

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2015

37

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy

2015

37

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy č. 37

Recenzenti: doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

RNDr. Beata Houšková, CSc.

© Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum –

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava

ISBN 978-80-8163-011-8

Obsah

Emil Fulajtár, Marianna Kollárová, Martin Saksa, Libor Burian, Michal Sviček, Dávid Hriník	MAPOVANIE PÔDNEHO KRYTU POMOCOU FAREBNÝCH LETECKÝCH SNÍMOK NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPELSKEJ PAHORKATINE	7
Emil Fulajtár, Marianna Kollárová, Martin Saksa, Libor Burian, Ivana Kováčiková, Dávid Hriník	AKTUALIZÁCIA PÔDNEJ MAPY POMOCOU DPZ NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPELSKEJ PAHORKATINE	14
Emil Fulajtár, Marianna Kollárová, Martin Saksa, Ivana Kováčiková	HODNOTENIE DLHODOBÉHO VÝVOJA ERÓZIE POMOCOU DPZ NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPELSKEJ PAHORKATINE	21
Emil Fulajtár, Marianna Kollárová, Marián Jenčo, Andrej Morávek	HODNOTENIE VPLYVU RELIEFU NA PRIESTOROVÚ DISTRIBÚCIU ERODOVANÝCH PÔD NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPELSKEJ PAHORKATINE	27
Beata Houšková, Vesna Mrvič, Darko Jaramaz	POTREBA PÔDNYCH ÚDAJOV NA EURÓPSKEJ ÚROVNI – EURÓPSKA PÔDNA DATABÁZA ESDAC	34
Beata Houšková, Vesna Mrvič, Blanka Ilavská, Jaroslava Sobocká, Michal Sviček, Darko Jaramaz, Dušica Delič, Olivera Stajkovič-Srbinovič	EVIDENCIA A OCHRANA PÔDY V PODMIENKACH EURÓPSKEJ POLITIKY	44
Jozef Kobza	FENOMÉNY OPUSTENÝCH PÔD	52
Eva Pekárová, Ľubomír Hanisko, Ivana Kováčiková	VHODNOSŤ PÔDNO-KLIMATICKÝCH PODMIENOK PRE PESTOVANIE BROSKÝŇI A ICH PRIESTOROVÁ DIFERENCIÁCIA V RÁMCI POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA	60
Nora Polláková, Juraj Chlpík, Jana Konôpková, Milan Macák	FYZIKÁLNE A HYDROFYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY POD INTRODUKOVANÝMI DREVINAMI V ARBORÉTE MLYŇANY	69
Rastislav Skalský, Pavol Bezák, Rastislav Dodok, Jozef Koreň, Emil Fulajtár	HODNOTENIE OBSAHOVEJ SPRÁVNOSTI MÁP BPEJ POMOCOU JEDNODUCHÉHO SÚBORU MORFOLOGICKÝCH ÚDAJOV O PÔDE	76
Igor Sobocký, Vladimír Piš, Dušan Nágel	MONITORING VÝSKYTU DUSIČNANOV V DRENÁŽNYCH VODÁCH SLOVENSKA	84
Ján Styk, Boris Pálka	VODNÁ ERÓZIA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE A JEJ VPLYV NA ZANÁŠANIE VODNÝCH DIEL HRIČOV A ŽILINA	96
Vladimír Šimanský, Jerzy Jonczak	POROVNANIE CELKOVEJ PÓROVITOSTI A PREROZDELENIE PÓROV V PROFILOCH ČERNOZEMÍ	106
Miloš Širáň, Jarmila Makovníková, Boris Pálka	KOMPARÁCIA RÔZNYCH PRÍSTUPOV K TVORBE MÁP OBJEMOVEJ HMOTNOSTI PÔDY V ZÁUJMOVOM ÚZEMÍ BANSKÁ BYSTRICA	112

PREDSLOV

Pred vami je už 37. vydanie Vedeckých prác VÚPOP, ktoré vydáva NPPC – VÚPOP. Je to 37 rokov publikačnej činnosti – vedeckých a odborných článkov, predovšetkým výstupov vedeckých projektov nášho ústavu. Prezentovali sa v anglickom i slovenskom jazyku, od autorov VÚPOP i iných pracovísk, niekedy ako vedecké práce prezentované na konferenciách alebo vedeckých seminároch.

Je to naozaj veľa vykonanej práce, no v poslednej dobe cítime, že to nie je dosť. Vedecké práce VÚPOP sú odborným časopisom bez vedeckej akreditácie. V podmienkach riešenia náročných úloh vedy a výskumu, úloh odbornej pomoci niet času ani personálnych kapacít vybudovať a uplatniť novú koncepciu vedeckého časopisu. V súčasnosti tento typ časopisu už nemá konkurencieschopnosť, poskytujeme veľa cenných informácií, ale forma potrebuje vyšší stupeň organizácie a angažovanosti v presadzovaní kvalitných vedeckých prác. Pôdoznalecká komunita potrebuje nový impulz k tvorbe medzinárodne akceptovaných príspevkov. V tomto smere nás čaká ešte veľa práce, hlavne mladým vedeckým pracovníkom bude potrebné načrtnúť nevyhnutný trend tvorby modernej vedeckej literatúry s renomovanou citovanosťou a indexáciou.

V tomto smere budeme hľadať nové koncepty a riešenia, aby sa náplň VP VÚPOP skvalitnila a slúžila svojmu poslaniu.

Napriek kritickým slovám k vývoju VP VÚPOP môžeme konštatovať, že príspevky v tomto vydaní sú kvalitné a zodpovedajú požiadavkám na prezentáciu kvalitných vedeckých výstupov. Viaceré práce vystihujú súčasné smerovanie moderného pedologického výskumu a poskytujú cenné výsledky aplikovateľné v praxi.

doc. RNDr. Jaroslava Sobocká, CSc.

riaditeľka NPPC-VÚPOP

MAPOVANIE PÔDNEHO KRYTU POMOCOU FAREBNÝCH LETECKÝCH SNÍMOK NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPEĽSKEJ PAHORKATINE

SOIL MAPPING WITH THE AID OF COLOR AERIAL PHOTOGRAPHS IN BIELOVCE PILOT AREA, IPEĽSKÁ PAHORKATINA, SOUTH SLOVAKIA

Emil FULAJTÁR¹, Marianna KOLLÁROVÁ², Martin SAKSA¹, Libor BURIAN²,
Michal SVIČEK¹, Dávid HRINÍK²

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy,
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: e.fulajtar@vupop.sk

²Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Abstrakt

Príspevok predstavuje pôdnu mapu vybraného pozemku pri Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine vyhraničenú pomocou farebných leteckých snímok a sondáže. Cieľom práce bolo rozpracovávanie metodiky mapovania pôd pomocou DPZ. Hlavnými výsledkami sú zhodnotenie výhod farebných leteckých snímok oproti iným druhom snímok používaným v minulosti a rozšírenie možností rozlišovania jednotlivých pôdných typov. Popri už v minulosti zvládnutom mapovaní regozemí sa v Bielovciach podarilo rozlíšiť smonice od hnedozemí.

Kľúčové slová: mapovanie pôd, erózia pôdy, diaľkový prieskum Zeme, letecké snímky.

Abstract

Paper provides an example of soil map of Bielovce pilot area in Ipeľska pahorkatina, based on color aerial photos and auger observations. The main purpose of study was to test the colored aerial photos as a data for soil mapping in comparison with other remote sensing data used earlier and to widen the capabilities to distinguish various soil taxa. In addition to Regosols successfully identified earlier the distinguishing of Vertisols from Luvisols was achieved at Bielovce site.

Keywords: soil mapping, soil erosion, remote sensing, aerial photographs.

ÚVOD

Prvú prácu o využití diaľkového prieskum Zeme (DPZ) pri mapovaní pôd spracovali na Slovensku JURÁNI a ŠURINA (1973). Bola venovaná metodickým princípom využitia DPZ pri

mapovaní pôd. Išlo o ojedinelú publikáciu, ktorá vznikla vďaka tomu, že autori absolvovali pôdoznačkový kurz v Holandsku, kde sa oboznámili s využívaním leteckých snímok v pôdoznalectve. V našich podmienkach však DPZ podliehalo z vojenských dôvodov utajeniu. Až koncom 80. rokov vznikli prvé štúdiá o identifikácii pôdnych typov pomocou DPZ (KOLÉNY, 1989, KOLÉNY a ŠUBERT, 1989a,b, 1991, KOLÉNY a ILAVSKÁ, 1991). Autori sa zaoberali vyhraničovaním regozemí na viatych pieskoch tvoriacich izolované areály na alúviách a identifikáciou sietí odvodňovacích systémov v zamokrených oblastiach. Boli použité farebné letecké snímky v analógovej forme. Neskôr, od začiatku 90tych rokov sa výskum zamerlal na mapovanie erodovaných pôd, ktoré sú predstavované sekundárnymi regozemami vytvorenými degradáciou černoziemí a hnedozemí antropogénne podmienenou eróziou. Na túto tému bol spracovaný celý rad štúdií. Podrobný prehľad vývoja mapovania erodovaných pôd spracovali FULAJTÁR a iní (2013).

Výsledky mapovania erodovaných pôd na Slovensku dosiahnuté v 90. rokoch majú veľmi dobrú úroveň a prinášajú praktickejšie výsledky než väčšina štúdií spracovaných v zahraničí, kde DPZ slúži buď len ako podporný zdroj informácií o výskyte erodovaných pôd, alebo sa niektoré práce zaoberajú sofistikovanou analýzou DPZ dát (napr. spektrálne roztriedenie), avšak koncovým produktom väčšinou nie sú jednoznačné a prakticky použiteľné výstupy, ako sú napríklad pôdne mapy. Prehľady staršej zahraničnej literatúry podávajú ŠŮRI (1996), FULAJTÁR (2002) a MANCHANDA a iní (2002), novšiu literatúru spracovali VRIELING (2006) a FULAJTÁR a iní (2013).

Princíp rozlíšenia bol u oboch skupín pôd rovnaký. V oboch prípadoch išlo o regozeme (primárne regozeme na viatych pieskoch a sekundárne antropogénnou eróziou degradované regozeme na spraši), ktoré sa vyskytujú ostrovčekovite vo vnútri areálov výrazne tmavších pôd (čiernic, fluvizemí, černoziemí a hnedozemí) a je možné rozlíšiť ich podľa výrazného farebného kontrastu povrchových horizontov.

Predložený príspevok nadväzuje na uvedené dlhoročné skúsenosti s využitím DPZ pri spracovaní pôdnych máp. Zamýšľaným cieľom práce bolo vyskúšať využitie farebných leteckých snímok dostupných v elektronickej podobe vo forme ortofotomapy na mapovanie erodovaných pôd a porovnať ich s doteraz používanými analógovými čiernobielymi leteckými snímkami ako aj s panchromatickými aj multispektrálnymi družicovými snímkami. Interpretácia údajov DPZ bola podporená terénnou sondážou. Dôkladné vyhodnotenie snímok prinieslo nečakané výsledky. Okrem eróziou vytvorených sekundárných regozemí sa podarilo rozlíšiť aj smonice. Z tohto dôvodu bol pôvodný cieľ zhotoviť mapu erodovaných pôd rozšírený na všeobecné detailné mapovanie pôdneho krytu ako celku.

MATERIÁL A METÓDY

Teoretické základy a metodologické princípy mapovania erodovaných pôd z obrazových záznamov diaľkového prieskumu Zeme založené na farebnom kontraste medzi pôdami so svetlými a tmavými povrchovými horizontmi prejavujúcom sa vo viditeľnej časti spektra podávajú predošlé práce, najmä FULAJTÁR a JANSKÝ (2001) a FULAJTÁR a iní (2013). Erodované

pôdy (degradované na regozeme) boli identifikované na ortofotomapách zostavených z farebných leteckých snímok. Rozlišovanie erodovaných pôd na princípe farebného kontrastu je možné len na pozemkoch bez porastu, preto sú pre mapovanie potrebné snímky z viacerých období tak, aby každý pozemok bol aspoň na jednej snímke bez porastu. Vzhľadom na to, že vybrané územie zaberá len jedno pole, obvykle osiate dvoma rôznymi osevmi, postačujúce boli ortofotomapy z dvoch období (2002 a 2012). Vyhraničenie erózných areálov bolo robené vizuálnou vektorizáciou (FULAJTÁR a iní, 2013).

Získaná mapa erodovaných pôd bola verifikovaná na základe terénneho prieskumu. Pôd-na sondáž pozostávala z 55 vrtov rôznej hĺbky a rôzne spracovanej charakteristiky – 4 hĺbkové profily (2 – 5 m), 33 profilov s kompletným popisom a analýzami, 18 profilov so zjednodušenou charakteristikou (klasifikácia a horizontácia, farba, obsah organického uhlíka, zrnitosť). To predstavuje hustotu sondáže približne 1 vrt na 1 ha pôdy. Klasifikácia pôd bola robená podľa MKSP (SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014).

Zájmové územie sa nachádza severozápadne od obce Bielovce v okrese Levice. Predstavuje ho rozsiahle pole (58 ha, dĺžka 1 200 m, šírka 550 m), nachádzajúce sa v nadmorskej výške 130–220 m n. m. na strmom svahu (priemerný sklon svahu 8°, maximálny 14°), ktorý je rozčlenený suchou úvalinou a niekoľkými konvexnými a konkávnymi formami. Materskú horninu tvorí prevažne spraš, v hornom okraji poľa, ktorý zasahuje na temeno zvlnenej plošiny vystupujú ostrovy neogénnych ílov. Z pedogeografického hľadiska sa územie nachádza na rozhraní černozeovej a hnedozeovej oblasti.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Použitie ortofotomapy z roku 2002 a 2012, sieť vrtných sond použitých na charakterizáciu pôdneho krytu a výslednú pôdnu mapu podáva obrázok 1. Na základe výsledkov mapovania možno urobiť niekoľko poznámok jednak ohľadom vhodnosti farebných digitálnych snímok pre mapovanie pôd a jednak ohľadom výsledného pôdoznaleckého obsahu vytvorenej mapy.

Vhodnosť digitálnych farebných leteckých snímok pre mapovanie pôd

Pôvodným hlavným cieľom práce bolo vyskúšať mapovanie erodovaných pôd z farebných leteckých snímok a porovnať ich so snímkami používanými v minulosti. V predchádzajúcich prácach boli využívané hlavne čiernobiele snímky, buď letecké, alebo panchromatické družicové snímky SPOT PAN (FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001, SVIČEK, 2000, SMETANOVÁ, 2009) okrem niekoľkých prác v 80. rokoch, kedy boli využité farebné letecké snímky (KOLÉNY, 1989, KOLÉNY a ŠUBERT, 1989a,b) a jednej štúdie testujúcej aj multispektrálne snímky SPOT a LANDSAT (FULAJTÁR a iní, 2013). Porovnanie vhodnosti jednotlivých druhov údajov DPZ sa zameralo na dva aspekty a) farbu a kontrast a b) rozlíšenie.

Ohľadom farby a kontrastu vznikla predstava, že z hľadiska kontrastu sú čiernobiele snímky najvhodnejšie, pretože pri prevedení okrových odtieňov regozemí a tmavohnedých od-

Obr. 1 Výsledky mapovania vybraného územia Bielovce: a) ortofotomapa z roku 2002, b) ortofotomapa z roku 2012, c) sieť vŕtaných sond, d) výsledná pôdna mapa.



tieňov černoze a hnedozemí do sivých odtieňov čiernobielych snímok sa farebný kontrast zvýrazní. Tento dojem vznikol najmä pri práci s multispektrálnymi snímkami LANDSAT a SPOT (FULAJTÁR a iní, 2013). Na týchto snímkach sa prechodné, mierne erodované plochy zdali byť veľmi variabilné, čím sa zvýšila subjektívnosť vyhraničených areálov. Mapovanie v Bielovciach však preukázalo, že pri farebných odtieňoch na použitých leteckých snímkach sa hranice pôdnych areálov javili rovnako ostré ako pri čiernobielych odtieňoch.

Pokiaľ ide o rozlíšenie, rozdiel medzi farebnými leteckými snímkami použitými v Bielovciach a snímkami používanými v minulosti je výrazný. Ortofotomapa vzorového územia v Bielovciach z roku 2002 mala rozlíšenie 1 m a ortofotomapa z roku 2012 0,5 m, čo bol výrazný nárast nielen oproti doteraz používaným družicovým snímkam (10–30 m), ale aj oproti starším leteckým snímkam (či už čiernobielym, alebo farebným), ktoré boli v minulosti v analógovej forme a ich rozlíšenie možno odhadnúť približne na 2–3 m. Väčšie rozlíšenie snímok použitých v Bielovciach sa na jednej strane javilo ako veľmi výhodné, pretože by malo umožniť presnejšie mapovanie, zároveň vznikla aj obava, že spôsobí zvýšenie subjektívnosti vektorizácie. Výsledky mapovania v Bielovciach však túto obavu vyvrátili. Nejednoznačnosť prechodných zón mierne erodovaných pôd možno zvládnuť operatívnym zväčšovaním a zmenšovaním mapovaného areálu na obrazovke pri digitalizovaní.

Ako významná výhoda sa ukázala elektronická forma súčasných ortofotomáp. Letecké snímky používané v minulosti boli pôvodne v analógovej forme a areály sa vyhraničovali ručne na priesvitku (KOLÉNY a ŠUBERT 1991, FULAJTÁR, 1994), neskôr bývali zoskenované a areály

boli vyhraničené vizuálnou vektorizáciou na obrazovke (FULAJTÁR, 1998). Kvalita elektronických údajov získaných skenovaním závisela od kvality použitého skenera a rozlíšenie aj kontrast bolo omnoho horšie ako pri digitálnych snímkach. K tomu prispievalo aj to, že k dispozícii boli iba fotografické pozitívy obvykle v mierke približne 1 : 30 000 a negatívy k dispozícii neboli.

Výsledok mapovania vybraného územia v Bielovciach

Na výslednej pôdnej mape sú zachytené areály černoziemí, hnedoziemí, smoníc a regoziemí (vytvorených eróziou). Rozlohu vyhraničených areálov jednotlivých pôdnych jednotiek podáva tabuľka 1.

Pri vytváraní pôdnej mapy bola hlavnou podmienkou dobrá odlišiteľnosť erodovaných areálov (predstavovaných regozemou kultizemnou karbonátovou) od okolitých hnedoziemí. Potvrdili sa skúsenosti z Rišňoviec, že odlíšenie erodovaných pôd je možné nie len od pôd s molickým A horizontom (černoze), ale aj od hnedoziemí, ktoré majú ochrický A horizont. Ide teda o prípad rozlíšenia dvoch pôdnych typov s ochrickými A horizontmi. Areály regoziemí sú dostatočne kontrastné aj oproti hnedozemiam, lebo hnedozeme na sprašiach majú pomerne dobre vyvinuté a dosť tmavé A horizonty, ktoré, hoci sú ešte ochrické, sú veľmi blízko k limitnej hodnote farby molického horizontu (o jeden stupeň, či len o pol stupňa Munsellovej tabuľky svetlejšie ako hraničná hodnota molického horizontu). Ochrické A horizonty regoziemí sú oproti tomu omnoho svetlejšie, vzhľadom na to, že sa stále zmladzujú odnosom humózneho materiálu eróziou a priorávaním spráše z podorničia. Rozdiel vo farbe zvyrazňuje aj obvykle nižšia vlhkosť regoziemí, ktoré majú v dôsledku nižšieho obsahu ílu a humusu nižšiu vododržnosť a rýchlejšie vysychajú, pričom vyššej vlhkosti hnedozemí napomáha nielen humóznejší A horizont, ale aj Bt horizont s vyšším obsahom ílu.

Tab. 1 Pôdne jednotky a ich výmera

Pôdny typ	Výmera	
	ha	%
Smonice kultizemné nasýtené	2,6	4,4
Hnedozeme kultizemné nasýtené	9,1	15,6
Černoze kultizemné hnedozemné erózne	14,5	24,8
Regozeme kultizemné karbonátové	17,5	30,0
Černoze kultizemné nasýtené alebo karbonátové, miestami akumulčné	14,6	25,0
Spolu	58,4	100,0

Veľkým úspechom bola identifikácia malých veľmi tmavých areálov v najvyššej časti mapovaného pozemku, zasahujúceho na vrcholovú plošinu pahorku. Sondáž preukázala, že ide o smonice kultizemné nasýtené na neogénnych íloch, ktoré sa vyznačujú veľmi tmavým a hrubým molickým A horizontom a sú zreteľne odlišiteľné od výrazne bledších hnedoziemí s ochrickým A horizontom. Ich identifikácia bola veľkým prekvapením, vzhľadom na to, že výskyt smoníc v týchto oblastiach nebol známy. Po odlíšení regoziemí na viatych pieskoch od čiernic a fluviziemí na alúviách (KOLÉNY, 1989) a odlíšení eróziou degradovaných regoziemí od

černozemí a hnedozemí (FULAJTÁR, 1994) je to ďalší prípad úspešného jednoznačného odlíšenia ďalších pôdných typov. Priame rozlíšenie pôdných typov pomocou DPZ je veľmi vzácnym javom. Elektromagnetická odrazivosť, ktorá je predmetom zobrazenia DPZ totiž obvykle nezodpovedá pedologickým charakteristikám, ktoré sú kritériami pre klasifikáciu pôd. Navyše, pôdy nie sú povrchovým javom, ale majú určitú hĺbku a horizontáciu, pričom DPZ môže vyjadriť iba elektromagnetickú odrazivosť povrchu.

Podobne ako v predchádzajúcich štúdiách v Rišňovciach, DPZ ani v tomto prípade neumožnilo odlíšiť černoze od hnedozemí. Sprašové pahorkatiny Podunajskej nížiny sa nachádzajú na rozhraní klimazonálneho výskytu černoze a hnedozemí a prechod medzi oboma skupinami pôd je difúzny, takže sa na snímkach vôbec neprejavuje. Rozsah výskytu černoze a hnedozemí bol preto interpolovaný podľa siete pôdných vrstev.

ZÁVER

Mapovanie Bieloviec preukázalo, že súčasné digitálne farebné letecké snímky sú omnoho vhodnejším prostriedkom na mapovanie erodovaných pôd, ako všetky doteraz používané médiá. Okrem pôvodného cieľa práce je neplánovaným, ale veľmi významným úspechom odlíšenie smoníc od hnedozemí, vzhľadom na to, že ide o celkom nový fenomén identifikovateľný na snímkach DPZ.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla za podpory grantu VEGA 1/0886/13 a OP Výskum a vývoj – projekt ITMS 26240220019, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- FULAJTÁR, E. 1994. Zhodnotenie rozšírenia erodovaných pôd na území PD Rišňovce s využitím panchromatických čiernobielych leteckých snímkov. In: *Vedecké práce 18*. Bratislava: VÚPÚ, 1994. s. 51 – 63.
- FULAJTÁR, E. 1998. Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovce and Levice Pilot Areas. In: *Vedecké práce 18*. Bratislava: VÚPÚ, 1998. s. 27 – 54.
- FULAJTÁR, E. 2002. Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovce, Slovakia. In: STOTT D.E. – MOHTAR R.H. – STEINARDT G.C. (eds) 1999. *Sustaining the Global Farm*. Selected papers from the 10th International Soil Conservation Organisation Meeting in West Lafayette ISCO-USDA-NSERL-PU, 1999. s. 1075 – 1082.
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia a protierózna ochrana*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2001. 310 s. ISBN 80 – 85361-85-X.
- FULAJTÁR, E. – HRABOVSKÁ, B. – SAKSA, M. – SVIČEK, M. – KOVÁČIKOVÁ, I. – MORÁVEK, A. 2013. Hodnotenie leteckých a družicových snímkov z hľadiska využiteľnosti pre mapovanie erózie pôdy na príklade skúšobného územia v Rišňovciach. In: *Vedecké práce 35*. Bratislava: VÚPOP, 2013. s. 16 – 40.
- JURÁNI B. – ŠURINA B. 1973. Využitie fotointerpretácie pre pôdne mapovanie v podmienkach Slovenska. In: *Vedecké práce 6*. Bratislava: VÚPÚ, 1973. s. 129 – 146.
- KOLÉNY, M. 1989. Využívanie diaľkového prieskumu Zeme v podmienkach VCPÚ ÚPVR. (Remote Sensing Use in the Conditions of the VCPÚ, ÚPVR). In: *Pôda – voda – rastlina*. Bratislava: VCPÚ, ÚPVR, 1989. s. 123 – 128.
- KOLÉNY, M. – ŠUBERT, A. 1989a. Príspevok k opticko – analógovej interpretácii ľahkých pôd zo syntéz a multispektrálnych

- snímok. (Contribution to the Optical – Analogous Light Soils Interpretation from the Syntheses of Multispectral Images). In: *Vedecké práce 15*. Bratislava: VÚPÚ, 1994. s. 61 – 74.
- KOLÉNY, M. – ŠUBERT, A. 1989b. Informácia o heterogenite pŕdneho krytu získaná na báze interpretácie materiálov DPZ. (Information on Soil Cover Heterogeneity Obtained Based on the Remote Sensing Material Interpretation). In: *IV. meeting SVPPLLV SAV*, Pedologická sekcia, 1989. s. 103 – 107.
- KOLÉNY, M. – ŠUBERT, A. 1991. Metodika zisťovania homogénnych synergických areálov z multispektrálnych aditívnych zobrazení s návrhmi využitia operačných plôch. (Methodology of the Homogenous Synergic Areas from Multispectral Addition Figures with Proposals of the Operational Areas). In: *Vedecké práce 16*. Bratislava: VÚPÚ, 1994. s. 69 – 76.
- KOLÉNY, M. – ILAVSKÁ, B. 1991. Podmienky viditeľnosti drenáže na multispektrálnych leteckých farebných syntézach z Východoslovenskej nížiny. (Visibility Conditions for the Drainage in Multispectral Air Color Syntheses from the Východoslovenská nížina). In: *Vedecké práce 16*. Bratislava: VÚPÚ, 1994. s. 57 – 68.
- MANCHANDA, M. L. – KUDRAT, M. – TIWARI, A. K. 2002. Soil Survey and Mapping Using Remote Sensing. In: *Tropical Ecology 43*(1), 2002. s. 61 – 74.
- SMETANOVÁ, A. 2009. Bright Patches on Chernozems and their Relationship to the Relief. In: *Geografický časopis 61*/3, 2009. s. 215 – 227.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014. *Morfogenetický klasifikačný systém pŕd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. Druhé upravené vydanie. Bratislava: NPPC – VÚPOP, 96 s. ISBN 978 – 80-8163 – 005-7.
- ŠŪRI, M. 1996. Analýza a hodnotenie možností využitia diaľkového prieskumu Zeme vo výskume erózie pŕdy. In: *Geografický časopis 48*/1, 1996. s. 73 – 90.
- SVIČEK, M. 2000. *Detekcia erózie pomocou metŕd DPZ*. Poster pre Agrokomplex, Nitra.
- VRIELING, A. 2006. Satellite Remote Sensing for Water Erosion Assessment: A Review. In: *Catena 65*, 2006. s. 2 – 18.
-

AKTUALIZÁCIA PÔDNEJ MAPY POMOCOU DPZ NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPEĽSKEJ PAHORKATINE

SOIL MAP REVISION BASED ON REMOTE SENSING IN BIELOVCE PILOT AREA, IPEĽSKÁ PAHORKATINA, SOUTHERN SLOVAKIA

**Emil FULAJTÁR¹, Marianna KOLLÁROVÁ², Martin SAKSA¹, Libor BURIAN²,
Ivana KOVÁČIKOVÁ¹, Dávid HRINÍK²**

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy,
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: e.fulajtar@vupop.sk

²Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Abstrakt

Predkladaný príspevok predstavuje príklad aktualizácie základnej pôdnej mapy KPP a mapy BPEJ pomocou DPZ a doplnkovej sondáže. Mapovanie prebehlo na vybranom území v Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine. Vytvorená mapa výrazne spresnila doterajšie pôdne mapy. Predložená štúdia poskytuje príklad, akým spôsobom by bolo možné využívať DPZ pre spresňovanie pôdnych máp. Za najperspektívnejší prínos možno považovať schopnosť DPZ odlišovať farebne kontrastné pôdy s tmavými a bledými povrchovými horizontmi. To umožňuje vyhraničiť najmä eróziou podmienené regozeme na sprašových pahorkatinách, ale aj niektoré iné pôdy. V záujmovom území boli okrem regozemí odlišené aj areály smoníc, vyskytujúce sa v hnedozemnej oblasti. Pôdy, ktoré sa neodlišujú farebným kontrastom povrchového horizontu treba identifikovať sondážou.

