka (N_t , $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), prístupného fosforu (P, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), draslíka (K, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), horčíka (Mg, $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), výmenná pôdna reakcia (pH/KCl) a obsah humusu (%).

Získané výsledky boli spracované matematicko-štatistickými metódami (Grofík, Flák, 1990).

Výsledky a diskusia

Vertikálna variabilita pôdneho profilu fluvizeme glejovej súvisí s vývojom tohto pôdneho typu v podmienkach VSN (Šútor et al., 2002). Fyzikálne a hydrofyzikálne vlastnosti pôdy sú výrazne podmienené jej zrnitostným zložením. Obsah ílovitých častíc na oboch sledovaných variantoch sa v profile 0,0 – 0,6 m pohyboval v intervale 59,41 – 68,52 % (tabuľka 1), čo zodpovedá ílovito-hlinitej až ílovitej pôde.

Hodnoty objemovej hmotnosti redukovanej, celkovej pórovitosti a maximálnej kapilárnej kapacity fluvizeme glejovej zistené v poľných experimentoch sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1 Obsah zŕn I. kategórie a hodnoty vybraných fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností v pôdnych profiloch fluvizeme glejovej

hĺbka [m]	Ex			Ko			Ex			Ko		
	VS	2006	2007	VS	2006	2007	VS	2006	2007	VS	2006	2007
	I. kategória [%]						ρ_d [$\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$]					
0,0–0,1	65,97	61,57	66,52	67,90	61,49	62,62	1 384	1 436	1336	1 282	1 287	1317
0,1–0,2	66,26	63,73	63,94	68,20	62,58	65,04	1 337	1 544	1368	1 184	1 331	1374
0,2–0,3	67,76	66,49	68,52	66,96	63,88	67,66	1 293	1 435	1379	1 308	1 415	1370
0,3–0,4	64,03	65,52	60,34	65,37	64,14	66,51	1 461	1 435	1495	1 434	1 521	1429
0,4–0,5	63,28	62,57	62,46	60,87	65,55	65,45	1 534	1 438	1449	1 534	1 509	1463
0,5–0,6	61,07	62,91	62,87	59,41	64,24	66,91	1 567	1 516	1477	1 514	1 532	1474
priemer	64,73	63,80	64,11	64,79	63,65	65,70	1 429	1 467	1417	1 376	1 433	1404
	Po [%]						Θ_{MKK} [%]					
0,0–0,1	47,60	45,63	49,43	51,46	51,27	50,13	42,82	37,20	41,03	42,92	42,50	38,28
0,1–0,2	49,38	41,56	48,22	55,17	49,60	47,99	43,62	37,90	40,00	47,65	42,95	41,60
0,2–0,3	51,06	45,66	47,78	50,48	46,44	48,13	43,15	40,75	39,35	45,23	43,15	39,08
0,3–0,4	44,67	45,69	43,41	45,71	42,41	45,91	41,55	40,80	36,13	40,88	36,10	39,65
0,4–0,5	41,92	45,57	45,12	41,91	42,86	44,60	37,53	40,65	36,68	38,78	39,25	38,30
0,5–0,6	40,69	42,62	44,09	42,66	41,99	44,18	36,48	39,50	36,45	36,88	38,05	39,73
priemer	45,89	44,46	46,34	47,90	45,76	46,82	40,86	39,47	38,27	42,05	41,17	39,44

kde: Ex – experimentálny variant, Ko – kontrolný variant, ρ_d – objemová hmotnosť redukovaná, Po – celková pórovitosť, Θ_{MKK} – maximálna kapilárna kapacita

Objemová hmotnosť dosahovala v celej hĺbke sledovaného pôdneho profilu na oboch variantoch hodnoty 1 184 – 1 567 kg.m⁻³ a v priemere bola vyššia na experimentálnom variante. Oproti východiskovému stavu boli v ďalších odberoch na kontrolnom variante hodnoty tohto parametra vyššie o 28 – 57 kg.m⁻³, na experimentálnom variante to nebolo jednoznačné. Dá sa predpokladať v súlade s Kováčom a Švančárkovou (2003), či Kotorovou (2007), že hospodárenie na pôde vplyva na obsah vody v pôde, čo sa následne prejaví aj na hodnotách objemovej hmotnosti redukovanej.

Celková pórovitosť pôdy silne korešponduje s objemovou hmotnosťou. Ako vyplýva z údajov v tabuľke 1, na experimentálnom variante sa celková pórovitosť nachádzala v intervale 51,06 – 40,69 %. Na kontrolnom variante bolo rozpätie hodnôt 55,17 – 41,91 %. Podľa Ledvinu et al. (2004) pri orbe sa dá predpokladať lepší štruktúrny stav oranej vrstvy do hĺbky cca 0,25 m, o čom svedčí vyššia pórovitosť v ornici ako v podornici.

Tab. 2 Analýza rozptylu obsahu zŕn I. kategórie a fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností fluvizeme glejovej

zdroj variability	stupeň voľnosti	I. kategória		ρ_d		Po		Θ_{MKK}	
		Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P
variant	1	6,053	+	13,724	++	13,657	++	11,892	++
rok	2	3,669	+	10,440	++	10,294	++	23,421	++
hĺbka	5	6,785	++	46,144	++	46,124	++	22,493	++
opakovanie	3	0,063	-	1,021	-	0,764	-	0,694	-
zvyšok	132								
celkom	143	+P<0,05 ++P<0,01							

kde: Fvyp – vypočítaná F-hodnota, P – vplyv faktora preukazný na hladine $\alpha = 0,05$ alebo $\alpha = 0,01$

Maximálna kapilárna vodná kapacita súvisí so zásobou vody v pôde, heterogenitou pôdneho profilu a obsahom ílovitých častíc. Na oboch sledovaných variantoch sa jej hodnoty pohybovali v rozpätí 36,10 – 47,65 % a rozdiely medzi sledovanými variantmi boli významné. Podobné výsledky pre ťažké pôdy Východoslovenskej nížiny publikovali aj Matí et al. (2007).

Z analýzy rozptylu (tabuľka 2) vyplynul štatisticky významný vplyv variantu, roku sledovania i hĺbky pôdneho profilu na objemovú hmotnosť, celkovú pórovitosť i maximálnu kapilárnu kapacitu fluvizeme glejovej. Obsah ílovitých častíc bol štatisticky najvýznamnejšie ovplyvnený hĺbkou odberu.

Spôsob hospodárenia na pôde ovplyvňuje aj chemické parametre pôdy. V tabuľke 3 sú uvedené zmeny prístupných živín (P, K, Mg) a celkového dusíka v pôdnych profiloch fluvizeme glejovej. V sledovanom období v pôdnom profile 0,0 – 0,6 m sa obsah prístupného fosforu vyskytoval v rozmedzí 14,1 – 29,4 mg.kg⁻¹, draslíka 156,2 – 227,6 mg.kg⁻¹, horčíka 597,8 – 728,5 mg.kg⁻¹ a celkového dusíka 0,152 – 0,213 %. Z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov rozborov pôd majú obidva varianty hospodárenia nízky až vyhovujúci obsah prístupného fosforu, vyhovujúci obsah prístupného draslíka a veľmi vysoký obsah prístupného horčíka. Značné zmeny vlastností pôdy rozdielne obhospodarovaných zaznamenali aj Danilovič, Hnát (2004).

Tab. 3 Obsah prístupných živín (P, K, Mg), celkového dusíka, pôdnej reakcie a humusu v pôdnych profiloch fluvizeme glejovej

hĺbka [m]	Ex			Ko			Ex			Ko		
	VS	2006	2007	VS	2006	2007	VS	2006	2007	VS	2006	2007
	P [mg.kg ⁻¹]						K [mg.kg ⁻¹]					
0,0–0,1	40,9	37,3	41,7	31,7	24,3	26,0	193,5	243,5	267,4	184,7	184,0	203,0
0,1–0,2	41,6	27,5	41,3	30,6	23,2	24,3	194,3	197,4	254,1	207,5	191,9	190,9
0,2–0,3	42,4	22,6	40,4	30,8	26,7	20,4	192,3	196,9	247,9	193,4	208,7	194,0
0,3–0,4	9,9	20,7	28,4	8,6	8,1	14,6	129,8	184,7	235,3	136,3	184,1	185,0
0,4–0,5	4,0	8,8	16,0	2,3	1,6	4,9	114,9	163,0	201,5	131,0	148,8	181,2
0,5–0,6	1,8	1,2	9,0	0,2	0,8	3,9	112,3	160,8	159,6	110,6	162,9	160,9
priemer	23,4	19,7	29,4	17,4	14,1	15,7	156,2	191,1	227,6	160,6	180,1	185,8
	Mg [mg.kg ⁻¹]						N _t [%]					
0,0–0,1	711,6	680,5	598,8	691,6	653,8	655,1	0,251	0,229	0,215	0,274	0,227	0,227
0,1–0,2	709,9	689,9	602,9	718,7	672,9	662,6	0,266	0,234	0,176	0,278	0,232	0,193
0,2–0,3	732,8	676,8	612,9	717,6	641,5	699,5	0,248	0,223	0,193	0,250	0,225	0,183
0,3–0,4	702,7	729,6	567,7	733,2	655,0	692,0	0,175	0,188	0,156	0,189	0,184	0,135
0,4–0,5	704,7	719,5	594,6	736,7	692,7	784,6	0,150	0,163	0,148	0,153	0,100	0,088
0,5–0,6	710,5	736,3	609,7	772,9	702,5	817,0	0,130	0,148	0,141	0,131	0,074	0,085
priemer	712,0	705,4	597,8	728,5	669,7	718,5	0,203	0,198	0,172	0,213	0,174	0,152
	pH/KCl						humus [%]					
0,0–0,1	6,32	6,07	5,72	5,35	5,58	5,45	3,32	3,34	3,46	3,78	3,34	3,82
0,1–0,2	6,46	6,00	5,80	5,42	5,62	5,61	3,38	3,38	3,40	3,83	3,31	3,55
0,2–0,3	6,35	6,04	5,85	5,50	5,61	5,66	3,66	2,95	3,15	3,68	3,35	3,46
0,3–0,4	6,32	6,14	6,00	5,73	5,69	5,73	2,54	2,93	2,50	2,60	2,46	2,61
0,4–0,5	6,37	6,18	6,00	5,84	5,74	5,78	1,58	2,42	2,20	1,98	1,45	1,82
0,5–0,6	6,38	6,23	5,89	5,92	5,89	5,89	1,30	1,72	1,89	1,49	1,24	1,65
priemer	6,37	6,11	5,88	5,63	5,69	5,69	2,63	2,79	2,77	2,89	2,53	2,82

kde: Ex – experimentálny variant, Ko – kontrolný variant

Z analýzy rozptylu vyplynulo, že obsahy prístupných živín a celkového dusíka boli vysoko preukazne závislé od hĺbky odberu, variantu a ročníka (tabuľka 4). Z hľadiska hĺbky pôdneho profilu bol v profiloch pôdy experimentálneho a kontrolného variantu zistený pokles prístupného fosforu, draslíka a celkového dusíka. Rozdiel obsahu prístupného fosforu medzi prvým a posledným profilom pôdy bol priemerne 30,9 mg.kg⁻¹, prístupného draslíka 68,2 mg.kg⁻¹ a celkového dusíka 0,119 %. Naopak v nižších profiloch pôdy boli zistené vyššie hodnoty prístupného horčíka o 59,6 mg.kg⁻¹ v porovnaní s prvým pôdnym profilom.

Tab. 4 Analýza rozptylu prístupných živín (P, K, Mg), celkového dusíka, pôdnej reakcie a obsahu humusu fluvizeme glejovej

zdroj variability	stupeň voľnosti	P		K		Mg		N _t		pH/KCl		humus	
		Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P	Fvyp	P
variant	1	118,61	++	28,72	++	23,44	++	12,89	++	342,23	++	0,01	-
rok	2	18,06	++	86,57	++	26,39	++	70,00	++	25,99	++	0,24	+
hĺbka	5	206,48	++	60,99	++	6,67	++	174,65	++	13,48	++	17,59	++
opakovanie	3	0,01	-	0,08	-	0,21	-	0,08	-	1,21	-	0,00	-
zvyšok	132	⁺ P<0,05 ⁺⁺ P<0,01											
celkom	143												

kde: Fvyp – vypočítaná F-hodnota, P – vplyv faktora preukazný na hladine $\alpha = 0,05$ alebo $\alpha = 0,01$

V celom pôdnom profile boli na experimentálnom variante zistené vyššie obsahy prístupného fosforu o $8,5 \text{ mg.kg}^{-1}$, draslíka o $16,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ a celkového dusíka o $0,012 \%$ oproti kontrolnému variantu. Naopak obsahy prístupného horčíka boli o $33,9 \text{ mg.kg}^{-1}$ vyššie na kontrolnom variante v porovnaní s priemernou hodnotou na experimentálnom variante.

V rokoch 2006 a 2007 boli v pôdnom profile 0,0 – 0,6 m zistené nižšie obsahy prístupného horčíka a celkového dusíka v porovnaní s východiskovým stavom. Obsah prístupného draslíka sa naopak preukazne zvýšil. Pri fosfore bol v roku 2006 zistený preukazný pokles a v roku 2007 naopak preukazné zvýšenie v porovnaní s východiskovým stavom.

Na sledovaných variantoch bol zistený vysoký rozptyl hodnôt výmennej pôdnej reakcie. V jednotlivých pôdných profiloch sa hodnoty pôdnej reakcie vyskytovali v rozmedzí 5,72 – 6,46 na experimentálnom a 5,35 – 5,89 na kontrolnom variante (tabuľka 3). Z uvedených hodnôt pôdnej reakcie je možné na experimentálnom variante hovoriť o pôde so slabou kyslou a na kontrolnom variante s kyslou až slabou kyslou pôdnou reakciou.

Z analýzy rozptylu vyplynulo, že hodnoty pôdnej reakcie boli vysoko preukazne závislé od variantu, ročníka a hĺbky odberu (tabuľka 4). V pôdnom profile 0,0 – 0,6 m boli na experimentálnom variante zistené vyššie hodnoty výmennej pôdnej reakcie o 0,45 v porovnaní s kontrolným variantom. Závislosti pôdnej reakcie od zloženia profilu pôdy zistili aj Gábriš et al. (1995).

V rokoch 2006 a 2007 preukazne poklesla hodnota výmennej pôdnej reakcie v porovnaní s východiskovým stavom. Ročníkovú variabilitu hodnôt pôdnej reakcie potvrdila aj Feriancová (2003). S poklesom pôdnej hĺbky bol zistený mierny nárast hodnôt pôdnej reakcie.

Ornica experimentálneho aj kontrolného variantu je dobre humóznou s priemerným obsahom humusu na experimentálnom variante 3,34 % a na kontrolnom variante 3,57 % (tabuľka 3). V celom pôdnom profile bol obsah humusu na experimentálnom (2,73 %) a kontrolnom variante (2,75 %) porovnateľný.

Obsah humusu bol vysoko preukazne ovplyvnený hĺbkou odberu (tabuľka 4). S poklesom pôdnej hĺbky bol zistený pokles obsahu humusu. Na kontrolnom variante bol medzi prvým a posledným pôdnym profilom pôdy zistený výraznejší pokles humusu o 2,19 % než na experimentálnom variante (1,73 %).

V roku 2006 bol v pôdnom profile 0,0 – 0,6 m zistený preukazne nižší obsah humusu a v roku 2007 nepreukazne zvýšenie v porovnaní s východiskovým stavom.

Záver

Zo sledovania vertikálnej variability pôdných vlastností rozdielne obhospodarovanej fluvizeme glejovej je možné formulovať nasledovné závery:

Obsah ílovitých častíc na oboch sledovaných variantoch sa v profile 0,0 – 0,6 m pohyboval v intervale 59,41 – 68,52 %, čo zodpovedá ílovito-hlinitej až ílovitej pôde. Objemová hmotnosť bola v priemere vyššia na experimentálnom variante (1 417 – 1 467 kg.m⁻³) v porovnaní s kontrolným variantom (1 376 – 1 433 kg.m⁻³). Hodnoty celkovej pórovitosti korešpondovali s objemovou hmotnosťou a nachádzali sa v intervale 55,17 – 40,69 %. Maximálna kapilárna kapacita dosahovala hodnoty charakteristické pre ťažké fluvizeme glejové (36,10 – 47,65 %).

Hodnotenú fyzikálne a hydrofyzikálne parametre boli štatisticky významne ovplyvnené variantom, rokom sledovania i hĺbkou pôdneho profilu. Obsah ílovitých častíc bol štatisticky najvýznamnejšie ovplyvnený hĺbkou odberu.

Spôsob hospodárenia na pôde ovplyvňuje chemické parametre pôdy. Obsahy celkového dusíka, prístupných makroživín (P, K, Mg), pôdnej reakcie a humusu v pôdných profiloch fluvizeme glejovej sa vyskytovali v širokom rozmedzí. Z hľadiska kritérií pre hodnotenie výsledkov rozborov pôd majú obidva varianty hospodárenia nízky až vyhovujúci obsah prístupného fosforu, vyhovujúci obsah prístupného draslíka, veľmi vysoký obsah prístupného horčíka, kyslú až slabo kyslú pôdnu reakciu a sú dobre humózne.

Hodnoty sledovaných chemických parametrov pôdy boli vysoko preukazne ovplyvnené hĺbkou odberu a ročníkom. S poklesom pôdnej hĺbky na experimentálnom a kontrolnom variante bol zistený pokles prístupného fosforu, draslíka, celkového dusíka a humusu (rozdiel medzi prvým a posledným profilom pôdy: Δ 30,9 mg.kg⁻¹ P, Δ 68,2 mg.kg⁻¹ K, Δ 0,119 % N_t, Δ 1,96 % humusu). Naopak v najnižšom profile pôdy boli zistené vyššie hodnoty prístupného horčíka o 59,6 mg.kg⁻¹ a pôdnej reakcie o 0,28 v porovnaní s prvým profilom pôdy.

V pôdnom profile 0,0 – 0,6 m v roku 2007 poklesol obsah prístupného horčíka, celkového dusíka a výmennej pôdnej reakcie v porovnaní s východiskovým stavom. Obsah prístupného fosforu a draslíka sa naopak preukazne zvýšil. Pri humuse bolo v roku 2007 nepreukazne zvýšenie hodnôt v porovnaní s východiskovým stavom.

Obsahy prístupných živín, celkového dusíka a pôdnej reakcie boli vysoko preukazne ovplyvnené aj variantom. V celom pôdnom profile boli na experimentálnom variante zistené vyššie obsahy prístupného fosforu o 8,5 mg.kg⁻¹, draslíka o 16,1 mg.kg⁻¹, celkového dusíka o 0,012 %, pôdnej reakcie o 0,45 oproti kontrolnému variantu. Naopak obsahy prístupného horčíka boli o 33,9 mg.kg⁻¹ vyššie na kontrolnom variante v porovnaní s priemernou hodnotou na experimentálnom variante.

V celom pôdnom profile bol obsah humusu na experimentálnom (2,73 %) a kontrolnom variante (2,75 %) porovnateľný.

Literatúra

- DANILOVIČ, M., HNÁT, A., 2004: Bilancia živín pri pestovaní kukurice siatej. In: Zborník vedeckých prác č. 20. Michalovce: OVÚA, 2004, s. 5-13. ISBN 90-969094-1-X.
- FERIANCOVÁ, L., 2003: Hodnotenie obsahu živín a pôdnej reakcie v substráte na experimentálnej strešnej záhrade. In: Acta horticulturae et regiotecturae, roč. 6, 2003, č. 2, s. 44-46.
- FULAJTÁR, E., 2006: Fyzikálne vlastnosti pôdy. 1. vyd. Bratislava : VÚPOP, 2006. 142 s. ISBN 80-89128-20-3.
- GÁBRIŠ, L., RAKOVSKÁ, A., HAVRAN, P., 1995: Zmeny pôdnej reakcie pri aplikácii štandardných a pomaly pôsobiacich dusíkatých priemyselných hnojív. In: Poľnohospodárstvo, roč. 41, 1995, č. 2, s. 81-88.
- GROFÍK, R., FLAK, P., 1990: Štatistické metódy v poľnohospodárstve. 1. vyd. Bratislava : Príroda, 1990. 344 s. ISBN 80-07-00018-6.
- HORÁČEK, J., LEDVINA, R., ČECHOVÁ, V. ET AL. 2005: Zmeny organické hmoty při půdoochranném zpracování kambizemě. In: Štvrté pedologické dni na Slovensku : zborník referátov z vedeckej konferencie. Bratislava : VÚPOP, 2005, s. 155-160. ISBN 80-89128-18-1.
- KOBZA, J. ET AL. 1999: Čiastkový monitorovací systém – pôda: Závazné metódy. 1. vyd. Bratislava : Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 1999. 138 s. ISBN 80-85361-55-8.
- KOTOROVÁ, D., 2007: Zmeny vlastností ílovito-hlinitej pôdy pri jej rozdielnom obrábaní. In: Agriculture (Poľnohospodárstvo), roč. 53, 2007, č. 4, s. 183-190. ISSN 0551-3677.
- KOVÁČ, K., ŠVANČÁRKOVÁ, M., 2003: The influence of various agrotechnical factors on soil physical properties. In: Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 49, 2003, N. 12, pp. 608-618. ISSN 0551-3677.
- KOVÁČ, K., JURČOVÁ, O., VILČEK, J., 1997: Osevné postupy. Nitra : SPU, 1997, 81 s. ISBN 80-7137-369-9.
- LEDVINA, R., ET AL. 2004: Půdoochranné technologie pro pěstování polních plodin. In: Collection of Scientific Papers. Series for Crop Sciences. České Budějovice : Faculty of Agriculture, roč. 21, 2004, N. 2, pp. 61–66. ISBN 1212-0731.
- MATI, R., PAVELKOVÁ, D., IVANČO, J., 2007: Zásoba pôdnej vody v ťažkých pôdach Východoslovenském nížiny pri rozdielnom obrábaní. In: Acta hydrologica slovacica, roč. 8, 2007, č. 2, s. 210-216. ISSN 1335-6291.
- ŠOLTYSOVÁ, B., MATI, R., KOTOROVÁ, D., 2004: Stav chemických vlastností pôd na Východoslovenskej nížine. In: Tretie pôdoznalecké dni v Slovenskej republike : Zborník referátov z medzinárodnej konferencie [CD-ROM]. Mojmirovce : SPS, VÚPOP, 2004, s. 323-327. ISBN 80-89128-11-4.
- ŠÚTOR, J., GOMBOŠ, M., MATI, R., IVANČO, J., 2002: Charakteristiky zóny aerácie ťažkých pôd Východoslovenskej nížiny. 1. vyd. Bratislava : ÚH SAV, Michalovce : OVÚA, 2002. 216 s. ISBN 80-968480-08-9.
- VILČEK, J., 2005: Pedogeografické špecifiká pôd Východoslovenskej nížiny. In: Realizáciou poznatkov vedy a výskumu k trvalo udržateľnému poľnohospodárstvu. VÚRV – ÚAe, Michalovce, s. 93-97. ISBN 80-88790-40-9.

MOŽNOSŤ VYUŽITIA OČISTENÝCH VÔD Z ČISTIARNÍ ODPADOVÝCH VÔD PRI ZAVLAŽOVANÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD

POSSIBILITY OF USAGE OF TREATED WASTEWATER FOR IRRIGATION OF AGRICULTURAL SOILS

Stanislav Torma¹, Ján Halas¹, Svetla Marinova², Peter Dimitrov³

¹*Výskumný ústav pôdoznactva a ochrany pôdy, Bratislava, pracovisko Prešov,
Raymannova 1, 080 01 Prešov*

²*Výskumný ústav pôdoznactva, Sofia, Bulharsko*

³*Ústav poľnohospodárskej mechanizácie, Sofia, Bulharsko*

Abstrakt

Využitie očistenej vody z čistiarní odpadových vôd pre zavlažovanie poľnohospodárskych pôd je spôsob nielen pre intenzifikáciu poľnohospodárstva, ale aj pre ochranu vodných tokov. Cieľom tejto práce je vývoj a implementácia systému hodnotenia a využitia očistených vôd z čistiarní odpadových vôd. Predmetom práce je riešenie špecifických, teoretických a praktických úloh, ako aj hodnotenie efektu týchto vôd na úrodu plodín vo vegetačných pokusoch a vývoj systému agro-ekologického hodnotenia očistených vôd. Tento systém pomáha riešiť environmentálne a ekologické problémy spoločnosti, ktoré sú úzko späté s trvalo udržateľným poľnohospodárstvom.

