



NÁRODNÉ POĽNOHOSPODÁRSKE  
A POTRAVINÁRSKE CENTRUM

VÝSKUMNÝ ÚSTAV PÔDOZNALECTVA  
A OCHRANY PÔDY

# Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2016

38

# Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

# Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2016

**38**

# Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

# Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy č. 38

Editor: doc. RNDr. Jaroslava Sobočká, CSc.

Recenzenti: doc. RNDr. Jaroslava Sobočká, CSc.

RNDr. Beata Houšková, CSc.

© Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava

**ISBN 978-80-8163-019-4 (tlačaná verzia)**

**ISBN 978-80-8163-020-0 (online verzia vo formáte PDF)**

# Obsah

Jaroslav Antal, Lucia Maderková, Ján Čimo	NIEKOĽKO OSOBITOSTÍ DIMENZOVANIA OPATRENÍ NA OCHRANU PŮDY PRED VODNOU ERÓZIOU.....7
Gabriela Barančíková, Jarmila Makovníková, Erika Tobiašová, Rastislav Skalský, Ján Halas, Štefan Koco	STRATIFIKÁCIA UHLÍKA V RÔZNYCH PŮDNYCH TYPOCH A EKOSYSTÉMOCH..... 16
Vladimír Hutár, Martin Saksa	PŮDNY KOMPONENT V CELOEURÓPSKOM PRIESKUME KRAJINNEJ POKRÝVKY A VYUŽITIA KRAJINY (LUCAS) NA SLOVENSKU..... 30
Blanka Ilavská	LEGISLATÍVNA OCHRANA POĽNOHOSPODÁRSKEJ PŮDY V SR ..... 38
Blanka Ilavská, Pavol Bezák	INOVÁCIA SÚSTAVY PŮDNOEKOLOGICKÝCH JEDNOTIEK BONITAČNÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU .....46
Darko Jaramaz, Veljko Perovic, Michal Sviček, Beata Houšková, Boris Pálka, Jaroslava Sobocká, Elmira Saljnikov	APPLICATION OF OPEN SOURCE TECHNOLOGIES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM .....57
Radoslava Kanianska, Jana Jaďudová, Jarmila Makovníková, Miriam Kizeková	BIOTICKÉ A ABIOTICKÉ PŮDNE VLASTNOSTI A ICH VZŤAHY NA FLUVIZEMI VYVINUTEJ NA NIVE RIEKY ŠTIAVNICA .....66
Jozef Kobza	MIKROŽIVINY V POĽNOHOSPODÁRSKYCH PŮDACH SLOVENSKA – AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ ..... 75
Ladislav Kováč, Dana Kotorová, Božena Šoltysová, Jana Jakubová, Pavol Balla	POĽNOHOSPODÁRSKE VYUŽÍVANIE NEPRAVIDELNE ZAPLAVOVANÝCH ÚZEMÍ.....85
Elmira Saljnikov, Dragan Cakmak, Vesna Mrvic, Nikola Kokovic, Dusica Delic, Olivera Stajkovic- Srbinovic, Biljana Sikiric	SOIL POLLUTION IN THE VICINITY OF THERMAL POWER PLANT IN SERBIA.....95
Miloš Širáň, Jarmila Makovníková, Boris Pálka, Jozef Mališ	NÁVRH MANAŽMENTU PŮD OHROZENÝCH KOMPAKCIU PRE UDRŽANIE POTENCIÁLU ZÁSBOVACÍCH AGROEKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB ..... 103

Božena Šoltysová, Dana Kotorová, Martin Danilovič, Ladislav Kováč	VPLYV APLIKÁCIE PŮDNYCH POMOCNÝCH LÁTKOK NA ZMENY VYBRANÝCH CHEMICKÝCH PARAMETROV PŮDY ..... 113
Erika Tobiašová, Gabriela Barančíková, Erika Gömöryová, Jarmila Makovníková, Rastislav Skalský, Ján Halas, Štefan Koco	VZŤAH MEDZI ZASTÚPENÍM PLODÍN V AGRO-EKOSYSTÉME A STABILITOU UHLÍKA A DUSÍKA V PŮDE..... 123

---

# PREDSLOV

Milí kolegovia!

Pred vami je už 38. vydanie Vedeckých prác NPPC – VÚPOP. Vedecké práce boli zostavené z príspevkov vedecko-výskumných pracovníkov riešiacich viaceré národné i medzinárodné projekty, ale aj z príspevkov prezentovaných na spoločnej slovenskej a českej pedologickej konferencii konanej v Dudinciach v dňoch 7. – 9. 9. 2016 pod názvom: „Pôda v krajine jej význam, postavenie a zraniteľnosť“.

Pôda je všeobecne chápaná ako obmedzený a v podmienkach ľudského života neobnoviteľný prírodný zdroj, má veľkú variabilitu v priestore i čase a veľmi rýchlo môže podliehať rôznym degradačným vplyvom. Má rôzne funkcie, ktoré sú dôležité z hľadiska poľnohospodárstva, lesného hospodárstva, zabezpečenia kvality životného prostredia, ochrany prírody, krajinskej architektúry a mestského života. Pôdny fond je ohrozovaný viacerými hrozbami ako je degradácia pôdy a krajiny, zábery poľnohospodárskej pôdy, globálne hrozby (dopady klimatickej zmeny, strata biodiverzity, potravinová bezpečnosť, prejavy sucha a dezertifikácie). Pre zabezpečenie týchto potrieb je dôležité vyvinúť multidisciplinárny výskum pôdy, ktorý by reflektoval zraniteľnosť pôdneho systému a ktorý by napomohol k obnove a udržaniu hlavných pôdnych funkcií k udržateľnému manažmentu pôd. Práve táto problematika bola nosnou témou konferencie ako prierezový problém zahrňujúci poľnohospodársku, lesnícku a environmentálnu tematiku a integrované plánovanie krajiny.

Tri príspevky boli zaradené od autorov z externej sféry aj preto, že bola uzatvorená dohoda poskytnúť určitý priestor aj iným vedeckým pracovníkom – pedológom na Slovensku. V poslednej dobe sú určité úvahy zastrešiť pedologický výskum registrovaným vedeckým časopisom, ktorého obsahom by bola pedosféra a jej kontaktné zložky. Vedecký časopis by zastrešoval problematiku základného a aplikovaného výskumu pôdy a jeho príbuzných disciplín. V tomto smere nás ešte čaká veľa práce nielen zohnať finančné prostriedky na fungovanie takéhoto časopisu, ale aj vytvoriť kompetentnú redakčnú radu, pod vedením ktorej by príspevky mali vyššiu nielen formálnu, ale i odbornú kvalitu.

Príspevky v tomto čísle prešli recenziami oponentov a následnými úpravami. Vystihujú súčasnú úroveň pedológie na Slovensku. Prajem Vám príjemné čítanie.

**Doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.**

editor Vedeckých prác 38

---



# NIEKOĽKO OSOBITOSTÍ DIMENZOVANIA OPATRENÍ NA OCHRANU PÔDY PRED VODNOU ERÓZIOU

## SOME PECULIARITIES OF MEASURES DIMENSIONING ON PROTECTION OF SOIL AGAINST WATER EROSION

Jaroslav Antal, Lucia Maderková, Ján Čimo

*Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Katedra biometeorológie a hydrológie, Hospodárska 7, 949 76 Nitra, e-mail: jaroslav.antal@uniag.sk*

### Abstrakt

Pri dimenzovaní protieróznych opatrení (ďalej len PEO) existuje niekoľko osobitostí, ktoré sa nie vždy pri dimenzovaní PEO, z rôznych dôvodov, zohľadňujú. V prípade ochrany pôdy pred negatívnymi účinkami vodnej erózie nie je, resp. nemali by sa pri projektovaní zanedbávať hydrologické a hydraulické charakteristiky samotných PEO, ako aj hydrologické a hydraulické charakteristiky záujmového územia.

Najvýznamnejším zdrojom vody sú v našich podmienkach zrážky, a z nich predovšetkým kvapalnú zrážku, t.j. dážď. Vzhľadom na to, že charakteristiky zrážok majú náhodný (stochastický) charakter, mala by sa aj v protieróznej ochrane aplikovať teória pravdepodobnosti, a to nielen na charakteristiky návrhových dažďov (napr. intenzita dažďa, erozivita dažďa, výška dažďa), ale aj na návrhové parametre protieróznych opatrení (napr. návrhový prietok, objem návrhového dažďa, rýchlosť povrchového odtoku).

Teóriu pravdepodobnosti je vo viacerých prípadoch potrebné aplikovať aj pri určovaní prípustnej straty pôdy (napr. pri ochrane intravilánu pred tzv. bahennými povodňami).

Osobitným prípadom je dimenzovanie PEO v situáciách, keď prírodnými charakteristikami záujmového územia, alebo konštrukčnými zásadami a platnými predpismi sme prinútení pri projektovaní PEO zmenšiť ich požadované rozmery. V takýchto prípadoch musíme najprv vypočítať dosah protierózneho účinku navrhovaného PEO s limitovanými rozmermi –  $d_{úer}$ , ktorého hodnota predstavuje max. vzdialenosť medzi 2 PEO na chránenom území.

**Kľúčové slová:** protierózne opatrenia (ďalej len PEO), druh PEO, spôsob realizácie PEO, charakteristický rozmer PEO, dimenzovanie PEO, dosah účinnosti PEO

### Abstract

In dimensioning of anti-erosion measures (hereinafter AEM) there exist number of peculiarities which are not always take into account for various reason when are AEM designed. In the case of soil protection against the negative effects of water erosion is not respectively should not be neglected hydrological and hydraulic characteristics of the PEO themselves in



the design of anti-erosion measures, as well as hydrological and hydraulic characteristics of a interested area.

The most important source of water in our country is precipitations, especially liquid precipitation the rain. Considering that precipitation characteristics have random (stochastic) character, it should also apply probability theory in erosion control not only the characteristics of the design rainfall (e.g. the rainfall intensity, erosivity of rain amount of rain), but also on the design parameters of anti-erosion measures (e.g. design flow, design volume of rain, the rate of surface runoff). Probability theory is in many cases needed to apply in determining of the permissible soil loss (e.g. in the protection of the urban area before so called mud floods).

A special case is dimensioning of AEM in situations where natural characteristics of interested area or dimensioning principles and actual regulations we have to force to reduce the required dimensions when designing the AEM. In these cases, first we have to calculate the impact of the proposed anti-erosion effect of AEM with limited dimensions –  $l_{\text{eff}}$  whose value is the maximal the distance between the two AEM on protected areas.

**Keywords:** anti-erosion measures (hereinafter AEM), AEM type, AEM method of implementation, AEM characteristic dimension, AEM sizing, AEM scope and effectiveness

## ÚVOD

Na území Slovenska je najvýznamnejšou formou fyzikálnej degradácie pôdy vodná erózia, keď približne 55 % poľnohospodárskej pôdy je u nás stredne (20 %), silne (18 %) až extrémne (17 %) vodnou eróziou ohrozená (napr. BIELEK, 1996; JAMBOR, ILAVSKÁ, 1998; ANTAL, 2005).

Na tejto výmere poľnohospodárskej pôdy jej vlastník alebo užívateľ vo vlastnom záujme, ale i v zmysle platných predpisov, napr. podľa §5 zákona č. 220/2004 Z.z., povinný vykonávať trvalú a účinnú protieróznú ochranu predovšetkým aplikáciou agrotechnických protieróznych opatrení, napr. vrstevnicou agrotechnikou, bezorbovou agrotechnikou. Agrotechnické protierózne opatrenia, v prípade potreby doplnené aj o opatrenie technického charakteru, je potrebné aplikovať vždy vtedy, keď vypočítaná intenzita vodnej erózie prekročí prípustnú stratu pôdy podľa, alebo (STN 75 45 01), limitnú hodnotu odnosu pôdy podľa zákona č. 220/2004 Z.z., alebo inú dohodnutú hodnotu.

Technické, ale nielen technické PEO je obvyčajne potrebné dimenzovať, t.j., vypočítať pre konkrétne PEO také rozmery a parametre, aby tieto splnili predovšetkým svoj primárny cieľ, ktorým je zníženie intenzity vodnej erózie na požadovanú hodnotu.

Vo všeobecnosti pod pojmom dimenzovanie PEO na ochranu pôdy pred vodnou eróziou rozumieme najmä ich lokalizáciu (rozmiestnenie) na ploche záujmového územia, návrh (stanovenie) ich rozmerov, a veľmi často aj ich materiálové, konštrukčné, architektonické, estetické a iné investorom, resp. platnými predpismi požadované riešenie (ANTAL, STREĎANSKÝ a kol., 2013).

Okrem týchto všeobecne platných požiadaviek na dimenzovanie PEO existujú v niektorých prípadoch aj „osobitné (špecifické)“ požiadavky, ktoré je potrebné pri dimenzovaní uplat-

ňovať. Tieto špecifické požiadavky majú zohľadniť, okrem iného aj skutočnosť, že vodná erózia pôdy je ovplyvnená aj hydrologickými a hydraulickými charakteristikami samotných PEO, ako aj hydrologickými, hydraulickými či inými charakteristikami záujmového územia, ako aj to, že vodná erózia, ako prírodný proces má náhodný (stochastický) charakter.

## MATERIÁL A METÓDY

Pri analýze (výbere) osobitostí dimenzovania PEO proti negatívnym účinkom vodnej erózie sme vychádzali zo štúdia vlastných skúseností, ako aj z publikovaných poznatkov iných odborníkov zaoberajúcich sa problematikou protieróznej ochrany pôdy, predovšetkým zaoberajúcich sa analýzou:

1. vplyvu hydrologických a hydraulických charakteristík samotných PEO, ako aj vplyvu hydrologických a hydraulických charakteristík záujmového územia na dimenzovanie PEO
2. charakteristík erózne účinných dažďov na výpočet:
  - priemernej ročnej hodnoty ich erozivity –  $R_{\text{priem},r}$
  - návrhovej hodnoty erozivity dažďa –  $R_N$
3. použitia charakteristík návrhových dažďov v protieróznej ochrane (napr. periodičita návrhového dažďa –  $p_{D,N}$ , trvanie návrhového dažďa –  $t_{D,N}$ , intenzita návrhového dažďa –  $i_{D,N}$ )
4. určovania návrhových parametrov protieróznych opatrení (napr. návrhový prietok –  $Q_{N'}$ , objem návrhového dažďa –  $O_{D,N'}$ , rýchlosť povrchového odtoku vo vzdialenosti  $x$  metrov od rozvodnice –  $v_x$ )
5. dosahu protierózneho účinku navrhovaného PEO s limitovanými rozmermi –  $d_{\text{úč}}$

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Z hľadiska možného vplyvu hydrologických a hydraulických charakteristík na dimenzovanie PEO sme tieto rozdelili na 3 skupiny, a to na PEO:

1. Pri dimenzovaní ktorých nie je potrebné priamo zohľadňovať ich hydrologické a hydraulické charakteristiky, resp. hydrologické a hydraulické charakteristiky záujmového územia. Do tejto skupiny sme zaradili najmä niektoré organizačné, agrotechnické a biologické protierózne opatrenia (napr. vrstevnicovú agrotechniku a mulčovanie),
  2. Tie, ktoré sa môžu, ale aj nemusia hydrologicky a hydraulicky dimenzovať. Do tejto skupiny sme zaradili terénne úpravy, jamkovanie, sedimentačné vegetačné pásy, pásové pestovanie plodín a brázдование,
  3. Tie, ktoré by sa, ak majú efektívne a ekonomicky plniť svoju primárnu funkciu, mali hydrologicky a hydraulicky dimenzovať. Do tejto skupiny patria všetky protierózne
-

opatrenia nezaraďené do 1. a 2. skupiny, napr. dimenzovanie protieróznych priekop a terás.

Autori (ANTAL, STREĎANSKÝ a kol., 2013) zaradil medzi protierózne opatrenia, ktoré by sa mali hydrologicky dimenzovať nasledovných 24 opatrení (opatrenia označené \* sa môžu, ale aj nemusia hydrologicky dimenzovať):

1. Terénne úpravy, najmä tzv. novovytvorené vsakovacie jamy a upravené prirodzené depresné plochy\*
2. Jamkovanie povrchu pôdy\*
3. Sedimentačné vegetačné pôdy\*
4. Pásové pestovanie plodín\*
5. Brázdovanie\*
6. Vsakovacie vegetačné pásy, vrátane vsakovacích lesných pásov
7. Vsakovacie drény samostatné
8. Vsakovacie drény kombinované napr. s vegetačným pásom
9. Zatrávnené údolnice (lineárne svahové depresie)
10. Stupňovité terasy
11. Priehlbínové terasy samostatné (niekedy, nesprávne nazývané aj „prielohové“ terasy)
12. Protierózne stupne (niekedy, najmä v ČR nazývané aj „protierózne medze“)
13. Priekopy a terasy (najčastejšie priehlbínové), kombinované (doplnené) s vegetačným pásom, vsakovacím alebo odvádzacím objektom (napr. vsakovacím drénom, vsakovacím zachycovadlom, priekopou, ...)
14. Hrádzové terasy samostatné
15. Hrádzové terasy kombinované so vsakovacím alebo odvádzacím objektom (napr. vsakovacím drénom, vsakovacím zachycovadlom, priekopou, ...)
16. Limanové svahové a bočné nádrže
17. Poldre („suché nádrže“, „suché zálivy“)
18. Povrchové odvodnenie územia
19. Záchytné priekopy
20. Zberné priekopy
21. Zvodné priekopy
22. Vsakovacie priekopy
23. Cestné priekopy
24. Asanácia strží

**Tabuľka 1** Typické (najčastejšie, charakteristické) návrhové parametre vybraných PEO (ANTAL, STREĎANSKÝ a kol., 2013)

Protierózne opatrenie	Návrhové parametre
Brázdovanie	priečny profil, sklon dna, rozchod (osová vzdialenosť)
Vsakovacie pásy Záchytné pásy	lokalizácia, šírka, vegetačný kryt
Protierózne priekopy Priehlbínové hrádzové terasy	lokalizácia, sklon dna, priečny profil, prietoková rýchlosť, opevnenie, regulačný objekt (u kombinovaných priekop)

PEO, ktoré sú potrebné, resp. ktoré sa môžu hydrologicky, poprípade aj hydraulicky dimenzovať, môžeme podľa ich primárnej funkcie rozdeliť na tie, ktorých funkciou je:

- pomocou tzv. odvádzacích PEO zachytiť a bezpečne odvieť mimo záujmového územia celý povrchový odtok z prispievajúcej plochy vyvolaný návrhovým dažďom, t.j., dimenzujú sa na návrhový prietok  $Q_N$ ,
- pomocou tzv. vsakovacích PEO zachytiť a pretransformovať celý objem povrchového odtoku z návrhového dažďa na podpovrchovú vodu, t.j. vsakovacie PEO musia mať vsakovaciu kapacitu ( $O_{inf}$ ) väčšiu ako je objem povrchového odtoku z prispievajúcej plochy vsakovacieho PEO ( $O_{op}$ ),
- pomocou tzv. kombinovaných PEO zachytiť určenú časť povrchového odtoku a neškodne ju odvieť mimo chránené územie a zostávajúcu časť povrchového odtoku pretransformovať na podpovrchovú vodu. Súčasťou kombinovaných PEO musí byť tzv. regulačný objekt, ktorého úlohou je:
  - a) vytvoriť v kombinovanom PEO akumulčný priestor pre tú časť povrchového odtoku, ktorá má vsiaknuť do pôdy – obyčajne zodpovedá objemu odtoku z návrhového dažďa s periodicitou  $p = 1$ ,
  - b) regulovať odtok z kombinovaného PEO do odvádzacieho zariadenia na hodnotu  $Q_o < Q_N$ ,
  - c) vytvoriť v kombinovanom PEO retenčný priestor na zachytenie rozdielu medzi prítokom a odtokom vody do kombinovaného PEO, t.j., na zachytenie prítoku, ktorý má hodnotu  $Q_R = Q_N - Q_o$ . V praxi sa osvedčilo zníženie odtoku z kombinovaného PEO o 50 až 70%, t.j. obyčajne navrhujeme  $Q_o = (0,3 \text{ až } 0,5 Q_N)$ .

Pri dimenzovaní PEO obyčajne uvažujeme s charakteristikami návrhového dažďa uvedenými v tabuľke 2.

**Tabuľka 2** Charakteristiky návrhových dažďov na protieróznou ochranu pôdy (Informatívna príloha STN 75 4501)

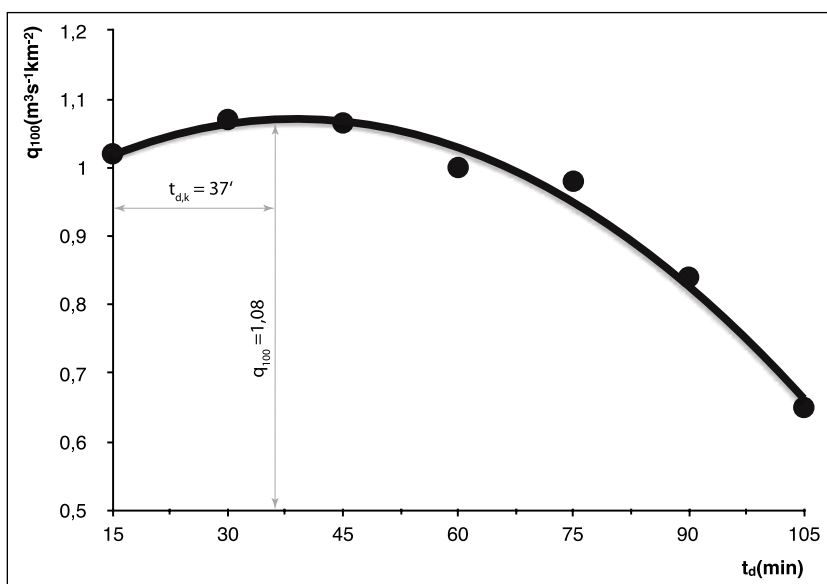
Odvetvie poľnohospodárskej výroby	Situovanie produkčných plôch; Sklonitosť pôdneho povrchu	Periodicita návrhového dažďa	Trvanie návrhového dažďa [min]
Rastlinná výroba	vzdialené od intravilánu,	0,20	30
	v dotyku s intravilánom, resp. s objektom vyššieho rádu	0,10	30
Lúčna (pasienková) výroba	bez špecifikácie	0,20	30
Špeciálna výroba (vinohrady, ovocné sady)	I. kategória svahovej sklonitosti (0 – 10%), resp. (0 – 5,7°)	0,20	15
	II. a III. kategória svahovej sklonitosti (10 – 45%), resp. (5,7° – 24,2°)	0,10	15
	II. a III. kategória svahovej sklonitosti v dotyku s intravilánom, resp. s objektom vyššieho rádu	0,05	15

Podľa teórie povrchového odtoku sa pre výpočet  $Q_N$  používa tzv. „kritická doba trvania návrhového dažďa –  $t_{D,N,krit}$ “, t.j. návrhový dažď s takou dobou trvania, ktorý v záverovom profile vyvolá maximálny prietok, resp. maximálny špecifický povrchový odtok  $q_{100}$ . Pre hodnotu  $t_{D,N,krit}$  platí, že sa rovná, alebo je menšia ako doba koncentrácie príslušnej prispievajúcej plochy dimenzovaného PEO ( $\tau_{max}$ ). Vzhľadom na to, že hodnota  $t_{D,N,krit}$  sa veľmi ťažko odhaduje, najvýhodnejšie je jej hodnotu určiť nájdením maxima funkcie  $q_{100} = (t_{D,N} \leq \tau_{max})$ . Výpočet a znázornenie priebehu tejto funkcie pre  $\tau_{max} = 105$  minút je uvedený v tabuľke 3 a na obrázku 1 (MUCHOVÁ-ANTAL, 2013; ANTAL, 2005).

**Tabuľka 3** Určovanie kritickej doby trvania návrhového dažďa podľa geneticko-intenzitného vzorca pre  $\tau_{max} = 105$  min. (ANTAL, 2005)

Parameter	$t_{D,N}$ (min)						
	105	90	75	60	45	30	15
$q_{D,100}$ ( $m^3 \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$ )	10,86	12,03	13,59	15,77	19,10	25,03	39,73
$H_{D,t}$ (mm)	68,42	64,96	61,16	56,77	51,57	45,05	35,76
$V_{it}$ (mm)	56,50	52,00	47,00	41,50	35,00	27,50	17,50
$H_R$	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
$\psi_{o,p}$	0,07	0,09	0,15	0,15	0,19	0,23	0,31
$n_h$	1,25	1,36	1,65	1,65	1,84	2,07	2,50
$\psi_N$	0,06	0,08	0,11	0,11	0,13	0,15	0,18

**Obrázok 1** Vyhodnotenie priebehu funkcie  $q_{100} = (t_{D,N} \leq \tau_{max})$  a určenie hodnoty  $t_{D,N,krit}$  (ANTAL, 2005)



Pri návrhu PEO má veľmi dôležitú úlohu hodnota erozivity dažďa, resp., v rovnici USLE nazývaná dažďový faktor – R. V našich podmienkach sa prakticky vždy používa pre výpočet eróznej straty pôdy len priemerná ročná hodnota dažďového faktora –  $R_{\text{priem},r}$ , t.j. na rozdiel, napr. od USA, sa neberie do úvahy stochastický charakter hodnoty R, t.j. u nás sa v protieróznej ochrane prakticky zatiaľ nepoužíva návrhová hodnota dažďového faktora  $R_N$ .

Pre územie SR, resp. pre jeho časti, hodnoty  $R_{\text{priem},r}$  uvádzajú nielen rôzni autori (napr. JAMBOR – ILAVSKÁ (1998), ALENA (1986), MADERKOVÁ – ANTAL (2012), KRAJČÍROVÁ – PÁLESCH (1988), Pôdny portál VÚPOP Bratislava, Metodická pomôcka ŠMS Bratislava), ale sa uvádzajú pre tú istú lokalitu aj rôzne hodnoty – tabuľka 4.

**Tabuľka 4** Hodnoty faktora  $R_{\text{priem},r}$  pre zrážkomernú stanicu Nové Zámky (podľa rôznych autorov)

Ilavská a kol., 2005	Pôdny portál	Alena, 1986	Maderková – Antal, 2012	Krajčířová – Pálesch, 1988
14,6	15,0	28,0	45,9	16,2

Pre zrážkomernú stanicu Nové Zámky boli vypočítané aj návrhové hodnoty  $R_N$ , ktoré môžu, resp. mali by byť použité napr. pre návrh rôzneho stupňa ochrany objektov pred zanesením erodovaným materiálom – tabuľka 5.

**Tabuľka 5** Hodnoty faktora  $R_N$  pre zrážkomernú stanicu Nové Zámky (MADERKOVÁ – ANTAL, 2012)

Výskyt dažďa 1x za N rokov / p v %	N					
	100/ 1 %	50/ 2 %	20/ 5 %	10/ 10 %	5/ 20 %	1/ 100 %
Hodnota R-faktora [MJ.ha <sup>-1</sup> .cm.h <sup>-1</sup> ]	195,42	156,91	131,23	103,30	74,57	0,08

Pre situácie, keď sme prírodnými charakteristikami záujmového územia, alebo konštrukčnými zásadami a platnými predpismi prinútení pri projektovaní PEO zmenšiť ich požadované rozmery, musíme najprv vypočítať dosah protierózneho účinku navrhovaného PEO s limitovanými rozmermi –  $d_{\text{úč}}$  ktorého hodnota predstavuje max. vzdialenosť medzi dvoma PEO na chránenom území.

V tomto prípade na základe limitovanej akumulácie, resp. odvádzacej kapacity PEO vypočítame hodnotu  $d_{\text{úč}}$ , a to napr. podľa vzťahov (ANTAL, 1985 – upravené):

$$d_{\text{úč}} = a \cdot \frac{F_a \cdot \check{s} + O_{\text{inf}, PEO}}{H_{D,N} \cdot \varphi_{o,P}} \quad (1)$$

$$d_{\text{úč}} = a \cdot \frac{F_{ap} \cdot v_p}{i_{D,N} \varphi_N \cdot \check{s}} \quad (2)$$

v ktorých:

$d_{\text{úč}}$  – dosah protierózneho účinku posudzovaného PEO, t.j. vzdialenosť medzi 2 susediacimi PEO na svahu, vrátane vzdialenosti 1. PEO od hornej hranice záujmového územia, resp. od rozvodnice [m]

$F_a$  – plocha reprezentatívneho akumuláčného profilu posudzovaného PEO [m<sup>2</sup>]

$F_p$  – plocha reprezentatívneho prietokového profilu posudzovaného PEO [m<sup>2</sup>]

$\delta$  – reprezentatívne šírka prispievajúcej plochy k posudzovanému PEO [m]

$O_{\text{infPEO}}$  – objem infiltrovanej vody v akumuláčnom priestore posudzovaného PEO počas trvania návrhového dažďa [m<sup>3</sup>]

$H_{D,N}$  (=  $i_{D,N} \cdot t_{D,N}$ ) výška návrhového dažďa [m]

$i_{D,N}$  – intenzita návrhového dažďa [m/s]

$\phi_{o,p}$  – objemový odtokový súčiniteľ prispievajúcej plochy k posudzovanému PEO [-]

$v_p$  – reprezentatívna prietoková rýchlosť v posudzovanom PEO [m/s]

$t_{D,N}$  – trvanie návrhového dažďa [s]

$\phi_o$  – návrhový (vrcholový) súčiniteľ povrchového odtoku [-]

$a$  – ( $\leq 1$ ) súčiniteľ vyjadrujúci dokonalosť vybudovaných PEO, resp. vyjadrujúcich spoľahlivosť (presnosť) použitých vstupných údajov pre dimenzovanie [-]

## ZÁVER

Na základe zohľadnenia hydrologických a hydraulických charakteristík samotných PEO a charakteristík záujmového územia, na základe zohľadnenia stochastického charakteru analyzovaných vlastností návrhových dažďov, ako aj zohľadnenia možného limitovania rozmerov projektovaných PEO, odporúčame už aj v tejto etape poznania pri dimenzovaní PEO čo v najväčšej miere aplikovať :

- namiesto STN 75 4501 odporúčaných hodnôt  $t_{D,N}$  z tabuľky 2 používať vypočítané hodnoty  $t_{D,N,krit}$
- pre posudzovanie eróznej ohrozenosti záujmového územia používať hodnoty  $S_{p,príp}$  uvedené v STN 75 4501,
- v prípade nutnosti zmenšenia rozmerov PEO používať pri ich lokalizácii na záujmovom území hodnoty  $d_{úč}$  vypočítané napr. podľa rovníc (1) a (2),
- pri návrhu ochrany intravilánu, resp. iných dôležitých objektov pred znehodnotením erodovaným materiálom aplikovať pre výpočet množstva erodovaného materiálu príslušnú hodnotu  $R_N$  (pre oblasť JZ Slovenska použiť vypočítané hodnoty z publikácie MADEKOVÁ – ANTAL, 2012 a pre ostatné územie SR sa tieto hodnoty pokúsiť odhadnúť z rôznych iných publikácií),
- odporúčame pokračovať v tomto výskume a doterajšie výsledky ďalej rozširovať a spresňovať.

## Podakovanie

Táto práca vznikla s podporou projektov VEGA 1/0268/14 „Integrovaná ochrana pôdy a vodných zdrojov v poľnohospodársky využívannej krajine“ a projektu KEGA 042SPU-4/2014.

## LITERATÚRA

- ALENA, F. 1986. *Stanovenie straty pôdy erozívnym splachom pre navrhovanie protierózivných opatrení*. Bratislava: ŠMS, 1986.
- ANTAL, J. 1985. *Ochrana pôdy a LTM II. – Návod na cvičenia*. Príroda, Bratislava 1985
- ANTAL, J. 2005. *Protierózna ochrana pôdy*. SPU Nitra 2005. p. 79. ISBN 80 8069-872 5.
- BIELEK, P. 1996. *Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v SR*. Bratislava: VÚPÚ, 1996. p. 54.
- JAMBOR, P. – ILAVSKÁ, B. 1998. *Metodika protierózneho obrábania pôdy*. VÚPÚ Bratislava, p. 70.
- KRAJČÍROVÁ, Z. – PÁLESCH, J. 1988. Faktor erózneho účinnosti privalového dažďa na vybranom území západoslovenského kraja. In: *Úloha meliorácií v súčasnom poľnohospodárstve: zborník referátov zo sympózia konaného pri príležitosti 25. výročia založenia katedry poľnohospodárskych meliorácií a 25. výročia vzniku Štátnej melioračnej správy na Slovensku*. Bratislava: Štátna melioračná správa. 1988. s. 132 – 137.
- MADERKOVÁ, L. – ANTAL, J. (2012). *Charakteristiky erózne účinných dažďov na JZ Slovensku*. SPU Nitra, p.107. ISBN 978-80-552-0739-1
- MUCHOVÁ Z. – ANTAL, J. (2013). *Pozemkové úpravy*. SPU Nitra, p.396. ISBN 978-80-552-1130-5
- STN 75 4501: 2000. *Hydromeliorácie. Protierózna ochrana pôdy. Základné ustanovenia*.
- 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.*
-



# STRATIFIKÁCIA UHLÍKA V RÔZNYCH PÔDNYCH TYPOCH A EKOSYSTÉMOCH

## CARBON STRATIFICATION IN DIFFERENT SOIL TYPES AND ECOSYSTEMS

**Gabriela Barančíková<sup>1</sup>, Jarmila Makovníková<sup>1</sup>, Erika Tobiašová<sup>2</sup>,  
Rastislav Skalský<sup>1</sup>, Ján Halas<sup>1</sup>, Štefan Koco<sup>1,3</sup>**

*<sup>1</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy,  
e-mail: g.barancikova@vupop.sk*

*<sup>2</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita*

*<sup>3</sup>Prešovská univerzita v Prešove*

### Abstrakt

Jedným z najdôležitejších procesov, ktoré ovplyvňujú vývoj celosvetových klimatických zmien je kolobeh uhlíka. Z hľadiska kolobehu uhlíka v ekosystémoch je významným prvkom organický uhlík, ktorého najväčšie zásoby sa nachádzajú v pôdach. Množstvo pôdneho organického uhlíka (POC) je ovplyvňované mikrobiálnou činnosťou pôdy, zrnitostným zložením ale aj klimatickými faktormi a v intenzívne využívaných pôdach aj ľudskou aktivitou. V súčasnosti, v dôsledku klimatických zmien a zmien vo využívaní pôdy sa zásoba organického uhlíka v pôdach pomerne rýchlo mení. Z uvedeného dôvodu na NPPC – VÚPOP sme v uplynulom roku začali riešiť projekt APVV: Environmentálne hodnotenie regulácie pôdneho organického uhlíka v rôznych ekosystémoch (ENVIPOC). Jednou z čiastkových úloh projektu ENVIPOC je hodnotenie vertikálnej distribúcie POC z hľadiska pôdneho typu a využitia pôdy. Stratifikácia organického uhlíka sa sleduje na troch výskumných lokalitách projektu ENVIPOC, ktoré sa nachádzajú na západnom strednom a východnom Slovensku v rôznych podmienkach hospodárenia (orná pôda (OP), trvalý trávny porast (TTP) a les (L)). Na všetkých lokalitách a ich ekosystémoch koncentrácia POC s hĺbkou klesá, pričom pokles bol ovplyvnený pôdnym typom ale aj využitím pôdy. Z hľadiska pôdnych typov je najvyššia koncentrácia POC v povrchovej vrstve na černoze a klesá v rade ČM>KM>PG. Z hľadiska ekosystémov je najvyššia koncentrácia POC v povrchovej vrstve v lese a klesá v rade L>TTP>OP. Na základe výsledkov zhlukovej analýzy je výrazne vyššia podobnosť v stratifikácii uhlíka ekosystémov OP a TTP v porovnaní s L na černoze a kambizemi. Na pseudogleji sa ukázala vyššia podobnosť ekosystému L a TTP. Stratifikácia dusíka v pôdnych profiloch bola zhodná so stratifikáciou POC.

**Kľúčové slová:** organický uhlík, pôdny typ, stratifikácia, ekosystém

### Abstract

One of the most important processes influencing development of climate changes is the carbon cycle. The biggest stocks of organic carbon are found in soil. Content of soil organic

carbon (SOC) is affected by microbial activity, size particle distribution, but also climatic factors and in intensively managed soils also human activity. In present time due to climate changes and land use changes, SOC reservoir changes relatively fast. From this reason last year on NAFC-SSCRI APVW project: Environmental evaluation of soil organic carbon regulation in different ecosystems (ENVIPOC) started to solve. One of the subtasks of ENVIPOC project is evaluation of SOC vertical distribution, from the point of view of soil type and soil management. Soil organic carbon stratification is monitored on three research localities of ENVIPOC project, which are located on West, Central and East Slovakia in different ecosystems (arable land (A), pasture (P), forest (F)). SOC concentration is decreased with depth. SOC decrease is affected by soil type and soil management. From point of view of soil types, is the highest SOC concentration on surface soil on Chernozem and decreases in order CH>CM>PL. From point of view of ecosystems is the highest SOC concentration on surface soil in forest and decreases in order F>P>A. Based on results of cluster analysis is significantly higher similarity in SOC stratification of ecosystems A and P in comparison to F on Chernozem and Cambisol. On Dystric Planosol is was demonstrated higher similarity F and P ecosystems. Nitrogen stratification in soil profiles was identical with soil organic carbon.

**Keywords:** organic carbon, soil type, stratification, ecosystem

## ÚVOD

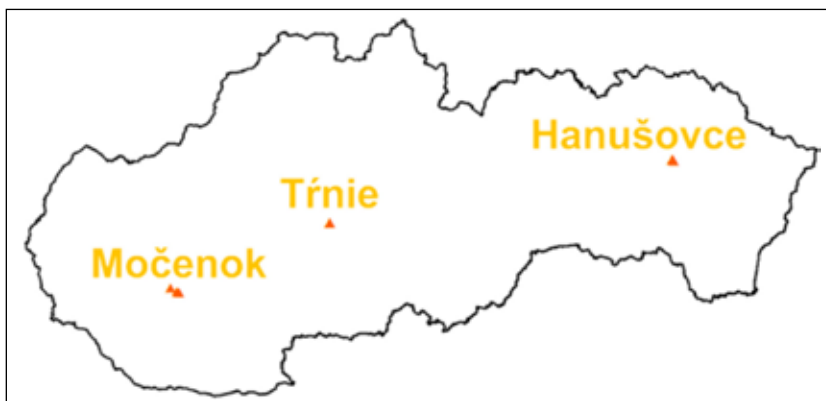
Kolobeh uhlíka je v súčasnosti považovaný za jeden z najdôležitejších procesov, ktoré vplývajú na vývoj a priebeh celosvetových zmien klímy (IPCC, 2007). Dôležitým prvkom z hľadiska kolobehu uhlíka v ekosystémoch je organický uhlík, ktorý tvorí biomasu živých organizmov a po ich odumretí sa hromadí v rôznych prostrediach. V terestriálnych ekosystémoch, ktoré sú bezprostredne priestorom života a fungovania ľudskej spoločnosti, predstavujú jeden z najväčších rezervoárov organického uhlíka pôdy (CHAOPRICH A MARIN-SPIOTTA, 2014). Odhadovaná globálna zásoba organického uhlíka v pôdach je 684–724 Pg vo vrstve 0–0,3 m a 1462–1578 Pg vo vrstve 0–1 m (BATJES, 2014). Kľúčový význam pri hodnotení hospodárenia na pôde vo vzťahu k problematike zmeny klímy, kvality životného prostredia, ale aj pôdnej produkcie má zásoba pôdneho organického uhlíka (POC) aj celkového dusíka (Nt) (FRANZLUEBBERS A STUEDEMANN, 2013). POC je jednou z najdôležitejších zložiek pôdy nakoľko je látkovým aj energetickým základom biologických procesov prebiehajúcich v pôde, a tým aj väčšiny produkčných a mimo produkčných funkcií pôdy a zohráva kľúčovú úlohu vo všetkých pôdnych ekosystémových službách (BANWART *et al.*, 2015). Množstvo pôdneho organického uhlíka je ovplyvňované mikrobiálnou činnosťou pôdy, podmienenou predovšetkým pôdnou teplotou, vlhkosťou, zásobou živín, zrnitostným zložením, ale aj klimatickými faktormi (POEPLAU A DON, 2013) a v intenzívne využívaných pôdach aj ľudskou aktivitou (ABDALLA *et al.*, 2013; SANFORD, 2014; GELAW *et al.*, 2014; MANU *et al.*, 2014; COUTINHO *et al.*, 2015). V súčasnosti, v dôsledku klimatických zmien a zmien vo využívaní pôdy sa zásoba organického uhlíka v pôdach pomerne rýchlo mení. Z uvedeného dôvodu na NPPC – VÚPOP sme v roku 2015

začali riešiť projekt APVV: Environmentálne hodnotenie regulácie pôdneho organického uhlíka v rôznych ekosystémoch. Cieľom projektu ENVIPOC je získať nové poznatky o premenách a tokoch uhlíka v rôznych podmienkach, od prírodných a prírode blízkyh ekosystémov akými sú lesy a prirodzené lúky až po intenzívne obhospodarované orné pôdy a trvalé trávne porasty. Z pohľadu sekvestrácie POC nie je však dôležitý len jeho obsah v povrchovej vrstve pôdy, ale aspoň do hĺbky 1 m, kde sa už predpokladá, v prípade minerálnych pôd, jeho zanedbateľný obsah. Napriek tomu, že vertikálna distribúcia pôdneho organického uhlíka aj celkového dusíka bola podrobne analyzovaná JOBÁGGYM a JACKSONOM (2000), LORENZOM a LALOM (2005) a MEERSMANN *et al.* (2009), mnoho otázok týkajúcich sa predovšetkým vertikálnej distribúcie a regulačných faktorov ostáva nejasných. Znalosti o vertikálnej distribúcií POC a Nt môžu prehĺbiť naše poznatky o dynamike organického uhlíka a celkového dusíka v pôdnom profile a ich potenciálnu odozvu voči klimatickým zmenám (CHANG *et al.*, 2015). Z uvedeného dôvodu jednou z čiastkových úloh projektu ENVIPOC je hodnotenie vertikálnej distribúcie POC a Nt v troch rôznych pôdnych typoch (černozem, kambizem, pseudoglej) a ekosystémoch (orná pôda, trvalý trávny porast, les). V tejto práci uvádzame základnú pedologickú charakteristiku pôdnych profilov lokalít a ekosystémov, na ktorých prebieha riešenie projektu APVV-14-0087 a prvé čiastkové poznatky týkajúce vertikálnej distribúcie POC a Nt z hľadiska pôdneho typu a využitia pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

Pôdne lokality boli vybrané tak, aby reprezentovali územie Slovenska (obr. 1), ktoré je charakteristické vysokou mierou heterogenity klimatických, geografických ako aj pedologických parametrov.

**Obrázok 1** Mapa vybraných lokalít na území Slovenska



Z uvedeného dôvodu sa jednotlivé lokality nachádzajú v rozdielnych nadmorských výškach na troch odlišných pôdnych typoch – černozem, kambizem a pseudoglej. Černozem predstavuje z hľadiska obsahu a kvality POC, ale aj produkčných či mimoprodukčných funkcií,

najkvalitnejší pôdny typ, kambizeme sú najrozšírenejších pôdnym typom na Slovensku, ktorý sa vyznačuje značne rozdielnymi hodnotami obsahu i kvality pôdnej organickej hmoty a pseudogleje sú charakteristické nízkym obsahom aj kvalitou POH (BIELEK, 2014; BARANČIKOVÁ, 2014). Na každej lokalite boli vybrané odberové miesta v troch rozdielnych ekosystémoch – orná pôda (OP), trvalý trávny porast (TTP), lesná pôda (L) tak, aby dané ekosystémy boli od seba navzájom minimálne vzdialené.

Na vybraných miestach boli na jeseň 2015 vykopané pôdne sondy do hĺbky cca 1m, ak to umožňovali lokálne podmienky. Všetky pôdne profily boli dôkladne popísané, vrátane vyhotovenia fotodokumentácie a z celého profilu každej pôdnej sondy boli odobraté pôdne vzorky v 0,1m hĺbkach na stanovenie základných fyzikálnych, chemických a biologických parametrov.

Koncentrácia pôdneho organického uhlíka aj celkového dusíka bola stanovená suchou cestou na C, N analyzátore (BARANČIKOVÁ *et al.*, 2011). Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC Centurion XV.II.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

### Základná pedologická charakteristika sledovaných lokalít

#### *Lokalita Močenok (Obr. 2) – pôdny typ černoziem kultizemná (ČMa) na spraši*

Lokalita sa nachádza v juhozápadnej časti Slovenska v geomorfologickej oblasti Podunajská nížina, celok Podunajská pahorkatina, podcelok Nitrianska pahorkatina, časť Nitrianska

**Obrázok 2** Lokalizácia odberových miest na lokalite Močenok



MO OP – pôdna sonda na černoze; ekosystém orná pôda

MO Les – pôdna sonda na černoze; ekosystém les

MO Trava – pôdna sonda na černoze; ekosystém trvalý trávny porast

tabuľa. Zo všetkých lokalít je uvedená lokalita situovaná najnižšie, nakoľko odberové miesto na ornej pôde sa nachádza v nadmorskej výške 168 m, na TTP v nadmorskej výške 141 m a v lese v nadmorskej výške 172,5 m. Vzdialenosť medzi OP – TTP je 5,7 km, medzi TTP a lesom 4,2 km a OP a lesom 1,5 km (Obr. 2).

V čase odberu bola na ornej pôde podmieta po obilnine, TTP predstavuje urbánny trávny porast a L listnatý les. Na všetkých odberových miestach lokality Močenok boli vykopané pedologické sondy do hĺbky 1 m (Obr. 3a – c).

### Obrázok 3 Pôdne profily lokality Močenok



a – orná pôda

b – trvalý trávny porast

c – les

Humusový molický A horizont OP a lesa zasahuje do hĺbky približne 0,5 m, na TTP až do hĺbky 0,6 m. Štruktúra pôdy v horizonte je prevažne drobnohrudkovitá, ale aj hrudkovitá až hrudovitá s rôznym stupňom vývoja. Konzistencia je veľmi kyprá až kyprá. Horizont neobsahuje skelet. Pod humusovým horizontom sa nachádza prechodný A/C horizont zasahujúci do hĺbky okolo 0,60–0,65 m s masívnou štruktúrou a uľahnutou až silne uľahnutou konzistenciou. Cc-horizont je alokovaný pod hĺbkou 0,60–0,65 m. Pôda je vyvinutá na spraši. V pôdnom profile TTP sa v hĺbke pod 0,8 m nachádza reliktný A horizont (Obr. 3a – c).

Pôdna reakcia v profile lesnej pôdy sa pohybovala v pomerne širokom rozpätí 5,2–7,7 (pH/CaCl<sub>2</sub>), čo predstavuje slabo kyslú reakciu v horných vrstvách pôdy až neutrálnu reakciu v metrovej hĺbke. Pôdna reakcia v profile TTP ako aj OP bola slabo zásaditá a pohybovala v úzkom rozpätí 7,4–7,8 (pH/CaCl<sub>2</sub>) pre OP a 7–8 (pH/CaCl<sub>2</sub>) pre TTP. Zrnitostné zloženie v celom profile lesnej a ornej pôdy bolo hlinité. Hlinité zrnitostné zloženie na TTP bolo iba vo vrchných vrstvách pôdy, v hlbších vrstvách (>20 cm) bolo zrnitostné zloženie piesočnatohlinité.

### Lokalita Trnie (Obr. 4) – pôdny typ kambizem kultizemná (KMa) z vulkanogénnych aglomerátov a epiklastických hornín (ta)

Lokalita sa nachádza na strednom Slovensku v geomorfologickej oblasti Slovenské stredohorie, celok Kremnické vrchy, podcelok Turovské predhorie a zo všetkých vybraných lokalít je umiestnená najvyššie, nakoľko odberové miesto na ornej pôde sa nachádza v nadmorskej

výške 550 m, na TTP v nadmorskej výške 554 m a v lese v rovnakej nadmorskej výška ako na TTP, 554 m.

Na lokalite Tŕnie sú všetky odberové miesta lokalizované veľmi blízko. Vzďialenosť medzi OP – TTP je 47 m, medzi TTP a lesom 59 m a OP a lesom 103 m (Obr. 4). Nakoľko kambizem patrí medzi pôdy s vyšším obsahom skeletu, na ornej pôde a TTP boli otvorené pôdne profily do hĺbky 0,9 m a v lese iba do hĺbky 0,8 m (Obr. 5a-c). V čase odberu bola orná pôda čerstvo zoraná po ciroku, TTP predstavuje kosený trávny porast a L listnatý dubovo-hrabový hospodársky les, asi 40-ročný porast.

**Obrázok 4** Lokalizácia odberových miest na lokalite Tŕnie



Humusový A-horizont kambizeme na OP zasahuje do hĺbky okolo 0,3 m, v prípade TTP do hĺbky 0,2 m a lesa len do hĺbky 0,10–0,15 m (Obr.5a,b,c). Štruktúra pôdy v horizonte je drobnopolyedrická zaoblená, v prípade lesa až hrubo hrudovitá. Horizont obsahuje skelet 10–25%. Kambický Bv – horizont je alokovaný v pôdnom profile pod 0,15 až 0,20 m, ale aj pod 0,5 m v prípade OP. Štruktúra pôdy je prevažne drobnololyedrická. Bv-horizont všetkých troch pôdnych profilov vykazuje výrazné zastúpenie skeletu 40–70%. V C horizontoch pôdnych profilov je zastúpenie skeletu výraznejšie (nad 70%). Substrát pôd tvoria vulkanogénne aglomeráty a epiklastické horniny.