Kľúčové slová: mapovanie pôd, pôdny prieskum, aktualizácia pôdnych máp, erózia pôdy, mapovanie erózie, diaľkový prieskum Zeme, letecké snímky.

Abstract

This paper discusses revision of general soil map and land evaluation map of Bielovce pilot area (Ipeľská Pahorkatina, Southern Slovakia) based on remote sensing and verification soil survey. The presented map is much more detailed than earlier maps based on field survey. It is an example how the remote sensing can help to improve the soil maps. The most promising approach is based on distinction of soils with contrast colors of topsoil (bright and dark patterns). This allows especially to identify the strongly eroded areas represented by bright patterns (Regosols), which are abundant in loess hilly lands. In some areas also other soils can be identified for example in the studied areas the Mollic Vertisols were distin-

guished from Calcic Luvisols. Soils which could not be distinguished from remote sensing had to be identified by field survey.

Keywords: soil mapping, soil survey, soil erosion, erosion mapping, remote sensing, aerial photographs.

ÚVOD

Aktualizácia pôdných máp je zároveň s tvorbou tematicky zameraných pôdných máp dlhodobou úlohou pôdoznalectva. Mapovanie pôd má na Slovensku bohatú tradíciu a dosiahlo vynikajúce výsledky najmä v 60. rokoch, kedy vznikol vďaka komplexnému prieskumu pôd (KPP) bohatý súbor máp poľnohospodárskych pôd v mierkach 1:5 000, 1:10 000, 1:50 000 (NĚMEČEK a iní, 1967, SKALSKÝ a VOPRAVIL – eds., 2014). V 70. rokoch prebehla pôdna bonitácia, ktorá bola založená na transformácii základných pôdných máp KPP na aplikované pôdne mapy hodnotiace agroekologický potenciál poľnohospodárskych pôd. Bola zostavená mapa „bonitovaných pôdnoekologických jednotiek“ (BPEJ) v mierke 1:5000 (DŽATKO a iní, 1976, DŽATKO, SOBOCKÁ a iní, 2008). Bonitácia hodnotila okrem pôdnej klasifikácie použitej v KPP aj ďalšie ekologické charakteristiky mapovaných pozemkov (klímu, sklon svahu, expozíciu). Kvalita pôdy bola vyjadrená prostredníctvom takzvaných „hlavných pôdných jednotiek“ (HPJ) ktoré vychádzali z pôdnej klasifikácie KPP, avšak v niektorých prípadoch zlúčené do komplexov a v iných prípadoch rozčlenené na základe ekologických podmienok (zrnitosti, skeletovitosti, svahovitosti, expozície a agroklimatických podmienok). Bonitácia priniesla výrazné spresnenie KPP, vzhľadom na to, že zohľadnila niektoré kritériá, ktoré v KPP zohľadnené neboli. Jedným z najvýznamnejších prínosov bolo zohľadnenie erózie. V bonitačných mapách sú vyhraničené erodované subtypy viacerých pôdných typov a regozeme ako pôdny typ vytvorený následkom úplnej degradácie pôd eróziou.

Aktualizácia bonitačných máp sa stala trvalým programom VÚPOP, ktorý má na starosti Odbor pôdnej služby (OPS) ako samostatný organizačný útvar NPPC – VÚPOP. Aktualizácia však v dôsledku obmedzeného financovania prebieha pomaly. Bolo by žiaduce venovať jej viac pozornosti a okrem BPEJ aktualizovať aj základné pôdne mapy.

Od konca 80tych rokov prebieha výskum identifikácie pôd zo snímok DPZ. Výrazné výsledky boli dosiahnuté najmä pri identifikácii regozemí, jednak primárnych (KOLÉNY a ŠUBERT, 1989) a jednak eróziou podmienených sekundárnych (FULAJTÁR, 1994). V súčasnosti sú výsledky mapovania pôd pomocou DPZ natoľko rozpracované, že DPZ predstavuje praktický nástroj využiteľný pre zintenzívnenie aktualizácie pôdných máp. Predložený príspevok predstavuje príklad aktualizácie máp KPP a BPEJ pomocou DPZ vo vybranom území v Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine.

MATERIÁL A METÓDY

Princíp identifikácie pôdnych areálov pomocou DPZ je založený na farebnom kontraste medzi pôdami s bledším a tmavším povrchovým horizontom. Metodiku rozpracovali FULAJTÁR (1994), FULAJTÁR a JANSKÝ (2001) a FULAJTÁR a iní (2013). Na záujmovom území v Bielovciach boli použité ortofotomapy zostavené z farebných leteckých snímok. Pôdne areály boli vyhraničené vizuálnou vektorizáciou. Vzhľadom na to, že DPZ umožňuje identifikáciu iba farebne kontrastných pôdnych areálov, bolo využitie DPZ podporené sondážou v teréne. Pôdna sondáž pozostávala z 55 vrtov (približne 1 vrt na 1 ha pôdy) zoskupených do transektov. Klasifikácia pôd bola robená podľa SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA (2014).

Záujmové územie (58 ha) sa nachádza severozápadne od obce Bielovce v okrese Levice, na strmom svahu (priemerný sklon 8°, maximálny 14°) v nadmorskej výške 130–220 m. Materskú horninu tvorí prevažne spraš, v hornom okraji poľa, ktorý zasahuje do temena zvlnenej plošiny vystupujú ostrovy neogénnych ílov. Územie predstavuje jednu rozsiahlu parcelu ornej pôdy.

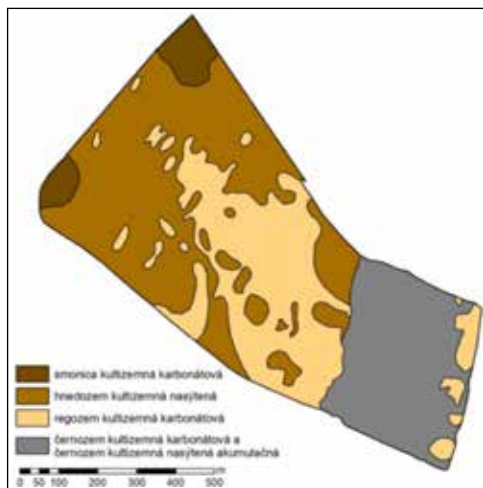
VÝSLEDKY A DISKUSIA

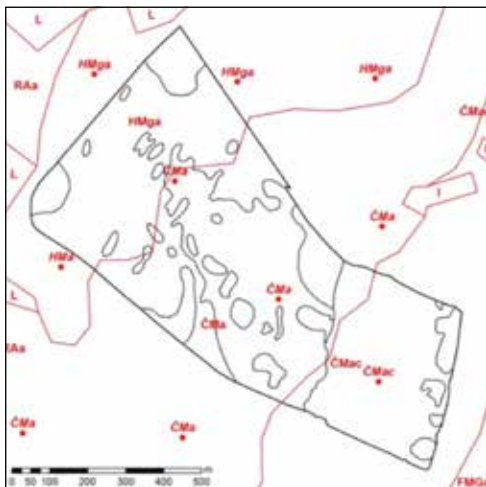
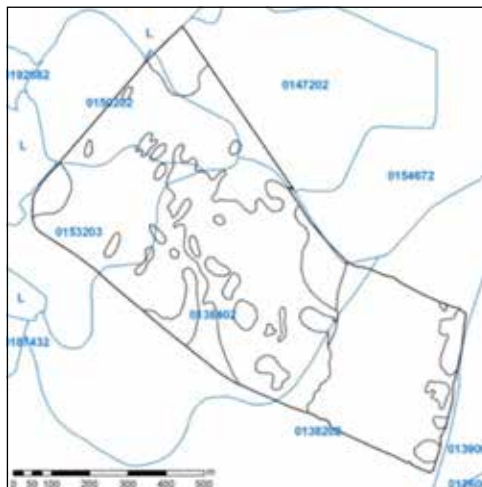
Sieť vrtných sond, ktoré slúžili na základnú charakterizáciu pôdneho krytu mapovaného územia podáva obrázok 1. Výslednú pôdnu mapu vyhotovenú pomocou DPZ predstavuje obrázok 2. Porovnanie aktualizovanej mapy s mapami KPP a BPEJ znázorňujú obrázky 3 a 4. Zastúpenie jednotlivých pôdnych predstaviteľov na pôdnych mapách udáva tabuľka 1. Získané výsledky predstavujú výraznú aktualizáciu kartografického zobrazenia pôdneho krytu.

Obr. 1 Sieť vrtných sond



Obr. 2 Pôdna mapa zostavená pomocou DPZ



Obr. 3. Porovnanie pôdnej mapy zostavenej pomocou DPŽ so základnou mapou KPP**Obr. 4.** Porovnanie pôdnej mapy zostavenej pomocou DPŽ s mapou BPEJ

Prvú fázu vývoja mapového zobrazovania pôdneho krytu predstavuje KPP. Na mape KPP (Obr. 3) zasahujú do záujmového územia tri rozsiahle areály - plošinu a najvrchnejšiu časť svahu zaberá hnedozem kultivovaná pseudoglejová (HMa), strednú časť svahu černozem kultivovaná nasýtená (ČMa) a úpätie svahu černozem kultivovaná karbonátová (ČMac). Na záujmovom území sa však nachádzajú len tri sondy KPP (pričom ďalších päť sond je v najbližšom okolí). V areáli černozeme kultivovanej nasýtenej (stredná časť svahu) sú dve sondy. Obe tieto sondy sa nachádzajú v areáli, ktorý na základe interpretácie ortofotomapy zaberajú silno erodované pôdy (regozeme kultivované karbonátové). V areáli černozeme kultivovanej karbonátovej (úpätie svahu) je jedna sonda. V areáli hnedozeme kultivovanej pseudoglejovej (plošina a vrcholová časť svahu) nie je žiadna sonda a tento areál bol interpolovaný na základe sond ležiacich na vedľajších pozemkoch. Vzhľadom na takýto malý počet sond je prirodzené, že interpolácia nemohla zachytiť priestorovú variabilitu pôdneho krytu presnejšie.

Tab. 1 Pôdne jednotky na jednotlivých mapách a ich výmery

KPP mapa			BPEJ mapa (HPJ)			DPZ mapa		
Taxonomické jednotky	Rozloha (ha)		Taxonomické jednotky	Rozloha (ha)		Taxonomické jednotky	Rozloha (ha)	
	(ha)	(%)		(ha)	(%)		(ha)	(%)
Hnedozeme kultizemné pseudoglejové (plošina)	17,9	30,6	50 (stred plošiny)	7,1	12,1	Smonice kultizemné nasýtené (plošina najvyššie polohy)	2,6	4,3
			47 (východ plošiny)	3,2	5,5	Hnedozeme kultizemné nasýtené (plošina)	25,1	43,1
			53 (západ plošiny)	8,4	14,4			
Černozeme kultizemné nasýtené (svah)	26,7	45,7	38 (svah a úpätie)	39,6	67,8	Černozeme kultizemné hnedozemné nasýtené erózne (svah)	14,50	24,85
						Regozeme kultizemné karbonátové (svah)	17,5	30,1
Černozeme kultizemné karbonátové (úpätie)	13,8	23,7				Černozeme kultizemné nasýtené alebo karbonátové, miestami akumulované (úpätie a úvalina)	14,6	25,0

Mapy BPEJ prechádzali priebežnými aktualizáciami od svojho vzniku v 70. rokoch. Súčasná mapa BPEJ (Obr. 4) zahŕňa 4 hlavné pôdne jednotky (HPJ):

- 47 – regozeme kultizemné a hnedozeme kultizemné erodované zo spraší, stredne ťažké
- 50 – hnedozeme kultizemné pseudoglejové, lokálne pseudogleje kultizemné zo sprašových a polygenetických hĺn, stredne ťažké
- 53 – hnedozeme kultizemné erodované a regozeme kultizemné z polygenetických hĺn a z neogénnych sedimentov, ťažké
- 38 – regozeme kultizemné a černozeme kultizemné erodované v komplexoch na sprašiach, stredne ťažké.

Významným prínosom bonitácie je zohľadňovanie výskytu erodovaných pôd, a to až v dvoch stupňoch – čiastočne erodovaných pôd, vyjadrených ako erózne formy jednotlivých pôdnych typov a silno erodovaných pôd, vyjadrených ako regozeme. Žiaľ, erodované pôdy boli zachytené väčšinou len v komplexoch buď erodovaných foriem pôdnych typov s neerodovanými, alebo komplexov erodovaných foriem pôdnych typov s regozemami. Preto nie je možné kvantifikovať výmery erodovaných pôd.

Mapy BPEJ sú priebežne aktualizované na základe požiadaviek poľnohospodárskych podnikov. Tieto aktualizácie sa robia pomocou vrtanej sondáže. Štúdium v Bielovciach predstavuje príklad aktualizácie BPEJ pomocou DPZ, ktorý by mohol umožniť výrazné spresnenie BPEJ. Aktualizácia pôdnej mapy pomocou DPZ a doplnkovej sondáže priniesla nasledujúce výsledky:

- a) Detailné vyhraničenie silno erodovaných pôd (regozemí) z ortofotomáp (17,5 ha, 30,1 % z celkovej výmery).
- b) Vyhraničenie areálov smoníc kultizemných nasýtených (ako celkom nového pôdneho typu doteraz neznámeho v tejto oblasti) z ortofotomáp a ich charakterizovanie pomocou sondáže (2,6 ha, 4,3% z celkovej výmery).
- c) Nahradenie hnedozemí pseudoglejových kultizemných hnedozemami kultizemnými nasýtenými: výskyt hnedozemí kultizemných pseudoglejových v záujmovom území sa nepotvrdil. Boli tu mapované len na základe extrapolácie pôdnych sond nachádzajúcich sa mimo záujmového územia.
- d) Rozlíšenie černoziemí a hnedozemí pomocou sondáže: Bielovce sa nachádzajú na rozhraní černozemnej a hnedozemnej oblasti, pričom hnedozeme tu predstavujú pravdepodobne klimazonálne pôdy a černoze sa viažu na zmladzujúce sa formy reliéfu, kde sa na ich zachovaní podieľajú erózne-akumulačné procesy a laterálna translokácia karbonátov a iónov vápnika, čím sa udržiava neutrálne až mierne zásadité pH brániace rozvoju ilimerizácie. V takýchto oblastiach predstavuje určenie hranice medzi hnedozemami a černozemami značný problém. Klasifikácia pôd používaná v KPP bola založená na genetickom prístupe a neboli zavedené morfometrické kritériá. Nejestvoval koncept molického a ochrického A horizontu, navzájom odlišiteľných na základe kvantifikovateľných vlastností. Za černoze sa považovali pôdy s A/C profilom, tmavým a hrubým A horizontom s dobre vyvinutou drobnohrudkovitou štruktúrou a nasýteným sorpčným komplexom. Keďže chýbali kvantitatívne kritéria, tak sa v černozemných oblastiach za černoze považovali aj pôdy s tenším a svetlejším A horizontom, ak nemali Bt horizont (čiže dnešné regozeme). Tieto pôdy sa morfologicky na černoze podobajú a spĺňajú všetky kritériá molického horizontu okrem farby. Pri popise pôdnych sond sa označovali ako černoze zmyté, avšak na mapách boli zahrnuté do černozemných areálov. V hnedozemných oblastiach, sa erodované pôdy označovali ako hnedozeme zmyté pokiaľ bolo možné rozlíšiť zvyšky Bt horizontu. Ak bol s postupujúcou eróziou celý Bt horizont odstránený, vzniknuté A/C pôdy tiež niekedy boli považované za černoze zmyté. Na mapách BPEJ sa začali neskôr regozeme rozlišovať, ale ich presné vymapovanie bez DPZ nebolo možné a tak sa vyjadrovali ako komplexy.

V Bielovciach bola hranica černoziemí a hnedozemí zisťovaná pomocou sondáže, ktorá umožnila identifikovať zvyšky Bt horizontov v niektorých profiloch erodovaných pôd. Na plošine bolo možné jednoznačne identifikovať areál hnedozemí. Omnoho zložitejšia bola situácia na svahu, kde boli v niektorých profiloch zachované molické A horizonty a niekde zvyšky Bt horizontov (profily D4 a E2). Vzhľadom na výraznú erodovanosť svahu nebolo možné vyhraničiť presné rozhranie medzi černozemami a hnedozemami. Najvhodnejším riešením bolo celý svah predbežne mapovať ako areál černozemnej a v budúcnosti možno výsledky spresniť podrobnejšou sondážou.

Na úpätí svahu, sa náznaky Bt horizontov nenašli vôbec. Zrejme tu vyplavovanie ílu neprebiehala vôbec v dôsledku už spomenutého laterálneho prínosu karbonátov a iónov vápnika udržiavania neutrálneho až mierne zásaditého pH brániaceho disperzii a vyplavovaniu ílu. V niektorých profiloch boli zistené hlboké akumulácie ale prevažovali černoze bez vý-

razných akumulácií. Vzhľadom na to, že úpätie svahu je veľmi rozsiahle, sedimentácia prebieha len v niekoľkých nepravidelne rozmiestnených mikrodepresiách. Hustota sondáže nebola dostatočná na presné vyhraničenie akumulačných území, preto bolo celé úpätie mapované ako komplex černoziem kultizemných nasýtených, karbonátových a miestami akumulačných. K tomuto areálu typologicky patrí aj úvalina vedúca diagonálne západnou časťou svahu.

ZÁVER

Výsledná pôdna mapa zostavená pomocou DPZ a doplnkovej sondáže predstavuje výrazné spresnenie poznatkov o pôdnom kryte záujmového územia. Predstavuje úplne novú priestorovú štruktúru, ktorá vôbec nepripomína štruktúry predchádzajúcich máp. Najvýznamnejšími zmenami sú podrobné vyhraničenie areálov regozemí kultizemných karbonátových, identifikácia smoníc kultizemných nasýtených, ktorých výskyt v tejto oblasti nebol známy, vylúčenie hnedozemí kultizemných pseudoglejových, ktorých výskyt sondáž vyvrátila a vyriešenie problému rozlišovania černoziem a hnedozemí v erodovaných oblastiach.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla za podpory grantu VEGA 1/0886/13 a OP Výskum a vývoj – projekt ITMS 26240220019, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- DŽATKO, M. a iní 1976. *Charakteristika bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek SSR*. Bratislava: Príroda, Ministerstvo poľnohospodárstva a výživy SSR. 101 s.
- DŽATKO, M. – SOBOCKÁ, J. a iní 2008. Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek. *Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2008. 102 s.
- FULAJTÁR, E. – 1994. Zhodnotenie rozšírenia erodovaných pôd na území PD Rišňovce s využitím panchromatických čiernobielych leteckých snímok. *Vedecké práce VÚPÚ 18*. Bratislava. s. 51-63.
- FULAJTÁR, E. – HRABOVSKÁ, B. – SAKSA, M. – SVIČEK, M. – KOVÁČIKOVÁ, I. – MORÁVEK, A. 2013. Hodnotenie leteckých a družicových snímok z hľadiska využiteľnosti pre mapovanie erózie pôdy na príklade skúšobného územia v Rišňovciach. In: *Vedecké práce 35*. Bratislava: VÚPOP, 2013. s. 16-40.
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia a protierózna ochrana*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2001. 310 s. ISBN 80-85361-85-X.
- KOLÉNY, M. – ŠUBERT, A. 1989. Príspevok k opticko – analógovej interpretácii ľahkých pôd zo syntéz a multispektrálnych snímok. *Vedecké práce 15*. Bratislava: VÚPÚ, 1994. s. 61-74.
- NĚMEČEK, J. – DAMAŠKA, J. – HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z. – ZUSKA, V. – TOMÁŠEK, M. – KALENDA, M. 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR (Souborná metodika) 1. Díl: Metodika terénního průzkumu, sestavování půdních map a geneticko-agronomické klasifikace půd*. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy, 1967. 246 s.
- SKALSKÝ, R. – VOPRAVIL, J. (eds.) 2014. *Komplexní průzkum zemědělských půd – historie, metodika, hodnocení, využití. Komplexný prieskum poľnohospodárskych pôd – história, metodika, hodnotenie a využitie*. Praha: Výskumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. – Bratislava: Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2014. 103 s.
- SOCIETAS PEDOLOGICA SLOVACA, 2014. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia*. Druhé upravené vydanie. Bratislava: NPPC – VÚPOP. 96 s.

HODNOTENIE DLHODOBÉHO VÝVOJA ERÓZIE POMOCOU DPZ NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPEĽSKEJ PAHORKATINE

ASSESSMENT OF LONG TERM DEVELOPMENT OF EROSION WITH THE AID OF REMOTE SENSING IN BIELOVCE PILOT AREA, IPEĽSKÁ PAHORKATINA, SOUTH SLOVAKIA

Emil FULAJTÁR¹, Marianna KOLLÁROVÁ², Martin SAKSA¹, Ivana KOVÁČIKOVÁ¹

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy,
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: e.fulajtar@vupop.sk

²Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá hodnotením dlhodobého trendu vývoja erózie na vybranom území v Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine pomocou DPZ. Areály erodovaných pôd (regozemí) boli vyhraničené vizuálnou vektorizáciou na leteckých snímkach z rokov 1950, 2002 a 2012. Vyhraničené areály boli porovnané a bol vyhodnotený nárast ich rozlohy v období po kolektívizácii poľnohospodárstva. Na vybranom území rozloha erodovaných areálov narástla z 10,0 ha v 1950 na 17,5 ha v 2002/2012, čiže o 74,9 %. Súčasťou práce bolo aj testovanie vyhraničovania erodovaných pôd z historických leteckých snímkov, ktoré je náročnejšie ako práca so súčasnými snímkami.

Kľúčové slová: mapovanie pôd, pôdny prieskum, erózia pôdy, monitoring erózie, diaľkový prieskum Zeme, letecké snímky.

Abstract

This contribution is aimed on the assessment of long term development of soil erosion at Bielovce pilot area (Ipeľská pahorkatina, Southern Slovakia) with the aid of remote sensing. The eroded areas (Regosols) were delineated by visual vectorization at aerial photos from 1950, 2002 and 2012. The extension of the delineated areas was compared and their growth was assessed. The eroded areas increased in the studied area since the collectivization of agriculture from 10,0 ha in 1950 to 17,5 ha in 2002/2012 what is an increase by 74,9 %. Apart of that the study was aimed to test the methodological aspects of erosion delimitation from historical aerial photos, what is more difficult than the use of recent photos.

Keywords: erosion mapping, soil survey, soil erosion, erosion monitoring, remote sensing, aerial photographs.

ÚVOD

V posledných desaťročiach bola úspešne rozvinutá metodológia mapovania erodovaných pôd pomocou DPZ. Doterajšie práce sa zameriavali najmä na skúšanie rôznych metodologických aspektov (FULAJTÁR, 1994, FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001, FULAJTÁR a iní, 2013). Získané skúsenosti možno ďalej rozšíriť o hodnotenie dlhodobého vývoja erózie a erodovaných areálov. DPZ má veľký potenciál pre riešenie tejto problematiky spočívajúci v možnostiach porovnávania rozsahu erodovaných areálov na snímkach z rôznych časových období. Väčšina ostatných metód výskumu erózie (merania na malorozmerných plochách, v elementárnych povodiach, volumetrické merania), nie je najvhodnejšia pre výskum dlhodobých trendov vývoja, vzhľadom na svoju prácnosť a finančnú nákladnosť. Jedinými výnimkami sú izotopové a geomorfologické metódy. Metóda rádionuklidu ^{137}Cs umožňuje odhadovanie dlhodober priemernej intenzity erózie ak je ^{137}Cs merané jednorazovo (LINKEŠ a iní, 1992, FULAJTÁR, 2003), alebo sledovanie vývoja, ak sa merania opakujú (STYK, 2013). Geomorfologické metódy (STANKOVIANSKY, 2003) sa zaoberajú prevažne len líniovými eróznymi prvkami a poskytujú len kvalitatívne údaje bez možnosti kvantifikácie.

Okrem metodologických problémov predstavuje prekážku pre výskum vývojových trendov erózie aj súčasná koncepcia organizácie výskumu, zameraná na krátkodobé výskumné projekty (2 – 5 rokov), pričom v jednostrannej honbe za súťaživosťou a inovatívnosťou nie je záujem financovať projekty tematicky nadväzujúce na predchádzajúce projekty. Jedinou výnimkou sú programy monitoringov, pri ktorých je sledovanie dlhodobého vývoja hlavným cieľom, avšak tie sú vzhľadom na vysoké náklady zriedkavé. Na Slovensku prebieha Komplexný monitoring poľnohospodárskych pôd (KMP) (KOBZA, 2008) v rámci ktorého prebieha aj monitoring erózie pomocou ^{137}Cs (STYK, 2013).

Vzhľadom na uvedené okolnosti, je využitie DPZ na hodnotenie dlhodobého vývoja erózie veľmi žiaduce. Mapy vývoja rozsahu erodovaných areálov predstavujú veľmi vítaný doplnok k meraniam dlhodober priemernej intenzity erózie pomocou ^{137}Cs . V zahraničných prácach je časté, že DPZ slúži ako orientačný indikátor vývoja rozsahu erózných javov, avšak vyhraničenie areálov erodovaných pôd nie je výsledkom interpretácie snímkov (ALEWELL a iní, 2008). Dva príklady využitia DPZ pre hodnotenie vývoja erózie v podmienkach podobných Slovensku predstavujú práce DUMBROVSKÉHO (2013) a NOVÁKA a BATYSTU (2013).

Predložený príspevok predstavuje prvý pokus o využitie DPZ pri hodnotení dlhodobého trendu vývoja erózie na Slovensku. Jeho cieľom je porovnanie rozsahu erodovaných areálov v období pred kolektivizáciou poľnohospodárstva so súčasnosťou.

MATERIÁL A METÓDY

Princíp identifikácie erózných areálov (založený na farebnom kontraste medzi pôdami s bledším a tmavším povrchovým horizontom) a metodické postupy rozpracovali FULAJTÁR (1994), FULAJTÁR a JANSKÝ (2001) a FULAJTÁR a iní (2013). Pre hodnotenie vývoja rozsahu erodovaných areálov bola vybratá analógová čiernobiela letecká snímka z roku 1950 a súčasný stav zobrazuje kombinácia dvoch ortofotomáp z rokov 2002 a 2012 zostavených z digitálnych farebných leteckých snímok. Použitie dvoch snímok z rôznych časových horizontov bolo potrebné, aby boli obidve časti poľa, ktoré sú obvykle osiate rôznymi plodinami bez porastu (čo je podmienkou pre vyhraničenie erodovaných areálov). Analógové letecké snímky boli zoskenované a georeferencované. Erodované areály boli vyhraničené vizuálnou vektorizáciou.

Záujmové územie sa nachádza v katastri obce Bielovce v Ipeľskej pahorkatine (rozloha 58 ha, nadmorská výška 130–220 m, priemerný sklon 8°, maximálny 14°). V súčasnosti územie predstavuje jednu rozsiahlu parcelu ornej pôdy, ktorá býva osievaná väčšinou dvoma rôznymi osevmi. Pred kolektivizáciou bolo územie rozdelené na veľké množstvo úzkych rolí patriacich maloroľníkom. Na plošine a svahu mali role vrstevnicovú orientáciu (juhozápad – severovýchod) a na úpäť spádnicovú (severozápad – juhovýchod).