Kľúčové slová: očistené vody z čistiarní odpadových vôd, zavlažovanie, pôdna úrodnosť

Abstract

The usage of treated wastewater for irrigation in agricultural fields of villages is an option not only for the intensification of the agriculture but also for the protection of the water flows from pollution, as well. The fundamental goal of this work is development and implementation of a system for assessment and usage in agriculture of the treated water coming from wastewater treatment stations. The objectives are the solutions of specific theoretical and practical tasks, as well as assessment of the treated water effect on products in greenhouses' experiments, and development and implementation of the system for agro-ecological assessment of the treated water. The system helps solving some environmental and economic problems of the society, which are strongly related to the sustainable agricultural development.

Key words: treated wastewater, irrigated agriculture, soil fertility

Úvod

V súčasnosti je v prevádzke množstvo čistiarní odpadových vôd, ktoré boli postavené v minulých rokoch. Finálnym produktom procesu biologického čistenia vôd sú očistené vody a čistiarenský kal. Očistené čistiarenské vody sa príliš často dostávajú do

vodných tokov, namiesto toho, aby sa využili na zavlažovanie alebo inú aplikáciu do pôdy. Vývoj technologických riešení použitia očistených vôd v poľnohospodárstve vyžaduje hodnotenie charakteristík týchto vôd z pohľadu možností zavlažovania poľnohospodárskych plodín. Aby sa takéto vody dali použiť pri zavlažovaní plodín, musia spĺňať určité indikátory kvality: chemické zloženie, obsah organických látok, teplotu, obsah ťažkých kovov a pod. Tieto indikátory závisia aj od štruktúry pôdy, prípadného existujúceho drenážneho systému, charakteristiky zrážok v danom regióne, pozadových hodnôt obsahov ťažkých kovov v pôde, meteorologických a hydrogeologických pomerov, zavlažovacej techniky, ako aj prijatých agrotechnických opatrení. Vhodnosť použitia očistených vôd pre zavlažovanie môže byť určená na základe výsledkov chemických analýz, vegetačných a poľných pokusov, ako aj porovnávaní rôznych plodín zavlažovaných čistou, resp. očistenou vodou z čistiarní odpadových vôd počas dlhšieho sledovaného obdobia. Práce Panorás et al. (1998, 1999, 2000, 2001) boli brané ako základ pre tento výskum. Hlavným cieľom práce bolo rozpracovanie systému využitia očistených vôd z čistiarní odpadových vôd v poľnohospodárstve. Teoretickou a praktickou úlohou je vyhodnotenie efektu aplikovanej očistenej vody v skleníkových pokusoch, vývoj a implementácia technológie pre agro-ekologické ohodnotenie očistených vôd. Aj keď výsledky prezentované v tejto práci, vychádzajú z pokusov prevádzkovaných v spolupráci s bulharskými spolupracovníkmi, myšlienku a systém hodnotenia možnosti využitia očistených vôd pre účely zavlažovania možno s úspechom využiť v ľubovoľných agro-ekologických podmienkach.

Materiál a metódy

Pre hodnotenie vhodnosti použitia očistených vôd z ČOV v poľnohospodárstve boli použité výsledky analýz vôd, ako aj údaje zo skleníkových pokusov. Pokusy boli uskutočňované s použitím očistenej vody z mestskej čistiarne odpadových vôd v Sofii (Bulharsko).

Charakteristika očistenej vody z hľadiska možného zavlažovania poľnohospodárskych plodín

Priemerné denné a priemerné mesačné vzorky vody boli brané za základ hodnotenia možnosti využitia očistenej vody z ČOV pre zavlažovanie. Bol uskutočnený monitoring vlastností vôd, tzn. boli odobraté tzv. denné (24-hodinové) vzorky (odber sa uskutočnil každé dve hodiny – tabuľka 1), ako aj tzv. mesačné vzorky (odoberané medzi 9,00 a 13,00 hod v priebehu jedného mesiaca – tabuľka 2). Tieto údaje tvorili základ určovania množstva biogénnych prvkov a ťažkých kovov, ktoré môžu byť akumulované rastlinami počas používania očistených vôd pre účely zavlažovania.

Využitie očistenej vody z ČOV pre zavlažovanie rastlín

Výskum využitia očistenej vody bol realizovaný vo vegetačných pokusoch s kapustou, kukuricou, šalátom a lucernou. Okrem lucerny boli ostatné 3 plodiny po zbere úrody hnojené minerálnymi živinami v dávkach 2,73 g N/nádoba, 1,4 g P/nádoba a 1,25 g K/nádoba. Počas vegetácie boli urobené biometrické merania vývoja rastlín a po skončení vegetácie bola vyhodnotená úroda a odobraté priemerné rastlinné vzorky pre stanovenie makro a mikroprvkov a ťažkých kovov.

Na vegetačný pokus bola použitá pôda z oblasti obce Kubratovo, ležiacej bezprostredne pri Sofii. Išlo o pseudoglej typický s obsahom humusu 1,8 %, obsahom

prístupných foriem fosforu 130 mg.kg^{-1} pôdy, draslíka 230 mg.kg^{-1} pôdy, obsah celkového dusíka bol 0,147 %. Pôda bola hlinito-piesočnatá s obsahom ílovej frakcie 25,7 % v ornici a 63,9 % v podornici. Varianty boli založené v 3 kg nádobách v 4 opakovaníach. Je dôležité uviesť, že vzhľadom na vysokú teplotu v skleníkoch, ako aj vysoké vyparovanie vody rastlinami, bolo použité veľké množstvo vody, ktoré nie je typické pre veľkovýrobné podmienky, a preto mohlo dôjsť v krátkom čase k významným zmenám v chemických vlastnostiach pôdy aj rastlín.

Výsledky a diskusia

Hodnotenie použitia očistenej vody pre účely zavlažovania v závislosti od obsahu ťažkých kovov

Ťažké kovy predstavujú nesúrodú skupinu prvkov s vyššou mernou hmotnosťou a rôznym biologickým účinkom. Ťažké kovy v pôdach a prírodných vodách sa niekedy považujú za mikroelementy, tzn. nachádzajú sa v uvedených zložkách životného prostredia v mikrokonzentráciách – mg.kg^{-1} v pôdach a $\mu\text{g.l}^{-1}$ vo vodách. Niektoré prvky, ako meď, mangán, zinok, kobalt, selén, molybdén, nikel a ďalšie sú považované za užitočné pre organický svet (rastliny, zvieratá, ľudí). Ak je ich koncentrácia vyššia, stávajú sa toxickými a z nezastupiteľných prvkov sa stávajú prvky rizikové. Iné prvky, ako olovo, kadmium, ortuť, arzén a ďalšie nemajú presne danú potrebu pre živé organizmy, avšak sú nutné pre špecifické biologické skupiny. Majú toxický účinok a vyžadujú osobitnú pozornosť. Ortuť, olovo a kadmium sú prioritní znečisťovatelia životného prostredia práve pre ich schopnosť akumulácie v organizmoch s rastúcou koncentráciou v reťazci voda – pôda – rastlina – zviera – človek. Hlavným zdrojom ťažkých kovov pre človeka je potrava. Preto poľnohospodárstvo, ako významný spotrebiteľ vody má špecifické požiadavky na jej kvalitatívne parametre vzhľadom na možný obsah ťažkých kovov v nej.

Vysoká koncentrácia priemyslu je príčinou vysokého znečistenia ovzdušia a následne aj vôd ťažkými kovmi. Rastliny pestované v takomto prostredí sú bežne používané na priamu spotrebu človekom. Ak sa k tomu pridá vysoké množstvo zavlažovanej vody, rastliny sú náchylné akumulovať ťažké kovy. Práve v takých podmienkach rastliny vyžadujú maximálnu obozretnosť v kvalite zavlažovanej vody. Nariadenie vlády SR č. 296/2005, ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitných vôd definuje maximálne prípustné koncentrácie o.i. aj ťažkých kovov v závlahových vodách. Vybrané ukazovatele sú nasledovné ($\mu\text{g.l}^{-1}$):

Cd	Pb	Cr	Mn	As	Ni	Co	Cu	Zn	Hg
200	50	200	3000	50	100	200	500	1000	5

Analýza tzv. denných (24-hodinových) vzoriek vody

Tabuľka 1 prezentuje priemerný obsah ťažkých kovov vo vzorkách očistenej vody, odoberaných v priebehu celého dňa v dvojhodinových intervaloch. Je vidieť, že koncentrácie všetkých sledovaných ťažkých kovov sú nižšie, ako povolená koncentrácia v závlahovej vode. Najviac sa maximálnej povolenej koncentrácii približuje nikel, obsah ostatných ťažkých kovov sa pohybuje pod hranicou 20 % maximálnej povolenej koncentrácie.

Sledovaná očistená voda z čistiarne odpadových vôd obsahuje ťažké kovy v tomto klesajúcom rade:

mangán > nikel > kobalt > zinok = meď > olovo > chróm > kadmium > arzén

Tab. 1 Priemerný obsah ťažkých kovov (mg.l⁻¹) vo vzorkách očistenej vody z ČOV Sofia, odobraných v priebehu dňa v dvojhodinových intervaloch (priemer z troch odberov)

Čas odberu vzoriek	Zn	Cu	Ni	Cr	Co	Mn	Pb	Cd	As
9,00	0,048	0,023	0,072	0,013	0,028	0,073	0,031	0,019	0,010
11,00	0,030	0,033	0,106	0,014	0,035	0,106	0,031	0,017	0,008
13,00	0,031	0,028	0,097	0,018	0,031	0,074	0,020	0,015	0,008
15,00	0,011	0,021	0,092	0,015	0,038	0,083	0,023	0,018	0,009
17,00	0,023	0,037	0,081	0,023	0,030	0,125	0,033	0,017	0,007
19,00	0,033	0,035	0,084	0,020	0,042	0,097	0,038	0,013	0,009
21,00	0,034	0,031	0,070	0,026	0,035	0,071	0,030	0,018	0,009
23,00	0,041	0,032	0,062	0,019	0,041	0,083	0,034	0,022	0,009
1,00	0,030	0,028	0,062	0,015	0,042	0,070	0,041	0,013	0,010
3,00	0,033	0,031	0,049	0,017	0,044	0,067	0,021	0,018	0,009
5,00	0,017	0,028	0,040	0,020	0,046	0,102	0,023	0,018	0,010
7,00	0,020	0,020	0,048	0,010	0,038	0,100	0,024	0,019	0,008
Priemer	0,029	0,029	0,072	0,018	0,038	0,088	0,027	0,017	0,009
Odchýlka	+0,019	+0,008	+0,034	+0,009	+0,009	+0,037	+0,012	+0,005	+0,001
	-0,018	-0,009	-0,032	-0,008	-0,010	-0,021	-0,009	-0,004	-0,002
Max. povolený obsah	1,000	0,500	0,100	0,200	0,200	3,000	0,050	0,200	0,050

Ak však vezmeme do úvahy percentuálny podiel z maximálnej povolenej koncentrácie, tento rad sa výrazne zmení:

nikel (72 %) > kobalt (19 %) > arzén (18 %) > chróm (9 %) > kadmium (8 %) > olovo = meď (6 %) > mangán = zinok (3 %)

Pri zavlažovaní takouto vodou je treba teda brať do úvahy možné znečistenie pôdy a následne aj rastlín práve tými prvkami, ktoré sa nachádzajú na prvých miestach v uvedenom rade.

Tab. 2 Chemická charakteristika očistenej vody z mestskej čistiarene odpadových vôd Sofia (vzorky odoberané v priebehu mesiaca) (mg.l⁻¹ vody)

Dátum odberu	N-NH ₄ ⁺	N total	P total	K total	Fe	Pb	Cd	Mn
19.5.	5	12	2,8	0,5	0,11	0,003	<0,001	0,10
21.5.	7	14	3,0	0,7	0,19	0,002	<0,001	0,11
23.5.	8	18	2,8	0,7	0,20	0,002	<0,001	0,12
26.5.	6	24	2,1	0,4	0,10	0,001	<0,001	0,15
28.5.	10	16	3,2	0,7	0,27	0,003	<0,001	0,15
30.5.	11	18	1,9	0,9	0,19	0,002	<0,001	0,16
2.6.	9	18	1,2	0,7	0,28	0,020	<0,001	0,14
4.6.	11	18	2,8	0,8	0,25	0,024	0,002	0,16
6.6.	13	16	1,8	0,8	0,26	0,019	<0,001	0,19
11.6.	10	18	0,6	0,8	0,20	0,042	0,005	0,19
12.6.	7	13	0,4	0,7	0,18	0,036	0,004	0,21
13.6.	10	21	0,4	0,7	2,69	0,057	0,011	0,20
Priemer	8,92	17,2	1,92	0,70	0,41	0,018	0,002	0,16

Dátum odberu	Zn	Cu	Ni	Cr	As	Hg	Co	pH
19.5.	0,08	0,003	0,001	0,001	0,009	0,004	0,002	8,40
21.5.	0,07	0,004	0,008	0,004	0,011	0,004	0,002	8,75
23.5.	0,06	0,005	0,007	0,005	0,007	0,003	0,001	8,57
26.5.	0,07	0,005	0,006	0,001	0,009	0,006	0,001	8,45
28.5.	0,07	0,008	0,006	0,002	0,010	0,005	0,002	7,85
30.5.	0,80	0,008	0,001	0,006	0,008	0,005	0,001	2,68
2.6.	0,08	0,010	0,011	0,012	0,007	0,004	0,004	7,75
4.6.	0,12	0,062	0,058	0,058	0,014	0,003	0,015	7,20
6.6.	0,07	0,012	0,013	0,003	0,022	0,006	0,004	8,42
11.6.	0,18	0,048	0,010	0,011	0,046	0,004	0,002	7,39
12.6.	0,19	0,130	0,035	0,063	0,075	0,009	0,026	7,20
13.6.	0,33	0,064	0,016	0,016	0,114	0,008	0,012	7,20
Priemer	0,18	0,030	0,014	0,015	0,028	0,005	0,006	7,49

Analýzy tzv. mesačných vzoriek vody

Tabuľka 2 prezentuje chemické vlastnosti očistenej vody vo vzorkách odoberaných v priebehu jedného mesiaca. Denné vzorky majú pri niektorých prvkoch vyššie koncentrácie ťažkých kovov v porovnaní s 24-hodinovými vzorkami (meď, mangán, arzén), v ostatných prípadoch sú hodnoty nižšie. Namerané koncentrácie všetkých prvkov (okrem ortuti) boli nižšie, ako je maximálna povolená koncentrácia pre závlahové vody (obsah ortuti sa nachádza presne na tolerovanej hranici), zatiaľ čo ďalšie prvky, obsah ktorých sa najviac približuje maximálnej povolenej koncentrácii vo vodách, sú arzén – dosahuje 56 % a olovo – dosahuje 36 % povolenej koncentrácie. Obsah ostatných prvkov je výrazne nižší (0,5 – 15 % povolenej koncentrácie), ako povoľuje Nariadenie vlády SR č. 296/2005.

Výsledky analýzy mesačných vzoriek ukazujú, že očistené vody majú vysoký obsah dusíka, ale zanedbateľný obsah fosforu a draslíka. Priemerný obsah dusíka v kubickom metri vody je 17,2 g N, pričom približne 50 % z celkového obsahu sa nachádza v amoniakálnej (NH_4^+) forme. Obsah fosforu v kubickom metri je 1,9 g a obsah draslíka 0,9 g.

Priemerná norma zavlažovanej vody pre kultúry je $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Pri tejto norme sa s očistenou vodou vnáša okolo 70 kg N, 7,6 kg P a 3,6 kg K. Pomer N:P:K je 1:0,12:0,05. Tento pomer nezabezpečuje vyrovnanú výživu rastlín, čo následne treba brať do úvahy pri hnojení minerálnymi hnojivami. Množstvo živín v očistenej vode nemôže uspokojiť potreby rastlín. Aplikácia fosforu a draslíka sa pri zavlažovaní neberie do úvahy vôbec a pri prepočte normy minerálneho dusíka je potrebné brať do úvahy obsah tejto živiny vo vode a na tomto základe vyrovnávať hnojenie plodín.

Hodnotenie ročných dávok ťažkých kovov do pôdy, pochádzajúcich zo závlahových vôd a výpočet počtu rokov, potrebných na dosiahnutie maximálnych povolených koncentrácií ťažkých kovov v pôde

Tabuľka 3 prezentuje okrem pozad'ových obsahov ťažkých kovov v pôde aj výpočet času, za ktorý sa pri každoročnom zavlažovaní očistenou vodou s vyššie uvedenými chemickými parametrami dosiahne maximálny prípustný obsah ťažkých kovov v pôde, ktorá bola použitá v pokusoch.

Tab. 3 Čas, za ktorý sa dosiahne maximálny prípustný obsah ťažkých kovov v pôde v závislosti od ich vstupu vo vode ($\text{mg} \cdot \text{l}^{-1}$), ich priemernom odbere rastlinami ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) a akumulácii v pôde ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) pri priemernom množstve závlahovej vody ($4000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$)

a	b	c	d	e	f	g	h
Prvok	Max. prípustný obsah ŤK	Pozad'ový obsah ŤK v pôde	b – c	Vstup ŤK do pôdy vodou	Odber ŤK rastlinami	Akumulácia e – f	Roky d / g
Zn	150	106	46	0,720	0,100	0,620	74,2
Cu	60	56	4	0,120	0,030	0,090	44,4
Pb	70	38	32	0,072	0,015	0,058	551,7
Cd	0,7	0,6	0,1	0,008	0,002	0,006	16,7
Ni	50	26	24	0,056	0,007	0,049	489,8
Co	15	12	3	0,024	0,001	0,023	130,4
Cr	70	55	15	0,060	0,002	0,058	258,6
As	25	14	9	0,112	0,010	0,102	88,2
Hg	0,5	0,05	0,45	0,020	0,003	0,017	26,5

Maximálny povolený obsah ťažkých kovov v pôde korešponduje so Zákonom NR SR č. 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy pre kategóriu stredne ťažkých pôd. Analýza výsledkov výskumu ukazuje, že nami sledovaná očistená voda z čistiarne odpadových vôd je vhodná pre zavlažovanie danej pôdy. Čas, za ktorý by došlo pri pravidelnom používaní takejto závlahovej vody k nasýteniu pôdy ťažkými kovmi až do maximálne prípustného obsahu sa značne líši podľa jednotlivých prvkov. Pri priemernej dávke vody $4000 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ a priemernom odbere ťažkých kovov rastlinami sa do úrovne maximálnej prípustnej koncentrácie v pôde nahromadí kadmium za necelých 17 rokov, ortuť za 26,5 a meď za 44,4 roka. Ostatné ťažké kovy dosiahnu maximálnu prípustnú koncentráciu za podstatne dlhší čas. Pri chróme je to 258 rokov a pri olove až 552 rokov. Očistená voda sa môže používať pre zavlažovanie bez obmedzenia, no každých 10-15 rokov treba nechať pôdu bez závlah na niekoľko rokov. To zabezpečí normálne podmienky používania očistených vôd z čistiarne odpadových vôd.

Aplikovať biologicky očistenú vodu z čistiarní odpadových vôd je možné používať na pôdach, ktoré obsahujú nižšie prirodzené množstvo ťažkých kovov, ako povoľujú zákonné normy. Obsah ťažkých kovov v pôde aj vo vodách je potrebné neustále monitorovať a periodicky kontrolovať. Výskum očistených vôd z rôznych čistiarní odpadových vôd a ich možné použitie pre závlahy poľnohospodárskych plodín bude aj naďalej pokračovať.

Záver

1. Charakteristika očistených vôd z mestskej čistiarne odpadových vôd v Sofii ukazuje, že tieto sú vhodné na zavlažovanie poľnohospodárskych plodín vzhľadom na obsah živinových prvkov a ťažkých kovov v nich, pretože uspokojujú požiadavky na kvalitu závlahovej vody.
2. Výsledky vegetačného pokusu ukázali, že sledovaná očistená voda z danej čistiarne odpadových vôd môže byť použitá na zavlažovanie poľnohospodárskych plodín, pestovaných na konkrétne zvolenej pôde.
3. Čas, za ktorý by došlo pri pravidelnom používaní takejto závlahovej vody k nasýteniu pôdy ťažkými kovmi až do maximálne prípustného obsahu (pri priemernom odbere ťažkých kovov rastlinami) sa značne líši podľa jednotlivých prvkov (od 17 rokov pre kadmium až po 550 rokov pre olovo).
4. Pre použitie očistenej vody z ČOV na účely zavlažovania je treba vykonávať analýzy vôd na obsah ťažkých kovov a taktiež aj analýzy pôd, na ktorých budú pestované zavlažované plodiny, aby neboli prekročené maximálne prípustné obsahy ťažkých kovov ani vo vode, ani v pôde.
5. V pokusoch s očistenou vodou určenou na zavlažovanie bude treba pokračovať v dlhšom časovom intervale, aby sa zistil efekt akumulácie ťažkých kovov v pôde a rastlinách v poľných podmienkach.

Pod'akovanie

V príspevku boli využité výsledky riešenia projektu APVV SK-BUL-01406, projektu APVV-0124-06 a projektu APVT-20-060805.

Literatúra

- PANORAS, A., ZDRAGAS, A., ILIAS, A., ANAGNOSTOPOULOS, K., 1998: Microbiological quality criteria for municipal wastewater reuse in agriculture. *Geotechnical Scientific Issues*, v. 9, No. 31/1998, p. 90-103, Thessaloniki, Greece.
- PANORAS, A. ET AL. 1999: Investigation of the Thessaloniki reclaimed municipal wastewater suitability for irrigation. *Geotechnical Scientific Issues*, v. 10, Issue I, No. 1/1999, p. 56-69, Thessaloniki, Greece.
- PANORAS, A., ILIAS, A. ET AL. 2000: Reuse of Treated Municipal Wastewater for Sugarbeet Irrigation. *Journal of Balkan Ecology*, v. 3, No. 4, 91- 95, Sofia, Bulgaria.
- PANORAS, A. ET AL. 2001: Corn Irrigation with Reclaimed Municipal Wastewater. *Proceedings of the 7th Internationale Conference of Envirommental Science and Technology*, 3-6 September 2001, pp. 8, Ermoupolis, Syros Island, Greece.

MOŽNÉ DOPADY KLIMATICKÝCH ZMIEN NA VODOHOSPODÁRSKU FUNKCIU LESOV – VODNÝ REŽIM PÔDY

POSSIBLE IMPACTS OF CLIMATE CHANGES ON THE WATER MANAGEMENT FUNCTION AND SOIL WATER REGIME

Ladislav Tužinský, Juraj Gregor, Viliam Pichler

*Lesnícka fakulta Technickej univerzity vo Zvolene, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen,
email: tuzinsky vsld.tuzvo.sk*

Abstrakt

Pri hodnotení vodohospodárskej funkcie lesov a pôdy sa vychádza z vplyvu lesa a pôdy na jednotlivé zložky vodnej bilancie a vodnú bilanciu ako celok. Vodohospodársku funkciu lesov a pôdy musíme v súčasnom období determinovať predovšetkým klimatickými zmenami, pokračujúcim otepľovaním ovzdušia a zmenou zrážkového režimu. Doteraz získané údaje o vodnom režime pôdy potvrdzujú, že dochádza k výraznej dynamike a periodicite vlhkostného režimu lesných pôd.

Kľúčové slová: vodohospodárska funkcia, vodná bilancia, pôdna voda, klimatické zmeny

Abstract

The assesement of water management function of forest and soil is based on the effect of forest and soils and the individual water balance components and the water balance as a whole. The water management function of forest and soil must be judged against the climate changes, atmosphere warming and changes in precipitation regime. Data collected thus far on the soil water regime confirm a pronounced dynamics and periodicity of soils water regime due to the above factors.

Key words: water management function, water balance, soil water, climate changes

Úvod

Vodohospodársku funkciu lesov definujú niektorí autori ako výsledok takej hospodárskej činnosti, ktorá zámerne vyvoláva, alebo posilňuje vodohospodársky žiaduce a potláča záporné efekty lesov (Krečmer 1971, Molčanov 1960). Papánek (1978) označuje vodohospodársku funkciu lesa ako usmernenie lesného hospodárstva na zámerné pôsobenie lesa na zlepšenie vodného hospodárstva podľa potrieb spoločnosti. Vodohospodársku funkciu vyjadruje prírodným pôsobením lesa v zmysle interakcie všetkých momentov vytvárajúcich zdroje vody pre hospodárske využitie, ako aj potrebou vodných zdrojov, ktoré lesné hospodárstvo vytvára pre obyvateľstvo a národné hospodárstvo.