Pôdna reakcia v profile lesnej pôdy sa pohybovala v pomerne úzkom rozpätí 5,4–6,0 (pH/CaCl<sub>2</sub>), podobne ako na TTP (5,2–5,9 pH/CaCl<sub>2</sub>) čo predstavuje slabo kyslú reakciu v celom pôdnom profile L aj TTP. Pôdna reakcia v profile OP sa pohybovala od kyslej vo vrchných vrstvách pôdy, po slabo kyslú v 1 m hĺbke (4,9–6,0 pH/CaCl<sub>2</sub>). Zrnitostné zloženie v celom profile lesnej pôdy ako aj OP do hĺbky 0,7 m bolo piesočnatohlinité, v hlbších vrstvách hlinité. Na TTP do hĺbky 0,7 m bolo zrnitostné zloženie hlinité, v hlbších vrstvách piesočnatohlinité.

**Obrázok 5** Pôdne profily lokality Tŕnie

a – orná pôda

b – trvalý trávny porast

c – les

**Lokalita Hanušovce nad Topľou (Obr. 6) – pôdny typ Pseudoglej modálny (PGm), substrát -polygenetické hliny (ns1)**

Lokalita sa nachádza na východnom Slovensku, v geomorfologickej oblasti Nízke Beskydy, celok Beskydské predhorie, podcelok Hanušovská pahorkatina. Na tejto lokalite sa najvyššie nachádza odberové miesto na TTP v nadmorskej výške 308 m, OP v nadmorskej výške 292,5 m a najnižšie je situované odberové miesto v lese a to v nadmorskej výške 258 m. Odberové miesta na trvalom trávnom poraste a ornej pôde sú lokalizované pomerne blízko (vzdialenosť medzi OP a TTP je 456 m), odberové miesto v lese je však od OP aj TTP pomerne vzdialené (vzdialenosť OP – les je 1,3 km a TTP – les 1,6 km) (Obr. 6).

**Obrázok 6** Lokalizácia odberových miest na lokalite Hanušovce nad Topľou

Na všetkých odberových miestach lokality Hanušovce nad Topľou boli vykopané pôdne profily do hĺbky 1 m (Obr. 7a–c). V čase odberu bola na ornej pôde urobená podmietka po pšeni a aplikovaný maštalný hnoj, TTP je typický pasienok a L je listnatý les s prímiesou borovice.

**Obrázok 7** Pôdne profily lokality Hanušovce nad Topľou



a – orná pôda

b – trvalý trávny porast

c – les

Povrchový ochrický – A horizont OP aj TTP zasahuje do hĺbky 0,24–0,26 m, iba v lese je plytší do 0,2 m. Štruktúra pôdy v tomto horizonte je prevažne drobnopolyedrická zaoblená. Konzistencia pôdy je kyprá až mierne uľahnutá. Horizont je bez skeletu. Prechodný humusovo-eluviálny horizont zasahuje do hĺbky okolo 0,5 m, na TTP má šikmý charakter. Štruktúra pôdy je prevažne polyedrická, stredne vyvinutá, konzistencia je mierne uľahnutá. V lese je v profile horizontu nepatrne prítomný drobný skelet. Eluviálny hydromorfný horizont je prítomný vo všetkých troch pôdnych profiloch s doštičkovitou štruktúrou diferencovaného stupňa vývinu a mierne až uľahnutou konzistenciou. Pod ním v hĺbke okolo 0,55 m sa nachádza typický mramorovaný Bg-horizont so znakmi oxidoredukčných procesov, hrubo prizmatickou dobre vyvinutou štruktúrou a uľahnutou až tuhou konzistenciou. Horizont zasahuje do hĺbky pod 1 m. Substrát tvoria polygenetické hliny.

Na všetkých ekosystémoch lokality Hanušovce nad Topľou bolo namerané najnižšie pH v  $\text{CaCl}_2$  v porovnaní s ostatnými sledovanými lokalitami. V lesnej pôde sa interval pH pohyboval v úzkom rozpätí 4,5–4,9 čo predstavuje kyslú pôdnu reakciu, o niečo vyššie pH, v slabokyslej oblasti, predovšetkým vo vrchných vrstvách pôdy, bolo zaznamenané na OP a TTP, ale v hlbších vrstvách na TTP pokleslo až do silne kyslej oblasti (pH TTP: 5,4–4,2, pH OP: 5,9–4,6). Na všetkých ekosystémoch danej lokality bolo vo vrchných vrstvách pôdy zistené hlinité zrnitostné zloženie, od hĺbky 0,5 m bolo zrnitostné zloženie pôdy ílovitohlinité.

#### Vertikálna distribúcia POC

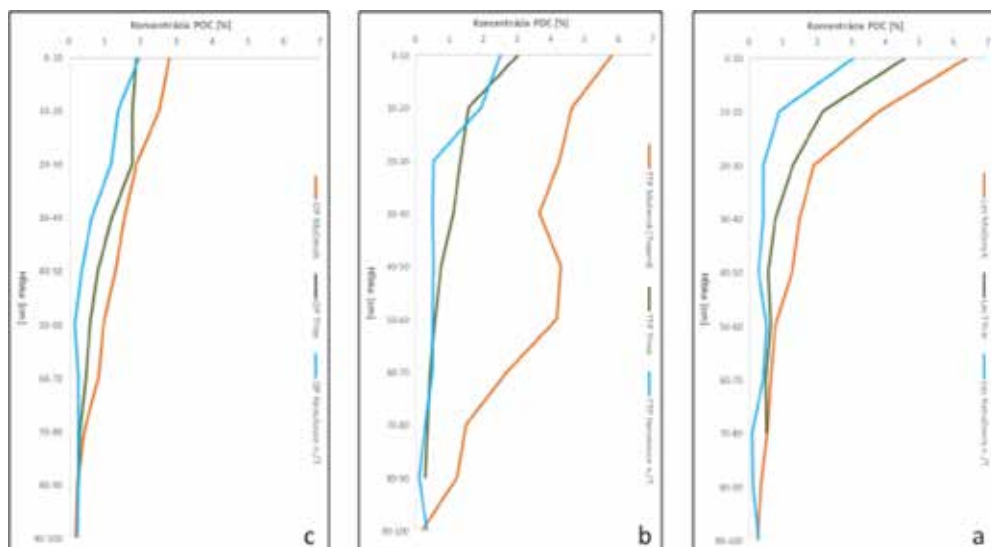
Obsah organického uhlíka v pôdnom prostredí je ovplyvňovaný prírodnými ako aj antropogénnymi faktormi (ECKELMANN at al., 2006). Medzi prírodné faktory ovplyvňujúce dynamiku POC patria pedologické vlastnosti (materská hornina, pôdny typ, obsah ílu a skeletu), klimatické charakteristiky (teplota, zrážky, slnečné žiarenie) a geografické činitele (nadmorská výš-



ka, sklon svahu, topografický vlhkostný index a iné). Vplyv človeka na obsah POC sa prejavuje predovšetkým využívaním pôdy (orná pôda, trvalé trávne porasty, les) a v intenzívne využívaných poľnohospodárskych pôdach je to predovšetkým hospodárenie na pôde (spôsob orby, aplikácia priemyselných, resp. organických hnojív, rotácia plodín a iné) (KHEIR *et al.*, 2010; XUA *et al.*, 2011; RAZAKAMANARIVO *et al.*, 2011; JANZEN, 2006; ABDALLA *et al.*, 2013; GOLLANY *et al.*, 2010; DU *et al.*, 2010). Aj naše predchádzajúce výsledky (BARANČIKOVÁ, 2014) potvrdzujú zreteľný vplyv využitia krajiny na obsah pôdneho organického uhlíka, ktorý sa prejavuje predovšetkým výraznými rozdielmi v koncentráciách POC, predovšetkým v povrchovom horizonte OP a TTP rovnakého pôdneho typu.

Ako je zrejme z obrázku 8 koncentrácia pôdneho organického uhlíka v prvej pôdnej hĺbke, ktorá je najviac ovplyvnená uvedenými faktormi, je v prvom rade závislá od daného ekosystému, ale dôležitú úlohu zohráva aj pôdny typ. Najvyššia koncentrácia POC v hĺbke 0–0,1 m bola zistená v lesnom ekosystéme na černoze mi a klesala v rade ČM>KM>PG (Obr. 8c).

**Obrázok 8** Distribúcia POC (%) v jednotlivých pôdnych typoch (ČM – Močenok, KM – Tŕnie, PG – Hanušovce n.T.) vyskytujúce sa v ekosystéme ornej pôdy (a), trvalého trávneho porastu (b) a lesa (c).



Vysoká koncentrácia POC v prvej hĺbke minerálneho horizontu v danom ekosystéme je ovplyvnená neustálym prísunom organického materiálu, ktorý sa do vrchnej časti minerálnej vrstvy pôdy dostáva z nadložného humusu. Už v druhej hĺbke (0,1–0,2 m) však koncentrácia POC prudko klesá, pričom v porovnaní s prvou hĺbkou, POC v ČM predstavuje cca 60 %, v KM necelých 50 % a na PG iba necelých 30 %. Ako je zrejme z obr. 8c, pokles koncentrácie POC v ďalších hĺbkach je pozvoľný a približne v hĺbke 0,6 m je koncentrácia POC vo všetkých pôdnych typoch takmer rovnaká a ďalší pokles koncentrácie POC v pôdnom profile je minimálny. Podobný charakter distribúcie POC v lesných pôdach Tibetu uvádza aj CHANG (2015).

Na TTP v porovnaní s lesnou pôdou, bola koncentrácia POC vo vrchnej vrstve pôdy nižšia (Obr. 8b). Aj na trávnych porastoch bola najvyššia koncentrácia POC zaznamenaná v prvej

hĺbke na černozei a podobne ako v lesnom ekosystéme klesala v rade ČM>KM>PG, čo je v súlade s priemernými hodnotami POC uvedených pôdnych typov na Slovensku (BARANČIKOVÁ, 2014). Ako je zrejmé z obr. 8b, koncentrácia POC na TTP je vo vrchnej vrstve černoze výrazne vyššia ako na pseudogleji a kambizei. Černoze sú charakteristické lepšími podmienkami pre akumuláciu POC v porovnaní s KM resp. PG, ale príčinou môže byť aj rozdielne využitie TTP na ČM v porovnaní s KM a PG. TTP na černozei predstavuje urbánny porast, TTP kambizei je kosený trávny porast a v prípade pseudogleja je to pasienok.

Aj distribúcia POC v porovnaní ČM a KM, PG je značne rozdielna. V hĺbke 0,1- 0,2 m najvýraznejší, cca 50%, pokles koncentrácie POC bol zaznamenaný v kambizei, na pseudogleji a černozei hodnota POC v porovnaní s prvou hĺbkou predstavovala cca 80 % (Obr. 8b). Najvýraznejší pokles POC na TTP v hĺbke 0,2–0,3 m (80 % v porovnaní s prvou hĺbkou) bol zaznamenaný na PG a táto koncentrácia POC sa na pseudogleji udržiavala až do hĺbky 1 m (Obr. 8b). Na kambizei bol pokles koncentrácie POC s hĺbkou pozvoľný a od hĺbky 0,5–0,6 m bola koncentrácia POC na PG aj KM rovnaká. Výrazne odlišná distribúcia POC s hĺbkou bola zaznamenaná na ČM. Mierny pokles na tomto pôdnom type bol zaznamenaný do hĺbky 0,3–0,4 m, v ďalších 0,2 m koncentrácia POC mierne vzrástla, od hĺbky 0,5–0,6 m prudko klesala a hĺbke 1 m bola koncentrácia POC na ČM minimálna, rovnako ako na PG a KM (Obr. 8b).

Najnižšia koncentrácia POC vo vrchnej 0–0,1 m vrstve pôdy bola zaznamenaná na orných pôdach, pričom aj na tomto ekosystéme, podobne ako v lese a na TTP koncentrácia POC klesala v rade ČM>KM>PG (Obr. 8a). Vyššia koncentrácia POC na prírodných (les) a prírode blízkych ekosystémoch (trvalý trávny porast) v porovnaní s ornými pôdami je typická pre všetky pôdne typy na Slovensku (BARANČIKOVÁ, 2014) a je v súlade aj s mnohými staršími (BEDRNA, 1966; CAMBEL a SOUSTER, 1982; GUO a GIFFORD, 2002; GERZABEK *et al.* 2006; DAWSON a SMITH, 2007) ako aj súčasnými literárnymi zdrojmi (FRANZLUEBBERS a STUEDEMANN, 2013, SANFORD 2014; GELAW *et al.*, 2014; MANU *et al.*, 2014; COUTINHO *et al.*, 2015). Vo všeobecnosti môžeme povedať, že vyšší vstup pozberových a koreňových zvyškov vo vrchných vrstvách pôdy v lesnom a trávnom ekosystéme stabilizuje koncentráciu POC vo vrchných pôdnych vrstvách lesa a TTP a intenzívne obrábanie pôdy, predovšetkým nízky prísun externej organickej hmoty zvyšuje mineralizáciu pôdneho organického uhlíka a tým znižuje koncentráciu POC na intenzívne obhospodarovaných orných pôdach. Aj na našich lokalitách bolo silné prekorenenie vo vrchných vrstvách pôdy zaznamenané v lese a TTP, predovšetkým na lokalite Močenok. Na všetkých orných pôdach bolo vo vrchných vrstvách pôdy iba mierne prekorenenie.

Pokles koncentrácie POC na OP do hĺbky 0,3–0,4 m predovšetkým na kambizei bol minimálny, v hlbších vrstvách pôdy sa koncentrácia POC s hĺbkou, predovšetkým na pseudogleji, pomerne prudko znižovala a v hĺbke 1 m podobne ako v L a TTP dosiahla minimálnu hodnotu (Obr. 8a). Podobnú vertikálnu distribúciu POC v orných pôdach uvádza aj JOBBÁGY a JACKSON (2000) a FRANZLUEBBERS a STUEDEMANN (2013). Minimálne zmeny v koncentrácii POC na OP do hĺbky 0,3 m môžu byť zapríčinené obrábaním pôdy.

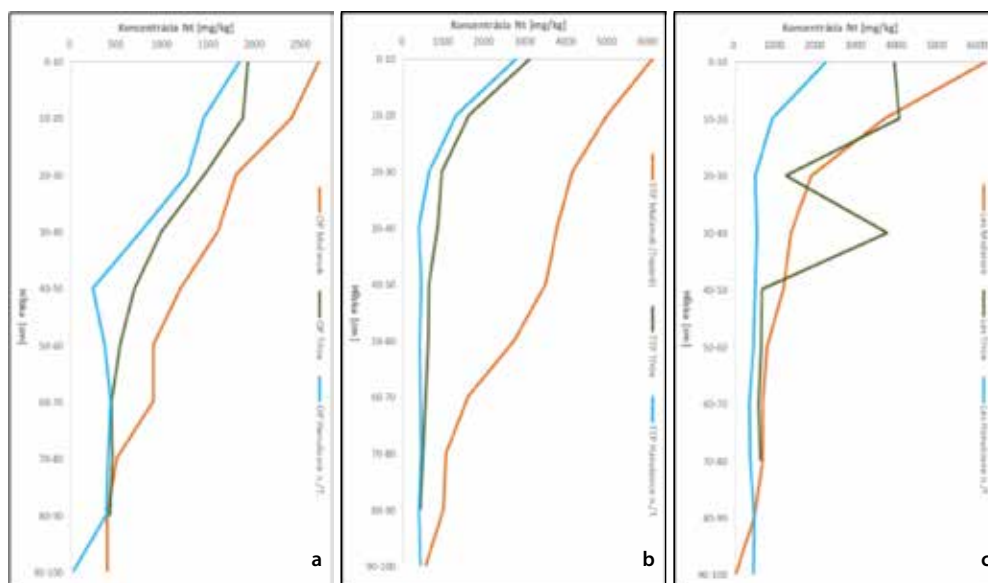
Na ornej pôde lokalít Močenok a Hanušovce n./T. je uplatňovaná technológia obrábania pôdy bez orby. Pozberové zvyšky sú iba plytko zapracovávané do povrchovej vrstvy pôdy. Tento minimalizačný systém obrábania pôdy sa prejavuje na koncentrácii POC v podobe miernej

diferencie medzi hĺbkou 0–0,1 a 0,1–0,2 m. Na lokalite Trnie je uplatňovaná klasická konvenčná technológia obrábania pôdy orbou, čo sa prejavuje aj na vyrovnanej koncentrácii C do hĺbky 0,3 m.

Na základe výsledkov zhlukovej analýzy je výrazne vyššia podobnosť v stratifikácii uhlíka ekosystémov OP a TTP v porovnaní s L na černoze (Močenok) a kambizemi (Trnie) (obr. 10). Na pseudogleji (Hanušovce) sa ukázala vyššia podobnosť ekosystému L a TTP.

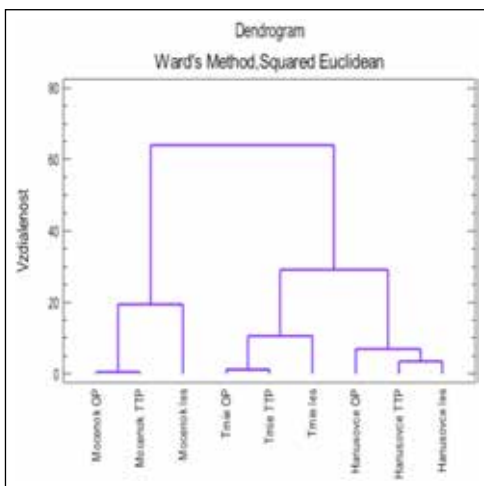
Okrem uhlíka je pôdna organická hmota významným zdrojom aj ďalšieho základného biogénneho prvku pre rast rastlín – dusíka, nakoľko obsahuje viac ako 95 % dusíka z celkového množstva dusíka v pôdnom prostredí (KNOPS a BRADLEY, 2009). V súlade s týmto konštatovaním, vertikálna distribúcia celkového dusíka (Nt) (Obr. 9c), okrem lesnej pôdy na lokalite Trnie, je takmer je zhodná s POC (Obr. 8c), čo vyjadrujú signifikantné lineárne korelácie Nt s POC, ktoré sa pre jednotlivé pôdne typy vo všetkých ekosystémoch (okrem L Trnie) pohybujú v rozsahu R (Nt, POC = 0,94–0,98\*\* pre n=10). Podobne ako v prípade POC, najvyššie hodnoty Nt vo vrchnej vrstve pôdy boli zaznamenané v lesnom ekosystéme a na všetkých sledovaných ekosystémoch klesali v rade ČM>KM>PG (Obr. 9).

**Obrázok 9** Distribúcia Nt (mg/kg) v jednotlivých pôdnych typoch (ČM – Močenok, KM – Trnie, PG – Hanušovce n./T.) vyskytujúce sa v ekosystéme ornej pôdy (a), trvalého trávneho porastu (b) a lesa (c).

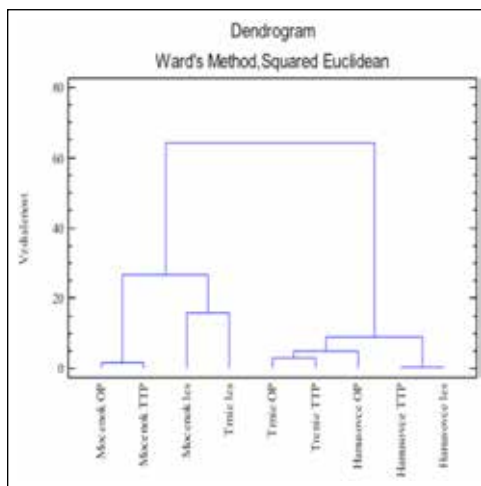


Podobne ako v prípade POC sme na lokalitách Močenok (ČM) a Trnie (KM) na základe výsledkov zhlukovej analýzy (obr. 11) zistili vyššiu podobnosť stratifikácia Nt pre ekosystém OP a TTP, odlišný je priebeh stratifikácie na ekosystéme lesa, kde ekosystém lesa má výraznejší vplyv na podobnosť stratifikácie N ako pôdny typ. Na ekosystéme Hanušovce (PG) sa ukázala vyššia podobnosť ekosystému L a TTP.

**Obrázok 10** Zhluková analýza stratifikácie C v jednotlivých pôdnych typoch (ČM – Močenok, KM – Trnie, PG – Hanušovce n./T.) podľa ekosystémov – dendrogram



**Obrázok 11** Zhluková analýza stratifikácie N v jednotlivých pôdnych typoch (ČM – Močenok, KM – Trnie, PG – Hanušovce n./T.) podľa ekosystémov – dendrogram



## ZÁVER

V uvedenej práci prezentujeme podrobnú charakteristiku odberových miest a základné pedologické charakteristiky prírodných a prírode blízkych ekosystémov akými sú lesy a prirodzené lúky až po intenzívne obhospodarované orné pôdy a trvalé trávne porasty troch diaľtrálnych pôdnych typov černoziem, kambiziem a pseudoglej, na ktorých prebieha riešenie projektu APVV-14-0087 a tiež prvé čiastkové poznatky týkajúce vertikálnej distribúcie POC a Nt z hľadiska pôdneho typu a využitia pôdy.

Na základe získaných výsledkov môžeme konštatovať, že najvyššia koncentrácia POC a Nt vo vrchných vrstvách pôdy bola zistená na černozeiach a klesala v rade ČM>KM>PG. Z hľadiska ekosystémov, najvyššia koncentrácia POC a Nt vo vrchnej vrstve pôdy bola v lese a klesala v rade L>TTP>OP.

Na základe výsledkov zhlukovej analýzy je výrazne vyššia podobnosť v stratifikácii uhlíka aj dusíka ekosystémov OP a TTP v porovnaní s L na černozeiach a kambizeiach. Na pseudogleji sa ukázala vyššia podobnosť ekosystému L a TTP.

V ďalšom riešení projektu sa chceme zamerať na hodnotenie vertikálnej distribúcie jednotlivých labilných zložiek pôdnej organickej hmoty ako aj biologických parametrov z hľadiska pôdnych typov i ekosystémov a ich vzťah k základným pôdnym charakteristikám – pôdnej reakcii a zrnitostnému zloženiu pôdy.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-14-0087.

## LITERATÚRA

- ABDALLA, M. – OSBORNE, B. – LANIGAN, G. – FORRISTAL, D. – WILLIAMS, M. – SMITH, P. – JONES, M. B. 2013. Conservation tillage systems: a review of its consequences for gas emissions. *Soil Use and Management*, 29, s. 199–209.
- BANWART, S. A. – BLACK, H. – CAI, Z. – GICHERU, P. T. – JOOSTEN, H. – VICTORIA, R. L. – MILNE, E. – NOELLEMEYER, E. – PASCUAL, U. 2015. The global challenge for soil carbon. In: BANWART, S. A. – NOELLEMEYER, E. – MILNE, E. (eds.): *Soil Carbon. Science, Management and Policy for Multiple Benefits*. Oxfordshire, CABI: 1–9.
- BARANČIKOVÁ, G. – BEZÁK, P. – DODOK, R. – CHLPÍK, J. – KOBZA, J. – MAKOVNÍKOVÁ, J. 2011. Metódy stanovenia ukazovateľov agrochemických vlastností pôdy. In: HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. (eds.): *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava, VÚPOP, s. 52–114. ISBN 978–80-89128–89-1.
- BARANČIKOVÁ, G. 2014. Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. (ed.): *Monitoring pôd Slovenskej republiky*. NPPC – VÚPOP, Bratislava, s. 55–88. ISBN 978–80-8163–004-0
- BATJES, N. B. 2014. Total carbon and nitrogen in the soils of the world. *European Journal of Soil Science*, 65, s. 4–21.
- BEDRNA, Z. 1966. Obsah humusu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. *Polnohospodárstvo*, 12, 1966, č. 10, s. 763–769.
- BIELEK, P. 2014. *Kompendium praktického pôdoznanectva*. Slovenská Poľnohospodárska univerzita, Nitra, 244s. ISBN 978–80-552–1155-8.
- COUTINHO, H. L. C. – NOELLEMEYER, E. – DE CARVALHO BALIEIRO, F. – PIÑEIRO, G. – FIDALGO, E. C. C. – MARTIUS, C. – DA SILVA, C. F. 2015. Impacts of land-use change on carbon stocks and Dynamics in Central-southern South American biomes: Cerrado, Atlantic forest and Southern grasslands. In: BANWART, S. A. – NOELLEMEYER, E. – MILNE, E. (eds.). *Soil carbon. Science, management and policy for multiple benefits*. Oxfordshire, CABI, s. 243–264. ISBN 978–1-78064–532-2.
- CAMBELL, C. A., SOUSTER, W. 1982. Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. *Can. J. Soil Sci.* – 62, s. 651–656.
- DAWSON, J. J. C. – SMITH, P. 2007. Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Review. Science of the Total Environment*, 382: 165–190.
- DU, Z. – REN, T. – HU, C. 2010. Tillage and residue removal effects on soil carbon and nitrogen storage in the North China Plain. *Soil Sci. Soc. Am. J.* – 74, s. 196–202.
- ECKELMANN, W. – BARITZ, R. – BIALOUSC, S. – BIELEK, P. – CARRÉ, F. – HOUŠKOVÁ, B. – JONES, R. J. A. – KIBBLEWHITE, M. – KOZAK, J. – LE BAS, C. – TÓTH, G. – TÓTH, T. – VÁTALLYAY, G. – HALLA, M. Y. – ZUPAN, M. 2006. *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*. European Bureau Research Report No. 20, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, EUR 22185 EN, 94.
- FRANZLUEBBERS, A. J. – STUEDEMAN, A. 2013. Soil-profile distribution of organic C and N after 6 years of tillage and grazing management. *Eur. J. Soil Sci.* – 64, s. 558–566.
- GELAW, M. – A. – SINGH, B. R. – LAL, R. 2014. Soil organic matter and total nitrogen stocks under different land uses in semi-arid watershed in Tigray, Northern Ethiopia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, s. 256–263.
- GERZEBEK, M. H. – ANTIL, R. S. – KOGEL-KNABNER, I. – KNICKER, H. – KIRSCHMANN, H. – HABERHAUER, G. 2006. How are soil use and management reflected by soil organic matter characteristics: a spectroscopic approach. *Eur. J. Soil Sci*, 57, s. 485–494.
- GUO, L. B. – GIFFORD, R. M. 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis. *Global Change Biology*, 8, s. 345–360.
- GOLLANY, H. T. – NOVAK, J. M. – LIANG, Y. – ALBRECHT, S. L. – RICKMAN, R. W. – FOLLET, R. F. – WILHELM, W. W. – HUNT, P. G. 2010. Simulating soil organic carbon dynamics with residue removal using the CQESTR model. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74, s. 372–383.
- CHANG, R. – WANG, G. – FEI, R. – YANG, Y. – LUO, J. – FAN, J. 2015. Altiudinal change in distribution of soil carbon and nitrogen in Tibetan Montane Forest. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 79+, s. 1455–1469
- CHAOPRICHA, N. T. – MARTIN-SPIOTTA, E. 2014. Soil burial contributes to deep soil organic carbon storage. *Soil Biol. Biochem.*, 69, s. 215–264.
- IPCC 2007. *Summary for policy makers. Climate Change 2007: Synthesis Report*. Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel for Climate Change.
-

- JANZEN, H. H. (2006): The soil carbon dilemma: shall we hoard it or use it. *Soil Biol. and Biochem.*, 38, s. 419–424.
- JOBÁGY, E. G., JACKSON, R. B. 2000. The vertical distribution of soil organic carbon and its relation to climate and vegetation. *Ecol. Appl.*, 10, s. 423–436.
- LORENZ, K. – LAL, R. 2005. The depth distribution of soil organic carbon in relation to land use and management and the potential of carbon sequestration in subsoil horizons. *Adv. Agron.*, 88, s. 35–66.
- KNOPS, J. M. H. – BRADLEY, K. L. 2009. Soil carbon and nitrogen accumulation and vertical distribution across a 74-year chronosequence. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 73, s. 2096–2104.
- KHEIR, R. B. – GREVE, M. H. – BOCHER, P. K. – GREVE, M. B. – LARSEN, R. – MCCLOY, K. 2010. Predictive mapping of soil organic carbon in wet cultivated lands using classification-tree based models: The case study of Denmark. *J. Environ. Management*, 91, s. 1150–1160.
- MANU, V. – WHITBREAD, A. – BLAIR, N. – BLAIR, G. 2014. Carbon status and structural stability of soils from different land use systems in the Kingdom of Tonga. *Soil Use and Management*, 30, s. 517–523.
- MEERSMANS, J. – VAN WESEMAEL, B. – DE RIDDER, F. – FALLAS DOTTI, M. – DE BAETS, S. – VAN MOLLE, M. 2009. Change in organic carbon distribution with depth in agricultural soils in northern Belgium, 1960–2006. *Global Change Biol.*, 15, s. 2739–2750.
- POEPLAU, C. – DON, A. – 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, vol. 192, p. 189–201.
- RAZAKAMANARIVO, R. H. – GRINAND, C. – RAZAFINDRAKOTO, M. A. – BERNOUX, M. – ALBRECHT, A. 2011. Mapping organic carbon stocks in eucalyptus plantations of the central highlands of Madagascar: A multiple regression approach. *Geoderma*, 161, s. 335–346.
- SANFRORD, G. R. 2014. Perennial grasslands are essential for long term SOC storage in the Mollisols of the North Central USA. In: Hartemink, A. – McSweeney, K. (eds.): *Soil Carbon*. Springer Cham Heidelberg: 281–288.
- XU, X. – LIU, W. – KIELY, G. 2011. *Modeling the change in soil organic carbon of grassland in response to climate change: Effects of measures versus modelled carbon pool for initializing Rothamsted Carbon model.*
-

# PŔDNY KOMPONENT V CELOEURŔPSKOM PRIESKUME KRAJINNEJ POKRÝVKY A VYUŽITIA KRAJINY (LUCAS) NA SLOVENSKU

## SOIL COMPONENT WITHIN THE LAND COVER AND LAND USE SURVEY (LUCAS) IN SLOVAKIA

**Vladimír Hutár, Martin Saksá**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy,  
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: v.hutar@vupop.sk*

### **Abstrakt**

PŔdny komponent ako súčasť prieskumu krajinej pokrývky a využitia krajiny (Land cover and land use LUCAS) predstavoval v roku 2009 a 2015 neoddeliteľnú časť zberu informácií v celoeurŔpskom kontexte na základe štandardizovaných postupov a harmonizovaných metodík. Na 10 % (cca 20 000 vzoriek/2009, 27 000 vzoriek/2015) z celkového počtu sledovaných bodov bol vykonaný odber povrchového pôdneho horizontu. Základné fyzikálne, chemické a spektrálne analýzy (prieskum 2009) boli následne sprístupnené, spolu s množstvom výsledkov priestorovej variability základných a odvodených pôdnych vlastností v celoeurŔpskej miere. Na území Slovenska predstavoval pôdny komponent v roku 2009–268 pôdnych odberov a v roku 2015–230 pôdnych odberov. Pre využitie a komparáciu boli vybrané sprístupnené údaje porovnané s národnými údajmi za účelom zhodnotenia vzorkovacej schémy a miery využitia údajov pre Slovensko na národnej/regiónálnej úrovni.

**Kľúčové slová:** prieskum LUCAS, krajinná pokrývka, využitie krajiny, pôdny komponent

### **Abstract**

The soil component of the Land cover and land use (LUCAS) survey in the years 2009 and 2015 have represented an integral part of the data collection in paneuropean context. Soil data sampling represented 10% (approximately 20 000 samples/2009, 27 000 samples/2015) of all surveyed points and included collection of topsoil horizon sampling. Basic physical, chemical and spectral analysis (survey 2009) have been subsequently made available together with number results of spatial variability of basic and derived soil properties in European scale. In the territory of Slovakia were soil component in the year 2009–268 and in the year 2015–230 soil sampling. Selected available data were compared with national reference data for assessment and evaluation of sampling data schema and potential usage for national/regional exploitation.

**Keywords:** LUCAS survey, Land cover and Land use, soil component

## ÚVOD

Cieľom projektu LUCAS je zber údajov o krajinnej pokrývke/využívaní krajiny, agro-environmentálnych a pôdných údajov terénnym prieskumom, pomocou geograficky referencovaných bodov. Pozorovania sa dokumentujú vyplnením terénneho zápisníka a fotografovaním, pričom sú následne ukladané v centrálnom úložisku údajov v digitálnej forme. LUCAS je koordinovaný Štatistickým úradom Európskej komisie (EUROSTAT), pričom na jeho financovaní sa podieľa viacero generálnych riaditeľstiev (GR), ako napríklad GR pre poľnohospodárstvo a rozvoj vidieka, GR pre životné prostredie, GR pre boj proti zmene klímy, prípadne ostatné.

Európska komisia využíva mikroúdaje zozbierané v prieskume LUCAS, aby vytvorila súhrnné štatistické tabuľky krajinnej pokrývky a využitia krajiny a vypočítala indikátory udržateľného rozvoja a záberov pôdy (tieto indikátory sa používajú pri monitorovaní implementácie Stratégie Európa 2020). Indikátory krajiny sú odvodené aj z údajov získaných v prieskume. Mikroúdaje LUCAS sú tiež využívané pre Agroenvironmentálne indikátory (AEI), indikátory LULUCF (využívanie krajiny, zmeny vo využívaní pôdy a lesného hospodárstva) a indikátory pre Európske efektívne využívanie zdrojov. Okrem toho sa v rámci programu Copernicus CORINE Land Cover (CLC) a ďalších iniciatív celoeurópskeho mapovania krajinnej pokrývky, ako je napríklad Copernicus HRL (projekt snímkovania pomocou senzorov s vysokým rozlíšením) využívajú LUCAS mikroúdaje (a fotografie) na vytvorenie, overovanie a validáciu procesov. Komponent pôda bol začlenený do prieskumu LUCAS s cieľom zlepšiť kvalitu modelovania a monitorovania pôdy v Európe. Výsledok zložky pôdy LUCAS je využitý pre aktualizáciu Európskej pôdnej mapy a analýzu množstva organického uhlíka v pôde (EUROSTAT, 2015).

## MATERIÁL A METÓDY

Rôznorodosť pôdných vlastností a variabilita týchto vlastností v priestore sú určujúce pre výber veľkosti a návrhu priestorovej schémy pôdných vzoriek. Optimalizácia počtu pozorovacích bodov a návrh správnej vzorkovacej schémy závisí predovšetkým od účelu mapovania (sledovanie jedného parametra alebo komplexných prejavov, akými sú úrodnosť pôdy, kontaminácia, systematická klasifikácia, atď.), od mierky mapovania (veľkosti mapovaného územia), zložitosti pôdných pomerov a časovo-finančnej náročnosti projektu. Správny výber veľkosti vzorky a vzorkovacej schémy zabezpečuje vzorkovanie, ktoré je pre dané územie reprezentatívne (vypočítaný priemer vzoriek predstavuje veľmi dobrý odhad strednej hodnoty pre danú vlastnosť) (SOBOCKÁ, HUTÁR, BALKOVIČ, 2013).

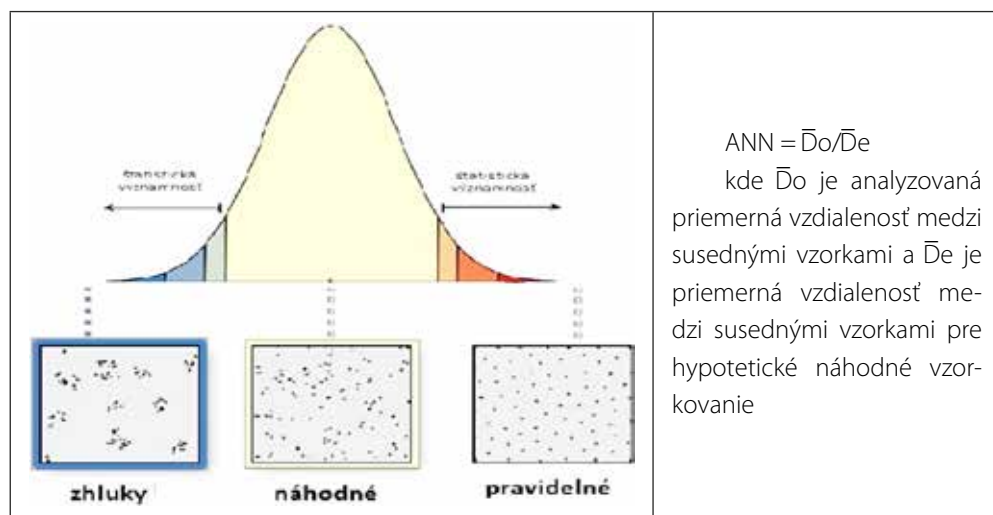
Pre analýzu vzorkovacej schémy odobraného povrchového pôdneho horizontu bol použitý výpočet indexu najbližšej susednej vzdialenosti, ktorý je založený na výpočte priemernej vzdialenosti každého prvku k jeho najbližšiemu susednému prvku. V prípade, že je priemerná

---



vzdialenosť (susediacich prvkov) analyzovanej schémy menšia ako priemerná vzdialenosť hypotetického náhodného vzorkovania, je schéma vzorkovania považovaná za klastrovanú (tvoriacu zhluky). Naopak, ak je priemerná vzdialenosť analyzovanej schémy väčšia ako priemerná vzdialenosť hypotetického náhodného vzorkovania, je schéma vzorkovania považovaná za pravidelnú (Obr. 1).

**Obrázok 1** Základné priestorové schémy pre klastrové, náhodné a pravidelné vzorkovanie.



Výsledkom analýzy topológie pre vzorkovaciu schému predstavujú parametre pozorovanej priemernej vzdialenosti (analyzovaná schéma), očakávanej priemernej vzdialenosti (hypotetická schéma), index najbližšej susednej vzdialenosti, z-skóre a p-hodnota. Z-skóre predstavuje smerodajnú odchýlku a p-hodnota predstavuje štatistickú pravdepodobnosť, pričom oba parametre slúžia na identifikáciu výsledkov testovania štatistických hypotéz (MITCHELL, 2005).

Databáza základných fyzikálno-chemických vlastností parametrov pôdy LUCAS 2009 zo Slovenska bola porovnávaná s údajmi Geochemického atlasu pre povrchový pôdny A horizont. Metodiku odberu pôdnych vzoriek projektu LUCAS určuje Technický referenčný dokument C1 Pokyny pre prieskumníkov (Eurostat 2015), metódy odberu pôdnych vzoriek Geochemického atlasu (GA) sú uvedené v publikácii (ČURLÍK, ŠEFCÍK, 1999). V prípade odberu pôdnych vzoriek povrchového A horizontu sú si obidva prístupy podobné, keďže v obidvoch prípadoch išlo o odber zmesných vzoriek, ktoré zabezpečovali reprezentatívnosť zodpovedajúcu humusovému A horizontu. Z hľadiska analytických rozborov, sa výber parametrov zamerl na pôdnu reakciu pH (H<sub>2</sub>O) (v prípade GA meranej potenciometricky v suspenziách, v prípade LUCAS podľa ISO 10390.1994) a percentuálne zastúpenie zrnitostných frakcií íl, prach, piesok (v prípade GA robené klasickou pipetovacou metódou, v prípade LUCAS podľa ISO 11277.1998). Na zabezpečenie štatistickej porovnateľnosti údajovej sady bol uskutočnený 5 % náhodný výber (reprezentujúci 258 vzoriek) z výslednej databázy Geochemického atlasu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Jedna z najdôležitejších úloh prípravy pôdneho komponentu LUCAS, predstavovala prípravu schémy vzorkovania pre odber povrchového pôdneho horizontu. Príprava schémy sledovala dva aspekty, a to odber vzoriek v sieti LUCAS na 10 % pozorovaných miest v geometricky rovnomernej distribúcii a budovanie stratifikovanej schémy, založenej na vybraných environmentálnych premenných. Tieto environmentálne premenné predstavovali údaje odvodené z digitálneho modelu terénu (nadmorská výška, sklon, expozícia a krivosť reliéfu) a vrstvy krajinej pokrývky (Corine Land Cover). Uvedená schéma tak napĺňa predpoklady tvorby viacvrstvého stratifikovaného náhodného vzorkovania (MCKENZIE *et al.*, 2008). Výsledkom takejto schémy je reprezentatívnosť výsledkov pre krajinnú pokrývku a topografiu každej krajiny v rôznych stupňoch v závislosti na heterogenite krajinného využitia a topografie krajiny (horný limit pre odber pôdnych vzoriek predstavuje nadmorská výška 1 000 m n. m.) (TOTH, JONES, MONTANA-RELLA, eds. 2013).

**Obrázok 2** Zobrazenie miesta odberu povrchového pôdneho horizontu v kampani LUCAS 2009 a LUCAS 2015 na Slovensku.

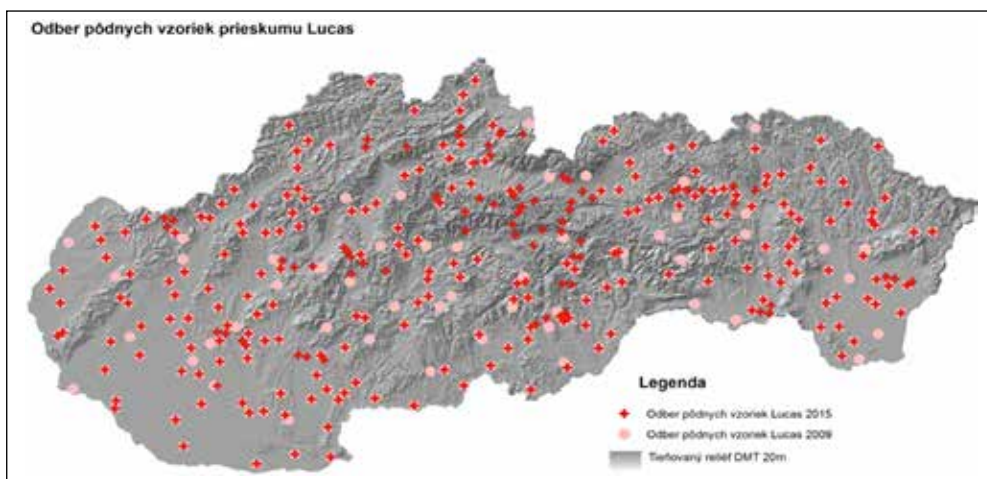


Schéma odberu pôdnych vzoriek LUCAS sleduje umiestnenie odberových miest s rovnomernou hustotou vo všetkých miestach EÚ, čo skôr spĺňa predpoklady vzorkovacích sietí pre monitorovanie. Využitie schémy pre pôdne mapovanie je problematickejšie, keďže v tomto prípade sa odberové miesta prispôbujú heterogenite pôdneho krytu, navyše v prípade prieskumu LUCAS sa odoberá iba vzorka z povrchového pôdneho horizontu. Vzhľadom na počet pozorovacích bodov na hektár (1 – 2/2 0000 ha) možno začleniť tento prieskum medzi schematické/generalizované mapovanie (ČURLÍK, ŠURINA, 1998) s cieľovou mierkou mapového diela 1: 1 000 000 a menej.

Na odstránenie týchto nedostatkov a zvýšenie presnosti informácií o pôdnom kryte boli použité metódy digitálneho pôdneho mapovania s využitím pomocných premenných (informácie o teréne, ako napr. sklon, svahovitosť, atď.) s väčšou rozlišovacou schopnosťou (BAL-

LABIO, PANAGOS, MONTANARELLA, 2016). Topológiou vzorkovania možno obidva prieskumy LUCAS 2009/2015 zaradiť medzi schémy s pravidelným vzorkovaním, kde priemerná vzdialenosť susedných vzoriek je 7–8 km:

**Tabuľka 1** Výsledky analýzy indexu najbližšej susednej vzdialenosti pre vybrané údajové sady

	Priemerná vzdialenosť v metroch (analytická/hypotetická)	Index najbližšej susednej vzdialenosti	z-skóre (smerodajná odchýlka)	p-hodnota (pravdepodobnosť)
<b>LUCAS 2009</b>	7791/6762	1,15	4,76	0,000002
<b>LUCAS 2015</b>	7071/6512	1,08	2,79	0,0052
<b>GA výber 5 %</b>	7491/6892	1,08	2,67	0,0075

Vzhľadom na stratifikáciu (príslušnosti ku krajinnému využitiu) vzorkovacej schémy je treba si uvedomiť, že pôdne odberové miesta v mierke Európy vykazujú vnútornú systematickú chybu voči triede krajinej pokrývky B00 (poľnohospodárska pôda - prevažne orná pôda), ďalej triede E00 (trvalé trávne porasty) a triede C00 (lesná pôda). V praxi to znamená, že výsledky založené výhradne iba na údajoch LUCAS môžu byť nadhodnotené v miestach s detailnejšou hustotou odberov a naopak, podhodnotené v miestach s nižšou hustotou odberov (TOTH, JONES, MONTANARELLA, eds. 2013). Z hľadiska reprezentatívnosti možno povedať, že výsledky pôdneho prieskumu LUCAS sú reprezentatívne od administratívneho členenia Európy (Nomenklatúra územných štatistických jednotiek, fr. NUTS) v regionálnej úrovni NUTS 2 (na Slovensku reprezentované na úrovni oblastí SK0x) až po národnú úroveň NUTS 1 (na Slovensku reprezentované územím celej krajiny SK0) v rámci celej Európskej únie. Uvedené priestorové údaje pre povrchový pôdny horizont nie sú reprezentatívne pre lokálne podmienky (z hľadiska administratívneho členenia kraje NUTS 3, okresy NUTS 4, obce NUTS 5) ani pre špecifické terénne podmienky.

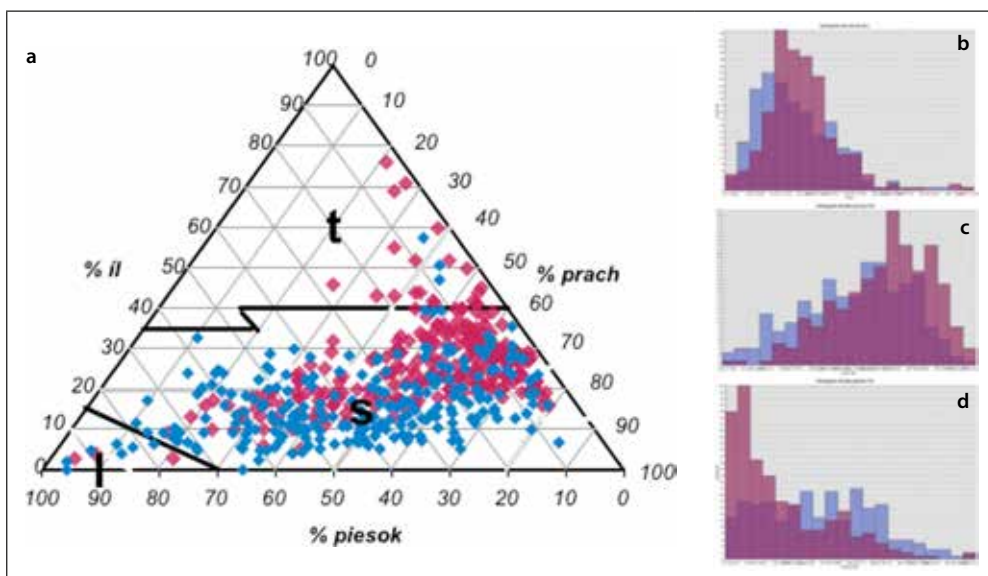
Na zabezpečenie jednotnosti výsledkov pôdnych analytických rozborov prieskumu LUCAS 2009 bolo poverené vykonaním rozborov jedno centrálne akreditované laboratórium (Szovati, 2011) s povinnosťou vykonávania opakovaných meraní referenčných materiálov, začlenené do medzinárodného výmenného analytického programu. Ako záväzné pracovné postupy boli zvolené ISO metódy analytického stanovovania pôdnych parametrov. V prípade analýz z databázy Geochemického atlasu boli základné pôdne analýzy takisto vykonávané centralizovane v jednom laboratóriu, pričom ako pracovné postupy boli využívané zaužívané pôdoznalecké metodiky (FIALA, 1999). Pre porovnanie výsledkov analytických rozborov pre sledované parametre boli hodnotené základné parametre charakterizujúce štatistický súbor (počet, minimálna a maximálna hodnota, aritmetický priemer, smerodajná odchýlka).

**Tabuľka 2** Základné štatistické charakteristiky (minimum, maximum, aritmetický priemer, smerodajná odchýlka) porovnaných údajových zdrojov (\* štatisticky významný rozdiel medzi porovnávanými hodnotami priemerných hodnôt, hladina významnosti 0.001)

LUCAS 09/výber GA	Počet	Min.	Max.	Arit. priem.	Sm. pdch.
pH (H <sub>2</sub> O)	268 / 258	3,2 / 3,2	8,1 / 8,3	6,3 / 6,0	1,1 / 1,4
íl (%)	266 / 243	3,0 / 0,1	76,0 / 57,4	25,7 / 16,4*	10,5 / 9,0
prach (%)	266 / 243	4,0 / 3,1	79,0 / 85,3	51,9 / 46,2*	14,0 / 17,4
piesok (%)	266 / 243	2,0 / 1,4	93,0 / 95,8	22,3 / 37,4*	18,1 / 21,1

Zo základných štatistických hodnôt vidieť, že pri fyzikálnych parametroch zrnitostných frakcií sú stredné hodnoty (aritmetické priemery) porovnaných súborov odlišné. Možno konštatovať, že existuje štatisticky významný rozdiel medzi porovnávanými hodnotami priemerného obsahu zrnitostných frakcií ílu, prachu a piesku (%) medzi sledovanými súbormi. Graficky je zrejmä aj odlišnosť porovnaných súborov na obrázku 3 b), c) a d), kde najmä v prípade charakteristiky percentuálneho zastúpenia frakcie piesku možno dokonca vidieť výrazný rozdiel v rozdelení početností (histogramov) porovnaných štatistických súborov.