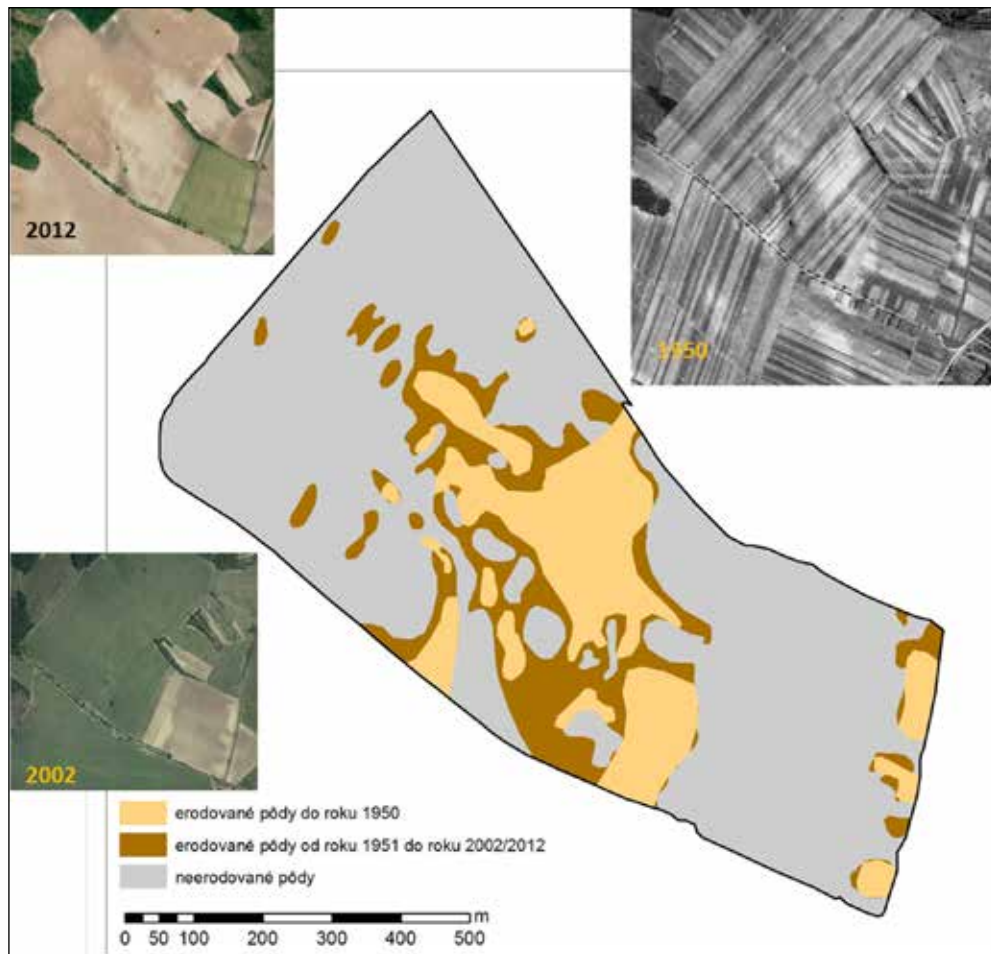
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri vyhraničovaní erózných areálov vizuálnou vektorizáciou z historickej snímky bolo potrebné brať do úvahy určité metodologické obmedzenia. Hlavným problémom je výrazný rozdiel vo využití zeme v období pred a po kolektivizácii. Kolektivizácia radikálne zmenila štruktúru pôdneho fondu (SVIČEK, 2000). Úzke a tenké políčka súkromných roľníkov sa zmenili na veľkoplošné polia. Predkolektivizačná maloplošná štruktúra využitia zeme výrazne sťažuje rozlišovanie erodovaných pôd, preto je vyhraničovanie erodovaných areálov z historických snímok omnoho náročnejšie. Najväčším problémom je vyhraničenie areálov pod porastom. V prípade dobre rozvinutých porastov hustosiatych plodín vyhraničenie areálov nie je možné vôbec. Na pozemkoch s menej rozvinutými porastmi (mladé, nie celkom zapojené porasty, strniská, pozberové porasty burín) je vyhraničenie do istej miery možné (FULAJTÁR, 1998, FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001), ale pri praktickom mapovaní sa odporúča vyhraničovať erodované plochy len na pozemkoch bez porastu (FULAJTÁR a iní, 2013). Na pozemkoch, kde sú erózne plochy viditeľné cez porasty, môžu byť totiž vyhraničené areály menšie ako by sa javili na pôde bez porastov. Problém porastov sa preto rieši použitím viacerých snímok z rôznych období, tak aby každý pozemok bol aspoň na jednej snímke bez porastu. Tieto skúsenosti však zodpovedajú súčasným podmienkam veľkoplošného poľnohospodárstva, kedy v štruktúre pôdneho fondu dominujú veľké pozemky. Bielovce predstavujú prvý prípad vyhraničenia erózných areálov z historických snímok, na ktorých je zobrazená predkolektivizačná štruktúra pôdneho fondu pozostávajúca z veľkého množstva dlhých úzkych políčok maloroľníkov. Pri takejto štruktúre je prakticky nemožné získať snímku, na ktorej by boli väčšie súvislejšie územia celkom bez poras-

tu. Preto je potrebné viesť línie podľa prejavov erózných areálov na políčkach bez porastu a cez políčka pod porastom použiť iba interpoláciu k najbližšiemu políčku bez porastov. V dôsledku toho je vektorizácia na historických snímkach omnoho menej presná.

Druhým metodologickým problémom je odlišný prejav erózných areálov na rôznych druhoch snímkov. Touto problematikou sa zaoberali FULAJTÁR a iní (2013) a zistili značné rozdiely. To treba brať do úvahy pri porovnávaní areálov vyhraničených na čiernobielych analógových leteckých snímkach a na digitálnych farebných leteckých snímkach.

Obr. 1. Vývoj rozsahu areálov erodovaných pôd v období 1950–2002/2012



Výslednú mapu erodovaných areálov (reprezentovaných regozemami kultuzemnými karbonátovými) v obdobiach 1950 a 2002/2012 predstavuje obrázok 1. Nárast rozsahu erodovaných areálov za 50–60 rokov intenzívneho mechanizovaného veľkoplošného poľnohospodárstva je veľmi výrazný. V roku 1950 predstavoval rozsah erodovaných pôd 10,0 ha, čo predstavuje 17,2 % celkovej rozlohy. Období 2002/2012 to predstavovalo už 17,5 ha, čiže 30,1 % z celkovej rozlohy. Rozsah erodovaných areálov teda stúpil z 10,0 na 17,2 ha, čo pred-

stavuje nárast o 74,9 %. Takýto nárast demonštruje závažnosť erózie ako environmentálneho problému. Vzhľadom na uvedené metodologické obmedzenia je však potrebné tieto čísla považovať iba za približný odhad.

Hodnotenie vývoja erózie na základe nárastu rozlohy erodovaných pôd predstavuje veľmi dôležitý zdroj poznatkov a uvádza na pravú mieru doterajšie predstavy o závažnosti erózie. U väčšiny slovenskej odbornej verejnosti zaoberajúcej sa eróziou pretrvával názor, že erózia je veľmi významným pôdodegradačným procesom a vážne poškodzuje poľnohospodársky pôdny fond, pričom mechanizované veľkoplošné poľnohospodárstvo eróziu výrazne urýchlilo. Tento názor však nebol podopretý kvantitatívnymi údajmi, ktoré by ho potvrdzovali. Do istej miery ho potvrdzovali napríklad pozorovania geomorfologických prejavov erózie a zmien jej pôsobenia v dôsledku kolektivizácie (napríklad zmeny siete líniových prvkov erózie, nárast datovateľných kolúvií, atď.), ktoré spracoval STANKOVIANSKY (2003). Tieto práce však boli zamerané na najextrémnejšie podmienky poľnohospodársky využívaných pahorkatín ako je napríklad Myjavská pahorkatina. Prieskumy hĺbkovej distribúcie rádionuklidu ^{137}Cs , ktorý slúži ako indikátor erózne-akumulačných procesov vykonané v sprašových pahorkatinách však svedčili o malej miere erózie (LINKEŠ a iní, 1992, LEHOTSKÝ, 1993, 1998). Podobne merania intenzity erózie na malorozmerných plochách (FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001) ukazovali na malú priemernú intenzitu erózie. Priemer zo 45 úhrnov zmyvu z plochy/rok bol 0,6 mm, čo ani nepresahuje prípustnú mieru erózie, ktorá je stanovená na 1 mm/rok. Avšak to zodpovedalo veľmi krátkym dĺžkam svahu experimentálnych plôch (20 m). Vyššie hodnoty odnosu udávajú merania ^{137}Cs (FULAJTÁR, 2003), ktoré zaberali celú dĺžku svahov pričom namerané hodnoty zahŕňajú aj orbovú a veternú eróziu (približne 1,2 mm/rok). Tieto merania však prebiehali v najmenej svažitých oblastiach Trnavskej pahorkatiny (dĺžky svahov približne 60 m, sklony 4–8°). Bielovce sú svažovitejšie územie ako Jaslovské Bohunice, avšak menej svažovité ako Myjavská pahorkatina a predstavujú územie typické pre naše sprašové pahorkatiny.

Nárast rozlohy erodovaných areálov predstavuje značné hospodárske škody, pretože erodované pôdy sa vyznačujú zhoršením celého radu pôdnych vlastností, čo spôsobuje výrazné zníženie produkčného potenciálu a oslabovaním ekologických funkcií pôdy, ako aj výrazným poklesom úrod. Porovnanie pôdnych vlastností erodovaných pôd s pôvodnými (regozemí s černozemami a hnedozemami) a úrod na týchto pôdach ukázalo, že erodované pôdy mali o 30–60 % nižší obsah humusu, humínových kyselín, organického dusíka a živín oproti neerodovaným pôdam a úrody hlavných poľnohospodárskych plodín boli na erodovaných o 25–65 % nižšie ako na neerodovaných (FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001).

ZÁVER

Porovnanie rozlohy erodovaných areálov v predkolektivizačnom období a v súčasnosti pomocou DPZ ukázalo výrazný nárast erodovaných areálov (takmer o 75%) za posledných 50–60 rokov. DPZ tak prispelo k významnému spresneniu predstáv o závažnosti erózie v našich podmienkach. Tieto poznatky boli získané pri veľmi malých nákladoch na terénne práce aj

spracovanie a interpretáciu údajov. V budúcnosti je žiaduce venovať sa vývoju erózie intenzívnejšie. Získať komplexnejšie výsledky by umožnil ucelenejší súbor snímok z viacerých období.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla za podpory grantu VEGA 1/0886/13 a OP Výskum a vývoj – projekt ITMS 26240220019, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- ALEWELL, C. – MEUSBURGER, K. – BRODBECK, M. – BÄNNINGER, D. 2008. Methods to describe and predict soil erosion in mountain regions. In: *Landscape and Urban Planning* 88, 2008. s. 6–53.
- DUMBROVSKÝ, M. 2013. *Řešení odtokových poměrů na příkladu studie v Nové Lhotě*. Prednáška na Informačnom stretnutí združenia ELSA pre predstaviteľov obcí, 6. 6. 2013, Nová Lhota.
- FULAJTÁR E. 2003. Assessment of soil erosion on arable land using the ¹³⁷Cs measurements and conversion methods; a case study from Jaslovske Bohunice, Slovakia. In: *Soil and Tillage research*, 69 (1–2): FEB 2003. s. 139–152.
- FULAJTÁR, E. 1994. Zhodnotenie rozšírenia erodovaných pôd na území PD Rišňovce s využitím panchromatických čiernobielych leteckých snímok. *Vedecké práce VÚPÚ* 18, Bratislava. s. 51–63.
- FULAJTÁR, E. 1998. Identification of Severely Eroded Soils from Remote Sensing Data Tested in Rišňovce and Levice Pilot Areas. In: *Vedecké práce* 18. Bratislava: VÚPÚ. s. 27–54.
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia a protierózna ochrana*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2001. 310 s.
- FULAJTÁR, E. – HRABOVSKÁ, B. – SAKSA, M. – SVIČEK, M. – KOVÁČIKOVÁ, I. – MORÁVEK, A. 2013. Hodnotenie leteckých a družicových snímok z hľadiska využiteľnosti pre mapovanie erózie pôdy na príklade skúšobného územia v Rišňovciach. In: *Vedecké práce* 35. Bratislava: VÚPOP, 2013. s. 16–40.
- KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – ČUMOVÁ, L. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – NÁČINIÁKOVÁ, Z. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. – TÓTHOVÁ, G. – 2008: *Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002–2006)*. VÚPOP Bratislava, 2008. 196 s.
- LEHOTSKÝ M. – STANKOVIANSKY M. 1992. Detekcia priebehu zrážkových erozno-akumulačných procesov na základe stanovenia obsahu izotopu ¹³⁷Cs v pôde, In: *Geografický časopis*, 3. s. 273–287.
- LEHOTSKÝ, M. 1999: Soil erosion investigation using Caesium-137 and dendrogeomorphic methods (Case studies in Jablonka catchment) In: *Soil Conservation in Large-Scale Land Use, Proceedings of International Conference*, 12–15th May, Bratislava. s. 81–87.
- LINKÉŠ V. – LEHOTSKÝ M, STANKOVIANSKY M. 1992. Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím Cézia-137. In: *Vedecké práce* 17. Bratislava: VÚPU, 1992. s. 111–119.
- NOVÁK, P. – BATYSTA M. 2013. Vývoj krajiny a pôdneho pokryvu v dôsledku dlhodobé erozie. In: *Vedecký seminár Antropizácia X. „Pozitívna a negatívna antropizácia pôdy“* pri príležitosti životného jubilea Doc. Ing. Zoltána Bedrnu, DrSc. – 7.–8. marec 2013, Bratislava, Bratislava: SPS-VUPOP.
- STANKOVIANSKY, M. 2003. Historical evolution of permanent gullies in the Myjava Hill Land, Slovakia (Conference Paper). In: *Catena*, Volume 51, Issue 3–4, 1 (April 2003). s. 223–239.
- STANKOVIANSKY M. – FULAJTÁR E. – JAMBOR P. 2007. Erosion in Slovakia. In: BOARDMAN J. – POESEN J. 2007. *Soil Erosion in Europe*. J. Wiley & Sons, LTD. s. 117–138.
- STYK, J. 2013. Monitoring vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach Slovenska. In: *Vedecké práce* 35, 2013. s. 155–165.
- SVIČEK, M. 2000. Detekcia zmien krajinej pokrývky analógovou interpretáciou čierno-bielych leteckých snímok. In: *Pedo-disertationes*. Bratislava: VÚPOP. 115 s.

HODNOTENIE VPLYVU RELIÉFU NA PRIESTOROVÚ DISTRIBÚCIU ERODOVANÝCH PÔD NA VYBRANOM ÚZEMÍ PRI BIELOVCIACH NA IPEĽSKEJ PAHORKATINE

ASSESSMENT OF RELIEF IMPACT ON EROSION SPATIAL DISTRIBUTION IN BIELOVCE PILOT AREA, IPEĽSKÁ PAHORKATINA, SOUTH SLOVAKIA

Emil FULAJTÁR¹, Marianna KOLLÁROVÁ², Marián JENČO², Andrej MORÁVEK¹

¹Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: e.fulajtar@vupop.sk

²Prírodovedecká fakulta UK, Mlynská dolina, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4

Abstrakt

Príspevok sa zaoberá hodnotením vplyvu reliéfu na priestorovú distribúciu erodovaných pôd. Mapovanie eróziou postihnutých areálov bolo realizované na vybranom území pri Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine. Erózne areály boli vyhraničené zo snímkov DPZ vizuálnou vektorizáciou. Vplyv reliéfu na priestorové rozloženie erodovaných pôd bol hodnotený na základe rastrového digitálneho modelu reliéfu s rozlíšením 10 m. Boli vyhodnotené 3 štandardné morfometrické veličiny – sklon svahu, normálová krivosť v smere spádnice a horizontálna krivosť. Vplyv reliéfu na intenzitu erózie sa prejavuje predovšetkým cez sklon svahu. Väzba medzi obooma krivosťami a intenzitou erózie je veľmi voľná. Prezentované výsledky svedčia o tom, že pôsobenie reliéfu je veľmi komplexné. Vyjadrenie reliéfu ako erózneho faktora prostredníctvom jeho morfometrických veličín je náročnou úlohou, ktorá si bude vyžadovať uplatnenie sofistikovaných metód morfometrickej analýzy a následné vyšetrenie multifaktorových korelačných vzťahov medzi eróziou a ďalšími morfometrickými veličinami.

Kľúčové slová: erózia pôdy, mapovanie erodovaných pôd, diaľkový prieskum Zeme, letecké snímky.

Abstract

Paper provides the assessment of the relation of soil erosion to relief. The investigation was carried out at Bielovce pilot area in Ipeľská Pahorkatina (South Slovakia). The eroded soils were delineated from remote sensing data by visual vectorization. Relief data are based on photogrammetric raster digital terrain model with 10 m resolution. Three relief parameters were examined: slope inclination, profile and plan curvature. The strongest relation to erosion distribution has slope inclination. Relations to horizontal and vertical curvatures are weak.

These results reflect the complexity of the relief as a soil erosion factor and they indicate that investigation of the relations between relief and erosion will require more sophisticated morphometric analysis and examination of multifactor correlations.

Keywords: soil erosion, erosion mapping, remote sensing, aerial photographs.

ÚVOD

Nutným predpokladom úspešného uplatňovania protieróznej ochrany je schopnosť vyhľadať rizikové územia, ktoré sú najviac postihnuté odnosom pôdneho materiálu. Vysoké náklady a náročnosť na technické prostriedky a prácu neumožňuje uplatňovať protieróznú ochranu celoplošne. Ak je protierózna ochrana nevhodne priestorovo zacielená, neprináša požadované výsledky. Hodnotenie priestorového rozšírenia vodnej erózie a vyhľadávanie rizikových plôch je možné vykonávať pomocou viacerých metód. Na Slovensku sa najčastejšie na modelovanie vodnej erózie využíva empirický model USLE (ŠŮRI a iní, 2001a,b, 2002), ktorý je stále často využívaný aj v zahraničí (PANAGOS a iní, 2015). Z fyzikálnych modelov je to napr. model USPED (STANKOVIANSKY a iní, 2008) alebo komplexnejší model WATEM-SEDEM (LIESKOVSKÝ a KENDERESSY, 2014). Ďalšími metódami používanými na Slovensku sú metóda ^{137}Cs a DPZ (FULAJTÁR a JANSKÝ, 2001). Každá z týchto metód má však svoje nedostatky. Najmenej vhodné je modelovanie bez verifikácie v teréne. Niektoré namodelované kritické plochy môžu byť iba hypotetické. Metóda ^{137}Cs poskytuje reálnejšie výsledky, i keď presnosť výpočtov závisí od reprezentatívnosti tzv. referenčnej hodnoty aktivity ^{137}Cs (ktorá predstavuje pôvodnú koncentráciu izotopu na referenčnom mieste, kde nie je erózia ani akumulácia) a od použitých konverzných modelov (prepočítavajúcich aktivitu ^{137}Cs na odnos pôdy). Hlavnou nevýhodou tejto metódy sú vysoké náklady na analýzy.

Metódy založené na využití DPZ dávajú veľmi dobré výsledky, ale možno ich použiť len v oblastiach s pôdami, ktoré majú farebne kontrastný profil (tmavé A, B horizonty a svetlý C horizont). Po odnose tmavých povrchových horizontov sa dostáva na povrch svetlé podložie a vznikajú v krajine nápadné svetlé flaky. Takými pôdami sú napr. černozeme a hnedozeme na spraši. V podhorských oblastiach, tvorených väčšinou svahovinami prevažujú pôdy s farebne menej diferencovanými profilmi (kambizeme, pseudogleje). A horizonty pôvodných lesných pôd v týchto oblastiach síce bývajú tmavé, ale sú plytké (5 – 15 cm) a orbou sú zmiešané s bledším materiálom podpovrchových horizontov a výsledné orné A horizonty sú svetlé. Možnosti DPZ v týchto oblastiach sú preto obmedzené. DPZ však môže pomôcť riešiť tento problém nepriamo tým, že môže zistiť na akých svahoch sa erodované pôdy nachádzajú. Vzťah erodovaných areálov a reliéfu identifikovaných metódami DPZ vyhodnotený v oblastiach s kontrastnými pôdami možno extrapolovať do podhorských oblastí s málo kontrastnými pôdami.

Analýza vplyvu reliéfu na priestorové rozšírenie erózie sa môže zdať jednoduchou úlohou. Význam reliéfu (najmä sklonu a dĺžky svahu a rozlohy prispievajúcej plochy) pre vznik erózie je samozrejmy. Reliéf ovplyvňuje povrchový odtok a morfometrické veličiny vstupujú aj do eróz-

nych modelov. Prvý pokus o vyjadrenie závislosti erózie od reliéfu v našich podmienkach uskutočnili FULAJTÁR a JANSKÝ (2001), ktorí hodnotili odnos pôdy v závislosti od sklonu svahu pomocou dažďových simulátorov (v rámci študijného pobytu Prof. Ing. Libora Janského, CSc. v Japonsku) a na malorozmerných erodomerných plochách, na ktorých prebiehali merania intenzity erózie v dvoch kategóriách sklonu ($3-6^\circ$ a $7-10^\circ$). Vzťah intenzity erózie odhadnutej pomocou metódy ^{137}Cs k reliéfu hodnotil FULAJTÁR (2003) a nadväznosťou areálov erodovaných pôd na reliéf sa zaoberala SMETANOVÁ (2008, 2009) a SMETANOVÁ a ŠABO (2011). Tieto práce priniesli pomerne prekvapivé zistenie. Výsledky ukázali, že závislosť intenzity erózie a priestorového rozloženia erodovaných areálov od vyhodnotených morfometrických veličín je oveľa voľnejšia ako sa predpokladalo. Tieto výsledky nasvedčujú, že vzťah medzi eróziou a reliéfom môže byť oveľa komplexnejší. Jedným z dôvodov môže byť rôzna reakcia jednotlivých erózných procesov (vodná, veterná, orbová erózia) na reliéf v dôsledku čoho vzniká viacero typov erózných areálov.

Rozvoj geoinformačných technológií a dostupnosť informácií o reliéfe v podobe rôznych DTM dnes umožňujú oveľa dôslednejšiu analýzu vzťahov medzi reliéfom a eróziou na rôznych územiach s rôznymi prírodnými podmienkami.

Predkladaný príspevok sa snaží zhodnotiť vplyv vybraných morfometrických veličín na priestorovú distribúciu silno erodovaných pôd (regozemí) identifikovaných pomocou metódy DPZ v záujmovom území pri Bielovciach na Ipeľskej pahorkatine.

MATERIÁL A METÓDY

Hoci hlavným cieľom práce bolo zhodnotenie vplyvu reliéfu na erodované pôdy, ako podklad bola využitá mapa pôdnych typov, pretože štúdia predstavovala ojedinelú príležitosť získať komplexnejšiu predstavu o pôsobení reliéfu na pôdny kryt ako celok. Princíp identifikácie erózných areálov (založený na farebnom kontraste medzi pôdami s bledším a tmavším povrchovým horizontom) a metodické postupy rozpracovali FULAJTÁR (1994), FULAJTÁR a JANSKÝ (2001) a FULAJTÁR a iní (2013). Erodované areály (prejavujúce sa ako regozeme ostrovčekovite sa vyskytujúce v areáloch černozemí a hnedozemí) boli vyhraničené vizuálnou vektorizáciou. Pre tento účel je potrebné použiť snímky, na ktorých sú záujmové pozemky bez rastlinného krytu. Vzhľadom na to, že záujmové územie sa skladá z dvoch pozemkov s rozdielnym oševom, boli použité dve ortofotomapy z roku 2002 a 2012 zostavené z digitálnych farebných leteckých snímok. Podobným spôsobom je možné aj vyhraničenie ďalších farebne kontrastných pôdnych typov. V záujmovom území boli takto okrem regozemí vyhraničené aj smonice. Tie pôdne jednotky, ktoré nebolo možné určiť pomocou DPZ boli vyhraničené na základe doplnkovej sondáže, ktorá pozostávala z 55 vŕtaných sond zoskupených do 5 svahových transektov.

Na základe rastrového digitálneho modelu reliéfu (DMR) s rozlíšením 10 m boli vypočítané tri morfometrické veličiny: sklon svahu, normálová krivosť v smere dotýčnice k spádnici a horizontálna krivosť. Reliéf bol hodnotený pomocou základnej štatistiky (priemer, smerodaj-

ná odchýlka, koeficient variácie) ktorá býva používaná pri štúdiu vplyvu reliéfu na jednotlivé zložky životného prostredia (ŽIAK, 2012).

Záujmové územie sa nachádza v katastri obce Bielovce na Ipeľskej pahorkatine (rozloha 58 ha, nadmorská výška 130–220 m, priemerný sklon 8°, maximálny sklon 14°). Materskou horninou je na väčšine územia spraš, v najvyšších častiach plošiny sú ostrovy neogénnych ílov. V súčasnosti územie predstavuje jeden rozsiahly oraný pozemok.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Zostavená pôdna mapa (Obr. 1) nasvedčuje, že reliéf je v študovanom území významným diferenciačným činiteľom určujúcim priestorovú distribúciu pôdneho krytu. Už pri zbežnom pohľade na mapu vidno, že na hlavné reliéfné formy sa viažu iné pôdne typy. Na najvyšších častiach plošiny sa vyvinuli smonice kultizemné nasýtené, pretože v týchto najvyšších polohách vystupujú spod spraši neogénne íly. Okraje plošiny a najvyššie mierne časti svahu zaberajú hnedozeme kultizemné nasýtené. Strednú a dolnú časť svahu zaberajú černozeme kultizemné hnedozemné nasýtené, väčšinou erózne a regozeme kultizemné karbonátové. Úpätie zaberá komplex černozemí kultizemných nasýtených, alebo karbonátových, miestami akumuláčnych a na spodnom okraji pozemku sa znovu vyskytujú ostrovy regozemí kultizemných karbonátových. Ich výskyt sa viaže na hranu pozemku nad traťou.

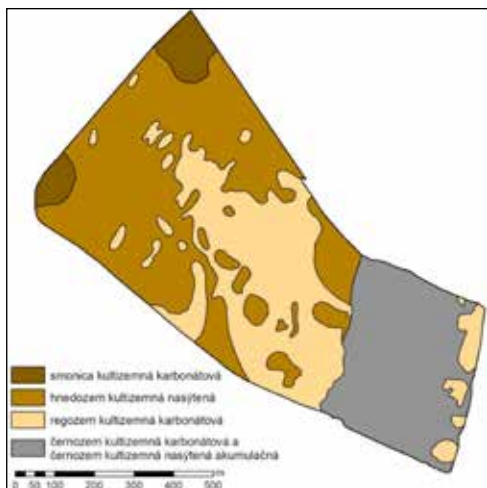
Vyhodnotenie vzťahu medzi distribúciou pôd a reliéfom bolo v prostredí GIS štandardne ponúkané obmedzené na tri morfometrické veličiny – sklon svahu (Obr. 2), horizontálnu krivosť a normálovú krivosť reliéfu v smere spádnice (Obr. 3 a 4). Kladné a záporné hodnoty týchto krivostí vyjadrujú konvexné a konkávne formy reliéfu. Plochy, na ktorých sú zakrivenia svahu veľmi mierne (hodnoty konvexnosti a konkávnosti od -0,02 do 0,02), boli vyčlenené samostatne ako lineárne formy reliéfu.

Kvantitatívnu charakteristiku sledovaných veličín podáva Tabuľka 1. Sklon bol charakterizovaný základnou štatistikou (priemer, smerodajná odchýlka a koeficient variácie) podľa jednotlivých pôdnych typov. Smonice kultizemné nasýtené (priemer 3,2°, koeficient variácie 52 %) a hnedozeme kultizemné nasýtené (priem. 3,4°, k. var. 35 %) zaberajú ploché formy reliéfu na plošine, černozeme kultizemné hnedozemné nasýtené, vrátane černozemí kultizemných nasýtených akumuláčnych v bočnej úvaline (priem. 6,9°, k. var. 34 %) a regozeme kultizemné karbonátové (priem. 7,1°, k. var. 27%) sú na svahoch a úpätie zaberá komplex černozemí kultizemných nasýtených, alebo karbonátových, miestami akumuláčnych (priem. 2,9°, k. var. 69 %).

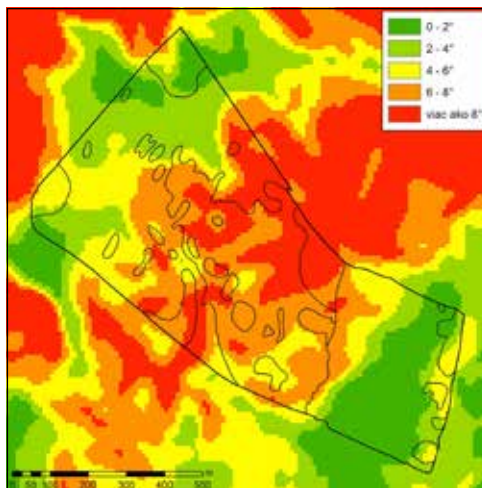
Štatistika nebola pre krivosti použitá, keďže opačné znamienka hodnôt konkávnosti a konvexnosti spôsobujú, že priemery sú blízke nule. Smerodajné odchýlky sú omnoho väčšie ako priemery a koeficienty variácie v takom prípade dosahujú extrémne hodnoty, ktoré nemajú reálnu výpovednú hodnotu. Vplyv zakrivenia reliéfu bol preto vyhodnotený len prostredníctvom zastúpenia regozemí kultizemných karbonátových podľa reliéfových foriem. Pri normálovej aj horizontálnej krivosti sa výskyt regozemí viac sústreďoval na konvexných formách. Vplyv normálovej krivosti bol výraznejší (50,3 % regozemí na konvexných formách, 10,6 % na lineárnych

a 39 % na konkávných) ako vplyv horizontálnej (44,9 % na konvexných formách, 20,8 % na lineárnych a 34,1 % na konkávných). Tento rozdiel by mohol súvisieť s vrstevnicovým smerom orby.