Základnou požiadavkou vodohospodárskej funkcie lesa je rovnomerné zabezpečovanie dostatočnej vodnosti tokov tak, aby poskytovali maximálne množstvo disponibilnej vody.

Pri hodnotení vodohospodárskej funkcie lesov sa vychádza z vplyvu lesa na jednotlivé zložky vodnej bilancie a vodnú bilanciou ako celok.

Vodohospodársku funkciu lesov musíme v súčasnom období determinovať predovšetkým klimatickými zmenami, v dôsledku ktorých dochádza aj k zmeneným zákonitostiam obehu vody v lesných ekosystémoch.

Hlavnými príčinami klimatických zmien sú podľa väčšiny scenárov pokračovanie otepľovania ovzdušia a zmena zrážkového režimu.

Výsledkom nadmernej tepelnej energie dochádza k zvýšeniu extrémity teploty a zrážok, častejšiemu striedaniu suchých a veľmi intenzívnych zrážkových období (Lapin, Melo, M., 2000). V nížinných oblastiach Slovenska, pri úbytku zrážok sa predpokladá v letných a jesenných obdobiach predĺženie suchých období a zníženie hladín podzemnej vody. Výskyt prívalových a búrkových dažďov a vody z náhleho topenia snehu bude mať za následok zvýšenie lokálnych povodní. Zmeny ročných úhrnov zrážok sa prejavujú znížením výdatnosti prameňov a povrchového odtoku v riekach, vysychaním niektorých tokov, najmä v letnom období.

V pôdnom prostredí sa predpokladajú zmeny v teplotnom a vlhkosťnom režime a zmene pôdotvorných procesov. Nebezpečenstvo klimatických zmien, osobitne zmeny teploty a úhrnov zrážok, spočíva predovšetkým v zhoršení interakcií v systéme atmosféra – ekosystém - pedosféra. Najčastejšie sa hovorí o posune lesných vegetačných stupňov, ohrození druhov s úzkou ekologickou amplitúdou (smrek), o zmene druhovej, vekovej a priestorovej štruktúry lesa, skrátení životnosti lesných ekosystémov, zvýšení frekvencií kalamít, atď. (Ďurský, 1996, Mind'áš, 1997, Mind'áš, Škvarenina, 2003, Paule, Gömöry, 1996 a ďalší). V súvislosti so zmenou klímy možno očakávať aktivizáciu biotických škodcov, zvyšovanie ich vitality, agresivity a patogenity. Z abiotických škodlivých činiteľov, vzhľadom na výskyt teplých a suchých období, vzniká riziko výskytu požiarov, poškodenie lesných porastov prostredníctvom vetra, snehu a námrazy (Novotný, 2000). Pozmenením a oslabením lesných ekosystémov možno očakávať aj rýchlejší pokles ich ekologickej stability (Kolektív, 2006).

K základným zložkám vodohospodárskej funkcie lesov patrí pôdna voda. Ako reaguje vodný režim na meniace sa klimatické a s tým súvisiace ekologické podmienky prostredia pokúsime sa posúdiť v stručnej informácii na základe doterajšieho hydropedologického výskumu v lesných ekosystémoch Slovenska, po dlhších časových radoch merania.

Materiál a metódy

Výskumné plochy, na ktorých sa vykonával hydropedologický výskum boli situované na Záhorskej nížine, v dospelom borovicovom a dubovom poraste, v oblasti Nitrianskej sprašovej pahorkatine (Báb), v dubovo-hrabovom poraste, v Malých Karpatoch (Borinka, Biely Kríž), v bukovom, smrekovom a dubovo-hrabovom poraste, v Čifároch, v dubovom poraste, v CHKO BR Poľana, v zmiešanom poraste s jedľou, smrekom a bukom a na Hornej Orave, v prevažne smrekovom poraste.

Základné charakteristiky výskumných plôch a metodický postup výskumu vodného režimu sú uvedené v prácach Tužinského (1999, 2004).

Výsledky

Vplyv lesa na hydrologické procesy je javom komplexným. Závisí od množstva činiteľov, v prvom rade od klimatických podmienok, osobitne teploty a zrážok a od transformujúceho vplyvu lesného ekosystému.

Vo veľmi stručnej podobe možno z výsledkov výskumu jednotlivých zložiek vodnej bilancie v lesných ekosystémoch Slovenska uviesť, že v zapojených smrekových porastoch zadržali koruny stromov 20 až 50 %, v bukovo-dubových a bukových porastoch 15 až 40 % a v borovicových porastoch 10 až 20 % atmosférických zrážok. Stok po kmeni pri drevinách s hrubou borkou (sm, db) nepresahoval 3 %, pri drevinách s hladkou kôrou dosahoval často 10 a viac % z celkového množstva atmosférických zrážok. Významnou výdajovou zložkou vodnej bilancie bol priesak vody do hlbších horizontov, v prípade horských lesov v pôdach s vysokou skeletnosťou dosahoval často hodnotu viac ako 40 % z celkového množstva zrážok v bezlesí. Transpirácia, ako rozhodujúca výdajová zložka, kolísala vo vegetačnom období vzhľadom na poveternostné podmienky v priemere od 150 do 400 mm.

Výsledkom uvedených procesov, klimatických podmienok, druhu vegetačnej pokrývky a hydrogeologických podmienok, je vodný režim pôd.

Všeobecne možno konštatovať, že v prevažnej časti hydrologického roka, kolísala vlhkosť pôdy v existenčnom intervale, to znamená v rozmedzí hydrolimitov maximálnej kapilárnej kapacity (MKK) a bodu vädnutia (BV).

K najvýraznejším zmenám a najvyššej variabilite vlhkosti pôdy dochádzalo vo vegetačnom období. V najnižších lesných vegetačných stupňoch (výskumné plochy na Záhorskej nížine, Nitrianskej sprašovej pahorkatine a v oblasti Kozmálovských kopcov) sa v pôdach pod lesnými porastmi vo vegetačnom období udržiavala vlhkosť pôdy väčšinou medzi hydrolimitmi bodom zníženej dostupnosti (BZD) s kapilárne menej pohyblivou a pre rastliny ťažšie prístupnou vodou a bodom vädnutia (BV). V letných mesiacoch a po dlhšie trvajúcich suchých a teplých dňoch klesla zásoba vody na, resp. pod kritickú hodnotu hydrolimitu BV. Stav vody v takomto prípade predstavoval kapilárne nepohyblivú a pre rastliny neprístupnú zásobu využiteľnej vody. Najväčší deficit využiteľnej vody sme zaznamenali v stredných vrstvách pôdy, v profile pôdy s najväčším výskytom koreňov V bezlesí (voľná plocha) boli najviac vysušované povrchové vrstvy pôdy, v hlbších horizontoch dominovala voda v rozmedzí hydrolimitov BZD- BV, čo pri vyššej zásobe pôdnej vody (v hornej tretine variačného rozpätia hydrolimitov BZD–BV) umožňovalo dodávku vody do povrchových vrstiev pôdy kapilárnym vztlínaním.

Spríevodným znakom existujúcich klimatických podmienok bol výskyt, dĺžka a opakovanie suchých období. V 18 suchých obdobiach (>14 dní s maximálnym úhrnom zrážok do 5 mm) bolo v oblasti Čífar, vo vegetačných obdobiach rokov 1988-2006 celkom 621 dní s menším denným úhrnom zrážok ako 5 mm, z toho viac ako 90 % dní s denným zrážkovým úhrnom pod 2 mm (pod hodnotou skropnej kapacity). V 14 suchých obdobiach sme na ich konci evidovali nulovú zásobu využiteľnej vody. Za zvlášť nepriaznivé môžeme označiť vegetačné obdobia rokov 1988-2002, kedy v

priebehu 447 dní bola len jedna denná zrážka s úhrnom vyšším ako 5 mm. Zásoba pôdnej vody sa počas týchto veľmi rýchlo znižovala, v priebehu niekoľkých dní klesla z dobrej zásoby do nízkej, resp. veľmi nízkej zásoby využiteľnej vody. Maximálne hodnoty dennej spotreby na evapotranspiráciu často prevyšovali v tomto období 5 mm, najväčšie spotreba vody bola najvyššia z horizontov s najväčším výskytom aktívnych koreňov.

Z analýzy prevlhčenia, dĺžky prevlhčenia a stratifikácie vlhkosti pôdy vyplýva, že v najnižších lesných vegetačných stupňoch dochádzalo k prevlhčeniu pôdy len v akumuláčnom, zimnom období. Zmeny klimatických podmienok, vplyv vyšších teplôt a deficit zrážok sa v najväčšej miere podieľali na výskyte období s nižším obsahom vody na začiatku vegetačného obdobia s častejším nástupom dní s nižšími zásobami pôdnej vody a s menej priaznivým vodným režimom na začiatku vegetačného obdobia. Výskyt hydropedologických cyklov v rozmedzí hydrolimitov BZD a BV zároveň znamenal nástup obdobia s deficitom využiteľnej vody už na začiatku letných mesiacov.

Priaznivejšie vlhkosťné pomery sme očakávali vo vyšších lesných vegetačných stupňoch. V oblasti Hornej Oravy, v Oravskej Polhore a Rabči sme z údajov SHMÚ v Bratislave (SHMÚ 2008) získali údaje, na základe ktorých možno uviesť, že v priebehu vegetačných období 1992-2007 sa v porovnaní s dlhodobým priemerom (1901-1970) zvýšila teplota vzduchu o takmer 2 °C, množstvo zrážok naopak znížilo o 1245 mm. Paradoxom uvedených klimatických zmien je, že k najväčším odchýlkam došlo v letných mesiacoch. Zásoby pôdnej vody sa v tomto období znížili do kategórie kapilárne menej pohyblivej a pre rastliny obmedzenej zásoby využiteľnej vody. Pre smrekové porasty boli najnebezpečnejšie obdobia s veľmi nízkou, resp. nedostatočnou zásobou využiteľnej vody, ktoré sa stále častejšie objavujú najmä v povrchových vrstvách pôdy. Stratou kontaktu koreňov s vodou z kapilárne aktívnej vrstvy pôdy, ktorá sa v prípade dlhšie trvajúcich suchých období sacím koreňom vzdáva, riziko poškodenia smreka suchom sa zvyšuje.

Záver

Objektívne posúdenie hydrických funkcií lesa je vzhľadom na meniace sa klimatické podmienky a pôsobenie lesa na jednotlivé zložky vodnej bilancie veľmi zložitá. Doteraz získané údaje o vodnom režime pôdy, ktoré sú predmetom tohto príspevku ukazujú, že vo všetkých oblastiach Slovenska, bez rozdielu reliéfnych prvkov, charakteru lesných ekosystémov dochádza k výraznej dynamike a periodicite vlhkosťného režimu lesných pôd. Možno konštatovať, že sa zhoršuje východiskový stav vlhkosti pôdy na začiatku vegetačného obdobia, že vegetácia vstupuje obdobia vegetácie s často obmedzenými zásobami využiteľnej vody. V letných mesiacoch je v najnižších lesných vegetačných stupňoch už takmer pravidlom výskyt hydropedologických cyklov s nedostatočnou zásobou využiteľnej vody. K zmenám dochádza vo fyziologickom profile pôdy, zväčšuje sa hĺbka vysušovania pôdy, dĺžka a zväčšovanie vertikálneho vysušovania fyziologického profilu pôdy.

V horských lesoch sú suchom najviac ohrozené smrekové porasty. Účinok teplých a bezzrážkových období sa v najväčšej miere prejavuje v povrchových vrstvách pôdy. Z tohto dôvodu na vodu náročný smrek na deficit využiteľnej vody, ktorý sa vytvára v najväčšej miere práve v povrchových vrstvách pôdy, reaguje znižovaním

transpirácie, asimilácie a následne fyziologickým oslabovaním, čo jeho obranyschopnosť pred škodlivými činiteľmi znižuje.

Pod'akovanie

Publikovaná práca bola čiastočne podporená finančnými prostriedkami z grantov VEGA č. 1/3548/06 a 1/0703/08 a Projektov APVV-06K1109 a APVV-0456-07.

Literatúra

- ĎURSKÝ, J., 1996: Rastové reakcie smreka v oblasti Horná Orava na predpokladané klimatické zmeny. In: Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny. LVÚ Zvolen, s. 85-88.
- KOLEKTÍV, 2006: Monitoring lesov Slovenska. Forest Focus, ČMS Lesy, MP SR, NLC-LVÚ Zvolen, 114 ss.
- Krečmer, V., 1971: Vodohospodárska funkce lesů. Věd. časopis ÚVTI Praha, roč. 17, serie Lesnictví č. 4.
- LAPIN, M., MELO, M., 2000: Stručný prehľad scenárov klimatickej zmeny pre Slovensko podľa CCCM. Katedra MaK MFF UK, Bratislava, nepublikované.
- MINDÁŠ, J., 1997: Možné dopady klimatickej zmeny na lesy Slovenska a zhodnotenie ich rizikovosti. Strategická štúdia. LVÚ Zvolen, 40 ss.
- MINDÁŠ, J., ŠKVARENINA, J., 2003: Lesy Slovenska a globálne klimatické zmeny. EFRA Zvolen, LVÚ Zvolen, 128 ss.
- MOLČANOV, A.A., 1960: Gidrologičeskaja roľ lesa. Moskva, Inst. Lesa.
- NOVOTNÝ, J., 2000: Výskum metód integrovanej ochrany lesa a uplatňovanie jeho výsledkov v lesníckej praxi. In: Aktuálne problémy v ochrane lesa 2000. Zb. referátov z celoslovenského seminára, apríl 2000, Banská Štiavnica. Lesnícky výskumný ústav Zvolen, s. 65-71.
- PAPÁNEK, F., 1978: Teória a prax funkčne integrovaného lesného hospodárstva. Lesnícke štúdie, 29, 219 ss.
- PAULE, L., GÖMÖRY, D., 1996: Vplyv globálnych klimatických zmien na genetickú štruktúru populácií lesných drevín. In: Mind'áš, J., Škvarenina, J., 1996: Klimatické zmeny a lesy Slovenska. NKP SR, Bratislava, MŽP, Bratislava, Zv. 5, 96 ss.
- TUŽINSKÝ, L., 1999: Bilancia vody v lesných ekosystémoch. Acta Facultatis Forestalis, XLI, Zvolen-Slovakia, S. 55-64.
- TUŽINSKÝ, L., 2004: Vodný režim lesných pôd. TU vo Zvolene. 101 ss.

OCHRANA PÔDY – PRINCÍPY A MEMENTÁ

SOIL PROTECTION – PRINCIPLES AND WARNINGS

Jozef Vilček

*Výskumný ústav pôdoznalstva a ochrany pôdy Bratislava, pracovisko Prešov,
Raymanova 1, 080 01 Prešov*

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá niektorými zásadami, ktoré je pri ochrane najmä poľnohospodárskych pôd na Slovensku potrebné akceptovať, a tiež upozorňuje na niektoré riziká vyplývajúce z neuváženeho prístupu k pôde. Aj keď výmera i kvalita našich pôd priamo neohrozuje potravinovú dostatočnosť obyvateľov Slovenska, sú v príspevku uvedené základné princípy a mementá racionálneho využívania najmä pôd poľnohospodárskych. Ukazuje sa, že okrem pôd na priamu výrobu potravín má Slovensko potenciál aj pre pestovanie plodín na ekologické, či energetické účely. Napr. pestovať kukuricu na siláž na energetické účely (bez ohrozenia potravinovej istoty obyvateľov) je každoročne možné na 22 tis. hektároch. V príspevku uvádzame aj kategorizáciu poľnohospodárskych pôd podľa vhodnosti pestovania rýchlorastúcich drevín, či tzv. energetických bylín.

Kľúčové slová: ochrana pôdy, potravinová dostatočnosť, energetické plodiny

Abstract

The paper deals with some principles that have to be acceptable at conservation of agricultural soils in Slovakia. It notices also on some risks that result from the unreasonable approach to the soil. In the paper are presented the basic principles of rational soil using although the area and quality of soil do not directly threaten food sufficiency of Slovak inhabitants. It seems that Slovakia has the soil potential for product growing for ecological and/or energetic purpose except the soils for direct food production. For example, silage maize can be grown for energetic purposes (without jeopardy of food sufficiency of inhabitants) on 22 thousand hectares each year. The paper presents also the soil categorization according to the growing.

Key words: soils conservation, food sufficiency, energetical crops

Úvod

Je nesporným faktom, že existencia života na Zemi závisí od množstva a stavu jej najtenšej sféry – pedosféry. Pôda je a aj naďalej bude rozhodujúcou bázou prostredníctvom ktorej dochádza k zabezpečovaniu potravinových istôt všetkej bioty. Nesporným faktom je však aj skutočnosť, že človek svojou činnosťou z tejto sféry životného prostredia neustále ukrájuje a zároveň ju aj rôznymi spôsobmi devastuje.

Homo „sapiens“ si v najmä v posledných rokoch uvedomuje, že pretrvávajúci stav v exploatacii pôdných zdrojov je trvalo neudržateľný. Najzávažnejším argumentom, ktorý ho k tomu vedie je stále existujúci nedostatok potravín v krajinách tzv. druhého

sveta, ale aj nárast cien potravín v tzv. svete civilizovanom. Človek začína rozmýšľať ako vyriešiť tento konflikt záujmov – konflikt medzi ekonomikou, ekológiou a plným žalúdkom. Ukazuje sa, že jediným riešením je racionálny prístup k využívaniu pôd a ich permanentná ochrana, či už účinnou legislatívou, alebo aj trpezlivou osvetou.

Cieľom príspevku je poukázať na niektoré zásady, ktoré je pri ochrane najmä poľnohospodárskych pôd na Slovensku potrebné akceptovať, ale tiež upozorniť na niektoré skutočnosti, či riziká vyplývajúce z neuváženeho prístupu k pôde.

Materiál a metódy

Princíp ochrany pôdy ako prírodného zdroja vychádza z potreby zachovania jej kvantitatívnych i kvalitatívnych parametrov.

Údaje o kvantitatívnych parametrov boli čerpané z aktuálnych štatistických databáz Slovenského štatistického úradu, ako aj databáz VÚPOP vytvorených v prostredí geografických informačných systémov (ArcInfo) vektorizáciou hraníc BPEJ - bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (poľnohospodárskej pôdy).

Kvalitatívne parametre boli posudzované na základe vlastností pôd obsiahnutých v kóde BPEJ, jeho dešifrovaním a kategorizáciou. Relevantné pôdne vlastnosti vylučovali, resp. podmieňovali vhodnosť lokality na pestovanie konkrétnej plodiny, či rastliny (Vilček, Bedrna, 2007).

Kategorizácia poľnohospodárskych pôd na pôdy primárne, sekundárne a ostatné vychádzala z metodiky VÚPOP (Vilček, 2006) a následných úprav (pôdny portál VÚPOP prístupný na webových stránkach – www.podnemapy.sk). Vhodnosť pôd na pestovanie energetických plodín bola pomocou GIS ArcWiev kvantifikovaná a následne graficky vyjadrená pre celé územie Slovenska.

Výsledky a diskusia

Základné kvantitatívne parametre pôd Slovenska

Slovenská republika má vzhľadom na existujúci stav v počte obyvateľov dostatok pôd na zabezpečenie potravinovej sebestačnosti z vlastných zdrojov. Existujú však regióny, v ktorých uvedená konštatácia neplatí. Princíp posudzovania a vyčleňovania takýchto oblastí spočíva v stanovení výmery pôd pripadajúcich na jedného obyvateľa. V členení podľa jednotlivých samosprávnych krajov môžeme pozorovať určité rozdiely v tomto parametri (tab. 1).

Tab. 1 Výmera pôd v m² pripadajúca na 1 obyvateľa v krajoch Slovenska (Vilček, 2007)

Kraj	Celková výmera	Poľnohosp. pôda	Orná pôda	Lesná pôda	Vodná plocha	Zastavaná plocha
Bratislavský	3422	1585	1252	1255	93	257
Banskobystrický	14323	6341	2525	7006	120	501
Košický	8795	4400	2661	3473	213	444
Nitriansky	8922	6599	5720	1352	221	530
Prešovský	11313	4849	1887	5555	178	395
Trenčiansky	7460	3086	1629	3655	105	383
Trnavský	7528	5323	4782	1186	265	497
Žilinský	9825	3549	912	5482	185	361

Na jedného obyvateľa pripadá najviac poľnohospodárskych i orných pôd v Nitrianskom kraji. Najmenej poľnohospodárskych pôd pripadá v kraji Bratislavskom a najmenej orných pôd v kraji Žilinskom. Zaujímavým poznatkom je skutočnosť, že na jedného obyvateľa v kraji Bratislavskom pripadá len 257 m² zastavaných plôch, kým v kraji Nitrianskom je to až 530 m².

V jednotlivých okresoch pripadá na jedného obyvateľa najviac poľnohospodárskych pôd v okrese Krupina (14751 m²), orných pôd v okrese Levice (7786 m²). Najmenej poľnohospodárskych pôd pripadá v okrese Kysucké Nové Mesto (1742 m²) a orných pôd v okrese Gelnica (296 m²). Najviac zastavaných plôch v prepočte na jedného obyvateľa je v okrese Krupina (919 m²), najmenej v okrese Kysucké Nové Mesto (276 m²).

Z hľadiska „sebestačnosti“ vo výrobe potravín predovšetkým na orných pôdach je kritická situácia najmä v kraji Žilinskom, Bratislavskom a čiastočne aj Trenčianskom.

Využitie poľnohospodárskych pôd

K sebestačnosti v rámci celého Slovenska musíme disponovať minimálne výmerou 1 049 tis. ha orných pôd a 383 tis. ha trvalých trávnych porastov. Do tejto výmery neboli zarátané vinice, chmeľnice, záhrady a sady. Túto pôdu by sme mali v každom prípade zachovať pre účely poľnohospodárskej produkcie – základná – primárna - bázická pôda. Jedná sa o pôdy, ktoré sú z produkčného hľadiska považované za najkvalitnejšie. Na týchto pôdach je možné z pestovania poľných plodín dosiahnuť aj najlepšie ekonomické výsledky.

Zo strategického hľadiska je potrebné zvýšenú pozornosť pri ochrane poľnohospodárskych pôd venovať aj pôdam, ktoré síce pre primárne uspokojenie výživových potrieb obyvateľov nie sú bezpodmienečne potrebné, avšak predstavujú určitú rezervu v prípade tzv. neúrodných rokov, resp. ktoré zabezpečujú ekologické, energetické, či iné neprodukčné funkcie. Z tohto pohľadu je potrebné vypracovať racionálnu stratégiu využívania takýchto pôd tak, aby boli naplnené požiadavky pre energetický priemysel, krajnotvorbu, ekologickú stabilizáciu životného prostredia vrátane zachovania pôdných parametrov i funkčné poľnohospodárstvo. Takáto stratégia musí okrem iného akceptovať vhodnosť pôdných zdrojov na pestovanie príslušných komodít. Primárne informácie o vhodnosti využívania pôd na produkčné, ale aj mimoprodukčné účely už dnes vieme prostredníctvom informačného systému o pôdach Slovenska v prostredí GIS konkretizovať pre rôzne plodiny až na úroveň tzv. produkčných blokov, resp. parciel.