**Obrázok 3** a) Percentuálne zastúpenie zrnitostných frakcií (LUCAS 09 červená, GA modrá) a ich vyjadrenie v textúrnom trojuholníku, porovnanie histogramov premennej b) íl, c) prach, d) piesok (%) pre údajovú sadu LUCAS 09 (červená) a 5% výber Geochemický atlas (modrá)

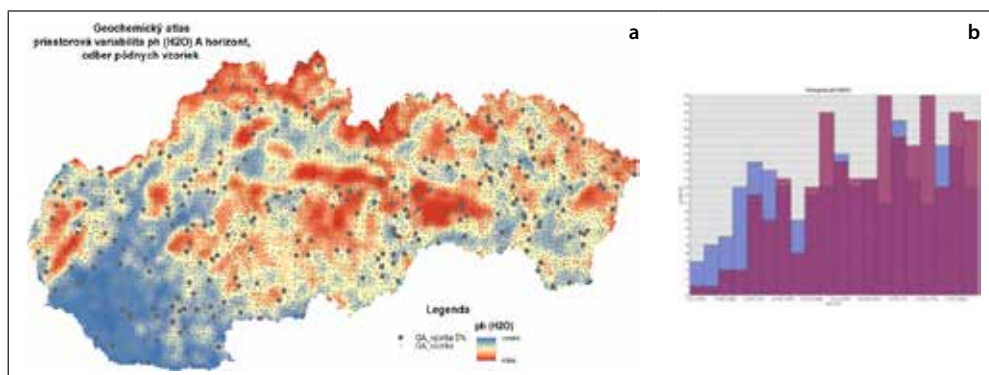


V prípade zobrazenia zrnitostných frakcií pomocou textúrneho trojuholníka možno sledovať približne porovnateľné rozloženie v jednotlivých triedach jemnozrnných pôd s ťažiskom v strednej skupine pôd (s) a parciálnym začlenením v ľahkej (l) a stredne ťažkej (s) skupine pôd.

Z hľadiska porovnávania chemického parametra pôdnej reakcie pH (H<sub>2</sub>O) možno konštatovať súlad v porovnaných hodnotách strednej hodnoty (aritmetický priemer) a variability

(smerodajná odchýlka). Grafické znázornenie porovnania štatistických súborov formou histogramov indikuje potrebu hlbšej analýzy pre súbor karbonátových a nekarbonátových pôd.

**Obrázok 4** a) Priestorová variabilita pH ( $H_2O$ ) v povrchovom A horizonte modelovaná z databázy Geochemického atlasu, b) porovnanie histogramov premennej pH ( $H_2O$ ) pre údajovú sadu LUCAS 09 (červená) a 5 % náhodný výber z Geochemického atlasu (modrá)



Údaje pôdneho komponentu v rámci celoeurópskeho prieskumu krajiny pokrývky a využitia krajiny predstavujú štatisticky reprezentatívne výsledky nevyhnutné pre budovanie novej stratégie o pôde, pričom ich najvýraznejšou prednosťou je homogénnosť štatistického súboru a vzájomná porovnateľnosť výsledkov v rámci jednotlivých krajín EÚ. Potreba komparácie údajov s národnými zdrojmi prináša hlbšie poznanie sledovania problematiky, pričom využitie potrebného štatistického nástroja umožňuje objektívne zhodnotenie súladu/nesúladu a prípadnej príčiny neporovnateľnosti zbieraných informácií.

## ZÁVER

Geopriestorové údaje krajiny pokrývky a využitia krajiny spolu s doplnkovými informáciami (pôdny komponent v roku 2009 a 2015, pripravovaný komponent mapovania trávnych porastov 2018) v harmonizovanej podobe, plnia pre Európsku úniu mimoriadnu úlohu pri hodnotení krajiny z hľadiska udržateľnosti, zabezpečení potravy a hodnotenia degradačných procesov v krajine. Príklady využitia vstupu takýchto harmonizovaných údajov predstavuje napr. verifikovanie vrstiev s vysokým rozlíšením v projekte Copernicus (Európsky systém pre monitorovanie Zeme s využitím satelitných systémov a in situ senzorov), pri tvorbe a validácii vrstvy Corine Land Cover (mapovanie stavu a zmeny krajiny pokrývky pomocou diaľkového prieskumu Zeme), definovaní a špecifikácii agroenvironmentálnych indikátorov v spoločnej poľnohospodárskej politike, vytváraní systému ekosystémových služieb a účtovníctva na európskej platforme.

Samostatnú kapitolu prieskumu tvorí modul pôdneho komponentu, kde sa údaje o pôdnom kryte podieľajú na budovaní novej stratégie o pôde. Na základe týchto výsledkov sa defi-

njuje spoločný prístup k ochrane pôdneho krytu so zameraním na ochranu pôdnych produkčných a mimoprodukčných funkcií, pričom sa aplikujú preventívne, identifikačné a funkčné opatrenia. Základné fyzikálno-chemické analýzy z pôdneho prieskumu umožňujú široký rozsah politických hodnotení v hlavných strategických bodoch, akými sú: zásoby a kvalita uhlíka, modelovanie pôdnej erózie a hodnotenie procesov acidifikácie a zasoľovania. Výsledky pôdneho prieskumu LUCAS tak môžu slúžiť ako východisko pri budovaní harmonizovaného monitoringu pôdnych parametrov v celom rozsahu pre štatistické, výskumné a politické ciele.

## LITERATÚRA

- BALLABIO, C. – PANAGOS, P. – MONTANARELLA, L. 2016. Mapping topsoil physical properties at European scale using the LUCAS database. *Geoderma* 261 (2016): 110 – 123
- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. 1999. *Geochemický atlas Slovenskej republiky, Pôdy*. MŽP SR, VÚPOP, Bratislava, 50s
- ČURLÍK, J. – ŠURINA, B. 1998. *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava, 134 s.
- EUROSTAT 2015. *Technický referenčný dokument C1 Pokyny pre prieskumníkov* (preklad NPPC-VUPOP BA, Technical reference document C1 Instructions for Surveyors) 139s.
- FIALA, K. a kol. 1999. *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda*. VÚPOP, 142 s
- ISO 10390.1994. *Soil Quality – Determination of pH*. International Organization for standardisation. Geneva, Switzerland. pp 5
- ISO 11277.1998. *Soil Quality – Determination of particle size distribution in mineral soil material – Method by sieving and sedimentation*. International Organization for standardisation. Geneva, Switzerland. pp 30
- McKENZIE, N.J. – WEBSTER, R. – RYAN, P.J. 2008. Sampling using statistical methods. In: McKenzie, N.J., Grundy, M.J., Webster, R. & Ringrose-Voase, A.J. 2008. *Guidelines for Surveying Soil and Land Resources*. Second Edition. CSIRO Publishing, Melbourne, Australia. pp 317 – 326
- MITCHELL, A. 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis*. Volume 2. ESRI Press.
- SOBOCKÁ, J. – HUTÁR, V. – BALKOVIČ, J. 2013. *Využitie pedometrických metód pri klasifikácii a mapovaní pôdy*. Metodická príručka. VUPOP Bratislava, 56 s.
- SZOVATI, I. – BODOR, M. – RAVAI, M. 2011. *Final technical report and executive summary of LUCAS topsoil laboratory analyses* (Service contract No 385355). SGS Hungary Ltd. Kecskemet Soil Laboratory, Kecskemet, Hungary.
- TOTH, G. – JONES, A. – MONTANARELLA, L. (eds.) 2013. *LUCAS Topsoil Survey. Methodology, data and results*. JRC Technical Reports. Luxembourg. Publications Office of the European Union, EUR 26102, Scientific and Technical Research series. ISSN 1831 – 9424 (online); ISBN 978-92-79-32542-7

# LEGISLATÍVNA OCHRANA POĽNOHOSPODÁRSKEJ PÔDY V SR

## LEGISLATIVE FRAMEWORK OF AGRICULTURAL LAND IN SR

**Blanka Ilavská**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy  
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: b.ilavska@vupop.sk*

### **Abstrakt**

Pôda predstavuje kľúčový prírodný zdroj a je ekonomickým aj sociálnym potenciálom každej krajiny. Starostlivosť o pôdu je prejavom vyspelosti štátu a kultúrnej úrovne jeho obyvateľstva. Koncepcia trvalej udržateľnosti pri využívaní a ochrane pôdy musí byť v súlade so záujmom o nekonfliktnú budúcnosť a s právom človeka na bezpečnú výživu a všetky ostatné prínosy z využívania pôdy. 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.

Ochrana pôdy ako zložky životného prostredia, si zasluhuje rovnocennú pozornosť a musí byť všeobecným občianskym záujmom, integrovanou súčasťou opatrení na ochranu životného prostredia a súčasne aj dlhodobých cieľov štátnej politiky.

Výmera pôdy na jedného obyvateľa sa jej zábermi alebo nárastom počtu obyvateľstva stále znižuje. Toto tempo nemožno naďalej pripustiť. Nielen kvôli potravinám, ale aj v záujme svojho životného priestoru musí človek chrániť pôdu.

**Kľúčové slová:** degradácia pôdy, ochrana pôdy, legislatíva, ekonomické nástroje, environmentálne funkcie

### **Abstract**

Soil is a key natural resources and economic and social potential of each country. Caring for the soil is a manifestation of the state of maturity and cultural level of its population. The concept of sustainability in the use and protection of land must comply with an interest in the future not in conflict with the human right to safe food and all the other benefits of using the land. 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.

Land area per capita is its scope and population growth still shrinking. This growth can not continue to be acceptable. Not only because of the food but also in the interest of their living space, one must protect the soil.

**Keywords:** Soil degradation, soil protection, legislation, economic tools, environmental function,

## ÚVOD

Ochrana pôdy, ako zložky životného prostredia, si zasluhuje rovnocennú pozornosť a musí byť všeobecným občianskym záujmom, integrovanou súčasťou opatrení na ochranu životného prostredia a súčasne aj dlhodobých cieľov štátnej politiky. Koncepcia trvalej udržateľnosti pri využívaní a ochrane pôdy musí byť v súlade so záujmom o nekonfliktnú budúcnosť a s právom človeka na bezpečnú výživu a všetky ostatné prínosy z využívania pôdy.

Človek sa začal systematicky zaoberať chránením pôdy až potom, keď pôsobením erózie, či iných degradačných vplyvov došlo k prvým veľkým katastrofám. Často bola ochrana pôdy východiskom z existenčných problémov ľudstva. Aj existujúce štatistiky potvrdzujú, že vyspelosť alebo zaostalosť štátu často závisí od kvality pôdy. Štáty s kvalitnejšou pôdou sa obyčajne majú lepšie. Najmä ak porovnáme pôdy chudobnej Afriky s bohatšou Európou. Ochrana pôdy sa stáva ekonomickým a ekologickým faktorom rozvoja štátov. Paradoxne však sú to práve vyspelé štáty s dobrou pôdou, ktoré trpia degradáciou a úbytkom pôdy viac. V Európskej únii sa denne zaberie asi tisíc hektárov pôdy. V Nemecku je to asi 120 hektárov, v Rakúsku 40, u nás 7–8 hektárov. Tieto zábery sú obrovské a obyčajne znamenajú definitívne zničenie pôdy, navyše, do poľnohospodárstva a iných foriem využívania pôdy vstúpili nové, často externé technológie, ktoré nepriniesli vždy pozitívne vplyvy na pôdu. Preto je nanajvýš potrebné pôdu chrániť a začať s ozdravovaním už znehodnotených pôd. Dôležitou súčasťou ochrany pôdy je aj zvyšovanie povedomia ľudí o význame pôdy a jej ochrany.

V súčasnosti z celkovej výmery Slovenska 4 903 491 ha predstavuje poľnohospodársky pôdy fond 2 397 041 ha a orná pôda 1 412 228 ha (Zdroj: Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR k 1. 1. 2015), čo predstavuje v porovnaní s rokom 2013 (k 1. 1. 2014) pri poľnohospodárskej pôde zníženie výmery o 4 652 ha a pri ornej pôde zníženie o 901 ha. (Tab. 1). Znižovanie výmer poľnohospodárskej pôdy sa deje každoročne, pričom denné straty sa pohybujú stále okolo 12 ha. V súčasnej dobe v SR pripadá na 1 obyvateľa 0,4421 ha poľnohospodárskej pôdy, ale ornej len 0,2605 ha,

**Tabuľka 1** Zmeny úhrnných hodnôt pôdneho fondu v roku 2014 (v hektároch)

Rok	Poľnohospodárska pôda (ha)	Orná pôda (ha)	Lesné pozemky
k 1. 1. 2014	2 401 693	1 413 129	2 015 368
k 1. 1. 2015	2 397 041	1 412 228	2 017 105
Rozdiel	4 652	901	+ 1 737



**Tabuľka 2** Vývoj podielu výmery poľnohospodárskej a ornej pôdy (v hektároch) v Slovenskej republike na 1 obyvateľa v rokoch 2010–2014

Rok	Výmera (ha) na 1 obyvateľa	
	Poľnohospodárska pôda	Orná pôda
2010	0,4442	0,2606
2011	0,4426	0,2599
2012	0,4447	0,2613
2013	0,4434	0,2609
2014	0,4421	0,2605

(Zdroj: Štatistická ročenka o pôdnom fonde v SR k 1. 1. 2015)

Dôsledné uvedenie si významu pôdy musí byť primárnou súčasťou individuálneho a spoločenského vedomia v našej spoločnosti a všetkých tých, ktorí nesú zodpovednosť za ochranu a správne využívanie pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

Z pohľadu vlastníctva pozemkov a úžitku z pôdy, na Slovensku dlho absentoval zákon o ochrane pôdy. Rozsiahla investičná činnosť po roku 1945 spôsobila značné zníženie výmery poľnohospodárskej, ale hlavne ornej pôdy pričom v päťdesiatych rokoch minulého storočia neexistovala legislatíva na ochranu poľnohospodárskej pôdy. V rámci Československa túto ochranu čiastočne ustanovili zákony o ochrane poľnohospodárskeho pôdneho fondu č. 48/1959 Zb. a 53/1966 Zb., ktoré chránili hlavne výmeru ornej pôdy. Predmetné zákony stanovili opatrenia hlavne na ochranu výmery ornej pôdy s hlavným cieľom získať čo najväčšie plochy ornej pôdy.

Zákon č. 48/1959 bol jedným z prvých zákonov na ochranu poľnohospodárskeho pôdneho fondu v Európe. Týmto zákonom bol prvýkrát definovaný poľnohospodársky pôdny fond (PPF), bola zavedená povinnosť vedenia registra PPF v obci a pre nepoľnohospodárske účely boli povolené len pôdy menej kvalitné. V roku 1966 vstúpil do platnosti zákon č. 53/1966, ktorým bol zriadený štátny fond na zúrodnenie pôd a boli zavedené odvody za trvalé resp. dočasné zábery pôd.

Právne predpisy týchto zákonov na zmiernenie spôsobených škôd na poľnohospodárskej pôde a poľnohospodárskej výrobe sa v praxi neuplatnili. Nedostatočný ekonomický stimul mal za následok stály úbytok najmä ornej pôdy a celkovú devastáciu poľnohospodárskej pôdy.

Vzhľadom na pretrvávajúce problémy súvisiace s ochranou poľnohospodárskej pôdy bol v roku 1976 prijatý nový zákon č. 75/1976 Zb., ktorý zakazuje odnímať poľnohospodárskej výrobe ornú pôdu vedenú v 1 a 2. bonitnej triede, ornú pôdu, na ktorej boli investičné opatrenia na zvýšenie poľnohospodárskej výroby a zaberat' pre nepoľnohospodárske účely - chmelnice, vinice, intenzívne obhospodarované sady a zeleninárske plochy. Pre účely zalesnenia mohli byť využité iba pôdy na extrémnych svahoch, kamenité, trvalo zamokrené bez možnosti odvodnenia, s nepatrnou hrúbkou ornice, neprístupné mechanizácii alebo nevhodné pre rekultiváciu.

Aj keď táto právna norma sprísnila podmienky na ochranu pôdy, umožňovala na druhej strane aj výnimky, čo v bežnej praxi spôsobovalo orgánom ochrany pôdy značné problémy, nakoľko investori považovali zo svojho pohľadu v podstate každú akciu za mimoriadne dôležitú.

Dôvodom pre vznik nového zákona na ochranu poľnohospodárskeho pôdneho fondu č. 307/1992 Zb. nové právne prostredie v SR po roku 1990, ktorou bola obnova vlastníckych vzťahov k pôde, vznik trhových vzťahov v poľnohospodárstve a opatrenia v záujme obnovenia alebo zlepšenia funkcií ekologickej stability v poľnohospodárskej krajine. Tento zákon upúšťa od princípov rozširovania výmery poľnohospodárskej pôdy, sprísňuje režim odnímania najkvalitnejších a najúrodnejších poľnohospodárskych pôd a rešpektuje a uplatňuje vlastnícke aj užívateľské práva a povinnosti. Pre potreby ochrany poľnohospodárskej pôdy z dôvodu jej ohrozenia ustanovuje „Osobitnú sústavu obhospodarovania (OSO) PPF“ a úhradu vzniknutej majetkovej ujmy.

Podľa tohto zákona spôsob jeho využívania musí byť primeraný prírodným podmienkam v danom území a pri bežnom hospodárení na poľnohospodárskej pôde musí zaručovať zachovanie alebo obnovu prirodzených vlastností poľnohospodárskej pôdy a funkčnú spätosť prírodných procesov v určitom krajinnom priestore a nesmie ohrozovať ekologickú stabilitu územia. Aj napriek tomu, že tento zákon bol po odbornej stránke na dobrej úrovni, ochrana poľnohospodárskej pôdy nebola dostatočne akceptovaná.

Pretrvávajúca neúcta k pôde a jej ochrane bola dôvodom k tomu, že Národná rada SR v roku 2004 prijala nový zákon na ochranu a využívanie poľnohospodárskej pôdy č. 220/2004 Z.z. Tento zákon ustanovuje ochranu vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy a zabezpečovania jej trvalo udržateľného obhospodarovania a poľnohospodárskeho využívania, ochranu environmentálnych funkcií poľnohospodárskej pôdy, ochranu výmery poľnohospodárskej pôdy pred neoprávnenými zábermi na nepoľnohospodárske použitie, postup pri zmene druhu pozemku ako aj sankcie za porušenie povinností ustanovených zákonom. Zákon č. 220/2004 Z.z. v zmysle jeho neskorších novelizácií a dodatkov platí dodnes .

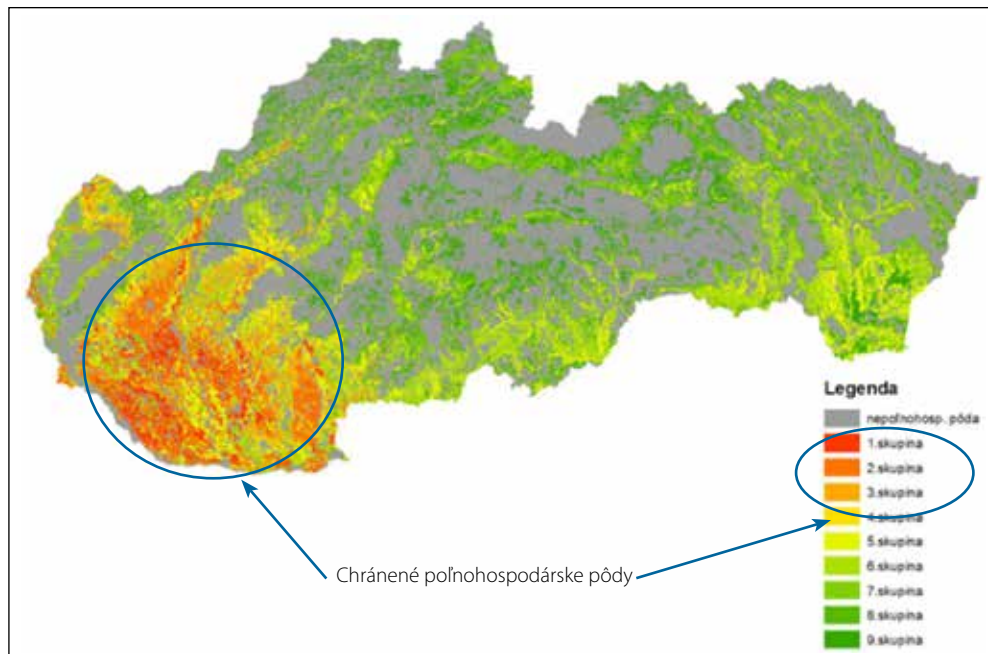
## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V čase veľkého príchodu nadnárodných investorov v minulých dvoch desaťročiach sa štát snažil vytvoriť im čo najvýhodnejšie podmienky, čo malo zvýšiť rozvoj regiónov a zamestnanosť. Aj preto bola zákonom č. 220/2004 Z.z., zrušená povinnosť platiť odvody za odňatie poľnohospodárskej pôdy na stavebné a iné účely. Ochrana poľnohospodárskej pôdy vychádzala zo zaradenia bonitovaných pôdnoekologických jednotiek (BPEJ) do 9 skupín kvality. Prvé štyri skupiny kvality zahŕňajú najkvalitnejšie pôdy a sú zaradené medzi chránené. Tieto pôdy sú však sústredené hlavne na juh západného Slovenska. Vo väčšine katastrálnych území (KÚ) Slovenska nie je chránená žiadna poľnohospodárska pôda. (Obr. 1)

Podľa zákona 220/2004 Z.z. bolo chránených pred zábermi 21,1 % plochy z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy SR, čo predstavuje 535 577 ha. Chránené poľnohospodárske

pôdy s výmerou nad 1% z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd sa nachádzajú v 1 319 KU z celkového počtu 3 566 KU.

**Obrázok 1** Zaradenie poľnohospodárskej pôdy SR do skupín kvality – podľa zákona č. 220/2004 Z.z.



Aj v tomto zákone boli však ustanovené výnimky, ktoré spôsobili, že v rokoch 2004 – 2008 vzrástli zábery a to aj pôd kvalitnejších v bratislavskom, trnavskom a nitrianskom kraji.

Táto situácia sa zmenila v roku 2008 zákonom č. 219/2008 Z.z., ktorým boli navrátené odvody za trvalé a dočasné odňatie poľnohospodárskej pôdy pre prvé 4 skupiny kvality pôdy zaradenej podľa kódu BPEJ. Sadzby za trvalé odňatie poľnohospodárskej pôdy boli stanovené od 6 €/m<sup>2</sup> 4. skupinu kvality až po 15 €/m<sup>2</sup> za 1. skupinu kvality pôd. Týmto postupom sa znižovali postupne trvalé zábery poľnohospodárskych pôd a samozrejme aj tých chránených.

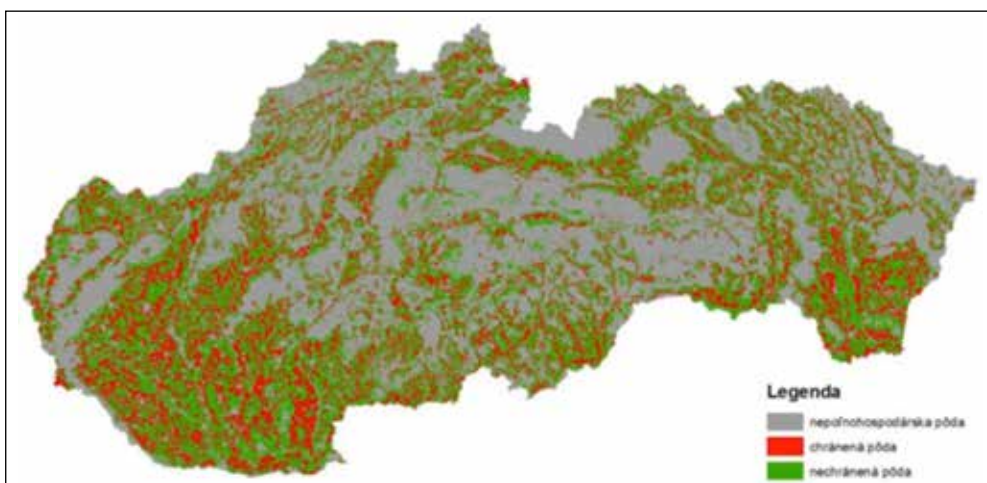
V roku 2013 vstúpil do platnosti zákon č. 57/2013 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, ktorý ustanovuje ochranu najlepších poľnohospodárskych pôd proporcionálne na celom území Slovenskej republiky. Takýto stav je dosiahnutý individuálnou ochranou najkvalitnejších pôd v jednotlivých katastrálnych územiach (KÚ). BPEJ sú zatriedené na základe pôvodných skupín kvality od prvej po deviatu a v rámci každej skupiny kvality podľa hrubého ročného rentového efektu (HRRE) a bodovej hodnoty produkčného potenciálu. V každom KÚ je vždy chránená pôda s prvou najlepšou bonitou. Následne, pokiaľ výmera takto chránenej pôdy tvorí menej ako 30 % výmery poľnohospodárskej pôdy v danom KÚ, pripočítava sa výmera pôdy s ďalšou najlepšou bonitou. Týmto spôsobom sa vytvoril pre každé KÚ zoznam BPEJ, ktoré sú chránené a v zmysle uvedených pravidiel tvoria minimálne 30 % výmery poľ-

nohospodárskej pôdy v danom KÚ. Vo väčšine katastrálnych území (3189) sa chráni 25 – 50 % poľnohospodárskych pôd, v extrémnych prípadoch sa chráni < 25 % výmery poľnohospodárskych pôd v 66 katastrálnych územiach a > 75 % výmery poľnohospodárskych pôd v 12 katastrálnych územiach. V 286 katastrálnych územiach sa chráni 50 – 75 % výmery poľnohospodárskych pôd.

Novým prístupom k ochrane poľnohospodárskej pôdy pred zábermi sa rozšírila ochrana poľnohospodárskej pôdy aj na katastrálne územia v rámci celej SR. Týmto prístupom stúpla výmera chránených poľnohospodárskych pôd na 37 % plochy z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd SR, čo predstavuje 937 222 ha. Chránené poľnohospodárske pôdy sú rovnomerne zastúpené na celom území SR a ochrana sa vzťahuje na každé KÚ, okrem výnimiek, kde sa v KÚ eviduje minimum alebo žiadna poľnohospodárska pôda. Celkovo sa ochrana poľnohospodárskej pôdy týka 3553 KÚ z celkového počtu 3566 KÚ.

Štatistické vyhodnotenie chránených pôd a ich grafické zobrazenie vychádza z informačného systému o BPEJ aktualizovaného k roku 2009. Tento systém je dynamický a údaje sa môžu na základe ďalších aktualizácií meniť. Rozloženie chránených pôd podľa platnej legislatívy zobrazuje obrázok 2.

**Obrázok 2** Chránené poľnohospodárske pôdy podľa zákona č. 57/2013 Z.z.



Odvod za záber poľnohospodárskej pôdy podľa zákona 27/2013 Z.z. vychádza zo sadzby 20 € za meter štvorcový za najkvalitnejšiu pôdu v prvej kategórii. Postupným znižovaním kvality pôdy sa znižuje aj sadzba až na 50 centov za meter štvorcový za najmenej kvalitnú pôdu v 9. skupine.

## ZÁVER

Pri výstavbe veľkých priemyselných parkov a firiem „na zelenej lúke“ prichádza mnohokrát k záberom aj veľmi kvalitnej chránenej pôdy. Od roku 2013 platí legislatívna úprava, ktorá by

mala regulovať nadmernú výstavbu na pôde vysokej bonity a mala by veľkých investorov motivovať, aby využívali jestvujúce „hnedé“ zóny, prípadne sa obzreli za menej kvalitnými pôdami, ktoré sú v menej rozvinutých regiónoch.

Súčasná prax ukazuje, že je dostatok kapacít v jestvujúcich priemyselných parkoch. Ak by aj mal investor záujem v týchto oblastiach výraznejšie zaberáť poľnohospodársku pôdu, ideálne by bolo, ak by zameranie súviselo so spracovaním poľnohospodárskych produktov, či potravinárskou produkciou z prvovýroby. Od odvodov za záber poľnohospodárskej pôdy sú oslobodení investori, ktorí chcú zaberáť pôdu na prelukách v zastavanom území do 500 m<sup>2</sup> prípadne v lokalitách, ktoré nadväzujú na zastavané územie.

Nastavenie správnej politiky ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi je veľmi komplikované a je potrebné venovať tejto činnosti dostatočne veľký priestor. Do budúcnosti bude potrebné vypracovať systém, ktorý by riešil aj mimoprodukčné parametre pôdy, ktoré sa odstupom času stávajú čoraz viac cenené.

Súčasný platný zákon rieši ochranu pred zábermi poľnohospodárskej pôdy v rámci celej republiky odvodmi, chráni najkvalitnejšie pôdy v každom katastrálnom území. Podľa kvality pôdy sa určuje odvod štátu. Zákon nezakazuje záber poľnohospodárskej pôdy, len obmedzuje situovanie stavieb výberom lokalít pre stavby. V minulosti sa totiž stávalo, že politici na regionálnej i štátnej úrovni, v mene rozvoja regiónov a zamestnanosti, dávali pri výstavbe veľkých priemyselných areálov k dispozícii územia s pôdou vysokej bonity.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. SK-SRB-2013-0052 a Ministerstva školstva SR.

## LITERATÚRA

- BEZÁK, P. – SKAL SKÝ, R. – SZALLAYOVÁ, R. 2002. Alternatívne riešenia ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi vo väzbe na legislatívu. Bratislava. *Vedecké práce 34*. VÚPOP. 12 str. ISBN 978-80-89128-98-3
- BUDAY Š. 2002. *Oceňovanie poľnohospodárskych pozemkov*. Bratislava: VÚEPP 2002. 11 s. ISBN 80-8892-38-9
- DŽATKO M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pod a podno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2002. 11 s. ISBN 80-85361-94-9
- DŽATKO M. – SOBOCKÁ J. a iní 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek. Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pod Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 28 s. ISBN 978-80-89128-55-6
- VILČEK J. – BUJNOVSKÝ R. 2008. *Produkčno-ekonomické aspekty udržateľného využívania poľnohospodárskych pod Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2008. 5 s. ISBN 978-80-89128-42-6
- 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
- Zákon 2019/2008 Z.z. 2013. 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 neskorších predpisov a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Zákon 57/2013 Z.z. 2013. 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 neskorších predpisov a o zmene a doplnení niektorých zákonov*

---

# INOVÁCIA SÚSTAVY PÔDNOEKOLOGICKÝCH JEDNOTIEK BONITAČNÉHO INFORMAČNÉHO SYSTÉMU

## UPGRADING THE SYSTEM OF ECOLOGICAL SOIL UNITS OF VALUATED INFORMING SYSTEM

**Blanka Ilavská, Pavol Bezák**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy  
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: p.bezak@vupop.sk*

### Abstrakt

Pre účely praktického uplatnenia poznatkov o produkčnom potenciáli, mimoprodukčných funkciách pôdy a celkovej kvalite pôdy je východiskovým podkladom informačný bonitačný informačný systém o pôde vyjadrený 7-miestnym kódom. Inovácia sústavy pôdnoekologických jednotiek je potrebná vzhľadom k tomu, že nebola aktualizovaná takmer 20 rokov čo znamená, že výpovedná hodnota bonitovanej pôdnoekologickej jednotky môže v určitom zmysle klesať a nemusí zodpovedať novším klasifikáciám pôd. Význam bonitačného informačného systému je zjavný hlavne z jeho priameho naviazania na súčasnú legislatívu v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy a pozemkových úprav a taktiež nepriamo na údaje o LFA, nitrátovej direktívy a pod.

**Kľúčové slová:** Inovácia pôdnoekologických jednotiek, bonitačný informačný systém pôd, ochrana pôdy, degradácia pôdy, antropizácia pôdy

### Abstract

For purposes of practical application of knowledge about the production potential, non-production functions of the soil and the overall quality of the soil is the base case bonitation land information system, expressed 7-digit code. Upgrading the system of ecological soil units is necessary due to the fact that has not been updated for almost 20 years which means that the information value of valuated soil ecological units can in a certain sense to decline and may not correspond to newer classification of soils. The importance of information system on land is obvious mainly from its direct connection to the current legislation on the protection of farmland and countryside, as well as indirect links to information about the LFA, the Nitrates Directive etc.

**Keywords:** Update soil ecological units system, information system of soil, soil protection, soil degradation, anthropization

---

## ÚVOD

Nový rozmer vnímania hospodárskeho a eko-sociálneho potenciálu pôdy v medzinárodnom priestore a predovšetkým v EÚ si vyžadujú inovované prístupy a netradičné prezentácie potenciálu a funkcií pôdneho krytu s rozšírenými možnosťami ich uplatnenia a celkových prínosov pre spoločnosť. Pôda ako jeden zo základných celosvetových prírodných zdrojov, je životne dôležitá nielen pre prítomnosť, ale i pre budúcnosť ľudstva. S rozvojom poznania sa pôda prestala považovať len za výrobný prostriedok pre zabezpečenie výživy obyvateľstva. Je naším bohatstvom, významným prírodným zdrojom a rozhodujúcim komponentom prírodného prostredia s nenahraditeľným významom pri udržovaní najdôležitejších funkcií prírody a životného prostredia človeka.

Vývoj pôdy predstavuje dlhodobý proces, ktorý je nepretržitý a preto je pôda variabilný a heterogénny útvar. Samotné pôdotvorné procesy prebiehajú zväčša pomaly a teda väčšina pôdneho fondu zo strednodobého až dlhodobého hľadiska je stabilná. V období 50. až 80. rokov 20. storočia došlo na našom území k rozsiahlej kolektivizácii poľnohospodárstva, ktoré vyústilo k veľkoplošnému hospodáreniu, pričom boli likvidované maloplošné prvky ekologickej a účelovej zelene, mokradí a pod. Tieto zmeny výrazne prispeli k degradácii poľnohospodárskej pôdy a krajiny. Človek teda svojimi aktivitami výrazne zasiahol a naďalej zasahuje do tohto vývoja a často krát urýchľuje pôdotvorné procesy (erózia, odvodňovanie a pod.) alebo úplne mení pôvodné usporiadanie prirodzeného pôdneho profilu (rekultivácie, rigolovanie, terasovanie a pod.). Aktivity človeka meniace pôdy majú tak pozitívny efekt (meliorácie, rekultivácie), ako aj negatívny efekt (degradácie) alebo vytvára nové pôdne typy technosoly. Aby ďalej nedochádzalo k degradácii poľnohospodárskej pôdy, je nutné vyžívať všetky dostupné prostriedky k jej udržaniu v čo najlepšej kvalite a výmere.

Jedným z najdôležitejších nástrojov je bonitačný informačný systém (BIS). Údaje z tohto systému tvoria základ pre systém ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi, ktorý je integrovaný do legislatívy prostredníctvom 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.

Poznatky o vlastnostiach, funkciách a potenciáloch pôd sú a aj v budúcnosti budú východiskovým podkladom pre nadväznú systémové riešenia závažných otázok využívania a ochrany pôdy a krajiny. Postupný vývoj priorit „bonitácie pôd“ pre účely oceňovania k novým požiadavkám, a to hodnotiť aj vzťahy medzi vlastnosťami, potenciálmi a funkciami pôd podnietil aj požiadavku spresňovania „bonitácie pôd“.

Primárnym impulzom pre inováciu sústavy pôdnoekologických jednotiek je zvyšujúci záujem o nové metodické postupy účelovej interpretácie výsledkov hodnotenia pôd aj pre následné modelovanie sústav využívania zdrojov pôdy a krajiny v rámci projektov rozvoja regionálnych a územných celkov. Ďalším významným podnetom pre inováciu sústavy pôdnoekologických jednotiek je požiadavka preveriť počet a správnosť kódov PEJ a snaha o rešpektovanie nového Morfogenetického klasifikačného systému pôd Slovenska (Bazálna referenčná taxonómia) z roku 2014.



Aktualizácia BIS na úrovni klasifikačného systému PEJ je potrebná vzhľadom k tomu, že v Slovenskej republike nebolo toto dielo aktualizované takmer 20 rokov čo znamená, že výpočtová hodnota BPEJ môže v určitom zmysle klesať a nezodpovedá novším klasifikáciám pôd.

### **Prehľad o súčasnom stave riešenej problematiky**

Komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd (KPP) uskutočnený v šesťdesiatych rokoch naviazala „bonitácia“, uskutočnená v sedemdesiatych rokoch, ktorá bola použitá v roku 1984 k spracovaniu kategorizácie poľnohospodárskych subjektov do 42 produkčných skupín podnikov (PSP) a koncom 80. rokov do produkčne ekonomických skupín (PES), ktoré boli využívané v dotačnej politike. Na základe PES sa vymeriavala daň do roku 1992. Od roku 1993 bola daň z pozemkov určovaná na základe úradnej ceny pôdy podľa jej BPEJ.

Súčasný spôsob hodnotenia poľnohospodárskych pôd v SR založený na BPEJ predstavuje v rámci svetového merítka unikátny systém, ktorý bol a je priebežne aktualizovaný (v rámci rebonitácií pôd a nového čiastkového mapovania). Východiskovým podkladom pre bonitáciu pôd sa stal Komplexný pôdoznalecký prieskum poľnohospodárskych pôd (KPP), ktorý sa vykonával v období rokov 1960 – 1970. Od roku 1973 sa na podkladoch KPP, ako logické vyústenie tohto prieskumu, začalo mapovanie pôdnoekologických jednotiek (PEJ) a výskum produkčno-nákladových parametrov pôd na celom území Slovenska. Bonitácia poľnohospodárskych pôd používa klasifikačný systém BPEJ, ktoré sú predmetom hodnotenia pôd. Vymedzenie BPEJ na základe jednotného klasifikačného systému bonitácie má celoštátny charakter, BPEJ s ich agro-ekologickou a ekonomickou charakteristikou predstavuje základný legislatívny nástroj pre podporu rozhodovania v oblasti využívania a ochrany pôdy.

Koncepcia bonitácie je založená na charakteristike každej parcely parametrami pôdno-ekologických vlastností, ktoré sú vyjadrené bonitovanými pôdnoekologickými jednotkami (BPEJ). Bonitačný informačný systém poľnohospodárskych pôd, vzhľadom k jeho mnohostrannému využitiu v decíznej sfére, je významnou súčasťou riešenia ekonomických problémov pôdohospodárstva a problémov životného prostredia, ktoré sú spojené s rozvojom trvalo udržateľného pôdohospodárstva. Problematika bonitácie (hodnotenie a oceňovanie poľnohospodárskych pôd, stanovenie úradnej ceny pôdy, určenie odvodu za odňatie poľnohospodárskej pôdy, ochrana poľnohospodárskej pôdy) je významnou a dôležitou pre jej celoštátne pokrytie a jej mnohostranné využitie. Základnou podmienkou použiteľnosti bonitácie je udržanie odborných údajov a charakteristík v rámci BPEJ v aktuálnom stave. Význam BIS je zjavný hlavne z jeho priameho naviazania na súčasnú legislatívu v oblasti ochrany poľnohospodárskej pôdy a pozemkových úprav a taktiež nepriamej väzby na údaje o LFA, nitrátovej direktíve a pod.

V minulosti prebehla aktualizácia a detailizácia BIS v troch etapách, keď v rámci aktualizácie v rokoch 1991 – 1993 došlo k najvýznamnejším zmenám. Bol zavedený do bonitácie nový 7-miestny kód BPEJ a číselník PEJ bol rozšírený na konečný počet 100 kódov. V súčasnosti prebieha aktualizácia BPEJ, najmä v prípade pozemkových úprav prípadne individuálnych pedologických prieskumov. Táto aktualizácia však neprebieha systematicky a hlavne nerieši nedostatky samotného systému „bonitácie“, respektíve nedostatky na úrovni jej jednotlivých atribútov.

Dostupnosť množstva údajov pre počítačové spracovanie, výkon a možnosti dnešného prístrojového vybavenia umožňujú posunúť systém aktualizácie BIS na technologicky vyššiu úroveň a zároveň upraviť a zosúladiť údaje, ktoré poskytuje bonitačný informačný systém s údajmi iných krajín EU.

## MATERIÁL A METÓDY

Prvá sústava pôdnoekologických jednotiek (PEJ) bola vypracovaná v podobe úplného zoznamu týchto jednotiek zoradených podľa vzostupného poradia ich číselného kódu. Sústava PEJ má dve taxonomické úrovne. Hlavná pôdno-klimatická jednotka (HPJ), je to hlavná pôdna jednotka vyskytujúca sa v určitom klimatickom regióne. HPJ predstavuje účelové zoskupenie ekologicky a produkčne veľmi podobných genetických pôdnych subtypov na špecifických skupinách pôdotvorných substrátov, ktoré sú definované aj podľa pôdnych druhov, kategórií hĺbky pôdy a sklonu svahov. Druhou taxonomickou úrovňou sústavy PEJ je bonitovaná pôdno-ekologická jednotka (BPEJ). BPEJ sú pôdne a ekologicky relatívne najhomogénnejšie jednotky bonitačného informačného systému. V podstate predstavujú hlavné pôdno-klimatické jednotky, ktoré sú podrobnejšie rozdelené podľa kategórií ich sklonu svahov, expozície svahov k svetovým stranám, skeletovitosti, hĺbky pôdy a zrnitosti povrchového horizontu. V prvej sústave bolo približne 850 BPEJ (DŽATKO, LINKES, 1977), ktoré boli vyjadrené v podobe 5-miestneho číselného kódu, kde prvé tri čísla predstavovali hlavnú pôdno klimatickú jednotku, (kombinácie svahovitosti, expozície, pôdotvorného substrátu a zrnitosti) boli vyjadrené v kóde poradia HPJ. Číselník hlavných pôdnych jednotiek obsahoval 89 HPJ. Sústava bola vytvorená ako uzavretá a nedovoľovala rozširovanie počtu jej jednotiek podľa rastúceho počtu kombinácií ich vlastností, ktorých potreba vznikala pri ich mapovaní a popise.

V priebehu rokov 1985 – 1993 narastali požiadavky na detailizáciu členenia pôdneho krytu, preto po ukončení bonitácie poľnohospodárskeho pôdneho fondu bolo vykonaných niekoľko aktualizácií. Najdôležitejšie z hľadiska skvalitnenia výpovednej hodnoty bol druhá a tretia aktualizácia BIS. Aktualizácia vykonaná v roku 1988 na pokyn MP SR zahrňovala vyčlenenie veľmi chladného klimatického regiónu, úpravu a zastúpenia silne skeletovitých pôd, ktorá vyplývala z rozdielov definície tejto kategórie v pôvodnom KPP a v mapovaní BPEJ, tak aby vyjadrovala skeletovitosť podľa metodík (DŽATKO a kol. 1973, 1976.). Ďalej v rámci tejto aktualizácie došlo k úprave zastúpenia podielu erodovaných pôd, a úprave plytkých a silne svahovitých pôd vyplývajúce z ich dovtedy nejednoznačnej klasifikácie. Výsledkom bolo preradenie stredne skeletovitých pôd do silne skeletovitých pôd, vyčlenenie erodovaných pôd a vznik nových HPJ a vyčlenenie nových HPJ plytkých a silne svahovitých. Táto aktualizácia sa vykonávala prevažne prehodnocovaním pedologických máp na základe Zápisníkov pôdneho prieskumu a v malej miere aj terénnym prieskumom. Úpravy sa uskutočnili na ploche približne 1 mil. ha pôd.

Aktualizácia v roku 1989–1993 prebiehala na pokyn MP SR v súlade s odsúhlasením metodiky prác medzirezortnou komisiou pre bonitáciu a koordinačnou radou úlohy v r. 1989. Táto aktualizácia zahrňovala revíziu základného pedologického prieskumu v teréne, pri ktorej došlo

k zmenám na úrovni hlavných pôdnych jednotiek na základe pedologických sond a ich morfológických, chemických a fyzikálnych analýz. Na základe tejto aktualizácie bol inovovaný číselník (HPJ rozšírený na konečný počet 100, pričom už bol zavedený do bonitácie nový 7-miestny kód BPEJ, v ktorom sú jej pôdno-klimatické vlastnosti vyjadrené kombináciou kódov jednotlivých vlastností na stabilných miestach výsledného 7-miestneho kódu. Princíp prevodu pôvodnej a novej sústavy pôdno-ekologických jednotiek bol jednoduchý. Jednotky sú vo svojej definícii totožné len v rámci aktualizácie sa definovalo niekoľko nových HPJ. Celkový počet BPEJ inovovaného BIS presahoval počet 6500 kódov.

Do sústavy pôdnoekologických jednotiek boli zaradené nové kódy HPJ :

- 10 pôdy výrazne poškodené imísiami (toxikované variety rôznych pôdnych typov
- 15 FM fluvizeme stredne ťažké s ľahkým podorničím, v teplých klimatických regiónoch, vysychavé
- 29 ČAm, ČAG čiernice typické, a čiernice glejové, stredne ťažké až ťažké, na sprašových svahových hlinách
- 30 KT kultizeme rigolované alebo intenzívne kultivované (bez terasovania), stredne ťažké,
- 33 ČA čiernice plytké na aluviálnych sed. stredne ťažké, väčšinou karbonátové
- 34 ČMmc černozeme typ., karbonátové na aluviálnych sed., stredne ťažké až ťažké s ľahkým podorničím
- 43 ČMe, RM černozeme erodované a regozeme na sprašiach v komplexe s regozemami, prevládajú ČM erodované, stredne ťažké
- 85 LMg až PGI luvizeme pseudoglejové až pseudogleje luvizemné na polygénnych hlinách so skeletom, stredne ťažké
- 89 PGm pseudogleje typické na polygénnych hlinách so skeletom stredne ťažké až ťažké
- 91 RM až RMp regozeme na slieňoch alebo íloch, ťažké až veľmi ťažké
- 98 GL Gleje, ťažké až veľmi ťažké
- 99 RM regozeme na neogénnych piesočnatých substrátoch na výrazných svahoch 12-25°, ľahké

Revízia a aktualizácia pôdoznaleckého podkladu máp BPEJ a systému HPJ sa vykonávala podľa kritérií klasifikácie pôd – Morfogenetického klasifikačného systému pôd ČSFR (HRAŠKO *et al.*, 1987, 1991) s použitím hodnotenia morfológických vlastností pôd ako aj detailnými analýzami ich vlastností pomocou špeciálnych sond, mapovacích sond. Revízii boli podrobené všetky pôdy, ich hustota však nedosahovala hustotu pôvodného pedologického prieskumu. Revízia priniesla podstatné a faktograficky podložené zmeny v klasifikácii pôd v porovnaní s pôvodnými mapami BPEJ. Na základe tejto aktualizácie bolo v roku 1994 vydané tretie upravené vydanie Príručky pre používanie máp BPEJ (LINKÉŠ a kol., 1994)

V poslednej vydannej príručke (DŽATKO, SOBOCKÁ 2009) sa inovácia sústavy hlavných pôdnych jednotiek týkala doplnenia, resp. úpravy (zmeny) názvoslovia niektorých pôdnych jednotiek, avšak pôvodný hodnotový charakter hlavných pôdnych jednotiek (HPJ) bol v plnej miere zachovaný. V zmysle nového morfogenetického klasifikačného systému pôd SR (KOL. AUTOROV,

2010) bola upravená aj charakteristika pôdnych typov a nižších jednotiek.

Sústava BPEJ sa stala podkladom pre nespočetné množstvo prác, ktoré sa zaoberajú produkčným potenciálom pôd (VILČEK a kol., 1999), posúdením vhodnosti pestovania plodín (VILČEK, BEDRNA, 2007), prvkami degradácie pôd a iné. Novším príkladom je využitie prvkov BPEJ pri riešení energetického potenciálu poľnohospodárskych pôd (VILČEK, 2006), alebo pri návrhoch optimálneho usporiadania a trvalo udržateľného využívania poľnohospodárskeho územia.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Súčasný systém hodnotenia poľnohospodárskych pôd SR nie je dostačujúci z hľadiska riešenia požiadaviek praxe, ale ani z hľadiska nového klasifikačného systému pôd.

V súčasnosti prakticky na celom svete je „bonitné“ hodnotenie poľnohospodárskej pôdy odvodené od jej produkčnej funkcie a na produkčných parametroch sú postavené všetky hodnotiace systémy (napr. kvalita pôdy). V rámci nových výskumov sa koncepcia multifunkčnosti pôd dostáva do záujmu vedeckej komunity, ale i odbornej verejnosti. Je založená na plnení ekologických funkcií pôd, ktorých komplexné hodnotenie či monetárne ocenenie je zatiaľ v štádiu vývoja. To znamená, že identifikácia a hodnotenie pôdnych, či pôdno-ekologických jednotiek vo vzťahu k mimoprodukčným funkciám pôdy nie je rozpracované na takej úrovni, aby sa komplexne zhodnotili aj ekologické funkcie pôdy.