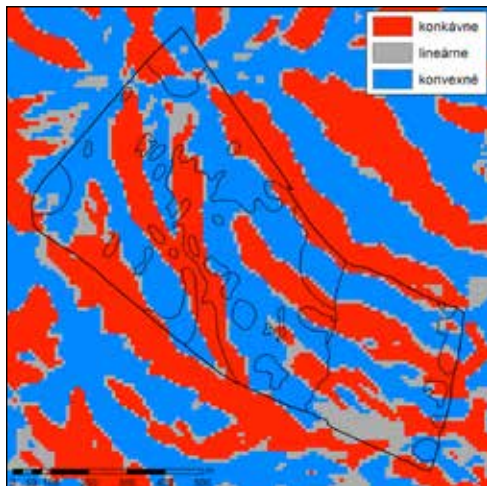
Obr. 1 Základná pôdna mapa



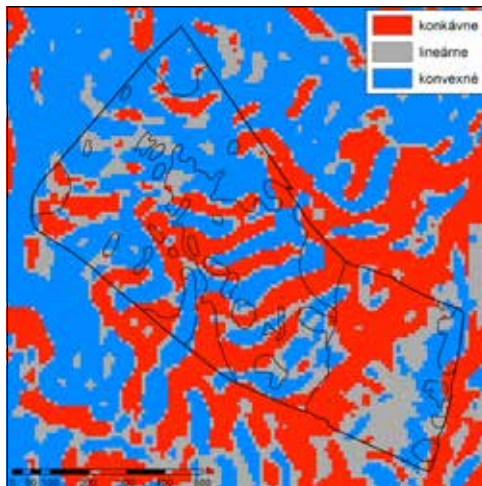
Obr. 2 Sklon reliéfu



Obr. 3 Geometrické formy reliéfu v smere dotýčnice k vrstevnici



Obr. 4 Geometrické formy reliéfu v smere dotýčnice k spádnici



Väzby by boli pravdepodobne tesnejšie, ak by bol použitý presnejší DMR s väčším rozlíšením. K vytvoreniu takéhoto DMR by však bolo potrebné tachymetrické zameranie alebo prevzatie výškopisných údajov získaných pomocou LIDAR technológie.

Okrem nižšej presnosti DMR nejednoznačné zistenia môžu byť ovplyvnené ďalšími príčinami. Jednou je polygenetický pôvod erózných areálov. Na ich vzniku sa totiž neuplatňuje len vodná, ale aj orbová a veterná erózia. Význam orbovej a veternej erózie sa v minulosti nedoceňoval, ale najnovšie práce svedčia o tom, že intenzita veternej erózie a jej vplyv na pôdny

kryt sú väčšie ako sa myslelo (URBAN a iní, 2013) a aj orbová erózia má v dôsledku svojej pravidelnosti značný význam, o čom svedčí častý výskyt výrazných reliéfových hrán vytvorených orbovou eróziou (KOLLÁROVÁ a FULAJTÁR, 2015). Viaceré genetické typy erózných areálov pri vyšetrení ich nadväznosti na reliéf zistila SMETANOVÁ (2009).

Tab. 1 Morfometrické charakteristiky podľa pôdných typov

Pôdny typ	Sklon svahu (°)						Normálová krivosť v smere spádnice				Horizontálna krivosť			
	Minimum	Maximum	Rozsah	Priemer	Smerodajná odchyľka	Koeficient variácie (%)	Minimum	Maximum	Rozsah	Priemer	Minimum	Maximum	Rozsah	Priemer
Smonice	0,4	5,8	5,4	3,2	1,7	51,8	-0,27	0,10	0,37	-0,062	-0,26	0,33	0,59	0,027
Hnedozeme	0,4	6,0	5,6	3,4	1,2	35,5	-0,18	0,16	0,34	-0,021	-0,26	0,20	0,46	-0,015
Černozeme hnedozemné	2,1	14,1	11,9	7,0	2,3	33,7	-0,31	0,40	0,71	-0,020	-0,45	0,41	0,87	0,027
Regozem	0,6	14,1	13,5	7,1	1,9	27,2	-0,28	0,31	0,60	-0,016	-0,42	0,35	0,77	0,025
Černozeme karbonátové a akumulačné	0,5	8,6	8,1	2,90	2,1	69,9	-0,21	0,32	0,53	0,024	-0,19	0,21	0,39	0,005

Ďalšou príčinou je aj teoretický koncept základných morfometrických veličín, ktorý vychádza zo štruktúrnych vlastností plochy. Preto niektoré morfometrické veličiny nemusia byť vhodné pre výskum erózie. Krivosti v jednotlivých smeroch na reliéfe sú citlivou mierou konvexnosti a konkávnosti plochy. Ich vplyv na eróziu však úzko súvisí aj so sklonom územia. Navyše významnejším faktorom ako je samotná hodnota krivosti, ktorá je lokálnou morfometrickou veličinou, môže byť mohutnosť formy (KRCHO, 1986), ktorá závisí od zvolenej úrovne vzájomného hierarchického rozlíšenia. Výpočet takejto morfometrickej veličiny je však pomerne zložitý. Ešte vhodnejším parametrom pre štúdium erózie môže byť transportná kapacita reliéfu do výpočtu ktorej vstupujú nielen lokálne ale aj objektovo orientované morfometrické veličiny. Transportná kapacita reliéfu je však už účelový komplexný parameter, ktorý je nielen geometricky ale aj fyzikálne podmienený. Z toho vyplýva viacero možných prístupov k jej definovaniu a tým i viacero foriem jej popisu. Predpokladáme preto, že aj v prípade použitia týchto parametrov sa pri štúdiu vplyvu reliéfu na eróziu nebudeme môcť zaobísť bez komplexnej multifaktorovej analýzy.

ZÁVER

Predložené hodnotenie vplyvu reliéfu na priestorové rozloženie erózných areálov predstavuje príklad rýchleho konceptu realizovaného na základe ľahko dostupných nástrojov DPZ a dnešných geoinformačných technológií. Zistené závislosti sú pomerne voľné, čo naznačuje, že vplyv reliéfu na eróziu sa pravdepodobne prejavuje cez komplexnejšie parametre ako sú

základné morfometrické veličiny reliéfu. Overenie tohto tvrdenia si však v budúcnosti vyžiada uplatniť postupy oveľa prepracovanejšej morfometrickej analýzy reliéfu. Z dosiahnutých výsledkov je však už teraz jasné, že pri riešení problematiky rozpracovávaní priestorových údajov ako podkladov pre protieróznú ochranu si nevystačíme so štandardnou ponukou modulov pre výpočet morfometrických veličín dnešných GIS produktov.

POĎAKOVANIE

Práca vznikla za podpory grantu VEGA 1/0886/13 a OP Výskum a vývoj – projekt ITMS 26240220019, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

LITERATÚRA

- FULAJTÁR, E. 1994. Zhodnotenie rozšírenia erodovaných pôd na území PD Rišňovce s využitím panchromatických čiernobielych leteckých snímok. *Vedecké práce* 18, Bratislava: VÚPÚ. 51–63.
- FULAJTÁR, E. 2003. Assessment of soil erosion on arable land using the ¹³⁷Cs measurements and conversion methods; a case study from Jaslovské Bohunice, Slovakia. In: *Soil and Tillage research*, 69 (1–2). s. 139–152.
- FULAJTÁR, E. – HRABOVSKÁ, B. – SAKSA, M. – SVIČEK, M. – KOVÁČIKOVÁ, I. – MORÁVEK, A. 2013. Hodnotenie leteckých a družicových snímok z hľadiska využiteľnosti pre mapovanie erózie pôdy na príklade skúšobného územia v Rišňovciach. In: *Vedecké práce* 35. Bratislava: VÚPOP, 2013. s.41–64.
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia a protierózna ochrana*. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, 2001. 310 s. ISBN 80–85361-85-X.
- KOLLÁROVÁ, M. – FULAJTÁR, E. 2015. Meranie orbovej erózie spôsobenej dlátovým kultivátorom na vybranom území pri Bielovciach, Ipeľská pahorkatina. In: GOLIAN, J. – KUKLA, J. – KUKLOVÁ, M. *Zborník vedeckých prác, Zjazd SPLPPV*, 11. jún 2015, ÚEL SAV Zvolen/Slovenská spoločnosť pre poľnohospodárske, lesnícke, potravinárske a veterinárske vedy pri SAV, Zvolen. s. 26–31.
- KRCHO, J. – 1986. Geometrické formy reliéfu a ich hierarchické úrovne. In: *Geografický časopis*, 38/2–3. s. 210–235.
- LIESKOVSKÝ, J. – KENDERESSY, P. 2014. Modelling the effect of vegetation cover and different tillage practices on soil erosion in vineyards: A case study in Vrábľa (Slovakia) using WaTEM/SEDEM: modelling the erosion mitigation effect of different management practices in vineyards. *Land Degradation and Development* 25. s. 288–296.
- PANAGOS, P. – BORRELLI, P. – POESEN, J. – BALLABIO, C. – LUGATO, E. – MEUSBURGER, K. – MONTANARELLA, L. – ALEWELL, CH. 2015. The New Assessment of Soil Loss by Water Erosion in Europe. In: *Environmental Science & Policy*, Volume 54, 2015. s. 438–447.
- SMETANOVÁ, A. 2008. Contribution of water and tillage erosion to bright patches formation on the base of erosion modeling (Case study Trnavská pahorkatina Hill Land, Slovakia), Preliminary results. *Landform Analysis*, Vol. 9. s. 45–48.
- SMETANOVÁ, A. 2009. Bright patches on chernozems and their relationship to the relief. In: *Geografický časopis* 61/3, 2009. s. 215–227.
- SMETANOVÁ, A. – ŠABO, M. 2010. Bright patches in Chernozem areas on loess – an evidence of soil erosion and relief changes. In: *Prace i Studia Geograficzne*, Vol. 45, 2011. s. 143–152.
- STANKOVIANSKY, M. – KOCO, Š. – PECHO, J. – JENČO, M. – JUHÁS, J. – 2008. Geomorphic response of dry valley basin to large-scale land use changes in the second half of the 20th and problems with its reconstruction. In: *Moravian Geographical Reports*, 16 /4. s. 11–24.
- ŠŮRI M. – CEBECAUER T. – FULAJTÁR E. – HOFIERKA J. 2001a. Potenciálne ohrozenie vodnou eróziou 1:1 000 000. In: *Atlas krajiny SR*. Bratislava: SAV, Esprit s.r.o. – 2001.
- ŠŮRI M. – CEBECAUER T. – FULAJTÁR E. – HOFIERKA J. 2001b. Súčasnú ohrozenie vodnou eróziou 1:500 000. In: *Atlas krajiny SR*. Bratislava: SAV, Esprit s.r.o. – 2001.
- ŠŮRI, M. – CEBECAUER, T. – HOFIERKA, J. – FULAJTÁR, E. 2002. Soil erosion assessment of Slovakia at regional scale using GIS. In: *Ecology*, 21, 2002/4. s. 404–422.
- URBAN, T. – LACKŮOVÁ, L. – HALÁSZOVÁ, K. – STREĎANSKÝ, J. 2013. *Wind Erosion in Agricultural Landscape*. Krakow: Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego, 2013. 109 s.
- ŽIAK, M. 2012. *Lavínová hrozba, bilancia energie a hmoty vo vysokohorskom prostredí*. Dizertačná práca, Univerzita Komenského, Bratislava. 130 s.

POTREBA PÔDNYCH ÚDAJOV NA EURÓPSKEJ ÚROVNI – EURÓPSKA PÔDNA DATABÁZA ESDAC

NEED FOR SOIL DATA AT EUROPEAN LEVEL – EUROPEAN SOIL DATABASE ESDAC

Beata HOUSKOVÁ¹, Vesna MRVIĆ², Darko JARAMAZ²

¹National Agricultural and Food Centre – Soil Science and Conservation Research Institute, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, SK, e-mail: b.houskova@vupop.sk

²Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, 11000 Beograd, Serbia, e-mail: vesnavmrvic@yahoo.com

Abstrakt

Ochrana životného prostredia a tým aj pôdy ako jeho integrálnej súčasti nabera stále viac a viac na význame. Len zdravá pôda môže produkovať nezávadné a zdraviu prospešné potraviny, len zdravá pôda je vhodná na budovanie detských ihrísk a parkov bez možných zdravotných rizík aké v sebe skrýva kontaminovaná pôda. Európska únia kladie zvýšený dôraz na politiku ochrany životného prostredia a v rozhodovacom procese sa opiera o názory vedcov. Aby bolo možné vypracovať adekvátne vedecké štúdie ako podporný materiál pre decíziu sféru, potrebujú vedci adekvátne databázy. ESDAC – Európske Centrum pre pôdne údaje obsahuje harmonizovanú databázu pôdnych údajov a metadát. Členské krajiny EÚ poskytujú svoje pôdne údaje pre ESDAC, prípadne sa podieľajú na prípadových štúdiách pre potreby EK pri tvorbe environmentálnej politiky, ktorá potrebuje vedecké prípadové štúdie. Je dôležité, aby si kandidátske krajiny budovali harmonizované pôdne databázy a mohli sa tak aktívne zapájať do tohoto procesu.

Kľúčové slová: pôdne databázy, harmonizácia databáz, environmentálna politika, ESDAC, kandidátske krajiny

Abstract

Protection of environment and thus the soil protection as its integral part thereof is gaining more and more importance. Only healthy soil can produce safe and wholesome food, only healthy soil is suitable for building playgrounds and parks without possible health risks which conceals contaminated soil. The European Union puts increased emphasis on environmental policy and decision-making is based on scientific opinion. In order to develop adequate scientific studies as supporting material for decision-makers, scientists need adequate databases. ESDAC – European Soil Data Centre provides a harmonized database of soil data and metadata. EU Member States provide their soil data for ESDAC or participate in case studies for the needs of the European Commission in the process of decision-making environmental policy, which needs scientific case studies. It is important

for the candidate countries to build harmonized soil database and to be actively involved in this process.

Keywords: soil databases, harmonisation of databases, environmental policy, ESDAC, candidate countries

INTRODUCTION

Protection of environment is one of key policies of European Union. Soils as integral part of environment should be protected as well but in general, soil protection has never ranked high among the priorities for environmental protection in Europe. Reasons for this fact are several; mainly because soils are commonly not well known by European citizens as only a small fraction of the European population is living in rural areas and coming into direct contact with soils. Soils can not be understood only as a mean for agricultural production or as a ground for civil engineering but also as part of environment significantly contributing to human well-being and health. Only healthy soils are able to supply humans with healthy food in sufficient amount. Soils have different properties and functions among themselves or the other parts of environment. Soils contribute importantly in ecosystem services of individual environments. Main soil property is fertility which poses soil between alive and non-alive nature. Main soil functions are to produce food and other biomass, to filtrate underground water, to hold, distribute and provide nutritious substances and water necessary for plant growth, to be a living source for different organisms and decomposing substances, to absorb, store and reflect the sun's energy, and to provide the surface on which human beings and other animals exist. Soil functions are thus general capabilities of soils that are important for various agricultural, environmental, nature protection, landscape architecture and urban applications (Wiki). Soils are important and irreplaceable in ecosystem services and they four broad categories: provisioning, such as the production of food and water; regulating, such as the control of climate and disease; supporting, such as nutrient cycles and cultural, such as spiritual and recreational benefits and heritage.

Having more data and information about soils in Europe can help in improving this situation. Data are important also in the process of environmental policy creation of EU as they serve as support arguments for such policy promotion. The establishment of an European Soil Data Centre (ESDAC) by the European Commission originally in support of the EU thematic strategy for soil protection, is one of the data sources at European level. The ESDAC is the hub of a network of National Soil Data Centres established within each of the EU Member States and hosted by the JRC. Further, national data centres may themselves be the hub for networks of regional and local data centres for soil assessment and protection. ESDAC databases have datasets organised in thematic categories. ESDAC is linked to the World Data Centre on Soils currently hosted at ISRIC (The Netherlands). Data for ESDAC databases are coming from different sources and very often are measured by different methods. Harmonization of data is beside their acquisition one of the most important tasks.

MATERIAL AND METHODS

In ESDAC the data are classified into categories. A first category consists of data for European Soil Database (ESDB), general European datasets and information concerning soil properties.

A second category data are related to soil threats (erosion, soil organic carbon, landslides, compaction, salinization, contaminated sites, soil sealing, etc.). A third category consists from soil point data (LUCAS, SPADE, etc.). A fourth category is represented by data that stem from concrete projects.

The table concerning main soil and soil related data according to ESDAC requirements for 1st category data comprises basic soil and soil related properties.

Tab. 1 Soil and soil related data of ESDAC, 1st category

Basic data	Yes/No	Method(s) used
WRB soil group code		
WRB soil adjective code 1		
WRB soil adjective code 2		
WRB soil unit specifier code		
Soil Major Group code		
Soil Unit code		
National soil classification system, list of codes used needed		
Parent material on type level		
Reason and depth to obstacle for roots		
X-coordinate representative soil profile (eastern longitude). Unit: Degrees. Centidegrees		
Y-coordinate representative soil profile (northern latitude). Unit: Degrees. Centidegrees		
Surface altitude (m above s. l., potentially below s. l. (Measurement Unit: meter). Minus (-) sign in case below sea level		
Average depth to water table. Water table deeper than 2 m. (Measurement Unit: dm)		
Total amount of soil horizons provided per one profile (point) information		
Soil horizon code		
Soil horizon starting depth. (Measurement Unit: cm)		
Soil horizon ending depth. (Measurement unit: cm)		
Clay content (Measurement unit: %, decimal indicator is dot.), size of particles, method used		
Country, laboratory and year of analysis.		
Quality estimate of analysis		
Silt content. (Measurement unit: %, decimal indicator is dot.), size of particles, method used		
Country, laboratory and year of analysis.		
Quality estimate of analysis		

Basic data	Yes/No	Method(s) used
Sand content. (Measurement unit: %, decimal indicator is dot.), size of particles, method used		
Country, laboratory and year of analysis		
Quality estimate of analysis		
Stone, gravel abundance and size		
Country, laboratory and year of analysis.		
Quality estimate of analysis		
Organic matter content. (Measurement unit: %), method used		
Country, laboratory and year of analysis.		
Quality estimate of analysis		
Humus content. (Measurement unit: %), method used		
Country, laboratory and year of analysis.		
Quality estimate of analysis		
Slope length		
Bulk density, method		
Salinity / alkalinity, method		
pH, method		

In our work we assessed the data in Serbian databases according to the respective categories. The work done in the first part of the bilateral project had informative and comparative character.

RESULTS AND DISCUSSION

Soil map

Soil science in Serbia has long tradition. In long period of cartographic investigation of basic soil map of central Serbia, mapping was done by different details and different classifications. The map shows 20 mapping units, which are related to the most important types of soil, or groups of soil types.

The most common soils are ranker (with regosol and lithosol), eutric cambisol and chernozem, 12 – 16 %.

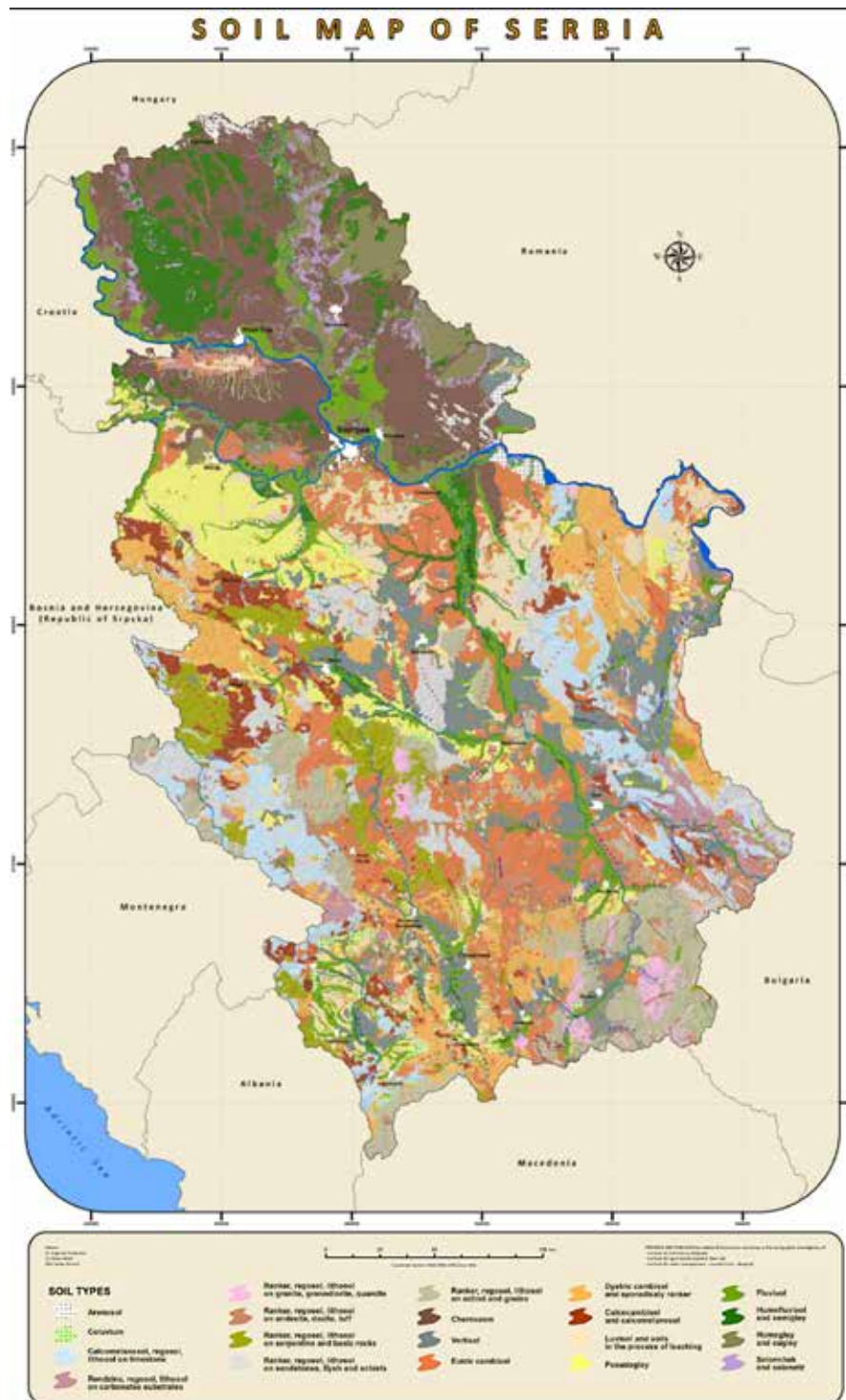
Significant areas of 6 – 10 %, occupy the soil of hard limestone, dystic cambisol, fluvisol and vertisol.

About 5% of the territory is occupied by the pseudogley, luvisol, humofluvisol and humogley and eugley.

Soil classification system

Soil classification in Serbia is the Soil Classification of Yugoslavia (ŠKORIĆ A., FILIPOVSKI G.

Fig. 1 Soil map of Serbia



and ĆIRIĆ M., 1973, 1985). The classification is based on genetic principles. It is organized as a hierarchy with six categories (section, class, type, subtype, variety, form). Section, class and type are classified on the basis of unique criteria. Lower systematic units (subtype, variety, form) are not assessed by unique criteria, but on the basis of specific dominant process.

Tab. 2 Soil classification in Yugoslavia (ŠKORIĆ A., FILIPOVSKI G. and ĆIRIĆ M., 1973, 1985)

SECTION	CLASS	TYPE	WRB
on the basis of wetting and water quality	on the basis same form of profiles and stadium of development	on the basis of structure of profile, the basic processes of migration and transformation of elements and similar physical and chemical properties of soil.	
Automorphic	Undeveloped (A)-C or (A)-R	LITOSOL	Leptosols (Lithic, Haplic, Calcaric, Dystric, Eutric)
		REGOSOL	Leptosol
		ARENOSOL	Arenosols
		COLLUVIUM	Colluvial soil
	Humus-accumulative A-C or A-R	CALCOMELANOSOL	Humic Leptosols
		RENDZINA	Leptosols calcaric
		RANKER	Leptosols acidic, dystric
		ČERNOZEM	Chernozems
		SMONICA (VERTISOL)	Vertisols
	Cambic A-(B)-C or A-(B)-R	EUTRIC CAMBISOL	Eutric Cambisols
		DISTRIC CAMBISOL	Dystric Cambisol
		CALCOCAMBISOL	Calcic Cambisol
		TERRA ROSSA	Rhodic Cambisol
	Eluviation-iluviation A-E-B-C or A-B-C-R	LUVISOL	Luvisols
		PODZOL	Podzols
		BRUNIPODZOL	Umbric Podzols
	Anthropogenic P-C	RIGOSOL	Anthrosols
		HORTISOL	Anthrosols, hortie
	Tehnosols I,II,III	DEPOSOL	Anthrosols, Spolic Regosols
		FLOTISOL	a) SpolicRegosols; b)Fluvisols
		AEROSOL	Haplic Regosols

Soil classification system according to soil quality

In Serbia, for determining the quality of soils methodology adopted by the Society of Soil Science (ANTONVIĆ G., VIDAČEK Ž. 1979, 1980) is used. Soils have been divided into eight quality classes, according to the degree of suitability for the agricultural use or cultivation of

forests. The first four quality classes represent better soils, more or less suitable for growing crops. Other classes represent the soils suitable for grass and forests. Criteria used for soil quality class determination consist from the depth of soil, physical and chemical characteristics (texture, stoniness, permeability, pH), slope, flooding and the impact of groundwater, suitability for ploughing, irrigation and erosion (Tab. 3).

Tab. 3 Bonity class in Serbia

Quality class	Area km ²	Important soil properties
1.	11.650	Chernozem deep, calcareous and leached; fluvisol calcareous or non-calcareous, loamy, deep, protected from flooding, with no restrictions on exploitation.
2.	9.357	Chernozem shallow; fluvisol calcareous or non-calcareous, loamy, medium deep; eutric cambisol, deep; vertisol deep; humogley deep; humofluvisol deep. Simple measures to protect from erosion and flooding.
3.	10.522	Vertisol medium deep; fluvisol sandy; eutric cambisol moderately deep; calcocambisol deep; humofluvisol and humogley; luvisol. Exposure toward erosion process or flooding.
4.	8.682	Vertisols shallow; eutric cambisol shallow; luvisol; pseudogley plains; humofluvisol and humogley. Erosion and flooding are expressed.
Total	40 211	
5.	11.073	Colluvial soil skeletal; distric cambisols on different substrates; pseudogley slope; eugley, semigley and humogley. Need protection from erosion on slopes and protection against excess water in the lower relief positions.
6.	20.144	Rankers on various substrates; calcomelanosol; distric cambisols on different substrates; vertisol eroded.
7.	8.069	Regosols; calcocambisol eroded; rankers eroded; various depositions and landfills from the mines, flotasols in river valleys and soils polluted with gases.
8.	1.178	Lithosols and unfertile areas under ponds, swamps and lakes.
Total	40 464	

Soil contamination

The project "Control of fertility and levels of harmful and hazardous substances in soils of Serbia" financed by the Ministry of Agriculture assess soils according to potential contamination. The results of the first cycle are related to the basic chemical properties and heavy metals content (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn) in the central Serbia. The surface (0–25 cm) soil samples were taken by grid system at each 3.3 × 3.3 km from agricultural and forest areas.

Implementation of Geographic Information System (GIS)

GIS is implemented in three major areas:

- pedology,
- information concerning agrochemical degradation
- physical degradation of soil.

In the process of implementation several methods are used: GIS in basic form, geostatistics, remote sensing, spatial databases and WebGIS.

Implementation of GIS in pedology

In pedology the most important was to digitize the soil map. Thus the Digital vector Pedology map of the Republic of Serbia (scale 1:50,000) was created. Database of soil profiles, from 1958 to 2011 is second important input for digitized soil information system.