Plochy pre pestovanie kukurice na siláž určenej na energetické účely

Akceptujúc princípy zachovania potravinovej sebestačnosti Slovenska, princípy ekologickej stabilizácie poľnohospodárskej krajiny i racionálneho využívania poľnohospodárskych pôd, odporúčame pre účely pestovania kukurice na siláž určenej na energetické účely rešpektovať nasledovné princípy:

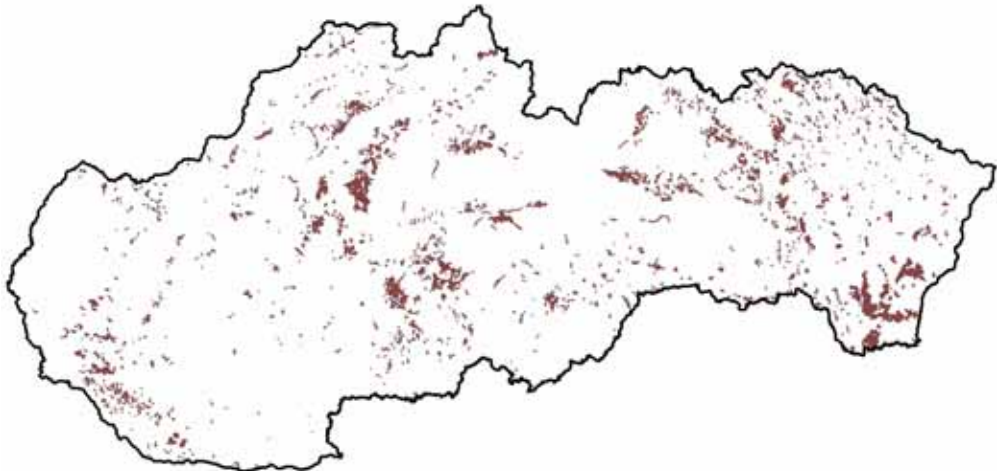
- Kukuricu na energetické účely nepestovať na tzv. primárnom pôdnom fonde, t.j. pôdach nevyhnutne potrebných pre zabezpečenie potravinovej dostatočnosti. Jedná sa o pôdy najlepšej bonity na ktorých je najvyššia efektívnosť výroby potravín a krmív.
- Z hľadiska dopestovania dostatočného objemu kukuričnej hmoty upustiť od pestovania tejto plodiny v klimatickom regióne veľmi chladnom, vlhkom.
- Rešpektujúc zásady správnej agronomickej praxe a ochrany životného prostredia nepestovať kukuricu na svahoch nad 7°.

Vychádzajúc z uvedených princípov je kvantifikácia potenciálu poľnohospodárskych pôd na ktorých je možné pestovať kukuricu na energetické účely nasledovná:

- výmera orných pôd ktoré môžeme „obetovať“ pre neprodukčné účely je 238 605 ha
- po vylúčení pôd v klimatickom regióne veľmi chladnom, vlhkom je to 215 774 ha
- po vylúčení pôd nad 7° je to 110 048 ha.

Stanovená výmera (asi 110 tis. ha orných pôd) predstavuje absolútnu hodnotu pôd, ktoré je možné využívať na pestovanie kukurice na siláž určenej na energetické účely. Nakoľko však na orných pôdach musí dochádzať k tzv. striedaniu pestovaných plodín (z dlhodobého hľadiska nie je možné monokultúrne využitie pôd), odporúčame pre energetické účely pestovania kukurice v štruktúre osevu kalkulovať s jej 20 %-tným zastúpením.

Podľa prezentovanej filozofie je ročná kapacita pôd vhodných pre pestovanie kukurice na siláž určenej na energetické účely v podmienkach Slovenska na úrovni 22 000 ha (22 010 ha).



Mapa 1 Plošná distribúcia plôch odporúčaných pre pestovanie kukurice na siláž na energetické účely

Vhodnosť pôd na pestovanie energetických plodín

Možnosti využitia poľnohospodárskych pôd na pestovanie energetických plodín vyplývajú z vlastností a vhodnosti stanovišťa pre danú plodinu. Zámerné pestovanie plodín na energetickú biomasu má vzhľadom na potrebu redukcie neobnoviteľných zdrojov energie, ako aj potrebu stabilizácie životného prostredia čím ďalej, tým väčší význam. Energetické plodiny obvykle delíme na rastliny bylinného a drevinného charakteru. Energetické byliny sú jednoročné aj viacročné rastliny pestované na orných pôdach najčastejšie s využitím štandardnej agrotechniky. Sú to rastliny s nedrevnatou stonkou cielene pestované pre produkciu energie.

Rýchlorastúce dreviny sú dreviny s krátkou dobou produkcie dreva v požadovanom množstve a kvalite a s hmotnostným prírastkom výrazne prevyšujúcim priemerný hmotnostný prírastok ostatných drevín. Táto závisí hlavne od druhového zloženia porastu, bonity stanovišťa a klimatických podmienok. V Európe sa za energetické rastliny považuje 37 rastlín, z ktorých je 10 drevín. Rýchlorastúce dreviny sú

vlhkomilné druhy, ktoré môžeme vysádzať na marginálnych zamokrených pozemkoch s minimálnym efektom ich poľnohospodárskeho využitia. Zatiaľ čo v nížinách môžeme takto pestovať vyšľachtené euroamerické topole, menej domáce druhy vrbý, v horských podmienkach sa lepšie darí osike (topoľ osikový).

Plodiny a dreviny na nepotravné využívanie by sa mali prednostne pestovať na emisne zaťažených, vodoochranných a marginálnych odľahlých pozemkoch.

Tab. 2 Vhodnosť pôd na pestovanie energetických plodín (Vilček, Bedrna, 2007)

Plodina	Oblasť			
	veľmi vhodná	vhodná	menej vhodná	nevhodná
<i>Topole a vrbý</i>	23,8	14,8	20,5	40,9
<i>Cirok sudánsky</i>	6,2	7,8	18,2	67,8
<i>Láskavec</i>	12,4	5,3	14,7	67,6
<i>Konopa siata</i>	8,1	9,0	28,7	53,3
<i>Komonica biela</i>	16,0	28,1	14,5	41,4
<i>Kridlatka</i>	11,5	16,4	7,2	64,9
<i>Štiavec</i>	12,2	13,2	13,9	60,8
<i>Chrastnica</i>	14,6	3,5	18,3	63,6
<i>Ozdobnica čínska</i>	11,7	7,2	11,6	69,5

Mementá pri ochrane pôd

Úbytok 1 ha poľnohospodárskych pôd v podmienkach Slovenska okrem iného môže napr. znamenať:

- zníženie výroby o 3,5 tis. kusov chleba, čo predstavuje ročnú spotrebu asi pre 80 obyvateľov,
- zníženie výroby zemiakov pre 250 ľudí,
- zníženie produkcie vína pre 1500 obyvateľov,
- zníženie produkcie ovocia pre 110 obyvateľov,
- zníženie produkcie zeleniny pre 130 obyvateľov,
- zníženie výroby bionafty o 1000 litrov,
- zníženie potenciálu celkovej potravnovej dostatočnosti pre 2 obyvateľov,
- zníženie zamestnanosti v poľnohospodárstve o 0,06 ľudí,
- zníženie krmovínovej základne pre 1 kravu, 3 ošípané a 7 oviec.

Ak by došlo k úbytku 1 ha pôd jeho úplným odstránením, resp. zabetónovaním znamenalo by to aj:

- zmenšenie zásob vody v pôde o 10 tis. hektolitrov, čo je ročná spotreba pre 18 obyvateľov,
- fyzikálne a chemické očistenie 60 tis. hektolitrov zrážkovej vody,
- obmedzenie zneškodnenia a transformácie 500 kg vyprodukovaného tuhého odpadu (asi od 1,5 obyvateľa),
- úbytok pôdnych mikroorganizmov o 8 ton,
- stratu životného priestoru pre 10 bažantov, 0,1 líšok, 5 vtákov a pod.,
- obmedzenie možnosti prirodzenej „likvidácie“ bioodpadov (močovka, hnojovica, kaly, maštalný hnoj) asi o 30-50 ton a pod.

Formovanie environmentálneho povedomia človeka a jeho vzťahu k pôde vychádza z pochopenia a prijatia určitých axiém (právd), od ktorých sa odvíja celá filozofia

chápania, využívania i ochrany pôdy. Existujú písané i nepísané zásady a podmienky udržateľného využívania pôd, ktoré môžeme zhrnúť do nasledovne:

Šesť hlavných právd:

- pôda je len jedna (je to základná zložka ŽP),
- pôda je len ťažko obnoviteľný prírodný zdroj,
- bez pôdy je život na Zemi nemožný,
- pôda plní produkčné i ekologické funkcie,
- využívanie pôdy odráža vyspelosť spoločnosti,
- ochrana pôdy je pre existenciu života nevyhnutná.

Sedem hlavných hriechov:

- nevieš koľko a kde pôdu máš,
- nepoznáš vlastnosti pôdy svojej,
- nepoznáš hodnotu pôdy svojej,
- nevieš kto a ako využíva pôdu tvoju,
- nezúrodňuješ ani sa inak nestaráš o pôdu svoju,
- dopustíš devastáciu pôdy svojej,
- vzdáš sa, alebo opustíš pôdu svoju.

Osem hrozieb pre pôdu:

- trvalý, ale aj dočasný záber pôd,
- erózia (vodná, veterná),
- úbytok pôdnej organickej hmoty,
- kontaminácia pôd,
- zhutňovanie pôdy,
- pokles pôdnej diverzity,
- Zasolovanie,
- záplavy a zosuvy pôdy,

Desatoro prikázaní:

- pamätaj, že pôda je nenahraditeľným prírodným zdrojom potrebným pre existenciu života na zemi,
- ako taký zdroj ju každý musí chrániť a starať sa o ňu,
- pôdu využívaj v súlade s jej produkčným potenciálom,
- dbaj, aby úbytky pôdy neprekročili únosnú mieru,
- na pôde hospodár tak, aby nedochádzalo k jej deštrukcii, devastácii a znižovaniu prirodzenej úrodnosti,
- pôdu musíš chrániť pred znečistením,
- aktivitami na pôde nesmieš ohroziť iné zložky prírodného prostredia (vodné zdroje a pod.),
- pre zúrodnenie pôd využívaj všetky dostupné a opodstatnené melioračné zásahy,
- v záujme zachovania úrodnosti pôd udržiavaj v nich priaznivé fyzikálne, chemické i biologické prostredie,
- ďalším generáciám pôdu odovzdaj minimálne v takom dobrom stave alebo lepšom, ako si ju zdedili od svojich predkov.

Záver

Hlavne kvôli silnejúcim tlakom na záber poľnohospodárskych pôd je potrebné informovať širokú verejnosť o nenahraditeľnom postavení a význame pôdy v ekosystémoch Zeme. Dnes je už viac ako zrejmé, že pôda okrem produkčných funkcií zabezpečuje celý rad iných úloh, ktoré sú nevyhnutné pre zachovanie života. Aj keď je na Slovensku situácia vo využívaní a ochrane pôdy relatívne na dobrej úrovni, je dôležité, hlavne pre nové generácie, zachovať, resp. aspoň udržať súčasný stav pôd a to tak v kvantite, ako aj kvalite. Poľnohospodárska pôda Slovenska v súčasnosti dokáže užiť svojich obyvateľov, ba dokonca časť z nej môžeme využívať pre iné ako potravinové účely. Neznamená to však, že pôda je akýmsi voľným kapitálom, s ktorým môžeme v budúcnosti hazardovať. Jedným z racionálnych využití tzv. voľných pôd je pestovanie plodín určených na energetické účely. Aj tu však musia platiť pravidla správnej poľnohospodárskej praxe týkajúce sa obnovy pôdnej úrodnosti.

Pod'akovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0124-06, č. APVV-20-060805, č. APVV-207019805 a č. APVV-27-036602.

Literatúra

- BIELEK, P.: Poľnohospodárske pôdy Slovenska a perspektívy ich využitia; VÚPOP Bratislava, 2008, 140 s., ISBN 978-80-89128-41-9.
- VILČEK, J., HALAS, J., SCHOLTZ, P., GUTEKOVÁ, M.: Poľnohospodárska pôda regiónov Slovenska v kocke; VÚPOP Bratislava, 2007, 386 s., ISBN 978-80-89128-33-4.
- VILČEK, J., BEDRNA, Z.: Vhodnosť poľnohospodárskych pôd a krajiny Slovenska na pestovanie rastlín, VÚPOP, Bratislava 2007, 248 s., ISBN 978-80-89128-36-5.
- VILČEK, J., BUJNOVSKÝ, R.: Produkčno-ekonomické aspekty udržateľného využívania poľnohospodárskych pôd Slovenska. VÚPOP, Bratislava 2008, 61 s., ISBN 978-80-89128-42-6.

VLIV EROZE NA KVALITU A ZDRAVÍ PŮD

INFLUENCE OF EROSION ON QUALITY AND SOIL HEALTH

Vítězslav Vlček, Martin Brtnický, Eduard Pokorný

Ústav agrochemie, půdoznalství, mikrobiologie a výživy rostlin, AF, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 1, 613 00 Brno, e-mail: xvlcek1@mendelu.cz

Abstrakt

Pro výzkum vlivu eroze na kvalitu a zdraví půdy jsme zvolili lokalitu na území Hané. Úrodná půda byla od pradávna zdrojem obživy obyvatel. V současné době patří vybraná oblast Hané mezi nejúrodnější oblasti v České republice. Zdejší černozemě jsou využívány prakticky beze zbytku jako orné půdy. Vlivem zemědělské výroby za posledních 80 let však dochází na tomto území k degradačním změnám půdních vlastností. Účelem této práce bylo na vybraném pozemku nedaleko obce Želeč (kat. území Chvalkovice na Hané) ukázat, k jakým vlivům na kvalitu a zdraví půd může díky vodní erozi docházet na svažitých pozemcích s nevyřešenou protierozní ochranou.

Klíčová slova: kvalita a zdraví půd, černozem, Haná, eroze

Abstract

For the purpose of research of the erosion impact on soil quality the locality at Haná region was picked. The chosen locality is situated close to Želeč municipality (cadastral area Chvalkovice na Hané). Good soil has always been the source of the natives livelihood, currently the Haná region ranks among the most productive areas of the Czech Republic. Sites with soil type chernozem are almost everywhere exploited as arable land in this region. The agricultural production, however, has had staggering impact during last 80 years and has caused many degradation changes of soil properties of chernozems. This work aims to point out the water erosion impact on the soil quality at steep grounds with no soil protection from erosion.

Key words: soil quality, chernozem, Haná region, erosion

Úvod

Vlivem zemědělské činnosti docházelo v minulosti často ke scelování pozemků na svazích, či jinak exponovaných místech, což často vedlo k vytváření erozních forem s mělkým humusovým horizontem. Účelem této práce bylo na vybraném pozemku nedaleko obce Želeč ukázat, k jakým změnám může díky erozi docházet na svažitých pozemcích s nevyřešenou protierozní ochranou.

Současné názory na půdní erozi vedou k jejímu chápání jako k procesu degradace, především urychlená eroze, kde přirozená rychlost odnosu je významně urychlována lidskou aktivitou. (Sobocká, 2007).

Mnohé lidské aktivity představují významné riziko pro kvalitu půdy. Dalším charakteristickým rysem půdy je její pomalá tvorba a je proto nutno s ní nakládat jako

s neobnovitelným přírodním zdrojem, jehož uchování pro budoucí generace je v souladu se směřováním k udržitelné společnosti. Degradace půd se projevuje nižší úrodností, která tak musí být kompenzována zvýšeným přísunem živin, což dále přispívá ke zhoršení biologických vlastností půdy (URL 1).

Vodní eroze spočívá v rozrušování zemského povrchu dešťovými kapkami a povrchovým odtokem a podle formy ji můžeme dále dělit. Čím je půda skeletovitější, tím rychleji klesá intenzita vodní eroze. V ČR je ohroženo asi 50 % orné půdy (Pasák et al., 1984). Hejman uvádí, že 40 % orných půd je postiženo vodní erozí (URL 2).

Tab. 1 Potenciální ohrožení zemědělské půdy vodní erozí na území ČR (URL 3)

Stupeň ohrožení vodní erozí (t.h.a.r-1)		Plocha zemědělské půdy (ha)		%
Velmi slabé ohrožení	méně než 1,6	134 041		3
Slabé ohrožení	1,6 - 3,0	1 094 507		26
Střední ohrožení	3,1 - 4,5	1 054 905		25
Silné ohrožení	4,6 - 6,0	728 972		17
Velmi silné ohrožení	6,1 - 7,5	484 365		11
Extrémní ohrožení	více než 7,5	782 601		18
Součet		4 279 391		100

Materiál a metody

Místo odběru vzorků se nachází u obce Želeč (kat. území Chvalkovice na Hané) a spadá dle Culka (1995) do Prostějovského bioregionu, klimatické oblasti T3. Tato oblast se vyznačuje teplým a mírně vlhkým podnebím s průměrnou roční teplotou 8-9 °C a průměrným úhrnem srážek 550–650 mm.

Přibližná délka svahu, kde docházelo k odběru vzorků je cca 315 m, a nadmořská výška 226 – 252 m.n.m. Sondy byly kopány v červenci 2008.

Laboratorně byli stanoveny hodnoty pH/KCl, pH/H₂O, obsahu humusu dle Walkley, Black, modifikace Novák, Pelíšek a zrnitosti (pipetování metoda).

Regozemě jsou půdy se stratigrafií O–Ah–C nebo Ap–C, vyvinuté ze sybkých sedimentů a to hlavně písků (v rovinatých částech reliéfu), kde minerálně chudý substrát (křemenné písky apod.) či krátká doba pedogeneze zabraňuje výraznějšímu vývoji profilu. Vyskytují se však i na jiných substrátech, v tomto případě zejména v polohách, kde vývoj půd je narušován vodní erozí (střední a těžké substráty) (Němeček a kol. 2001). Mělký humusový horizont vesměs svou hloubkou odpovídá hloubce orby. Díky kultivaci je tento horizont poměrně obohacen o organické látky (posklizňové zbytky, kořeny rostlin), obsah humusu špatné kvality je i přesto nízký (Vopravil Khel, 2007). Mělkým humusovým horizontem na středních a těžších substrátech je jejich výskyt na erozně ohrožených územích vázán na horní části svahů, v extrémních případech i na vlastní svahy.

Koluvizemě jsou půdy se stratigrafií Ap – Az, vznikají akumulací erozních sedimentů ve spodních částech svahů a v konkávních prvcích svahů a terénních průlezích. Mocnost akumulovaného humusového horizontu Az musí překračovat 0,25 m (Němeček et al. 1990). Rozšíření koluvizemí je v podstatě v rámci celé České republiky, kde se vyskytuje členitý terén a půda nebyla před účinky eroze nějak chráněna. Stratigrafie je přibližně podobná zvrstvení horizontů u fluvizemí, hlavním poznávacím znakem (kromě polohy) je mocnost akumulovaného humusového

horizontu, která musí být větší než 25 cm. Zrnitostní složení půdy silně kolísá. Obsah humusu je obvykle střední, prohumóznění však zasahuje značně hluboko (možno i několik metrů). Reakce půdy také značně kolísá, sorpční vlastnosti jsou dobré a fyzikální charakteristiky příznivé. Koluvisem je z hlediska zemědělského využití velmi kvalitní půda, avšak její praktické uplatnění není nijak vysoké, protože její výskyt je lokální (daný konfigurací terénu). Tato půda nebyla dosud systematicky mapována (Vopravil J., Khel T. 2008).

Obr. 1 Schématický řez terénem. Čísla se shodují s číslováním sond ve výsledcích



Obr. 2 Pohledy na lokalitu: a) přibližně v úrovni sondy č.2, b) pohled od sondy č.1 směrem dolů ze svahu

A)



B)



Výsledky

Sonda číslo 1

POPIS PŮDNÍHO TYPU

Regozem karbonátová varieta eubazická

Lokalita: Želeč/1

Nadmořská výška: 252 m n.m.

Využití stanoviště: orná půda

Reliéf: horní část svahu

Půdotvorný substrát: spraš



Apk

0 – 25 cm

Ck – 25cm a hlouběji

Tab. 2 Výsledky analýz – Želeč/1

vzorek	hloubka (cm)	půdní druh dle Nováka	zrnitostní třída	obsah humusu (%)	pH/KCl	pH/H ₂ O
1 ₁	10	hlinitý	prachovitá hlína	2,00	7,35	7,68
1 ₂	20	hlinitý	prachovitá hlína	1,67	7,45	7,94
1 ₃	30	hlinitý	prachovitá hlína	1,38	7,52	7,97
1 ₄	40	jílovito-hlinitý	prachovito jílovitá hlína	0,50	7,70	7,98

Sonda číslo 2**POPIS PŮDNÍHO TYPU**

Koluvisem karbonátová varieta eubazická

Lokalita: Želeč/2

Nadmořská výška: 226 m n.m.

Využití stanoviště: orná půda

Reliéf: spodní část svahu

Půdotvorný substrát: spraš

**Apk**
0 – 30 cm**Az1k**
30 – 80**Az2k**
80 – 110 cm**A**
110 – 145 cm**hladina podzemní vody**
145 cm

Do hloubky 220 cm stále černický horizont bez patrných známek přechodu do půdotvorného substrátu (zjišťováno pomocí vrtáku).

Tab. 3 Výsledky analýz – Želeč/2

vzorek	hloubka (cm)	půdní druh dle Nováka	zrnitostní třída	obsah humusu (%)	pH/KCl	pH/H ₂ O
2 ₁	10	hlinitý	prachovitá hlína	2,22	7,48	7,69
2 ₂	20	hlinitý	prachovitá hlína	2,07	7,31	7,72
2 ₃	30	hlinitý	prachovitá hlína	1,55	7,53	7,80
2 ₄	40	hlinitý	prachovitá hlína	1,32	7,55	7,96
2 ₅	80	hlinitý	prachovito jílovitá hlína	0,99	7,60	7,91
2 ₆	125	hlinitý	prachovitá hlína	1,28	7,65	8,00
2 ₇	150	hlinitý	prachovitá hlína	1,64	7,58	7,73

Závěr

V současné době by na pozemku mělo dojít k re-klasifikaci půdních typů. Původní se na horní části svahu nacházela pravděpodobně černozem modální karbonátová, v současné době došlo k erozi jejíž úroveň již nedovoluje zařadit tento pedon mezi černozemě. Nová klasifikace tedy je regozem karbonátová, eubazická. Rovněž na dolní části svahu došlo ke změně v klasifikaci pedonu. Původní pravděpodobně černice modální se změnila na současnou koluvizem karbonátovou, varieta eubazická. Pohřbený profil černice modální bychom mohli najít od hloubky cca 110 cm (viz rozbor Tab.3). Minimálně tedy došlo k přemístění značného množství zeminy. To vše má samozřejmě vliv nejen na klasifikaci ale i na kvalitu/zdraví půdy.

Poděkování

Príspevek byl zpracován s podporou Výzkumného záměru č. MSM6215648905 „Biologické a technologické aspekty udržitelnosti řízených ekosystémů a jejich adaptace na změnu klimatu“ uděleného Ministerstvem školství, mládeže a tělovýchovy České republiky.

Literatura

- CULEK, M.: Biogeografické členění České republiky, Enigma Praha 1995, 347s.
 NĚMEČEK A KOL.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, Praha 2001.
 PASÁK ET AL.: Ochrana půdy před erozí, SZN Praha 1984.
 SOBOCKÁ, J.: Citlivost' a zraniteľnosť poľnohospodárskych pôd SR vo vzťahu ku klimatickej zmene, VUPOP Bratislava 2007, 28s.
 VOPRAVIL, J., KHEL, T.: Regozem, Seriál: půdní typy české republiky, Úroda 12/2007 s.60.
 VOPRAVIL, J., KHEL, T.: Koluvizem, Seriál: půdní typy české republiky, Úroda 6/2008 s.83.

URL

1. Analýza dopadů návrhu novely zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, ve znění pozdějších předpisů, Ministerstvo životního prostředí, srpen 2007-
2. www.cemc.cz/clen_www/legislativa/prip_rizeni/dokumenty/ostatni/21_03.doc - 28.8.2008
3. http://fle.czu.cz/~hejzman/Prednasky/Ochrana_pudy1.pdf - 28.8.2008
4. <http://ekologie.upol.cz/ku/pgsmp/Monit3.pdf> - 28.8.2008

MAPOVÉ VYJÁDŘENÍ ERODOVATELNOSTI PŮD ČESKÉ REPUBLIKY

MAPPING OF SOIL ERODIBILITY IN CZECH REPUBLIC

Jan Vopravil, Miloslav Janeček, Martin Tippl, Tomáš Khel

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Žabovřeská 250, Praha 5 – Zbraslav,
e-mail: vopravil@vumop.cz*

Abstrakt

Na podkladě dlouhodobého vyhodnocení půdních vlastností a charakteristik rozsáhlého souboru půdních sond z celého území České republiky, bylo možné s relativně vysokou přesností mapově zobrazit náchylnost zemědělských půd ČR k vodní erozi. To umožňuje efektivněji navrhovat konkrétní protierozní opatření a usnadňuje hospodaření a nakládání s krajinou.