Sústava hlavných pôdnych jednotiek (HPJ) je vytvorená účelovo a rešpektuje zastúpenie pôdnych jednotiek podľa schémy, v ktorej dominujú poľnohospodárske pôdy. To znamená, že pôdy lesných území nie sú zastúpené a špecifické pôdne typy alebo marginálne pôdy (smo-nice, slaniská, rankre, luvizeme a iné) sú zastúpené v kombinácii pôdnych typov, ktoré tvoria hlavnú pôdnu jednotku. Výrazným „nedostatkom“ systému HPJ je ich ohraničený počet na 100. Najproduktívnejšie pôdy resp. pôdne typy ako fluvizeme, černo-zeme, čiernice a hnedozeme sú zastúpené 55 jednotkami kódy HPJ 01 – 55. Sú detailne charakterizované na základe viacerých kritérií ako svahovitosť, pôdotvorný substrát alebo textúra, pričom textúra je uvedená nielen v charakteristike HPJ ale aj priamo v kód BPEJ (na 7. mieste kódu BPEJ). Ich členenie aj v priestorovom vyjadrení je preto detailnejšie v porovnaní s mapami KPP. Kambizeme sú zastúpené v 24 kódach HPJ. Zostávajúce kódy HPJ (21) predstavujú rôzne kombinácie resp. asociácie pôdnych typov pričom ide o pôdy, ktorých produkčný potenciál je menej významný a aj menej charakterizovaný. V porovnaní s mapami KPP ich diferenciácia je slabšia a menej rozlíšiteľná.

Do systému nie sú zahrnuté rekultivované, pôdy z výsypkových materiálov, nedostatočne je zhodnotená úroveň kontaminácie pôd a podobne. Týka sa to predovšetkým antropogénnych pôd, ktoré do súčasného systému neboli dodatočne vložené. Ako kultizeme sú registrované len hlboko kultivované pôdy (kód 30) a rigolované pôdy viníc (kód 74), hoci v praxi ich nachádzame oveľa viac. Antrozeme sú pôdnym typom doteraz málo známym. Patria k nim plochy rekultivované pre rôzne využitie (poľnohospodárske pôdy, rekultivácia skládok odpadov, rekultivácia záhrad, remediácia kontaminovaných pôd a iné). Tento pôdny typ v systéme absentuje, čo spôsobuje problémy ich zaradenia do sústavy BPEJ. Pre luvizeme sú uvedené len

3 kódy BPEJ aj to len v kombinácii s pseudoglejmi (HPJ 56, 58 a 85), hoci v teréne predstavujú dobre rozlíšiteľné plochy. Z pôdných jednotiek nie sú v sústave BPEJ zastúpené pararendziny, ktoré predstavujú nemalý podiel PPF a ktoré sa zamieňajú s rendzinami (viac skeletnatými pôdami). Chýbajú andozemné subtypy kambizemí, ktoré sa síce vyskytujú na menšej ploche hlavne v TTP, avšak existujú aj v PPF.

Na základe uvedeného môžeme konštatovať, že zoskupenie a kategorizácia pôdných jednotiek v BPEJ je účelová s cieľom zvýrazniť produkčnú funkciu pôd. V plnej miere spĺňa požiadavky na hodnotenie produkčnej funkcie pôd. Je to príklad dobre spracovaného systému hodnotenia produkčnej funkcie pôd. Aby bolo možné do systému BPEJ zaradiť pôdne typy, ktoré sú rovnako významné ako najproduktívnejšie pôdy hlavne z hľadiska ich mimoprodukčných vlastností je potrebné znížiť počet HPJ tak, aby sa nenarušil bonitačný informačný systém a nestratili sa informácie v ňom obsiahnuté. V 7-miestnom kóde BPEJ je informácia o zrnitosti uvedená na siedmom mieste kódu, zároveň je táto informácia aj v charakteristike HPJ. Na základe dôkladnej analýzy systému HPJ navrhujeme zrušiť resp. zlúčiť niektoré kódy HPJ, ktoré sa odlišujú len na základe kódu zrnitosti u fluvizemí, čiernic, hnedozemí a kambizemí.

- *HPJ 01, 02, 03, 04* fluvizeme kultizemné karbonátové, zrnitosť 1 – ľahké, 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké, 4 – veľmi ťažké
- *HPJ 06, 07* fluvizeme kultizemné, zrnitosť 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké
- *HPJ 08, 09, 11, 12, 13* fluvizeme kultizemné typické glejové
- *HPJ 21, 22, 23* čiernice kultizemné, zrnitosť 1 – ľahké, 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké
- *HPJ 25, 26, 27, 28* čiernice kultizemné glejové, karbonátové aj nekarbonátové, zrnitosť 1 – ľahké, 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké, 4 – veľmi ťažké
- *HPJ 50, 51* hnedozeme kultizemné pseudoglejové (miestami pseudogleje s hrubším HH) na
- sprašových a polygénnych hlinách, zrnitosť 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké
- *HPJ 52, 53* hnedozeme kultizemné erodované na polygénnych hlinách a regozeme kultizemné na neogénnych sedimentoch. V komplexe prevládajú hnedozeme erodované, zrnitosť 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké
- *HPJ 63, 64* kambizeme kultizemné na minerálne bohatých zvetralinách flyšu, zrnitosť 2 – stredne ťažké
- *HPJ 66, 67* kambizeme kultizemné kyslé na flyši, zrnitosť 1 – ľahké, 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké
- *HPJ 69, 70* kambizeme kultizemné pseudoglejové na flyši, zrnitosť 2 – stredne ťažké, 3 – ťažké, 4 – veľmi ťažké

Takýmto spôsobom – jednoduchým spojením uvedených HPJ, ktoré sa líšia len zrnitosťou by sa znížil počet kódov PEJ o 18 kódov.

Na príklade fluvizemí karbonátových – HPJ 01, 02, 03, 04 – sme navrhli zlúčenie resp. zrušenie HPJ 02, 03, 04 a vytvorenie novej HPJ 01, ktorá by mala v rámci BPEJ zachovaný kód zrnitosti.

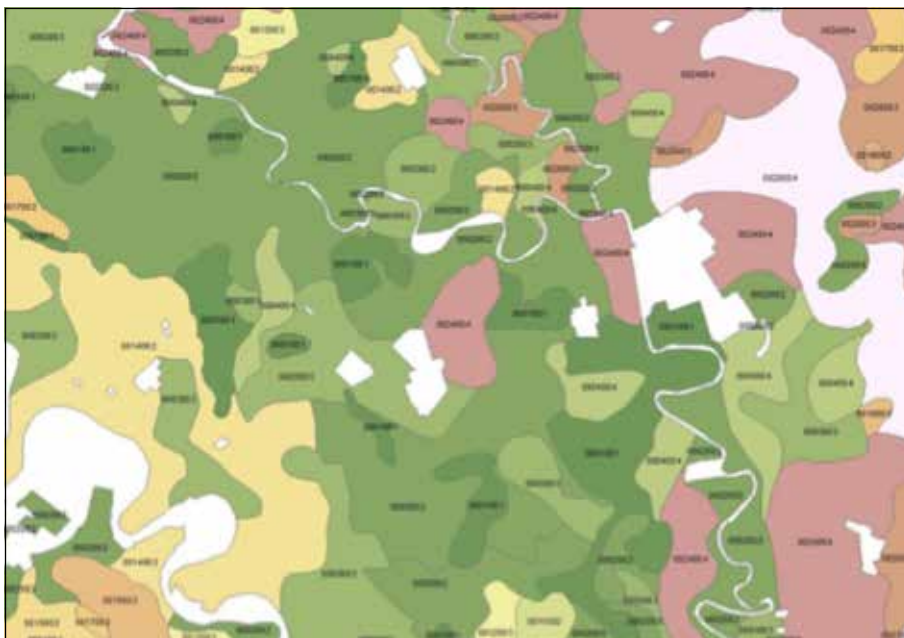
**Tabuľka 1** Návrh nového zaradenia HPJ na príklade fluvizemí karbonátových

Nový kód HPJ	Pôvodný kód HPJ	Charakteristika HPJ	Pôvodný kód BPEJ	Nový kód BPEJ
01	01	fluvizeme kultizemné karbonátové, ľahké v celom profile vysychavé	0001001	0001001
	02	fluvizeme kultizemné karbonátové, stredne ťažké	0002002	0001002
	03	fluvizeme kultizemné karbonátové, ťažké	0003003	0001003
	04	fluvizeme kultizemné karbonátové, veľmi ťažké	0004004	0001004

Na základe nového prístupu boli zlúčené všetky fluvizeme karbonátové do HPJ s kódom 01, pričom došlo z pohľadu pôdneho typu k homogenizácii územia (Obr. 1). Ide však iba o zdánlivé zníženie rozmanitosti, nakoľko faktor zrnitosti sa nestratil, zostal definovaný na siedmej pozícii kódu BPEJ a taktiež nedošlo k zmene pôvodných hraníc kódov BPEJ.

**Obrazok 1** Zobrazenie nového kódu BPEJ s farebným rozlíšením hlavných pôdnych jednotiek (HPJ) modelového územia



**Obrázok 2** Zobrazenie kódov BPEJ s farebným rozlíšením zrnitosti modelového územia

Uvedeným postupom došlo k uvoľneniu troch kódov HPJ a zároveň nedošlo k strate žiadnej pôvodnej informácie. Tento postup je ďalej aplikovateľný aj na ďalšie skupiny HPJ, ktoré sú definované v texte vyššie. Výhodou uvedeného prístupu je jeho jednoduchosť, pričom je možné zmeny vykonať automatizovane a rýchlo. Zároveň je možné vytvoriť jednoduchý systém prevodu zo súčasného systému, čo umožní využiť aj naďalej súčasný právny stav, ktorý je priamo napojený na BPEJ.

Práve zníženie počtu kódov hlavných pôdných jednotiek (HPJ) umožňuje zaradiť do systému, nové pôdne typy, ktoré budú reflektovať zmeny v prírodných podmienkach a aktivít človeka. Medzi najdôležitejšie PEJ, ktoré je potrebné do systému zaradiť patria koluvizeme a antrozeme (technozeme). Samotné zaradenie nových PEJ by malo rešpektovať pôvodnú filozofiu bonitácie a bonitačného informačného systému a to najmä zachovanie jednoduchosti a prehľadnosti, ktoré umožňujú využitie týchto informácií v rozhodovacích procesoch na úrovni štátnej správy. Vyčleňovať je potrebné pôdne typy s jasným rozdielom najmä z pohľadu produkčného potenciálu, ale aj v rámci ich vyčlenenia pri terénnom šetrení.

*Koluvizeme* patria medzi pôdy ovplyvnené, až geneticky podmienené ľudskou činnosťou. Vznikajú sedimentáciou a akumuláciou erodovaných materiálov v dolných častiach svahov prechádzajúcich do depresí. Obsahujú materiál z orníc pôd ležiacich nad nimi a pri intenzívnejších prejavoch erózie môžu obsahovať i oderodovaný materiál pôdotvorných substrátov týchto pôd. Typickou pre ne je vrstevnatosť akumulovaného materiálu. Pod týmto materiálom je pochovaný pôvodný pôdny profil.

Výhodou pri vyčleňovaní plôch koluvizemí je ich možná predbežná identifikácia na základe údajov z DMT. Takto predbežne vybrané plochy je potom možné plánovane podrobiť terénnemu prieskumu.

*Antrozeme* sú pôdy umelo vytvorené človekom z nakopených substrátov získaných pri ťažbe, stavebnej a priemyselnej činnosti. Táto skupina môže zahrňovať aj pôdy poškodené vojenskou činnosťou, poddolovaním a pod. Charakter týchto pôd je daný jednak vlastnosťami pôvodného materiálu tak i smerovaním pôdotvorného procesu po rekultivácii.

V súčasnosti evidujeme veľké množstvo aj poľnohospodársky využívaných pôd v intravilánoch nielen malých obcí a dedín, ale aj väčších miest. Často však ide o pôdy, ktoré sú výrazne poznačené ľudskou činnosťou už dlhšie časové obdobie. Ich súčasné zaradenie v bonitačnom informačnom systéme už nezodpovedá skutočnosti, avšak často krát neexistuje adekvátne náhrada, ktorá by zohľadňovala aj ich korektné zaradenie do kvalitatívnych skupín a ocenenie. Pôvodný systém a metodika aktualizácie BPEJ vychádzali najmä z potrieb vtedajšieho systému poľnohospodárstva a vlastníckeho a užívacieho práva. Po roku 1989 bola vydaná „Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek“, ktorá bola v roku 2009 inovovaná, tak aby respektovala zmeny najmä z pohľadu skvalitnenia vstupných údajov (výškopis, polohopis, využitie prostriedkov GIS a DPZ). Tieto prostriedky umožňujú skvalitniť a spresniť informácie o BPEJ a to najmä z pohľadu plošného vymedzenia, ktoré je potrebné pre zmeny vlastníckych vzťahov, reštitučné účely pod. Zmeny na úrovni kvality poľnohospodárskeho pôdneho fondu spôsobené najmä ľudskou činnosťou však doteraz neboli do metodiky integrované, respektíve iba čiastočne a v nedostatočnej forme.

Práve zníženie počtu kódov pôdnoekologických jednotiek (PEJ) umožňuje zaradiť do systému nové pôdne typy, ktoré budú reflektovať zmeny v prírodných podmienkach a aktivity človeka. Zaradenie nových PEJ do bonitačného informačného systému má význam v ich rozdielnych vlastnostiach oproti pôvodným pôdnym typom, ktoré sa nachádzali na tom istom mieste. Tieto rozdiely je potrebné premietnuť do celého legislatívneho systému, ktorý využíva BPEJ ako základ pre ochranu a ocenenie poľnohospodárskej pôdy.

## ZÁVER

Úvodným ustanovením Zákona č. 220/2004 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 je poľnohospodársky pôdny fond hodnotený ako nenahraditeľný prírodný zdroj a nezastupiteľná zložka životného prostredia. Každý je povinný chrániť jeho prirodzené funkcie a vyhnúť sa konaniu, ktoré by viedlo k jeho zhoršeniu. Spôsob využívania poľnohospodárskeho pôdneho fondu musí byť primeraný prírodným podmienkam v danom území a pri bežnom hospodárení na poľnohospodárskej pôde v určitom krajinnom priestore a nesmie ohrozovať ekologickú stabilitu územia.

V súčasnosti prebieha aktualizácia BPEJ, najmä v prípade pozemkových úprav prípadne individuálnych pedologických prieskumov. Táto aktualizácia však neprebieha systematicky a hlavne nerieši nedostatky samotného systému BPEJ, respektíve nedostatky na úrovni jej jednotlivých atribútov. Dostupnosť množstva údajov pre počítačové spracovanie, výkon a možnosti dnešného prístrojového vybavenia umožňujú posunúť systém aktualizácie BPEJ

---



na technologicky vyššiu úroveň a zároveň upraviť a zosúladiť údaje, ktoré poskytuje bonitačný informačný systém, s údajmi iných krajín EU.

Zoskupenie a kategorizácia PEJ je účelová s cieľom zvýrazniť produkčnú funkciu pôd. V plnej miere spĺňa požiadavky na hodnotenie produkčnej funkcie pôd. Je to príklad dobre spracovaného systému hodnotenia produkčnej funkcie pôd. Výrazným „nedostatkom“ sústavy PEJ v sústave BPEJ je ich ohraničený počet – 100, z toho najviac a zároveň najdetailnejšie s porovnaním s mapami KPP sú charakterizované a zastúpené najproduktnejšie pôdy resp. pôdne typy ako fluvizeme, černozeme, čiernice a hnedozeme sú zastúpené 55 jednotkami – kódy HPJ 01 – 55. Kambizeme sú charakterizované v 24 kódoch HPJ. Zostávajúcich 21 kódov HPJ predstavujú rôzne kombinácie resp. asociácie pôdných typov pričom ide o pôdy, ktorých produkčný potenciál je menej významný a aj menej charakterizovaný, ide hlavne o luvizeme a pseudogleje. V systéme HPJ chýbajú pararendziny, andozeme, koluvizeme, antrozeme, rekultivované pôdy (poľnohospodárske pôdy rekultivované, rekultivácia skládok, pôdy z výsypkových materiálov).

Na základe dôkladnej analýzy systému HPJ sme došli k záveru, že by bolo možné zrušiť resp. zlúčiť niektoré kódy HPJ, ktorých charakteristika je zhodná a odlišujú sa len na základe kódu zrnitosti u fluvizemí, čiernic, hnedozemí a kambizemí. Takýmto spôsobom – jednoduchým spojením uvedených HPJ, ktoré sa líšia len zrnitosťou by sa znížil počet kódov HPJ o 18 kódov, pričom by sa zachovala výpovedná hodnota týchto HPJ, nedošlo by k zmenám hraníc týchto pôdných typov a neznížila by sa ich výmera.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-15 – 0406 a Ministerstva školstva SR

## LITERATÚRA

- BEZÁK, P. – SKALSKÝ, R. – SZALLAYOVÁ, R. 2012. Alternatívne riešenia ochrany pôdy vo väzbe na legislatívu. In: Houšková, B. (ed.) *Vedecké práce Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy č. 34*. Bratislava: VÚPOP, 2012, s. 24 – 35. ISBN 978-80-89128-98-3.
- DŽATKO, M. – LINKEŠ, V. – PESTŮN, V. 2006. *Príručka pre používanie máp pôdno-ekologických jednotiek*. VÚPU Bratislava. ISBN 80-85361-19-1. 104 s.
- DŽATKO, M. – SOBOCKÁ, J. 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek*. VÚPOP Bratislava. ISBN 978-80-89128-55-6. 152 s.
- ILAVSKÁ, B. 1997. Bonitačný informačný systém o pôde v procese hodnotenia a využívania poľnohospodárskych pôd. In *Vedecké práce*. 20/1., 1997, s. 125 – 131
- KOLEKTÍV AUTOROV. 2014. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska, Bazálna referenčná taxonómia*, NPPC – VÚPOP, 96 s. ISBN 978-80-8163-005-07
- SOBOCKÁ, J. 2012. *Klasifikácia antropogénnych pôd a návrh ich implementácie do systému HPJ (BPEJ)*, štúdia VILČEK, J. – LITAVEC, T. – GUTTEKOVÁ, M. 1998. Nové prístupy v interpretácii bonitačného informačného systému. In *Vedecké práce*. 21, s. 91 – 100
- VILČEK, J. – BEDRNA, Z. 2007. *Vhodnosť poľnohospodárskych pôd a krajiny Slovenska na pestovanie rastlín*. VÚPOP, Bratislava, 248 s., ISBN 978-80-89128-36-5.
- VILČEK, J. 2006. *Energetický potenciál poľnohospodárskych pôd – kritérium hodnotenia a využívania krajiny*. VÚPOP, Bratislava, 2006, 82 s. ISBN 80-89128-25-4

# APPLICATION OF OPEN SOURCE TECHNOLOGIES IN GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM

## APLIKÁCIA „OPEN SOURCE“ TECHNOLÓGIÍ V GEOGRAFICKOM INFORMAČNOM SYSTÉME

**Darko Jaramaz<sup>1</sup>, Veljko Perovic<sup>1</sup>, Michal Sviček<sup>2</sup>, Beata Houšková<sup>2</sup>, Boris Pálka<sup>2</sup>, Jaroslava Sobocká<sup>2</sup>, Elmira Saljnikov<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup>Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, 11000 Beograd, Serbia*

*<sup>2</sup>National Agricultural and Food Centre - Soil Science and Conservation Research Institute, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, SK*

### Abstrakt

Rapidný nárast používania GIS aplikácií v mnohých verejných ako aj súkromných sektoroch v posledných desaťročiach viedol k vytvoreniu viacerých komerčných GIS softvérových verzií v desktopových ako aj web formátoch. Z finančného hľadiska sú GIS licencie pre potenciálnych koncových užívateľov nedosiahnuteľné a preto sú aj nedostupné pre využitie v malých, alebo pilotných projektoch ako aj pre edukačné účely. Ako odpoveď na uvedenú skutočnosť, svetová geopriestorová spoločnosť začala vyvíjať Open Source GIS riešenia, ktoré sú vo väčšine prípadov voľne dostupné pre každého kto chce akýmkoľvek spôsobom prispieť informáciami do svetovej geopriestorovej komunity. V tomto príspevku sa uvádzajú niektoré najviac používané Open Source riešenia pre pozeranie, editovanie a analyzovanie priestorových údajov (desktopové softwéry: QGIS, GRASS GIS, SAGA a R-GIS), pre uchovávanie údajov (systémy pre spravovanie databáz priestorových údajov: PostGIS a TerraLib) a pre vývoj aplikácií (WebGIS platformy: MapServer, Mapnik a GeoServer). Pozornosť je zameraná aj na OpenStreetMap (OSM) spolupracujúci projekt, ktorý má za cieľ vytvoriť voľne prístupnú editovateľnú mapu sveta ako aj zámer, aby bola použitá v niektorých Open Source technológiách. Záverom budú zhrnuté možnosti použitia Open Source riešení pri vývoji pôdneho informačného systému.

**Kľúčové slová:** GIS, pôdny informačný systém, Open Source

### Abstract

Rapid increase of Geographic Information System utilization in many public and private sectors in the last several decades has led to the development of many commercial GIS software solutions in desktop and web forms. From a financial point of view the GIS end-user's licenses are inaccessible for many potential users, and therefore are usually unavailable for utilization on small and pilot projects, as well as for education purposes. As respond to this, the global geospatial community started to develop Open Source GIS solutions that are in

most cases freely available for anyone who wants to contribute on any way to global geospatial community. In this paper will be presented some of the most widely used Open Source solutions for viewing, editing and analysis of spatial data (desktop softwares: QGIS, GRASS GIS, SAGA and R-GIS), data storage (spatial database management systems: PostGIS and TerraLib) and application development (WebGIS platforms: MapServer, Mapnik and GeoServer). The focus will be also to OpenStreetMap (OSM) collaborative project which aims to create a free editable map of the world as well as their potential to be implemented in some of the Open Source technologies. Final summary of the possibilities for application of Open Source solutions in the Soil Information System development will be provided.

**Keywords:** GIS, Soil Information System, Open Source

## INTRODUCTION

Rapid increase of Geographic Information System utilization in many public and private sectors in the last decades led to the development of many commercial GIS software solutions in desktop and web forms. Lacking of these solutions is that from a financial point end-user licenses are inaccessible for many potential users, and therefore are usually unavailable for utilization on small and pilot projects, as well as for education purposes. As respond to this fact, the global geospatial community started to develop Open Source GIS solutions that are in most cases freely available for anyone who wants to contribute on any way to global geospatial community.

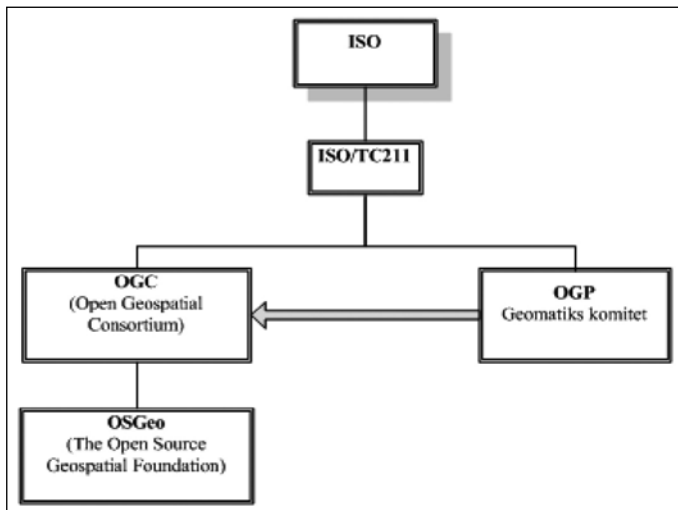
The core idea of GIS is that the world can be understood as a series of layers of different types of information, that can be connected meaningfully through overlay analysis to arrive at conclusions (LONGLEY, GOODCHILD, MAGUIRE and RHIND, 2005). Related vector data are always organized by themes, which are also referred to as layers or coverages (The National Center for Geographic Information and Analysis, 2000).

Solutions based on application of GIS technologies, both commercial and open source, need to be standardized. At the global level the standards in various fields of human activity are published by the International Organization for Standardization (ISO). Depending on the scope of work the ISO is divided into 2850 technical committees, in which there are volunteers. Together they are about 30,000 experts from around the world. Inside the ISO framework there is a Technical Committee (ISO/TC211, established in April 1994) that has mandate for the development and adoption of standards in the field of spatial information. One of the main tasks for ISO/TC211 is to compliance with existing standards, as well as cooperation with international organizations involved in the development based on GIS technologies. One of the most important cooperation is achieved between ISO/TC211, Open Geospatial Consortium (OGC), OGP Geomatics Committee and OSGeo (Picture 1).

Visualization and spatial analysis of digital map distinguish GIS from other information systems and make it a valuable tool for many different applications, by employing vector and raster data models. The vector model (Picture 2) is displayed using pairs of X and Y coordinates,

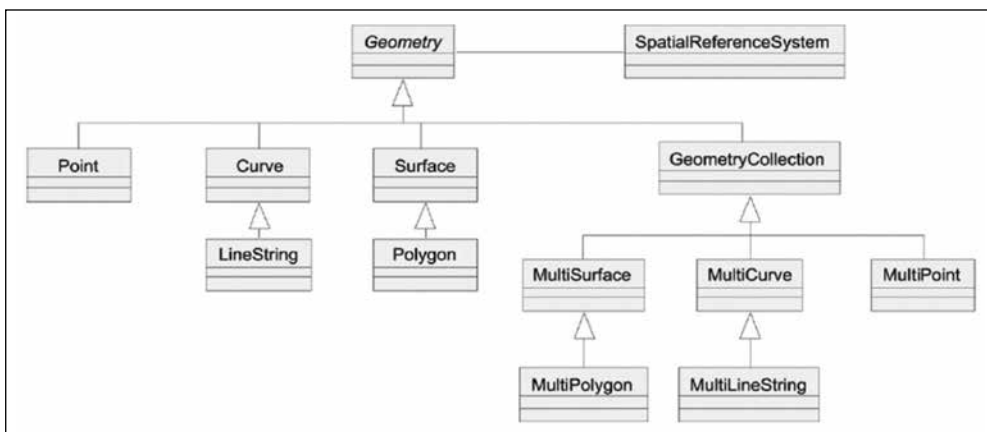
---

**Picture 1** Organizations that participate in the standardization of spatially oriented data



by geometrical primitives: points, lines, and polygons, which might contain no spatial (attribute) data to describe the spatial oriented objects. Raster model, have a simpler data structure with regards to the vector model; it is composed of a series of dots (pixels) that cannot be associated with non-spatial (attribute) data. Also each geometry object (vector and raster) is associated with Spatial Reference System, which describes the framework for the projection and the data, which defines every spatial objects. The organization that defines Spatial Reference System Identifier (SRID) numbers is called OGP Geomatics Committee.

**Picture 2** Hierarchical view of vector geometry types

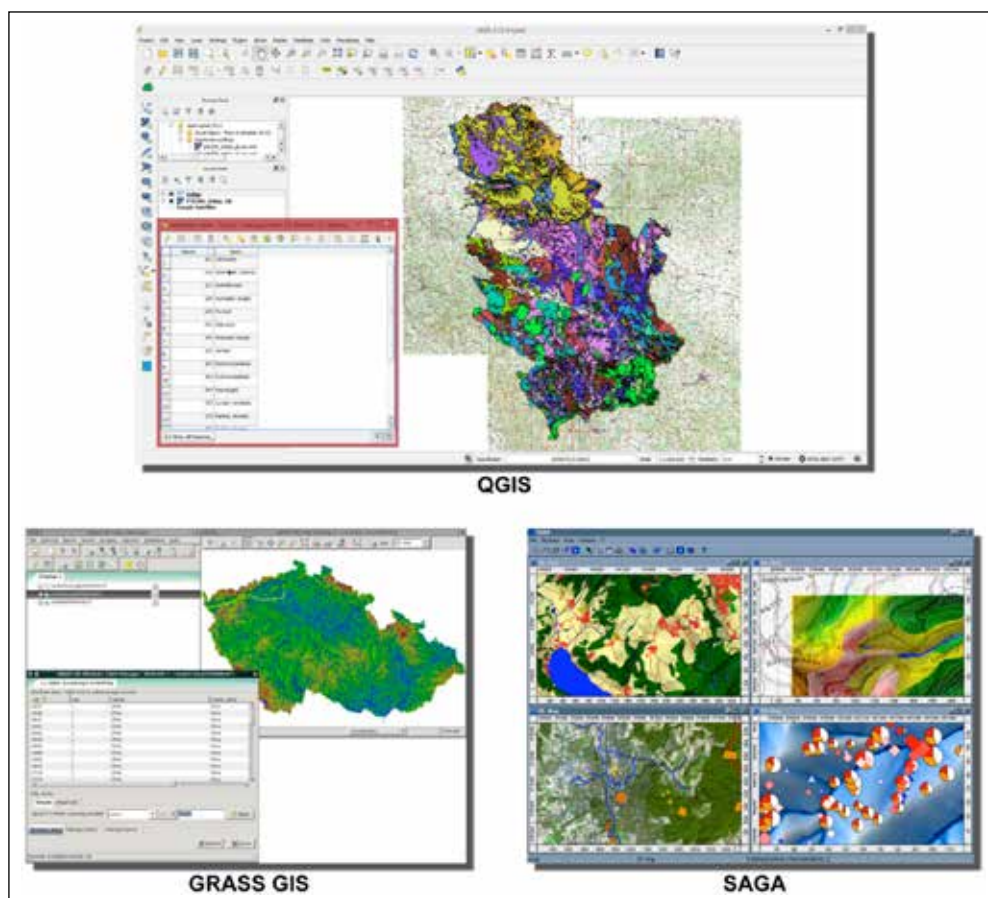


## MATERIAL AND METHODS

Currently there are many available Open Source GIS desktop software solutions, some of the most widely used are QGIS, GRASS GIS, SAGA and R.

The QGIS, GRASS GIS and SAGA software solutions enables visualization, managing, editing and data analysis of spatially oriented data (numerous vector, raster, and database formats) exploiting graphical user interfaces on the local computer (Picture 3). The R command line based software solution represents simple and effective programming language as well as an environment for complex data analyzing (mainly used for raster data formats).

**Picture 3** User interfaces in QGIS, GRASS GIS and SAGA desktop software solutions



Storage of spatially oriented data and creating of spatially oriented database can be achieved by using the Relational Database Management Systems (RDMS) in combination with spatial extender for vector geographic objects.

The RDMS are based on the theoretical relational data model, that utilises SQL query language for storing and manipulating data using different SQL syntax. The most frequently used Open Source RDMS solutions are PostgreSQL and MySQL.

The spatial extenders for vector geographic objects are based on ISO and OGC standards. Implementation of these standards enables storage (in the form of WKT and WKB records) and manipulation (e.g. calculating the area surface, distances between points, the display coordinate values, etc.) of spatially oriented objects inside the relational databases (JARAMAZ et al., 2012). Some of the most frequently used Open Source spatial extenders for RDMS are PostGIS and TerraLib. The PostGIS is software program that adds support for geographic objects to the PostgreSQL RDMS. The TerraLib is GIS software library that extends RDMS technology to handle geographic objects; the library supports different RDMS, including MySQL and PostgreSQL.

The WebGIS represents a new branch in the field of GIS technology, which was developed due to the wide capacities of World Wide Web (WWW). Interactive maps enable use of web browser approach to visual representation of geometric and attribute data, stored within spatially oriented databases (PEROVIC *et al.*, 2016). Some of the most frequently used Open Source WebGIS platforms are MapServer, Mapnik and GeoServer.

The MapServer is a CGI program stored within a web server (JARAMAZ, 2011). When user sends request via the interface (web page), it processes the request to previously spatially oriented data, and then using Mapfile parameters creates the required display of interactive map (KROPLA, 2005).

The GeoServer is a server written in Java that allows users to share, process and edit geospatial data.

The Mapnik is a toolkit for maps rendering written in C++. It supports a variety of geospatial data formats and provides flexible styling options for designing many different kinds of maps.

It should also be noted geospatial community efforts to create free and Open Source map of the world, inside Open Street Map (OSM) project. Map is created by volunteers using local knowledge, GPS tracks and donated sources. The OSM data can be integrated inside many different WebGIS platforms, including MapServer, GeoServer and Mapnik.

## RESULTS AND DISCUSSION

There are two basic types of data sources: primary and secondary. The primary data sources includes: the Remote sensing data, the GPS (Global Positioning System) data and the data obtained in the field. Secondary data sources are commonly not in digital format - analog data, for example a pedology maps in a paper form. To be able to import analog data into GIS software tools, it is necessary to convert them into digital form. The conversion process into digital form can be done in several ways. By scanning analog maps we can obtain a raster format. The main goal of this method is better data storage and manipulation. After scanning, the data must be linked to a reference system, and this process is called georeferencing. After application of the scanning and georeferencing procedures the raster model is created, which represents the first step in data vectorization.

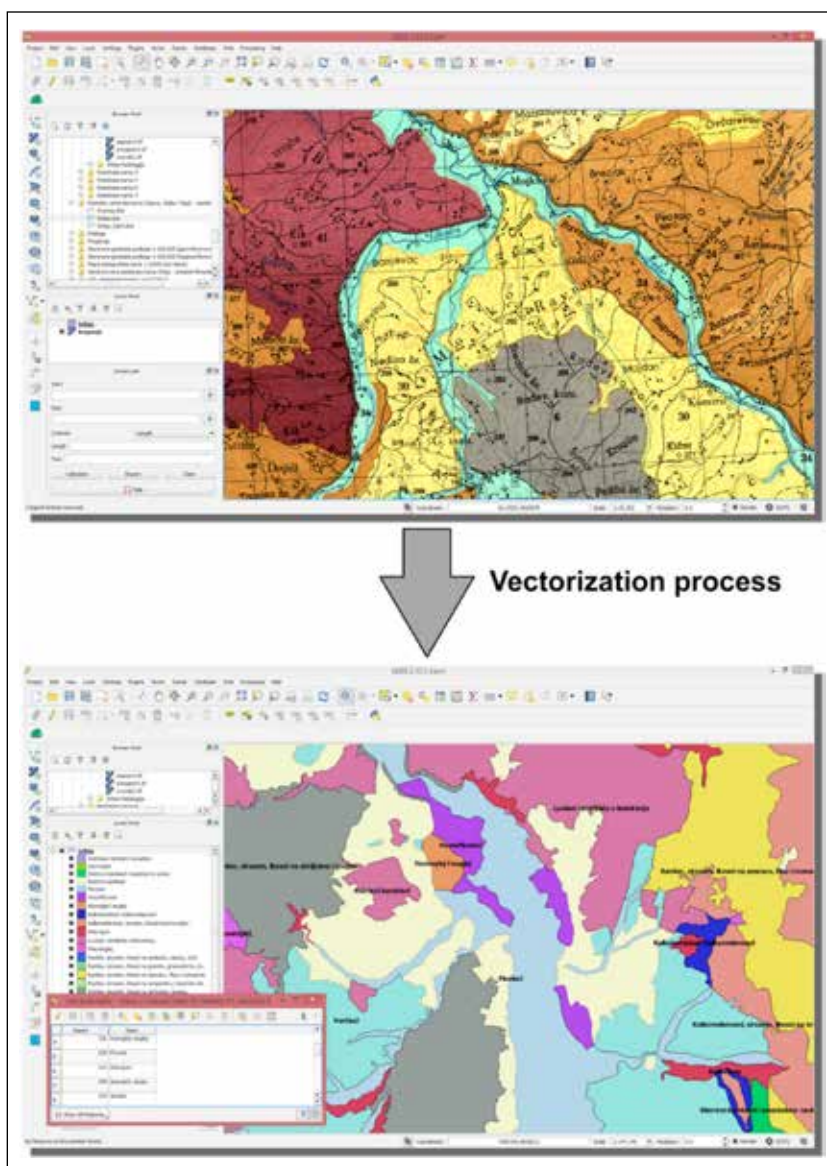
Vectorization (picture 4) is the process of transforming the raster model into vector mod-

---

el. It can be done in some of currently available Open Source GIS desktop software solutions (e.g. QGIS, GRASS GIS, SAGA, etc.), for this paper we utilize QGIS solution (Picture 4). Also there is an automatic vectorization, but in most cases this method does not provide a precise result. The vector data model contains the spatial (geometric) and attribute components:

- The spatial (geometric) component has a role to determine, the spatial position of the object using its coordinates in certain reference coordinate system. All spatially oriented data can be represented by three basic geometric primitives: point, line (curve) and polygon (area).

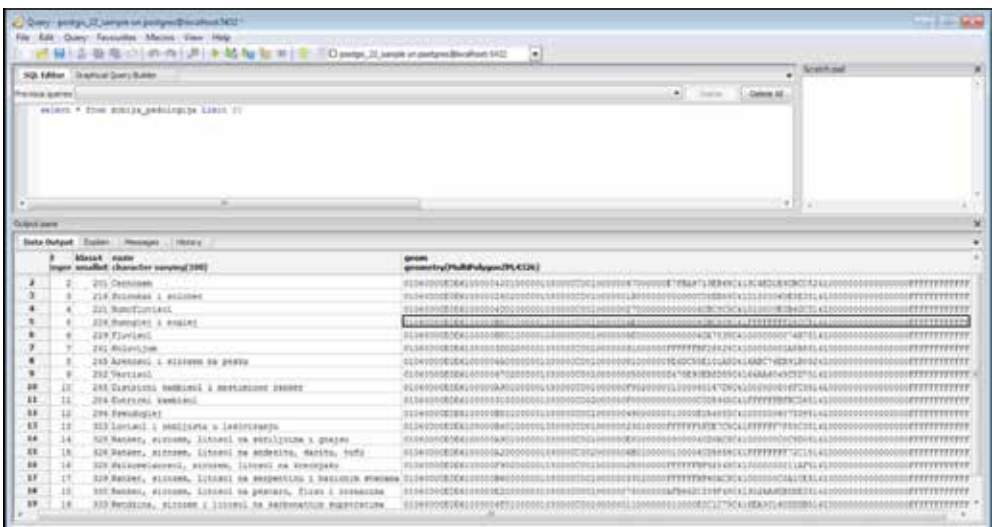
**Picture 4** Vectorization process of soil map in QGIS Open Source desktop solution



- The attribute component is very useful because it allows to join a large amount of non-spatial information (attributes) to geometric objects by employing its identification (ID) number, for example the soil type or the soil quality class.

The characteristics of each **spatially oriented database** is the ability to store geometric objects with the possibility to store and identify their SRID, and the use of characteristic functions for manipulating spatially oriented data. In this paper we utilize PostgreSQL RDMS together with PostGIS spatial extender for implementation of soil map vector data model (Picture 5). Also the development of soil databases should not be performed without consideration of the spatial infrastructures that are being developed everywhere in the world (LAGACHERIE, McBRATNEY and VOLTZ, 2007).

**Picture 5** Soil map stored inside PostgreSQL/PostGIS database

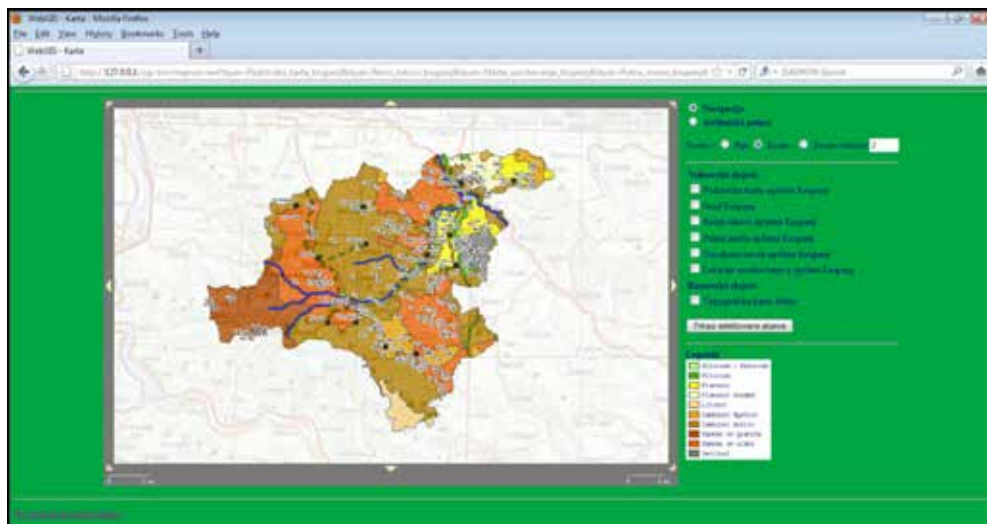


The visual display of previously stored soil map inside PostgreSQL/PostGIS database can be enabled through internet based Open Source WebGIS platforms such as MapServer, Mapnik and GeoServer, for this paper we utilize MapServer platform on local server (Picture 6). As a part of a created software application (soil information system), that has the form of interactive maps, aggregated data from the two sources are visually displayed as:

- vector-oriented spatial data model; which represents the soil map for Municipality of Krupanj (Republic of Serbia), previously implemented in PostgreSQL/PostGIS spatially oriented database with all geometry and attribute data, and
- raster model of spatially oriented data; in the form of georeferenced topographic map of the Republic of Serbia in TIFF format (scale 1:300,000), which is stored within the server directory of the MapServer platform.



**Picture 6** MapServer WebGIS platform



## CONCLUSIONS

The possibility for application of free and Open Source solutions in all stages of Soil Information System development is more than satisfactory.

First stage that includes georeferencing and vectorization processes can be achieved by employing Open Source GIS desktop software solutions, which is tested in this paper by utilization of QGIS solution.

Second stage that includes creation of soil spatially oriented database can be accomplished by utilization of Open Source Relational Database Management Systems (RDMS) in combination with spatial extenders for vector geographic objects, which is fortified in this paper by employing PostgreSQL RDMS in combination with PostGIS spatial extender.

Third phase that includes creation of Soil Information System which is used by web browser approach to visual representation of soil map (geometric and attribute data stored within spatially oriented databases) can be achieved by employing Open Source WebGIS platforms, which is proven in this paper by utilization of MapServer.

## ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency (SRDA) (contract no.SK-SRB-2013-0052) and Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia (contract no.451-03-545/2015-09/15).

## REFERENCES

- JARAMAZ, D. 2011. *The integration of spatial databases*. Master thesis, University of Belgrade.
- JARAMAZ, D. – PEROVIC, V. – MRVIC, V. – SALJNIKOV, E. – NIKOLOSKI, M. – ČAKMAK, D. – KOKOVIC, N. 2012. *Standardization of Spatial Databases and their applicability in Pedology. Soil and Plant*, Vol.61, No.3, pp.118–128.
- KROPLA, B. 2005. *Beginning MapServer – Open Source GIS Development*. Apress, New York.
- LAGACHERIE, P. – MCBRATNEY, A.B. – VOLTZ, M. 2007. *Digital Soil Mapping: An Introductory Perspective*. Amsterdam: Elsevier.
- LONGLEY, P. A. – GOODCHILD, M. F. – MAGUIRE, D. J. – RHIND, D. W. 2005. *Geographic Information Systems and Science*. 2<sup>nd</sup> ed. Chichester: John Wiley & Sons.
- NCGIA Core Curriculum in GIScience 2000. *The National Center for Geographic Information and Analysis*. [online] Available at: < <http://www.ncgia.ucsb.edu> > [Accessed 11 July 2016].
- PEROVIC, V. – JARAMAZ, D. – ZIVOTIC, LJ. – ČAKMAK, D. – MRVIC, V. – MILANOVIC, M. – SALJNIKOV, E. 2016. *Design and implementation of WebGIS technologies in evaluation of erosion intensity in the municipality of NIS (Serbia)*. ENVIRONMENTAL EARTH SCIENCES, (2016), Vol. 75, No. 3.
-

# BIOTICKÉ A ABIOTICKÉ PÔDNE VLASTNOSTI A ICH VZŤAHY NA FLUVIZEMI VYVINUTEJ NA NIVE RIEKY ŠTIAVNICA

## BIOTIC AND ABIOTIC SOIL PARAMETERS AND THEIR RELATIONS IN FLUVISOL DEVELOPED ON ALLUVIUM OF ŠTIAVNICA RIVER

Radoslava Kanianska<sup>1</sup>, Jana Jaduďová<sup>1</sup>, Jarmila Makovníková<sup>2</sup>,  
Miriam Kizeková<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, Fakulta prírodných vied, Katedra životného prostredia,  
Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika

<sup>2</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy  
Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica

<sup>3</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav trávnych porastov a horského  
poľnohospodárstva, Mládežnícka 36, 974 21 Banská Bystrica  
e-mail: radoslava.kanianska@umb.sk

### Abstrakt

Fluvizeme sa ako azonálne pôdy vyskytujú vo všetkých klimatických pásmach. Sú významnou potravinovou základňou a tlak na ich využívanie a poskytovanie zásobovacích ekosystémových služieb stále rastie. Ten sa môže odraziť v zhoršení fyzikálnych, chemických ale aj biologických vlastností a následne v znížení schopnosti fluvizemí poskytovať žiadané služby. Fungovanie mnohých z týchto služieb je závislé od výskytu a činnosti pôdnej bioty, vrátane dážďoviek a pôdných článkonožcov a ich vzájomných interakcií s abiotickými vlastnosťami pôdy. Cieľom príspevku bolo zistiť vybrané biotické (početnosť a hmotnosť biomasy dážďoviek a pôdných článkonožcov) a abiotické vlastnosti (pôdna teplota, pôdna vlhkosť, penetrometrický odpor) fluvizemí na nive rieky Štiavnica, v katastrálnom území Dvorníky. Parametre sme skúmali v marci roku 2015 na transekte zahŕňajúcom 2 plochy s rôznym spôsobom využívania pôdy (orná pôda – OP, trvalý trávny porast – TTP). Pri porovnaní počtu jedincov a hmotnosti biomasy dážďoviek medzi OP a TTP sme zistili v priemere prepočítanom na 1 m<sup>2</sup> pôdy väčší počet jedincov (277,6 jedincov.m<sup>-2</sup>) a zároveň aj väčšiu hmotnosť biomasy dážďoviek (122,0 g.m<sup>-2</sup>) na TTP oproti OP (53,6 jedincov.m<sup>-2</sup>, 66,4 g.m<sup>-2</sup>). Podobne tomu bolo aj v prípade článkonožcov, kde bol v priemere prepočítanom na 1 m<sup>2</sup> pôdy väčší počet jedincov (43,9 jedincov.m<sup>-2</sup>) a zároveň aj väčšia hmotnosť biomasy článkonožcov (2,54 g.m<sup>-2</sup>) na TTP oproti OP (20,29 jedincov.m<sup>-2</sup>, 2,32 g.m<sup>-2</sup>). Okrem vplyvu systému hospodárenia na výskyt a hmotnosť pôdnej bioty, sme korelačnou analýzou na TTP potvrdili vplyv teploty a vlhkosti na počet dážďoviek a vplyv penetrometrického odporu na hmotnosť článkonožcov.

**Kľúčové slová:** fluvizem, dážďovky, článkonožce, pôdna teplota, pôdna vlhkosť, ekosystémové služby

## Abstract

Fluvisols as an azonal soils occur in all climatic zones. They create an important food base. A pressure on their utilisation and provisioning ecosystem services continues to grow. It can reflect in physical, chemical, and biological soil properties deterioration what can subsequently reduce an ability of Fluvisols to provide the demanded services. Functioning of many of these services is dependent on the presence and activity of soil biota, including earthworms and soil arthropods, and their interactions with the abiotic soil characteristics. The aim of the paper was to identify selected biotic (earthworm and arthropods number and biomass) and abiotic properties (soil temperature, soil moisture, penetrometric resistance) of Fluvisol developed at the alluvium of river Štiavnica in cadastre Dvorníky. Research was done in March 2015 on transect of two differentially managed localities (arable land – AL, permanent grassland – PG). Comparing the number of individuals and biomass of earthworms between AL and TTP we found that an average numbers recalculated per 1 m<sup>2</sup> were higher in PG (277,6 individuals.m<sup>-2</sup>; 122,0 g.m<sup>-2</sup>) compared to AL (53,6 individuals.m<sup>-2</sup>; 66,4 g.m<sup>-2</sup>). Similarly, it was in the case of arthropods where the average recalculated number per 1 m<sup>2</sup> was higher in PG (43,9 individuals.m<sup>-2</sup>; 2,54 g.m<sup>-2</sup>) compared to AL (20,29 individuals.m<sup>-2</sup>; 2,32 g.m<sup>-2</sup>). Besides the impact of land use and management on abundance and biomass of soil biota, we confirmed by correlation analysis at PG the effect of soil temperature and moisture on the number of earthworms, and the penetrometric resistance on arthropod biomass.

**Keywords:** Fluvisol, earthworms, arthropods, soil temperature, soil moisture, penetrometric resistance, ecosystem services

## ÚVOD

Fluvizeme patria do skupiny nivných pôd. Sú to pôdy v iníciaľnom štádiu vývoja s pôdotvorným procesom slabej tvorby a akumulácie humusu, pretože tento proces je, resp. v nedávnej minulosti bol, narúšaný záplavami a aluviálnou akumuláciou. Pre fluvizeme je typická textúrna rozmanitosť, rôzna minerálna bohatosť a rôzne vysoká hladina podzemnej vody, s následným vplyvom na vývoj ďalšieho glejového horizontu. Pôvodným prirodzeným porastom fluvizemí boli lužné lesy a nívne lúky. Tie boli v období rozmachu mnohých civilizácií premenené a využívané ako orné pôdy. Na fluvizemiach, pri riekach Tigris a Eufrat v Mezopotámii, Níl v Egypte, Ganga v Indii, Dlhá a Žltá rieka v Číne, vyrástli prosperujúce civilizácie (TAN, 2009). Aj v súčasnosti žije viac ako 50 % svetovej populácie v nivných a pobrežných oblastiach.