Fig. 2 Digital soil map of Serbia



In Vojvodina, the map was published by the Institute of Agricultural Research , Novi Sad. In Kosovo, the map was published by the Institute of Water Resources "Jaroslav Černi", Belgrade. In Central Serbia, this work was done by the Institute of Soil Science, Belgrade in several stages and finished in 2011. Basic soil map of central Serbia was done by different details and different classifications.

Database of soil profiles

The Institute of Soil Science owns Database of soil profiles that currently contains:

- 282 soil profiles in digital form from south-eastern part of Serbia (2011) and 252 soil profiles in digital form from city of Bor surroundings (2006).
- 1631 representative soil profiles in digital form, from 1958 to 1982, which need to be completed.
- Over thousand soil profiles in paper form, since 1958 to 1982.

Implementation of GIS in agrochemical degradation of soil

In the process of agrochemical degradation of soil, the project “Control of fertility and levels of harmful and hazardous substances in soils of Serbia” was conducted. The focus was at: Pedogeochemical map

Project was related to the basic chemical properties and content of heavy metals (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn):

- For 1st cycle (1993 – 2007) was taken over 5000 soil samples in total.
- For 2nd cycle (since 2008) was taken around 3000 soil samples till present time.

Spatial modelling of ecological areas

Paper (CAKMAK *et al.*, 2014) presents a model of ecological security of an area that, in the past, was an antimony mine and has a naturally high content of arsenic. For simulation and modelling the geographic information science (GIS) technology with the inserted predictors influencing the accessibility of As and its content in plants was used.

Physical degradation of soils

In the Institute for Soil Science in the past period we used following Water Erosion models: USLE, PESERA, WaTEM/SEDEM and MEDALUS. The project “Evaluation of erosion of agricultural land in the Republic of Serbia” is carried out by the Institute of Soil Science at 2015 and it is based on USLE model applying in southeast part of Republic of Serbia (research area covers 4267 km²).

According to ESDAC data categorisation all data categories are present in soil information system of Serbia.

A first category data is in form of information concerning soil properties.

A second category data related to soil threats is represented mainly by soil erosion and contamination studies.

A third category data comes from soil point data (LUCAS).

A fourth category data is represented by data from concrete projects: e.g. Development of a national soil map of the Central and Southern Serbia – the Institute of Soil Science, Belgrade; Control of fertility and levels of harmful and hazardous substances in soils of Serbia, for Vojvodina – the Institute of Field and Vegetable Crops and Faculty of Agriculture, Novi Sad, for Central Serbia

– the Institute of Soil Science, Belgrade in cooperation with the Faculty of Agriculture in Zemun; Evaluation of erosion of agricultural land in the Republic of Serbia – the Institute of Soil Science. The harmonisation of individual data with ESDAC is proposed in case of soil database.

CONCLUSIONS

Serbia has comprehensive soil information system. Soil as dynamic system underlies development, changes and/or degradation depending on internal as well as external factors and their interactions. Thus, soil information needs permanent updates and new assessments.

In Serbia future development of soil information system will be focused on creation of soil maps with higher scale for the whole country. Soil database will be designed in correlation with the database of European Soil Data Centre (ESDAC).

National soil classification system will be correlated with the International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps – World reference base for soil resources 2014 (WRB).

There is the need to provide the risk assessment in potentially contaminated areas and assess the concentrations of the respective elements and to determine appropriate remediation techniques.

According to the requirements of EU concerning protection of environment there is the need to establishment permanent monitoring system of soils. Monitoring is needed in the process of soil protection policy development.

ESDAC is the hub of a network of National Soil Data Centres established within each of the EU Member States. It is linked to the World Data Centre. National Data Centres may themselves be the hub for networks of regional and local data centres for soil. Harmonised, updated and comprehensive soil databases are direct support for soil protection policies at both, European and national levels.

ACKNOWLEDGEMENT: This work was supported by the Slovak Research and Development Agency (SRDA) pursuant to the contract n. SK-SRB-2013–0052 and Ministry of Education, Science and Technological Development – Serbia.

REFERENCES

- ČAKMAK D. – PEROVIĆ V. – SALJNIKOV, E. – JARAMAZ, D. – SIKIRIĆ, B. 2014. *Spatial modeling of ecological areas by fitting the limiting factors for As in the vicinity of mine, Serbia*. Environmental science and pollution research.
- JARAMAZ, D. 2015. *Implementation of GIS (Geographic Information Science) in the Institute of Soil Science, Belgrade*. Institute of Soil Science, Belgrade.
- JONES, R.J.A. – HOUŠKOVÁ, B. – BULLOCK, P. – MONTANARELLA, L. (eds.). 2005. *Soil Resources of Europe*, second edition. *European Soil Bureau Research Report No. 9*, EUR 20559 EN, (2005), 420pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- MRVIĆ, V. – ANTONOVIĆ, G. – ČAKMAK, D. – PEROVIĆ V. – MAKSIMOVIĆ, S. – SALJNIKOV, E. – NIKOLOSKI M. 2013. *Pedological and Pedogeochemical map of Serbia*. Proceedings the 1st International Congress on Soil Science, XIII National Congress in Soil Science: „Soil-Water-Plant”, 23-26, Septembar, Belgrade, Serbia, p. 93-105.
-

EVIDENCIA A OCHRANA PÔDY V PODMIENKACH EURÓPSKEJ POLITIKY

SOIL REGISTRATION AND PROTECTION IN CONDITIONS OF EU POLICY

Beata HOUSKOVÁ¹, Vesna MRVIĆ², Dušica DELIĆ², Blanka ILAVSKÁ¹, Darko JARAMAZ², Elmira SALJNIKOV², Jaroslava SOBOCKÁ¹, Olivera STAJKOVIĆ-SRBINOVIC², Michal SVIČEK¹

¹National Agricultural and Food Centre – Soil Science and Conservation Research Institute, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, SK, e-mail: b.houskova@vupop.sk

²Institute of Soil Science, Teodora Drajzera 7, 11000 Beograd, Serbia, e-mail: vesnavmrvic@yahoo.com

Abstrakt

Kvalita a manažment pôdy je základom pre dobré životné podmienky ľudskej spoločnosti. Vzhľadom na uvedené by mala byť pôdna politika zameraná hlavne na ochranu kvality pôdy a jej správny manažment. Pôda ako dôležitý prírodný zdroj predstavuje ekonomický a sociálny potenciál každej krajiny. Správne využívanie krajiny a tým aj pôdy musí byť v súlade s danými prírodnými podmienkami a nesmie ohroziť ekologickú stabilitu územia.

Pôda má svoje funkcie a je integrálnou súčasťou životného prostredia. Medzi najdôležitejšie vlastnosti a funkcie pôdy patrí úrodnosť, filtrovanie, prenos a uchovávanie vody a v nej rozpustených látok. V zdravej pôde nastáva ekologická rovnováha prírodných látok.

Ochrana kvality pôdy je dôležitá pre tvorcov environmentálnej a špeciálne pôdnej politiky najmä s ohľadom na to, že niektoré pôdne vlastnosti a funkcie sa obnovujú len veľmi ťažko (pokles obsahu organickej hmoty v pôde) a iné sú úplne neobnoviteľné (degradácia pôdy eróziou). Preto každý kto hospodári na pôde ju musí využívať tak, aby uchoval prípadne zlepšil jej úrodnosť. EÚ má niekoľko stratégií na podporu environmentálnej politiky. Aj na národnej úrovni majú krajiny environmentálnu politiku, v niekoľkých prípadoch aj legislatívu špecificky zameranú na ochranu pôdy. Na Slovensku bol schválený nový zákon na ochranu pôdy v roku 2004 a upravený bol v roku 2013. EÚ používa dotačnú politiku na podporu dobrej poľnohospodárskej praxe. LPIS - Register poľnohospodárskych produkčných plôch je kľúčovým prvkom Integrovaného administratívneho a kontrolného systému (IACS) pre dotácie na poľnohospodársku pôdu. Pomoc farmárom hospodáriacim na územiach s prírodným znevýhodnením je podporný mechanizmus na udržanie obrábania pôdy v týchto územiach. Ochrana pôdy ako aj dotačná politika vyžadujú dobré pôdne databázy pre hodnotenie ako aj kontrolu.

Kľúčové slová: ochrana poľnohospodárskej pôdy, Pôdna služba, zákony na ochranu pôdy, environmentálne funkcie, európska environmentálna politika, LPIS

Abstract

The quality of soil and land-use management is the basis for good life conditions of people. Because of this reason such issue should be the core of any soil policy. Soil is important natural resource, and the economic and social potential of each country. The good way of farmland use must be adequate to natural conditions in given landscape and level of farming and cannot endanger an ecological stability of the territory.

Soil is a multifunctional phenomenon which is integral part of the environment. Soil allows growing crops, filters, transmits and retains water, and it is an ecologically compensated balance of substances found in nature. The limitations of soil resources availability are a critical issue when considering global food security.

The soil quality is significant for policy makers because some aspects of soil degradation are only slowly reversible (decline organic matter) or are even irreversible (erosion). Everybody who uses farmland for agricultural production has the duty to utilize soil in such a way, which conserves its natural fertility. EU has several strategies to support environmental policy. Also at country level are national laws to protect environment, to protect soil. In Slovakia the new law concerning agricultural soil protection has been approved in the year 2004 and amended in the year 2013. This law determines protection of agricultural soil properties and functions like production of biomass, filtration, neutralization and transformation of substances. EU uses subsidies to support good agricultural practises. The Land Parcel Identification System (LPIS) is the key component of the Integrated Administration and Control System (IACS) for area based subsidies. The aid to farmers in areas with natural handicaps provides a mechanism for supporting the continuation of farming. Soil protection as well as subsidies need good soil databases for assessment and control.

Keywords: agricultural soil protection, Soil service, soil protection laws, environmental functions, European environmental policy, LPIS

INTRODUCTION

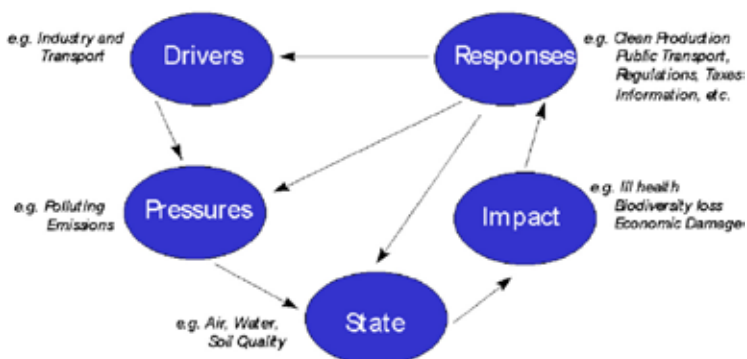
The limitations of soil resources availability are a critical issue when considering global food security. High quality soils are rare and have to be protected. Although sustaining soil quality is recognized as an important issue by all countries, the extent and trends in soil degradation processes have to be determined for many countries. Soil quality issue is significant to policy makers because some aspects of soil degradation are only slowly reversible (decline organic matter) or even irreversible (erosion). Giving the importance of maintaining soil quality to ensure agricultural productivity, costs on soil conservation, both from private and government sources, are a substantial share of total agro-environmental expenditure. Governmental policies dealing with soil quality improvement commonly provide a range of approaches, including investment and loans, to promote conservation practices and advices for soil management. Enhancing soil quality and quality of land-use management is essential for maintaining agricultural productivity and it is basis for good living conditions of inhabitants.

An important parameter for quantitative assessment of agricultural land resources and the need to protect them for future generations is their acreage per capita. Generally speaking, the higher the area, the more stable the region (state) is, particularly in terms of ensuring the nutrient sufficiency. On the other hand, the more built-up areas per capita, the less stable land from ecological point of view.

Statistically accounted, in case of Slovakia it is 9 115 m² per capita, of which agricultural land is 4 518 m² (2 653 m² of arable land), forest land 3 731 m², 173 m² are water surface and other built-up areas are represented by 692 m². In the average these indicators are for European Union 3500 m² respectively 2 100 m². Above average is Latvia (from 8 100 m² to 12 200 m²) and below the average are The Netherlands and Belgium (1 200, respectively 700 m²). In Serbia it is 4500 m² of arable land and around 5730 m² of total agricultural land per capita.

Council of Europe already in 1992 issued the recommendation with aim to change the overall philosophy of looking at the soil and land. For the first time it recommended Member States to protect not only the land acreage, but also its functions. Very important is to increase people's awareness concerning land and its protection. Usually people have little interest concerning the soil. This applies not only for ordinary citizens but also for decision and policy makers. EU has several directives concerning protection of environment. These directives support EU environmental policy. EU Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council dealing with spatial data – Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) is an example how to assist policymakers in relation to policies having the direct or indirect impact on the environment. Main principle is to create a database of spatial data coming from different sources (Member States) in such a way that they are compatible at Community level. Many data centres on European level have been created. Example of these activities is the European Soil Data Centre (ESDAC). It comprises different types of soil and soil related data: spatial, semantic, metadata. EU uses the principle of environmental risk assessment, the DPSIR cycle.

Fig. 1 The DPSIR framework



It is framework of relevant **D**Driving forces and **P**Pressures on the environment which is in certain **S**State and the consequent **I**Impacts and the **R**Responses to changed situation. Interlinkages are between each of these elements. Each threat to environment has specific driving

forces as well as each part of environment has specific responses to different pressures applied on it which may vary according to present state of interested part of environment.

MATERIAL AND METHODS

For purposes of our common work first phase we assessed databases and soil related information according to the needs of adoption of EU environmental policy principles and demands. Slovakia as member country of EU since 2004 has already tradition in fulfilling the EU policy requirements and in assessment of agricultural areas suitability for subsidies.

In general, basic rules used in adoption of soil protection policy at EU level are focused in assessment of farmland as an irretrievable natural resource and unique component of an environment. Everybody is obliged to protect their natural functions and prevent any action that could lead to the farmland deterioration. The way of farmland use must be adequate to natural conditions in given landscape and at the practical level of farming. It must not threaten an ecological stability of the territory. Everybody who uses farmland for agricultural production is obliged to utilize farmland in such a way, which conserves natural fertility of soil.

The law on farmland conservation is focused at:

- a) Protection of properties and function of agricultural soil
- b) Protection of environmental functions of agricultural soil, which are: production of biomass, filtration, neutralization and transformation of water and the other substances, heritage.

In our work we assessed and compared Slovakian and Serbian soil information and databases needed for active cooperation with EU as well as some subsidy schemes.

RESULTS AND DISCUSSION

Method of agricultural land exploitation must be adequate to natural conditions in a given area and must not jeopardize the ecological stability of the area. Anyone who uses the agricultural land for agricultural production has to preserve its natural fertility. Agricultural land can be degraded through degradation processes:

- Physical processes – erosion, compaction and waterlogging
- Chemical processes – acidification, salinization
- Biological processes – declines in organic matter
- Soil sealing – withdrawal of agricultural soils to non-agricultural using.

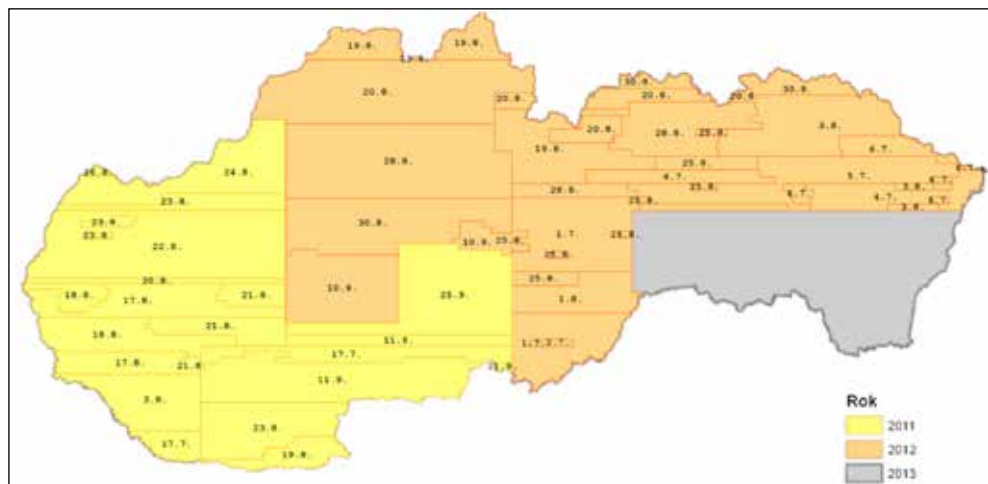
These degradation processes are linked to changes in farm management practices, climate and cultivation.

Extensive investment activity, which was carried in 1945 in Slovakia, significantly reduced the acreage of agricultural and arable land in particular. In the fifties of the last century there was no law to protect agricultural soil. Only in 1959 a law was passed to protect agricultural

land. Although the legislation provided for measures to mitigate the damage caused to agricultural land has not been used in practice. Lack of economic incentive has resulted in a steady decline mainly arable land and total devastation of farmland. During years there was development of soil protection laws which ended in new comprehensive soil protection law of Slovakian agricultural soils. The National Council of the Slovak Republic adopted in 2004 a new law on the protection and use of agricultural land. According to the introductory provision of the new law, the agricultural soil is assessed as an irretrievable natural resource and unique component of the environment. Until the year 2013 the protection of agricultural land was concentrated in the south-western Slovakia, where in terms of quality are Slovakian highest quality soils. At the same time we have a large amount of regions with little or no protection of agricultural soils against soil sealing. By the §4 of this law a new activity Soil service has been installed. It has been created on Soil Science and Conservation Research Institute (SSCRI) Bratislava. Soil Service is conducting a survey of soil and recommends protective measures against soil degradation. The latest law for the protection of agricultural land and use is the law no 58/2013, amending and supplementing Act No. 220/2004. This law protects agricultural land in each cadastral territory in Slovakia. Also these soil protection laws contributed to EU environmental policy implementation

The Land Parcel Identification System (LPIS) is the key component of the Integrated Administration and Control System (IACS) applied in EU. It is used in case of area based subsidies. LPIS exploits spatial register used within an IACS. It is helping tool for farmers who intend to apply for aid under any of the area-related aid schemes. It is needed in the demand process to identify any agricultural parcels suitable for EU aid. It is done at annual declaration base. LPIS utilizes orthophotos – basically aerial photographs and high precision satellite images. An example for Slovakia is in Fig. 2.

Fig. 2 The fourth cycle of orthophotomaps update – 2011 – 2013



LPIS in Slovakia was created in years 2002 and 2003. It uses national coordinate system JTSK. Spatial resolution for orthophotomaps developed from less precise in 1st cycle (1 m pixle

size / RSME less than 2,5 m) to more precise in 2nd and respective cycles (0.5 m pixel size/RSME maximal 1,25 m). There is three year cycle of LPIS update consequential valid for orthophotomaps too. Each year one third of SK is covered by new orthophotomaps. LPIS is precise and technically demanding system.

EU introduced new goal Greening for programming period 2014–2020. It is focused at crop diversification, maintenance of grassland, ban of ploughing and establishment of EFA-ecological focused areas. Greening is a major innovation created under the 2013 CAP reform. Its main aim is to increase sustainability and care for natural resources from the farmers' side. Those farmers who use land in accordance with these principles can benefit financially from direct payments.

As many as 57 % of the land utilized for agricultural purposes in the EU is classified as areas with natural constrains. An area may be classified as area with natural constrains according to one of three categories:

1. **Mountain Areas** have climatic conditions in altitude with the short growing season, or are at a lower altitude in steep slopes that are unsuitable for the use of mechanization, or combination of both criteria
2. **Areas with specific restrictions** are areas where the protection applies or improve the environment, maintain the countryside and preserve the potential of the area for tourism. Slovakia applied these regions: flysh area, areas with poor productivity and areas of foothill slopes and depressions.
3. **Area with natural constrains (ANC)** are areas with significant natural constrains if at least 60 % of agricultural land (LPIS) meets at least one of the criteria for natural handicaps. Slovakia applied these criteria: shallow rooting depth, limited soil drainage, unfavourable soil texture, organic soils and aggregate criterion.

EU created several controlled schemes to assess the environmental policy and subsidies for farmers. These schemes are as follows:

- SAPS – Single area payment scheme;
 - GREENING – Payment for agricultural practices beneficial for the climate and the environment;
 - CNDPs – Complementary National Direct Payments;
 - CDP-SB – Coupled direct payments for sugar beet;
 - CDP-H – Coupled direct payments for hops;
 - CDP-F – Coupled direct payments for fruits with high labour inputs;
 - CDP-Fv – Coupled direct payments for fruits with very high labour inputs;
 - CDP-V – Coupled direct payments for vegetables with high labour inputs;
 - CDP-Vv – Coupled direct payments for vegetables with very high labour inputs;
 - CDP-T – Coupled direct payments for tomatoes;
 - OF – Payments on organic farming;
 - ANC/LFA – Area facing natural constraints;
 - SAC – Special Areas of Conservation;
 - AECA – Payment for agri-environment - climate measures.
-

To follow principles of EU environmental policy and to obtain subsidies from EU for agricultural production, either in non affected areas or those with natural constrains, the comprehensive and harmonized datasets and databases are needed. Soil institutes in individual countries are key actors in development, maintenance, updating and assessment of soil and soil related databases.

Institute of Soil Science, Belgrade has long tradition in soil assessment and research. It is one of the oldest institutes in The Balkan peninsula. The Institute focuses at scientific and research work, services and production of microbiological nitrogen (N) fertilizer "Azotofiksin" which contributes to sustainable agriculture and is based on symbiotic N fixation. Thus, the main activities of the Institute are:

Creating and managing of projects and studies for needs of Ministry of education, science and technological development, Ministry of agriculture and environment protection and Agency for environment protection;

Genesis, classification and mapping of land;

Agrochemistry, control of soil fertility and plant nutrition;

Soil Microbiology and production of microbiological N fertilizer;

Soil Erosion, recultivation and reclamation;

Environmental protection;

Informatics and Information Systems-GIS;

Education and improvement of researches.

Institute of Soil Science, Belgrade has accreditation of its laboratory. It is active also in digitalisation of soil and soil related data and maps. GIS in basic form and its branches like geostatistics, remote sensing, spatial databases and WebGIS are used in this process. All these activities and expertise are good basis for further soil information and databases maintenance and updating for boosting of EU environmental policy and its instruments.

CONCLUSION

EU environmental policy and its instruments need harmonized datasets as supporting tool for boosting their goals. Soil is integral part of the environment, thus harmonized soil databases not only at national but also international (EU, European) level are needed. Highly specialized soil institutes are key actors in harmonized soil databases development, assessment, maintenance and updating.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by the Slovak Research and Development Agency (SRDA) pursuant to the contract n. SK-SRB-2013 – 0052 and Ministry of Education, Science and Technological Development – Serbia.

REFERENCES

- BEZÁK P. – SKALSKÝ R. – SZALLAYOVA R. 2012. Alternatívne riešenia ochrany poľnohospodárskej pôdy pred zábermi vo na legislatívu (Alternative solutions to protect agricultural land from the images in the legislation), *Proceeding* No. 34, SSCRI, Bratislava.
- HOUŠKOVÁ B. – MONTANARELLA, L. 2009. *Legislation and Policy of European Union concerning Protection of the Environment*. Conference: Contaminated Sites, Bratislava 15 – 17 June 2009, Bratislava, Slovakia
http://ec.europa.eu/agriculture/rurdev/lfa/index_en.htm
<http://www.eea.europa.eu/publications/92-9167-059-6-sum/page002.html>
- ILAVSKÁ B. – LAZÚR R. 2004. New Law of Agricultural Soils Protection of Slovakia and Soil Service. *Proceeding* No. 26, SSCRI, Bratislava.
- KOL. AUTOROV. 2000. *Koncepcia ochrany a využívania poľnohospodárskej pôdy* (Conception of conservation and use of farmland). MP SR, VÚPOP, Bratislava.
- ZÁKON NR SR 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
- ZÁKON NR SR č. 57/2013 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
-

FENOMÉNY OPUSTENÝCH PÔD

THE PHENOMENAS OF ABANDONED SOILS

Jozef KOBZA

NPPC – Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: j.kobza@vupop.sk

Abstrakt

V príspevku sa zaoberáme opustenými pôdami, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali. Hodnotenú sú základné vlastnosti pôd – ich aktuálny stav a vývoj v rôznych podmienkach opúšťania pôd – znečistenie pôd, postupné zasoľovanie pôd, zánik špeciálnych kultúr, vysídlenie, migrácia obyvateľstva a opúšťanie vidieka. Analýzy boli robené podľa jednotných rozborov monitoringu pôd Slovenska. Bolo zistené, že tieto pôdy sa nachádzajú pod extenzívnym trávny porastom, často zarastenými kríkmi a nárastom drevín – rozširovanie trv. bielych plôch. Hodnotenú pôdy sa vyznačujú nízkym obsahom prístupných živín - najmä fosforu a draslíka, postupným zakysľovaním pôd, ktoré sa najmä v minulosti vápnili. Dochádza k zvyšovaniu pôdnej organickej hmoty najmä tých, ktoré sa v minulosti využívali ako orné, táto je však horšej kvality. Pôdy, ktoré boli v minulosti kontaminované, tento nepriaznivý stav pretrváva aj v súčasnosti.

Kľúčové slová: opustené pôdy, vlastnosti pôd, kontaminácia pôd, zasoľovanie pôd

Abstract

Abandoned soils former agriculturally cultivated are evaluated in this contribution. Basic soil properties - their actual state and development under various conditions are evaluated (soil contamination, salinization and sodification, extinction of special crops, migration of inhabitants from the country to the cities, etc. Soil procedures have been prepared according to unified analytical advances used in soil monitoring system in Slovakia. On the basis of obtained results it was found out that evaluated soils are covered by extensive grassland with bushes and trees - extension of „white areas“. These soils are characteristic with low content of available nutrients - especially phosphorus and potassium, by slight acidification process on the soils which the liming was used in the past. In addition, increase of soil organic matter but with the lower quality has been indicated. Finally, the soils which have been polluted in the past, this unfavourable state lasts also in this time.

Key words: abandoned soils, soil properties, soil pollution, soil salinisation and sodification

ÚVOD

V poslednom období sme sa začali venovať v rámci monitorovania pôd Slovenska aj problematike opustených pôd. V súčasnosti evidujeme na Slovensku ich výmeru asi 450 tis. ha. Jedná sa o pôdy, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali (či už pestovaním poľnohospodárskych plodín na ornej pôde, alebo spásaním, príp. kosením trávnych porastov). Tzv. „pustnutie“ pôd môže mať rôzny pôvod. Buď ide o dlhodobu kontaminované pôdy, tiež o pôdy, ktoré sa v minulosti využívali najmä salašnickým spôsobom (niektoré horské plochy, napr. hole Nízkyh Tatier), pôdy ktoré boli opúšťané vplyvom presídľovania najmä vidieckeho obyvateľstva z dôvodu nedostatku nezamestnanosti, ale taktiež aj pôdy v oblastiach, ktoré museli byť vysídlené z dôvodu výstavby vodných diel, aby nedošlo k znečisťovaniu vodných nádrží s pitnou vodou (napr. vodná nádrž Starina na východnom Slovensku). Taktiež sem zaraďujeme aj pôdy po zániku špeciálnych kultúr (vinice, chmeľnice), ako aj pôdy so zasolovacím procesom, ktoré boli v minulosti kultivované.

I keď dôvodov na „pustnutie“ pôd môže byť viac, v príspevku sa zaoberáme najrozšírenejšími formami pustnutia a ich dopadmi na súčasný stav, príp. i vývoj vlastností takýchto pôd na základe niektorých merateľných parametrov za posledné obdobie.

MATERIÁL A METÓDY

Pre hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja opustených pôd sme použili vybrané monitorovacie lokality základnej siete monitorovania pôd Slovenska. Lokality boli vybrané podľa vyššie uvedených foriem spustnutia. Sledované a hodnotené boli základné vlastnosti pôd (pôdna reakcia, obsah organického uhlíka a prístupných živín – najmä fosforu a draslíka). Taktiež boli sledovaný a hodnotený obsah rizikových prvkov a pri zasolených pôdach aj parametre zasolenia (pôdna reakcia, obsah solí, obsah výmenného sodíka – ESP a elektrická vodivosť – ECe). Boli použité jednotlivé pracovné postupy rozborov pôd, ktoré sú zaužívané v systéme monitorovania pôd Slovenska (KOLEKTIV, 2011).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

1. Opustené pôdy vplyvom dlhodobého znečisťovania pôd (na príklade Žiarskej kotliny)

Vybrané monitorovacie lokality sa nachádzajú v blízkom okolí hlinikárne v katastrálnom území Horné Opatovce.