Klíčová slova: vodní eroze, organická hmota, zrnitost, propustnost

Abstract

This contribution arises from long - term evaluation of soil properties and characteristics of the extensive set of soil pits from all area of the Czech Republic. Due to these data, the susceptibility of agriculture soils to water erosion could be depicted on the map with a relatively high accuracy. That makes possible to propose effectively particular soil protection measures from erosion and it relieves soil and landscape management.

Key words: water erosion, organic matter, texture, permeability

Úvod

Na území České republiky je více jak 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí (Janeček et al., 2002), to pro současné hospodaření, ale především pro budoucnost představuje velmi závažný problém, který se musí řešit teď, dokud máme ještě co chránit. Charakterizovat půdní vlastnosti ve vztahu k náchylnosti půdy k vodní erozi je značně komplikované, protože se jedná o složitý vztah, ve kterém hraje roli ještě celá řada dalších faktorů. Komplexní posouzení všech hlavních činitelů podílejících se na vzniku eroze, řeší stále nejpoužívanější a nejnámější tzv. univerzální rovnice pro výpočet dlouhodobé ztráty půdy vodní erozí (dále USLE) podle Wischmeiera a Smithe (1978). Ta se skládá ze šesti faktorů, které se především a ve vzájemném působení podílejí na vzniku eroze půdy. Jedním z těchto faktorů je faktor erodovatelnosti půdy (K – faktor), jehož stanovením a vymapováním pro půdní poměry ČR, se zabývá tato práce.

Materiál a metody

Při vyhodnocení K – faktoru byl především dodržen metodický postup jeho stanovení podle Wischmeiera a Smithe (1965, 1978).

Hlavním podkladem pro zjištění K – faktoru bylo vyhodnocení počítačové databáze speciálních půdních sond (S sond) a části výběrových půdních sond (V sond) z Komplexního průzkumu zemědělských půd ČSSR (KPP). Tato databáze v současnosti obsahuje cca 1200 S sond a cca 3700 V sond. Databáze S sond je kompletní, půdní sondy jsou z celého území republiky. Databáze V sond zatím obsahuje půdní sondy z okresů: Náchod, Pardubice, Rychnov nad Kněžnou, Ústí nad Orlicí, Blansko, Brno město a venkov, Zlín, Hodonín, Jihlava, České Budějovice (část). Tyto hodnoty byly použity pro doplnění souborů v rámci statistického zpracování hodnot K – faktorů.

Struktura datové báze je dvojího druhu. V první části obsahuje celkové informace o půdní sondě a její lokalitě např.: zeměpisné souřadnice, jednotlivé půdní charakteristiky, údaje o erozi půdy, údaje o hladině podzemní vody, využití půdy – kultura, datu odběru, přírodních poměrech stanoviště (srážky, teploty, nadmořskou výšku, sklon terénu...) a ještě mnoho dalších klimatických a zemědělských údajů. Všechny tyto údaje obsahují původní hodnoty (cca 40 let staré) a nově získávané hodnoty z terénních odběrů. Druhá část datové báze obsahuje kompletní informace o jednotlivých genetických horizontech konkrétního půdního profilu (v podstatě přípojná databáze na první část datové báze), zde se jedná především o výsledky chemických a fyzikálních analýz a dalších standardně udávaných údajů (půdní struktura, oživení, prokořenění, novotvary, utužení, oglejení profilu, barva horizontů a jejich hloubky včetně klasifikace v několika klasifikačních systémech včetně FAO apod.). Druhá část datové báze podobně jako část první obsahuje původní a nově získané hodnoty. Celá datová báze je spravována v prostředí databázového programu MS Access a statistické výstupy se zpracovávají v prostředí programu UNISTAT.

Postup při vyhodnocení

Pro přesné určení hodnot K – faktoru pomocí základního vztahu dle Wischmeiera a Smithe (1978) bylo zapotřebí pro každou půdní sondu určit hranice kategorií zrnitosti ornice, procento organické hmoty v ornici (procentický obsah humusu), třídu struktury ornice a třídu propustnosti půdního profilu.

Základní vztah pro výpočet K – faktoru (Wischmeier a Smith, 1978)

$$100K = 2,1M^{1,14} 10^{-4} (12 - a) + 3,25(b - 2) + 2,5(c - 3)$$

M – vliv zrnitosti ornice – součin (% prachu + % práškového písku) × (100 - % jílu)

a - % organické hmoty (obsah humusu) ornice

b - třída struktury ornice

c - třída propustnosti půdního profilu

Posouzení zrnitostního rozboru ornice – M

K vyhodnocení zrnitostního rozboru byl použit procentický obsah jílu, prachu a práškového písku. Procentický obsah jílu byl u zrnitostních rozborů prováděných v ČR určován obsahem zrn <0,001 mm. V metodice výpočtu K – faktoru je však obsah jílu ohraničen obsahem zrn <0,002 mm. Také hranice velikosti zrn prachu a práškového písku (0,002 – 0,1 mm) se liší oproti původním mezím českých rozborů (0,001 – 0,01 mm střední a jemný prach, 0,01 – 0,05 mm hrubý prach, 0,05 – 0,25 mm jemný písek,

0,25 – 2,0 mm střední písek). Proto bylo nutné přistoupit k přesnému určení hranic kategorií zrnitosti. Tyto hranice jednotlivých kategorií byly pak graficky vyhodnoceny pomocí počítačového programu MS EXCEL z vykreslené zrnitostní křivky s přesností do 0,5 %.

Procento organické hmoty v ornici (procentický obsah humusu) – a

Pro české půdy parametru „a“ nejlépe odpovídá procentický obsah humusu, který se získá vynásobením celkového oxidovatelného uhlíku (C_{ox}). C_{ox} se vynásobuje hodnotou 1,724; což je Weltego koeficient vycházející z 58% obsahu uhlíku v humusu (Valla et al., 2000).

Procentický obsah humusu byl již přímo obsažen v databázi S sond. U V sond byl celkový procentický obsah humusu vypočítán z C_{ox} pomocí Weltego koeficientu.

Třída struktury ornice – b

Pro výpočet K – faktoru se podle Wischmeiera a Smithe (1978) rozlišují čtyři třídy struktury ornice (Tab.č.1).

Tab. 1 Třídy struktury ornice

třída struktury ornice	struktura ornice
1	zrnitá
2	drobtovitá
3	hrudkovitá
4	deskovitá, slitá

V databázi S sond byly jednotlivé typy půdní struktury zaznamenány pomocí kódu. Pokud struktura byla stejná jako v tabulce č. 1, byla jí přímo přiřazena jedna ze čtyř tříd ze vzorce pro výpočet K – faktoru dle USLE.

Pro české půdy však toto třídění příliš nevyhovuje, proto se postupovalo tak, že u ostatních vyskytujících se typů půdní struktury či půd bez znatelné struktury (bezstrukturní horizont) bylo přihlíženo k půdnímu druhu a i ke geologickému podloží. Půdy lehké (p, hp) byly začleněny do třídy 1, půdy střední (ph, h) do třídy 3, na lehkých substrátech do třídy 1 a půdy těžké (jh, jv, j) do třídy 4. Toto začlenění bylo provedeno na základě tvorby jednotlivých typů půdní struktury ve vztahu k půdnímu druhu a půdotvornému substrátu.

Třída propustnosti půdního profilu – c

Pro stanovení infiltrace a propustnosti půd byly použity následující podklady:

- kategorizace hlavních půdních jednotek bonitační soustavy (HPJ) do tzv. „Hydrologických skupin HPJ“ (Kuráž – Váška 1998). Tato kategorizace byla při řešení doplněna o chybějící HPJ, obsahově verifikována a aktualizována.
- datová banka fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik a vlastností půd ČR (VÚMOP); z ní byly stanoveny hydrolimity pro jednotlivé HPJ (hlavní půdní jednotky).
- digitalizovaná grafická a numerická databáze bonitovaných půdně – ekologických jednotek (BPEJ – VÚMOP). Tato databáze vychází z neustále aktualizovaných a doplňovaných map BPEJ v měřítku 1: 5 000 pro celé území ČR.

Stanovených šiest tried (Tab.č. 2) infiltrácie a propustnosti pôdneho profilu, a to od veľmi nízkej (trída 6) až po veľmi vysokou (trída 1).

Tab.2 Třidy infiltrácie a propustnosti půd

třída	hlavní půdní jednotka bonitační soustavy
1	04, 05, 17, 21, 31, 32, 37, 40, 55
2	13, 16, 18, 22, 27, 30, 34, 38, 41
3	01, 02, 08, 09, 10, 12, 14, 15, 23, 26, 28, 29, 35, 36, 51, 56
4	03, 06, 11, 19, 24, 25, 33, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 50, 52, 58, 60
5	07, 20, 39, 47, 49, 57, 59, 62, 64, 65, 66, 75, 77, 78
6	53, 54, 61, 63, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 76

Výsledky a diskuse

Po zpracování výše uvedených podkladů byla vypočítána hodnota K - faktoru pro každou půdní sondu obsaženou v datové bázi, celkem se jednalo o cca 5 000 profilů z celého území České republiky.

Vypočtené hodnoty K - faktorů z půdních sond byly rozděleny podle HPJ. Takto vzniklý soubor hodnot byl zkontrolován a statisticky vyhodnocen. Při statistickém zpracování byly určovány následující základní charakteristiky: Aritmetický průměr, medián, průměrná odchylka a rozptyl. Pokud pro jednotlivé HPJ nebyl soubor hodnot K - faktorů dostatečný, tak byl soubor (HPJ) vyřazen pro nedostatek hodnot.

Po přenásobení K – faktorů součinitelem 1,32 na jednotky SI jsou jeho hodnoty následující (Tab.č.3).

Tab. 3 Vypočtené hodnoty K - faktorů pro jednotlivé HPJ

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
01	0,41	40	0,24
02	0,46	41	0,33
03	0,35	42	0,56
04	0,16	43	0,58
05	0,28	44	0,56
06	0,32	45	0,54
07	0,26	46	0,47
08	0,49	47	0,43
09	0,60	48	0,41
10	0,53	49	0,35
11	0,52	50	0,33
12	0,50	51	0,26
13	0,54	52	0,37
14	0,59	53	0,38
15	0,51	54	0,40
16	0,51	55	0,25
17	0,40	56	0,40
18	0,24	57	0,45
19	0,33	58	0,42

pokračování Tab. 3

HPJ	K - faktor	HPJ	K - faktor
20	0,28	59	0,35
21	0,15	60	0,31
22	0,24	61	0,32
23	0,25	62	0,35
24	0,38	63	0,31
25	0,45	64	0,40
26	0,41	65	nedostatek dat
27	0,34	66	nedostatek dat
28	0,29	67	0,44
29	0,32	68	0,49
30	0,23	69	nedostatek dat
31	0,16	70	0,41
32	0,19	71	0,47
33	0,31	72	0,48
34	0,26	73	0,48
35	0,36	74	nedostatek dat
36	0,26	75	nedostatek dat
37	0,16	76	nedostatek dat
38	0,31	77	nedostatek dat
39	nedostatek dat	78	nedostatek dat

Hodnocení výsledků

Při hodnocení výsledků jak u jednotlivých formací HPJ, tak následně přímo půd, je nutno mít na zřeteli, že do výpočtu K – faktoru vstupují jednotlivé informace pouze pro horizont A, tj. ve většině případů horizont ornice, kromě jediné vlastnosti a tou je propustnost půdního profilu. Mnoho HPJ, tak i půdních typů a variet se rozlišuje podle znaků, které leží až pod horizontem ornice, či třeba až podle půdotvorného substrátu. Proto mohou mít zdánlivě odlišné HPJ či půdy podobné vlastnosti v ornici.

Skupina 1 – nejméně náchylné HPJ k vodní erozi: K – faktor do 0,20

HPJ: 04, 21, 31, 32, 37.

Zde se jedná o půdy zrnitostně značně lehké, vodopropustné a výsušné. Půdotvorným substrátem jsou převážně písky. Struktura je spíše špatně vyvinutá, převažuje zrnitá. Obsah humusu je nízký. Z hlediska nejnižších hodnot K – faktoru se zde přímo projevil velký pozitivní vliv zrnitostního složení ornice, a tím i infiltrace vody do půdy a propustnosti půdního profilu na výpočet.

Skupina 2 – slabě náchylné HPJ k vodní erozi: K – faktor 0,20 - 0,30

HPJ: 05, 07, 18, 20, 22, 23, 28, 30, 34, 36, 40, 51, 55.

Zde převažují rozmanité půdy, vytvořené z různých substrátů a o různých charakteristikách. Bud' mají vysoký obsah humusu a dobrý strukturní stav, či se jedná o propustné a zrnitostně lehké půdy.

Skupina 3 – středně náchylné HPJ k vodní erozi: K – faktor 0,30 – 0,40

HPJ: 03, 06, 19, 24, 27, 29, 33, 35, 38, 41, 49, 50, 52, 53, 54, 59, 60, 61, 62, 63, 64.

V této skupině se vyskytují dvě uskupení půd. V první z nich se jedná o půdy, kde převažuje dobrý vláhový režim a dobrá strukturnost ornice. Substrátově je skupina pestrá, od spraše přes flyš až po různé horniny. V druhém uskupení se jedná o půdy převážně zamokřené, kde je vysoký obsah humusu. Zajímavé je, že i z hlediska bonitace sem spadá celý půdní typ černice, který má nejvyšší obsahy humusu z našich půd.

Skupina 4 – silně náchylné HPJ k vodní erozi: K – faktor 0,40 – 0,50

HPJ: 01, 02, 08, 12, 17, 25, 26, 46, 47, 48, 56, 57, 58, 67, 68, 70, 71, 72, 73.

V této skupině se již projevuje náchylnost našich nejlepších půd k vodní, ale i větrné erozi. Jsou to zejména černozemě na spraši, ale díky vysokému obsahu humusu, dobré strukturnosti a propustnosti půdního profilu, nepatří do poslední skupiny. Již sem spadají i půdy, kde působí proces illimerizace. Dále do této skupiny patří i některé hydromorfnní půdy, ale jejich skutečná ohroženost vodní erozí je díky vysokému a trvalému stupni zamokřeni nízká. Také z hlediska využití půdy se převážně jedná o trvalé travní porosty (TTP).

Skupina 5 – nejnáchylnější HPJ k vodní erozi: K – faktor nad 0,50

HPJ: 09, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 42, 43, 44, 45.

V této skupině jsou uvedeny nejnáchylnější hlavní půdní jednotky k vodní erozi. Přitom se jedná většinou i o velmi kvalitní půdy (černozem luvická, hnědozem, apod.). Hlavním důvodem je zrnitostní složení ornice a snižující se obsah humusu, ostatní vstupní charakteristiky vstupující do výpočtů jsou převážně příznivé. Nepříznivě se zde projevuje proces illimerizace, kdy dochází k posunu jílu (eluviální horizont) dolů profilem (iluviální horizont). Ochuzený (eluviální) horizont je pak ve většině případů priorán a promíchán s ornici, a tím je následně díky nepříznivé zrnitosti (velký obsah prachovitých částic), nižšímu obsahu humusu a horší struktuře snadno erodován. To souvisí i s následným obohaceným (iluviálním) horizontem, který je zrnitostně značně těžší a tím i méně propustný pro vodu.

Skupina 6 – nehodnocené HPJ – nedostatek dat

HPJ: 39, 65, 66, 69, 74, 75, 76, 77, 78.

Zde jsou uvedeny především hlavní půdní jednotky, které mají z hlediska celkového plošného zastoupení u zemědělských půd minimální význam. Některé uvedené HPJ

přítom mohly za určitých podmínek vzniknout právě v důsledku eroze, především HPJ 39 (obnažení skeletu) či HPJ 77, 78 (strže).

Závěr

Hlavním výsledkem je nové stanovení faktoru erodovatelnosti půdy pro jednotlivé hlavní půdní jednotky (HPJ) bonitovaných půdně – ekologických jednotek České republiky (BPEJ), kdy skoro každá HPJ má výpočtem stanovenou příslušnou hodnotu K – faktoru.

Na základě těchto hlavních výsledků bylo možné v geografickém informačním systému (GIS) vytvořit mapové zobrazení K – faktorů pro území celé České republiky. Z tohoto zpracování, které vychází z rozdělení HPJ do pěti resp. šesti skupin vyplynulo, že v ČR máme k vodní erozi cca 12 % nejnáchylnějších zemědělských půd, cca 29 % silně náchylných, cca 29 % středně náchylných, cca 19 % slabě náchylných, cca 10 % nejméně náchylných a jen cca 1 % půd nebylo hodnoceno z důvodu nedostatku dat.

Poděkování

Tato práce vznikla za podpory Ministerstva zemědělství ČR z projektů NAZV – QF 3094, QF 3098 a výzkumného záměru 0002704901.

Literatura

- BENNETT, H. H., 1939: Soil Erosion. McGraw-Hill, New York.
- JANEČEK, M., et al., 1992: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Metodika 5/1992, ÚVTIZ, Praha.
- JANEČEK, M., et al., 2002.: Ochrana zemědělské půdy před erozí, Praha.
- KURÁŽ, V., VÁŠKA, J., 1998: Metodika hodnocení nevýrobních ekologických funkcí půdy. Sborník Enviro Nitra, str. 130 – 134.
- NĚMEČEK, J. a kol., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, Katedra pedol. a geol. ČZU v Praze, Praha.
- NOVÁK, P., 2000: Produkční a mimoprodukční funkce půd a jejich hodnocení. Sborník ČSP, Katedra pedol. a geol. ČZU v Praze, Pedologické dny 2000, str. 71 – 84.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J.: Zpracování digitálních map hydro-pedologických charakteristik půd České republiky, Výstup V02 projektu MZe ČR NAZV QD 1368, Praha 2003.
- PRAV, A., 2001: Funkce půdy v trvale udržitelném hospodaření v zemědělsko – lesní krajině. Sborník ČSP, Ústav geol. a pedol. Lesnické a dřevařské f. MZLU v Brně, Pedologické dny 2001, str. 77 – 80.
- VALLA, et al., 2000: Pedologické praktikum, Skriptum ČZU Praha, Praha.
- VOPRAVIL, J.: Upřesnění hodnot faktoru erodovatelnosti půdy – K, Soil and Water, Praha, 1/2002, s. 167-176.
- WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D., 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses. A Guide to Conservation Planning. USDA-SEA, U.S. Governmental Printing Office, Washington.

- ZUSKA, V., NĚMEČEK, J., 1986: Odvození faktoru erodovatelnosti půd ČSSR, Rostlinná výroba, 32, č. 6, 623- 633.
- ČSN 75 0142: Názvosloví protierozní ochrany.
- Grafické a numerické databáze bonitovaných půdně – ekologických jednotek (BPEJ). VÚMOP Praha.
- Numerická datová báze fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik a vlastností půd ČR. VÚMOP Praha.

MAPOVÉ VYJÁDRĚNÍ INFILTRAČNÍ SCHOPNOSTI PŮD ČESKÉ REPUBLIKY

GEOGRAPHICAL EVALUATION OF INFILTRATION ABILITY OF SOILS IN CZECH REPUBLIC

Jan Vopravil, Pavel Novák, Tat'ána Vrabcová

*Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy v.v.i., Žabovřeská 250, Praha 5 – Zbraslav,
Email: vopravil@vumop.cz*

Abstrakt

Na podkladě dlouhodobého vyhodnocení půdních vlastností a charakteristik rozsáhlého souboru půdních sond z celého území České republiky a terénních měření, bylo možné s relativně vysokou přesností (předpokládaná chyba se uvažuje cca 25 %) mapově zobrazit infiltrační schopnost půd ČR v km gridu. To umožňuje například efektivněji navrhnout protipovodňová opatření a usnadňuje hospodaření a nakládání s krajinou.

Klíčová slova: Infiltrace, propustnost, půda, půdní vlhkost.

Abstract

Base on long-term evaluation of soil characteristics and properties from extensive set of soil pits from all over the Czech Republic and many terrain measurements, it was possible to obtain a map representation of the soil infiltration ability (in km of grids) with a relatively high accuracy (eligible error approximately 25%). That contributes for example to propose flood controls and to facilitate soil and landscape management.

Keywords: Infiltration, permeability, soil, soil moisture.

Úvod

Infiltrace (vsakování) vody do půdy i její další pohyb v půdě (jak vertikální do geologického podloží, tak i paralelní s povrchem půdy ve svažitém reliéfu) je případem neustáleného proudění ve vodou nenasyceném prostředí. Závisí na počáteční půdní vlhkosti (na potenciálu vlhkosti). V prostředí vodou nasyčeném je infiltrace vody do půdy a pohyb vody v půdě obvykle mnohem pomalejší než v prostředí nenasyceném. Rychlost infiltrace vody do půdy v závislosti na čase velmi rychle klesá s množstvím infiltrované vody. Po delší době se rychlost infiltrace ustálí a křivka rychlosti se blíží přímce. Zato jsou parametry pohybu vody v nasyčeném prostředí vcelku dobře laboratorně i v terénu stanovitelné. U nenasyceného proudění (což je infiltrace) je jejich určení problematické a nepřesné. Celý problém infiltrace a propustnosti půd může být ještě komplikován ve svažitých terénech tím, že se jedná o kombinaci vsakování a pohybu vody ve vertikálním směru a může existovat rovněž horizontální nebo s terénem paralelní vnitropůdní tok vody s odlišnými parametry.

Pokud je nám známo, jsou to jedny z prvních obdobných pokusů o zpracování dané problematiky ve světovém měřítku. Výsledky je nutno posuzovat jako možné přiblížení k reálnému stavu. Přesto se domníváme, že výsledky mohou posloužit jako

dosud jediná vstupní data infiltračních poměrů velkých území pro řadu dalších aplikací a stanovení.

Materiál a metody

Pro stanovení byly použity následující podklady:

- Datová banka fyzikálních, chemických, morfologických a profilových charakteristik a vlastností půd ČR. Z nich byly získány hodnoty zrnitostního složení a fyzikálních charakteristik (nekapilární a kapilární pórovitost, objemová hmotnost, maximální kapilární kapacita); po případě (málo) hydrolimity polní vodní kapacity, bodu vadnutí, infiltračních rychlostí. Z datové báze byly stanoveny hodnoty infiltrace a propustnosti. Vlastníkem této databáze je VÚMOP.
- Digitalizovaná grafická a numerická databáze bonitovaných půdně-ekologických jednotek (BPEJ – VÚMOP). Databáze vychází z průběžně aktualizovaných a doplňovaných grafických materiálů v měř. 1:5 000 a jejich numerického (plošného) a poměrného zastoupení. V pětimístném číselném kódu BPEJ je na druhém a třetím místě kódu obsažena hlavní půdní jednotka HPJ a na pátém místě kódu údaj o hloubce půdy a skeletovitosti.
- Hydrologické charakteristiky půdotvorných substrátů. Zpracováno ve spolupráci s geology z Českého ústavu geologického speciálně pro účely řešení, a to na základě charakteristik hornin a jejich větrání, zrnitosti, struktury, možné skeletovitosti, obsahu různých jílových minerálů (ovlivňujících bobtnavost, smršťování) a hydrologických vlastností zvětralin. Byly použity ke zpracování infiltračních vlastností lesních půd.
- Výsledky vlastních měření infiltrace čtyřmi metodami a jejich vzájemným porovnáním. Měření bylo provedeno vždy v prvních třech horizontech profilů.
- Jako podklad hodnot infiltrace a propustnosti byla vybrána data uváděná pro jednotlivé HPJ *Janečkem (2007)* a speciálně pro účely projektu údaje vypracované *Kurážem (2006)*. Jimi uváděné hodnoty byly konfrontovány s daty vyplývajícími ze starších měření *Rijtemy (1969)* a *Feddese (1980)* a z našich měření (kap. 4.1.). Ze vzájemného srovnání vyplynulo výsledné rozmezí hodnot infiltrace a propustnosti pro ustálené hodnoty infiltrační křivky, tj. pro stav, blížíící se nasycenému vsakování. Výsledné hodnoty infiltrace i hodnoty uváděné citovanými autory pro jednotlivé HPJ jsou v tabulce č. 1.
- Z těchto podkladů bylo možno pro každý 1 km² síť přiřadit jednu kategorii potenciální infiltrační schopnosti půd podle většinového zastoupení, tj. podle největšího plošného zastoupení v daném čtverci sítě. Práce proběhly v prostředí Arc Info.
- Celé zpracování představovalo velký objem prací se značným počtem dat. Bylo též náročné a komplikované nutností použití různých souřadnicových systémů – S 42 a JTSK.