Fluvizeme sú azonálne pôdy, vyskytujú sa na všetkých kontinentoch a klimatických pásmach. Ich rozloha je odhadovaná na 350 miliónov hektárov, z ktorých sa viac ako polovica nachádza v tropických oblastiach (DRIESSEN, DECKERS, 2001). Na Slovensku zaberajú rozlohu viac ako 375 000 ha. Celkovo sa vyznačujú vysokou prirodzenou úrodnosťou aj v závislosti od substrátu. Ich produkčný potenciál kolíše v rozmedzí 33 – 90 bodov v 100 bodovej stupnici. Aj preto sú to významné a intenzívne využívané poľnohospodárske oblasti. Je však u nich dôležitý

pravidelný monitoring na kontamináciu, pretože potenciálne kontaminované podzemné vody alúvií ale aj samotné povodňové kaly pochádzajú z rôznych zdrojov (prítokov). Ekopriestor fluvizemí je pre nás významný najmä ako potravinová základňa a zásobáreň vôd (BIELEK, 2004).

Z uvedeného vyplýva, že dominantnými ekosystémovými službami, ktoré fluvizeme poskytujú, sú zásobovacie, ale aj regulačné služby. Vo vzťahu k rastúcej populácii ľudí sa tlak na poskytovanie najmä zásobovacích služieb bude do budúcnosti stupňovať, čo bude zvyšovať tlak na pôdu. Rezistencia fluvizemí voči rôznym intenzifikačným tlakom bude závisieť nielen od udržiavania ich dobrých fyzikálnych a chemických, ale aj biologických vlastností, vrátane biodiverzity.

Pôdna biodiverzita je rôznorodosť foriem života, ktoré sa v nej vyskytujú, od mikrojedincov až po spoločenstvá organizmov prežívajúcich v podmienkach rôznych pôdnych biotopov, vrátane pôdnych mikroagregátov. Pôda vytvára prostredie vhodné pre život až jednej štvrtine druhov žijúcich na Zemi. V pôde plnia významné funkcie a prispievajú k plneniu ekosystémových služieb. Aktívne sa podieľajú na prirodzenej regulácii druhov, opelení, zlepšujú pôdne vlastnosti, sú súčasťou kolobehu živín (GONCALVES, PEREIRA, 2012). TURBÉ *et al.* (2010) rozdelil organizmy žijúce v pôde z pohľadu ich fungovania v pôde do troch základných skupín: 1. chemických inžinierov (najmä mikroorganizmy), 2. biologických regulátorov (najmä malé bezstavovce ako nematódy, červy), 3. ekosystémových inžinierov (najmä dážďovky, mravce a niektoré malé cicavce).

Cieľom príspevku bolo zhodnotiť pôdny edafón na fluvizemi pri rôznom spôsobe obhospodarovania vo vzťahu k ďalším vybraným pôdnym parametrom majúcich vzťah k pôdnej biote.

## MATERIÁL A METÓDY

Biotické a abiotické pôdne charakteristiky sme sledovali na fluvizemi vyvinutej na fluvialných sedimentoch rieky Štiavnica. Lokalita sa nachádza v katastrálnom území obce Dvorníky a geograficky je súčasťou provincie Západné Karpaty, oblasti Slovenské stredohorie, celku Krupinská planina a oddielu Bzovická pahorkatina. Nachádza sa v nadmorskej výška 121 m. Klimaticky ide o teplú oblasť, agroklimatický oksok T4 – teplý, mierne suchý s miernou zimou. Priemerná dlhodobá ročná teplotou je tu 8,7 °C a dlhodobý priemerný úhrn zrážok je 606 mm.

V marci roku 2015 sme na vybratom transekte zahŕňajúcom 2 plochy s rôznym spôsobom využívania pôdy (orná pôda – OP, trvalý trávny porast – TTP) sledovali vybrané biotické a abiotické pôdne charakteristiky.

V rámci biotických charakteristík sme sledovali a hodnotili početnosť makro a mezo edafónu. Metódou ručného triedenia a priameho počítania sme samostatne sledovali čeľaď *Lumbricidae*. Pre zber dážďoviek sme vykopali 7 pôdnych monolitov s rozmermi 0,35 × 0,35 × 0,20 m. Pôdna hmota bola ručne triedená. Pre zber dážďoviek vyskytujúcich sa v hlbších vrstvách pôdy sme použili 0,2% roztok formalínu. Zisťovali sme početnosť a hmotnosť biomasy dážďoviek. Druhú samostatnú sledovanú skupinu tvorili pôdne článkonožce, u ktorých sme sledovali jeho

početnosť, biomasu a diverzitu. Zber bol realizovaný metódou zemných pascí. Na každej ploche (OP, TTP) bola zvolená séria 7 opakovaní.

Z abiotických charakteristík sme merali penetrometrický odpor (PO), objemovú vlhkosť pôdy ( $\theta$ ) a pôdnu teplotu (T). Penetrometrický odpor pôdy sme merali v A horizonte do hĺbky 20 cm v MPa ručným kužeľovým penetrometrom s digitálnym záznamníkom Penetrologger od firmy Eijkelkamp, s priemerom kužeľa 1 cm<sup>2</sup> a 60° vrcholovým uhlom kužeľa. Objemovú vlhkosť pôdy sme merali sondou Theta probe v %. Merania sledovaných charakteristík boli vykonané pred zberom pôdneho edafónu na miestach jeho zberu.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Početnosť aj hmotnosť biomasy dážďoviek kolísala medzi odberovými bodmi. Na ornej pôde sa početnosť pohybovala od 5 do 14 ks jedincov a v prípade hmotnosti od 1,6 do 17,6 g na jeden odberový bod. Na trvalom trávnom poraste sa početnosť pohybovala od 28 do 47 ks jedincov a hmotnosť od 10,4 do 23,8 g na jeden odberový bod (Tab. 1). Väčšia časť jedincov patrila do skupiny tzv. endogenetických druhov, vyskytujúcich sa vo väčších hĺbkach pôdy.

**Tabuľka 1** Početnosť a hmotnosť biomasy dážďoviek v 7 odberových bodoch pri rôznom spôsobe využívania pôdy

Odberový bod	OP			TTP		
	Hmotnosť biomasy (g)	Počet v hĺbke 0–0,2 m (ks)	Počet v hĺbke nad 0,2 m (ks)	Hmotnosť biomasy (g)	Počet v hĺbke 0–0,2 m (ks)	Počet v hĺbke nad 0,2 m (ks)
1	17,6	2	4	23,8	4	43
2	15,5	4	2	10,7	4	27
3	5,7	1	13	11,0	5	29
4	4,1	1	3	10,4	4	27
5	1,6	0	5	15,9	7	22
6	8,1	2	3	16,3	8	20
7	4,3	2	4	16,7	11	27
Aritmetický priemer	8,1	1,7	4,9	14,9	6,1	27,9

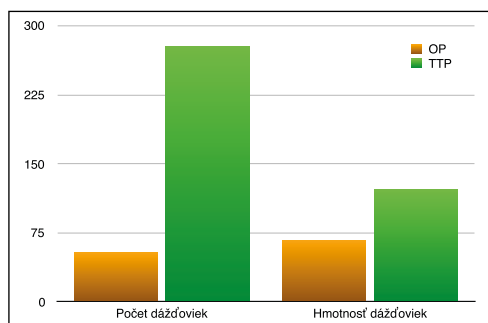
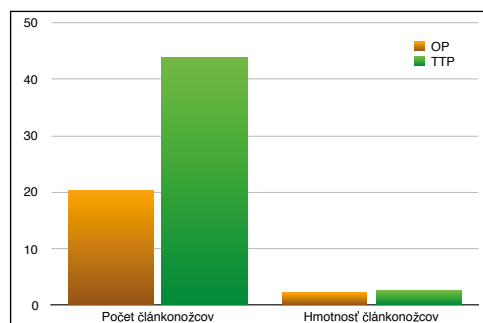
Podobne došlo ku kolísaniu v hodnotách početnosti aj hmotnosti biomasy pôdnych článkonožcov medzi odberovými bodmi. Na ornej pôde sa početnosť pohybovala od 7 do 33 ks jedincov a v prípade hmotnosti od 0,17 do 0,49 g na jednu pascu. Na trvalom trávnom poraste sa početnosť pohybovala od 4 do 115 ks jedincov a hmotnosť od 0,43 do 1,99 g na jednu pascu (Tab. 2).

**Tabuľka 2** Početnosť a hmotnosť biomasy článkonožcov zo 7 pascí pri rôznom spôsobe využívania pôdy

Pasca	OP		TTP	
	Hmotnosť biomasy (g)	Počet (ks)	Hmotnosť biomasy (g)	Počet (ks)
1	0,39	21	0,43	26
2	0,29	14	1,86	4
3	0,25	33	0,46	38
4	0,30	19	1,13	4
5	0,17	7	1,99	115
6	0,49	21	0,64	18
7	0,29	27	1,37	101
Aritmetický priemer	0,31	20,29	1,13	43,71

Pri porovnaní počtu jedincov a hmotnosti biomasy dážďoviek medzi ornou pôdou a trvalými trávnyimi porastmi sme zistili v priemere prepočítanom na 1 m<sup>2</sup> pôdy väčší počet jedincov (277,6 jedincov.m<sup>-2</sup>) a zároveň aj väčšiu hmotnosť biomasy dážďoviek (122,0 g.m<sup>-2</sup>) na TTP oproti OP (53,6 jedincov.m<sup>-2</sup>, 66,4 g.m<sup>-2</sup>) (Obr.1). Podobne tomu bolo aj v prípade článkonožcov, kde bol v priemere prepočítanom na 1 m<sup>2</sup> pôdy väčší počet jedincov (43,9 jedincov.m<sup>-2</sup>) a zároveň aj väčšia hmotnosť biomasy článkonožcov (2,54 g.m<sup>-2</sup>) na TTP oproti OP (20,29 jedincov.m<sup>-2</sup>, 2,32 g.m<sup>-2</sup>) (Obr. 2).

V hmotnostnom vyjadrení, dážďovky v pôde dominujú nad článkonožcami. Výrazne sa podieľajú na celkovej hmotnosti biomasy makrofauny (BHADAURIA, SAXENA, 2010).

**Obrázok 1** Porovnanie počtu a biomasy dážďoviek na ornjej pôde a trvalom trávnom poraste**Obrázok 2** Porovnanie počtu a biomasy článkonožcov na ornjej pôde a trvalom trávnom poraste

V rámci článkonožcov, na ornjej pôde boli eudominantné rady *Coleoptera* (59,15%), *Arenidida* (19,01%) a *Heteroptera* (11,97%). Na TTP boli eudominantné rady *Hymenoptera* (66,45%) a *Coleoptera* (22,15%).

Zistené rozdiely poukazujú na vplyv rôznych faktorov. Výrazne sa prejavil vplyv dvoch rôznych systémov hospodárenia na pôdnu biotu. Extenzívne hospodárenie na trávnom poraste vytvára lepšie podmienky pre početnosť a hmotnosť biomasy dážďoviek aj pôdnych

článkonožcov, ako potvrdzujú mnohí autori (CRITTENDEN *et al.*, 2014; MARHAN, SCHEU, 2005; SUTHAR, 2009).

Na hustotu dážďoviek vplýva aj pestovaná plodina. Najmenej ich žije pod kukuricou, obilninami a zemiakmi, pretože tieto plodiny veľmi vysušujú pôdu, v ktorej žijú (TOBIAŠOVÁ, 2013).

Okrem systémov hospodárenia majú na výskyt bioty vplyv ďalšie charakteristiky. Dážďovky sú okrem teploty citlivé na pôdnu vlhkosť, ktorá úzko súvisí s dynamikou teploty a ročným obdobím. V súvislosti s meniacou sa teplotou a vlhkosťou dochádza k vertikálnej migrácii dážďoviek. Dážďovky sú citlivé na vyschnutú pôdu a pri vysychaní migrujú do hlbších vrstiev pôdy. Napríklad *Lumbricus terrestris* v prípade veľkého sucha zostupuje až do hĺbky 3 m (MILLER-CLES-CERI, 2013).

Podobne ako pri biotických parametroch, aj v hodnotách pôdnej teploty a vlhkosti sme zistili medzi odberovými bodmi ako aj priemernými hodnotami medzi rôznymi systémami hospodárenia rozdiely. Na ornej pôde sa pôdna teplota pohybovala od 8,7 do 9,0 °C v hĺbke 0,05 m a od 7,7 do 8,3 °C v hĺbke 0,25 m. Na TTP sme zaznamenali nižšie teploty v oboch hĺbkach. V hĺbke 0,05 m sa teplota pohybovala od 7,3 do 8,2 °C, v hĺbke 0,25 m od 7,3 do 7,9 °C (Tab. 3).

**Tabuľka 3** Pôdna teplota (°C) v 7 odberových bodoch, v 2 hĺbkach pri rôznom spôsobe využívania pôdy (°C)

Odberový bod	T (°C) – OP		(°C) – TTP	
	hĺbka 0,05 m	hĺbka 0,25 m	hĺbka 0,05 m	hĺbka 0,25 m
1	9,0	8,3	7,3	7,3
2	8,8	7,8	7,5	7,5
3	9,5	7,8	8,0	7,8
4	9,0	7,8	8,0	7,8
5	8,7	7,8	7,8	7,5
6	8,7	7,8	8,2	7,9
7	8,7	7,7	8,2	7,9
Aritmetický priemer	8,9	7,9	7,9	7,7

Na ornej pôde sa pôdna vlhkosť pohybovala od 36 do 41 % v hĺbke 0,05 m a od 29 do 35 % v hĺbke 0,25 m. Na TTP sme zaznamenali v hĺbke 0,05 vyššie hodnoty pôdnej vlhkosti ako na OP, pohybujúce sa od 39 do 50 %. V hĺbke 0,25 m boli naopak na TTP hodnoty pôdnej vlhkosti nižšie, pohybujúce sa od 25 do 32 % (Tab. 4).

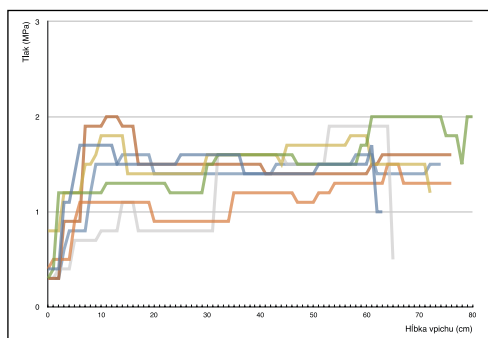


**Tabuľka 4** Pôdna vlhkosť (%) v 7 odberových bodoch, v 2 hĺbkach pri rôznom spôsobe využívania pôdy (%)

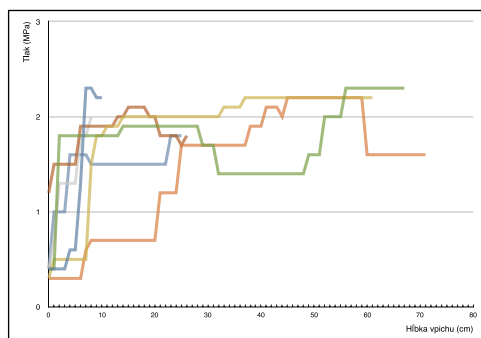
Odberový bod	θ (%) – OP		θ (%) – TTP	
	hĺbka 0,05 m	hĺbka 0,25 m	hĺbka 0,05 m	hĺbka 0,25 m
1	39,0	35,0	48,0	29,0
2	36,0	33,0	39,0	25,0
3	40,0	29,0	50,0	30,0
4	40,0	29,0	49,0	31,0
5	39,0	33,0	45,0	31,0
6	41,0	33,0	53,0	31,0
7	38,0	31,0	49,0	32,0
Aritmetický priemer	39,0	31,9	47,6	29,9

Penetrometrický odpor dosahoval v jarnom období na TTP vyššie hodnoty oproti OP (obr. 3, 4) a teda sa prejavoval vyšším zhutnením ako zoraná orná pôda.

**Obrázok 3** Penetrometrický odpor na ornej pôde



**Obrázok 4** Penetrometrický odpor na trvalom trávnom poraste



Vzájomné vzťahy medzi biotickými a abiotickými vlastnosťami sme podrobili korelačnej analýze. Jej výsledky na trvalom trávnom poraste potvrdili vplyv teploty a vlhkosti na početnosť dážďoviek ako aj penetrometrického odporu na početnosť článkonožcov (Tab. 5).

**Tabuľka 5** Korelačná analýza biotických a abiotických vlastností pôdy pri rôznom spôsobe využívania pôdy

	OP				
	Hmotnosť dážďoviek	Počet dážďoviek v hĺbke 0–0,2 m	Počet dážďoviek v hĺbke nad 0,2 m	Hmotnosť článkonožcov	Počet článkonožcov
Teplota v hĺbke 0,05 m	0,281	-0,127	0,210	-0,019	0,349
Teplota v hĺbke 0,25 m	0,535	0,000	0,000	0,337	-0,202
Vlhkosť v hĺbke 0,05 m	-0,145	-0,438	0,167	0,385	0,284
Vlhkosť v hĺbke 0,25 m	0,561	0,412	-0,200	0,321	-0,378
Penetrometrický odpor do hĺbky 0,05 m	0,286	-0,037	0,309	-0,505	0,036
	TTP				
	Hmotnosť dážďoviek	Počet dážďoviek v hĺbke 0–0,2 m	Počet dážďoviek v hĺbke nad 0,2 m	Hmotnosť článkonožcov	Počet článkonožcov
Teplota v hĺbke 0,05 m	0,018	0,774*	-0,510	0,036	0,138
Teplota v hĺbke 0,25 m	-0,018	0,724	-0,476	0,018	0,037
Vlhkosť v hĺbke 0,05 m	0,126	0,467	-0,150	-0,559	0,009
Vlhkosť v hĺbke 0,25 m	0,185	0,769*	-0,500	0,259	0,449
Penetrometrický odpor do hĺbky 0,05 m	0,144	0,411	-0,505	0,775*	0,436

## ZÁVER

Výsledky poukázali na výskyt a množstvo biomasy dážďoviek a článkonožcov vo fluvizemi ako aj na vzájomné vzťahy medzi týmito skupinami pôdnej fauny a vybranými abiotickými ukazovateľmi. Extenzívny spôsob hospodárenia na trvalom trávnom poraste sa prejavil vyššou početnosťou ako aj biomasou dážďoviek aj článkonožcov. Okrem systému hospodárenia sme zaznamenali významný vplyv teploty a vlhkosti na počet dážďoviek a vplyv penetrometrického odporu na hmotnosť článkonožcov.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0098 – 12 *Analýza, modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb*. Výskum abiotických parametrov bol realizovaný prístrojmi podporenými z OPVaV ITMS 26210120024 *Obnova a budovanie infraštruktúry pre ekologický a environmentálny výskum na UMB v Banskej Bystrici*.

## LITERATÚRA

- BHADARIA, T. – SAXENA, K.G. 2010. Role of Earthworms in Soil fertility Maintenance through the Production of Biogenic Structures. *Applied and Environmental Soil Science*. 2010: 1 – 7.
- BIELEK, P. 2004. *Pôda Slovenska. Fluvizem*. PPS dostupné on-line <http://old.agroporadenstvo.sk/rv/poda/fluvizem.htm>
- CRITTENDEN, S.J. – ESWARAMURTHY, T. – DE GOEDE, R.G.M. – BRUSSAARD, L. – PULLEMAN, M.M. 2014. Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, 83: 140 – 148.
- DRIËSSEN, P. – DECKERS, J. 2001. *Lectures notes on the major soils of the world*. Roma: FAO, ISBN 925 – 104637-9.
- GONCALVES, M.F. – PEREIRA, J.A. 2012. Abundance and diversity of soil arthropods in the olive grove ecosyste. *Journal of Insect Science*, 12: 1 – 14.
- MARHAN, S. – SCHEU, S. 2005. The influence of mineral and organic fertilisers on the growth of the endogeic earthworm *Octolasion tyraeum* (Savigny). *Pedobiologia*, 49: 239 – 249.
- MILLER, P. – CLESCERI, N. 2013. *Waste sites as biological reactors*. Boca Raton: CRC press. 2013. 384s. ISBN 978-1-4200-3249-9.
- SUTHAR, S. 2009. Earthworm communities as bio-indicator of arable land management practices: A case study in semiarid region of India. *Ecological Indicators*, 9: 588 – 594.
- TAN, H.K. 2009. *Environmental Soil Science*. 3<sup>rd</sup> edition. CRC Press, Taylor & Francis Group. 557 p. ISBN 978-1-4200-7280-8.
- TOBIAŠOVÁ, E. 2013. *Biológia pôdy*. Nitra: Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 2013. 93s. ISBN 978-80-552-1003-2.
- TURBÉ, A. – TONI, A. – BENITOP. – LAVELLE, P. – RUIZ, N. – VAN DER PUTTEN, W.H. – LABUZE, E. – MUDGAL, S. 2010. *Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers*. Bio Intelligence Service, IRD and NIOO, Report for EC DG Environment, 2010, 250 p.
-

# MIKROŽIVINY V POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔDACH SLOVENSKA – AKTUÁLNY STAV A VÝVOJ

## MICROELEMENTS IN AGRICULTURAL SOILS OF SLOVAKIA – CURRENT STATE AND DEVELOPMENT

**Jozef Kobza**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy,  
Bratislava – Regionálne pracovisko, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, Slovenská republika,  
e-mail: j.kobza@vupop.sk*

### **Abstrakt**

V príspevku je prezentovaný aktuálny stav a vývoj mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Tieto sú permanentne monitorované v 5-ročných cykloch v sieti 318 monitorovacích lokalít, ktorá zahŕňa všetky hlavné pôdne predstavitelie, pôdotvorné substráty, ako aj klimatické regióny Slovenska. Taktiež obsah mikroživín v pôdach je hodnotený aj podľa druhu pozemku (orná pôda, resp. trvalý trávny porast). Mikroživiny boli analyzované extrakciou DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová) metódou podľa Lindsay-Norvell. Na základe dosiahnutých výsledkov bolo zistené, že obsah mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je stredný až vysoký. Taktiež bolo zistené len mierne zníženie obsahu mikroživín v poľnohospodárskych pôdach Slovenska za doteraz monitorované obdobie 20 rokov.

**Kľúčové slová:** monitoring pôd, mikroživiny – meď, zinok, mangán, Slovensko

### **Abstract**

Current state and development of micronutrients (Cu, Zn, Mn) in agricultural soils of Slovakia are presented in this contribution. Microelements have been monitored in soil monitoring network which consists of 318 monitoring sites where all main soil types and geology in various climatic regions of Slovakia have been included. Therefore the concrete soils concerning their content of micronutrients are evaluated separately with regard to their land use (arable land and grassland). Microelements were determined by analytical procedures of DTPA extraction according to Lindsay-Norvell method. On the basis of obtained results it may be said that the content of microelements (Cu, Zn, Mn) is mostly medium to high. Finally, only the slight decrease of micronutrients has been indicated during the last 20 years (period of soil monitoring system in Slovakia).

**Keywords:** soil monitoring, microelements – copper, zinc, manganese, Slovakia

---

## ÚVOD

Na mikroživiny sa u nás v poslednom období akosi „pozabudlo“, jediným pracoviskom na Slovensku, ktoré celoplošne sleduje a vyhodnocuje obsah mikroživín v pôde je NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava v rámci systému monitorovania pôd SR. Názov mikroživiny sa odvodzuje jednak z toho, že ich rastliny potrebujú v porovnaní s makroživinami vo veľmi malých množstvách, ako aj z toho, že ich obsah v pôde je veľmi nízky. Mikroživiny sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroživín v pôde závisí od mineralogického zloženia. Vyšší obsah mikroživín majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biolitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroživín majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia (KOBZA a GÁBORIK, 2008).

V monitorovacej sieti pôd Slovenska sledujeme tri základné mikroživiny, a to meď, zinok a mangán, a to od 2. monitorovacieho cyklu (od roku 1997). Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová) podľa Lindsay-Norvella (KOLEKTÍV, 2011). Patrí do kategórie slabších vylúhovadiel za účelom stanovenia tých množstiev prvkov, ktoré sa môžu za určitých podmienok (pôdna reakcia, teplota, vlhkosť, sorpčná kapacita a pod.) pomerne ľahko dostávať cez koreňovú sústavu rastlín do ich vegetatívnych a generatívnych orgánov, a teda kvalitatívne ovplyvňovať produkciu poľnohospodárskych plodín. I keď tieto prvky sa hodnotia prevažne len z pohľadu kontaminácie pôd, svoje postavenie majú v malých koncentráciách aj pri výžive rastlín (FECENKO a LOŽEK, 2000).

V tomto príspevku hodnotíme súčasný, aktuálny stav mikroživín (Cu, Zn, Mn), ako aj ich doterajší vývoj v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

## MATERIÁL A METÓDY

V príspevku sme vychádzali z podkladov permanentného systému monitorovania pôd na Slovensku, ktorého sieť bola konštruovaná na základe ekologického princípu. To znamená, že monitorovacie lokality zahŕňajú všetky hlavné pôdne predstavitelia, ako aj pôdotvorné substráty, taktiež klimatické oblasti, znečistené aj relatívne čisté oblasti, špeciálne kultúry (vínice, chmeľnice), pričom zohľadňujeme aj druh pozemku (orná pôda, trvalé trávne porasty). Výsledkom takéhoto prístupu vznikla nepravidelná monitorovacia sieť 318 lokalít v rámci SR, pričom odber a analýzy pôdných vzoriek sa realizuje v pravidelných 5-ročných cykloch v ornici aj podornici poľnohospodárskych pôd. Analýzy mikroživín (Cu, Zn, Mn) boli vykonané na pracovisku laboratórnych činností pri NPPC – VÚPOP v Bratislave podľa Jednotných pracovných postupov rozborov pôd (KOLEKTÍV, 2011) a boli analyzované v extrakte DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová). Dosažené výsledky boli spracované a vyhodnotené podľa zaužívaných štatistických postupov podľa konkrétnych pôd Slovenska. Mikroživiny v poľnohospodárskych pôdach Slovenska monitorujeme od 2. monitorovacieho cyklu (odberový rok 1997).

---

Pre hodnotenie výsledkov mikroživín v pôdach Slovenska sa v súčasnosti používajú kritéria uvedené v tabuľke 1.

**Tabuľka 1** Kritériá pre hodnotenie obsahu mikroživín (JURÁNI a kol., 1985)

	Pôdny druh	malý	stredný	vysoký
Cu (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 0,80	0,81 – 2,70	nad 2,70
Zn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 1,00	1,01 – 2,50	nad 2,50
Mn (Lindsay – Norvell)	L, S, T	do 10,0	10,1 – 100,0	nad 100,0

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci monitoringu pôd Slovenska permanentne sledujeme meď, zinok a mangán v povrchovom horizonte poľnohospodárskych pôd.

### 1. Meď (Cu)

Meď je jednou z dôležitých mikroživín, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Obmedzená môže byť i tvorba kvetov a častým príznakom je i vädnutie rastlín. Je esenciálna pre rastliny, pre zvieratá, ale aj pre človeka, a preto je potrebná v malých množstvách aj v zložkách potravy. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát a špenát, ale aj repa cviklová a struková zelenina (DEMO a kol., 2002). Všeobecne možno povedať, že obsah Cu v prirodzených pôdach je odrazom dvoch hlavných faktorov, a to pôdotvorných substrátov a pôdotvorných procesov (ALLOWAY, 1999). Charakteristickým znakom distribúcie Cu v pôdach je jej akumulácia v povrchových humusových horizontoch (adsorpcia, komplexácia s organickými látkami, mikrobiálna fixácia a pod.) (ČURLÍK a ŠEFCÍK, 1999, ČURLÍK, 2011).

V nasledovnej tabuľke 2 uvádzame základné štatistické charakteristiky medi v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

**Tabuľka 2** Obsah medi (výluh DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR

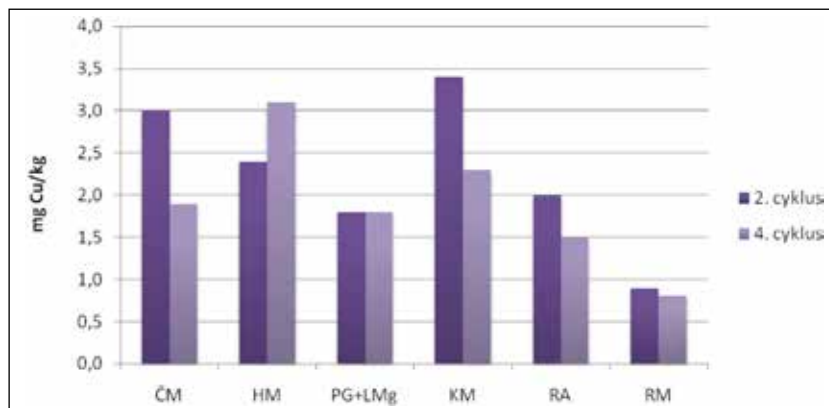
Pôdy	Druh pozemku	Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota	Max. hodnota	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient	Priemer
Pseudogleje a luvizeme	OP	0,87	5,60	0,93	52,2	1,84 (s)
	TTP	0,13	3,46	0,56	36,3	1,29 (s)
Hnedozeme	OP	1,03	23,20	3,87	123,8	3,12 (v)
Černozeme na sprašiach	OP	0,81	7,75	1,33	68,9	1,93 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed.	OP	0,46	10,40	2,75	138,12	1,94 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed.	OP	0,02	9,45	2,28	138,89	1,64 (s)
Kambizeme na vulkanitoch	TTP	0,33	2,21	0,66	63,04	1,04 (s)
	OP	0,61	4,56	1,83	96,32	1,90 (s)
Kambizeme na kryštaliniku	OP	1,13	6,67	12,88	201,6	2,76 (v)
	TTP	0,51	15,96	39,37	249,58	4,13 (v)
Kambizeme na flyši	TTP	0,70	5,52	1,00	46,37	2,07 (s)
	OP	0,98	5,30	0,98	48,33	2,11 (s)
Kambizeme na karb. substr.	TTP	1,35	3,20	0,96	35,63	2,32 (s)
	OP	1,45	3,96	0,18	11,63	2,37 (s)
Rendziny na karb. substrátoch	TTP	0,99	2,88	0,65	34,57	1,88 (s)
	OP	0,47	2,60	0,92	63,33	1,44 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed.	OP	0,68	2,40	0,47	37,52	0,85 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed.	OP	0,63	2,66	0,63	51,68	1,23 (s)
Podzoly a rankre podzolové	TTP	0,13	3,46	1,41	109,15	1,29 (s)
Regozeme na karb. pieskoch	OP	0,42	16,20	6,70	150,04	4,46 (v)
Regozeme na nekarb. pieskoch	OP	0,70	1,02	0,16	18,93	0,85 (s)
Slaniská a slance	TTP	0,65	1,62	0,37	33,45	1,10 (s)

Vysvetlivky: OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, s- stredný obsah, v – vysoký obsah

Priemerný obsah medi v poľnohospodárskych pôdach Slovenska sa pohybuje prevažne v rozpätí od 0,85 do 4,46 mg.kg<sup>-1</sup>, čo je obsah stredný až vysoký (KOBZA a kol., 2014). Vyšší obsah bol zistený na niektorých kyslých pôdach v oblasti vplyvu geochemických anomálií, resp. v pôdach pod vinicami, kde sa najmä v minulosti používali meďnaté prípravky na ochranu rastlín.

Vývoj obsahu medi v ornici hlavných pôdných predstaviteľov Slovenska za doteraz sledované obdobie je znázornený na obrázku 1.

**Obrázok 1** Vývoj obsahu medi (DTPA) v hlavných pôdnych predstaviteľoch Slovenska



Doterajší vývoj obsahu medi v hodnotených pôdach prebieha prevažne v smere mierneho poklesu. Medzi ornými pôdami a pôdami pod trvalými trávnyimi porastami neboli zistené výraznejšie rozdiely, čo ukazuje skôr na prirodzenú zásobenosť tejto mikroživiny v pôdach a jej určité optické disproporcie v časovom horizonte sú skôr výsledkom prirodzenej variability (KOBZA a kol., 2014). Najvyššie hodnoty medi boli zistené na kambizemiach, hlavne nachádzajúcich sa na kryštaliniku, kde sú zahrnuté aj kambizeme nachádzajúce sa v oblasti vplyvu geochemických anomálií, ktoré sú charakteristické vyšším obsahom ťažkých kovov vrátane medi, a preto aj obsah medi je tu najvyšší.

## 2. Zinok

Zinok je v zemskej kôre distribuovaný relatívne rovnomerne s tendenciou jeho koncentrácie v ultrabázických horninách. Je to chalkofilný prvok, ktorý sa koncentruje v jednoduchých sulfidoch (ZnS - sfalerit). Zn je mobilný a pre rastliny prístupný najmä v ľahkých kyslých pôdach. Naopak imobilizácia zinku je podporovaná prítomnosťou vápnika a fosforu (ČURLÍK a ŠEFČÍK, 1999, ČURLÍK, 2011). Zinok je aktivátorom a stabilizátorom enzýmov, riadiacich metabolizmus rastlín. Oplyvňuje spotrebu cukrov, oxidačné procesy a transformáciu aminokyselín. Pri jeho nedostatku sa znižuje syntéza RNK, bielkovín, škrobu a je porušená tvorba chlorofylu (FECENKO a LOŽEK, 2000).

Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01–2,5 mg.kg<sup>-1</sup> – stredný obsah.

V nasledovnej tabuľke 3 uvádzame základné štatistické charakteristiky zinku v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.



**Tabuľka 3** Obsah zinku (DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR

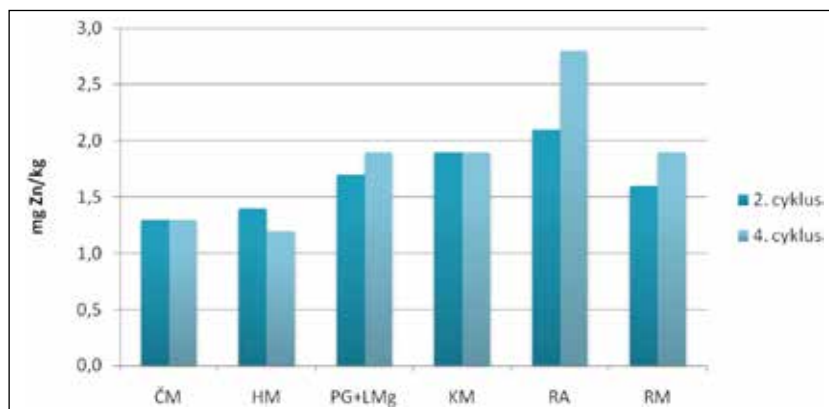
Pôdy	Druh pozemku	Zn (mg.kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota	Max. hodnota	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient	Priemer
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách	OP	0,54	13,30	3,02	153,85	1,96 (s)
	TTP	0,94	5,00	1,52	60,93	2,49 (s)
Hnedozeme	OP	0,39	7,78	1,48	83,33	1,19 (s)
Černozeme	OP	0,15	2,60	0,67	52,49	1,28 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed.	OP	0,10	8,92	1,80	156,56	1,13 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed.	OP	0,22	46,90	9,14	283,96	3,22 (v)
Kambizeme na vulkanitoch	TTP	1,47	2,24	0,30	16,12	1,88 (s)
	OP	1,73	2,43	0,34	16,42	2,06 (s)
Kambizeme na kyslých substrátoch	OP	0,79	3,24	0,97	50,81	1,97 (s)
	TTP	0,63	10,39	3,68	75,58	3,80 (v)
Kambizeme na flyši	TTP	0,46	5,47	1,53	53,27	2,84 (v)
	OP	0,53	7,40	1,59	75,55	2,12 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch	TTP	1,04	10,90	3,41	103,98	3,65 (v)
	OP	0,85	2,49	0,22	21,81	1,50 (s)
Rendziny na vápencoch	TTP	0,55	24,87	6,70	160,30	4,18 (v)
	OP	0,86	4,27	1,14	40,21	2,83 (v)
Čiernice na karb. fluv. sed.	OP	0,26	4,26	1,00	108,13	0,93 (m)
Čiernice na nekarb. fluv. sed.	OP	0,41	3,51	0,90	55,26	1,63 (s)
Podzoly a rankre podzolové	TTP	0,79	13,20	4,16	103,60	4,02 (v)
Regozeme na karb. pieskoch	OP	0,35	2,47	0,88	52,50	1,68 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch	OP	1,11	2,88	0,90	47,80	1,89 (s)
Slaniská a slance	TTP	0,22	1,96	0,55	84,41	0,65 (m)

Vysvetlivky: OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, m – malý obsah, s- stredný obsah, v – vysoký obsah

Obsah zinku v ornici poľnohospodárskych pôd sa pohybuje prevažne v rozpätí 0,65 – 4,18 mg.kg<sup>-1</sup> (Tab. 3), čo je obsah malý až vysoký. Najvyššie hodnoty (4,02 – 4,18 mg.kg<sup>-1</sup>) boli namerané na podzoloch, ale aj na niektorých rendzinách. Najnižšie hodnoty obsahu zinku boli zistené na zasolených pôdach, černozemiach, čierniciach a hnedozemiach (0,65 – 1,28 mg.kg<sup>-1</sup>). Za optimálnu hladinu zinku v pôde považujeme hodnoty na úrovni 1,01 – 2,5 mg.kg<sup>-1</sup> - stredný obsah (KOBZA a GÁBORIK, 2008). Na základe našich údajov uvedených v tabuľke 2 obsah zinku v poľnohospodárskych pôdach Slovenska aj v súčasnosti sa pohybuje prevažne v oblasti strednej až vysokej zásobenosti.

Vývoj obsahu zinku za doteraz sledované obdobie je znázornený na obrázku 2.

**Obrázok 2** Vývoj obsahu zinku (DTPA) v hlavných pôdnych predstaviteľoch Slovenska



Vývoj obsahu zinku je bez výraznejších zmien, určité amplitúdy v smere mierneho zníženia alebo zvýšenia varíruje v rámci prirodzenej variability na úrovni strednej zásobenosti. Rozdiely v obsahu zinku medzi jednotlivými monitorovacími cyklami nie sú výrazné a štatisticky nepreukazné (KOBZA a kol., 2014).

### 3. Mangán

Je najbežnejšou mikroživinou v litosfére. Súčasne ovplyvňuje správanie mnohých iných mikroživín. Rozdiely mangánu v pôdach sú do značnej miery ovplyvnené pedogenezou, tiež súvisia aj s obsahom ílovej frakcie v pôdach (ČURLÍK a ŠEFČÍK, 1999). Mangán v rastlinách zvyšuje intenzitu dýchania, látkovej premeny a tak stimuluje rozvoj vegetatívnych orgánov. Pozitívne ovplyvňuje tvorbu kyseliny L-askorbovej (vitamínu C), ako aj syntézu RNK a DNK. Jeho nedostatok sa prejavuje obmedzením tvorby chloroplastov, čím sa znižuje fotosyntéza, v dôsledku čoho je nižšia tvorba sacharidov a škrobu (FECENKO a LOŽEK, 2000).

V nasledovnej tabuľke 4 uvádzame základné štatistické charakteristiky mangánu v ornici v konkrétnych pôdnych predstaviteľoch poľnohospodárskych pôd Slovenska.

**Tabuľka 4** Obsah mangánu (DTPA) v ornici (0–10 cm) poľnohospodárskych pôd SR

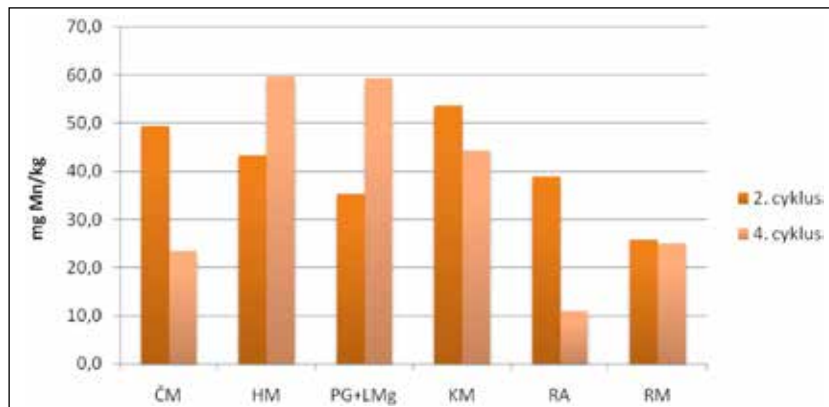
Pôdy (1)	Druh pozemku	Mn (mg.kg <sup>-1</sup> )				
		Min. hodnota	Max. hodnota	Smerodajná odchýlka	Variačný koeficient	Priemer
Pseudogleje a luvizeme na spraš. hlinách	OP	13,50	105,00	29,72	49,64	59,32 (s)
	TTP	27,10	181,00	54,47	58,40	93,26 (s)
Hnedozeme	OP	9,48	126,00	33,82	56,77	59,58 (s)
Černozeme	OP	6,74	75,11	18,39	78,65	23,38 (s)
Fluvizeme na karb. fluv. sed.	OP	3,48	49,10	10,44	66,69	15,57 (s)
Fluvizeme na nekarb. fluv. sed.	OP	7,55	73,50	18,45	57,56	32,05 (s)
Kambizeme na vulkanitoch	TTP	9,01	74,78	21,39	70,25	30,45 (s)
	OP	17,22	31,27	5,97	23,67	25,24 (s)
Kambizeme na kyslých substrátoch	OP	9,70	108,00	31,70	57,23	56,18 (s)
	TTP	24,60	92,80	29,27	46,56	62,42 (s)
Kambizeme na flyši	TTP	12,20	210,00	50,45	62,91	75,48 (s)
	OP	10,90	117,00	33,42	62,84	56,82 (s)
Kambizeme na karb. substrátoch	TTP	17,00	124,00	28,52	59,56	59,20 (s)
	OP	25,60	63,90	26,16	57,62	38,80 (s)
Rendziny	TTP	10,83	126,88	41,59	111,76	33,41 (s)
	OP	7,32	15,44	2,99	27,51	10,87 (s)
Čiernice na karb. fluv. sed.	OP	3,96	26,40	6,30	66,00	9,45 (s)
Čiernice na nekarb. fluv. sed.	OP	13,70	90,00	23,14	53,21	43,50 (s)
Podzoly a rankre podzolové	TTP	0,13	5,08	1,76	115,33	1,52 (m)
Regozeme na karb. pieskoch	OP	5,20	31,30	11,41	66,63	17,14 (s)
Regozeme na nekarb. pieskoch	OP	15,10	32,60	9,00	35,90	25,06 (s)
Slaniská a slance	TTP	1,84	19,60	5,98	82,09	7,29 (m)

Vysvetlivky: OP – orná pôda, TTP – trvalé trávne porasty, m – malý obsah, s- stredný obsah

Priemerný obsah mangánu v ornici poľnohospodárskych pôd sa pohybuje v širokom rozpätí 1,52–93,26 mg.kg<sup>-1</sup> (Tab. 4), čo ukazuje na výraznú priestorovú heterogenitu tohto prvku v našich pôdach. Potvrdili to aj doterajšie výsledky agrochemického skúšania pôd (ASP) na poľnohospodárskych pôdach Slovenska (KOBZA a GÁBORÍK, 2008). Ide preto o obsah malý až stredný, prevažne však možno konštatovať, že prevláda stredná zásobenosť našich pôd mangánom a je ho v našich pôdach relatívny dostatok. Prípadný nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (DEMO a kol., 2002).

Doterajší vývoj obsahu mangánu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je graficky znázornený na obrázku 3.

**Obrázok 3** Vývoj obsahu mangánu (DTPA) v hlavných pôdnych predstaviteľoch Slovenska



Vzhľadom k tomu, že je známa značná priestorová prirodzená heterogenita obsahu mangánu v pôdach, tendencia jeho vývoja v pôdach Slovenska nie je preto jednoznačná (KOBZA a GÁBORÍK, 2008). Jeho variabilita v čase je skôr spôsobená spôsobom kultivácie, ako aj pedogénnymi procesmi, najmä eróziou pôd, pretože táto mikroživina sa do pôdy bežne neaplikuje a neaplikovala sa ani v minulosti. Celkovo však môžeme konštatovať, že ani pri mangáne nevykazujeme deficit v našich pôdach s výnimkou veľmi kyslých pôd – podzolov a rankrov podzolových, ako aj zasolených pôd – slanísk a slancov.

## ZÁVER

V príspevku sme sa pokúsili zhodnotiť aktuálny stav a doterajší vývoj mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

Na základe našich doterajších najnovších zistení z výsledkov monitoringu pôd Slovenska možno konštatovať, že obsah základných mikroživín (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach je prevažne stredný až vysoký. Z tohto pohľadu nie je v súčasnosti potreba vykonať žiadne špeciálne regulačné opatrenia na úpravu ich zásobenosti v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. Prípadné lokálne deficity, prejavované určitými karenčnými poruchami poľných plodín, je možné napraviť formou foliárneho postreku príslušnou živinou, ako ekonomicky najpriateľnejší spôsob. Avšak pri zakladaní vytrvalých kultúr (ovocné sady, vinice, chmeľnice) je potrebné prípadné deficity v obsahoch jednotlivých mikroživín odstrániť aplikáciou príslušného hnojiva do pôdy na hodnotu stredného obsahu.

Ich vývojový trend je viac alebo menej variabilný, čo zodpovedá ich prirodzenej heterogenite v poľnohospodárskych pôdach Slovenska, pretože celoplošná aplikácia uvedených mikroživín sa v poľnohospodárskej praxi takmer nerealizuje a nerealizovala sa ani v minulosti.

## LITERATÚRA

- ALLOWAY, B. J. 1999. *Schwermetalle in Boden*. Springer, Verlag Berlin, 540 p.
- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. 1999. *Geochemický atlas SR. Časť V: Pôdy*. MŽPSR a VÚPOP Bratislava, 1999, 99s. + mapové prílohy, ISBN 80-88833-14-0.
- ČURLÍK, J. 2011. *Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska*. PF UK Bratislava, 2011, monografia, 1. vyd. 462 s. ISBN 978-80-967696-3-6.
- DEMO, M. – HRIČOVSKÝ, I. – BIELEK, P. – FEHÉR, A. – FRANČÁKOVÁ, H. – GINTEROVÁ, A. – HANÁČKOVÁ, E., – HRAŠKA, Š. – HRONSKÝ, Š. – HÚSKA, D. – JUREKOVÁ, Z. – LANDA, Z. – POSPÍŠIL, R. – REHÁK, Š. – RÓZOVA, Z. – SÝKOROVÁ, Z. – VALŠÍKOVÁ, M. 2002. *Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve* SPU Nitra, 581s. ISBN 80-8069-056-1.
- FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. SPU Nitra a Duslo Šaľa a. s. 2000, 422 s. ISBN 80-7137-777-5.
- JURÁNI, B. – NEUBERG, J. – ZELENÝ, F. 1985. *Hnojení mikroživinami. Komplexní metodika výživy rostlin*. UVTIZ Praha, 1985, s. 151 – 169.
- KOBZA, J. – GÁBORÍK, Š. 2008. *Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. VÚPOP Bratislava, 58 s. ISBN 978-80-89128-47-1.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDA, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007–2012)*. NPPC – VÚPOP Bratislava, 2014, 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0.
- KOLEKTÍV, 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. VÚPOP Bratislava, 136s. ISBN 978-80-89128-89-1.
-

# POĽNOHOSPODÁRSKE VYUŽÍVANIE NEPRAVIDELNE ZAPLAVOVANÝCH ÚZEMÍ

## AGRICULTURAL USE OF IRREGULARLY OVERFLOWING AREAS

Ladislav Kováč, Dana Kotorová, Božena Šoltysová, Jana Jakubová,  
Pavol Balla

NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, e-mail: kovac@minet.sk

### Abstrakt

V rokoch 2012–2015 sa na území poldra Beša riešil projekt APVV-0163–11 „Analýza vlastností pôdy a vývoja krajiny v nepravidelne zaplavovaných územiach“. Hodnotili sa produkčné parametre trvalých trávnych porastov, koncentrácia živín, floristické zloženie a využívanie trvalých trávnych porastov. Produkčné parametre v priemere rokov dosiahli hodnotu 3,11 t.ha<sup>-1</sup>. V porovnaní rokov sa výrazne najvyššia produkcia sušiny dosahovala v roku 2014. Vo všetkých sledovaných rokoch sa najvyššia úroda dosiahla v severnej časti poldra. Najvyššiu koncentráciu dusíka a dusíkatých látok v sušine mali trávne porasty v centrálnej a východnej časti poldra, kde v rokoch 2012 a 2014 ich koncentrácia v sušine prekračovala 7%. Porasty v centrálnej a východnej časti sa vo všetkých sledovaných rokoch vyznačovali výrazne nižším obsahom vlákniny. Porasty tráv v severnej a južnej časti sa vo všetkých sledovaných rokoch vyznačovali vyšším obsahom fosforu v sušine. Koncentrácia draslíka kolísala v rokoch, ale aj podľa jednotlivých častí poldra. Na vápnik boli chudobnejšie porasty v centrálnej časti poldra, v rokoch 2012 a 2013 tu koncentrácia vápnika neprekročila 0,2%. Trávne porasty vo východnej časti poldra sa vyznačovali najvyšším obsahom horčíka. Floristická analýza sa vzťahovala k roku 2009. TTP v poldri predstavovali vlhké aluviálne lúky tvorené psiarkovými porastmi. Trávna zložka dosahovala v rokoch 2012–2015 vo všetkých častiach poldra 85,5–96,1% zastúpenie. Najvyššie zastúpenie mala psiarka lúčna (*Alopecurus pratensis* L.), a to 82–99%. Z bôbových sa najčastejšie vyskytovala vika vtáčia (*Vicia cracca* L.), menej ďatelina lúčna (*Trifolium pratense* L.) a ďatelina plazivá (*Trifolium repens* L.). Najvýznamnejšie zníženie zastúpenia bylín, menej až o 9,5% v porovnaní s rokom 2009, sa zistilo centrálnej časti poldra. Najvýznamnejšie boli zastúpené iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.), púpava lekárska (*Taraxacum officinale* Weber in Wiggers), pichliač roľný (*Cirsium arvense* L. Scop.), lipkavec severný (*Galium boreale* L.), margaréta biela (*Leucanthemum vulgare* Lamk.), vlkovec obyčajný (*Aristolochia clematitis* L.), kukučka lúčna (*Lychnis flos-cuculi* L.), palina obyčajná (*Artemisia vulgaris* L.), lipkavec močiarny (*Galium palustre* L.), pichliač roľný (*Cirsium arvense* L. Scop.) a iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.). Prázdne miesta sa v monitorovanom období nevyskytovali ani v jednej časti poldra. Lúky v poldri sa poľnohospodársky využívajú buď kosením, alebo mulčovaním. Vo všetkých sledovaných rokoch sa kosilo len v severnej časti poldra. Z celkovej výmery severnej časti 165,42 ha sa porast pokosil na výmere

91,77 ha. Na zostávajúcich častiach poldra sa trvalé trávne porasty nevyužívali na výrobu sena, ale celá výmera sa mulčovala a trávna hmota zostávala na pozemkoch.