Prvá lokalita sa nachádza na rovinatých prvkoch reliéfu v blízkosti rieky Hron (fluvizem glejová). Zdrojom znečistenia tu boli najmä alkalické odpady z výroby hliníka (tzv. recirkulovaná

voda), ktoré boli akumulované v nádržiach na depóniach odpadu (tzv. hnedočervený kal pochádzajúci zo spracovania základnej suroviny – bauxitu). Tekuté alkalické odpady sa dostávali z porušených nádrží cez starý drenážny systém vo vlhkých ročných obdobiach na povrch pôdy a čiastočne zriedené infiltráciou z povrchu kontaminovali a sekundárne zasoľovali okolité pôdy.

Obr. 1 Opustená a silne degradovaná pôda v okolí skládky odpadov z výroby hliníka (Žiarska kotlina)



Tab. 1 Vývoj rizikových prvkov spustnutej pôdy v okolí skládky hliníkárne

Lokalita	Hĺbka (cm)	1. cyklus (1993 – 1997)				2. cyklus (1997 – 2001)			
		Rizikové prvky							
		Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu
Horné Opatovce (FM _Q)	0 – 10	0,90	74,50	93,00	44,85	0,95	78,50	106,00	51,00
	35 – 45	0,67	59,30	38,75	83,30	0,95	83,50	94,50	71,50

Tab. 1a Vývoj rizikových prvkov spustnutej pôdy v okolí hliníkárne (pokrač.)

Lokalita	Hĺbka (cm)	3. cyklus (2002 – 2006)				4. cyklus* (2007 – 2012)			
		Rizikové prvky							
		Cd	Pb	Zn	Cu	Cd	Pb	Zn	Cu
Horné Opatovce (FM _Q)	0 – 10	1,22	104,21	70,2	76,95	1,50	129,0	258,0	95,50
	35 – 45	1,13	116,20	79,3	94,65	0,94	102,0	157,0	140,00

Rizikové prvky v 1.–3. cykle boli stanovené vo výluhu 2M HNO₃, vo 4. cykle* vo výluhu lúčavky kráľovskej.

Na základe nami nameraných údajov rizikových prvkov v okolí skládky výroby hliníka v Žiari nad Hronom bol zistený ich významný, výrazne nadlimitný obsah, ktorý sa od začiatku monitorovania pôd na Slovensku neznižuje, ba naopak zisťujeme nárast obsahu uvedených prvkov. Keďže sa jedná o lokalitu na fluviálnych sedimentoch pozdĺž rieky Hron, môže tu ísť aj o transport týchto prvkov zo vzdialenejších oblastí. Nasvedčuje tomu aj výrazne nadlimitný obsah Cd, Pb, Zn a Cu nielen v ornici ale aj v podornici. I keď od 4. cyklu sme prešli v zmysle novelizácie zákona (220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy) na nové vylúhovadlo lúčavky kráľovskej, namerané hodnoty sú aj tu stále nadlimitné. To znamená, že nepriaznivý hygienický stav tejto opustenej pôdy stále pretrváva.

Keďže sa jedná o pôdy v okolí silne alkalického skládky odpadov z výroby hliníka, významný je tu aj proces sekundárneho zasolovania, ktorý má príčinu v minulosti – v porušení starého drenážneho systému už spomínanej skládky alkalických odpadov. Dokumentujú to aj namerané údaje pôdnej reakcie, celkového obsahu solí, obsahu výmenného sodíka, ako aj elektrickej vodivosti (Tab. 2).

Tab. 2 Vývoj parametrov sekundárneho zasolenia spustnutej pôdy v okolí skládky alkalických odpadov z výroby hliníka

Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O			Celkový obsah solí (%)			ESP (%)			ECe (mS.m ⁻¹)		
	2c	3c	4c	2c	3c	4c	2c	3c	4c	2c	3c	4c
0–10	8,4	9,3	8,4	0,31	1,76	0,44	15,4	46,1	21,0	143,5	189,6	26,0
10–20	–	9,2	8,5	–	2,74	0,62	–	14,1	17,3	–	140,5	33,0
20–30	8,2	9,4	8,6	0,18	2,07	0,77	8,5	49,0	7,3	51,5	248,0	36,0
30–45	–	9,5	8,6	–	2,30	0,93	–	51,3	23,8	–	288,3	37,0
55–65	–	9,4	8,4	–	3,62	0,65	–	49,4	27,6	–	294,5	26,0
75–85	–	9,4	8,3	–	3,67	0,55	–	57,5	21,0	–	306,5	59,0

2c, 3c, 4c- 2. 3. a 4. monitorovací cyklus, ESP- % výmenného sodíka, ECe- elektrická vodivosť

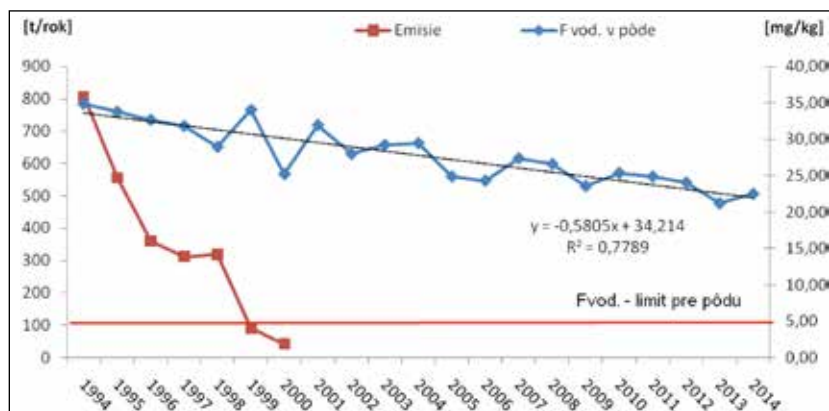
Všetky uvedené parametre dokumentujú výrazný stupeň zasolenia (pH > 8,2, celkový obsah solí > 0,1%, ESP > 5%, ECe > 200mS.m⁻¹) – podľa U. S. Soil Salinity Laboratory Staff, 1954 – ex. FULAJTÁR, 1996 o celkovej výmere 90 ha (KOBZA *et al.*, 2009). Na základe dosiahnutých výsledkov sa ukazuje určité zlepšenie v doteraz poslednom 4. monitorovacom cykle, a to vo všetkých ukazovateľoch (Tab. 2). Určité zlepšenie ukazovateľov zasolenia môže byť odrazom stabilizácie skládky alkalických hnedočervených odpadov, ktorá bola ukončená v roku 2013.

Pôda sa však stále vyznačuje nepriaznivými chemickými a fyzikálnymi vlastnosťami, pre rastliny má veľmi málo prístupnej vody, a tým za sucha tvrdne, za mokra sa zabahňuje, a tým je veľmi ťažko obrábatelná. Táto pôda sa už viacero desaťročí poľnohospodársky nevyužíva, i keď pred založením hliníkárne v Žiari nad Hronom (r. 1953) sa jednalo o ornú, intenzívne využívanú poľnohospodársku pôdu. V tom období sa parametre vlastností pôdy na danej lokalite pohybovali v oblasti nezasolenej pôdy (pH: 5,8–6,3, ESP: 0,39–0,93%, ECe: 112–236 mS.m⁻¹). Uvedená charakteristika je ešte z roku 1961, keď tieto pôdy ešte neboli kontaminované a zasolené (LINKEŠ, 1986).

Región okolia Žiaru nad Hronom je známy aj nadlimitným obsahom fluóru v pôdach.

Na základe našich doterajších výsledkov je tu celkovo 624 ha kontaminovaných pôd vodorozpustným fluórom (KOBZA a kol., 2009). Výsledkom je nárast opustených pôd. Na príklade opustenej pôdy v k. ú. Horné Opatovce (obec, ktorá bola zrušená v 60-tych rokoch minulého storočia práve vplyvom vysokej kontaminácie F-emisií) uvádzame vývoj fluóru v pôde a ovzduší (Obr. 2).

Obr. 2 Vývoj fluóru na lokalite oproti hlinikárni (Žiarska kotlina)



Napriek tomu, že obsah fluóru v emisiách sa výrazne zlepšil a od roku 2000 je už prakticky v norme, obsah vodorozpustného fluóru v pôde (pseudoglej luvizemný) len povolne klesá a aj v súčasnosti jeho hodnoty dosahujú takmer 5 - násobok platného hygienického limitu (MPRV SR, 2013). Uvedená lokalita sa od roku 1994 poľnohospodársky nevyužíva (predtým orná pôda) a zostala opustenou pôdou s porastom extenzívnych zaburinených tráv (Obr. 3).

Obr. 3 Opustená pôda vplyvom kontaminácie fluórom v k. ú. Horné Opatovce



2. Opustené pôdy v dôsledku vysídlenia, resp. migrácie obyvateľstva

Tento fenomén sa najmä po roku 1990 čoraz významnejšie prejavuje prevažne v horských a podhorských oblastiach Slovenska. Taktiež sem zaraďujeme oblasti so zdrojom pitnej vody. Totiž vplyvom výstavby vodných diel na pitnú vodu v snahe zamedziť ich znečisťovaniu boli vysídlené viaceré obce, a tým došlo k postupnému pustnutiu okolitých území a pôd, ktoré sa v minulosti využívali prevažne súkromne hospodáriacimi roľníkmi, títo často obhospodarovali len úzke pruhy pozemkov, ktoré v súčasnosti zarastajú burinou a samonáletmi kríkov a drevín (rozširovanie tzv. bielych plôch). Na nasledovných obrázkoch sú opustené pôdy vo flyšovej oblasti v oblasti Zamaguria (Osturňa), často poznačené zosuvmi (Obr. 4) a opustené pôdy v Čiernom Balogu (Obr. 5). V oboch prípadoch boli tieto pôdy v minulosti poľnohospodársky využívané prevažne súkromne hospodáriacimi roľníkmi, o čom svedčia pozostatky úzkych terás s porastom zaburinených tráv a drevín.

Obr. 4 Opustené pôdy (Osturňa)



Obr. 5 Opustené pôdy (Čierny Balog)



Tab. 3 Základné vlastnosti opustených pôd (0 – 10 cm)

Lokalita (pôda)	pH/KCl	príst. P (Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	príst. K (Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	humus %
Starina (KM)	4,26	9,61	179,00	4,91
Ruské (KM)	3,83	4,47	212,00	7,55
Osturňa (KM)	4,21	3,72	233,50	4,84
Osrblie (KM)	5,26	17,50	64,20	7,51
Horné Opatovce (PG)	5,05	16,70	88,00	2,52

S podobnými opustenými pôdami sa stretávame aj v iných oblastiach Slovenska, najmä na Orave, Kysuciach, Liptove, ale aj v oblasti Východných Karpát. Tieto pôdy sa vyznačujú extenzívnym trávnyim porastom, často so samonáletom kríkov a drevín, sú viac alebo menej svahovité, často skeletnaté. V závislosti od pôdotvorného substrátu sa jedná o pôdy prevažne kyslé (pH/KCl < 5,5), s nízkym obsahom prístupných živín, najmä fosforu (< 50 mg.kg⁻¹) a nízkym až

dobrym obsahom draslíka (KOBZA a kol., 2014). Keďže tieto pôdy boli aj v minulosti často využívané extenzívne, neboli alebo len veľmi sporadicky vápnené bez výraznejšieho používania priemyselných hnojív. Pokiaľ sa tu dodávali v minulosti živiny, tak prevažne formou maštalného hnoja. Obsah organického uhlíka je tu pomerne vysoký ($C_{org} > 2\%$), pretože tieto pôdy sú charakteristické trvalými trávnyimi porastami s dobrým prekorením (KOBZA a kol., 2014). Z kvalitatívneho hľadiska prevládajú fulvokyseliny nad humínovými kyselinami ($HK/FK < 1$), jedná sa teda o menej kvalitný organický podiel. Z parametrov ^{13}C NMR spektrier je z hľadiska chemickej štruktúry HK najdôležitejšie percentuálne zastúpenie alifatického (Calif.) a aromatického uhlíka (Car), z ktorých sa stanovuje stupeň aromaticity alfa (α). Ako uvádza GONZÁLES – PERÉZ *et. al.* (2007) neobhospodarované (spustnuté) pôdy vykazujú nižšie percento Car ako orné pôdy, čo sme potvrdili aj v rámci monitorovania pôd Slovenska (badateľný trend ďalšieho zlabilňovania HK najmä na kyslých pôdach pod trvalými trávnyimi porastami) – KOBZA a kol., 2014.

ZÁVER

I keď vplyv pustnutia poľnohospodárskych pôd môže byť ešte viacero, vyznačujú sa tieto nasledovnými fenoménami:

- spustnuté pôdy vplyvom kontaminácie si dlhodobo udržiavajú svoje nepriaznivé parametre (vysoký obsah rizikových prvkov, ako aj nepriaznivé vlastnosti pôd),
- spustnuté pôdy v dôsledku vysídlenia, resp. migrácie obyvateľstva sa vyznačujú extenzívnymi zaburinenými trávnyimi porastmi so samonáletom kríkov a drevín. Často predstavujú pozostatky starých úzkych terás, ktoré sa v minulosti často využívali jednoducho hospodáriacimi roľníkmi. Jedná sa prevažne o kyslé pôdy s nízkym obsahom živín – najmä fosforu a draslíka. Obsah pôdneho organického humusu je vyhovujúci (viac ako 2%), avšak jeho kvalita je nízka ($HK/FK < 1$),
- nárast spustnutých pôd s porastom lesných drevín rozšíril výmeru tzv. bielych plôch (lesné dreviny na poľnohospodárskej pôde)
- na Slovensku evidujeme celkom do 450 tis. ha spustnutých pôd

Vo vzťahu k spustnutým pôdam bude dôležitý integrovaný prístup poľnohospodárov a zainteresovaných strán k ďalšiemu využitiu týchto pôd (najmä kontaminované pôdy sa už v súčasnosti často využívajú na pestovanie energetických drevín).

LITERATÚRA

- FULAJTÁR, E. 1996. Prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny. VÚPÚ Bratislava.
- GONZÁLES – PERÉZ, M. – MILORÝ, D. M. B. P. – COLNAGO, L. A. – MARTIN - NETO, L. – MELO, W. J. 2007. A laser – induced fluorescence spectroscopic study of organic mater in Brazilian Oxisol under di Herent tillage system. *Geoderma*, vol. 138, 2007, p. 20 – 24. ISSN 0016 – 7061.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – NÁČINIÁKOVÁ-BEŽÁKOVÁ, Z. – PÁLKA, B. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2009. *Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Žiarskej kotliny s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení*. VÚPOP Bratislava, 2009, 86s. ISBN 978 – 80-89128 – 53-2.

- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLEND, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd SR*. Monografia, NPPC-VÚPOP Bratislava, 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0.
- KOLEKTÍV, 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. VÚPOP Bratislava, 124 s. ISBN 978-80-89128-89-1.
- LINKEŠ, V. 1986. Vznik sekundárnych slancov v okolí depónií odpadov z výroby hliníka. *Polnohospodárstvo*, roč. 32, č. 5, 1986, s.430-437.
- MP SR, 2004. *Zákon č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 o integrovanej prevencii a o kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov*.
- MPRV SR, 2013. *Vyhláška MPRV SR č. 59/2013 Z. z. – ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MP SR č. 508/2004 Z. z. – ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z. z. v znení neskorších predpisov*.
-

VHODNOSŤ PÔDNO-KLIMATICKÝCH PODMIENOK PRE PESTOVANIE BROSKÝŇ A ICH PRIESTOROVÁ DIFERENCIÁCIA V RÁMCI POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA

SUITABILITY OF SOIL-CLIMATIC CONDITIONS FOR THE CULTIVATION OF PEACHES AND THEIR SPATIAL DIFFERENTIATION WITHIN AGRICULTURAL LAND OF SLOVAKIA

Eva PEKÁROVÁ, Ľubomír HANISKO, Ivana KOVÁČIKOVÁ

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

Abstrakt

Poznanie priestorovej variability pôdných, klimatických a topografických podmienok prostredia významne ovplyvňuje efektívne využívanie poľnohospodárskeho pôdneho fondu na Slovensku. Príspevok prezentuje výsledky účelovej analýzy vhodnosti pôdno-klimatických podmienok pre pestovanie broskýň. Požiadavky broskýň na klimatické podmienky boli riešené výberom vhodných odrôd a požiadavky na pôdu zase výberom vhodných podpníkov. Pri výbere hlavných pôdných jednotiek (HPJ) boli zohľadňované požiadavky na obsah CaCO_3 v pôdach. Priestorové vymedzenie vhodnosti prostredia vychádzalo zo systému bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ), ktorý je v podobe geografickej databázy ako súčasť informačného systému poľnohospodárskych pôd SR. Na základe hodnotenia pôdných, klimatických a orografických podmienok pre pestovanie vybraných odrôd broskýň boli poľnohospodárske pôdy kategorizované na veľmi vhodné, vhodné, menej vhodné a nevhodné. Porovnanie areálu vhodnosti pestovania a reálnej výmery pestovania broskýň poukázalo nielen na nevyužitý potenciál vhodných pôdno-klimatických podmienok Slovenska, ale v súvislosti s variabilitou produkcie broskýň potvrdilo aj fakt, že rešpektovanie pôdných vlastností je nevyhnutným predpokladom pre rentabilné pestovanie broskýň v našich podmienkach.

Kľúčové slová: pôdno-klimatické podmienky, broskyne, vhodnosť pestovania, odrody, podpníky,

Abstract

The knowledge of spatial variability of soil, climate and topographic conditions of the

environment significantly affects the efficient use of agricultural land in Slovakia. The paper presents the results of purpose-built analysis of soil and climatic conditions for growing of peaches. Peaches requirements on the climate conditions have been addressed by selecting appropriate sorts and requirements for soil conditions by selection of appropriate rootstocks. When selecting a major soil units (HPJ) the requirements for CaCO_3 content in soils have been taken into account. Spatial definition of environment suitability was based on soil-ecological units (BPEJ), which in the form of a geographical database are reflected in the information system of agricultural soils in SR. Based on the assessment of soil, climate and topographic conditions for growing selected sorts of peaches agricultural soils were categorized as: very suitable, suitable, less suitable and inappropriate. A comparison the suitable area for cultivation of a actual area of peaches growing pointed to the untapped potential of suitable soil and climatic conditions of Slovakia. Moreover, with regard to the variability of the peach production, it confirms the fact that respecting of soil properties is a prerequisite for profitable cultivation of peaches in our conditions.

Key words: soil-climatic conditions, peaches, suitability of cultivation, sorts, rootstocks,

ÚVOD

Broskyne (Broskyňa obyčajná – *Prunus persica* (L.) Batsch., syn. *Persica vulgaris* Mill.) patria medzi ovocné druhy, o ktorých môžeme povedať, že prešli od 60. rokov 20. storočia veľmi progresívnym vývojom. Výrazné pestovateľské úspechy na Slovensku ovplyvnili nielen šľachtiteľské výsledky, ale aj uplatnenie výsledkov analýz vhodnosti klimatických, pôdných a topografických podmienok pre ich rentabilné pestovanie. Dejiny poľnohospodárstva na Slovensku (DEMO, 2001) uvádzajú, že už v roku 1961 bolo na Slovensku evidovaných 240 000 tis. kusov broskyňových stromov, v roku 1975 bolo 876 000 tis. kusov a v roku 1989 až 961 000 tis. kusov broskyňových stromov. Stali sa nielen jedným z najobľúbenejších druhov ovocia, ale v mnohých ovocinárskych oblastiach aj významným veľkovýrobným článkom (napr. okres Nové Zámky 147,61 ha, okres Komárno 65,28 ha, okres Galanta 54,13 ha, okres Trebišov 47,46 ha, okres Dunajská Streda 44,45 ha, ÚKSUP, 2013). Súčasný novovyšľachtený odrody broskyň vysádzané systémom hustých výsadiieb, predovšetkým štíhlych vretien (nárast plodnej zóny do výšky 3–4 m) vytvárajú predpoklad aj na zvýšené nároky na kvalitnú pôdu a prísun živín (JANICK, PAULL, 2008). Aj keď nemalú úlohu zohrávajú genetické i šľachtiteľské opatrenia, vzhľadom na rôznorodosť pôdno-klimatických podmienok i značnú geomorfologickú heterogenitu majú rôzne regióny rôznu mieru vhodnosti na pestovanie jednotlivých ovocných druhov (HRIČOVSKÝ, MATUŠKOVIČ, PAULEN, 1997; HRIČOVSKÝ, 2008).

Kvalita pôdy vo väzbe na ostatné faktory prostredia významnou mierou ovplyvňuje produkčný proces a efektívnosť pestovania poľnohospodárskych plodín, čo dokumentujú viaceré práce (napr. VILČEK, BEDRNA, 2007; DŽATKO, 2002; DEMO, HRIČOVSKÝ, 2002). Objektívne výsledky kategorizácie agrárnej krajiny pre pestovanie ovocných plodín je preto možné dosiahnuť len zosúladením dostatočného množstva analyzovaných údajov a parametrov o pôde.

Riešenie vhodnosti pôdno-klimatických podmienok pre pestovanie broskýň a ich priestorová diferenciácia v rámci poľnohospodárskych pôd Slovenska sú predmetom predkladaného príspevku.

MATERIÁL A METÓDY

Rajonizácia ovocných plodín a ich priestorová diferenciácia v krajine si vyžaduje zohľadnenie vlastností konkrétneho ovocného druhu, odrody a konkrétnej lokality. Pre rozčlenenie pôd do kategórie vhodnosti pestovania ovocných plodín sú vlastnosti pôdy zahrnuté v kóde bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek – BPEJ, pričom areál konkrétnej BPEJ zároveň predstavuje homogénny, špecifický územný celok. Primárnym podkladom pre vyčlenenie vhodných pôdno-klimatických regiónov bola Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (DŽATKO, SOBOCKÁ a iní, 2009), prostredníctvom ktorej boli vyhodnotené jednotlivé parametre prostredia. Pre stupeň vhodnosti jednotlivých odrôd bola použitá štvorstupňová kategorizácia pre pestovanie ovocných plodín (PEKÁROVÁ, HANISKO, KOVÁČIKOVÁ, 2013).

Požiadavky broskýň na klímu sú riešené diferencovaným výberom vhodných odrôd a požiadavky na vlastnosti pôdy zase výberom vhodných podpníkov, pričom pri výbere hlavných pôdných jednotiek (HPJ) boli rešpektované požiadavky na obsah CaCO_3 v pôdach.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výber a kategorizácia odrôd broskýň na základe klimatických podmienok

Z klimatických prvkov je rozhodujúcim parametrom teplota vzduchu. S určitými obmedzeniami broskyne možno pestovať aj v oblastiach, kde sa priemerná ročná teplota pohybuje medzi 8 a 9 °C, pričom zvýšenú pozornosť treba venovať výberu vhodného stanovišťa (napr. ČEJKA a kol., 1985; MATUŠKOVIČ, PAULEN, 2001). Taktiež výsledky štúdií genofondu broskýň v našich podmienkach potvrdzujú, že pomerne najnižšia adaptabilita väčšiny genotypov broskýň je voči nízkym teplotám (HRIČOVSKÝ, BENEDIKOVÁ, KRŠKA, 2004). Dlhodobé pozorovania ukázali, že odrody vyšľachtené v krajinách s menej priaznivými teplotnými podmienkami sú adaptabilnejšie. Ide hlavne o niektoré odrody z Kanady, severných štátov USA, Moldavska a iných krajín. Neplatí to však všeobecne, pretože napr. broskyňa „Favorita Morettini 3“ vyšľachtená v Taliansku má v našich podmienkach nadpriemernú mrazuodolnosť; taktiež známa odroda „Redhaven“ je vysoko adaptabilná na rozdielne ekologické podmienky u nás. Mnohé moderné odrody sú výsledkom kríženia žltodužinatých odrôd so staršími miestnymi bielodužinatými odrodami, pričom dávajú zároveň predpoklady pre vyššie a pravidelné úrody. Aj pre naše podmienky možno vybrať okrem odrôd zo skupiny pravých broskýň tiež konzervárenské

odrody typu „cling“, čo pravdepodobne súvisí s tým, že v USA ich vyšľachtili krížením miestnych adaptovaných odrôd s odrodami severočínskej ekologickej skupiny. Potvrďuje sa aj skutočnosť, že v našich podmienkach prejavili vyššiu adaptabilitu odrody zo stredočínskej a západnej skupiny ako odrody zo skupiny severočínskej. Súvisí to aj s tým, že stredočínske broskyne majú kratšie vegetačné obdobie, rýchly nástup plodnosti a skoršie dozrievanie (LITSCHMANN, OUKROPEC, PÁLKA, 2007). Nektarinky zostávajú stále hodnotené ako málo adaptabilné, hlavne z dôvodu nízkej mrazuodolnosti a citlivosti na teplotné výkyvy.

Pre vyčlenenie vhodného klimatického regiónu boli z BPEJ pre broskyne vybrané charakteristiky od veľmi teplého (00), suchého a nížinného regiónu až po pomerne teplý, mierne suchý, vrchovinový, kontinentálny región (06). Do zóny veľmi vhodnej a vhodnej boli vybrané klimatické regióny od veľmi teplého, suchého, nížinného regiónu (00) po pomerne teplý, suchý, kotlinový, kontinentálny (05). Ako nevhodné pre broskyne boli vybrané mierne teplý, mierne vlhký (07), mierne chladný, mierne vlhký (08), chladný, vlhký (09) a veľmi chladný, vlhký (10) klimatický región.

V rámci Slovenska predstavujú uvedené charakteristiky nielen najteplejšie lokality napríklad Komárna, Nových Zámkov a Trnavy, ale aj lokality horného Ponitria, Piešťan, Trenčína, oblasti Levíc a Tekova, okolie Trebišova, Košíc a Michaloviec.

Na základe uvedeného prístupu bola vymedzená vhodnosť pestovania vybraných odrôd broskýň v rámci poľnohospodárskych pôd SR. Výber do jednotlivých zón vhodnosti z hľadiska klímy bol zameraný na podmienky, ktoré vytvárajú základný predpoklad pre dosiahnutie úrod ovocia v požadovanej kvalite a dosiahnutí rentability pestovania. Zaradenie odrôd broskýň a nektariniek do jednotlivých zón vhodnosti sumarizuje tabuľka 1.

Tab. 1 Zaradenie odrôd broskýň a nektariniek do jednotlivých zón vhodnosti z hľadiska klímy:

1. zóna – veľmi vhodná	Skoré: Caldesi 2000, Collins, Dixired, Flavortop, Michaela, Shraz, Starking Delicious, Tena,
	Stredne skoré – neskoré: Burbank July Elberta, Elberta, Fertilia Morettini, Glohaven, Halehaven, Harco, Moravia, Nectared 4, Orion, Pocahontas, Roza, Snowqueen, Stark Redgold, Sungold, Sunrisse,
	Neskoré: Babygold 7, B. J. Elberta, Diana, Gracia, J.H. Hale, Nectaross, Redskin,
2. zóna – vhodná	Skoré: Albatros, Ambra, Barsonypír, Catherína, Favorita Morettini 3, Fenix, Harbinger, Luna Redwin, May Flower, Maygrand, Primissima Delbard, Royal Gem, Springbelle, Springcrest, Sunhaven, Teska, Tenira,
	Stredne skoré – neskoré: Amsdenova, Belmondo, Big Top, Dixigem, Earliglo, Envoy, Fairhaven, Flamingo, Guerriera, Harbelle, Harbrite, Harken, Inka, Kamka, Lednická žltá, Maria Bianca, Maria Carla, Miss Italia, Platicarpa, Radosť, Redhaven, Reliance, Royal Glory, Royal Majestic, Royal Summer, Snow Queen, Somervee, Suncrest, Symphonie, Ta-Tiu-Pao, Teliesa, Telura, Tercie, Tereza, VA-21-C
	Neskoré: Benedicte, Cresthaven, Fairlane, Fantasia, Fayette, Fidelia, Flaminia, Champion, Gracia, Kalhaven, Michellini, Rome Star, Stark Red Gold, Symphonie, Sweet Red, Venus, Veteran
3.–4. zóna	Nevhodná pre intenzívne pestovanie broskýň a nektariniek

Výber a kategorizácia pôdných podmienok

Obsah karbonátov v pôde je limitujúcim faktorom pre voľbu správneho podpníka, ktorý významne ovplyvňuje vhodnosť pestovania broskýň. Vo všeobecnosti platí, že pre pôdy s obsahom CaCO₃ do 5 % je možné použiť broskýňový podpník, do 10 % broskýňomandle

a nad 10 % mandľové podpníky (MEZEY, 2010). Tieto požiadavky boli pri výbere hlavných pôdnych jednotiek (HPJ) rešpektované. V rámci parametrov zrnitosti pôdy boli do veľmi vhodných a vhodných podmienok zaradené pôdy stredne ťažké hlinité (02) a stredne ťažké až ľahšie pôdy piesočnaté (05).