Tab. 1 Hodnoty infiltrácie pro jednotlivé hlavní půdní jednotky (HPJ)

HPJ	Hydrol. skupina Janeček	Hodnota (Janeček) mm.min ⁻¹	Hodnota dle Kuráže mm.min ⁻¹	Rijtema 1969 Feddes 1980	Výsledné zařazení do skupiny	Výsledné rozmezí hodnot mm.min ⁻¹
01	B	0,06-0,12	0,22	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
02	B	0,06-0,12	0,21	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
03	C	0,02-0,06	0,18	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
04	A	>0,12	1,2	>1,00	A 1	>0,20
05	A	>0,12	0,16	>1,00	B 2	>0,20
06	C	0,02-0,06	0,02	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
07	D	<0,02	0,01	<0,05	D 5	<0,02
08	B	0,06-0,12	0,11	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
09	B	0,06-0,12	0,10	0,10-0,25		0,10-0,15
10	B	0,06-0,12	0,09	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
11	B	0,06-0,12	0,09	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
12	B	0,06-0,12	0,07	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
13	B	0,06-0,12	0,26	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
14	B	0,06-0,12	0,16	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
15	B	0,06-0,12	0,13	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
16	B	0,06-0,12	0,12	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
17	A	>0,12	0,41	>1,00	A 1	>0,20
18	B	0,06-0,12	0,11	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
19	B	0,06-0,12	0,10	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
20	D	<0,02	0,01	<0,02	D 5	<0,05
21	A	>0,12	0,58	1,00	A 1	>0,20
22	B	0,06-0,12	0,20	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
23	C	0,02-0,06	0,08	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
24	B	0,06-0,12	0,08	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
25	B	0,06-0,12	0,16	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
26	B	0,06-0,12	0,16	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
27	B	0,06-0,12	0,19	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
28	B	0,06-0,12	0,09	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
29	B	0,06-0,12	0,09	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
30	B	0,06-0,12	0,09	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
31	A	>0,12	0,32	>1,00	A 1	>0,20
32	A	>0,12	0,38	>1,00	A 1	>0,20
33	B	0,06-0,12	0,06	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
34	B	0,06-0,12	0,41	>1,00	A 1	>0,20
35	B	0,06-0,12	0,17	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
36	B	0,06-0,12	0,30	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
37	B	0,06-0,12	0,42	>1,00	A 1	>0,20
38	B	0,06-0,12	0,18	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
39	C	0,02-0,06	0,15	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10
40	B	0,06-0,12	0,25	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
41	B	0,06-0,12	0,14	0,25-1,00	B 2	0,15-0,20
42	B	0,06-0,12	0,14	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
43	B	0,06-0,12	0,09	0,10-0,25	B 3	0,10-0,15
44	C	0,02-0,06	0,09	0,02-0,10	C 4	0,05-0,10

Tab. 1 – pokračování

HPJ	Hydrol. skupina Janeček	Hodnota (Janeček) mm.min ⁻¹	Hodnota dle Kuráže mm.min ⁻¹	Rijtema 1969 Feddes 1980	Výsledné zařazení do skupiny		Výsledné rozmezí hodnot mm.min ⁻¹
45	C	0,02-0,06	0,05	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
46	C	0,02-0,06	0,17	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
47	C	0,02-0,06	0,08	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
48	C	0,02-0,06	0,08	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
49	D	<0,02	0,05	<0,05	B	5	<0,02
50	C	0,02-0,06	0,12	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
51	C	0,02-0,06	0,05	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
52	C	0,02-0,06	0,14	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
53	D	<0,02	0,06	<0,05	D	5	<0,05
54	D	<0,02	0,05	<0,02	D	5	<0,05
55	A	>0,12	0,50	>1,00	A	1	>0,20
56	B	0,06-0,12	0,15	0,10-0,25	B	3	0,10-0,15
57	C	0,02-0,06	0,02	<0,02	D	5	<0,05
58	C	0,02-0,06	0,12	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
59	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
60	B	0,06-0,12	0,11	0,10-0,25	B	3	0,10-0,15
61	D	<0,02	0,01	<0,02	D	5	<0,05
62	C	0,02-0,06	0,05	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
63	D	<0,02	0,01	<0,02	D	5	<0,05
64	C	0,02-0,06	0,02	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
65	C	0,02-0,06	0,02	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
66	D	<0,02	0,01	<0,02	D	5	<0,05
67	D	<0,02	0,01	<0,02	D	5	<0,05
68	D	<0,02	0,02	<0,02	D	5	<0,05
69	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
70	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
71	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
72	D	<0,02	0,01	<0,02	D	5	<0,05
73	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
74	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
75	C	0,02-0,06	0,04	0,10-0,02	C	4	0,05-0,10
76	D	<0,02	0,03	<0,02	D	5	<0,05
77	C	0,02-0,06	0,30	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10
78	C	0,02-0,06	0,30	0,02-0,10	C	4	0,05-0,10

- Tyto hodnoty platí pro holou půdu v přirozeném uložení bez vlivu porostu a bez vlivu nadložních vrstev opadanky (les). Porost nebo nadložní humifikované vrstvy mohou zejména počáteční rychlost infiltrace významně ovlivnit.

Výsledky a diskuse

Výsledné hodnoty infiltrační schopnosti půd zobrazuje tabulka č. 2. Tyto výsledky navazují na některé naše pokusy, které byly v oblasti vyhodnocení infiltrace větších území zpracovány již dříve (Novák *et al.* 1998, 2000, 2001, 2003). Výsledky je nutno

posuzovat kriticky jako přiblížení ke skutečnému stavu. Je zajímavé, jak se např. liší údaje hodnot různých autorů vztažené k půdám relativně stejných (zvláště zrnitostních) charakteristik. Je proto někdy problematické provést kategorizaci absolutních hodnot infiltrace do příslušných hydrologických skupin a podskupin půd.

Další příčinou možných nepřesností pak je – zvláště při mapovém zpracování – velká plošná i prostorová půdní heterogenita, kterou ovlivňuje zejména zrnitostní složení půdních profilů s výskytem zrnitostně odlišných vrstev (horizontů vodovodných a vodonosných), hloubka půdy (k podložní hornině, k hladině podzemní vody), skeletovitost profilu, obsah humusu a mineralogické složení jílové frakce (ovlivňující objemové změny, tvorbu trhlin a charakter pórů), strukturní stav půdy, utužení.

K dalším nejistotám přistupuje podíl lesních ploch. Pro zemědělské půdy existuje v podstatě poměrně dost údajů. Lesní půdy však tento dostatek základních vstupních dat hydrologických vlastností nemají. Proto pro mapové vyjádření bylo nutno vyjít z hydrologických vlastností hornin respekt. charakteru jejich zvětralin. Byla tedy zpracována hydrogeologická charakteristika půdotvorných substrátů ČR, ve které jsou v rámci pěti kategorií charakterizovány vztahy mezi rychlostí infiltrace, retenční vodní kapacitou a typem horniny (charakterem zvětralin), ze které půdotvorný substrát vznikl včetně převažujícího výskytu příslušných půdních typů. Logicky potom toto třídění je podstatně hrubší a je příčinou možných nejistot a chyb.

Tab. 2 Kategorizace HPJ podle infiltrace a propustnosti

Hydrolog. skupina půd	Mapová skupina půd	HPJ (2. a 3. číslo kódu BPEJ)	Výsledné rozmezí hodnot (mm.min^{-1})	Střední mapová hodnota (mm.min^{-1})	Slovní označení propustnosti
A	1	04, 17, 21, 31, 32, 34, 37, 55 + lesní půdy skup. 1	>0,20	0,30	vysoká
B	2	05, 13, 22, 27, 29, 30, 36, 38, 40, 41 + lesní půdy skup. 2	0,15 – 0,20	0,18	vyšší střední
	3	01, 02, 08, 09, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 19, 25, 26, 28, 33, 35, 42, 43, 56, 60 + lesní půdy skup. 3	0,10 – 0,15	0,13	střední
C	4	03, 06, 18, 23, 24, 39, 44, 45, 46, 47, 48, 50, 51, 52, 58, 62, 64, 65, 77, 78 + lesní půdy skup. 4	0,05 – 0,10	0,8	nižší střední
D	5	07, 20, 49, 53, 54, 57, 59, 61, 63, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76 + lesní půdy skup. 5	<0,05	0,3	nízká

- Pro každý 1 km² gridu sítě mohla tak být v prostředí Arc Info přiřazena jedna kategorie infiltrace podle největšího plošného zastoupení ve čtverci. Nebylo možno provést výpočet průměrných hodnot: při průměrném počtu 30 – 40 různých areálů BPEJ (+ lesa) ve čtverci a ploše 78 600 km² území ČR by se jednalo o obrovské množství výpočtů. Takový postup by byl možný pouze v detailu pro malé území.

Závěr

Jak již bylo řečeno v úvodu a v metodice, je celá problematika řešena už řadu let a je postupně zpřesňována. Proto snad poslední dosažené výsledky mohou poskytnout podklady, které by měly mít dopad na řešení velmi důležitých praktických otázek předpovědi povodňových situací a dlouhodobého sucha.

Použitá literatura

- BRADY, N. C.; WEIL, R. R.: The Nature and Properties of Soils., 13 th edit., Prentice Hall edit, New Jersey, 2002.
- BREŽNÝ, J.: Vztah mezi zrnitostí půdy a půdními hydrolimity. Graf, převzato z Benetin J. Pohyb vody v zemi, SAV Bratislava, 1958.
- Datová banka fyzikálních, chemických a morfologických charakteristik a vlastností půd, VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- FEDDES, R. A.: Physics of soil moisture. ILRI Wageningen ,1980, 25 p., 15 tbl. Grafická část datové banky mapování BPEJ. VÚMOP, v.v.i., 1995 – 2007.
- JANEČEK, M.: Ochrana zemědělské půdy před erozí. Metodika, rukopis v tisku, 2007.
- KENT, K. M.: Hydrology, National Engineering Handbook, USDA, Washington, 1971.
- KURÁŽ, V.: Retenční vodní kapacita a infiltrační rychlost půd pro HPJ bonitační soustavy. Rukopis – tabulka. ČVUT Praha, 4 str.
- NOVÁK, P. ET AL.: Mapy retenční vodní kapacity půd a infiltrační schopnosti půd povodí Chrudimky, Cidlina, Otavy, a Bečvy. VÚMOP, v.v.i., 2006.
- NOVÁK, P. ET AL.: Retenční schopnost půd oblastí postižených povodněmi na Moravě 1997 a důsledky povodní pro půdu a krajinu. Zpráva za VE 5.2. projektu MŽP ČR „Vyhodnocení povodní 1997“. VÚMOP Praha, 1998.
- NOVÁK, P. ET AL.: Retenční vodní kapacita půd povodí Horní Moravy. Sborník konference „Pedologické dny 1999“, PF UK Olomouc, 2000.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J.: Retenční vodní kapacita půd české části povodí Labe. Mapa s legendou 1:500 000. Pro odbor vodního hospodářství Mze ČR, 2001.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J.: Zpracování digitálních map hydrologických charakteristik půd České republiky. Záv. zpráva a výstup V02 projektu NAZV QD 1368. VÚMOP, v.v.i. Praha, 12 s.+ digit. mapy, 2003.
- RIJTEMA, P. E.: Soil Moisture forecasting, ILRI Wageningen.
- STACKMAN, W.: Soil Moisture Characteristic. Inst. Land and Water Management Research, Wageningen, 116 p., 1974.
- TOMÁŠEK, M.: Hydrologické vlastnosti půdotvorných substrátů s ohledem na infiltrační schopnost a vodní retenční kapacitu zvětralin. Verifikovaný rukopis, tabulka, mapa 1:250 000, ČGÚ Praha, 2005

Tato práce vznikla za podpory Ministerstvo životního prostředí České republiky, výzkumného projektu VaV 1D/1/5/05 „Vývoj metod predikce stavů sucha a povodňových situací na základě infiltračních a retenčních vlastností půdního pokryvu ČR“

BILANCIE PÔDNEHO ORGANICKÉHO UHLÍKA V EKOLOGICKÝCH HOSPODÁRSTVACH

BALANCES OF SOIL ORGANIC CARBON IN ECOLOGICAL FARMS

Anton Zaujec

Katedra pedológie a geológie, FAPZ SPU Nitra, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Abstrakt

Jednoduché bilancie pôdnej organickej hmoty v podnikoch ekologicky hospodáriacich poukázali jednak na výrazné rozdiely v pôdno-klimatických podmienkach, ale i medzi jednotlivými honmi v rámci podnikov. Vyrovnaná, či v niektorých prípadoch výrazne pozitívna bilancia bola dôsledkom vysokých dávok kvalitných organických hnojív a súčasného zapracovávania pozberových rastlinných zvyškov. Nedostatok organických hnojív a odstránenie rastlinných zvyškov zákonite bude viesť k poklesu obsahov organického uhlíka v pôdach a zhoršeniu fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôd a tiež i ich funkcií. Použitý model bilancie pôdneho organického uhlíka preukázal dostatočnú citlivosť i presnosť pri hodnotení dynamiky zmien čo sa týka vplyvov pôdneho prostredia i množstva a kvality vstupujúcich organických látok.

Kľúčové slová: bilancia pôdnej organickej hmoty, ekologické hospodárenie

Abstract

The balances of soil organic matter in ecological farms showed not only big differences between soil ecological conditions but between tested plots at farms. Highly positive balance of soil organic carbon in some cases were resulted from high rates of organic manures and crop residues. Our model used for calculation of balance of organic matter in soils showed good sensitivity and accuracy in evaluation different quality and quantity of organic matter inputs and soil environment condition.

Key words: balance of soil organic matter, organic farming

Úvod

Je tragické, že i v súčasnosti hlad a podvýživa zabíja 10 miliónov ľudí ročne, čo je 5 každú sekundu. Vo svete sa pri tom produkuje dostatok potravy podľa údajov FAO. Priaznivý vplyv pôdnej organickej hmoty (POH) na jej produkčnú schopnosť pôd je známy, ale v praxi málo cenený. Prejavuje sa tak, že v pôde, na ktorej sa hospodári racionálne obsah POH rastie, má priaznivejšie fyzikálne, chemické a biologické vlastnosti v porovnaní s pôdou, v ktorej dochádza k jej úbytku. Prejavuje sa to v lepšej tvorbe a stabilizácii pôdnych agregátov, ľahšom obrábaní, znížení nebezpečenstva jej utlačania a v zlepšení vodno-vzdušných parametrov pôdy, raste infiltrácie vody do pôdy a znížení vodnej erózie. Rastie jej význam i vo vzťahu k produkčnej schopnosti pôd, kde má úlohu rezervoáru energie a živín pre mikroorganizmy a rastliny.

Nezastupiteľná je v cykloch biogénnych prvkov čo úzko súvisí aj s jej environmentálnou funkciou. Poznatky o funkciách POH a zákonitostiach humusotvorného procesu poukazujú na význam kvantity a kvality každoročne vstupujúcich organických hmôt do pôd pre zabezpečenie bezdeficitnej bilancie POH. Treba zohľadniť humusový režim každého pôdneho predstaviteľa v daných ekologických a socioekonomických podmienkach.

POH právom považovaná za centrálnu zložku agroekosystémov z hľadiska udržania stability pôdnych systémov, ako zdroj živín N, P, S pre rast rastlín, ale hlavne svojimi funkciami, vplyvom na biologické, fyzikálne a chemické vlastnosti pôd, čo je úzko spojené s kolobehom uhlíka a jeho bilanciou v pôde. Je klamlivé, ale zároveň reálne, že zmeny celkových obsahov organického uhlíka v pôdach sú pomalé. V miernej klíme je bežné, že zmeny často nie sú detekovateľné, v priebehu jednej či dvoch dekád, dokonca i pri veľkých zmenách v sústavách hospodárenia. Bilančné modely obsahov pôdneho organického uhlíka sú preto jedinečným prostriedkom pre projektovanie možných trendov zmien obsahov POH, a prognózovanie vlastností a procesov v pôdach. Využitie simulačných modelov, integrujúcich vplyvy rôznych faktorov a ich interakcií, je spôsobom pre spoznanie a interpretáciu regionálnych vzorov distribúcie pôdnej POH.

Pre bilanciu organického uhlíka v pôde sme použili vlastný prístup vychádzajúci z prepojenia viacerých modelov a to využívajúc kalkuláciu vstupov rastlinných zvyškov z modelu Jurčová, Bielek (1997) a výpočtu rýchlosti mineralizácie POH na základe vzťahu vyjadrujúceho závislosť rýchlosti mineralizácie humusu od pôdnej textúry a obsahu karbonátov.

Materiál a metódy

Pre naplnenie cieľu práce, bilancovanie pôdneho organického uhlíka v rôznych osevných postupoch, sme vybrali poľnohospodárske podniky s ekologickým hospodárením v r. 1992-1999.

PD Horný Dačov Lom - nachádza sa v Krupinskej vrchovine. Krajina je kopcovitá s nadmorskou výškou 370 až 640m, patrí do okrsku B₅, mierne vlhký, mierne teplý, vrchovinný. Priemerná ročná teplota bola 7,8°C a priemerné ročné zrážky 727mm, je tvorená andezitmi a tufmi, na ktorých vznikli kambizeme a kambizeme pseudoglejové. V ekologickom systéme hospodárenia bolo 12 honov s výmerou 390ha. Podnik mal rastlinnú i živočíšnu výrobu. Ročná produkcia maštalného hnoja bola 16 200 ton, na hnojenie používal 13 000 ton a 3 200 t na výrobu kompostov.

PD AgroSeb Sebechleby - je v južnej časti okresu Krupina. Priemerná ročná teplota bola 7,8°C a priemerný ročný úhrn zrážok 674mm, na úpätí Štiavnického pohoria, budovaného neogénnymi vulkanickými komplexmi. Andezity sa vyskytujú ako zvyšky lávových prúdov. Sú tu i substráty eolických a soliflukčných hlín, ktoré sú zrnitostne ťažšie. Do ekologického systému hospodárenia bolo zaradených 677ha ornej pôdy. Dominantným pôdnym typom je luvizem (822ha) a luvizem pseudoglejová (405ha), menej hnedozem luvizemná a pseudoglejová (153ha), okrem týchto sa nachádzajú na území kambizeme (329ha) a fluvizeme (155ha). Podnik má rastlinnú i živočíšnu výrobu. Ročná produkcia maštalného hnoja bola 14 300t, 4 950m³ močovky a 3 400m³ hnojovice.

Pol'noTom bio s.r.o. Dunajská Streda - patrí do mierne teplej klimatickej oblasti, mierne suchého okrsku s miernou zimou, s priemernou ročnou teplotou 9,5°C a dlhodobým úhrnom zrážok 587mm. Územie leží v strednej časti nánosového kúžela Žitného ostrova, vytvorenom na neogénnom podloží, ktoré pokleslo pozdĺž tektonických zlomov do hĺbky a bolo vyplnené štrkovitými neogénnymi a pleistocénnymi sedimentmi a jemnejším holocénnym materiálom. Aluviálne štrky a piesky sú prekryté žltou, spraši podobnou zeminou, ktorá vyplňuje staré ramená. Na týchto substrátoch sú černozeme silno karbonátové. Černozeme na spraši a miestami na veľmi jemnom aluviálno-vápenatom piesku majú humusový horizont hlboký s vysokým obsahom karbonátov. V časti územia sa nachádzajú čiernice karbonátové, hladina podzemnej vody je v hĺbke 1 až 5m a celé územie patrí do 1. pásma hygienickej ochrany podzemných vôd. Podnik nemal živočíšnu výrobu, preto všetok vedľajší produkt bol zaorávaný.

PD Čataj - patrí do klimatickej oblasti teplej, okrsku suchého s miernou zimou. Priemerná ročná teplota je 9,8°C a ročný úhrn zrážok 550-600mm. Reliéf územia je rovný, vytvorený akumuláčnou činnosťou vody. Terén zrovnávali povodňové kalové hliny, ktoré spolu so sprašovými hlinami a pokrývajú nívne vápenaté štrky a piesky. Severovýchodná časť katastra je tvorená pleistocénnymi a juhovýchodná časť holocénnymi sedimentmi. Pleistocén - substrátom sú spraše silne vápenaté, zrnitostne hlinité, vytvoril sa tu pôdny typ černozem. Holocén - substrátom sú vápenaté nívne uloženiny, zrnitostne prevažne ťažké, pôdny typ čiernica s vysokou prirodzenou úrodnosťou. Systém ekologického poľnohospodárstva bol na 10 honoch o výmere 434ha. Živočíšna výroba bola obmedzená, vedľajšie produkty zaorávali a pôdy boli len minimálne hnojené maštalným hnojom.

PD Majcíchov - patrí klimaticky do oblasti teplej, mierne suchej s prevažne suchou zimou, priemernou ročnou teplotou 9,5°C a ročným úhrnom zrážok 586mm. Najväčšiu časť zaoberá Trnavská sprašová tabuľa, menšiu niva Dudváhu. Spraš ako substrát je z obdobia wurmského, zrnitostne rôznorodá, pôdny typ černozem. Aluviálne naplaveniny sú tvorené horninami vápenatého charakteru, vápenatými štrkopieskami a ďalej od koryta Dudváhu ťažšími ílovito-vápenatými sedimentami, pôdny typ čiernica. Podnik mal rozvinutú rastlinnú i živočíšnu výrobu s ročnou produkciou 45 000 ton maštalného hnoja.

PD Moravany nad Váhom - v teplej klimatickej oblasti, kde sú teplé až mierne vlhké okrsky s miernou zimou. Priemer ročných teplôt vzduchu do 300m sa pohybuje od 9-10°C, v oblasti nad 300m klesá na 8-9°C, dlhoročný priemer 9,2°C a ročný úhrn zrážok je 625mm. Najnižšie položenou a rovinnou časťou je niva Váhu. Na východe sa ostro oddeľuje od abráznej plošiny, kde je vytvorený stupeň pripomínajúci riečnu terasu. Niva Váhu je vyplnená štrkami a ich podložie je tvorené miocénnymi pieskami, vytvorili sa tu fluvizeme. Druhým celkom je tzv. abrázna plošina, je až 2 km široká, pokrytá sprašovými pokrvmi, vytvorili sa tu hnedozeme. Do ekologického poľnohospodárstva bolo zaradených 180ha ornej pôdy. Malo rozvinutú rastlinnú i živočíšnu výrobu, produkcia maštalného hnoja bola 9 000 ton ročne.

Použité metódy

Na stanovenie parametrov: pôdna reakcia, obsah karbonátov, pôdna textúra, obsah organického uhlíka v pôdnych vzorkách odobraných z ornice sme použili štandardné metódy. Množstvá vstupujúceho organického uhlíka do pôdy v rastlinných zvyškoch

sme vypočítali z úrod plodín podľa Jurčovej a Bieleka (1997). Koeficienty humifikácie vstupujúcich organických hmôt do pôd sme použili vlastné i publikované. Ročnú mineralizáciu organickej pôdnej hmoty sme robili na základe stanoveného obsahu karbonátov a pôdnej textúry.

Výsledky a diskusia

V prvej etape sme vychádzali z materiálov KPP. Potom sme analyzovali pôdne vzorky z poľnohospodárskych podnikov. Hodnoty koeficientu mineralizácie K_m sme vypočítali zo vzťahu:

$$K_m = 1200 / (A + 20) \cdot (B + 20),$$

kde **A**= obsah CaCO_3 (%) a **B**= (%-ný obsah častíc $<0.001\text{mm}$)

Hodnoty koeficientov humifikácie K_h sme prebrali z literárnych zdrojov a vlastných výsledkov. Plodiny sme rozdelili do štyroch skupín s odlišujúcimi sa hodnotami koeficientov humifikácie.

Tab. 1 Hodnoty koeficientov humifikácie

Skupina	Plodiny	K_h
I	sója, bôb, lucerna, ďatelina, trávky, hrach, fazuľa	0,3
II	pšenica, jačmeň, ovos, raž, pohánka, horčica biela, proso, mak, repka olejná	0,25
III	kapusta repková, kukurica, slnečnica	0,15
IV	strukovino obilná miešanka, zemiaky, cukrová repa	0,08
	maštalný hnoj, biohumus, biokompost	0,3
	hnojovica, močovka	0,2

Aplikované organické hnojivá sme prepočítali na vstupujúci organický uhlík cez tieto koeficienty: maštalný hnoj = 0,17 (t.j. 10t MH= 1,7 tC); biohumus, biokompost = 0,20; Vitahum= 0,13; hnojovica hovädzieho dobytku= 0,019; hnojovica ošípaných= 0,014; hnojovica hydiny =0,08; močovka= 0,001.