**Kľúčové slová:** nepravidelne zaplavované územie, floristické zloženie, poľnohospodárske využívanie

### **Abstract**

Between 2012 and 2015 years in the polder Beša project APV-0163-11 "Analyses of soil properties and landscape development for non-regularly overflowed areas". Production parameters, concentration of nutrients in plant material, floristic composition and using of perennial grass swards were valued.

Production parameters in average years reached value 3.11 t ha<sup>-1</sup>. Significantly the highest dry matter production was reached in year 2014. In all observed years the highest yield was obtained in north side of polder. The highest concentration of nitrogen and nitrogenous substances in dry matter had perennial grass swards in central and east sides of polder, when in years 2012 and 2014 the concentration of nitrogen substances was higher than 7%. In all observed years the swards in central and east sides contained the significantly lower content of crude fibre. The swards in north and south sides had higher content of phosphorus in dry matter. The potassium concentration varied not only in observed years, but also in individual sides of polder. The swards of the central part of polder was poorer on calcium concentration. In years 2012 and 2013 the calcium concentration wasn't higher than 0.2%. The grass swards in east part of polder had the highest content of magnesium. Floristic analysis related with its results from year 2009. The foxtail stands on moisture meadows represented the perennial grass swards in polder. Between years 2012 and 2015 the grasses reached 85.5–96.1% abundance in all parts of polder. The highest abundance, namely 82–99%, had meadow foxtail (*Alopecurus pratensis* L.). From leguminosae the most common bird's tare (*Vicia cracca* L.), less red clover (*Trifolium pratense* L.) and white clover (*Trifolium repens* L.). The significantly decreasing of other herbs, less till about 9.5% in comparison with year 2009, was determined in central part of polder. The most were represented other herbs as follows: *Ranunculus repens* L., *Taraxacum officinale* Weber in Wiggers, *Cirsium arvense* L. Scop., *Galium boreale* L., *Leucanthemum vulgare* Lamk., *Aristolochia clematitis* L., *Lychnis flos-cuculi* L., *Artemisia vulgaris* L., *Galium palustre* L., *Cirsium arvense* L. Scop., *Ranunculus repens* L.. During the monitoring the bare ground in polder wasn't determined. The meadows in polder are agricultural use either cutting or mulching. In all observed years only north part of polder was cut. In this part of polder the sward from land area 91.77 ha was cut. In the other parts of polder the whole land area of perennial grass swards was mulched and grass matter remains on plots.

**Keywords:** irregularly overflowing area, floristic composition, agricultural use

---

## ÚVOD

Nížiny sú významnými poľnohospodárskymi oblasťami, ktoré sú intenzívne využívané. Nepravidelne zaplavované územie, akým je aj polder Beša, možno v čase bez záplav poľnohospodársky využívať. Z celkovej rozlohy poldra sa poľnohospodársky využíva 50,03 %, čo predstavuje výmeru 784,46 ha. Ako orná pôda sa využívajú okrajové vyvýšené hony s výmerou 146,05 ha a na výmere 638,41 ha (81,38 % p. p.) sa nachádzajú trvalé trávne porasty. Na zostávajúcej výmere sa nachádzajú porasty lužných lesov, remízky stromov a kríkov, rôzne depresné poľnohospodársky nevyužiteľné plochy, stojaté vodné plochy v rôznych častiach poldra, močiare, kanály, poľné cesty.

Poľnohospodárska rastlinná výroba je významne ovplyvňovaná priebehom počasia, a tým je väčšmi ohrozená než iné výrobné odvetvia. Podľa *SOBOCKEJ et al.* (2010), vzniká tu silnejší tlak na adaptovanie sa na prebiehajúce klimatické zmeny. Celosvetovo, Slovensko nevynímajúc, je zjavný trend zvyšovania priemerných teplôt vzduchu, nárast zrážkových úhrnov, ale zároveň aj ich nerovnomerné rozdelenie počas roka. S tým súvisí častejší výskyt extrémnych poveternostných javov, ako sú lokálne povodne, privalové zrážky, či dlhšie suché obdobia.

Poľnohospodársky intenzívne využívaná krajina v nížinách je pri extrémnych dažďových zrážkach ohrozená záplavami z pretekajúcich tokov. Dôsledkom prítomnosti vody na povrchu pôdy je zníženie jej úrodnosti. Ochranou pred povodňami a záplavami na poľnohospodárskej pôde je výstavba tzv. suchých poldrov, ktoré sú napúšťané iba pri mimoriadnych povodňových situáciách. V období, kedy je priebeh poveternostných podmienok na úrovni normálu, sa tieto územia môžu aj poľnohospodársky využívať.

V roku 2010, v dôsledku extrémne vysokých zrážok a nasýtenia pôdneho profilu vodou na úroveň poľnej vodnej kapacity, sa na Východoslovenskej nížine (VSN) vyskytli povodne. Z dôvodu tejto mimoriadnej povodňovej situácie na rieke Bodrog bol polder Beša od uvedenia do prevádzky po siedmykrát napustený.

V juhovýchodnej časti Východoslovenskej nížiny (VSN) v povodí rieky Bodrog bol vybudovaný suchý polder pri obci Beša, ktorý je výmerou 1 568,92 ha a kapacitou 53 mil. m<sup>3</sup> vody druhým najväčším suchým poldrom v strednej Európe (*ŠŤOTOR et al.*, 1995). Suchý polder Beša sa napúšťa vodou z rieky Laborec len vtedy, keď je ohrozené dodržanie dohody s Maďarskou republikou o maximálnom prietoku a hladine rieky Bodrog v Stredě nad Bodrogom. Vypúšťa sa pri poklese hladiny v Laborci a po vysušení pôdy sa predtým zaplavené pozemky môžu obrábať (*MATI et al.*, 2009).

Cieľom príspevku je determinovať možnosti poľnohospodárskeho využívania nepravidelne zaplavovaného územia suchého poldra Beša v čase medzi jeho napusteniami.

## MATERIÁL A METÓDY

Vodohospodárska stavba polder Beša je suchá nádrž, ktorá bola vybudovaná ako súčasť komplexu vodohospodárskych stavieb a zariadení na Východoslovenskej nížine pre ochranu



proti veľkým vodám. Účelom poldra je znížiť povodňovú vlnu Laborca pod sútokom s Uhom až o  $600 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  (VOLOŠ, 2009; KOLESÁROVÁ a MYDLA, 2014). Polder je vybudovaný na pravom brehu Latorice a ľavom brehu Laborca nad jeho zaústením do Latorice v inundačnom priestore pod obcou Beša na ploche  $1\,568 \text{ ha}$ . Maximálna retenčná kapacita poldra je  $53 \text{ mil. m}^3$ . Pre napúšťanie i vypúšťanie poldra slúži iba jeden objekt. Od svojho uvedenia do prevádzky v roku 1965 doteraz bol polder napustený sedemkrát, naposledy počas povodní v roku 2010.

Územie poldra Beša sa nachádza klimatickom regióne T03, ktorý je podľa LINKEŠA *et al.* (1996) charakterizovaný ako teplý, veľmi suchý, nížinný, kontinentálna s chladnou zimou. Priemerné ročné teploty vzduchu sa pohybujú v rozmedzí  $9,0 - 9,4 \text{ }^\circ\text{C}$  a za vegetačné obdobie  $16,1 - 16,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Podľa množstva spadnutých zrážok patrí územie poldra Beša do regiónu veľmi suchého. V dlhodobom ročnom priemere úhrn zrážok dosahuje  $572 - 584 \text{ mm}$  a za vegetačné obdobie  $344 - 353 \text{ mm}$ . Aj keď na zrážky sú najbohatšie letné mesiace ( $66 - 82 \text{ mm}$ ), z dôvodu vysokých teplôt vzduchu ( $18,5 - 20,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ) však prevláda výpar nad zrážkami.

Problematika poľnohospodárskeho využitia nepravidelne zaplavovaných území sa riešila v suchom poldri Beša prostredníctvom dvoch projektov, a to v rokoch 2007–2009 projekt APVV-0477–06 „Kvantifikácia mimoprodukčných funkcií pôdy a krajiny v suchom poldri Beša“, v rokoch 2012–2015 projekt APVV-0163–11 „Analýza vlastností pôdy a vývoja krajiny v nepravidelne zaplavovaných územiach“.

V areáli poldra sa hodnotili zmeny vo floristickom zložení trvalých trávnych porastov (TTP). Z pohľadu agrárneho využitia územia sa na trvalých trávnych porastoch hodnotili prejavy opúšťania pomocou indexu pokročilosti, pri ktorom je 0 – začínajúce pustnutie, 1 – pokročilejšie pustnutie a 2 – výrazné pustnutie prejavujúce sa zárastom lesom a nelesnou drevinou vegetáciou. Pri využívaných trvalých trávnych porastoch sa monitoroval spôsob ich využívania. Floristické zloženie TTP bolo hodnotené metódou redukovanej projektívnej dominancie (BRAUN-BLANQUET, 1964). Floristické zloženie sa nestanovovalo na honoch s prejavmi pustnutia. Areál poldra sa vyznačuje značnou heterogenitou, ktorá v spojení s rozsiahlou výmerou poldra komplikovala výskum a preto sa územie poldra už v začiatkových fázach terénnych prieskumov rozdelilo do štyroch pomerne kompatibilných častí – severnú, centrálnu, južnú a východnú. Okrem hodnotenia TTP sa na základe získaných informácií stanovili aj hranice poldra, výmery TTP, ornej pôdy s konkretizáciou pestovaných plodín, stanovili sa výmery podľa katastrov a podľa užívateľov pozemkov.

Cieľom príspevku bolo determinovať možnosti poľnohospodárskeho využitia nepravidelne zaplavovaného územia suchého poldra Beša v čase medzi jeho napusteniami.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

V štruktúre poľnohospodárskej pôdy v poldri Beša trvalé trávne porasty zaberajú výmeru  $638,41 \text{ ha}$ , čo predstavuje  $81,38 \%$  z poľnohospodárskej pôdy. Pre hodnotenie trvalých trávnych porastov sa areál poldra rozdelil do štyroch častí, a to na severnú, centrálnu, južnú a východnú časť. Z každej časti sa odoberali vzorky rastlinného materiálu na základe ktorých sa stanovili

produkčné parametre TTP v jednotlivých častiach poldra (Tab. 1). Úrody boli stanovované zo vzoriek odobratých zo začiatku júna v štyroch sledovaných rokoch 2012 až 2015. Vzhľadom k tomu, že porasty TTP sa v priebehu roka mulčovali, alebo kosili len raz, aj hodnotenie úrod sa robilo len z jednej kosby.

**Tabuľka 1** Úrody TTP [ $t \cdot ha^{-1}$ ] v rokoch 2012 – 2015 v absolútnej sušine

Časť poldra	Rok				za roky
	2012	2013	2014	2015	
severná	2,95	2,90	4,62	2,75	3,31
centrálna	2,54	2,39	4,27	2,42	2,91
južná	2,79	2,77	4,56	2,72	3,21
východná	2,88	2,63	4,41	2,15	3,02
za polder	2,79	2,67	4,47	2,51	3,11

Produkčné parametre trvalých trávnych porastov zodpovedali extenzite ich pestovania a využívania a v priemere meraní dosiahli hodnotu  $3,11 t \cdot ha^{-1}$ . V porovnaní rokov sa výrazne najvyššia produkcia sušiny dosahovala v roku 2014, najnižšie úrody sa zaznamenali v suchých a teplých rokoch 2013 a 2015. Vo všetkých sledovaných rokoch sa najvyššia úroda dosiahla v severnej časti poldra. V priemere rokov 2012 až 2015 tu bola úroda  $3,31 t \cdot ha^{-1}$ . Pre trávny porast v poveternostne priaznivom roku 2014 sa v severnej časti dosiahla najvyššia úroda  $4,62 t \cdot ha^{-1}$ . Najnižšia úroda sa v severnej časti dosiahla v extrémne suchom a teplom roku 2015 a to vo výške  $2,75 t \cdot ha^{-1}$ .

Najnižšie úrody sa dosahovali v centrálnej časti poldra. Priemerná úroda tu bola  $2,91 t \cdot ha^{-1}$ . V južnej časti poldra bola priemerná úroda len o  $0,1 t \cdot ha^{-1}$  nižšia ako v severnej časti. Najvyššia úroda bola v roku 2014 vo výške  $4,56 t \cdot ha^{-1}$ . Vo východnej časti bola priemerná úroda  $3,02 t \cdot ha^{-1}$ . V roku 2015 sa tu dosiahla najnižšia úroda  $2,15 t \cdot ha^{-1}$ .

V tabuľke 2 sú uvedené výsledky chemických analýz rastlinného materiálu z TTP z rokov 2012 až 2014. Zo vzoriek trávneho porastu sa hodnotila koncentrácia dusíka, dusíkatých látok, vlákniny, fosforu, draslíka, vápnika a horčíka. Najvyššiu koncentráciu dusíka a dusíkatých látok (NL) v sušine mali trávne porasty v centrálnej a východnej časti poldra. V rokoch 2012 a 2014 koncentrácia NL v sušine prekračovala 7%. V roku 2013 koncentrácia NL v sušine porastu v centrálnej a východnej časti poldra prekročila 6,30% a bola vyššia ako v poraste v severnej a južnej časti. Porasty v centrálnej a východnej časti sa vyznačovali výrazne nižším obsahom vlákniny, a to vo všetkých sledovaných rokoch.

**Tabuľka 2** Koncentrácia živín [%] v rastlinnom materiáli z TTP

Časť poldra	Rok	N	NL	vláknina	P	K	Ca	Mg
severná	2012	1,02	6,36	28,46	0,21	1,80	0,235	0,095
	2013	0,94	5,86	30,74	0,20	1,81	0,204	0,098
	2014	1,09	6,83	28,38	0,17	1,57	0,318	0,111
		<b>1,02</b>	<b>6,35</b>	<b>29,19</b>	<b>0,19</b>	<b>1,73</b>	<b>0,252</b>	<b>0,101</b>

Časť poldra	Rok	N	NL	vláknina	P	K	Ca	Mg
centrálna	2012	1,15	7,17	26,37	0,18	1,65	0,197	0,091
	2013	1,01	6,30	24,21	0,16	1,77	0,189	0,094
	2014	1,15	7,18	26,87	0,12	1,64	0,281	0,122
		<b>1,10</b>	<b>6,88</b>	<b>25,82</b>	<b>0,15</b>	<b>1,69</b>	<b>0,222</b>	<b>0,102</b>
južná	2012	0,96	5,98	29,84	0,20	1,76	0,221	0,080
	2013	0,97	6,04	27,02	0,21	1,88	0,208	0,085
	2014	1,04	6,48	27,13	0,16	1,57	0,357	0,129
		<b>0,99</b>	<b>6,17</b>	<b>28,00</b>	<b>0,19</b>	<b>1,74</b>	<b>0,262</b>	<b>0,098</b>
východná	2012	1,19	7,46	23,85	0,16	1,52	0,299	0,112
	2013	1,09	6,83	26,68	0,14	1,57	0,286	0,101
	2014	1,22	7,61	25,76	0,15	1,72	0,377	0,134
		<b>1,17</b>	<b>7,30</b>	<b>25,43</b>	<b>0,15</b>	<b>1,60</b>	<b>0,321</b>	<b>0,116</b>

kde: N – dusík, NL – dusíkaté látky, P – fosfor, K – draslík, Ca – vápnik, Mg – horčík

Porasty tráv v severnej a južnej časti sa vo všetkých sledovaných rokoch vyznačovali vyšším obsahom fosforu v sušine. Koncentrácia fosforu v rokoch 2012 a 2013 v týchto častiach dosiahla 0,20 až 0,21 %. Koncentrácia draslíka kolísala v rokoch, ale aj podľa jednotlivých častí poldra. Na vápnik boli chudobnejšie porasty v centrálnej časti poldra. V rokoch 2012 a 2013 tu koncentrácia vápnika neprekročila 0,2%. Najvyššia koncentrácia vápnika bola analyzovaná z porastu vo východnej časti v roku 2014, a to 0,377 %. Trávne porasty vo východnej časti poldra sa vyznačovali najvyšším obsahom horčíka. V každom zo sledovaných rokov koncentrácia horčíka v sušine prekračovala 0,1 %.

V severnej časti poldra TTP zaberajú výmeru 165,42 ha. V roku 2012 v porastoch prevládali trávy, ktoré pokrývali 96,1 % plochy (Tab. 3.). Trávnu zložku z 95 až 99 % tvorila psiarka lúčna (*Alopecurus pratensis* L.). Z ostatných tráv boli identifikované len 1 – 3 % zastúpenia lipnice stlačenej (*Poa compressa* L.). Nízke bolo zastúpenie bôbovitých (1,9 %), z ktorých sa vyskytovala len vika vtáčia (*Vicia cracca* L.). Zastúpenie bylín bolo nízke, len 2,0%. Najvýznamnejšie boli zastúpené iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.), púpava lekárska (*Taraxacum officinale* Weber in Wiggers) a pichliač roľný (*Cirsium arvense* L. Scop.). K podobným zisteniam dospeli aj KOVÁČ *et al.* (2010) a KOTOROVÁ *et al.* (2010). V roku 2013 sa floristické zloženie porastu významne nemenilo. Porast bol bez prázdnych miest. Mierne sa rozšíril podiel bôbovitých na 2,6% a bylín na 4,0%. Podiel tráv sa znížil na 93,4%. V roku 2014 sa na úkor bylín rozšírila trávna zložka. Podiel tráv sa zvýšil na 95,2%. V extrémne suchom a teplom roku 2015 sa porast viac zaburil. Podiel bylín sa zvýšil na 4,5 %, ale porast bol naďalej bez prázdnych miest.

V centrálnej časti sú TTP na výmere 124,92 ha. Floristické zloženie porastu v roku 2012 bolo menej priaznivé ako v severnej časti. V porovnaní so severnou časťou v centrálnej bolo vyššie zastúpenie bylín a to 14,0%. Trávna zložka (psiarka lúčna) tvorila 81,8%. Z bôbovitých (*Fabaceae*) sa tu na rozdiel od severnej časti okrem viky vtáčej (*Vicia cracca* L.) vyskytovali aj ďateľina lúčna (*Trifolium pratense* L.) a ďateľina plazivá (*Trifolium repens* L.). Z bylín boli významnou mierou zastúpené lipkavec severný (*Galium boreale* L.), margaréta biela (*Leucanthemum vulgare*

lamk.), vlkovec obyčajný (*Aristolochia clematidis* L.), kukučka lúčna (*Lychnis flos - cuculi* L.). V roku 2013 sa o 6 % znížil podiel bylín a naopak sa zvýšil podiel trávnej zložky na 88,0 %. V roku 2014 sa podiel tráv zvýšil na 89,4 % a naopak podiel bylín sa znížil na 6,1 %. V suchom roku 2015 sa v poraste rozšírili byliny, ktorých podiel sa zvýšil na takmer 10 % a podiel tráv sa znížil pod 87 %.

V južnej časti poldra je celková výmera TTP 218,69 ha. V roku 2012 tu bolo zaznamenané vysoké zastúpenie tráv 95,5 %, ale pomerne nízke zastúpenie bôbovítých 1,0 %, ktorú tvorila len vika vtáčia (*Vicia cracca* L.), bez zastúpenia niektorého z druhov ďatelinovín. Zastúpenie bylín bolo nízke, len na 3,5 % plochy. Z bylín prevládali pichliač roľný (*Cirsium arvense* L.Scop.), iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.) a púpava lekárska (*Taraxacum officinale* Weber in Wiggers). V roku 2013 sa na úkor tráv mierne rozšírili byliny. Podiel tráv sa znížil na 92,5 % a podiel bylín zvýšil na 6,0 %. Z bylín prevládalo zastúpenie pichliača roľného (*Cirsium arvense* L. Scop.). V roku 2014 sa oproti roku 2013 znížil podiel bylín (4,0 %), ktoré vytláčala trávna zložka 94,4 %. Podobne ako v ostatných častiach poldra sa v roku 2015 znížil podiel tráv na 91 %, a na ich úkor sa rozšírili byliny a to na plochu 7,2 %.

**Tažka 3** Floristické hodnotenie porastov TTP v poldri Beša v rokoch 2012 – 2015

Časť poldra	Výmera [ha]	Rok	Trávy [%]	Bôbovité [%]	Byliny [%]	Prázdne miesta [%]
Severná	165,42	2012	96,1	1,9	2,0	0
		2013	93,4	2,6	4,0	0
		2014	95,2	2,5	2,3	0
		2015	92,3	3,2	4,5	0
Centrálna	124,92	2012	81,8	4,2	14,0	0
		2013	88,0	4,0	8,0	0
		2014	89,4	4,5	6,1	0
		2015	86,7	3,5	9,8	0
Južná	218,69	2012	95,5	1,0	3,5	0
		2013	92,5	1,5	6,0	0
		2014	94,4	1,6	4,0	0
		2015	91,0	1,8	7,2	0
Východná	129,38	2012	93,0	2,6	4,4	0
		2013	90,5	2,5	7,0	0
		2014	88,0	3,1	8,9	0
		2015	85,5	2,0	12,5	0

Výmera TTP vo východnej časti je 129,38 ha. V typicky psiarkovitých porastoch bol v roku 2012 nízky podiel bôbovítých (*Fabaceae*) zastúpených len vikou vtáčou (*Vicia cracca* L.) na 2,6 % výmery. Podiel bylín bol 4,4 %. Prevládala tu palina obyčajná (*Artemisia vulgaris* L.) a z ostatných bylín boli zastúpené lipkavec močiarny (*Galium palustre* L.), pichliač roľný (*Cirsium arvense* L.Scop.) a iskerník plazivý (*Ranunculus repens* L.). V roku 2013 podobne ako v južnej časti poldra došlo k zníženiu zastúpenia tráv na 90,5 %. Podiel bylín sa zvýšil na 7,0 %. Zastúpenie bôbovítých sa nemenilo. Z bylín prevládalo zastúpenie lipkavca močiarného (*Galium palustre* L.) a pichliača

roľného (*Cirsium arvense* L. Scop.). V roku 2014 pokračovalo znižovanie podielu tráv a to na 88% a zvyšovanie zastúpenia bylín, ktoré svoj podiel rozšírili na 8,9%. Podobný trend pokračoval aj v extrémne suchom roku 2015, kedy sa podiel tráv znížil na 85,5% a na ich úkor sa rozšírili byliny na 12,5% plochy.

Vo všetkých sledovaných rokoch sa kosilo len v severnej časti poldra. Z celkovej výmery severnej časti 165,42 ha sa porast pokosil na výmere 91,77 ha (Tab. 4). Z pokosenej hmoty sa vyrábalo seno, ktoré sa lisovalo do balíkov a odvážalo z parcely. Na zostávajúcich častiach poldra sa trvalé trávne porasty nevyužívali na výrobu sena, ale celá výmera sa mulčovala a trávna hmota zostávala na pozemkoch.

**Tabuľka 4** Hodnotenie využívania porastov TTP v poldri Beša v rokoch 2012 – 2015

Časť poldra	Výmera [ha]	Spôsob využívania	
		Kosenie [ha]	Mulčovanie [ha]
severná	165,42	91,77	73,65
centrálna	124,92	0,00	124,92
južná	218,69	0,00	218,69
východná	129,38	0,00	129,38

Počas riešenia projektu boli identifikované aj zmeny využitia krajiny, ktoré sa premietli do samotného vývoja krajiny štruktúry suchého poldra Beša. Terénne mapovanie potvrdilo nepriaznivý vývoj vo využívaní krajiny. Primárnou úlohou suchého poldra je eliminácia a zachytávanie veľkých vôd pri mimoriadnych povodňových situáciách, preto by udržiavanie optimálneho stavu agroekosystémov a prirodzených lúk a pasienkov malo byť kľúčové (BOLTIŽIAR *et al.*, 2012, 2013; BOGUSKÁ *et al.*, 2014). Výsledky mapovania v rokoch 2012 – 2015 v porovnaní s rokom 2009 poukazujú na to, že využívanie uvedených typov ekosystémov sa znižuje. Intenzívne využívanie ornej pôdy sa podarilo zachovať len na pozemkoch nachádzajúcich sa v severnej a severovýchodnej časti suchého poldra. Terénnym mapovaním sa zistilo, že aj na niektorých väčších parcelách západne od obce Beša začína prevládať extenzívne využívanie kombinovaním úhorovania a občasného kosenia.

Nepriaznivý vývoj je aj vo využívaní lúčnych ekosystémov. Kosenie s extenzívnych pasienkom sa darí udržať na parcelách nachádzajúcich sa len juhozápadne od obce Beša. Relatívne stabilizovaný stav je aj na parcelách južne od obce, kde sa na obmedzených plochách darí realizovať kosbu aspoň raz do roka. Naopak identifikovali sme viaceré lokality, ktoré v minulosti (pred 5 – 10 rokmi) boli kosené alebo prepásané, ale v súčasnosti už nie sú využívané. Na uvedených lokalitách dochádza k výrazným zmenám, najmä nástupom ruderalných drevín. Vznikajú ucelené krovinové porasty s rôznym stupňom zapojenia. Napriek snahám zo strany obce a Spoločnosti pre ochranu vtáctva na Slovensku o čiastočnú revitalizáciu územia prevláda negatívny vývoj (DAVID *et al.*, 2014). Stav lokality je reálnym obrazom rôznych negatívnych faktorov, ktoré sa podieľajú na danom vývoji, ako sú kombinácia nepriaznivého sociálneho vývoja (znižovanie počtu produktívnej časti obyvateľstva), ekonomických faktorov a primárneho využitia suchého poldra na retenciu vody v čase extrémnych povodní v regióne.

## ZÁVER

Produkčné parametre trvalých trávnych porastov v priemere rokov dosiahli hodnotu 3,11 t.ha<sup>-1</sup>. V porovnaní rokov sa výrazne najvyššia produkcia sušiny dosahovala v roku 2014. Vo všetkých sledovaných rokoch sa najvyššia úroda dosiahla v severnej časti poldra.

Najvyššiu koncentráciu dusíka a dusíkatých látok (NL) v sušine mali trávne porasty v centrálnej a východnej časti poldra. Porasty v centrálnej a východnej časti sa vyznačovali výrazne nižším obsahom vlákny, a to vo všetkých sledovaných rokoch. Porasty tráv v severnej a južnej časti sa vo všetkých sledovaných rokoch vyznačovali vyšším obsahom fosforu v sušine. Koncentrácia draslíka kolísala v rokoch, ale aj podľa jednotlivých častí poldra. Na vápnik boli chudobnejšie porasty v centrálnej časti poldra. Trávne porasty vo východnej časti poldra sa vyznačovali najvyšším obsahom horčíka.

Trvalé trávne porasty v poldri Beša predstavujú vlhké aluviálne lúky tvorené psiarkovými porastmi. Trávna zložka dosahovala v rokoch 2012–2015 vo všetkých častiach poldra 85,5–96,1% zastúpenie. Najvyššie zastúpenie mala psiarka lúčna (*Alopecurus pratensis* L.), a to 82–99%. Z bôbových sa najčastejšie vyskytovala vika vtáčia (*Vicia cracca* L.). Najvýznamnejšie zníženie zastúpenia bylín, menej až o 9,5% v porovnaní s rokom 2009, sa zistilo centrálnej časti poldra. Prázdne miesta sa v monitorovanom období nevyskytovali ani v jednej časti poldra.

Lúky v poldri sa poľnohospodársky využívajú buď kosením, alebo mulčovaním. Vo všetkých sledovaných rokoch sa kosilo len v severnej časti poldra. Z celkovej výmery severnej časti 165,42 ha sa porast pokosil na výmere 91,77 ha. Na zostávajúcich častiach poldra sa celá výmera sa mulčovala a trávna hmota zostávala na pozemkoch.

## Podakovanie

Táto práca bola podporovaná bola podporovaná Agentúrou pre podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0163 – 11 a APVV-SK-HU-2013 – 0010.

## LITERATÚRA

- BRAUN-BLANQUET, J. 1964. *Pflanzensoziologie*. Gründzuge für vegetationskunde, springerverlag. Wien New York, 1964, 864 s.
- BOGUSKÁ, Z. – FAZEKAŠOVÁ, D. – SEMANCOVÁ, P. 2014. Diverzita vegetačného krytu vybraných lokalít suchého poldra Beša. In: KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. (eds.) 2014. *Faktory ovplyvňujúce využívanie pôdy a krajiny v znevýhodnených oblastiach* (Recenzovaný zborník príspevkov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou). Zemplínska šírava: NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, s. 17–20. ISBN 978-80-971644-0-9
- BOLTIŽIAR, M. – MICHAELI, E. – MOJSES, M. 2012. Vývoj krajiny vo výskumnom polygónu suchého poldra Beša na Východoslovenskej rovine v časovom horizonte 1770–2008. In: *Folia geografica* 20, roč. LIV, 2012, s. 23–36. ISSN 1336-6157
- BOLTIŽIAR, M. – MOJSES, M. – MICHAELI, E. 2013. Zmeny krajiny vo výskumnom polygónu suchého poldra Beša v rokoch 1770–2010 (Východoslovenská nížina). In: *XVII. Okresné dni vody: zborník referátov*. Michalovce: ÚH SAV Bratislava, VHZ Michalovce – VVS a. s. Košice, Závod Michalovce, 2013, s. 35–40. ISBN 978-80-89139-29-3

- DAVID, S. – BOLTÍŽIAR, M. – MOJSES, M. 2014. Vážky (*Insecta: Odonata*) suchého poldra Beša (Latorická rovina). In: KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. (eds.) 2014. *Faktory ovplyvňujúce využívanie pôdy a krajiny v znevýhodnených oblastiach* (Recenzovaný zborník príspevkov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou). Zemplínska šírava: NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2014, s. 35 – 41. ISBN 978-80-971644-0-9
- KOLEŠÁROVÁ, E. – MYDLA, D. 2014. Účel suchých nádrží vo vodnom hospodárstve v nadväznosti na možnosti využívania pôdy v zátope. In: KOTOROVÁ, D., KOVÁČ, L., ŠOLTYSOVÁ, B. (eds.) 2014: *Zborník referátov z vedeckej konferencie s medzinárodnou účasťou: Faktory ovplyvňujúce využívanie pôdy a krajiny v znevýhodnených oblastiach*. Zemplínska šírava: NPPC – Výskumný ústav agroekológie Michalovce, 2014, s. 87 – 92. ISBN 978-80-971644-0-9
- KOTOROVÁ, D. – MATI, R. – KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2010. Možnosti mimoprodukčného využívania poldra Beša. In: *Folia oecologica* 3, roč. 51, 2010, s. 74 – 88.
- KOVÁČ, L. – KOTOROVÁ, D. – MATI, R. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2010. Pôdne charakteristiky v poldri Beša a hodnotenie rastlinného pokryvu v rokoch po zaplavení. In: *Vliv abiotických a biotických stresorů na vlastnosti rostlin 2010*. Praha: ČZU Praha, VÚRV v. v. i. Praha – Ruzyně, 2010, s. 211 – 214. ISBN 978-80-7427-021-6
- LINKEŠ, V. – PESTÚN, V. – DŽATKO, M. 1996. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek*. 3. vyd. Bratislava: VÚPÚ, 1996. 103 s. ISBN 80-85361-19-1
- MATI, R. – KOTOROVÁ, D. – NAŠČÁKOVÁ, J. 2009. Vyhodnotenie a ocenenie vodoretenčných schopností pôd Východoslovenskej nížiny. In: *Agriculture (Poľnohospodárstvo)*, roč. 55, 2009, č. 4, s. 189 – 196. ISSN 0551-3677
- SOBOCKÁ, J. et al. 2010. *Návrh adaptačných opatrení na pôde pre zmiernenie účinkov klimatickej zmeny*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, 2010. 64 s. ISBN 978-80-89128 – 64-8
- ŠÚTOR, J., MATI, R., IVANČO, J., GOMBOŠ, M., KUPČO, M., ŠŤASTNÝ, P. 1995. *Hydrologia Východoslovenskej nížiny*. Michalovce: Media Group, 1995, 467 s. ISBN 80-88835-00-3
- VOLOŠ, V. 2009. Polder Beša ako súčasť protipovodňovej ochrany Východoslovenskej nížiny. In: *Mimoprodukčné funkcie pôdy a krajiny na územiach ovplyvňovaných antropogénnou činnosťou*. Vedecká konferencia s medzinárodnou účasťou. Michalovce: CVRV – VÚA Michalovce, 2009, s. 243 – 250. ISBN 978-80-89417-09-4
-

# SOIL POLLUTION IN THE VICINITY OF THERMAL POWER PLANT IN SERBIA

## ZNEČISTENIE PÔDY V BLÍZKOSTI TERMÁLNEJ ELEKTRÁRNE V SRBSKU

**Elmira Saljnikov, Dragan Čakmak, Vesna Mrvic, Nikola Koković,  
Dušica Delić, Olivera Stajkovic-Srbinovic, Biljana Sikirić**

*Institute of Soil Science, Teodora Dražera 7, 11000, Belgrade, Serbia  
e-mail: soils.saljnikov@gmail.com*

### INTRODUCTION

Soil often serves as a sink of toxic and hazardous microelements, elements released from different anthropogenic sources including industrial emissions (ALLOWAY, 1995; ADRIANO, 2001). The inputs from local pollution sources, long-range transported pollutants can also contribute to soil contamination through atmospheric deposition (STEINNES, 1987). The alluvial soil of the valleys of Danube and Mlave, where the power plant is located, represents priority development areas on which there is the greatest concentration of favorable conditions for life, agriculture, tourism, etc. Exploitation of thermal power plants results in the emission and immission of pollutants into the air, water and land. Therefore, the objectives of the study were: determination of soil pollution state by most important inorganic pollutants in order to identify vulnerable areas and impact assessment of power plant Kostolac to soil quality.

### METHODS AND MATERIALS

Power Plant Kostolac is located in the northeastern part of Serbia with area of 450 km<sup>2</sup>. Radius of about 12 km from the town Kostolac was investigated. Field studies were carried out in two phases: in the vegetation (V) and non-vegetation (NV) seasons. On the studied area 70 measuring points were sampled. Each soil sample represents the average of 5 individual samples, taken at the center and corners of squares with the area of about 9 m, according to the Regulation (Official Gazette, 2010). Soil samples were air-dried and sieved through a sieve of 2 mm. Further, for the analysis of microelements the sample was sieved through 150 µm mesh. Soil pH was determined with a glass electrode pH meter (1:2.5 water solution). Soil total C and N were measured with an elemental CNS analyzer, Vario model EL III, and CaCO<sub>3</sub> with volumetric Scheibler calcimeter. Available P and K were determined by the Al-method of Egner-Riehm.

Total content of microelements (As, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, Cd, Co) in soil was extracted by digestion with *aqua regia* (L.) (ISO 11466:1005, 1995) and determination on ICAP 6300 optical

---



emission spectrometer (Thermo Electron Corporation, Cambridge, UK); Hg was extracted by *aqua regia* and determined by hydride system on AAC analyzer. All chemical analyses were performed in two analytical replications. For verification of the results, the referent soil was determined for the microelements (reference ERM-CC141 loam soil, Belgium, with exact concentration of microelements soluble in *aqua regia* toward determining the accuracy of measuring apparatus).

Content of plant available toxic and hazardous elements was determined by extraction with DTPA and determination on ICP; Hg – by extraction with DTPA and determination by hydride system on AAC analyzer; B by extraction with hot water and determination on ICP.

The research results were processed using the statistical program SPSS Statistics 20. The significance of their correlation was analyzed using Pearson's correlation matrix, and PCA with Varimax normalized rotation (SPSS 2010). Obtained results of the toxic and hazardous elements were compared with the legal norms in the Republic of Serbia (Table 1).

**Table 1** Legal regulations for concentrations of hazardous and harmful microelements in the Republic of Serbia, mg/kg

Normative	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn	Hg
MAC*	25	3	100	100	50	100	300	2
Limit value**	29	0.8	100	36	35	85	140	0.3
Remediation value**	55	12	380	190	210	530	720	10
Average in central Serbia***	11	0.805	48	27	58	40	48	0.12
* Maximum allowed concentration (Official gazette of RS 23/1994)								
** Official gazette of RS 88/2010								
*** Mrvić <i>et al.</i> , 2009.								

## RESULTS AND DISCUSSIONS

### Zones of impacts upon distance from the pollution sources

Depending on the distance from the pollution sources (the central point between Kostolac ash dumps and two power plant blocks (TE A and TE B) a division into 3 zones of impacts and 1 control zone was performed:

**I impact zone:** within a radius of 0–2.5 km from the pollution centre, soil samples were taken from 18 measuring points.

**II impact zone:** within a radius of 2.5–5 km from the pollution centre, soil samples were taken from 19 measuring points.

**III impact zone:** within a radius of 5–10 km from the pollution centre, soil samples were taken from 21 measuring points.

**Control zone:** beyond the impact of the pollutants with 8 measuring points.

### Main agrochemical parameters

**Table 2** Main agrochemical parameters according to the zones of impacts in vegetation season (V) and non-vegetation season (NV) in 0 – 30 cm soil surface layer

	pH in KCl		Total N	Total C	Total S		Organic C	CaCO <sub>3</sub>	Available P <sub>2</sub> O <sub>5f</sub>		Available K <sub>2</sub> O					
	mg/100 g															
Impact zone I																
	V†	NV††	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV				
max	7.60	7.40	0.25	0.28	3.71	3.57	0.13	0.17	3.06	3.14	10.08	9.37	100.40	101.10	38.78	39.89
min	5.60	6.25	0.09	0.06	1.29	0.75	0.04	0.03	0.89	0.70	0.00	0.00	1.71	6.45	15.80	13.54
average	7.01	7.05	0.17	0.16	2.45	2.23	0.08	0.07	2.02	1.84	3.44	3.31	35.63	41.13	26.32	28.28
STDEV	0.41	0.25	0.05	0.05	0.66	0.79	0.02	0.04	0.50	0.70	2.62	2.19	33.24	36.84	6.92	7.12
Impact zone II																
max	7.40	7.60	0.31	0.27	3.44	3.04	0.13	0.16	3.28	2.74	7.63	9.37	92.07	105.80	38.60	39.26
min	5.80	5.35	0.10	0.05	1.31	1.21	0.05	0.03	1.19	0.69	0.00	0.00	2.71	1.80	8.40	5.09
average	6.93	6.96	0.19	0.17	2.35	2.15	0.08	0.07	2.06	1.75	2.39	3.16	18.94	21.61	19.84	23.61
STDEV	0.48	0.47	0.06	0.07	0.60	0.53	0.02	0.03	0.53	0.54	2.08	2.78	19.71	24.39	8.25	8.98
Impact zone III																
max	7.55	7.40	0.38	0.37	5.50	3.68	0.14	0.15	5.39	3.68	12.10	5.53	90.15	62.42	38.40	34.84
min	5.10	5.30	0.09	0.11	1.13	1.34	0.05	0.03	0.95	0.81	0.00	0.00	1.23	1.74	12.40	11.12
average	6.71	6.73	0.21	0.20	2.62	2.25	0.07	0.08	2.34	2.02	2.34	1.90	13.88	14.22	20.69	23.97
STDEV	0.66	0.62	0.07	0.05	1.00	0.57	0.02	0.03	0.95	0.61	2.95	1.90	18.65	13.52	6.19	6.00
Control zone (beyond impact zone)																
max	7.05	7.20	1.28	0.98	15.24	11.92	0.19	0.14	15.18	11.82	1.30	0.85	76.81	82.98	39.00	39.00
min	5.65	4.55	0.14	0.16	1.47	1.51	0.06	0.07	1.44	1.40	0.00	0.00	1.42	0.61	13.60	10.92
average	6.52	5.83	0.36	0.32	3.82	3.47	0.10	0.09	3.77	3.43	0.42	0.32	21.30	17.54	24.49	28.07
STDEV	0.50	1.05	0.38	0.27	4.64	3.46	0.04	0.02	4.64	3.43	0.51	0.44	25.83	27.01	10.12	9.99

† vegetation season

†† non-vegetation season

There was observed a trend of increasing pH in the first (I) impact zone (7.03) in relation to the control zone (6.17) (Table 2). This difference in soil pH occurred due to various factors such as soil diversity – different types of soil naturally vary in acidity due to texture, organic matter content and other agro-chemical parameters, but also because of possible anthropogenic impact, since the pH of the ash from power plant has pH in average about 8.18. About 80 % of the soil samples showed good supply of total carbon (above 1.7 %) (Table 2). The amount of organic carbon in the vegetation and non-vegetation seasons was identical. There were observed differences in the content of total and organic carbon between I zone and the control zone. This difference mainly occurs due to differences in soil cover of the sampled places. In the zone beyond the influence (control zone) soil in most cases are represented by different types of Chernozem and Humogley, which genetically contain bigger amounts of organic matter, which decreases the anthropogenic impact in the zones of impact. The content of N, and available forms P and K between the two seasons were not significantly changed, as confirmed by main agrochemical parameters (Table 2).

### **Heavy metals, toxic and hazardous microelements**

Because of fossil fuel use which contains As, Sb, Cd, Cr, F, Hg, Cl, small particles of dust with As, Sb, Be, Cd, Cr, Ni, Cu, Zn, Co, Pb, Mn, P and radionuclide and ash from landfills (As and B) that are located in the immediate vicinity, a large number of harmful microelements is introduced into environment. Thus, it is necessary to test anthropogenic impacts on the soil around the power plants. The total content of microelements is shown in the Table 3, and DTPA-soluble forms are shown in the Table 4.

Except Ni, only few samples showed somewhat higher concentrations of trace elements: one sample showed the total Zn value exceeding the limit value but lower than MAC. Two samples showed the content of Pb exceeding the MAC in the I zone of impact. One sample showed above MAC concentration of Cr, Cu and Hg.

About 40% of samples have total content of Ni above MAC, but below remediation value. The most of the contaminated sites were located on the Fluvisols mainly along Danube river bank. There was recorded high correlation between two seasons in the content of total Ni ( $P=0.744^{**}$ ). DTPA-soluble Ni content constitutes about 3% of the total. Total Ni content showed the highest concentrations in the soils of I zone. High standard deviations and seasonal unevenness indicate the influence of parent material. One of the possible reasons for higher content of available Pb is accelerated mineralization of soil organic matter in the soils exposed to the floods in 2014.

The high standard deviation as well as soil non-homogeneity prevents precise statistical confirmation of soil pollution after only two cycles of tests, especially taking into account the floods recorded in previous 2014 year.

**Table 3** Total content of elements in soil in vegetation (V) and non-vegetation (NV) seasons upon the IMPACT ZONES, in 0 – 30 cm

	As, mg/kg		Cd, mg/kg		Cr, mg/kg		Cu, mg/kg		Fe, %		Ni, mg/kg		Pb, mg/kg		Zn, mg/kg		Hg, mg/kg	
	V††	NV†††	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
Impact zone I																		
MIN	4.89	5.63	0.16	0.32	25.57	28.30	20.39	19.59	1.40	1.46	32.64	35.79	4.77	13.88	50.69	48.07	0.00	0.00
MAX	54.12	15.94	0.64	1.11	99.66	93.67	109.25	78.26	3.36	3.36	145.37	142.18	171.35	160.47	125.02	131.52	0.78	0.31
STDEV	11.32	3.11	0.13	0.18	23.37	18.47	28.07	13.74	0.54	0.51	43.10	33.08	44.42	38.49	21.99	20.90	0.18	0.08
Impact zone II																		
MIN	3.82	3.94	0.13	0.19	29.46	28.85	15.48	8.73	1.47	1.18	32.44	32.89	6.63	7.72	41.71	38.97	0.00	0.00
MAX	16.96	12.99	0.98	0.92	125.4	95.82	46.72	133.1	4.27	3.18	170.2	135.43	68.45	57.67	139.9	109.2	0.13	0.09
STDEV	3.745	3.069	0.20	0.23	28.91	22.12	9.057	26.56	0.75	0.63	43.95	39.647	19.58	17.88	27.06	24.19	0.04	0.03
Impact zone III																		
MIN	4.06	4.59	0.19	0.27	33.32	30.91	18.39	12.47	1.86	1.25	31.81	27.33	8.50	11.90	48.02	41.83	0.00	0.00
MAX	12.33	14.92	0.81	1.20	85.05	114.17	35.13	67.06	3.81	3.61	137.61	160.43	53.65	75.42	116.97	143.27	0.06	0.02
STDEV	2.23	2.73	0.18	0.19	17.29	19.96	5.29	11.63	0.44	0.47	28.74	33.39	12.45	15.69	17.79	22.22	0.01	0.01
Control zone (beyond impact zone)																		
MIN	3.59	3.95	0.34	0.47	23.83	28.46	18.53	19.86	1.37	1.70	22.97	25.91	10.36	13.05	33.06	41.13	0.00	0.00
MAX	12.39	10.68	0.88	1.02	92.20	91.12	42.66	46.47	2.97	3.12	132.96	129.63	57.15	61.87	130.39	131.07	0.00	0.00
STDEV	3.05	2.23	0.18	0.17	21.39	21.31	8.82	8.83	0.56	0.45	34.31	34.99	15.57	16.13	29.60	27.44	0.00	0.00

+ Total - content of element soluble in *aqua regia*.

†† V – vegetation season

††† NV – non-vegetation season

**Table 4** Soluble content of elements in soil in vegetation (V) and non-vegetation (NV) seasons upon the IMPACT ZONES, in 0 – 30 cm

	As		Cd		Cr		Cu		Fe		Ni		Pb		Zn		B	
	V†	NV††	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV	V	NV
Impact zone I																		
MIN	0.01	0.01	0.01	0.03	0.006	0.003	1.25	1.024	14.84	19.35	0.75	0.44	0.14	1.09	0.19	0.40	0.14	0.34
MAX	0.11	0.08	0.25	0.23	0.01	0.012	30.56	15.16	70.42	61.16	3.23	1.67	30.93	46.98	5.31	5.34	1.72	1.47
STDEV	0.03	0.02	0.05	0.05	9E-04	0.002	6.969	3.185	13.72	13.26	0.75	0.31	8.69	11.64	1.26	1.45	0.41	0.35
Impact zone II																		
MIN	0.01	0.01	0.04	0.03	0.01	0.00	1.47	1.86	10.74	10.04	0.59	0.52	0.99	1.13	0.17	0.11	0.25	0.19
MAX	0.08	0.11	0.15	0.18	0.02	0.10	7.22	44.38	50.04	83.82	6.18	6.23	10.28	11.70	4.29	6.18	1.38	1.60
STDEV	0.02	0.02	0.03	0.04	0.00	0.02	1.37	9.50	13.46	19.20	1.24	1.25	3.24	3.76	0.95	1.30	0.26	0.34
Impact zone III																		
MIN	0.01	0.02	0.04	0.06	0.01	0.01	1.21	1.35	9.05	15.01	0.72	0.78	1.36	0.67	0.35	0.25	0.46	0.54
MAX	0.10	0.11	0.20	0.23	0.03	0.10	4.99	18.48	112.4	200.9	7.08	8.44	9.80	13.30	4.10	5.33	2.12	1.17
STDEV	0.03	0.02	0.03	0.04	0.01	0.02	1.18	3.64	29.04	46.07	2.16	1.75	2.28	2.99	0.80	1.31	0.36	0.17
Control zone (beyond impact zone)																		
MIN	0.02	0.02	0.05	0.08	0.01	0.01	1.56	2.28	14.00	22.56	0.62	1.06	1.16	2.17	0.24	0.43	0.45	0.58
MAX	0.09	0.12	0.27	0.23	0.02	0.07	8.35	9.16	246.0	203.3	8.59	11.54	14.32	13.16	3.78	2.67	2.38	1.64
STDEV	0.02	0.04	0.07	0.05	0.01	0.02	2.18	2.27	79.15	58.96	2.71	3.61	4.22	3.62	1.09	0.68	0.59	0.34

† soluble –soluble in DTPA content

## CONCLUSIONS

The concentration of toxic and hazardous microelements in soil depends on many factors, primarily on geological substrate and soil type. Assessment of human impact is very complex and time consuming process, which is based on long-term periodic measurements from the same localities. The initial stages included reconnaissance of the area, establishment of the zones of impact upon the distance from the pollution sources, revealing pattern of soil cover according to their soil taxonomic types. All these facts can very much affect the results.