Nakoľko vyšľachtené podpníky zamerané hlavne na odolnosť a toleranciu voči pôdno-klimatickým podmienkam majú svoje špecifiká, súčasťou práce bolo ich roztriedenie, resp. výber podľa kategórie zrnitosti a obsahu CaCO_3 (Tab. 2). Aj napriek tomu, že súčasná široká škála podpníkov pre broskyne umožňuje akceptovať všetky druhy pôd okrem ílovitých (tabuľka 2), najvhodnejšie sú pôdy štruktúrne, ľahšie s neutrálnou až mierne alkalickou reakciou (MATUŠKOVIČ, 1997).

Tab. 2 Výber podpníkov podľa kategórie zrnitosti a obsahu CaCO_3 v pôde

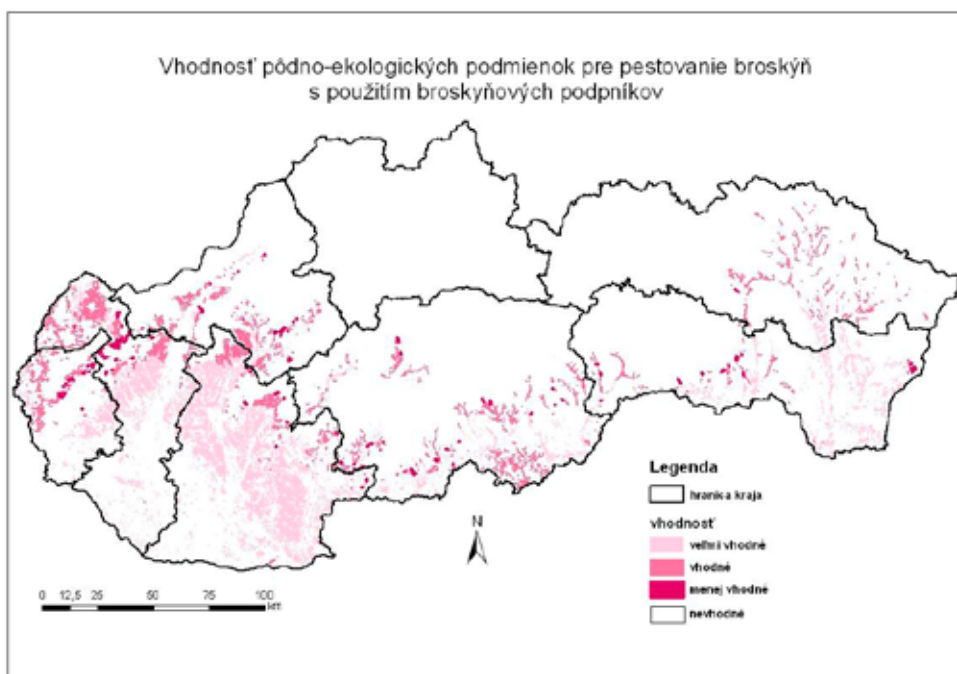
Kategórie zrnitosti pôd	Rozmnožované generatívne			Rozmnožované vegetatívne		
	CaCO_3 v pôde do 5 %	CaCO_3 v pôde 5% - 10 %	CaCO_3 v pôde nad 10 %	CaCO_3 v pôde do 5 %	CaCO_3 v pôde 5% - 10 %	CaCO_3 v pôde nad 10 %
ľahká (1)		MN-VA-1 (VA-R-1/50 II.)	Mandľový semenáč	Pumiselect	GF 557	GF 677
piesočnatá	Higama	BM-VA-1 (broskyňomandľa)		Tennessee	Penta	Cadaman (Avimag)
hlinito-piesočnatá	Inra Rubira Chantourge - Motclar Halford	GF 305			Adesoto 101	
stredná (2 a 5)	B-VA-1-4	MN-VS-1 (MN-33)	BM-VA-2 (Kando)	Julior (Ferdor)	Adafuel (Cambra 1990)	Cadaman (Avimag)
piesočnato-hlinitá	Lesiberian			Ishtara (Ferciana)	Marunke	
hlinitá	Siberian C Broskyňový semenáč Harrow Blood Prunus mira a kríženci			Nemaguard Myran (Yumir)	Penta Tetera	
ťažká (3)	S-BO-1	BD-SU-1		Barrier 1, Brompton	Fereleay (Jaspi)	
ílovito-hlinitá		Saint Julien 2 Žltý špendlík		Damas GF 1869 VVA-1 (Krymsk 1) AP-1 (Krymsk 86) M Damas C	Saint Julien GF 655-2 Saint Julien d. T.-Damas d.T. Saint Julien A GF 43, GF 1869	

Broskyniam najviac vyhovujú priepustné a výhrevné černoze a hnedoze, pôdy hlboké, hlinité s nízkou hladinou podzemnej vody (DEMO, HRIČOVSKÝ, 2002). V závislosti od obsahu karbonátov v pôde bolo pre hodnotenie pôdnych podmienok zaradených 21 HPJ (Obr.

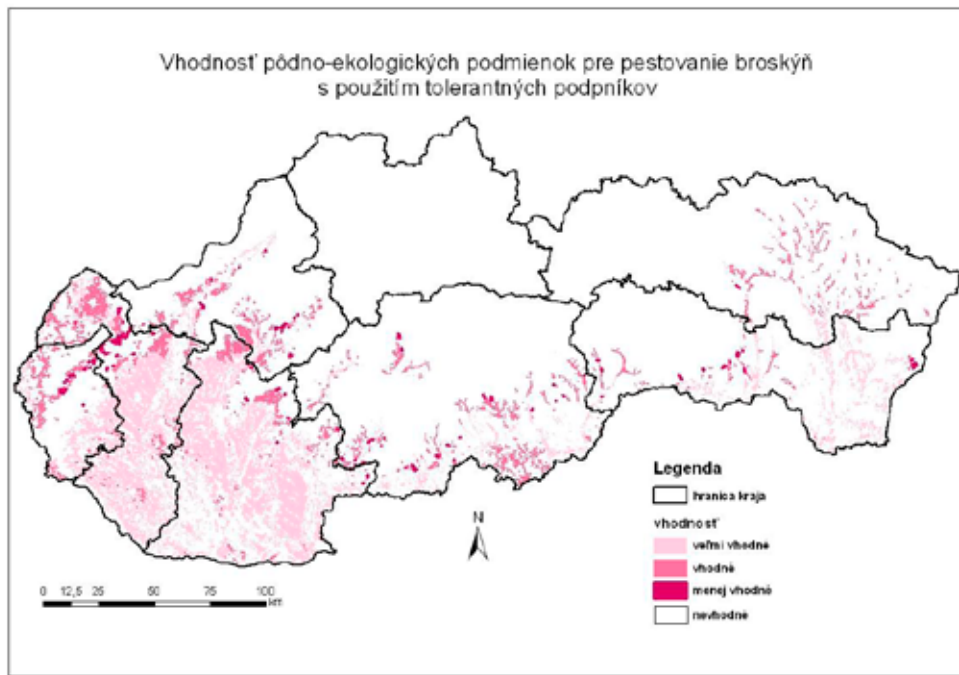
1), resp. 28 HPJ (Obr. 2), ktoré boli podľa charakteristík následne roztriedené do jednotlivých zón vhodnosti.

V rámci výberu stanovištných podmienok má pre broskyne podstatný význam svahovitost pozemku, ktorá primárne ovplyvňuje výskyt vodnej erózie a intenzitu slnečného žiarenia. Uvedené faktory majú nárokom broskýň vyhovovať alebo dávať možnosť na zlepšenie podmienok pestovania. Ak vyhovujú klimatické a stanovištné podmienky, pôdu je možné v prípade potreby zlepšiť. V nie celkom vyhovujúcej klimatickej polohe, ale výhodných stanovištných podmienkach a optimálnych pôdnych pomeroch, môže byť tiež pestovanie úspešné vzhľadom na globálne zmeny klímy. V prípade výhodnej klímy, ale nevyhovujúcom stanovišti, sa nepredpokladá, že by pestovanie broskýň bolo úspešné, aj keď pôdne požiadavky sú optimálne (Obr. 1, Obr. 2).

Obr. 1: *Vhodnosť pôdno-ekologických podmienok pre pestovanie broskýň s obsahom CaCO_3 v pôde do 5%*



Obr. 2: *Vhodnosť pôdno-ekologických podmienok pre pestovanie broskýň s obsahom CaCO₃ v pôde od 5 do 12 % (využitie tolerantnejších podpníkov na obsah CaCO₃ v pôde)*



Polnohospodárske pôdy Slovenska s využitím tolerantných podpníkov a ohľadom na rôznorodosť pôd umožňujú rentabilne pestovať väčšinu odrôd broskýň. Uvedená skutočnosť korešponduje aj s kategorizáciou vhodnosti pôdno-klimatických podmienok pre pestovanie broskýň a podielom uvedených kategórií, čo ilustrujú výsledky tabuliek 3 a 4.

Tab. 3 *Potenciál pestovania broskýň s použitím iba broskyňových podpníkov v ha*

Kraje	Veľmi vhodná zóna (VVZ)	Vhodná zóna (VZ)	Menej vhodná zóna (MVZ)	Potenciál spolu
Bratislavský	21 085,18	7 744,48	655,43	29 485,10
Trnavský	64 317,34	16 430,44	1 443,66	82 191,44
Trenčiansky	8 188,01	10 909,33	313,77	19 411,11
Nitriansky	185 395,14	9 719,10	210,02	195 324,26
Žilinský	–	–	–	–
Banskobystrický	25 980,46	14 737,39	663,85	41 381,69
Prešovský	7 110,44	6 402,81	25,03	13 538,27
Košický	41 693,46	3 557,84	492,99	45 744,29
Spolu	353 770,03	69 501,38	3 149,31	427 076,15

Tab. 4 Potenciál pestovania broskýň s použitím tolerantných podpníkov v ha

Kraje	Veľmi vhodná zóna (VVZ)	Vhodná zóna (VZ)	Menej vhodná zóna (MVZ)	Potenciál spolu	Výmera broskýň (UKSUP)*
Bratislavský	41 638,84	9 270,38	655,43	51 564,65	6,74
Trnavský	164 837,12	18 799,76	1 443,66	185 080,54	133,89
Trenčiansky	14 357,83	11 262,54	313,77	25 934,14	36,86
Nitriansky	245 450,62	10 720,93	210,02	256 381,58	299,89
Žilinský	–	–	–	–	0,01
Banskobystrický	26 678,24	14 737,39	663,85	42 079,47	28,61
Prešovský	8 293,75	6 435,53	25,03	14 754,30	6,01
Košický	41 898,38	3 557,84	492,99	45 949,21	60,07
Spolu	543 154,77	74 784,36	3 149,31	621 743,88	572,07
*Zdroj: ÚKSUP, výmera výsadiel broskýň podľa krajov k 31.12.2013					

Ako vyplýva z údajov tabuľky 3, potenciál podielu výmer veľmi vhodných a vhodných oblastí pre pestovanie broskýň s obsahom CaCO_3 v pôde do 5 % je najvyšší v Nitrianskom kraji a klesá v poradí Nitriansky kraj (195 114,24 ha) > Trnavský kraj (80 747,78 ha) > Košický (45 251,30 ha) > Banskobystrický (40 717,85 ha) > Bratislavský (28 829,66 ha) > Trenčiansky (19 097,34 ha) > Prešovský (13 513,25 ha).

Z tabuľky 4 vyplýva, že potenciál podielu výmer veľmi vhodných a vhodných oblastí pre pestovanie broskýň s obsahom CaCO_3 v pôde od 5 do 12 % je do značnej miery rozsiahlejší. Najvyšší je v Nitrianskom kraji a klesá v poradí Nitriansky kraj (256 171,55 ha) > Trnavský kraj (183 636,88 ha) > Bratislavský (50 909,22 ha) > Košický (45 456,22 ha) > Banskobystrický (41 415,63 ha) > Trenčiansky (25 620,37 ha) > Prešovský (14 729,28 ha). Vďaka využívaniu tolerantných podpníkov a množstva vyšľachtených odrôd môžeme konštatovať, že potenciál výmer veľmi vhodných oblastí pre pestovanie broskýň predstavuje v súčasnosti až 543 154,77 ha a potenciál vhodných oblastí predstavuje 74 784,36 ha, čo ilustrujú aj mapové výstupy. Napriek perspektívnemu pestovaniu s využitím tolerantných podpníkov a zohľadnením globálneho otepľovania ostáva Žilinský kraj nevhodný pre pestovanie broskýň.

Potenciál veľmi vhodných a vhodných oblastí pre pestovanie broskýň mnohonásobne prevyšuje v súčasnosti evidovanú produkčnú výmeru broskýňových sádov, ktorá v celonárodnom meradle predstavuje 0,09%.

ZÁVER

Priestorové vyjadrenie vhodnosti podmienok pestovania broskýň formou účelových máp, vychádzajúce z ich nárokov na klimatické a pôdne podmienky nachádza plné uplatnenie pri rajonizácii pestovania broskýň a zakladaní nových výsadiel. Hoci stanovištné podmienky umožňujú rovnomernejšie rozšírenie produkčného pestovania broskýň na poľnohospodárskej

pôde, k faktorom, ktoré zrejme tiež rozhodujú o ich zvýšení pestovania patria tradícia, technologické vybavenie vrátane pozberovej úpravy ovocia a samozrejme tiež dodávateľsko-odberateľské vzťahy.

LITERATÚRA

- ČEJKA, G. a kol. 1985. *Broskyne*. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda. 1. Vydanie, 260 s. – MDT 634.25/035.
- DEMO, M. 2001. *Dejiny poľnohospodárstva na Slovensku*. Nitra: SPU. 662 s. – ISBN 80-7137-894-1
- DEMO, M. – HRIČOVSKÝ, I. 2002. *Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve*. Nitra: SPU. 581 s. – ISBN 80-8069-056-1.
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: VÚPOP. 88 s. – ISBN 80-85361-94-9.
- DŽATKO, M. – SOBOCKÁ J. a kol. 2009. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP. 102 s. – ISBN 978-80-89128-55-6.
- HRIČOVSKÝ, I. 2008. *Pomológia. Odrody druhej polovice 20. storočia a prvých rokov 3. Milénia*. 188 s. ISBN 978-80-89327-04-1.
- HRIČOVSKÝ, I. – BENEDIKOVÁ, D. – KRŠKA, B. 2004. *Marhule a broskyne*. Bratislava: Vydavateľstvo Príroda. 88 s. – ISBN 8007012273.
- HRIČOVSKÝ, I. – MATUŠKOVIČ, J. – PAULEN, O. 1997. *Ovocinárstvo*. Nitra: SPU. 150 s. – ISBN 80-7137-366-4.
- JANICK, J. and PAULL, R.,E. – 2008. *The Encyclopedia of Fruit and Nuts*. CAB International, Cambridge University Press. ISBN 978-0-85199-638-7.
- LITSCHMANN, T. – OUKROPEC, I. – PÁLKA, J. 2007. *Metodika pěstování nektarinek a broskvoní v podmínkách ČR*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lednice. Vydané Ministerstvem zemědělství ČR pro potřebu Ovocnářské unie ČR a zemědělské praxe.
- MATUŠKOVIČ, J. 1997. *Podpníky ovocných dřevín*. Učebné texty pre dištančné štúdium. Nitra: SPU. 76 s. ISBN 80-7137-419-9.
- MATUŠKOVIČ, J. – PAULEN, O. 2001. *Základy ovocinárstva. Ochrana biodiverzity*, Nitra: SPU. 137 s. – ISBN 80-7137-850-X.
- MEZEY, J. 2010. *Pestovateľské technológie broskýň*. Učebný text z predmetu Špeciálne ovocinárstvo. Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Nitra: KOVV SPU.
- PEKÁROVÁ, E. HANISKO, L. – KOVÁČIKOVÁ, I. 2013. *Vhodnosť pôdno-ekologických podmienok pre pestovanie jadrového ovocia a ich priestorová diferenciácia v rámci poľnohospodárskych pôd Slovenska*. In: *Vedecké práce VÚPOP*, č. 35, Bratislava: VÚPOP. s. 135-144, ISBN 978-80-8163-003-3
- Ústredný kontrolný a skúšobný ústav poľnohospodársky (ÚKSUP). Odbor ovocinárstva a integrovanej produkcie. *Informácie z registra ovocných sádov*.
- VILČEK, J. – BEDRNA, Z. – 2007. *Vhodnosť poľnohospodárskych pôd a krajiny Slovenska na pestovanie rastlín*. Bratislava: VÚPOP. 248 s. – ISBN 978-80-89128-36-5.
-

FYZIKÁLNE A HYDROFYZIKÁLNE VLASTNOSTI PÔDY POD INTRODUKOVANÝMI DREVINAMI V ARBORÉTE MLYŇANY

PHYSICAL AND HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF SOIL UNDER INTRODUCED TREES IN ARBORETUM MLYŇANY

Nora POLLÁKOVÁ¹, Juraj CHLPÍK², Jana KONÔPKOVÁ³, Milan MACÁK⁴

¹*Slovenská poľnohospodárska univerzita, FAPZ, Katedra pedológie a geológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra; e-mail: Nora.Pollakova@uniag.sk*

²*Slovenská poľnohospodárska univerzita, FAPZ, Katedra pedológie a geológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra*

³*Arborétum Mlyňany, SAV, Vieska nad Žitavou, č. 178, 951 52 pošta Slepčany*

⁴*Slovenská poľnohospodárska univerzita, FAPZ, Katedra udržateľného poľnohospodárstva a herbológie, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra*

Abstrakt

Keďže dostatok vody a vzduchu sú dôležité podmienky pre život každej rastliny, cieľom práce bola charakteristika fyzikálnych vlastností pôdy pod vybranými introdukovanými druhmi drevín v Arboréte Mlyňany, ktoré sa vzťahujú k vlhkosti a k aeračným parametrom pôdy. Vlastnosti pôdy boli skúmané v štyroch sondách. Bolo zistené, že v pôde prevažovala piesčito-hlinitá, prachovito-hlinitá, hlinitá a ílovito-hlinitá textúra. Veľké rozdiely v textúrnom zložení jednotlivých horizontov v profile pod borovicami boli zapríčinené aj obsahom skeletu. Ílom obohatené luvické horizonty a luvické mramorované horizonty boli zhutnené. Vysoký objem nekapilárnych pórov vo vrchných vrstvách profilov pod tujami riasnatými, smrekmi východnými a borovicami čiernymi poukazoval na dobrú drenážnu schopnosť týchto pôd, čo môže viesť k prejavom nedostatku vody. Avšak zvýšený obsah ílu v Bt a Btg horizontoch bol sprevádzaný vyšším objemom kapilárnych pórov a zvýšenou retenčnou vodnou kapacitou. V lokalite Arboréta a blízkom okolí prevládajú v lete a začiatkom jesene nepriaznivé vlhkosťné pomery pôdy. Preto rozšírenie závlahy, vodných plôch a jazier sa považuje za vhodné opatrenie.

Kľúčové slová: introdukované dreviny, pôda, textúra, hydrofyzikálne vlastnosti pôdy

Abstract

Since sufficient water and air content are important conditions for the life of each plant, the aim of the work was characterization of soil physical properties under selected introduced tree species in Arboretum Mlyňany, which are related to soil moisture and aeration. Soil properties were studied in four pits. We found that in soil prevailed sandy-loamy, silty-loamy, loamy

and clayey-loamy texture. Large differences in textural composition of individual horizons in the profile under pines were caused also by the skeleton. Bt and Btg horizons were enriched with clay and compacted. High volume of non-capillary pores in the upper layers of profile under Western white cedar, oriental spruce and black pine trees pointed to the good drainage capacity of these soils what may lead to the lack of water. However, increased clay content in Bt and Btg horizons was accompanied by higher volume of capillary pores and increased water retention capacity. In the Arboretum and nearby area prevail in summer unfavorable soil moisture conditions. Therefore, the extension of irrigation, water areas and lakes is considered appropriate measure.

Keywords: introduced trees, soil, texture, hydrophysical soil properties

ÚVOD

Pôda je základom lesného ekosystému. Meranie a monitoring vlastností lesnej pôdy je nevyhnutné pre proces prispôsobenia sa drevín ako aj pre udržateľné lesné hospodárstvo. Produktívna lesná pôda má vlastnosti, ktoré podporujú rast koreňov, príjem, zadržiavanie, a poskytovanie vody koreňom, zadržiavanie, poskytovanie a kolobeh minerálnych živín, podporuje optimálnu výmenu plynov, biologickú činnosť, príjem, zadržiavanie a uvoľňovanie uhlíka (BURGER A KELTING, 1999).

Pre priaznivý priebeh biologických procesov ako aj život pôdnych organizmov, a koreňov rastlín je dôležitá dostatočná zásoba vody a vzduchu v pôde. Nepriaznivé vlhkostné pomery v lesných pôdach sa z hydrologického hľadiska uvádzajú ako jedna z hlavných príčin zhoršovania pôdneho prostredia a z toho vyplývajúceho fyziologického oslabenia, prípadne aj odumierania lesných drevín (TUŽINSKÝ, 2004).

Keďže v práci bola skúmaná pôda pod introdukovanými drevinami, ktoré sa prispôbili životu v pôdno-klimatických podmienkach Arboréta Mlyňany, dôležité je poznať, aké vlastnosti pôdy vyhovujú, respektíve nezamedzujú životu týchto drevín a tak umožnia ich rozšírenie aj do iných parkov alebo záhrad. Všeobecne, dostatok vody a vzduchu sú dôležité podmienky pre život každej rastliny. Preto cieľom práce bola charakteristika fyzikálnych vlastností pôdy pod vybranými introdukovanými druhmi drevín, ktoré sa vzťahujú k vlhkosti a k aeračným parametrom pôdy.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika lokality

Arborétum Mlyňany (48°19' s.š.; 18°21' v.d.) sa nachádza na južnom Slovensku, v údolí Žitavy, 165 – 217 m. n. m. Zvlhnený terén je južným výbežkom Hronského Inovca a Tríbeča. Areál

Arboréta patrí floristicky do Panónskej oblasti, geobotanicky do oblasti *Querceto-Carpinteam*. Objekt leží na mladotretohornom geologickom útvare so zastúpenými ílmi, pieskami a štrko-pieskami (STEINHÜBEL, 1957). Na tomto podloží je takmer na celej ploche naviaty sprašový materiál, ktorý postupom času prešiel na odvápnenu sprašovú hlinu. Neogénne štrky sa len miestami dostávajú bližšie k povrchu (napr. pod pásom borovice čiernej) a spôsobujú značné zhoršenie pôdnych pomerov (CIFRA, 1958). Z pôdnych predstaviteľov sú v Arboréte najviac zastúpené hnedozem pseudoglejová, menej hnedozem modálna a hnedozem kultizemná pseudoglejová (MKSP, 2014). Areál patrí do teplej, suchej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 10,6 °C a úhrnom zrážok 541 mm (HRUBÍK a iní, 2011).

Odberové miesta a použité metódy

Fyzikálne vlastnosti boli skúmané v pôdoznaleckých sondách pod porastmi drevín:

Tuje riasnaté (*Thuja plicata* D. Don ex Lamb.), Smreky východné (*Picea orientalis* L.), Borovica čierne (*Pinus nigra* Arnold), Tuje západné mlynianske (*Thuja occidentalis* malony).

Na jar 2013 boli vykopané štyri pôdoznalecké sondy, z ktorých boli odobrané neporušené pôdne vzorky do Kopeckého valčekov v troch opakovaniach po 0,1 m vrstvách až do hĺbky 0,7 a 0,8 m. V laboratóriu boli stanovené nasledovné fyzikálne vlastnosti: objemová hmotnosť, pórovitosť, hydrofyzikálne vlastnosti (HRAŠKO a iní, 1962), zrnitostné zloženie pôdy v jednotlivých diagnostických horizontoch pipetovacou metódou (HRIVŇÁKOVÁ a iní, 2011).

VÝSLEDKY A DISKUSIA

S fyzikálnymi vlastnosťami pôdy sú úzko späté mnohé chemické a biologické vlastnosti pôd, ako aj výskyt a rast mnohých rastlinných druhov, pohyb vody, vzduchu, energie a hmoty v pôde alebo po jej povrchu.

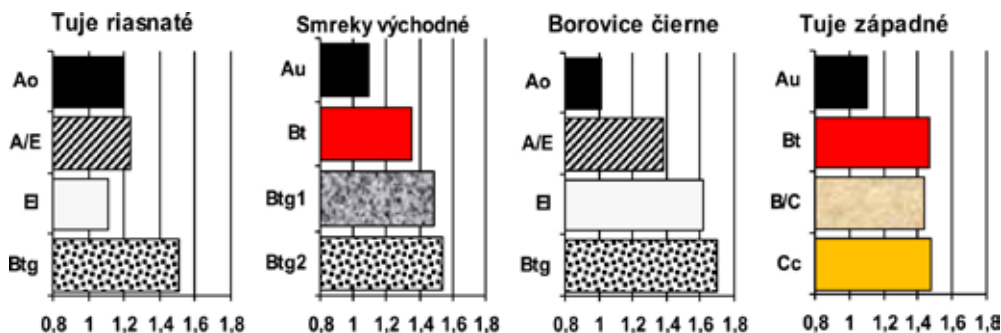
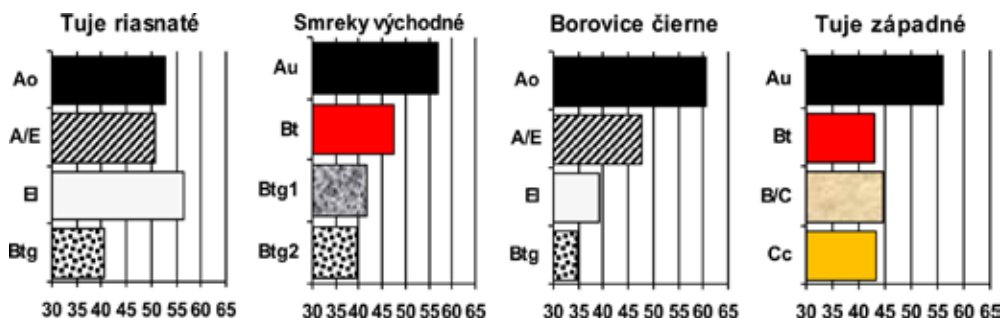
Tab. 1 Vybrané fyzikálne parametre pôdnych profilov

Porast	Horizont	Hĺbka [m]	Textúra	P _N	P _K	Θ	[obj. %]	
							V _{AM}	V _A
Tuje riasnaté	Ao	0,00–0,10	sh	28,3	20,7	19,0	33,6	30,4
	A/E	0,10–0,22	sh	13,8	31,0	26,6	24,3	14,8
	E1	0,22–0,48	sh	18,1	30,6	28,9	27,6	19,8
	Btg	> 0,48	si	4,7	34,2	36,5	4,1	5,0
Smreky východné	Au	0,00–0,22	ssh	27,1	27,3	22,0	35,1	27,9
	Bt	0,22–0,40	ssh	14,3	28,5	25,2	22,3	15,3
	Btg ₁	0,40–0,62	si	8,2	30,6	27,6	13,9	9,0
	Btg ₂	> 0,62	si	4,1	33,5	30,7	8,7	4,7

Porast	Horizont	Hĺbka [m]	Textúra	P_N	P_K	Θ	V_{AM}	V_A
				[obj. %]				
Borovice čierne	Ao	0,00–0,10	sp	38,4	20,7	15,4	45,1	39,0
	A/E	0,10–0,38	sp	19,7	23,0	16,6	30,9	21,6
	El	0,38–0,70	sp	20,2	15,6	13,4	25,7	21,6
	Btg	> 0,70	spi	5,7	28,2	25,6	9,1	6,0
Tuje západné mlynianske	Au	0,00–0,20	ssh	11,3	41,2	37,3	18,7	12,8
	Bt	0,20–0,60	ssh	6,7	34,6	30,8	12,2	7,4
	B/C	0,60–0,70	ssh	7,2	35,9	31,3	14,4	8,3
	Cc	> 0,70	ssh	6,9	34,9	31,7	11,5	7,5

Vysvetlivky: P_N – objem nekapilárnych pórov, P_K – objem kapilárnych pórov, Θ – momentálna vlhkosť, V_{AM} – momentálny objem vzduchu v pôde, V_A – minimálna vzdušná kapacita, sp – piesčito-hlinitá, sh – hlinitá, ssh – prachovito-hlinitá, spi – piesčito-ílovito-hlinitá, si – ílovito-hlinitá, horizonty: Ao – ochrický, Au – umbrický, A/E a B/C – prechodný, El – eluviálny luvický, Bt – ílviálny luvický, Btg – luvický mramorovaný, Cc – substrátový karbonátový

Pôda v skúmaných profiloch bola druhovo piesčito-hlinitá, prachovito-hlinitá, hlinitá, piesčito-ílovito-hlinitá a ílovito-hlinitá, teda textúrne stredná. Okrem pôdy pod tujami západnými, kde bol v celom profile zaznamenaný prachovito-hlinitý pôdny druh, v ostatných profiloch boli horizonty Bt a najmä Btg výrazne obohatené ílom a ich textúra bola ílovito-hlinitá a piesčito-ílovito-hlinitá (Tab. 1). Zreteľný nárast frakcie ílu v Bt-luvických a najmä v Btg-luvických mramorovaných horizontoch svedčí o značnom posune ílu z vrchných do podpovrchových horizontov v procese illimerizácie. Zaujímavou bola distribúcia ílu v profile pod tujami západnými. Hodnota koeficienta textúrnej diferenciácie nad 1,2 bola jedine medzi Bt/C a Cc horizontmi (1,45). Obsah ílu v A, Bt a Bt/C horizontoch bol takmer rovnaký (20,4 %, 22,2 % a 23,7 %), kým Cc horizont obsahoval 16,4 % ílu. Z uvedeného vyplýva, že pod tujami západnými bol ílom obohatený celý profil okrem Cc horizontu. Možno predpokladať, že produkty rozkladu opadu tují západných mohli prispieť k deštrukcii pôdnych minerálov a k celkovému obohateniu pôdy ílom. Najvýraznejší proces illimerizácie bol zaznamenaný v profile pod porastom borovic čiernych, kde koeficient textúrnej diferenciácie medzi A a A/E horizontmi dosiahol hodnotu 3,40 a medzi El a Btg horizontmi 18,41. Značné rozdiely v textúrnom zložení jednotlivých horizontov v profile pod borovicami boli zapríčinené aj obsahom skeletu, v objeme 10–30 %. Všetkým skúmaným drevinám vyhovuje zrnitostne stredná pôda, dokonca tuje západné a borovice čierne znášajú aj zrnitostne ľahké pôdy.