Pri výpočte ročnej bilancie POH sme počítali s hmotnosťou ornice 3 000t.ha⁻¹. Vstupujúci organický uhlík z rastlinných zvyškov sme vypočítali z úrod plodín, (Jurčová, Bielek, 1997).

Množstvá mineralizovaného uhlíka ($A_0 \cdot K_m$) z celkového obsahu v ornici (3 000t) a humifikovaného ($C \cdot K_h$). Bilancia hospodárenia s POH v podniku bola potom súčtom ročných bilancií organického uhlíka na honoch, vyjadrených vzťahom:

$$\pm \Delta = A_0 \cdot K_m + C \cdot K_h$$

$\pm \Delta$ - je výsledok bilancie; + pozitívny(prírastok); - negatívny(úbytok)

A_0 - uhlík (t.C.ha⁻¹) v ornici, C - uhlík z RZ (rastlinných zvyškov) a OH (organických hnojív v tC.ha⁻¹), K_m - koef. mineralizácie pôdneho org. Uhlíka, K_h - koef. humifikácie vstupujúceho org. uhlíka

$$A_n = A_0 + (\pm \Delta)_n$$

Bilancia za obdobie viacerých rokov, či oševný postup je súčtom jednotlivých ročných bilancií. Pomocou modelu sme získali cenné informácie o dynamike zmien obsahov POH v rozdielnych pôdno-klimatických podmienkach, vplyvom rôznych oševných postupov a intenzít organického hnojenia.

Ako modelový príklad uvádzame hony z PoľnoTom bio s.r.o Dun. Streda (Tab.2, 3).

Tab. 2 Základné informácie o pôde – hon1 - PoľnoTom bio s.r.o Dunajská Streda

Hon	pH _{KCl}	%C _{ox}	%CaCO ₃	%<0,01mm	%<0,001mm	Km
1	7,4	2,71	11,7	46,8	20,0	0,95
2	7,5	3,55	10,6	47,6	21,0	0,96
3	7,8	2,29	26,0	40,0	18,0	0,69
4	7,8	2,46	36,7	43,0	19,0	0,54

Tab. 3 Bilancia pôdnej organickej hmoty - PoľnoTom bio s.r.o Dunajská Streda

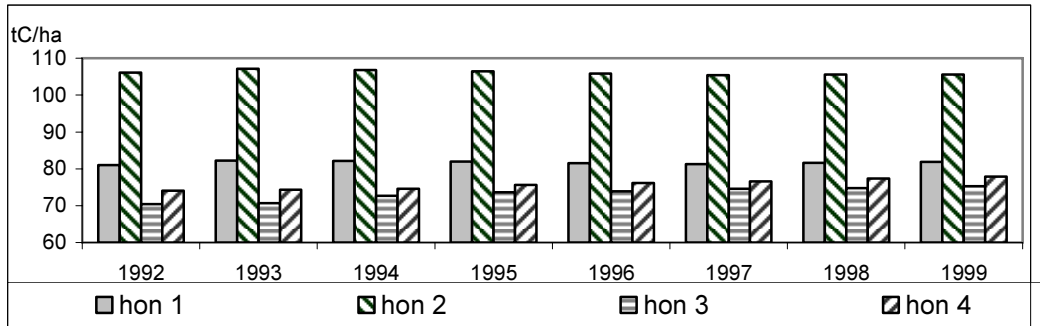
Hon	Rok	Plodina	Úroda (t.ha ⁻¹)		OH (t.ha ⁻¹)	K _c	Vstup C (t.ha ⁻¹)		Minera- lizovalo	Humifi- kovalo	±Δ	Vypočet %C _{ox}	C _{ox} (t.ha ⁻¹)
			HP	VP			RZ	OH					
			(t.ha ⁻¹)										
1 – 60 ha	1992	Sója	2,8	zaoraný	-	0,660	1,848	-	-0,772	0,554	-0,218	2,70	81,1
	1993	KZ	7,5	zaoraný	25	0,618	4,635	4,25	-0,770	1,970	+1,200	2,74	82,3
	1994	KZ	7,0	zaoraný	-	0,618	4,326	-	-0,782	0,649	-0,133	2,74	82,1
	1995	KZ	5,0	zaoraný	-	0,855	4,275	-	-0,780	0,641	-0,139	2,73	82,0
	1996	KZ	2,3	zaoraný	-	0,975	2,243	-	-0,779	0,336	-0,443	2,72	81,6
	1997	Hrach	1,5	zaoraný	-	1,148	1,722	-	-0,775	0,517	-0,258	2,71	81,3
	1998	PO	6,0	zaoraný	-	0,740	4,440	-	-0,772	1,110	+0,338	2,72	81,6
	1999	Hrach	3,0	zaoraný	-	1,149	3,447	-	-0,776	1,034	+0,258	2,73	81,9
	Σ					25	26,94	4,25	-6,206	6,811	+0,605		
2 – 38 ha	1992	JJ	3,5	zaoraný	-	0,668	2,338	-	-1,022	0,585	-0,437	3,54	106,1
	1993	PO	4,0	zaoraný	25	0,854	3,416	4,25	-1,018	2,129	+1,111	3,57	107,2
	1994	KZ	7,0	zaoraný	-	0,642	4,494	-	-1,029	0,674	-0,355	3,56	106,8
	1995	KZ	6,0	zaoraný	-	0,727	4,362	-	-1,025	0,654	-0,371	3,55	106,4
	1996	KZ	3,0	zaoraný	-	0,975	2,925	-	-1,022	0,439	-0,583	3,53	105,9
	1997	Hrach	1,5	zaoraný	-	1,148	1,722	-	-1,016	0,517	-0,499	3,51	105,4
	1998	PO	6,5	zaoraný	-	0,737	4,791	-	-1,012	1,198	+0,186	3,52	105,6
	1999	Hrach	3,0	zaoraný	-	1,149	3,447	-	-1,013	1,034	+0,021	3,52	105,6
	Σ					25	27,50	4,25	-8,157	7,230	-0,927		
3 – 50 ha	1992	KZ	6,5	zaoraný	30	0,676	4,394	5,10	-0,474	2,189	1,725	2,35	70,4
	1993	JJ	4,5	zaoraný	-	0,623	2,804	-	-0,486	0,701	0,215	2,35	70,6
	1994	PO	5,0	zaoraný	30	0,792	3,960	5,10	-0,487	2,520	2,033	2,42	72,7
		Hrach	3,0	zaoraný	25	1,149	3,447	2,13	-0,501	2,309	1,808	2,48	74,5
	1995	JJ	3,5	zaoraný	-	0,668	2,338	-	-0,501	0,585	0,084	2,42	72,7
		PO	4,5	zaoraný	-	0,826	3,717	-	-0,508	0,929	0,421	2,47	74,0
	1996	JJ	4,0	zaoraný	-	0,649	2,596	-	-0,508	0,649	0,141	2,46	73,8
		PO	6,2	zaoraný	-	0,737	4,569	-	-0,510	1,142	0,632	2,48	74,5
	1998	Hrach	2,0	zaoraný	-	1,186	2,372	-	-0,514	0,712	0,198	2,49	74,7
1999	PO	5,5	zaoraný	-	0,760	4,180	-	-0,516	1,045	0,529	2,51	75,2	
Σ					85	28,328	12,3	-3,996	10,55	6,549			
4 – 150 ha	1992	KZ	6,7	zaoraný	-	0,642	4,301	-	-0,399	0,645	0,246	2,47	74,0
	1993	KZ	6,0	zaoraný	-	0,727	4,362	-	-0,400	0,654	0,254	2,48	74,3
1994	JJ	4,0	zaoraný	-	0,649	2,596	-	-0,401	0,779	0,378	2,48	74,7	
	KZ	5,2	zaoraný	-	0,786	4,087	-	-0,401	0,613	0,212	2,48	74,5	
1995	PO	6,0	zaoraný	20	0,740	4,440	3,4	-0,403	2,130	1,727	2,54	76,3	
1996	KZ	6,0	zaoraný	-	0,727	4,362	-	-0,403	0,654	0,252	2,49	74,8	
	JJ	4,3	zaoraný	-	0,623	2,679	-	-0,409	0,803	0,394	2,53	75,9	
1997	PO	5,7	zaoraný	-	0,740	4,218	-	-0,409	1,055	0,646	2,54	76,2	
	JJ	4,5	zaoraný	-	0,623	2,804	-	-0,412	0,701	0,289	2,55	76,4	
1998	PO	6,2	zaoraný	-	0,737	4,569	-	-0,413	1,142	0,729	2,58	77,3	
1999	PO	5,4	zaoraný	-	0,760	4,104	-	-0,419	1,026	0,607	2,60	77,9	
Σ					20	24,72	3,4	-3,256	7,381	4,125			

KZ – kukurica na zrno, PO – pšenica ozimná, JJ – jarný jačmeň, HP – hlavný produkt, VP – vedľajší produkt, RZ – rastlinné zvyšky, OH – organické hnojenie

Tab. 4 Bilancia organického uhlíka - po honoch 1992-1999 – Dun. Streda

Hon	Východ. obsah C (tC.ha ⁻¹)	Vypočet koncový C (tC.ha ⁻¹)	Vstup C z RZ (tC.ha ⁻¹)	Vstup C OH (tC.ha ⁻¹)	Mineralizovalo (tC.ha ⁻¹)	Humifikovalo (tC.ha ⁻¹)	Bilančný rozdiel (tC.ha ⁻¹)	Obsah počiat. %Cox	Vypoč. koncový %Cox
1	81,3	91,9	26,94	4,3	-6,206	6,81	+0,605	2,71	2,73
2	106,5	105,6	27,49	4,3	-8,157	7,23	-0,927	3,55	3,52
3	68,7	75,2	28,33	12,3	-3,996	10,55	+6,549	2,29	2,51
4	73,8	77,9	24,72	3,4	-3,256	7,38	+4,125	2,46	2,60

Obr. 1 Bilancia POH – Poľnotom Dun. Streda



Pre každý hon zaradený do ekologického hospodárenia sme v každom podniku vypočítali bilancie organického uhlíka (Tab.3,4, obr.1). Sú medzi nimi výrazné rozdiely v pôdno-klimatických podmienkach, v oševných postupoch a technológií (zaorávanie pozberových zvyškov- RZ), intenzite živočíšnej výroby a v produkcii organických hnojív - OH. Z toho vyplývajú rozdiely vo vstupoch uhlíka z rastlinnej produkcie i organického hnojenia, ale i v mineralizovanom a humifikovanom množstve C.

Získané výsledky sme prepočítali na jednotkovú plochu (tab.5), z jednotlivých honov, ktoré neboli rovnaké a viaceré boli v rámci oševných postupov delené, čo sme zohľadnili. Zobecnenie bilancie na celú plochu nepokladáme preto za vhodné, nakoľko by sa zotrel rozdiely vo výškach úbytku či prírastku pôdnej organickej hmoty a stratila sa adresnosť na prijatie opatrení, nevyhnutných pre zabezpečenie minimálne bezdeficitnej bilancie na jednotlivých honoch, aby sa zabránilo ďalšiemu úbytku pôdnej organickej hmoty. Použitý model bilancie pôdnej organickej hmoty sa môže efektívne využívať, vyžaduje si len kvalitne vedené karty honov aj ak je v rámci honu viacero BPEJ o rôznorodých vlastnostiach (pôdna textúra a obsah karbonátov) a obsahu pôdnej organickej hmoty, získať podklady pre tzv. "precision agriculture".

Tab. 5 Vypočítané priemerné hodnoty ukazovateľov za jednotlivé podniky

Podnik	Vstup C z RZ	Vstup C z OH	C _{mineralizovaný} (tC.rok ⁻¹ .ha ⁻¹)	C _{humifikovaný} (tC.rok ⁻¹ .ha ⁻¹)	± Δ Bilancia (tC.rok ⁻¹ .ha ⁻¹)
	(tC.rok ⁻¹ .ha ⁻¹)				
Sebechleby	2,374	1,357	-0,568	0,870	+0,302
Čataj	2,082	0,688	-0,744	0,708	-0,036
Dun.Streda	3,266	0,647	-0,575	0,972	+0,397
Majcichov	2,295	0,811	-0,636	0,865	+0,229
Moravany	2,264	1,617	-0,556	1,053	+0,497
Dačov Lom	1,374	4,358	-0,964	1,568	+0,604

Ekonomicky možno oceniť POH jednoduchým prepočtom použil ho Kimble, ktorý ocenil jednak obsah živín, makro i mikro elementov ale i zadržiavanie vody, 1 tonu POH hodnotou 220 US\$. To znamená, že porovnávané boli pôdy s hodnotou POH od 6 300 do 23 400 US\$. Tento prepočet a ocenenie pôsobenia organickej hmoty v pôdach, umožní vnímať komplexnejšie pôsobenie POH. Treba si tiež uvedomiť, že viaceré medzinárodné dokumenty poukazujú na riziko desertifikácie a ako kritickú hodnotu tzv. preddesertifikačného stavu udávajú obsah organickej hmoty v povrchovom horizonte na úrovni 1,7%.

Záver

Použitý model bilancie pôdnej organickej hmoty jednoznačne potvrdil, že na zabezpečenie a udržanie bioenergetického potenciálu a prirodzenej úrodnosti našich pôd je potrebné zabezpečiť dostatočne veľké vstupy kvalitných zdrojov organických látok či už vo forme rastlinných zvyškov alebo kvalitných organických hnojív. Rastlinné zvyšky sú nenahraditeľné pre naše pôdy, nakoľko iné exogénne zdroje organických látok sú marginálne a produkcia klasických organických hnojív v porovnaní s inými štátmi v EU ako Dánsko a Holandsko je nízka a neustále klesá.

Literatúra

- JURČOVÁ, O., BIELEK, P., 1997: Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenie potreby organického hnojenia. Bratislava: VÚPÚ, 1997. 154 s. ISBN 80-85361-26-4.
- ZAUJEC, A.: Soil organic matter as indicator of soil quality and human influences on agroecosystem and natural forest. *Ekológia (Bratislava)*, Vol.20, Suppl. 2/2001, p.133-139.
- ZAUJEC, A.: Modelovanie bilancie humusu v pôde. In: Zborník referátov 13. ved. seminára o produkčnej ekológii "Modely a modelovanie rastlinnej produkcie", VŠP Nitra, 1994, s. 101-104.
- ZAUJEC, A.: Pôdna organická hmota – základný princíp úrodnosti pôdy. In: Trvalo udržateľná úrodnosť pôdy a protierózna ochrana. Sielnica, Nitra, 1998, s. 125-130.
- ZAUJEC, A., LACKO-BARTOŠOVÁ, M.: Bilancia pôdnej organickej hmoty v rôznych systémoch hospodárenia. In.: Aktuálne problémy riešené v agrokomplexe. SPU Nitra, 1999, s. 40-42.

KVALITA PÔDNEJ ORGANICKEJ HMOTY PRI RÔZNEJ INTENZITE HNOJENIA A VYUŽÍVANIA TRÁVNEHO PORASTU

SOIL ORGANIC MATTER QUALITY BY DIFFERENT FERTILIZATION AND EXPLOITATION INTENSITY OF GRASSLAND

Richard Pospíšil¹, Jozef Ržonca², Pavlína Vařeková³, Marie Svozilová³

¹ Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra rastlinnej výroby, Tr. A. Hlinku 2, 949 01 Nitra, e-mail: Richard.Pospíšil@uniag.sk

² Česká provincie řádu sv. Augustina, Josefská 8, 110 18 Praha 1

³ Výzkumný ústav pro chov skotu, s.r.o., Výzkumníků 267, 78813 Vlkavotín

Abstrakt

V podmienkach Hrubého Jesenika sme sa zaoberali sledovaním vplyvu dvoch typov organických hnojív pri rôznom stupni zaťaženia TTP (zväzok *Arrhenatherion*) na zmenu vlastností pôdnej organickej hmoty. Sledovania prebiehali v rokoch 2004 až 2007. V pokuse sme uplatnili nasledujúce varianty zaťaženia TTP: A: aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 0,9 VDJ.ha⁻¹ s dvomi kosbami za rok; B: aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 1,4 VDJ.ha⁻¹ s tromi kosbami za rok; C: aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 2 VDJ.ha⁻¹ so štyrmi kosbami za rok; D: aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 0,9 VDJ.ha⁻¹ s dvomi kosbami za rok; E: aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 1,4 VDJ.ha⁻¹ s tromi kosbami za rok; F: aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 4 VDJ.ha⁻¹ so štyrmi kosbami za. Z výsledkov vyplýva, že pri aplikácii hnojovice dochádza k nástupu zlepšovania kvalitatívnych vlastností pôdnej organickej hmoty.

Kľúčové slová: pôdna organická hmoty, pôdna úrodnosť, maštalné hnojivá

Abstract

In condition of Hruby Jesenik Mountains we studied the influence of two types of animal fertilizers applications with different load on soil organic matter quality after 3-year period. The experiment is located on an east-facing slope in 390 m above sea level. Geomorphologic subgrade is deeper diluvium of mica schist. The soil is sandy-loam texture. The experiment includes two treatment of animal fertilization with three systems of load: A: cow dung + dung-water with the load of 0.9 LU.ha⁻¹ (which

corresponds with 54 kg.ha⁻¹ N and 2 cuts per year), B: cow dung + dung-water with the load of 1.4 LU.ha⁻¹ (which corresponds with 84 kg.ha⁻¹ N and 3 cuts per year), C: cow dung + dung-water with the load of 2.0 LU.ha⁻¹ (which corresponds with 120 kg.ha⁻¹ N and 4 cuts per year), D: semi-liquid manure of cattle with the load of 0.9 LU.ha⁻¹ (which corresponds with 54 kg.ha⁻¹ N and 2 cuts per year), E: semi-liquid manure of cattle with the load of 1.4 LU.ha⁻¹ (which corresponds with 84 kg.ha⁻¹ N and 3 cuts per year) and F: semi-liquid manure of cattle with the load of 2.0 LU.ha⁻¹ (which corresponds with 120 kg.ha⁻¹ N and 4 cuts per year). The area of plot is 12.5 m² and each treatment was replicated four times. From the results there were found that at semi-liquid manure of cattle application a noticeable improvement of qualitative properties of organic matter were recognized.

Key words: soil organic matter, soil fertility, animal fertilizers

Úvod

Pôda je prírodný útvar, ktorý sa vyvíja v dôsledku zložitého komplexného pôsobenia činiteľov na materskú horninu a vyznačuje sa úrodnosťou. Konferencia v Rio de Janeiro v Agende 21 označila pôdu za prírodný zdroj a objekt environmentálneho záujmu. Podnetom pre to bol radikálne sa zhoršujúci stav pôdneho krytu v dôsledku necitlivej exploatacie pôdy (intenzívne poľnohospodárstvo, urbanizácia, priemysel). Preto Európska únia zaviedla v rámci ekonomických nástrojov pre agrárnu politiku favorizovanie podpory starostlivosti o pôdu pred záujmom o jej intenzívne využívanie pre výrobu poľnohospodárskych produktov.

Jedným z hlavných indikátorov hodnotenia pôdnej kvality, resp. funkcií pôdy, je pôdna organická hmota (SOM). Reeves (1997) uvádza, že celkový obsah organického uhlíka (Corg) je najčastejšie uvádzaná vlastnosť pri dlhodobých poľnohospodárskych štúdiách a bol vybraný ako najdôležitejší indikátor pôdnej kvality a agronomickej trvalej udržateľnosti. Pri hodnotení SOM v pôde je potrebné posudzovať nielen jej obsah, ale aj jej kvalitatívne zloženie (Kolář, Kužel, 1999). Baldok a Skjemstad (1999) poznamenávajú, že celkový organický uhlík nemusí byť vždy najvhodnejší indikátor pôdnych funkcií, nakoľko v pôde existuje mnoho rozdielnych frakcií organického uhlíka, ktorých pôsobenie na fyziku, chemizmus a biológiu pôdy sa značne líši.

Cieľom tohto príspevku bolo zhodnotiť vývoj vlastností pôdnej organickej hmoty pri aplikácii hnojovice a maštalného hnoja na trvalé trávne porasty, v troch stupňoch zaťaženia, v podmienkach podhoria Hrubého Jeseníka.

Materiál a metódy

Na pozemkoch v podhorskej oblasti Hrubého Jeseníka bol založený na jeseň roku 2004 pratotechnický maloparcelkový pokus, na stredne ťažkej kambizemi modálnej. Pokusná plocha sa nachádza v nadmorskej výške 402 m, na východnom svahu so sklonom 5,1 - 6,2°. Oblasť je charakterizovaná ako mierne teplá a vlhká. Dlhodobé priemery zrážok a teplôt na sledovanom stanovišti sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Priemerné teploty a úhrny zrážok v sledovanej lokalite

	Normál
Priemerná teplota za vegetáciu [°C]	9,1
Priemerná ročná teplota [°C]	7,2
Zrážky za vegetáciu [mm]	481
Ročný úhrn zrážok [mm]	693

Z fytoecologického sa jedná o vegetáciu zväzku *Arrhenatherion*. V pokuse sme uplatnili nasledujúce varianty zaťaženia TTP: A – aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 0,9 VDJ.ha⁻¹ s dvomi kosbami za rok; B - aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 1,4 VDJ.ha⁻¹ s tromi kosbami za rok; C – aplikácia maštalného hnoja (na jeseň) a močovky (po prvej kosbe), modelové zaťaženie 2 VDJ.ha⁻¹ so štyrmi kosbami za rok; D – aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 0,9 VDJ.ha⁻¹ s dvomi kosbami za rok; E – aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 1,4 VDJ.ha⁻¹ s tromi kosbami za rok; F – aplikácia hnojovice (prvá polovica dávky na jar a druhá polovica po prvej kosbe) modelové zaťaženie 4 VDJ.ha⁻¹ so štyrmi kosbami za rok.