Higher soil pH in the I zone of impact does not adversely affect agricultural production, since it was in the range favorable for crop production. However, to establish the real reason for the difference in the soil pH the long term observations concerning changes in soil acidity in the three zones of impact through are very important. It is necessary to establish permanent monitoring of a number of marked measuring points.

Contents of total (*aqua regia* soluble) and available (DTPA soluble) forms of hazardous and harmful microelements in soil around the Kostolac thermal power plant are in general below the limits for agricultural soils which means that they are below the remediation values.

By the zones of impact, some recorded changes in the content of microelements (Zn, Pb) are referred to the large deviation within a zone and due to heterogeneity of soil cover. At this stage of the investigation it is not possible to assess the anthropogenic pollution impact because of lack of statistical verification.

In order to establish the authoritative reasons for increased content of some pollutants in the soil due to anthropogenic impact the monitoring methodology should be introduced. Selected marked measuring points, especially in vulnerable zones, where the elements appear in the values around and above the MAC, should be monitored for longer period to reliable establishing the source of the changes.

Permanent soil monitoring as integral part of environmental monitoring is needed and it is crucial for taking decisions concerning protection of the whole environment.

## ACKNOWLEDGEMENT

This study was a part of the project financed by the Electric Power Industry of Serbia, Belgrade Power Plants and Mines Kostolac. Its presentation and further assessment was supported by the Slovak Research and Development Agency (SRDA) (contract no. SK-SRB-2013-0052) and Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia (contract no. 451-03-545/2015-09/15).

## REFERENCES

- ALLOWAY B.J. 1995. *Trace Metals in Soil*. Chapman & Hall, London, 1995.  
ADRIANO D.C. 2001. *Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability and Risks of Metals*, Springer, New York, 2001.
-

- MRVIC V. – ANTONOVIC G. – MARTINOVIC LJ. 2009. Monografija: *Plodnost i sadržaj opasnih i stetnih materija u zemljištima centralne Srbije*. Institut za zemljište, Beograd.
- Program of systematic monitoring of soil quality indicators for assessing the risk of soil degradation and methodology for development of remediation programs (Official gazette of RS 88/2010).
- Regulations on allowed concentrations of hazardous and harmful substances in soil and water for irrigation and methods of their analysis* (Official gazette of RS 23/1994).
- STEINNES E. 1987. In: T. C. HUTCHINSON – K. M. MEEMA (Eds.), *Lead, Mercury, Cadmium and Arsenic in the Environment*. John Wiley & Sons Ltd., 1987, pp. 107–117.
-

# NÁVRH MANAŽMENTU PÔD OHROZENÝCH KOMPAKCIOU PRE UDRŽANIE POTENCIÁLU ZÁSOBOVACÍCH AGROEKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB

## MANAGEMENT PROPOSAL FOR SOILS THREATENED WITH COMPACTION TO MAINTAIN OF PROVISIONING AGROECOSYSTEM SERVICES POTENTIAL

**Miloš Širáň, Jarmila Makovníková, Boris Pálka, Jozef Mališ**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy  
Bratislava, regionálne pracovisko Banská Bystrica, e-mail: m.siran@vupop.sk*

### Abstrakt

Vysoký tlak intenzifikácie poľnohospodárstva sa v súčasnosti odráža v zhoršovaní stavu a kvality poľnohospodárskej pôdy, a tým aj v znižovaní kapacity ekosystému poľnohospodársky využívaných pôd poskytovať ekosystémové služby. Zhutnenie pôdy je významný proces degradácie pôdy, ktorý ovplyvňuje predovšetkým produkčnú službu pôdy. Analýzu potenciálu zásobovacej agroekosystémovej služby a rizika kompaktie pôd sme realizovali na dvoch modelových územiach s rozdielnym krajinným reliéfom, výškovo členitým (21 % územia na rovine) a homogénnym (92 % územia na rovine). Pri modelovaní boli použité agregované priestorové jednotky vytvorené na základe kategórii klímy, sklonu, pôdnej textúry a druhu pozemku. Podkladom pre hodnotenie zásobovacej služby bol produkčný potenciál pôd a pre hodnotenie rizika kompaktie podiel zhutnených lokalít z ich celkového počtu na konkrétnom pôdnom druhu a type s využitím reálnych údajov objemovej hmotnosti pôdy obsiahnutých v pôdnych databázach. Vymedzenie kategórii pôd na základe rizika kompaktie umožňuje navrhnúť optimálny manažment pôd ohrozených zhutnením, s dôrazom na vyvážení kombinácie pôdoochranných a agrotechnických opatrení.

**Kľúčové slová:** kompaktia pôd, zásobovacie agroekosystémové služby, manažment pôdy

### Abstract

High pressure of intensification in agriculture is reflected in a deterioration of the state and quality of agricultural soil, and thereby in reducing the capacity of the agricultural soils to provide agroecosystem services. Soil compaction is an important process of soil degradation, which mainly affects the provisioning services of soil. We realized the analysis of the provisioning ecosystem services potential and soil compaction risk in two model areas with different landscape relief, heightly heterogeneous (21 % of the territory on the plane) and homogene-



ous (92% of the territory on the plane). The basic spatial model units were made under categories of climate, slope, soil texture and management of the soil. The basis for assessment of provisioning services was the soil production potential. The basis for assessment of soil compaction was the proportion of compacted sites in a particular soil texture and type using real soil bulk density data from soil databases. Defining the categories of soil compaction risk allows designing an optimal management on compacted soils, with an emphasis on a balanced combination of soil protection and agrotechnical management.

**Keywords:** soil compaction, provisioning agroecosystem services, soil management

## ÚVOD

Agroekosystémy sú ekosystémy silne ovplyvnené a pozmenené antropogénnou činnosťou. Agroekosystémové služby (AESS – ekosystémové služby naviazané na prírodný kapitál, pôdu) delí DOMINATI *et al.* (2010) do troch základných skupín: zásobovacie služby (provízné služby), regulačné služby a kultúrne služby (DOMINATI *et al.*, 2010).

Produkčné služby agroekosystémov boli donedávna považované za hlavné služby, ktoré agroekosystémy ľuďstvu poskytujú. Sú spájané predovšetkým s produkciou fytohmoty. Prímarne je to poskytovanie potravy a krmovín. Rastlinné potravové zdroje reprezentujú najmä obilniny (cereálie, pseudocereálie), olejninu, strukoviny, okopaniny, zeleninu, ovocie, vinič, krmoviny, koreniny. Popri plodinách na potravové účely majú dôležité postavenie v zásobovacích službách aj krmoviny. Krmné plodiny sú určené najmä pre výživu hospodárskych aj voľne žijúcich zvierat. Patria sem krmoviny, ktoré sa pestujú výlučne pre zabezpečenie výživy zvierat a fakultatívne plodiny pôvodne slúžiace na výživu obyvateľstva, ktoré sa však v skoršej rastovej fáze môžu používať aj ako objemové krmivo (KANIANSKA *et al.* 2016).

Potenciál zásobovacích služieb agroekosystému vyjadruje produkčný potenciál pôd ako maximálny stupeň produkčnej schopnosti pôd v konkrétnom priestore a čase, ktorý sa prejaví optimálnou produkciou príslušnej plodiny, resp. kultúry bez vážnejšieho narušenia biologickej rovnováhy a ekologickej stability prostredia. Bodová hodnota produkčného potenciálu sa určuje na základe BPEJ (bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek) príslušnej pôdy, ktorá sa odvodzuje z hodnotenia klímy, pôdneho typu, pôdotvorného substrátu, zrnitosti, obsahu skeletu, hĺbky pôdy, svahovitosti a expozície svahu (LINKŠ *et al.*, 1996).

Využívanie výkonných a ťažkých poľnohospodárskych mechanizmov za účelom intenzifikácie poľnohospodárskej výroby a dosiahnutia jej rentability zvyšuje riziko kompaktácie pôd, ktorá je jedným z faktorov znižujúcim produkčný potenciál pôd. Kompaktácia pôdy patrí medzi hlavné degradačné procesy (ECKELMANN a kol. 2006), ovplyvňuje vodný režim pôd (KRISTOFFERSEN, RILE 2005), vývoj koreňového systému (GLAB 2008, GLAB, GONDEK 2013), príjem živín (LIPIEC, STEPNIIEWSKI 1995) a následne aj úrody pestovaných plodín. Prostredníctvom nej môže dôjsť k redukcii úrody o 10 až 50% v závislosti od jej intenzity, príp. stavu ďalších faktorov (IVANOV, STOJNĚV 1967, LHOTSKÝ 2000). Účinky zhutnenia pôdy na úrody plodín nie sú vždy jednoznačné, nakoľko veľkosť úrod závisí od spolupôsobenia viacerých faktorov ako sú stav vlastností pôdy (najmä

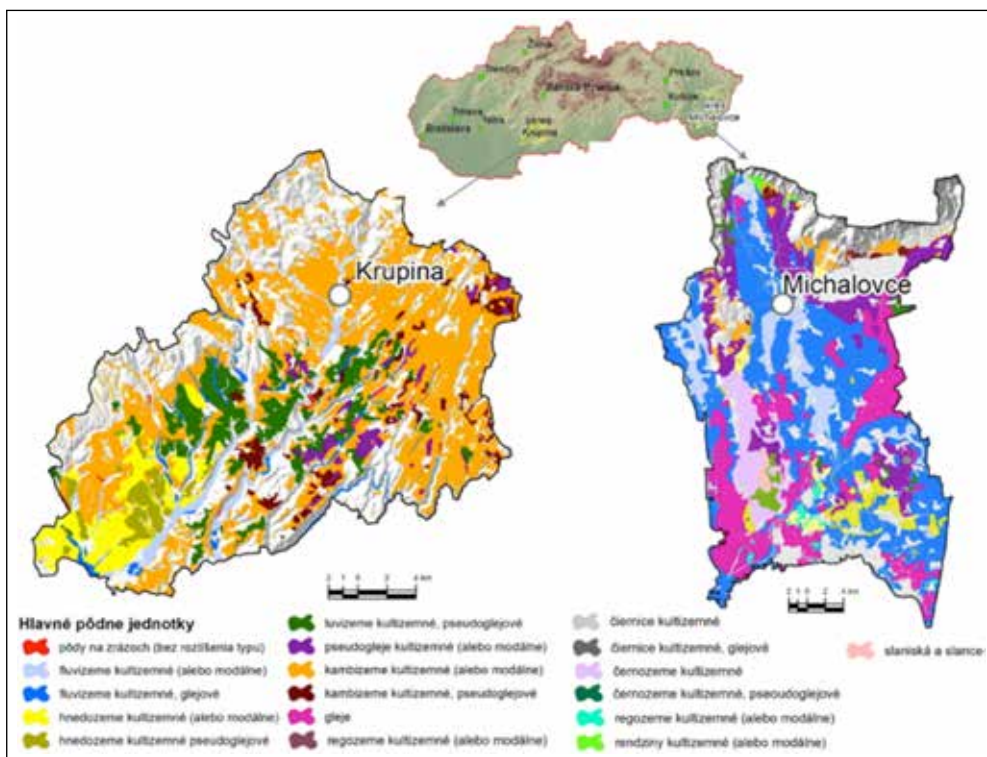
vlhkosť, zrnitosť, obsah humusu), klíma, spôsob obhospodarovania, príp. druh pestovanej plodiny. Ak sa aj zhutnenie v dôsledku špecifických podmienok (VOORHEES, 1985) neprejaví priamo na úrode v danom roku, z dlhodobého hľadiska sa ukáže jeho negatívny efekt.

Dodržaním rôznych pôdochranných opatrení (KOBZA, 2005) v kombinácii s bežnými agrotechnickými postupmi možno tieto negatívne dôsledky kompaktie pôd zmierniť alebo im predísť.

## MATERIÁL A METÓDY

Pre účely mapovania a hodnotenia potenciálu zásobnej agroekosystémovej služby a rizika kompaktie boli vybrané dve modelové územia s rozdielnym reliéfom krajiny – okres Krupina a Michalovce (Obr. 1).

**Obrázok 1** Mapa pôdných pomerov vo vybraných okresoch Krupina a Michalovce



Územie Krupiny je hornaté a výškovo členité (35 % územia do 300 m n.m., 60 % územia od 300–600 m n.m., 21 % územia poľnohospodárskych pôd na rovine so sklonom 0–2°) s veľmi teplou až chladnou klímou. Zasaňujú sem od severozápadu Štiavnické vrchy, od severovýchodu Krupinská planina a od juhu Ipeľská pahorkatina. Z pôdných typov (Tab.1) na tomto území prevažujú kambizeme (60,7 %), v nižších polohách na miernejších svahoch sú zastúpené livi-

zeme až pseudogleje, na juhu v smere od Podunajskej nížiny hnedozeme a v nivách riek fluvizeme (6,6 %). Z pôdnych druhov prevládajú stredne ťažké (85,4 %), najmä hlinité pôdy (78,3 %).

**Tabuľka 1** Pôdne pomery v okrese Krupina – percentuálne zastúpenie pôdnych typov a druhov

Pôdny typ/druh v %	Lahké	Stredne ťažké – PH	Stredne ťažké – H	Ťažké	Suma
FM, FM <sub>G</sub> , GL	0,1	1,2	3,8	1,5	6,6
HM	–	0,1	5,5	8,0	13,6
KM	–	5,2	51,6	3,9	60,7
LM, LMg, PG	–	0,6	17,4	1,1	19,1
suma	0,1	7,1	78,3	14,5	100,0

FM – fluvizem, FM<sub>G</sub> – Fluvizem glejová, GL – glej, HM – hnedozem, KM – kambizem, LM – luvizem, LMg – luvizem pseudoglejová, PG – pseudoglej, PH – piesočnato-hlinité, H – hlinité

Územie Michaloviec ako súčasť Východoslovenskej nížiny je výškovo homogénne (96 % územia do 300 m n.m., 92 % územia poľnohospodárskych pôd na rovine so sklonom 0–2°), formované tokmi početných riek, s teplou až mierne teplou klímou. Ako vidieť z tabuľky 2, prevládajú tu fluvizeme (48,6 %), najmä subtyp glejová (41,1 %), no pomerne vysoko sú zastúpené aj gleje (19,2 %). Na úpäti svahov pohorí na severe územia sa rozprestierajú pseudogleje s luvizemami (14,8%) a na vyvýšených miestach nížiny černoze (7,5%) a hnedozeme (5,0 %). Z pôdnych druhov sú pomerne vysoko zastúpené ťažké pôdy (46,1 %) v porovnaní so stredne ťažkými (51,2 %), prevažne hlinitými (44,9 %).

**Tabuľka 2** Pôdne pomery v okrese Michalovce – % zastúpenie pôdnych typov a druhov

Pôdny typ/druh v %	Lahké	Stredne ťažké – PH	Stredne ťažké – H	Ťažké	Suma
ČM	–	1,5	6,0	–	7,5
ČA	–	–	–	0,8	0,8
FMm	1,8	2,0	3,7	–	7,5
FM <sub>G</sub>	–	1,3	13,8	26,0	41,1
GL	–	–	0,8	18,4	19,2
HM	–	1,1	3,8	0,1	5,0
KM	–	0,1	2,0	0,2	2,3
PG, LM	–	0,3	14,0	0,5	14,8
ostatné	0,9	–	0,8	0,1	1,8
suma	2,7	6,3	44,9	46,1	100,0

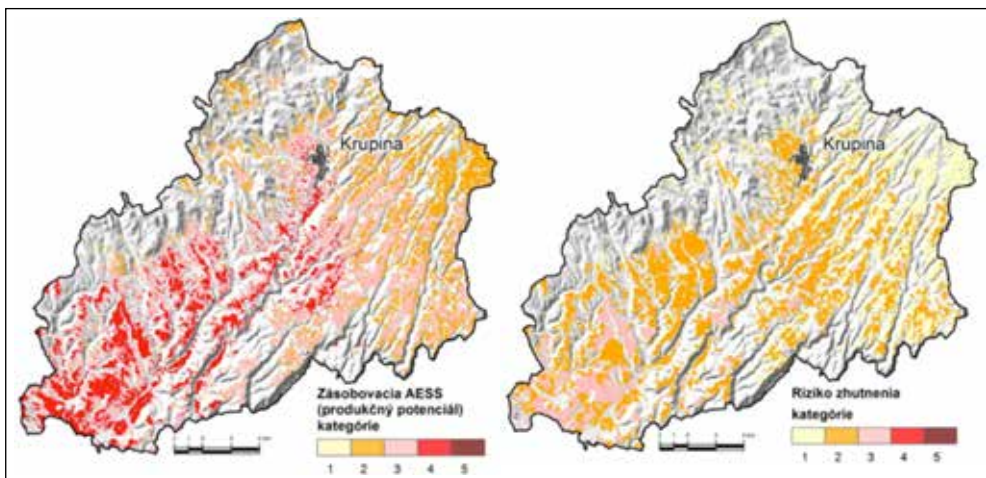
ČM – černoze, ČA – čiernica, FM – fluvizem, FM<sub>G</sub> – Fluvizem glejová, GL – glej, HM – hnedozem, KM – kambizem, LM – luvizem, PG – pseudoglej, PH – piesočnato-hlinité, H – hlinité

Za účelom zobrazenia a hodnotenia modelov boli použité agregované priestorové jednotky (SPU – soil partial units) vytvorené na základe spojenia plôch s podobnými biofyzikálnymi charakteristikami (klíma, sklon, pôdna textúra) a s rovnakým druhom pozemku (orná pôda, trávny porast, ostatné – ovocné sady, vinice). Priestorové jednotky sú zobrazené v rozlíšení s veľkosťou bunky 100 × 100 m. Jednotlivým SPU sú priradené výsledné kategórie na základe váženého priemeru (na základe kategórie a výmery) príslušných pôdnych charakteristík v sledovanom území.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ako podklad pre interpretáciu potenciálu zásobovacej ekosystémovej služby bol použitý produkčný potenciál pôd vyjadrený bodovou hodnotou v škále 0–100. Tento potenciál bol vypočítaný pre jednotlivé agregované jednotky SPU, ktoré boli na základe bodovej hodnoty rozčlenené do piatich kategórií: 1 – veľmi nízky potenciál (0–20), 2 – nízky (20–40), 3 – stredný (40–60), 4 – vysoký (60–80) a 5 – veľmi vysoký (80–100). Mapové zobrazenie zásobovacej služby pre hodnotené okresy je uvedené na obrázkoch 2 a 3 (obrázok zľava). Rozdiely sú v tvare krajinného reliéfu medzi územiaми a tiež medzi rozložením plôch s jednotlivými kategóriami v sledovaných okresoch.

**Obrázok 2** Potenciál zásobovacej agroekosystémovej služby a riziko kompaktie v okrese Krupina a Michalovce



Percentuálne zastúpenie počtu jednotiek SPU, ako aj plochy územia v kategóriách za hodnotené okresy sú uvedené v tabuľkách 3 a 4. Celkovo v okrese Krupina (Tab. 3) najväčšia časť územia sa nachádza v tretej kategórii, čo je stredný potenciál zásobovacej služby.

**Tabuľka 3** Zásobovacia agroekosystémová služba – modelové územie Krupina

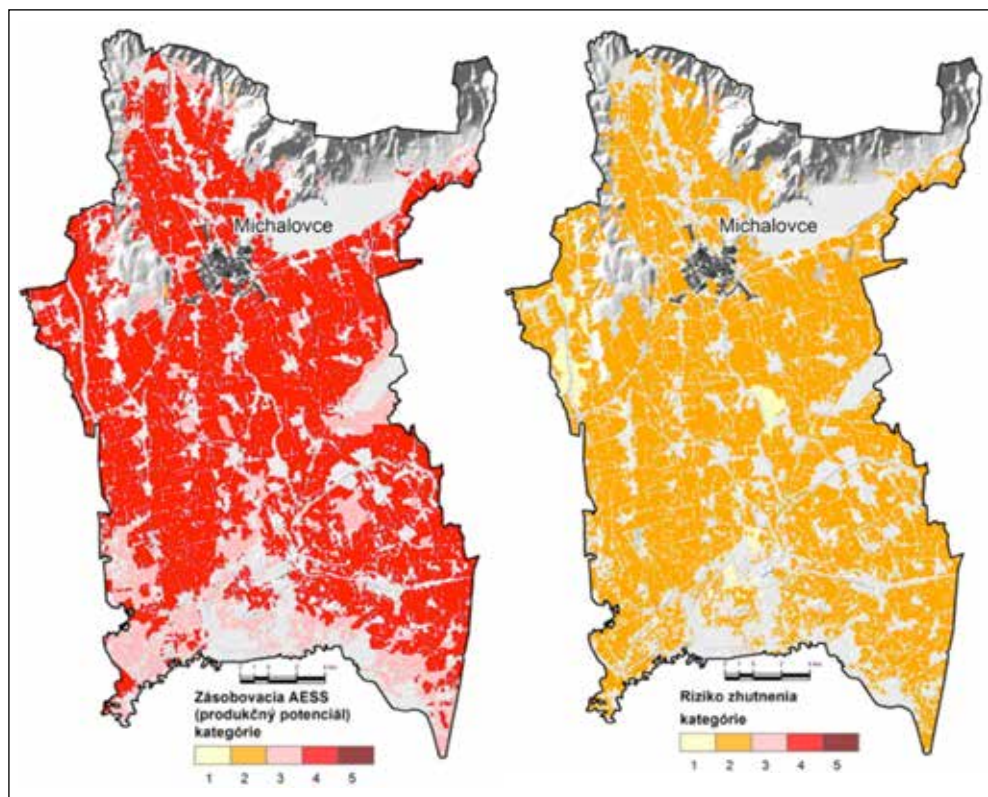
Potenciál zásobovacej služby – kategórie	Plošné zastúpenie kategórií agroekosystémov v %		
	Spolu	OP	TTP
1	–	–	–
2	24,02	14,75	48,93
3	64,28	57,34	43,74
4	11,70	27,92	7,33
5	–	–	–

V okrese Michalovce (Tab. 4) je výrazná časť územia (81,57 %) v 4. kategórii s vysokým potenciálom. Trvalé trávne porasty majú najväčší podiel v 3. kategórii (stredný potenciál).

**Tabuľka 4** Zásobovacia ekosystémová služba – modelové územie Michalovce

Potenciál zásobovacej služby – kategórie	Plošné zastúpenie kategórií agroekosystémov v %		
	Spolu	OP	TTP
1	–	–	–
2	0,10	0,12	0,01
3	18,33	2,47	85,90
4	81,57	97,41	14,10
5	–	–	–

Potenciál zásobnej služby negatívne koreluje s klímou a sklonom na oboch modelových územiach (nižší potenciál pri chladnej klíme, príp. väčšom sklone). Trávne porasty majú nižší produkčný potenciál v porovnaní s ornými pôdami v dôsledku malej hĺbky pôd, skeletovitosti pôd, vysokej hladiny podzemnej vody, väčšieho sklonu územia, príp. iných faktorov obmedzujúcich obrábanie pôd.

**Obrázok 3** Potenciál zásobovacej agroekosystémovej služby a riziko kompaktie v okrese Michalovce

Potenciál zásobovacej (províznej) služby pôdy môže byť redukovaný v závislosti od meniacich sa prírodných podmienok, ale aj vplyvom negatívneho pôsobenia človeka na pôdu, hlavne vplyvom utlačania pôd. Autori uvádzajú zníženie úrod o 10 – 50% (LHOTSKÝ 2000 – podľa

rôznych autorov). Údaje objemovej hmotnosti v pôdnych databázach boli využité k stanoveniu rizika kompaktie pôd, ktoré je vyjadrené ako percentuálny podiel zhutnených lokalít z ich celkového počtu v rámci konkrétneho pôdneho druhu (pôdna textúra), ale aj pôdneho typu, nakoľko niektorí pôdni predstavitelia patria k rizikovým z hľadiska kompaktie pôd (KOBZA 2013).

Jeho hodnota je postavená na reálnych rovnovážnych hodnotách objemovej hmotnosti ornice, v ktorej sa nachádza väčšina koreňového systému rastlín. Zachytáva vplyv rôznych agrotechnických opatrení používaných v rámci osevných postupov, ako aj vplyv rôznych klimatických podmienok.

Ide preto o priemernú mieru zhutnenia, ktorá môže byť nižšia, ale aj vyššia v závislosti od prístupu užívateľa k pôde a dodržiavania pôdoochranných opatrení.

Riziko zhutnenia (v rozpätí 0 – 100 %) sme hodnotili v piatich kategóriách: 1 – veľmi nízke riziko (0 – 20 %), 2 – nízke (20 – 40 %), 3 – stredné (40 – 60 %), 4 – vysoké (60 – 80 %) a 5 – veľmi vysoké (80 – 100 %).

Mapy s rizikom zhutnenia hodnotených okresov sú súčasťou obrázkov 2 a 3 (obrázok sprava). Plošné zastúpenia jednotlivých kategórií sú uvedené v tabuľkách 5 a 6. V okrese Krupina (Tab. 5) sa celkovo viac ako polovica územia (57,95 %) nachádzala v 2. kategórii s nízkym rizikom kompaktie, hlavne s prispením orných pôd (65,95 % plochy orných pôd). Trvalé trávne porasty majú väčšie zastúpenie v 1. kategórii s veľmi nízkym rizikom (60,04 % ich plochy). Tretia kategória so stredným rizikom bola obsadená ťažkými pôdami s prevahou na kompaktiu náchylných pseudoglejov a hnedozemí. Na prvej kategórii sa podieľali stredne ťažké pôdy s prevahou kambizemí. Riziko kompaktie v tomto okrese bolo v pozitívnej korelácii s pôdnou textúrou ( $r = 0,55$ ; riziko stúpa od ľahkých pôd k ťažkým) a v negatívnej s klímou ( $r = -0,52$ ; riziko klesá od teplej klímy k chladnej).

**Tabuľka 5** Riziko kompaktie (%) – modelové územie Krupina

Riziko kompaktie (%) – kategória	Plošné zastúpenie kategórií agroekosystémov v %		
	Spolu	OP	TTP
1	28,59	14,61	60,04
2	57,95	65,95	39,96
3	13,45	19,43	–
4	–	–	–
5	–	–	–

V okrese Michalovce (Tab. 4) sa celkovo ako aj podľa druhu využitia (OP, TTP) takmer celé územie nachádzalo v druhej kategórii (97,27 % územia). Podiel na tomto stave má vysoké zornenie (vysoký podiel orných pôd), ako aj pomerne veľké zastúpenie ťažkých pôd. Na prvej kategórii sa podieľali hlavne ľahké pôdy, kým na tretej ťažké s prevahou rizikových pseudoglejov. Riziko zhutnenia bolo vo výraznejšej korelácii s pôdnym druhom ( $r = 0,67$ ; riziko stúpa od ľahkých pôd k ťažkým).

**Tabuľka 6** Riziko kompaktie (%) – modelové územie Michalovce

Riziko kompaktie (%) – kategórie	Plošné zastúpenie kategórií agroekosystémov v %		
	Spolu	OP	TTP
1	2,59	2,99	0,91
2	97,27	97,01	98,39
3	0,13	–	0,70
4	–	–	–
5	–	–	–

V jednotlivých okresoch boli vypočítané korelačné koeficienty medzi zásobovacou ekosystémovou službou a rizikom zhutnenia. Na území okresu Krupina bola zaznamenaná pozitívna korelácia ( $r = 0,69$ ), no na území okresu Michalovce nebola zistená žiadna ( $r = 0,00$ ). Znamená to, že tieto hodnotené vlastnosti pôd nezávisia od rovnakých faktorov. Zásobovacia služba koreluje s klímou a sklonom, riziko zhutnenia s pôdnym druhom, príp. typom (rizikové pôdne typy).

Z hodnotenia rizika zhutnenia okresov Krupina a Michalovce vyplýva, že pri návrhu manažmentu pôd ohrozených kompaktiou, je potrebné brať do úvahy zastúpenie pôdných druhov. V rámci nich je potrebné klásť osobitný dôraz na prítomnosť rizikových pôdných typov (ŠIRÁŇ a kol. 2016) ako sú hnedozeme, luvizeme a pseudogleje, ktoré majú nepriaznivú stavbu pôdneho profilu. Charakterizujú ich ľahšie, prachovité a zlievavé povrchové horizonty (do 30–40 cm) a ťažšie, ílovitejšie, zhutnené a málo priepustné spodné horizonty (FULAJTÁR, 2006). Medzi postupy, ktoré umožňujú chrániť pôdu pred kompaktiou, patria:

- dodržiavanie preventívnych pôdoochranných opatrení (LHOTSÝ 2000, KOBZA a kol., 2005): *technické* – znižovanie záťaže na pôdu, *organizačné* – znižovanie prejazdov po pôde, hlavne pri nevhodnej vlhkosti, *agrotechnické* – zvyšovanie odolnosti pôd voči zhutneniu – organické hnojenie, zelené hnojenie, racionálne vápnenie, dostatočný podiel viacročných krmovín),
- ochranné obrábanie pôdy (priama sejba, minimálne obrábanie pôdy) vhodné pre ľahké pôdy a stredne ťažké, piesočnato-hlinité pôdy, príp. hlinité pôdy na nerizikových pôdných typoch (KOTOROVÁ, KOVÁČ 1999) v kombinácii s jednorázovým kyprením utužených vrstiev pôdy alebo orbou
- konvenčné obrábanie – pravidelne (hlavne ťažké pôdy), prípadne k určitým plodinám možno orbu vynechať (stredne ťažké, hlinité na rizikových pôdných typoch) a v prípade potreby spojené s podryvaním utuženej podorničnej vrstvy orbou s podryvákmi
- hĺbkové kyprenie – rozrušenie utužených vrstiev podornice do potrebnej hĺbky

**Tabuľka 7** Návrh manažmentu pôd ohrozených kompaktiou na základe kategórii rizika zhutnenia

Kategória	Prevenia	Ochranné obrábanie	Konvenčné obrábanie	Kyprenie
1	odporúčaná	odporúčané ľahké pôdy – priama sejba, stredne ťažké – minimálne obrábanie	jednorázová orba – stredne ťažké pôdy	v prípade výskytu zhutnených vrstiev do potrebnej hĺbky
2	ťažké a rizikové pôdy – nutná	nerizikové pôdy – vhodné minimálne obrábanie	nerizikové pôdy – vhodné rizikové pôdy – odporúčané	orba s pluhom s podryvkami až hĺbkové kyprenie podornice
3	nutná	len v špecifických situáciách (po vhodnej predplodine pri sejbe ozimín z dôvodu zníženia hrudovitosti)	odporúčané	hĺbkové kyprenie podornice

## ZÁVER

Analyzovali sme potenciál zásobovacej agroekosystémovej služby v kontexte s rizikom kompaktie pôd na príklade dvoch modelových území s rozdielnym krajinným reliéfom, výškovo členitým (69 % zornenie, 60% územia od 300 – 600 m n. m., 21 % územia na rovine) a homogénnym (81 % zornenie, 96 % územia do 300 m n.m., 92 % územia na rovine).

Na modelovom území Michalovce sú pôdne a klimatické podmienky priaznivejšie, čo sa odráža na väčšom zastúpení pôd s vysokým produkčným potenciálom v porovnaní s územím Krupiny. Nižšie riziko zhutnenia bolo zistené v prípade Krupiny, kde je nižšie zornenie, ako aj podiel ťažkých pôd.

Potenciál zásobovacej ekosystémovej služby na oboch územiach negatívne koreloval s klímou a sklonom, riziko kompaktie pozitívne s pôdnym druhom.

K spresneniu návrhu manažmentu pôd ohrozených kompaktiou by prospelo vyčlenenie plôch s piesočnato-hlinitým pôdnym druhom (v našom prípade ako súčasť stredne ťažkých pôd) a plôch s rizikovými pôdnymi typmi.

Určenie rizikových pôd a pôvodu ich kompaktie sú predpokladom stanovenia optimálneho návrhu manažmentu, ktorý kladie dôraz v prospech správneho výberu a uplatňovania účinných pôdoochranných opatrení.

## Podakovanie

Táto práca bola podporená Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0098-12.



## LITERATÚRA

- ECKELMANN, W. – BARITZ, R. – BIALOUSZ, S. – BIELEK, P. – CARRÉ, F. – HOUŠKOVÁ, B. – JONES, R.J.A. – KIBBLEWHITE, M. – KOZAK, J. – LE BAS, C. – TÓTH, G. – TÓTH, T. – VÁRALLYAY, G. – HALLA, M.Y. – ZUPAN, M. 2006. *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats: European Soil Bureau Research Report No.20*, EUR 22185 EN, 2006. 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 142 s.
- GŁAB, T. 2008. Effect of tractor whelling on root morphology and yield of Lucerne (*Medicago sativa* L.). *Grass Forage Sci.*, 63, 398, 2008.
- GŁAB, T.– GONDEK, K. 2013. The influence of soil compaction on chemical properties of Mollic Fluvisol soil under lucerne (*Medicago sativa* L.). *Pol. J. Environ. Stud.* Vol. 22, No. 1 (2013), 107–113.
- IVANOV, A. – STOJNĚV, K. 1967. Izučeniye vlijaniya plotnosti počvy na jejo plodorodije i količestvo nēdostupnoj vlagi v nēj. Fizikapočv i prijemy obrabotky. In: *Trudy pro agronom. fizike*. Leningrad, 1967, VASCHNIL (Kolos), 14, s. 193–203.
- KRISTOFERSEN A. R. – RILE H. 2005. Effect of soil compaction and moisture regime on the root and shoot growth and phosphorus uptake of barley plants growing on soils with varying phosphorus status. *Nutr. Cycl. Agroecosys.*, 72, 135, 2005.
- KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007–2012)*. Bratislava: NPPC – VÚPOP, 2014, 252 s. ISBN 978 80-8163 004-0.
- KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. 1999. The influence of the various tillage systems on the physical soil properties for clover – grass mixture. In: *Contemporary state and perspectives of the agronomical practicies after year 2000. Proceedings of International conference in Brno*. Troubsko u Brna: Research Institute for Fodder Crops, 1999, s. 11 – 17
- LHOTSKÝ, J. 2000. Zhutňování půd a opatření proti němu. In: *Rostlinná výroba*, č. 7/2000, Praha: ÚZPI, 44 s.
- LIPIEC J. – STEPNIIEWSKI W. 1995. Effect of soil compaction and tillage system on uptake and losses of nutrients. *Soil Till. Research* 35, 37, 1995.
- ŠIRÁŇ, M. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – KOBZA, J. 2016. Možnosti hodnotenia kompaktie pôdy vo vzťahu ku zásobovacej agroekosystémovej službe. *Agrochémia*. vol. XX. (56), 2016, 2, 38–42. ISSN 1335 2415.
- VOORHEES W.B. – EVANS S.D. – WARNES D.D. 1985. Effect of preplant wheel traffic on soil compaction, water use, and growth of spring wheat. *SSSAJ*, Vol. 49 No. 1, p. 215 – 220
- ZRUBEC, F. 1998. *Metodika zúrodnenia zhutnených pôd*. Bratislava: VÚPOP, 1998. 40 s.
-

# VPLYV APLIKÁCIE PÔDNYCH POMOCNÝCH LÁTOK NA ZMENY VYBRANÝCH CHEMICKÝCH PARAMETROV PÔDY

**Božena Šoltysová, Dana Kotorová, Martin Danilovič, Ladislav Kováč**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav agroekológie Michalovce,  
Špitálska 1273, 071 01 Michalovce, Slovenská republika, e-mail:soltysova@minet.sk*

## Abstrakt

Na fluvizemi glejovej boli sledované zmeny vybraných chemických parametrov pôdy v slede plodín: kukurica siata na zrno (2013), jačmeň siaty jarný (2014), sója fazuľová (2015). Pokusy boli založené pri troch rozdielnych variantoch hnojenia (aplikácia mletého vápenca v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>, aplikácia kondicionéra PRP SOL v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>, kontrola) a pri troch spôsoboch obrábania (konvenčná agrotechnika, redukovaná agrotechnika, priama sejba do neobrábanej pôdy). Pre stanovenie chemických parametrov pôdy boli odoberané pôdne vzorky v jesennom období po zbere plodiny z hĺbky 0–0,3 m. Obsah pôdneho organického uhlíka sa vyskytoval v rozpätí 13,42–17,48 g.kg<sup>-1</sup>, hodnoty pôdnej reakcie 5,27–6,56, obsah prístupného vápnika 3503–4897 mg.kg<sup>-1</sup>, obsah prístupného fosforu 31,3–85,9 mg.kg<sup>-1</sup> a obsah prístupného draslíka 209,1–316,3 mg.kg<sup>-1</sup>. Medzi východiskovým a konečným rokom pokusu bol zistený pokles pôdneho organického uhlíka, výmennej pôdnej reakcie, prístupného fosforu a mierny nárast prístupného vápnika a draslíka. Po aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL boli v hodnotenom slede plodín zistené pozitívnejšie zmeny parametrov pôdy v porovnaní s kontrolou.

**Kľúčové slová:** fluvizem glejová, pôdne pomocné látky, obrábanie, chemické parametre pôdy

## Abstract

The changes of soil chemical parameters in Gleyic Fluvisols were observed in crop sequence: grain maize (2013), spring barley (2014), soya (2015). The experiments were established in three different variants of fertilization (application of limestone in the dose 200 kg ha<sup>-1</sup>, application of conditioner PRP SOL in the dose 200 kg ha<sup>-1</sup>, control) and three soil tillage systems (conventional tillage, reduced tillage, zero tillage). Soil samples for the determination of soil chemical parameters were taken in the autumn after harvest of crops from a depth of 0 to 0.3 m. The content of soil organic carbon was in the range of 13.42 to 17.48 g kg<sup>-1</sup>, soil reaction value from 5.27 to 6.56, the content of available calcium from 3503 to 4897 mg kg<sup>-1</sup>, available phosphorus content from 31.3 to 85.9 mg kg<sup>-1</sup> and content of available potassium from 209.1 to 316.3 mg kg<sup>-1</sup>. Between the baseline and final year of the experiment it was observed decline of soil organic carbon, soil exchange reaction, available phosphorus and a slight increase

in available calcium and potassium. After application of limestone and soil conditioner PRP SOL in the evaluated crop sequence were found positive changes in parameters of the soil compared to the control.

**Key words:** Gleyic Fluvisols, soil conditioners, tillage, chemical soil parameters

## ÚVOD

V súvislosti s udržaním pôdnej úrodnosti a kvality pôdy je v súčasnosti veľkým problémom jej chemická degradácia. Jedným z najvýznamnejších problémov chemickej degradácie pôdy je acidifikácia. Zamedziť oksylovaniu pôdy umožní použitie pôdnych pomocných látok, medzi ktoré je možné zaradiť aj mletý vápenec. Použitie vápenca umožňuje zlepšiť pôdnu reakciu a chemické vlastnosti degradovaných pôd (CAPUANI, 2015). LI *et al.* (2014) v lesných pôdach zaznamenal štatisticky preukazné zmeny vybraných chemických parametrov pri aplikovanej dávke 2 t.ha<sup>-1</sup> vápenatých hmôt (49,5 % CaO).

Priamym výsledkom aplikácie vápenatých hmôt je úprava pôdnej reakcie, prípadne optimalizácii režimu živín. Nepriamym výsledkom sú následné zmeny ďalších pôdnych vlastností, ktoré s hodnotou pH korelujú.

Medzi pôdne pomocné látky, certifikované pre konvenčné a ekologické hospodárenie na pôde, patrí aj PRP SOL, ktorý sa využíva k urýchleniu rozkladu pozberových zvyškov, k regenerácii pôdy, na zlepšenie pôdnej štruktúry a zvýšenie využiteľnosti disponibilných zásob živín v pôde. BALLA *et al.* (2012) po aplikácii PRP SOL zaznamenali zvýšenie hodnôt pôdnej reakcie v rozmedzí od 0,14 do 0,65 v období s vysokým úhrnom zrážok. Využitím pôdneho kondicionéra PRP SOL na kvalitu pôdy, kvantitu a kvalitu výnosov pestovaných plodín, ale aj na ďalšie faktory ovplyvňujúce produkčný proces sa zaoberali napr. HRIVNA (2010), SZYMAŃSKA *et al.* (2012), SULEWSKA *et al.* (2013) a iní.

Cieľom práce je posúdiť zmeny vybraných chemických vlastností ťažkej fluvizeme glejovej vplyvom aplikácie pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy.

## MATERIÁL A METÓDY

Vplyv aplikácie pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy na zmeny chemických vlastností pôdy bol sledovaný v pokusoch realizovaných v rokoch 2012–2015 Národným poľnohospodárskym a potravinárskym centrom – Výskumným ústavom agroekológie Michalovce na experimentálnom pracovisku v Milhostove. Uvedená lokalita sa nachádza v centrálnej časti Východoslovenskej nížiny, v nadmorskej výške 101 m, v klimatickom regióne T3. Fluvizem glejová (SOBOČKÁ, 2000) v Milhostove je pôda ťažká, ílovito-hlinitá. Dlhodobý normál zrážok (1961–1990) je pre Milhostov 550 mm a pre vegetačné obdobie 348 mm. Dlhodobý normál (1961–1990) pre ročnú teplotu vzduchu je 8,9 °C a pre vegetačné obdobie 16,0 °C (MIKULOVÁ *et al.*, 2008).

Sledovania boli realizované v modelovom slede plodín kukurica siata na zrno (2013) – jačmeň siaty jarný (2014) – sója fazuľová (2015). Predplodinou bola pšenica letná forma ozimná (2012). Pokusy s uvedenými plodinami boli založené v prirodzených podmienkach bez závlahy a usporiadané boli blokovou metódou s náhodným usporiadaním variantov. Veľkosť každého variantu bola 276 m<sup>2</sup> (6 m × 46 m).

V pokusoch boli sledované tri rozdielne varianty hnojenia:

VAP – aplikácia mletého vápenca v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>,

PRP – aplikácia kondicionéra PRP SOL v dávke 200 kg.ha<sup>-1</sup>,

K – kontrola hnojená len NPK hnojivami

pri troch rozdielnych spôsoboch obrábania pôdy:

KA – konvenčná agrotechnika,

RA – redukovaná agrotechnika,

PS – priama sejba do neobrábanej pôdy.

Mletý vápenec (frakcia 0–4 mm) a PRP SOL (rozmetateľný granulát na báze uhličitanov vápenatých a horečnatých a technologických prísad, s obsahom 35% oxidu vápenatého a 8% oxidu horečnatého) sa používali každoročne k predsejbovej príprave pôdy. Na kontrolnom variante a variantoch s aplikovanými pôdnymi pomocnými látkami sa realizovalo aj zhodné hnojenie dusíkom, fosforom a draslíkom. Dávky základných živín a pomocných látok pre hnojenie modelových plodín sú uvedené v tabuľke 1.

**Tabuľka 1** Dávky základných živín a pomocných látok pre hnojenie plodín

Plodina	Variant	Celkové dávky živín			Dávka kondicionéra [kg.ha <sup>-1</sup> ]
		N [kg.ha <sup>-1</sup> ]	P [kg.ha <sup>-1</sup> ]	K [kg.ha <sup>-1</sup> ]	
kukurica siata na zrno	VAP	90	26,2	50	200
	PRP	90	26,2	50	200
	K	90	26,2	50	–
jačmeň siaty jarný	VAP	60	13,1	25	200
	PRP	60	13,1	25	200
	K	60	13,1	25	–
sója fazuľová	VAP	30	13,1	25	200
	PRP	30	13,1	25	200
	K	30	13,1	25	–

kde: VAP – mletý vápenec, PRP – kondicionér PRP-SOL, K – kontrola

Pôdne vzorky boli odoberané každoročne po zbere plodín z hĺbky 0–0,3 m. V spracovaných vzorkách pôdy boli stanovené vybrané chemické parametre pôdy štandardne používanými metódami (HRAŠKO *et al.*, 1962; HRIVŇÁKOVÁ, MAKOVNÍKOVÁ *et al.*, 2011).

Viacnásobnou analýzou rozptylu (Multifactor ANOVA) sa štatisticky testovali namerané hodnoty chemických parametrov pôdy. Vzájomné vzťahy medzi sledovanými parametrami boli vyhodnotené pomocou regresnej analýzy.

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sledovanú ílovito-hlinitú fluvizem glejovú charakterizujú hodnoty ukazovateľov sorpčnej kapacity, pôdnej reakcie, obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty a množstvo celkových a prístupných živín uvedené v tabuľke 2. Hodnoty celkovej sorpčnej kapacity sa vyskytovali v rozmedzí 265 – 370 mmol.kg<sup>-1</sup>. Vysoké až veľmi vysoké hodnoty celkovej sorpčnej kapacity (HRIVNÁKOVÁ, MAKOVNIKOVÁ *et al.*, 2011) súvisia s vyšším obsahom ílovitých častíc (priemerne 51,1 %) a humusu (priemerne 26,1 g.kg<sup>-1</sup>). Hodnoty celkovej sorpčnej kapacity poukazujú na množstvo kationov, ktoré môže pôda pútať pre rastliny v prístupnej forme a tiež na schopnosť pôdy odolať vylúhovaniu bázických kationov. HANES a kol. (1997) udávajú hodnoty celkovej sorpčnej kapacity pre pôdy stredne ťažké hlinité v rozmedzí 200 – 300 mmol.kg<sup>-1</sup> a pre pôdy ťažké ílovité v rozmedzí 400 – 500 mmol.kg<sup>-1</sup>. Zistené hodnoty pre pôdu ílovito-hlinitú boli na rozhraní týchto intervalov. Monitorovanú fluvizem glejovú je možné pokladať za pôdu nasýtenú až plne nasýtenú, pretože hodnoty sorpčnej nasýtenosti sa vyskytovali v rozmedzí 89,2 – 95,8 %.

**Tabuľka 2** Parametre charakterizujúce monitorovanú ílovito-hlinitú pôdu v rokoch 2012 – 2015

Parameter		2012	2015	Δ KS-VS	min.	max.
celková kyslosť pôdy	mmol.kg <sup>-1</sup>	24	21	-3	15	31
suma výmenných bázických kationov	mmol.kg <sup>-1</sup>	288	285	-3	242	346
celková sorpčná kapacita	mmol.kg <sup>-1</sup>	312	306	-6	265	370
stupeň nasýtenia sorpčného komplexu	%	92,4	93,0	0,6	89,2	95,8
pôdny organický uhlík	g.kg <sup>-1</sup>	15,19	15,02	-0,17	13,42	17,48
humus	g.kg <sup>-1</sup>	26,18	25,89	-0,29	23,13	30,12
uhlík humusových látok	g.kg <sup>-1</sup>	4,92	4,73	-0,19	4,16	5,62
uhlík humínových kyselín	g.kg <sup>-1</sup>	2,33	2,38	0,05	1,72	2,90
uhlík fulvokyselín	g.kg <sup>-1</sup>	2,59	2,35	-0,24	1,88	2,96
pomer uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín		0,91	1,03	0,12	0,65	1,29
percentuálny pomer uhlíka humínových kyselín k oxidovateľnému uhlíku	%	15,38	15,88	0,50	12,00	18,37
pomer uhlíka k dusíku		9,34	9,14	-0,20	7,70	11,36
výmenná pôdna reakcia (pH/KCl)		6,07	5,98	-0,09	5,27	6,56
prístupný vápnik	mg.kg <sup>-1</sup>	4091	4137	46	3503	4897
prístupný fosfor	mg.kg <sup>-1</sup>	55,5	48,9	-6,6	31,3	85,9
prístupný draslík	mg.kg <sup>-1</sup>	259,1	276,4	17,3	209,1	316,3
prístupný horčík	mg.kg <sup>-1</sup>	362,9	371,4	8,8	267,5	479,6
celkový dusík	mg.kg <sup>-1</sup>	1633	1648	15	1350	1960

kde: VS – východiskový stav (jeseň 2012), KS – konečný stav (jeseň 2015), D – rozdiel (2015 – 2012)

Obsah pôdneho organického uhlíka sa vyskytoval v rozmedzí 13,42 – 17,48 g.kg<sup>-1</sup> (Tab. 2) a po prepočte na humus to zodpovedalo 23,13 – 30,12 g.kg<sup>-1</sup>. Uvedené hodnoty humusu podľa FEČENKA a LOŽEKA (2000) sú charakteristické pre pôdy stredne humózne. Obsah pôdneho orga-

nického uhlíka bol štatisticky preukazne ovplyvnený hnojením a ročníkom (Tab. 3). Ročníkovú variabilitu obsahu pôdneho organického uhlíka potvrdili aj KIBET *et al.* (2016).

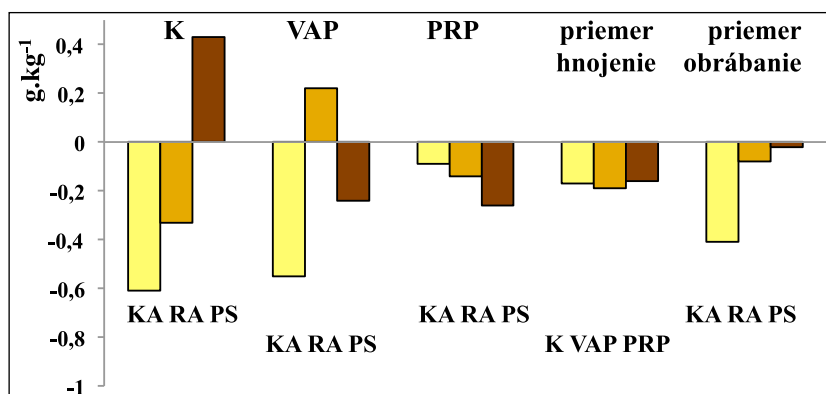
Na variantoch hnojenia bol medzi východiskovým a konečným rokom pokusu zistený porovnateľný pokles pôdneho organického uhlíka v rozmedzí od 0,16 do 0,19 g.kg<sup>-1</sup> (Obr. 1). Vyššie diferencie pôdneho organického uhlíka boli zistené pri obrábaní pôdy. Koncom výskumného obdobia pri pôdoochranných technológiách došlo k nepatrným zmenám obsahov pôdneho organického uhlíka (Obr. 1) o 0,08 g.kg<sup>-1</sup> pri redukovanej agrotechnike a o 0,02 g.kg<sup>-1</sup> pri priamej sejbe v porovnaní s konvenčnou agrotechnikou, pri ktorej množstvo pôdneho organického uhlíka pokleslo o 0,41 g.kg<sup>-1</sup> oproti východiskovému stavu.

**Tabuľka 3** Štatistické vyhodnotenie vybraných chemických parametrov pôdy

Zdroj variability	Faktor	Sledovaný parameter				
		C <sub>ox</sub> [g.kg <sup>-1</sup> ]	pH/KCl	Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	P [mg.kg <sup>-1</sup> ]	K [mg.kg <sup>-1</sup> ]
Hnojenie	K	14,89 a	6,01 a	4151,4 a	49,6 a	267,5 a
	VAP	15,11 a	6,03 ab	4134,9 a	50,3 a	265,5 a
	PRP	15,51 b	6,09 b	4133,6 a	51,1 a	261,6 a
Obrábanie	KA	14,97 a	6,18 b	4144,9 ab	55,2 b	259,2 a
	RA	15,25 a	5,99 a	4097,3 a	49,5 a	273,4 b
	PS	15,29 a	5,96 a	4177,8 b	46,4 a	262,0 a
Rok	2012	15,19 a	6,06 b	4090,5 a	55,5 b	259,1 ab
	2013	15,61 b	5,88 a	4194,2 b	48,1 a	269,1 bc
	2014	14,85 a	6,24 c	4137,7 ab	49,0 a	254,9 a
	2015	15,02 a	5,99 b	4137,4 ab	48,9 a	276,4 c

kde: C<sub>ox</sub> – pôdny organický uhlík, pH/KCl – výmenná pôdna reakcia, Ca – prístupný vápnik, P – prístupný fosfor, K – prístupný draslík, K – kontrola – hnojenie NPK, VAP – mletý vápenec, PRP – kondicionér PRP-SOL, KA – konvenčná agrotechnika, RA – redukovaná agrotechnika, PS – priama sejba, písmená (a, b, c) medzi faktormi poukazujú na štatisticky preukazné rozdiely (α = 0,05) – LSD test

**Obrázok 1** Diferencie obsahov pôdneho organického uhlíka medzi rokmi 2015 a 2012



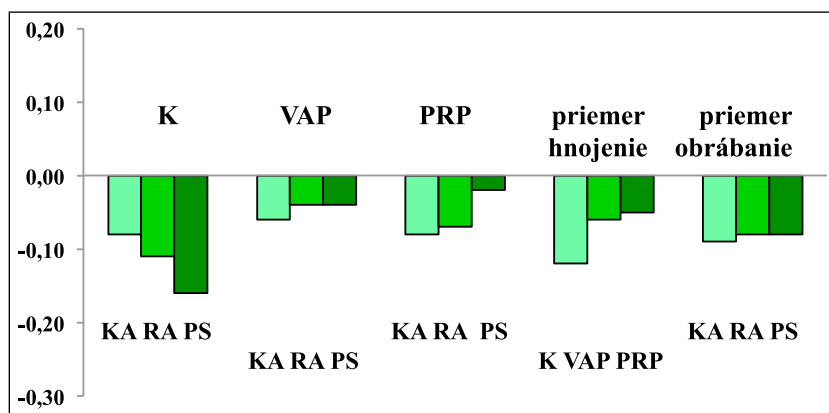
Spôsob obrábania pôdy ovplyvňuje rýchlosť rozkladu pôdnej organickej hmoty. Priemerné hodnoty pôdneho organického uhlíka boli vyššie pri priamej sejbe ( $15,29 \text{ g.kg}^{-1}$ ) a redukovanej agrotechnike ( $15,25 \text{ g.kg}^{-1}$ ) v porovnaní s konvenčným obrábaním pôdy ( $14,97 \text{ g.kg}^{-1}$ ). Vyššie množstvo pôdnej organickej hmoty pri priamej sejbe oproti konvenčnej agrotechnike zaznamenali aj MAZZONCINI *et al.* (2016), TIAN *et al.* (2016) a iní.

Obsah organických látok, cez rozdielne množstvá a kvalitu humusotvorného materiálu, výrazne ovplyvňuje štruktúra osevného postupu. V monitorovanom slede plodín boli pestované plodiny, ktoré patria medzi bohaté až stredne výdatné zdroje organického uhlíka. Napriek tomu bol zaznamenaný pokles pôdneho organického uhlíka, čo pravdepodobne súvisí s nižšou dosiahnutou úrodou plodín a teda nižším inputom organického uhlíka z koreňových a pozberových zvyškov pestovaných plodín. Analogicky obsah pôdneho organického uhlíka súvisí aj so zmenami poveternostných podmienok. Teplota vzduchu prostredníctvom vplyvu na mikrobiálnu aktivitu nepriamo ovplyvňuje obsah pôdneho organického uhlíka (ZHANG *et al.*, 2007). Vyššia teplota vzduchu urýchli rozklad pôdnej organickej hmoty a následne dochádza k jej poklesu. Hodnotené roky 2012–2015 boli teplotne nadnormálne, čo pravdepodobne bolo jednou z príčin poklesu pôdneho organického uhlíka pri všetkých troch spôsoboch agrotechniky.

Zmeny pôdnej úrodnosti vplyvom aplikácie pôdnych pomocných látok pri rozdielnom obrábaní pôdy boli hodnotené aj zo zmien hodnôt výmennej pôdnej reakcie a obsahov prístupných živín. Hodnoty výmennej pôdnej reakcie bez ohľadu na hnojenie, obrábanie pôdy, rok a opakovanie, sa v rokoch 2012–2015 vyskytovali v širokom rozmedzí 5,27–6,56 a podľa kritérií hodnotenia pôdna reakcia bola kyslá až neutrálna (Vyhláška MP SR č. 338/2005 Z. z.).

Po pestovaných plodinách (kukurica, jačmeň, sója) bol zistený preukazný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie (Obr. 2). Vyššie hodnoty pôdnej reakcie boli zistené na začiatku pokusného obdobia. Využívaním pôdy pri nedostatočnom nahrádzaní každoročných strát vápnika došlo v roku 2015 k miernemu poklesu hodnôt pôdnej reakcie z 6,06 na 5,99. Podobne FERIANCOVÁ (2003) zaznamenala ročníkovú variabilitu hodnôt pôdnej reakcie.

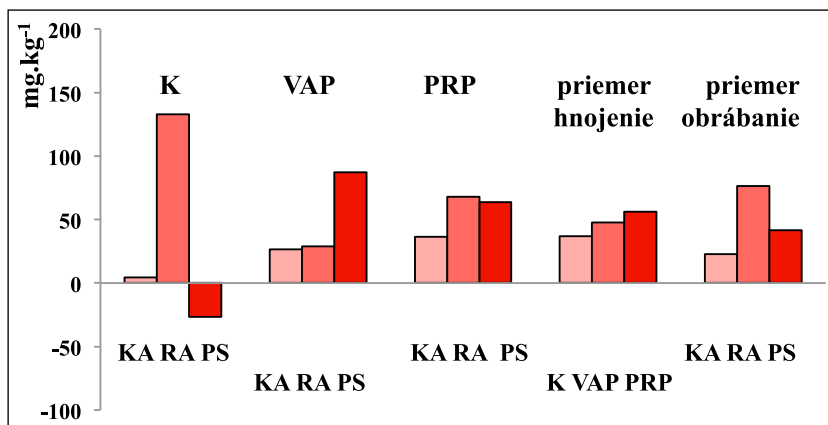
**Obrázok 2** Diferencie hodnôt výmennej pôdnej reakcie medzi rokmi 2015 a 2012



Na kontrolnom variante, teda na variante hnojenom NPK hnojivami, bol priemerný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie  $-0,12$ . Nižší pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie ( $-0,06$ ) bol zistený po každoročnej aplikácii vápenatých hmôt v dávke  $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a pôdneho kondicionéra PRP SOL na báze uhličitanov vápenatých a horečnatých v rovnakej dávke ( $-0,05$ ). Aplikované dávky vápenatých hmôt však nepostačovali pokryť ročné straty vápnika z pôdy. Dosiagnuté výsledky poukazujú na potrebu pravidelného udržiavacieho vápnenia pôdy, pretože pri pokračovaní rovnakého trendu v nasledujúcich rokoch sa môže rapídnejšie znížiť pôdna reakcia. Na potrebu pravidelného vápnenia pôdy upozorňujú aj JORIS *et al.* (2016) a VIGOVSKIS *et al.* (2016).

Použitie dostatočných dávok vápenatých hmôt odstráni každoročné straty vápnika z pôdy spôsobené jeho vymývaním, odberom plodinami a pôsobením priemyselných hnojív. Po cielej aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL bol na konci výskumného obdobia zistený mierny nárast prístupného vápnika priemerne o  $48 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , resp. o  $56 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  v porovnaní s rokom 2012 (Obr. 3). Na kontrolnom variante sa obsah prístupného vápnika zvýšil v priemere o  $37 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Uvedené zmeny obsahov prístupného vápnika v pôde však neboli štatisticky preukazné (tabuľka 3).

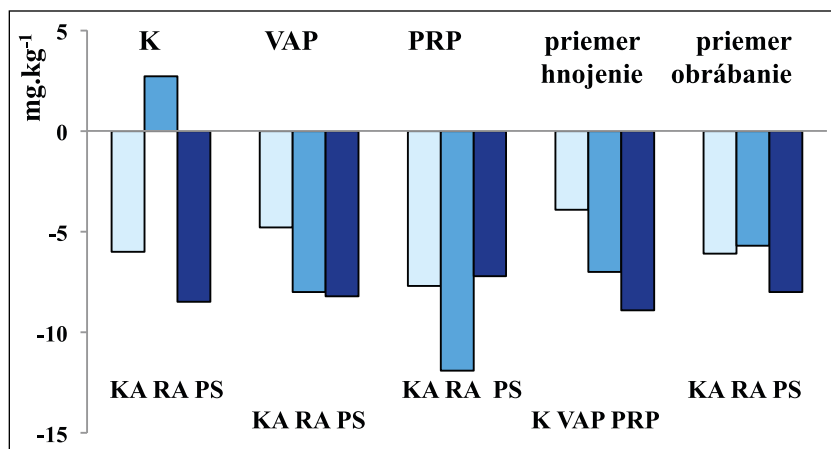
**Obrázok 3** Diferencie obsahov prístupného vápnika medzi rokmi 2015 a 2012



Optimálna pôdna reakcia pre sóju je v rozpätí  $6,5 - 7,1$  (FECENKO a LOŽEK, 2000) a zistené hodnoty boli oveľa nižšie než je spodná hranica optimálnej reakcie. Hodnoty pôdnej reakcie sú pre sóju skoro hraničné a pri pokračovaní rovnakého trendu v nasledujúcich rokoch sa môžu rapídne znížiť jej úrody. Zmena pôdnej reakcie vyvolaná vápnením je len jedným z faktorov pôsobenia vápenatých hnojív na pôdu. Úpravou pôdnej reakcie vápnením sa upravujú podmienky pre lepší príjem fosforu rastlinami a tiež sa eliminujú toxické účinky ťažkých kovov znížením ich rozpustnosti.

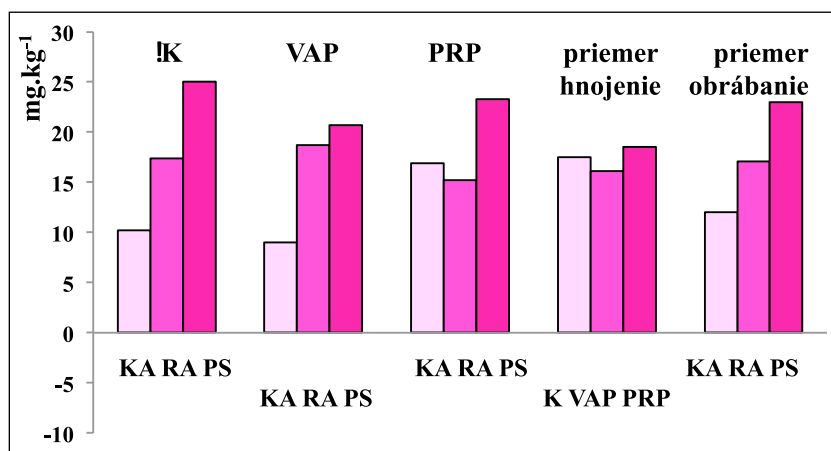
Počas hodnoteného obdobia došlo k miernemu poklesu prístupného fosforu (Obr. 4), čo súvisí s nedostatočným hnojením fosforom. Z hľadiska hnojenia boli priemerné rozdiely obsahov prístupného fosforu v pôde medzi rokmi 2015 a 2012 vyššie na variantoch s aplikovaným vápencom ( $-7,0 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) a pôdnou pomocnou látkou PRP SOL ( $-8,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) než na kontrolnom variante hnojenom len NPK hnojivami ( $-3,9 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).



**Obrázok 4** Diferencie obsahov prístupného fosforu medzi rokmi 2015 a 2012

Obsah prístupného fosforu v pôde bol závislý od hnojenia a odberu fosforu pestovanými plodinami. Medzi odberom fosforu v realizovanom oševnom postupe a diferenciou obsahu prístupného fosforu v pôde medzi rokmi 2015 a 2012 na variantoch hnojenia bola zistená veľmi veľká negatívna závislosť ( $r = -0,99$ ), teda s vyšším odberom fosforu súvisel jeho vyšší pokles v pôde.

Analogicky aj obsah prístupného draslíka v pôde je závislý od hnojenia a jeho odberu pestovanými plodinami. Medzi východiskovým a konečným rokom pokusu bolo zistené preukazné zvýšenie prístupného draslíka v pôde (Obr. 4). Pri rovnakých použitých dávkach draslíka na všetkých variantoch hnojenia bol nárast prístupného draslíka v pôde porovnateľný priemerne od 16,1 mg.kg<sup>-1</sup> na variante s aplikovaným mletým vápencom do 18,5 mg.kg<sup>-1</sup> na variante s kondicionérom PRP SOL.

**Obrázok 5** Diferencie obsahov prístupného draslíka medzi rokmi 2015 a 2012

Z hľadiska obrábania bol vyšší nárast prístupného draslíka v pôde zistený pri použití pôdoochranných technológií, čo úzko súvisí s úrodami plodín a teda aj odberom draslíka z pôdy. Pri vyšších úrodách plodín pri konvenčnej agrotechnike bol aj odber draslíka vyšší než pri použití pôdoochranných technológií. Medzi odberom draslíka v slede plodín (kukurica, jačmeň, sója) a diferenciou obsahu prístupného draslíka v pôde medzi rokmi 2015 a 2012 pri rozdielnom obrábaní pôdy bola zistená veľmi veľká negatívna závislosť ( $r = -0,92$ ).

## ZÁVER

Udržať optimálnu úrodnosť pôdy umožní použitie pôdnych pomocných látok, medzi ktoré patria aj vápenaté hmoty a pôdny kondicionér PRP SOL. Po aplikácii mletého vápenca a pôdneho kondicionéra PRP SOL boli v hodnotenom slede plodín zistené pozitívnejšie zmeny parametrov pôdy v porovnaní s kontrolou. Medzi východiskovým a konečným rokom pokusu bol zistený pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie. Nižší pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie (-0,06) bol zaznamenaný po každoročnej aplikácii vápenatých hmôt v dávke  $200 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a pôdneho kondicionéra PRP SOL v rovnakej dávke (-0,05). Na kontrolnom variante bol priemerný pokles hodnôt výmennej pôdnej reakcie -0,12.

Obsah prístupných živín (fosfor, draslík) v pôde bol závislý od hnojenia a odberu pestovanými plodinami. Medzi odberom fosforu v oševnom postupe a diferenciou obsahu prístupného fosforu v pôde medzi rokmi 2015 a 2012 na variantoch hnojenia bola zistená veľmi veľká negatívna závislosť ( $r = -0,99$ ). Podobne veľmi veľká negatívna závislosť ( $r = -0,92$ ) bola zistená aj medzi odberom draslíka v slede plodín (kukurica, jačmeň, sója) a diferenciou obsahu prístupného draslíka v pôde. S vyšším odberom fosforu a draslíka súvisel ich vyšší pokles v pôde.

## LITERATÚRA

- BALLA, P. – HECL, J. – KOTOROVÁ, D. – KOVÁČ, L. – ŠOLTYSOVÁ, B. 2012. Effect of soil utilization modes on the mater circulation in Gleyic Fluvisol. In: *Examination of the effect of land utilization systems on water and nutrient circulation of soil*. Debrecen, 2012, pp. 66–84. ISBN 978-963-473-594-6
- CAPUANI, S. – FERNANDES, D. M. – RIGON, G. J. P. – RIBEIRO, L. C. 2015. Combination between Acidity Amendments and Sewage Sludge with Phosphorus on Soil Chemical Characteristics and on Development of Castor Bean. In: *Communications in soil science and plant analysis*, vol. 22, 2015, No. 22, pp. 2901–2912.
- FECENKO, J. – LOŽEK, O. 2000. *Výživa a hnojenie poľných plodín*. 1. vyd. Nitra: SPU Nitra, 2000. 452 s. ISBN 80-7137-777-5
- FERIANCOVÁ, L. 2003. Hodnotenie obsahu živín a pôdnej reakcie v substráte na experimentálnej strešnej záhrade. In: *Acta horticulturae et regioteecturae*, roč. 6, 2003, č. 2, s. 44–46.
- HANES, J. a kol. 1997. *Pedológia*. Vysokoškolské skriptá. Nitra: SPU, 1997, 118 s. ISBN 80-7137-390-7
- HRAŠKO, J. et al. 1962. *Rozbory pôd*. 1. vyd. Bratislava: SVPL, 1962. 342 s.
- HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. et al. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. 1. vyd. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s. ISBN 978-80-89128-89-1
- HŘIVNA, L. 2010. Vliv hnojiv PRP SOL a PRP EBV na výnos a kvalitu sladovníckého ječmene. In: *Sladovnícký ječmen – přiměřená ekonomika, vysoký výnos a kvalita zrna* (Sborník z konference). Praha: Sdružení pro ječmen a slad, 2010, s. 49–50. ISBN 978-80-213-2047-5

- JORIS, H.A.W. – CAIRES, E.F. – SCHARR, D.A. – BINI, A.R. – HALISKI, A. 2016. Liming in the conversion from degraded pastureland to a no-till cropping system in Southern Brazil. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 162, 2016, pp. 68–77.
- KIBET, L.C. – BLANCO-CANQUI, H. – JAS, P. 2016. Long-term tillage impacts on soil organic matter components and related properties on a Typic Argiudoll. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 155, 2016, pp. 78–84.
- LI, Z. – WANG, Y. – LIU, Y. – GUO, H. – LI, T. – LI, Z. H. – SHI, G. 2014. Long-Term Effects of Liming on Health and Growth of a Masson Pine Stand Damaged by Soil Acidification in Chongqing, China. In: *PLOS ONE*, vol. 9, 2014, No. 4.
- MAZZONCINI, M. – ANTICHI, D. – DI BENE, C. – RISALITI, R. – PETRI, M. – BONARI, E. 2016. Soil carbon and nitrogen changes after 28 years of no-tillage management under Mediterranean conditions. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 77, 2016, pp. 156–165.
- MIKULOVÁ, K. – FAŠKO, P. – BOCHNÍČEK, O. – BORSÁNYI, P. – ONDRUŠKA, P. – ČEPČEKOVÁ, E. – ŠŤASTNÝ, P. – PECHO, J. 2008. *Klimatologické normály 1961–1990 meteorologických prvkov teplota vzduchu a atmosférické zrážky: Záverečná správa výskumnej úlohy*. Bratislava: SHMÚ, 2008. CD
- SOBOCKÁ, J. et al. 2000. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. 1. vyd. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy v Bratislave, 2000. 76 s. ISBN 80-85361-70-1
- SULEWSKA, H. – ŚMIATACZ, K. – SITEK, A. – Szymańska, G. – PANASIEWICZ, K. 2013. Evaluation of yielding of winter oilseed rape using PRP SOL technology. In: *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, vol. 58, 2013, No. 4, pp. 167–173.
- SZYMAŃSKA, G. – SULEWSKA, H. – PANASIEWICZ, K. – KOZIARA, W. 2012. Influence of fertilizer PRP SOL application in maize on the occurrence of selected diseases and pests. In: *Progress in plant protection*, vol. 52, 2012, No. 2, pp. 314–317.
- TIAN, S. – NING, T. – WANG, Y. – LIU, Z. – LI, G. – LI, Z. – LAL, R. 2016. Crop yield and soil carbon responses to tillage method changes in North China. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 163, 2016, pp. 207–213.
- VIGOVSKIS, J. – JERMUSS, A. – SVARTA, A. – SARKANBARDE, D. 2016. The changes of soil acidity in long-term fertilizer experiments. In: *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 103, 2016, No. 2, pp. 129–134.
- Vyhľadiska MP SR č. 338/2005 Z.z.*, ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdnych vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdnych vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na pôdohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch.
- ZHANG, J. – SONG, CH. – WANG, S. 2007. Dynamics of soil organic carbon and its fractions after abandonment of cultivated wetlands in northeast China. In: *Soil and Tillage Research*, vol. 96, 2007, pp. 350–360.
-

# VZŤAH MEDZI ZASTÚPENÍM PLODÍN V AGRO-EKOSYSTÉME A STABILITOU UHLÍKA A DUSÍKA V PÔDE

**Erika Tobiasová<sup>1</sup>, Gabriela Barančíková<sup>2</sup>, Erika Gömöröyová<sup>3</sup>,  
Jarmila Makovníková<sup>2</sup>, Rastislav Skalský<sup>2</sup>, Ján Halas<sup>2</sup>, Štefan Koco<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Katedra pedológie a geológie, e-mail: erika.tobiasova@uniag.sk

<sup>2</sup>Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy

<sup>3</sup>Technická univerzita vo Zvolene, Katedra prírodného prostredia

## Abstrakt

V agro-ekosystémoch sa rozhodujúcou mierou na formovaní vlastností pôdnej organickej hmoty podieľajú pestované plodiny a technológie ich pestovania, prostredníctvom ktorých človek vplyva na labilné a stabilné frakcie uhlíka a dusíka v pôde. Tento vplyv bol sledovaný na 3 pôdnych typoch (černozem, kambizem, pseudoglej), na ktorých boli vybrané po 2 lokality a na každej z nich po 4 hony s rôznou skladbou plodín a organickým hnojením. Vstupy organického uhlíka do pôdy boli na ornej pôde v pozitívnej korelácii s obsahom humínových kyselín ( $r = 0,706$ ;  $P < 0,05$ ) a v negatívnej s obsahom fulvokyselín ( $r = -0,410$ ;  $P < 0,05$ ). Obsah labilného dusíka sa zvyšoval so zvyšovaním podielu kukurice a nelabilného dusíka zase so zvyšovaním olejnín v rotácii plodín. Stabilitu, resp. labilitu uhlíka a dusíka ovplyvňovali plodiny nielen priamo, prostredníctvom kvality vstupov v podobe ich pozberových zvyškov, ale aj nepriamo, prostredníctvom technológie ich pestovania.

**Kľúčové slová:** uhlík, dusík, pôdna organická hmota, agro-ekosystém

## Abstract

In the agro-ecosystems, the properties of soil organic matter are formed under a strong influence of growing crops and farming systems, through which the man influences the labile and non-labile fractions of carbon and nitrogen in the soil. This influence was studied on 3 soil units (Haplic Chernozem, Eutric Cambisol, Gleyic Stagnosol), on which 2 localities with 4 fields with different crop composition and organic fertilization were selected. The inputs of organic carbon into soil were in a positive correlation with the content of humic acids ( $r = 0.706$ ;  $P < 0.05$ ) and in a negative correlation with the content of fulvic acids ( $r = -0.410$ ;  $P < 0.05$ ). The content of labile nitrogen increases with the increasing of corn proportion and the content of non-labile nitrogen with the increasing of oilseed crops in the crop rotation. Stability, resp. lability of carbon and nitrogen were influenced by the crops not only directly, through the quality of inputs in the form of crop residues, but also indirectly, through the technology of their cultivation.

**Keywords:** carbon, nitrogen, soil organic matter, agro-ecosystem

## ÚVOD

Najvyššie množstvo a dynamika pôdneho organického uhlíkajev najvrchnejšej vrstve pôdy (0,0 – 0,3 m), teda v povrchových horizontoch (POEPLAU a DON, 2013). Najvýraznejšia je v agro-ekosystémoch, kde je nielen rôzne množstvo vstupov organického uhlíka do pôdy, ale aj ich kvalita. Vyššie vstupy organickej hmoty podporujú vyššiu aktivitu pôdnych mikroorganizmov (FONATINE *et al.*, 2007), čo sa odráža na rôznej stabilite, resp. labilite organickej hmoty v pôde. Vzhľadom k tomu, že obnova pôdnej organickej hmoty je pomalý proces, je dôležité študovať jej dynamiku prostredníctvom mineralizovateľných poolov, ktoré sú citlivé na spôsob hospodárenia (DUBE *et al.*, 2012; TOBIAŠOVÁ, 2010). Skladba plodín, a tým aj množstvo a kvalita rastlinných zvyškov, aplikácia organických hnojív a celkovo pestovateľská technológia sú významnými faktormi zasahujúcimi do kolobehu uhlíka a dusíka, prostredníctvom ovplyvňovania stability ich jednotlivých poolov. Preto aj cieľom tejto práce bolo posúdenie vplyvu pestovaných plodín na labilné a stabilné frakcie uhlíka a dusíka v pôde.

## MATERIÁL A METÓDY

Agro-ekosystémy, ktoré boli súčasťou pokusu sa nachádzali v 6 lokalitách (Horná Kráľová, Trnava, Spišská Belá, Selce, Hrachovo, Vavrečka), ktoré boli lokalizované na 3 pôdnych typoch (černozem, kambizem, pseudoglej), teda po 2 lokality na každom z nich v reálnych výrobných podmienkach. V prípade každého pôdneho typu bola vybraná lokalita s nižšou a vyššou nadmorskou výškou v rámci jeho výskytu. V každom agro-ekosystéme boli 4 hony s rôznou skladbou plodín a organickým hnojením, teda odlišnou bilanciou organického uhlíka (Tab. 1).

**Tabuľka 1** Základné charakteristiky honov z hľadiska zastúpenia plodín a bilancie organického uhlíka

Pôdny typ	Hon	Obilniny (Kukurica) (%)	Olejníny (%)	Strukoviny (%)	Okopaniny (%)	Viacročné krmoviny (%)	Maštalný hnoj (t.ha <sup>-1</sup> )	Bc (t.C.ha <sup>-1</sup> )
Černozem	KR1	87,5 (25)	12,5	0	0	0	80	12,110
	KR2	75 (12,5)	25	0	0	0	80	16,397
	KR3	75 (37,5)	12,5	0	12,5	0	120	21,111
	KR4	100 (50)	0	0	0	0	80	20,147
	TR1	85,5 (0)	14,5	0	0	0	30	1,437
	TR2	29 (14)	0	0	0	71	40	6,339
	TR3	86 (29)	14	0	0	0	70	13,736
	TR4	86 (43)	0	14	0	0	120	17,207

Kambizem	SB1	62,5 (0)	25	0	12,5	0	30	-17,882
	SB2	50 (0)	37,5	0	12,5	0	30	-10,472
	SB3	62,5 (0)	25	0	12,5	0	30	-15,447
	SB4	75 (12,5)	25	0	0	0	30	-14,615
	SE1	89 (44)	11	0	0	0	30	-15,615
	SE2	89 (44)	11	0	0	0	80	-9,636
	SE3	89 (44)	11	0	0	0	100	-6,538
	SE4	44,5 (22)	11	0	0	44,5	30	-5,930
Pseudoglej	HR1	75 (12,5)	12,5	0	12,5	0	30	-10,712
	HR2	62,5(12,5)	12,5	0	0	25	35	-8,075
	HR3	50 (12,5)	12,5	12,5	0	25	35	-7,374
	HR4	62,5 (0)	37,5	0	0	0	0	-8,307
	VA1	27,4 (0)	9,1	0	0	53,5	170	6,162
	VA2	90,1(45,5)	9,1	0	0	0	170	-0,340
	VA3	90,1(36,4)	9,1	0	0	0	175	-4,244
	VA4	82 (36,4)	0	0	0	18	145	-8,117

KR1...KR4 – hony v lokalite Horná Kráľová, TR1...TR4 – hony v lokalite Trnava, SB1...SB4 – hony v lokalite Spišská Belá, SE1...SE4 – I hony v lokalite Selce, HR1...HR4 – hony v lokalite Hrachovo, VA1...VA4 – hony v lokalite Vavrečka, Bc – bilancia organického uhlíka na ornej pôde podľa JURČOVEJ a BIELEKA (1997)

Horná Kráľová a Trnava ležia v Podunajskej panve a Hrachovo v Juhoslovenskej panve, ktoré sú súčasťou Panónskej panvy. Ide o oblasti neogénnych sedimentov (ŠAJGALÍK *et al.*, 1986). Horná Kráľová sa nachádza na jednom z najteplejších a najsuchších území v teplej klimatickej oblasti. Priemerná ročná teplota je 9,8 °C a ročný úhrn zrážok 568 mm. Trnava leží v teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 9,6 °C a ročným úhrnom zrážok 560 mm a Hrachovo v mierne teplej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 8,8 °C a ročným úhrnom zrážok 640 mm (KOREC *et al.*, 1997). Spišská Belá a Selce sú súčasťou Tatríd s usadeninami mladších prvohôr a druhohôr na karbónskych horninách (ŠAJGALÍK *et al.*, 1986). Selce ležia v mierne teplej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 8,1 °C a ročným úhrnom zrážok 853 mm a Spišská Belá v chladnej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 5,8 °C a ročným úhrnom zrážok 615 mm (KOREC *et al.*, 1997). Vavrečka sa nachádza v oblasti paleogénnych sedimentov (ŠAJGALÍK *et al.*, 1986) a v chladnej klimatickej oblasti, s priemernou ročnou teplotou 4,6 °C a zároveň v najdaždivejšej oblasti s ročným úhrnom zrážok 1101 mm (KOREC *et al.*, 1997).

Vzorky pôdy boli odoberané na jar do hĺbky 0,3 m v troch opakovaníach. Po odobratí boli vzorky vysušené pri laboratórnej teplote a zomleté. Vo vzorkách bol stanovený celkový organický uhlík (TOC) metódou spaľovania za mokra (ORLOV a GRIŠINA, 1981), labilný uhlík ( $C_L$ ) oxidáciou  $KMnO_4$  (LOGINOV *et al.*, 1987), celkový dusík metódou Kjeldahla (FIALA *et al.*, 1999), potenciálne mineralizovateľný dusík metódou STANFORD a SMITH (1978), skupinové zloženie humusových látok metódou Kononovej a Belčikovej (ORLOV a GRIŠINA, 1981) a obsah výmenných

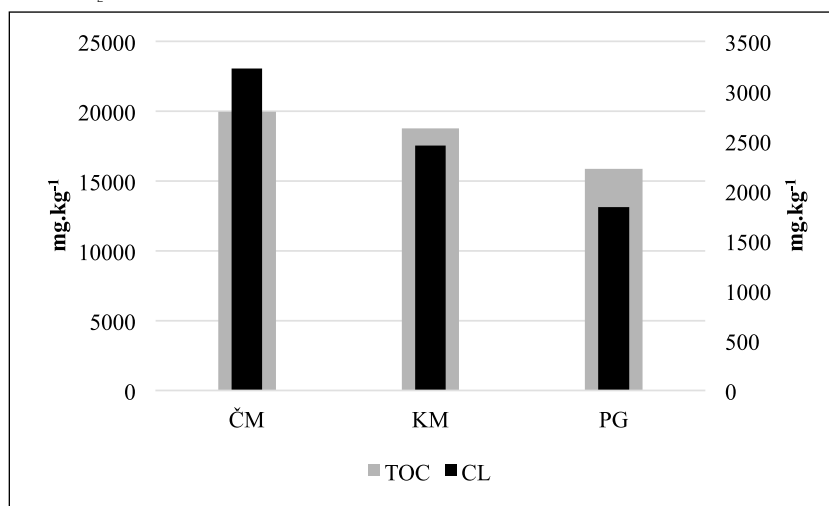
bázických katiónov metódou Kappena (HANES *et al.*, 1995). Zároveň boli vypočítané parametre ako labilita dusíka ( $L_N$ ), index lability dusíka ( $LI_N$ ), index zdroja dusíka (NPI), index zmien dusíka (NMI) (BLAIR *et al.*, 1995).

Získané výsledky boli vyhodnotené štatisticky korelačnou analýzou s použitím softwaru Statgraphic plus. Minimálne významný korelačný koeficient bol určený na hladine významnosti  $P < 0,05$  a  $P < 0,01$ .

## VÝSLEDKY A DISKUSIA

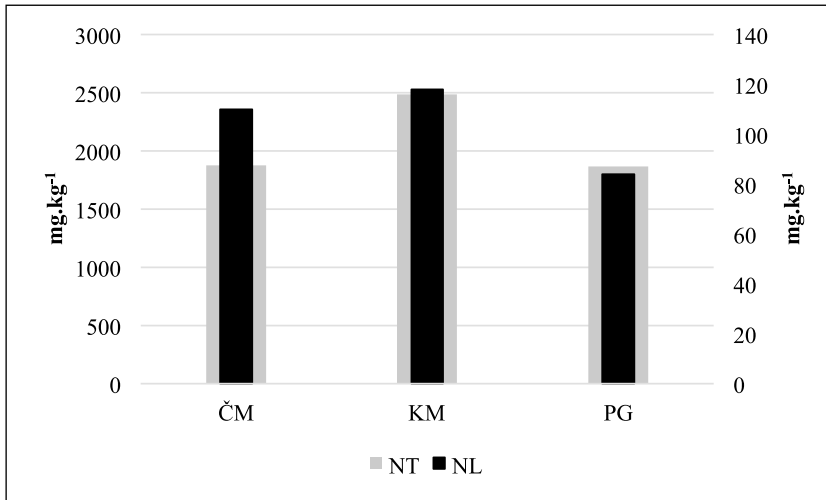
Pôdne typy, ktoré boli súčasťou pokusu, sa vyznačovali rôznym obsahom ako celkového organického uhlíka (TOC) a celkového dusíka (NT), tak aj ich labilných foriem, teda labilného uhlíka ( $C_L$ ) a labilného dusíka ( $N_L$ ). Najvyšším obsahom TOC aj  $C_L$  (Obr. 1) sa vyznačovala černo zem, potom nasledovala kambizem a nakoniec to bol pseudoglej.

**Obrázok 1** Priemerné obsahy celkového organického uhlíka (TOC) a labilného uhlíka ( $C_L$ ) v pôdnych typoch černo zem (ČM), kambizem (KM) a pseudoglej (PG)



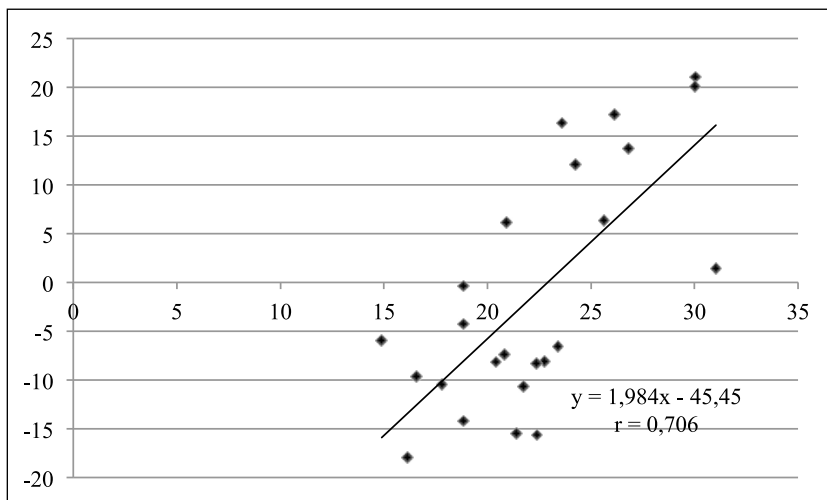
V prípade dusíka sa najvyšším obsahom NT aj  $N_L$  (Obr. 2) vyznačovala kambizem. V prípade NT boli hodnoty v černo zemi veľmi blízke hodnotám v pseudogleji a v prípade  $N_L$  boli hodnoty v černo zemi blízke hodnotám v kambizemi. Kým v prípade uhlíka sa prejavil vplyv pôdneho typu, vo vzťahu k dusíku, keďže ide o agro-ekosystém, významnú úlohu zohrávajú pestované plodiny a celkovo pestovateľské technológie.

**Obrázok 2** Priemerné obsahy celkového dusíka (NT) a labilného dusíka ( $N_L$ ) v pôdnych typoch černoze (ČM), kambizem (KM) a pseudoglej (PG)



Vstupy organického uhlíka do pôdy boli na ornej pôde v pozitívnej korelácii s obsahom humínových kyselín (Obr. 1) a v negatívnej s obsahom fulvokyselín ( $r = -0,410$ ;  $P < 0,05$ ). Vo všetkých prípadoch ide o zdroje pochádzajúce z rastlinných zvyškov pestovaných plodín a z aplikácie maštalného hnoja. BOSATTA a ÅGREN (1999) posudzujú kvalitu pôdnej organickej hmoty (POH) ako počet enzymatických krokov potrebných na jej zmineralizovanie a čím viac krokov, tým je jej kvalita nižšia. Uvedené vstupy uhlíka sú ľahko rozložiteľnými, čo vzhľadom na uvedené predpokladá vznik predovšetkým kvalitnejších organických látok. V podmienkach intenzívne obhospodarovaných pôd, kde dochádza neustále k premiešavaniu organického a minerálneho podielu pôdy, dochádza súčasne k stabilizácii týchto novovznikajúcich látok, predovšetkým cestou ich oxidácie, prostredníctvom karbonátov či väzby na minerálny podiel pôdy. Z uvedeného dôvodu bude v tomto prípade pri vyšších vstupoch organického uhlíka do pôdy prevládať tvorba humínových kyselín. Maštalný hnoj však obsahuje aj humusové látky s vysokým stupňom polykondenzácie, ktoré sa vyznačujú vysokou odolnosťou voči mikrobiálnemu rozkladu (NANNIPIERI, 1993), čo môže byť tiež jedným z dôvodov uvedenej pozitívnej korelácie.



**Obrázok 3** Závislosť medzi vstupmi organického uhlíka do pôdy a množstvom uhlíka humínových kyselín

Vstupy organického uhlíka do pôdy boli v pozitívnej korelácii aj s pomerom uhlíka humínových kyselín k uhlíku fulvokyselín ( $r = 0,706$ ;  $P < 0,01$ ) a obsahom bázičných katiónov ( $r = 0,531$ ;  $P < 0,01$ ), čo poukazuje na dominantný charakter stabilizácie vznikajúcich organických látok. Naopak, v negatívnej korelácii boli vstupy organického uhlíka s indexom zmien dusíka (NPI) ( $r = -0,460$ ;  $P < 0,05$ ).

**Tabuľka 2** Závislosť vybraných parametrov dusíka od % zastúpenia pestovaných plodín a dávky maštalného hnoja

	Olejniný	Kukurica v celej rotácii plodín	Kukurica z obilnín	Maštalný hnoj
NT	n.s.	0,502*	0,572**	n.s.
$N_L$	n.s.	0,495*	0,435*	0,404*
$N_{NL}$	0,617**	-0,561**	-0,601**	n.s.
$L_N$	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
$L_N$	n.s.	-0,495*	-0,539**	n.s.
NPI	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
NMI	0,617**	-0,561**	-0,601**	-0,515**

NT – celkový dusík,  $N_L$  – labilný dusík,  $N_{NL}$  – nelabilný dusík,  $L_N$  – labilita dusíka,  $L_N$  – index lability dusíka, NPI – index zdroja dusíka, NMI – index zmien dusíka

Rastlinnými zvyškami sa v agro-ekosystéme dostávajú do pôdy predovšetkým labilné zložky a súčasne narastá mikrobiálna biomasa. Obsah  $N_L$  sa tu zvyšoval so zvyšovaním dávky maštalného hnoja za sledované obdobie rotácie plodín a so zvyšovaním podielu kukurice v rotácii plodín (Tab. 2). Skutočnosťou je, že maštalný hnoj sa aplikoval predovšetkým ku kukurici, ale tiež treba podotknúť, že v prípade kukurice išlo o väčší počet mechanických zásahov do pôdy, čo sú tiež dôležité faktory, ktoré v súvislosti s touto plodinou tiež ovplyvnili obsahy  $N_L$ .

S vyšším zastúpením kukurice na hone naopak klesali obsahy  $N_{NL}$ . Zvyšky kukurice sú, napriek ich ťažkej rozložiteľnosti v praxi, po chemickej stránke jedny z najľahšie rozložiteľných pozberových zvyškov plodín. Samotná rýchlosť rozkladu je ovplyvnená aj pomerom lignínu k dusíku (JOHNSON *et al.*, 2007; YANNI *et al.*, 2011; TOBIAŠOVÁ, 2014). Tento kvalitatívny parameter, ktorý určuje ich rozložiteľnosť, teda pomer lignínu k dusíku (v nadzemnej hmote 10; v koreňovej hmote 21) je porovnateľný s takými plodinami ako sú trávy či repa (TOBIAŠOVÁ, 2014). Ľahšie rozložiteľnými sú z bežne pestovaných plodín už len zvyšky sóje či dateliny. Úplne opačný vplyv ako v prípade kukurice bol pri olejninách, ktorých zastúpenie v rotácii plodín bolo v pozitívnej korelácii s  $N_{NL}$  a NMI. Z olejnin dominovala kapusta repková pravá, ktorá naopak s ohľadom na spomínaný pomer lignínu k dusíku sa vyznačuje jeho najvyššou hodnotou (v nadzemnej hmote 34; v koreňovej hmote 24) (TOBIAŠOVÁ, 2014) spomedzi bežných plodín. Podľa JURČOVEJ a BIELEKA (1997) sú pozberové zvyšky kapusty repkovej pravej bohatým zdrojom uhlíka na ornej pôde, teda vstupy  $N_{NL}$  budú vyššie a intenzita rozkladu týchto zvyškov nižšia.

## ZÁVER

Vstupy organického uhlíka do pôdy boli na ornej pôde v pozitívnej korelácii s obsahom humínových kyselín a v negatívnej s obsahom fulvokyselín.

Obsah labilného dusíka sa zvyšoval so zvyšovaním podielu kukurice a nelabilného dusíka zase so zvyšovaním olejnin v rotácii plodín.

Stabilitu, resp. labilitu uhlíka a dusíka ovplyvňovali plodiny nielen priamo, prostredníctvom kvality vstupov v podobe ich pozberových zvyškov, ale aj nepriamo, prostredníctvom technológie ich pestovania.

## Podakovanie

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-14 – 0087

## LITERATÚRA

- BLAIR, G. J. – LEFOR, R. D. B. – LISE, L. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural system. In *Aust. J. Agric. Res.*, vol. 46, pp. 1459 – 466. ISSN 0004-9409
- BOSATTA, E. – ÅGREN, G. I. 1999. Soil organic matter interpreted thermodynamically. In *Soil Biol. Biochem.*, vol. 31, 1999, pp. 1889 – 1891. ISSN 0038–0717
- DUBE, E. – CHIDUZA, C. – MUCHAONYERWA, P. 2012. Conservation agriculture effects on soil organic matter on a Haplic Cambisol after four years of maize–oat and maize–grazing vetch rotations in South Africa. In *Soil Till. Res.*, vol. 123, pp. 21 – 28. ISSN 01671987
- FIALA, K. – KOBZA, J. – MATUŠKOVÁ, Ľ. – BREČKOVÁ, V. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČIKOVÁ, G. – BÚRIK, V. – LITAVEC, T. – HOUŠKOVÁ, B. – CHROMANIČOVÁ, A. – VÁRADIOVÁ, D. – PECHOVÁ, B. 1999. *Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda*. Bratislava. VUPOP, 142 s.
- FONTAINE, S. – BAROT, S. – BARRE, P. – BDIOUI, N. – MARY, B. – RUMPEL, C. 2007. Stability of organic carbon

- in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. In *Nature*, vol. 450, pp. 277 – 280. ISSN 0028–0836
- HANES, J. – MUCHA, V. – SISÁK, P. – ZAUJEC, A. – CHLPÍK, J. 1995. *Pedológia (praktikum)*. VES VŠP: Nitra, 154 s.
- JOHNSON, J. M. F. – BARBOUR, N. W. – WEYERS, S. L. 2007. Chemical composition of crop biomass impacts its decomposition. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, vol. 71, pp. 155 – 162. ISSN 1435–0661
- JURČOVÁ, O. – BIELEK, P. 1997. *Metodika bilancie pôdnej organickej hmoty a stanovenie potreby organickej hnojenia*. Bratislava. VÚPÚ, 156 s.
- KOREC, P. – LAUKO, V. – TOLMÁČI, L. – ZUBRICKÝ, G. – MIČIETOVÁ, E. 1997. *Kraje a okresy Slovenska. Nové administratívne členenie*. Bratislava: Q111, 387 s.
- LOGINOV, W. – WISNIEWSKI, W. – GONET, S. S. – CIESCINSKA, B. 1987. Fractionation of organic carbon based on susceptibility to oxidation. In *Pol. J. Soil Sci.*, 20, pp. 47 – 52. ISSN 2449–8254
- NANNIPIERI, P. 1993. *Ciclo della sostanza organica nel suolo*. Bologna. Patron Ed.
- ORLOV, D. S. – GRIŠINA, L. A. 1981. *Praktikum po chimiji gumusa*. Moskva. Izdatel'stvo Moskovskovo universiteta, 1981, 272 s.
- POEPLAU, C – DON, A. 2013. Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. In *Geoderma*, vol. 192, pp. 189 – 201. ISSN 0016–7061
- STANDFORD, G – SMITH, S. J. 1978. Oxidative release of potentially mineralizable soil nitrogen by acid permanganate extraction. In *Soil Sci.*, 126, pp. 210 – 218. ISSN 1538–9243
- ŠAJGALÍK, J. – ČABALOVÁ, D. – SCHÜTZNEROVÁ, V. – ŠAMALÍKOVÁ, M. – ZEMAN, O. 1986. *Geológia*. Bratislava a Praha: ALFA a SNTL, 563 s.
- TOBIAŠOVÁ, E. 2010. *Pôdna organická hmota ako indicator kvality ekosystémov*. Nitra. SPU, 107 s. ISBN 978–80-552–0459-8.
- TOBIAŠOVÁ, E. 2014. *Stabilita pôdnej organickej hmoty*. Nitra. SPU, 92s. ISBN 978–80-552–1178-7
- YANNI, S. F. – WHALEN, J. K. – SIMPSON, M. J. – JANZEN, H. H. 2011. Plant lignin and nitrogen contents control carbon dioxide production and nitrogen mineralization in soils incubated with Bt and non-Bt corn residues. In *Soil Biol. Biochem.*, vol. 43, pp. 63 – 69. ISSN 0038–0717
-

# Vedecké práce

## Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 38

© Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

Zodpovedný redaktor: doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc

Recenzenti: doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

RNDr. Beata Houšková, CSc.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: NPPC – VÚPOP

Tlač: Edičné stredisko NPPC – VÚPOP

Gagarinova 10, Bratislava

Počet strán: 130

Náklad: 100 ks

**ISBN 978-80-8163-019-4 (tlačená verzia)**

**ISBN 978-80-8163-020-0 (online verzia vo formáte PDF)**

Texty neprešli jazykovou úpravou.

---

**ISBN 978-80-8163-019-4**

(tlačená verzia)



9 788081 630194 >

**ISBN 978-80-8163-020-0**

(online verzia PDF)



9 788081 630200 >