Vzorky pôdy boli odoberané každoročne pred začatím vegetácie, z dvoch vrstiev

(do 0,15 m a 0,15 - 0,30 m), z každej varianty v štyroch opakovaniach. Po

primárnom spracovaní vzoriek boli nalyzované nasledujúce parametre (Fiala et al., 1999):

1. obsah organického uhlíka C_{org} metódou Ťurina v modifikácii Nikitina
2. obsah pôdneho dusíka metódou podľa Kjeldahla
3. zloženie humusových látok sklátenou metódou podľa Kononovej a Beľčikovej (1961)
4. vodorozpustný uhlík (C_{cws}) podľa metódy Burforda a Bremnera (1975)

Výsledky a diskusia

Humus ovplyvňuje dynamiku vlhkostných a teplotných pomerov v pôde, vodného a vzdušného režimu. Má vplyv na tvorbu pôdnej štruktúry tvorbou organominerálneho komplexu, ovplyvňuje dynamiku pH, kolobeh živín a CO₂. Jeho množstvo v pôde vyjadrené napr. prostredníctvom C_{org} môžeme považovať za indikátor vývoja pôdy (Insam a Domsch, 1988). Priemerné obsahy hodnôt C_{org} v rokoch 2004 a 2007 sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Kvalitatívne a kvantitatívne ukazovatele pôdnej organickej hmoty

Variant	Hĺbka	Corg [%]		Ntot [g.kg ⁻¹]		HK:FK		C _{HK} /Corg [%]		C _{ews} [mg.kg ⁻¹]	
	[m]	r. 04	r.07	r. 04	r.07	r. 04	r.07	r. 04	r.07	r. 04	r.07
A	0.02 - 0.15	1,18	1,32	1,36	1,72	1,08	0,66	25,95	17,38	157	185
	0.15 - 0.30	0,45	1,00	0,48	1,17	0,87	0,96	19,21	22,00	349	128
B	0.02 - 0.15	1,46	1,33	1,64	1,77	0,95	0,82	21,30	18,64	330	256
	0.15 - 0.30	0,82	1,05	1,00	1,28	0,86	0,99	24,02	17,98	137	105
C	0.02 - 0.15	1,05	1,43	1,25	1,85	0,75	0,70	25,30	19,22	263	165
	0.15 - 0.30	0,46	1,00	0,6	1,18	1,03	0,78	19,29	21,60	213	133
D	0.02 - 0.15	0,93	1,29	1,15	1,76	0,50	0,76	20,61	20,31	202	158
	0.15 - 0.30	0,38	0,83	0,56	1,2	0,52	1,02	18,71	20,11	141	178
E	0.02 - 0.15	0,87	1,34	1,07	1,73	0,83	0,83	25,15	25,72	314	213
	0.15 - 0.30	0,52	1,06	0,69	1,17	0,92	1,47	25,36	20,99	296	217
F	0.02 - 0.15	0,93	1,26	0,79	1,55	0,72	0,87	20,48	23,00	187	341
	0.15 - 0.30	0,54	0,94	0,46	1,09	0,77	0,89	17,26	23,66	118	261

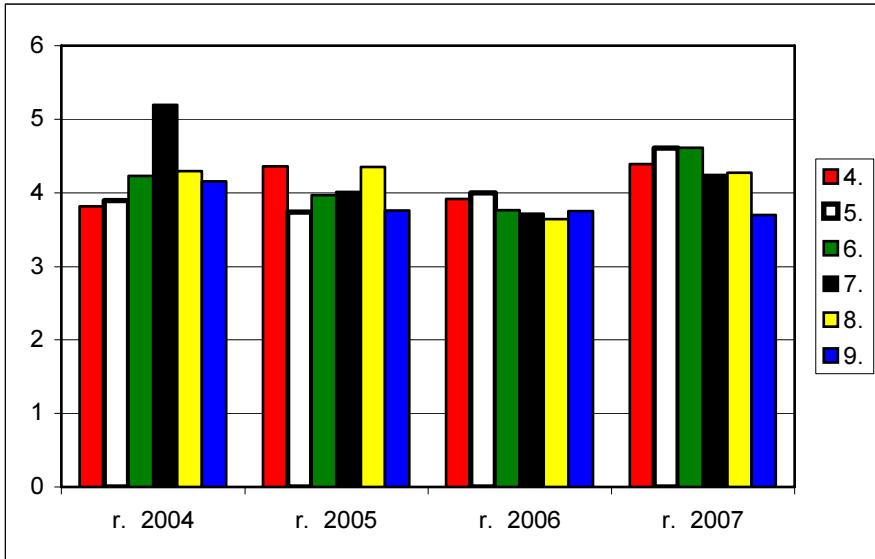
Počas sledovaného obdobia stúpal obsah celkového organického uhlíka v hĺbke od 0,15 m pri všetkých stupňoch zaťaženia vo variantoch s aplikáciou hnojovice. Výraznejší nárast obsahu Corg pri variantoch s aplikáciou maštalného hnoja bol zaznamenaný len pri zaťažení 2 VDJ.ha⁻¹. Input uhlíka sa výraznejšie prejavil pri všetkých variantoch až vo vrstve od 0,15 do 0,30 m. Najvýznamnejším faktorom pri akumulácii uhlíka bol ročník (F = 15,14; P<0,001). Pri aplikácii hnojovice je možné pozorovať okamžitú odozvu v obsahu Corg. Vo variantoch s aplikáciou maštalného hnoja došlo ku zvýšeniu obsahu Corg až po druhej aplikácii.

Na vývoj obsahu Corg v pôde okrem vplyvu aplikácie organických hnojív, nezanedbateľným podielom vplývajú aj klimatické podmienky. V literatúre existuje celý rad poznatkov o kladných vzťahoch medzi vlhkosťou pôdy a akumuláciou humusu (Sotáková, 1982). Pri porovnávaní ročného úhrnu zrážok s obsahom Corg na jar nasledujúceho roku sme zistili koreláciu (r = 0,80). Naše výsledky korešpondujú predovšetkým so zisteniami starších autorov (Turin, 1937). Niektorí novší autori uvádzajú opačný vzťah (Pokorný, Stráľková, Denešová, 2002).

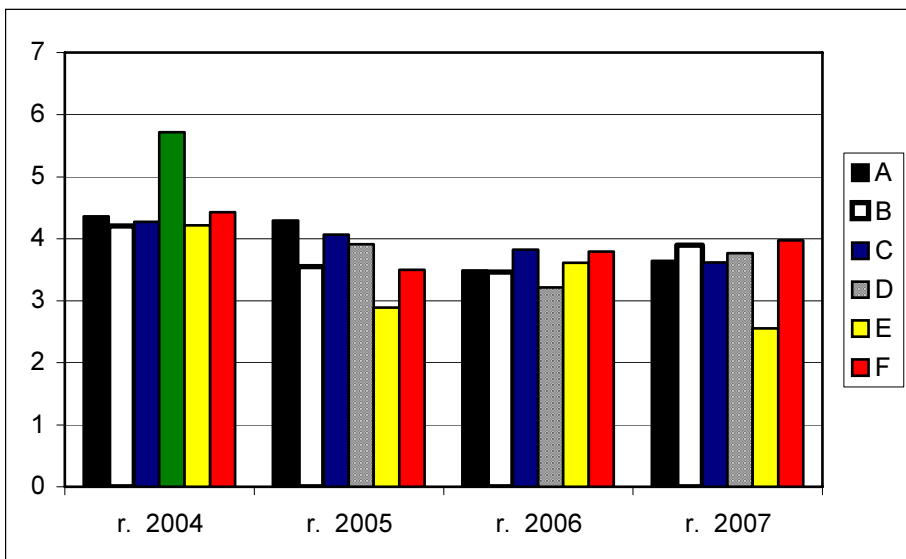
Bielek (1998) uviedol, že so zvyšovaním produkčného potenciálu pôd sa zužuje pomer C:N v pôdach a rastie intenzita mineralizácie. Pomery medzi C:N boli pre daný pôdny druh priaznivé (stredný až vysoký obsah) ako pred začatím pokusu (min. 6,79 – 11,77), tak v roku 2007 (6,92 – 9,06). V priebehu riešenia projektu došlo k poklesu tohoto pomeru pri všetkých variantoch v hĺbke do 0,15m. K najvýraznejšej zmene pomeru C:N z 11,77 na 8,13 došlo pri variante s aplikáciou hnojovice so zaťažením 2 VDJ.ha⁻¹. Pomer HK:FK ako najčastejšie používaný ukazovateľ kvality pôdnej organickej hmoty vyjadruje prevahu, prípadne nedostatok, humusových látok s priaznivými vlastnosťami (Ledvina, 1992). V roku 2004 bol pomer HK:FK v rozpätí od 0,5 do 1, t.j. že typ

humusu v danej lokalite bol humáto-fulvátový. V priebehu troch rokov sa variantoch s uplatnením maštalného hnoja tento pomer zúžil. Naopak pri variantoch s aplikáciou hnojovice sa zachoval, resp. rozšíril (rozdiel medzi rokmi 2004 a 2005 činil 0 až 0,55). Hodnoty farebného koeficientu $Q4/6$ nemali výrazný priebeh (viď. obr. 1), aj keď sa v hĺbke 0,15 – 0,30 m jeho hodnoty zlepšujú, predovšetkým pri variantoch s hnojovicou (obr. 2). Priaznivejšie hodnoty ukazovateľov kvality humusu v hlbších vrstvách je zhodné so špecifickým priebehom kvalitatívnych parametrov humusových látok v pôdnom profile (Horáček, 1995).

Obr. 1 Hodnoty farebného koeficientu $Q4/6$ v hĺbke od 0,15 m



Obr. 2 Hodnoty farebného koeficientu $Q^4/6$ v hĺbke 0,15 – 0,30 m



Význam v studenej vode rozpustného uhlíka (C_{wsw}) má zanedbateľný význam z hľadiska pôdotvorného procesu (Kolář, Kužel, Šindelářová, 2004), slúži však ako energetický substrát pre pôdne mikroorganizmy. Jeho hodnoty vykazovali klesajúcu tendenciu najmä pri variantoch s maštalným hnojom. Pri variantoch s hnojovicou došlo k výraznému zvyšovaniu C_{wsw} až pri zaťažení $2 \text{ VDJ} \cdot \text{ha}^{-1}$.

Vysokú výpovednú hodnotu o kvalite pôdnej organickej hmoty má stupeň humifikácie (podiel uhlíka humusových kyselín z celkového organického uhlíka). Na začiatku pokusného obdobia, hĺbke do 0,15 m sa kvalita organickej hmoty pohybovala na hranici medzi stredným až slabým stupňom humifikácie. V priebehu rokov 2004 až 2007 došlo pri variantoch s aplikáciou hnojovice k zachovaniu, respektíve ku zlepšovaniu tohto ukazovateľa. Pri variantoch s aplikáciou maštalného nastávalo mierna tendencia poklesu stupňa humifikácie. Z výsledkov vyplýva, že pri aplikácii hnojovice dochádza k nástupu zlepšovania kvalitatívnych vlastností pôdnej organickej hmoty.

ZÁVER

V práci sme sa pokúsili zhodnotiť vplyv uplatnenia organických hnojív na trvalých trávnych porastoch na vývoj vybraných ekologických pôdnych funkcií. Jedným zo základných indikátorov, nevyhnutných pri kvantitatívnom hodnotení transportnej a transformačnej funkcie je pôdna organická hmota. Input uhlíka, ako aj kvalitatívne zmeny pôdnej organickej hmoty, sa výraznejšie prejavili vo vrstve od 0,15 do 0,30 m. Pri všetkých variantoch sme zaznamenali zvýšenie obsahu oxidovateľného uhlíka, ako aj celkového dusíka. V priebehu riešenia projektu sme zaznamenali zvýšenie podielu HK pri všetkých variantoch s aplikáciou hnojovice. Z výsledkov vyplýva, že pri aplikácii hnojovice dochádza k nástupu zlepšovania kvalitatívnych vlastností pôdnej organickej hmoty.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok vznikol v rámci riešenia projektov NAZV QF 3018 a VEGA 1/4414/07

POUŽITÁ LITERATÚRA

- BIELEK P. 1998. Dusík v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Bratislava: VÚPOP, 1998, 225 s.
- BALDOK J.A., SKJEMSTAD O. 1999. Soil organic carbon/soil organic matter. In: PERVEVILL K.I., SPARROW L., REUTER D.J. (Eds.) Analysis and Interpretation manual, 1999, pp. 159 – 170.
- HORÁČEK J. 1995. Studie vlastností a přeměn organické hmoty v půdě. DHP. České Budějovice: JU ZF, 1995, 218 s.
- INSAM H., DOMSCH K.H. 1988. Relationship between soil organic carbon and microbial biomass on chronosequences of reclamation sites. Microbial ecology 15, 218, s. 177 - 188.

- KOLÁŘ L., KUŽEL S. 1999. Organická hmota v půdě In: Vaněk, V. (eds) Racionální použití hnojiv. Praha: KAVR, 1999, 104 s.
- KOLÁŘ L., KUŽEL S., ŠINDELÁŘOVÁ M. 2004. Srovnání transformace půdního uhlíku pod travním drnem a v orné půdě. Collection of Scientific Papers. Faculty of Agriculture. Series for Crop Sciences. vol. 21. n. 4, 2004, .s. 369 – 373.
- LEDVINA R., KOUBALÍKOVÁ J., HORÁČEK J. 1992. Geologie a půdoznalectví. České Budějovice: JCU ZF, 1992, s. 45 – 55.
- POKORNÝ E., STRÁLKOVÁ R., DENEŠOVÁ O. 2002. Vliv ročníku na vybrané vlastnosti orníc. In: Rožnovský J., Litschmann T. (ed.): XIV. Česko-slovenská bioklimatická konference, Lednice na Moravě 2.-4. září 2002, s. 357 – 364.
- REEVS D.E. 1997. The role of organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. Soil & Tillage Res. 43, 1997, s. 131 – 167.
- SOTÁKOVÁ S. 1982. Organická hmota a úrodnost půdy. Bratislava: Příroda, 1982, 234 s.
- ŽURIN I.V. 1937. Organičeskoe veščestvo počv i jeho rol v počoobrazonii. Učeniže o počvonnom gumuse. Selskozviz Moskva. 1937

ČASOVÁ ŘADA ZMĚN RETENČNÍ KAPACITY PŮDY PŘI ANTROPOGENNÍM OVLIVNĚNÍ ÚROVNĚ HLADINY PODZEMNÍ VODY

TIMELINE OF CHANGES OF SOIL RETENTION WATER CAPACITY WITHIN THE ANTHROPOGENIC INFLUENCE TO UNDERGROUND WATER LEVEL

Alois Prax, Milan Palát, Vítězslav Hybler

*Mendlova zemědělská a lesnická univerzita Brno, Zemědělská 1, 61300 Brno,
Česká republika*

Abstrakt

Lužní lesy závisí na zvláštním vodním režimu půd. Původní vodní režim na sledované lokalitě byl narušen vodohospodářskými úpravami. Proto byla provedena takzvaná revitalizační opatření, jejichž vliv je neustále zkoumán.

Klíčová slova: lužní les, vodní režim půd, revitalizace

Abstract

Floodplain forests depend upon specific floodplain moisture regime of soils. The original water regime of observed locality was disturbed by water-management measures. Revitalization measures were aimed at the optimization of disturbed moisture conditions and are still observed.

Keywords: floodplain forest, soil moisture regime, revitalization

Úvod

Dlouhodobě je sledován vlhkostní režim půd na lokalitě „Herdy“ v komplexu lužního lesa u Lednice na Moravě. Toto území bylo v minulosti ovlivněno dvěma výraznými antropickými zásahy. V roce 1972 byla ohrázována a regulována řeka Dyje a v roce 1994 byla realizována revitalizační opatření s cílem zlepšit vlhkostní režim půd lužního lesa.

Materiál a metody

Na dané lokalitě byl instalován (obr. 1) byly prováděny jednou měsíčně odběry neporušených půdních vzorků (fyzikální válečky o objemu 100 ccm) v letech 1970 – 71 a 2005 -2007. V letech 1977 - 78 bylo měřeno kapacitní metodou. Sledován byl půdní profil do hloubky 100 cm. Na vytýčeném transektu byl

proveden sériový odběr půdních vzorků pro stanovení vlhkostních retenčních čar (pF čar). Na základě rozborů na aparaturách SF ČVUT Praha byly stanoveny půdní hydrolimity retenční vodní kapacity a bodu vadnutí.

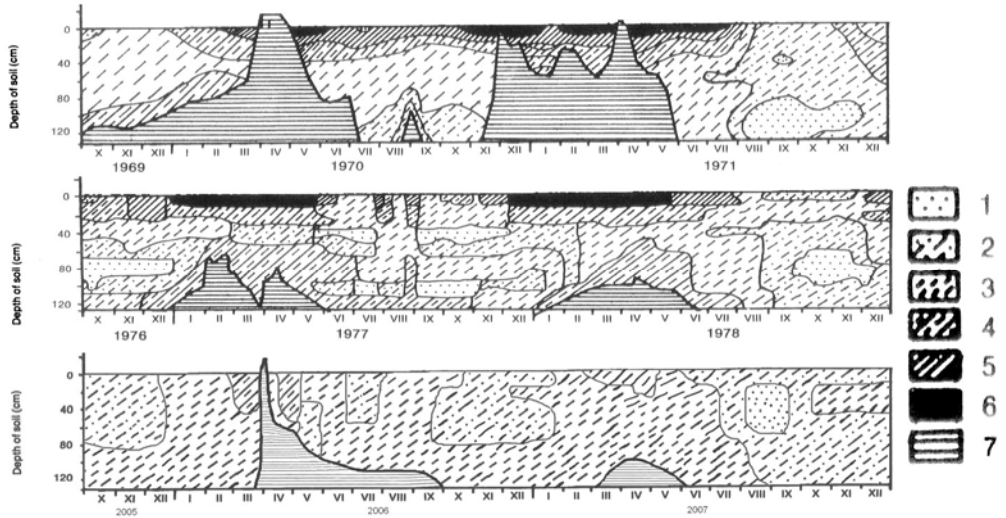
Z hlediska půdních poměrů je lokalita charakterizována jako fluvizem modální až fluvizem oglejená na zrnitostně hlinitých až jílovitohlinitých náplavách. Půdní sondy jsou lokalizovány v dospělém smíšeném porostu s převažujícím zastoupením dubu letního (*Quercus robur*, Simk.) a jasanu úzkolistého (*Fraxinus angustifolia*, L.), případně jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*, L.) s bohatým podrostem dalších dřevin a keřů. Fytocenologicky náleží lokalita do skupiny lesních typů *Ulmeto-Quercetum-Carpineum*.

Obr. 1 Instalace půdního vrtu pro periodická sledování úrovně hladiny podzemní vody v kopané půdní sondě



Výsledky a diskuse

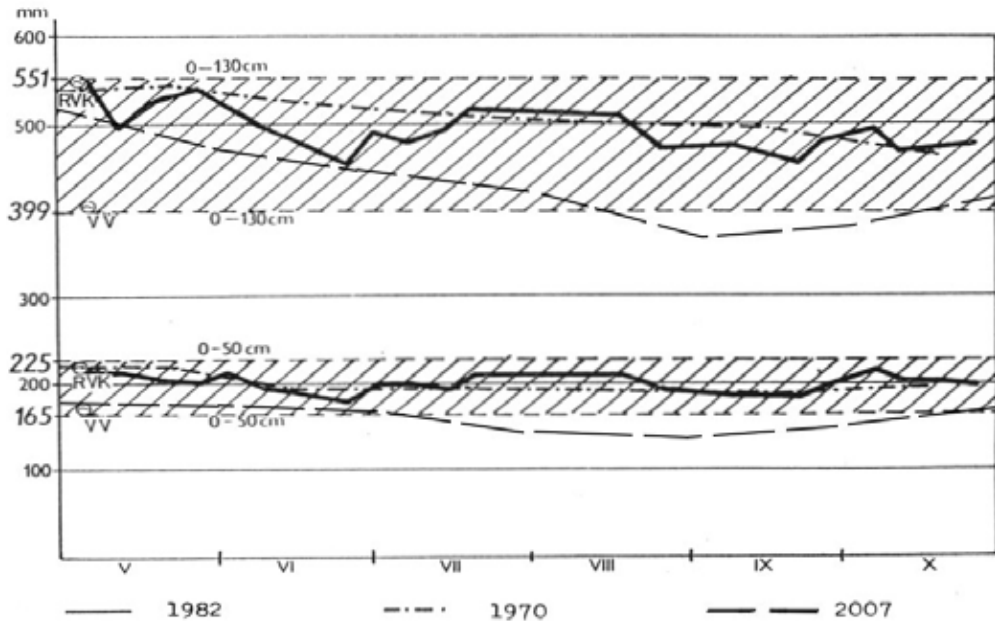
Zdejší lužní lesy podléhaly před rokem 1972 relativně přirozeným hydrologickým procesům a byly pravidelně zaplavovány kalnou vodou z vybřežené řeky Dyje. Při vodohospodářských úpravách v sedmdesátých letech minulého století byla řeka Dyje regulována, koryto značně prohloubeno a ohrázováno. Tento zásah znamenal eliminaci inundaací a také částečné snížení úrovně hladiny podzemní vody (obr. 2).

Obr. 2 Průběh vodohospodářských úprav v půdním profilu

Důležité je to, že zůstala zachována pravidelná roční dynamika hladiny podzemní vody tedy jarní maxima a podzimní minima. Výsledkem je jarní kapilární nasycení půdního profilu a tím zajištění příznivých vlhkostních podmínek pro začátek vegetačního období. Zdejší fyzikálně příznivé půdy jsou schopny kapilárně pojmout zhruba 200 až 300 mm zásobní půdní vody v profilu kořenové zóny o mocnosti cca 150 cm.

Průběh zásoby vody v půdě ve sledovaných letech před a po vodohospodářských úpravách i revitalizaci, tj. v letech 1970, 1982 a 2007 znázorňuje obr. 3.

Obr. 3. Průběh zásoby vody v půdě ve sledovaných letech před a po vodohospodářských úpravách i revitalizaci



Je patrné, že tato zásobní vlhkost nikdy v letech 1970 a 1982 nepoklesla pod hodnotu půdního hydrolimitu bodu vadnutí. Jiná situace nastala v r. 2007, kdy zásoba vody dočasně klesla pod úroveň BV. Tato skutečnost je pro existenci a zachování lužních lesů klíčová, poněvadž by při hlubším poklesu podzemní vody do zóny podložních štěrkopísků mohlo dojít k přerušení kapilárního vztlínání a tím k nástupu vlhkostního stresu. Atmosférické srážky této oblasti nepokrývají dostatečně úroveň evapotranspirace v lužních lesích. Tento stav byl již dříve pozorován na lokalitách jímacích území skupinových vodovodů, kde došlo k úhynu dospělých porostů a dřevin měkkého luhu.

Závěr

V současné době diskutované klimatické změny mohou nepříznivě ovlivnit existenci lužních ekosystémů v případě výskytu dlouhodobých period sucha a tím i snížení průtoků v řekách, na nichž je podzemní voda v luhu závislá. Na druhé straně krátkodobé koncentrace vysokých srážkových úhrnů v povodích způsobují extrémní průtoky a místní záplavy pozemků, kdy např. došlo po 34 letech ke krátkodobé záplavě popisované lokality „Herdy“. Obdobná situace nastala v roce 1997 v nivě řeky Moravy. Tyto výjimky nemohou zastříhat fakt, že existence lužních ekosystémů na jižní Moravě je vlivem postupujícího úbytku a celkového nedostatku vody v regionu ohrožena.

Poděkování

Autoři děkují za podporu projektům MSM6215648905 a GAČR 103/07/0676.

Literatura

- HADAŠ P., PRAX A., 2001: Stress factors of soil moisture regime in floodplain forests. *Ekológia (Bratislava)* 20, Suppl.1-2001, pp. 143-162
- PENKA M., VYSKOT M., KLIMO E., VAŠÍČEK F. 1985, 1991: Floodplain forest ecosystem I.,II. Academia Prague
- PRAX A., 1991: The hydrophysical properties of the soil and changes in them. In: Penka, Vyskot, Klimo, Vašíček: Floodplain forest ecosystem II, Academia Prague, pp. 145-168
- HYBLER V., HADAŠ P., PRAX A., 2008: Morava river and the dynamism of its „underground flow" in the right bank floodplain between Hodonín and Lanžhot. In: Ivančo, Pavelková, Gomboš, Tall 2008: Influence of anthropogenic activities on water regime of lowland territory. Bratislava – Michalovce. Hydrological institute of Slovak science academy 2008.

RECENZENTI:

prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.
doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.
doc. Ing. Juraj Gregor, CSc.
prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc.
doc. Ing. Dr. Viliam Pichler, PhD.
RNDr. Emil Fulajtár, PhD.
doc. Ing. Juraj Chlpík, CSc.
Ing. Ján Kukla, CSc.

**Zborník príspevkov
Piate pôdoznalecké dni
Pôda – národné bohatstvo**

Grafická úprava: RNDr. Boris Pálka
Tlač: Edičné stredisko Výskumného ústavu pôdoznactva a ochrany pôdy,
Gagarinova 10, Bratislava

ISBN 978-80-89128-49-5

naše pole®

časopis pre všetkých
pestovateľov poľných plodín

P.O. Box 57F, 949 58 Nitra, tel./fax: 037 7784070
e-mail: redakcia@nasepole.sk, www.nasepole.sk

AMEDIS

LABORATÓRNA A ZDRAVOTNÍCKA TECHNIKA

Amedis s.r.o., Kamenárska 7, 821 04 Bratislava

REBOD, a.s.

Rebod, a.s.

Hlavná 483/90, 900 29 Nová Dedinka

- reklamná a propagačná činnosť
- prieskum trhu a verejnej mienky
- činnosť organizačných a ekonomických poradcov



vassal, s.r.o.
ul. Svornosti 43
821 06 Bratislava
Recyklácia, demolačné práce, stavebníctvo



Geo 3 Trenčín s.r.o.
Gen. M.R. Štefánika 42/402
911 01 Trenčín

- komplexné geodetické práce
- inžinierska geodézia
- práce v oblasti katastra nehnuteľností



PIAPS
Brezová 43
010 01 Žilina
Poľnohospodárska inžinierska a poradenská služba

AQUA - LIVE, s.r.o.



Spoločnosť AQUA-LIVE, s.r.o., Košice,
Štefánikova 20, 040 01 Košice
Komplexná úprava pitnej a úžitkovej vody.
Dekarbonizácia, zmäkčovanie, sterilizácia
vody, odstraňovanie nečistôt.

Firma ANAMET s.r.o. ponúka
prístrojové vybavenie pre
laboratóriá, výskumné pracoviská
ako aj pre meranie v prevádzkach.



Slovenské magnezitové závody,
akciová spoločnosť, Jelšava
Teplá Voda 671
049 16 Jelšava