Obr. 1 Profilové zobrazenie objemovej hmotnosti pôdy v [t.m⁻³]**Obr. 2** Profilové zobrazenie pórovitosti pôdy v [%]

V skúmaných profiloch Arboréta bola zaznamenaná takmer rovnomerne vzrastajúca tendencia hodnôt redukovanej objemovej hmotnosti pôdy (ρ_d) a pokles pórovitosti (P) s hĺbkou (Obr. 1, 2). Hodnoty celkovej pórovitosti odrážali meniace sa hodnoty objemovej hmotnosti pôdy v profile. Ílom obohatené luvické horizonty a luvické mramorované horizonty boli zhutnené a mali značne zvýšené hodnoty ρ_d a zníženú pórovitosť. Hodnoty objemovej hmotnosti pôdy nad 1,40 t.m⁻³ a pórovitosti pod 47% v ílovito-hlinitej; $\rho_d > 1,45$ t.m⁻³ a P < 45 % v hlinitej, $\rho_d > 1,55$ t.m⁻³ a P < 42 % v piesočnato-hlinitej a $\rho_d > 1,60$ t.m⁻³ a P < 40 % v hlinito-piesočnatej pôde sú kritické, pretože korene rastlín už len veľmi ťažko prerastajú pôdou (FULAJTÁR, 2006). Uvedené kritické hodnoty boli prekročené v Bt a Btg horizontmi vo všetkých skúmaných profiloch okrem Bt horizontu pod porastom smrekov východných. Vysoká objemová hmotnosť môže cez zníženie zastúpenia makropórov nepriaznivo ovplyvňovať biologické vlastnosti pôdy (FREY a iní, 2009). Pod borovicami čiernymi v E1 horizonte bolo prekročenie kritickej objemovej hmotnosti a pórovitosti ovplyvnené značnou skeletnosťou, avšak objem makropórov (nekapilárnych pórov 20,2 %) bol pomerne vysoký, dokonca vyšší ako pórov kapilárnych a to v hĺbke 0,38–0,7 m (Tab. 1).

Vysoký objem nekapilárnych (P_N) t.j. hrubých pórov vo vrchných vrstvách pôdnych profilov pod tujami riasnatými, smrekmi a borovicami poukazoval na dobrú drenážnu schopnosť týchto pôd. Avšak, rýchle odvedenie zrážkovej vody môže viesť k prejavom nedostatku vody pre dreviny počas dlhších období sucha. Na druhej strane, zvýšený obsah ílu v Bt a Btg horizontoch bol sprevádzaný väčším zastúpením kapilárnych pórov (P_K) z celkovej pórovitosti

(74–85 %) a zároveň zvýšenou retenčnou vodnou kapacitou, teda zrážková voda sa v nich zadrží.

Momentálny objem vzduchu pôdy (V_{AM}) ako i minimálna vzdušná kapacita (V_A) sa vo všetkých skúmaných profiloch znižovali s hĺbkou, keď výrazné zníženie objemu vzduchu bolo zaznamenané najmä v Btg horizontoch (Tab. 1). Zo zistených hodnôt prevzdušnenia pôdy vyplýva, že všetky dreviny mali v hĺbke hlavného objemu koreňov, ktorý je podľa ŠÁLYHO (1982) do 0,4–0,5 m, dostatočný momentálny objem vzduchu. Minimálna vzdušná kapacita je parameter, ktorý vyplýva zo stavby pôdy. Podľa FULAJTÁRA (2006) je kritická hodnota V_A pod 10 % objemu, nakoľko mikrobiálna aktivita a rast rastlín môžu byť značne potlačené. Minimálna vzdušná kapacita bola pod porastom tují západných pod hranicou 10 % už od hĺbky 0,2 m, teda hlavný objem koreňov mohol trpieť nedostatkom vzduchu, keď boli kapilárne a časť semikapilárnych pórov zaplnené vodou. Pod ostatnými drevinami sa kritické hodnoty V_A vyskytovali hlbšie ako 0,4 m.

V Arboréte Mlyňany, v porovnaní s parametrami týkajúcimi sa objemu a kapacity vzduchu v pôde, problémy nastávajú najmä v lete v dôsledku nedostatku pôdnej vlhkosti. Zo skúmaných drevín, okrem borovic čiernych, mali ostatné dreviny vysoké nároky na pôdnu vlhkosť. Dokonca tuje riasnaté a tuje východné sú schopné rásť aj v bažinatých lokalitách a pri brehoch vodných tokov. Na druhej strane, všetky skúmané dreviny boli staršie ako 80 rokov, a podľa ŠÁLYHO (1978) nedostatok vody ťažko znášajú najmä mladé rastliny, kým staršie sú odolnejšie. Podľa HRUBÍKA a iných (2011), počas mesiacov chudobných na zrážky boli v dôsledku nedostatku vody v pôde zaznamenané fyziologické prejavy na drevinách spojené najmä s predčasným žltnutím a opadom listov.

Momentálna vlhkosť pôdy (Θ) je parameter, ktorý sa počas roka veľmi mení. Najviac v povrchových vrstvách, nakoľko tam sú straty aj prírastky najväčšie a aj desukcia je najväčšia. V hlbších vrstvách sú vlhkosť pomery vyrovnaneršie a vlhkosť je obyčajne vyššia (ŠÁLY, 1978). Hodnoty momentálnej vlhkosti pôdy sú uvedené v tabuľke 1. TUŽINSKÝ (2004) uviedol, že najväčším suchom trpia dreviny v danej oblasti v letných mesiacoch. Tento poznatok vyplýva z podrobného lesníckeho hydroopedologického prieskumu, ktorý sa vykonáva už od roku 1980 v dubovom poraste v Čifároch vzdialených od Arboréta len 20 km, preto sa do úvahy zobrali dlhodobé merania dynamiky vlhkosti pôdy, urobené na tejto lokalite. TUŽINSKÝ (2004) konštatoval, že najväčšie zásoby vody boli zaznamenané v období medzi zimnými a jarnými mesiacmi. Intenzívny pokles vlhkosti pôdy najčastejšie začína v prvej dekáde mája. Vysúšacia fáza vrcholí v letných mesiacoch. Zásoby pôdnej vody v tomto období kolíšu v rozmedzí medzi bodom zníženej dostupnosti a bodom vädnutia (semiaridný interval). Mimoriadne nebezpečnými bývajú suché periódy, ktoré sa v najväčšej miere vyskytujú v letných mesiacoch a vlhkosť pôdy v týchto obdobiach býva v semiaridnom intervale.

Keďže v lokalite Arboréta a jeho blízkom okolí prevládajú v letnom období a začiatkom jesene nepriaznivé vlhkosť pomery pôdy, rozšírenie závlahy, vodných plôch a jazier ako i vybudovanie studne navrhnuté HRUBÍKOM a HOŤKOM (2007) sa považuje za vhodné opatrenie nasmerované na kompenzáciu nedostatku vlahy v Arboréte.

ZÁVER

Pôda v skúmaných profiloch bola druhovo piesčito-hlinitá, prachovito-hlinitá, hlinitá, piesčito-ílovito-hlinitá a ílovito-hlinitá, teda textúrne stredná.

Veľké rozdiely v textúrnom zložení jednotlivých horizontov v profile pod borovicami boli zapríčinené aj obsahom skeletu.

Ílom obohatené luvické horizonty a luvické mramorované horizonty boli zhutnené.

Vysoký objem nekapilárnych pórov vo vrchných vrstvách profilov pod tujami riasnatými, smrekmi a borovicami poukazoval na dobrú drenážnu schopnosť týchto pôd čo môže viesť k prejavom nedostatku vody. Avšak zvýšený obsah ílu v Bt a Btg horizontoch bol sprevádzaný 74–85 % zastúpením kapilárnych pórov z celkovej pórovitosti a zároveň zvýšenou retenčnou vodnou kapacitou.

POĎAKOVANIE

Prezentované výsledky sú súčasťou riešenia projektu VEGA 1/0084/13 MŠVVŠ SR.

LITERATÚRA

- BURGER, J.A. – KELTING, D.L. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. In: *Forest Ecology and Management*. Vol. 122, 1999. p. 155–156.
- CIFRA, J. 1958. Stručná charakteristika pôdnych pomerov Arboréta Mlyňany. In: *Prírodné podmienky Arboréta Mlyňany I: zborník prác*. Bratislava: SAV. s. 79–96.
- FREY, B. – KREMER, J. – RÜDT, A. – SCIACCA, S. – MATTHIES, D. – LÜSCHER, P. 2009. Compaction of forest soils with heavy logging machinery affects soil bacterial community structure. In: *European Journal of Soil Biology*, vol. 45, 2009, no. 4, p. 312–320.
- FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2006. 142 s. ISBN 80–89128-20-3.
- HRAŠKO, J. – ČERVENKA, L. – FACEK, Z. – KOMÁR, J. – NĚMEČEK, J. – POSPÍŠIL, F. – SIROVÝ, V. 1962. *Rozbory pôd*. Bratislava: Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, 1962. 335 s.
- HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČÍKOVÁ, et al. 2011. *Jednotné pracovné postupy rozborov pôd*. Bratislava: VÚPOP, 2011. 136 s.
- HRUBÍK, P. – HOŤKA, P. – FOGADOVÁ, K. – KUBA, J. 2011. Klimatické podmienky Arboréta Mlyňany SAV vo Vieske nad Žitavou za obdobie 1971–2011. In: *Zborník referátov z vedeckej konferencie: Dendrologické dni v Arboréte Mlyňany, SAV 2011*. 22. 11. 2011. Vieska nad Žitavou: Arborétum Mlyňany SAV. s. 66–73. ISBN 978–80-970849–8-1.
- HRUBÍK, P. – HOŤKA, P. 2007. Charakteristika klimatických podmienok Arboréta Mlyňany SAV za obdobie 1971–2006 (2007). In: *Aklimatizácia a introdukcia drevín v podmienkach globálneho otepľovania: zborník abstraktov z konferencie s medzinárodnou účasťou* [CD-ROM]. Vieska nad Žitavou: Arborétum Mlyňany SAV. 2007. s. 28–37. ISBN 978–80-969760–1-0.
- MKSP. 2014. *Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2014. 96 s. ISBN 978–80-8163–005-7.
- STEINHÜBEL, G. 1957. *Arborétum Mlyňany v minulosti a dnes*. Bratislava: SAV, 1957. 145 s.
- ŠÁLY, R. 1978. *Pôda základ lesnej produkcie*. Bratislava: Príroda, 1978. 235 s.
- ŠÁLY, R. 1982. *Pedológia a mikrobiológia*. Zvolen: Vysoká škola lesnícka a drevárska, 1982. 383 s.
- TUŽINSKÝ, L. 2004. Vplyv meteorologických činiteľov na dynamiku vlhkosti pôdy a zásoby využiteľnej vody v dubovom ekosystéme. In: *Tretie pôdozvedecké dni na Slovensku*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2004, s. 367–372. ISBN: 80–89128-11–4.

HODNOTENIE OBSAHOVEJ SPRÁVNOSTI MÁP BPEJ POMOCOU JEDNODUCHÉHO SÚBORU MORFOLOGICKÝCH ÚDAJOV O PÔDE

THEMATIC ACCURACY ASSESSMENT OF THE LAND-EVALUATION MAPS WITH DATASET ON SIMPLE SOIL MORPHOLOGICAL PROPERTIES

**Rastislav SKALSKÝ, Pavol BEZÁK, Rastislav DODOK, Jozef KOREŇ,
Emil FULAJTÁR**

*Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy,
Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: r.skalsky@vupop.sk*

Abstrakt

Mapy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ) v mierke 1:5 000 slúžia na Slovensku ako zdroj informácií o kvalite pôdy pre mnohé rozhodovacie procesy vrátane projektov pozemkových úprav. Nevyhnutný krok v rámci každého projektu pozemkových úprav je aktualizácia máp BPEJ. Cieľom našej práce bolo v rámci zvoleného modelového územia zhodnotiť obsahovú správnosť máp BPEJ. Navrhli sme vzorkovaciu sieť pozostávajúcu zo 66 bodových pozorovaní. Pre každý bod sme zaznamenali päť jednoduchých morfológických charakteristík pôdy (farbu, plasticitu, obsah karbonátov, obsah skeletu a prítomnosť redox znakov). Tieto údaje sme porovnali s morfológickými údajmi zodpovedajúcimi príslušnému areálu BPEJ. Výsledky ukázali, že prevažná väčšina pozorovaní súhlasila s mapovanými pôdnymi jednotkami. Praktický význam hodnotenia obsahovej správnosti vidíme v možnosti identifikácie problémových miest v rámci obvodov pozemkových úprav, ktoré môžu vyžadovať podrobnejší pôdny prieskum.

Kľúčové slová: zber údajov o pôde, pôdny prieskum, mapy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek, projekty pozemkových úprav

Abstract

Land evaluation maps in 1:5.000 scales (BPEJ maps) serve the source of information on soil quality for many legal processes in Slovakia also including land reclamation projects. Updating of BPEJ maps is necessary step of each land reclamation project. The aim of our study was to assess thematic accuracy of BPEJ maps in selected pilot area. We designed random stratified sampling scheme consisting of 66 point soil observations. We have recorded set of five simple morphological soil characteristic (colour, plasticity, calcium carbonates, stones, redox) for each point. We compared this data to expected range of morphological properties of the corresponding BPEJ map polygon. From the results we have found that vast majority of

observations agreed with mapped soil units. We see the practical importance of the thematic accuracy assessment in identifying the hot-spots within the land reclamation project areas which could possibly require more detailed soil survey.

Keywords: collection of the soil data, soil survey, maps of land quality evaluation, land reclamation projects

ÚVOD

Mapy BPEJ sú na Slovensku základným nástrojom realizácie národnej aj nadnárodnej politiky ochrany pôdy. Súbor máp BPEJ predstavuje tematické mapové dielo pôvodne spracované na podklade štátnej mapy odvodené v mierke 1 : 5 000 (ŠMO), ktoré bolo neskôr prevedené do digitálnej podoby (LINKEŠ a iní 1996). Mapy BPEJ sú okrem iného aj podkladom pre spracovávanie projektov pozemkových úprav na Slovensku. Zabezpečenie ich maximálnej obsahovej správnosti je v tomto procese kľúčové. Preto v rámci spracovávaných projektov pozemkových úprav je časť aktivít venovaná aktualizácii hraníc a obsahu máp BPEJ. V súčasnosti neexistuje jednotný postup pre terénny pôdny prieskum a spracovanie údajov, ktorý by v prípade potreby umožňoval zber a spracovanie údajov práve pri aktualizácii máp BPEJ štandardizovaným spôsobom. Existujú iba všeobecné alebo špecificky zamerané záväzné postupy prieskumu a mapovania pôdy používané u nás (ČURLÍK a ŠURINA 1998, ČURLÍK *et al.* 1997) či vo svete (napr. FAO 2006, SHOENEGER *et al.* 2002).

Existuje množstvo prístupov k štandardizovanému zberu údajov o pôde a mapovaniu pôdy ako aj k hodnoteniu správnosti pôdnych máp. Väčšina týchto prístupov je založená na vzorkovaní pôdy, jej popise a analýzach a následnom porovnaní a vyhodnotení zhody resp. nezhody na úrovni obsahu pôdnej mapy a pozorovania (napr. ROSSITER 2014, HENGL a HUSNIAK 2006). Hodnotenie správnosti je možné vnímať z pohľadu priestorovej správnosti, obsahovej správnosti alebo kombinovane.

Cieľom našej práce je vytvorenie a pilotná aplikácia jednoduchého postupu pre hodnotenie miery obsahovej správnosti máp BPEJ, ktoré by mohlo byť potenciálne implementované do prípravy projektov pozemkových úprav v časti aktualizácia podkladov o cene pôdy. Naša pozornosť je zameraná hlavne na návrh vhodnej siete pozorovaní, zber údajov o pôde a ich porovnanie s mapou BPEJ.

MATERIÁL A METÓDY

Modelové územie

Situáciu obvodu pozemkových úprav sme sa rozhodli simulovať pomocou pozemkov v užívaní jedného poľnohospodárskeho subjektu (PD Rišňovce) v celkovej výmere 2054 ha.

Územie leží v rámci zvlneného reliéfu Nitrianskej pahorkatiny. Prevládajúcimi pôdnymi typmi sú černozy a hnedozemy v mozaike s erodovanými formami týchto pôd či regoze-

mami; lokálne v rámci alúvia sa vyskytujú čiernice a menej fluvizeme. Substráty pôd sú prevažne štvrtohorné sedimenty (spraše, eolicky redeponované piesčité neogénne sedimenty a aluviálne sedimenty). V ich podloží sa nachádzajú prachovo-ílovité a piesčité sedimenty morského neogénu, ktoré miestami vychádzajú až na povrch. V záujmovom území prevládajú stredne ťažké a ľahké pôdy.

Výber miest pozorovania pôdy

Miesta pozorovania pôdy sme navrhli ešte pred zahájením samotného terénneho prieskumu. Vytvorili sme dve priestorovo sa prekrývajúce štvorcové siete s rozlíšením 250 m a 500 m pokrývajúce celé modelové územie. Následne sme vytvorili bodové pole, ktorého jednotlivé body sa nachádzali v priesečníku každého 250 m štvorca. Miesta pozorovania pôdy sme následne vybrali tak, že v rámci každého 500 m štvorca sme postupne z jeho ľavého horného kvadrantu hľadali práve jeden bod 250 m bodového poľa, ktorý sa nachádzal v rámci hraníc záujmového územia a zároveň sa v tomto kvadrante nenachádzalo žiadne existujúce pozorovanie pôdy. Celkom sme takto pre záujmové územie vybrali 66 bodov.

Zber údajov o pôde

V rámci terénneho prieskumu sme pomocou GPS lokalizovali každý bod a vyvrtali pôdnu sondu do hĺbky 120 cm. Pôdnu sondu sme dokumentovali pomocou fotografií a popísali pomocou jednoduchého súboru morfológických vlastností pôdy: farba, plasticita, prítomnosť karbonátov, obsah skeletu a prítomnosť znakov oxidačno-redukčných procesov (Tab. 1). Morfológický popis sme robili pre štyri vopred definované hĺbkové intervaly (0–30 cm, 30–60 cm, 60–90 cm, 90–120 cm).

Tab. 1 Súbor morfológických vlastností pôdy a ich kódovanie použité v rámci terénneho prieskumu v záujmovom území

Kód	Klasifikácia
F (farba, meranie na základe Munsellových tabuliek)	
0	iná ako niektorá z nižšie uvedených farieb (ochrický horizont, akumulovaný horizont, glejové horizonty)
1	VAL \leq 3,5 a CHR \leq 3,5 (farba molického alebo umbrického horizontu)
2	a) VAL 4 alebo VAL 5 a CHR 6 alebo CHR 8 alebo b) VAL 6 a CHR 8 (farba luvického, kambického alebo podzolového horizontu)
3	VAL $>$ 6 a CHR $>$ 3 (farba substrátového horizontu – najmä spraš)
P (plasticita, poľný test s navlhčenou vzorkou, šúľanie valčekov, rôznych priemerov, dĺžka 4 cm)	
0	neplastická (nedá sa vyšúľat valček, nedá sa vytvárať guľa s priemerom 15–20 mm)
1	veľmi slabo plastická (dá sa vytvárať guľa s priemerom 15–20 mm, 6 mm valček sa láme alebo ohýba)
2	slabo plastická (dá sa vytvárať 6 mm valček, ktorý sa neláme a neohýba)
3	plastická (dá sa vytvárať 4 mm valček, ktorý sa neláme a neohýba)
4	veľmi plastická (dá sa vytvárať 2 mm valček, ktorý sa neláme ani neohýba)

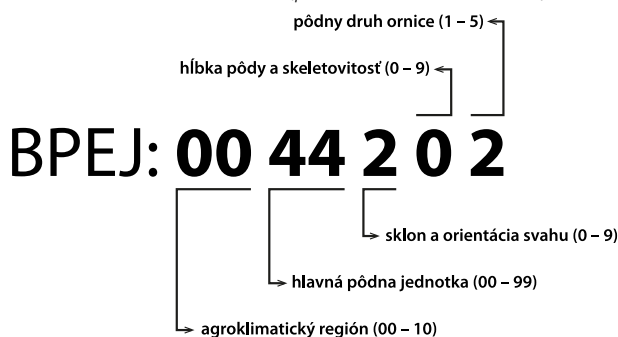
Kód	Klasifikácia
K (karbonáty, skúška so zriedenou HCl - šumenie)	
0	nešumí, nepraská, slabo praská (nekarbonátová pôda)
1	praská, slabo šumí, šumí (karbonátová pôda)
2	silno, búrlivo šumí (výrazne karbonátová pôda, karbonátmi obohatený horizont)
S (skelet, vizuálne posúdenie objemového zastúpenia častíc nad 2 mm, s výnimkou novotvarov)	
0	< 5 %, bez skeletu
1	5 – 10 %, s prímесou skeletu
2	10 – 25 %, slabo skeletnatá
3	25 – 50 %, stredne skeletnatá
4	> 50 %, silno skeletnatá
R (redox znaky, vizuálne posúdenie na základe farebnej vzorky pôdy pod vplyvom redox procesov)	
0	bez prítomnosti oxidačno-redukčných znakov alebo < 10 % matrice premenenej oxidačno-redukčnými procesmi ak zastúpenie oxidačných novotvarov v premenenej matrici > 80% alebo < 20 % matrice premenenej oxidačno-redukčnými procesmi ak zastúpenie oxidačných novotvarov v premenenej matrici < 80 %
1	> 10 % premenenej matrice a > 80% oxidačných novotvarov v premenenej matrici (znaky glejového oxidačného horizontu)
2	> 20 % premenenej matrice a 10 – 80 % oxidačných novotvarov v premenenej matrici (znaky glejového oxidačno-redukčného horizontu alebo náznaky mramorovaného horizontu)
3	> 80 % premenenej matrice a 10 – 80 % oxidačných novotvarov v premenenej matrici (znaky glejového oxidačno-redukčného horizontu a znaky mramorovaného horizontu)
4	> 90 % premenenej matrice a < 10 % oxidačných novotvarov v premenenej matrici (znaky glejového redukčného horizontu)

Porovnanie a vyhodnotenie obsahovej správnosti máp BPEJ

Údaje o pôde sme už priamo pri ich zbere v teréne pomocou Tab. 1 kódovali v nominálnej (farba), semi-kvantitatívnej (plasticita, karbonáty, skelet) alebo kombinovanej (redox znaky) škále (c.f. SOBOCKÁ *et al.* 2013). Pre potreby hodnotenia zhody s mapou BPEJ sme pre každú sondu vytvorili binárnu maticu, kde polia predstavovali pozorovanú vlastnosť pôdy v danom hĺbkovom intervale (vlastnosť1/hĺbka1 až vlastnosť5/hĺbka4, celkom 20 polí) a riadky hodnotu vlastnosti (0 až 4, Tab. 1). Hodnotu 1 sme v danom poli priradili tomu riadku, ktorý zodpovedal záznamu terénneho pozorovania.

Zo zoznamu všetkých BPEJ zo záujmového územia sme vytvorili skrátený zoznam tvorený kódom hlavnej pôdnej jednotky a kódom pôdneho druhu ornice (ďalej ako PEU, Obr. 1). Získali sme celkom 22 jedinečných kombinácií PEU. Pre každú PEU sme následne vytvorili binárnu maticu, kde polia predstavovali vlastnosť pôdy v danom hĺbkovom intervale (vlastnosť1/hĺbka1 až vlastnosť5/hĺbka4, celkom 20 polí) a riadky hodnotu, ktorú môžu tieto vlastnosti nadobúdať (0 až 4, Tab. 1). Hodnotu 1 sme v danom poli priradili všetkým riadkom, ktorú daná vlastnosť v danom hĺbkovom intervale môže podľa použitej klasifikácie pôdy (Linkeš *et al.* 1996) nadobúdať.

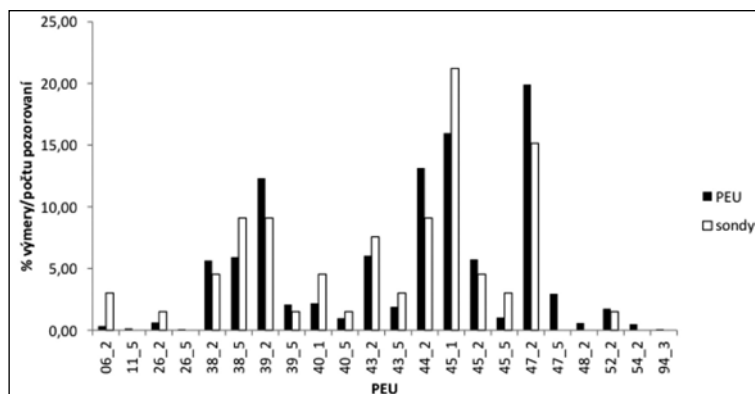
Každý pozorovanej sonde sme podľa jej príslušnosti k areálu BPEJ priradili kód PEU. Ná-

Obr. 1 Štruktúra kódu BPEJ (podľa: LINKEŠ *et al.* 1996)

sledne sme navzájom porovnali binárnu maticu každej sondy s binárnou maticou PEU (súčet matíc) a na základe výsledku identifikovali, či pozorovaná vlastnosť pôdy je alebo nie je v súlade vlastnosťami platnými pre danú PEU. Pre každú sondu sme následne vyrátali výsledné skóre ako percentuálne zastúpenie nezhodných prípadov.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

V rámci územia sme identifikovali nasledovné hlavné pôdne jednotky (podľa LINKEŠ *et al.* 1996): 06 (fluvizeme kultizemné, stredne ťažké), 11 (fluvizeme kultizemné glejové, stredne ťažké), 26 (čiernice kultizemné glejové, stredne ťažké), 38 (regozeme a černoze erodované na spraši, stredne ťažké), 39 (černoze kultizemné a černoze kultizemné hnedozemné na spraši, stredne ťažké), 40 (černoze kultizemné a černoze kultizemné hnedozemné na piesočnatých substrátoch, ľahké), 43 (černoze kultizemné erodované a regozeme na spraši, stredne ťažké), 44 (hnedozeme kultizemné na spraši, stredne ťažké), 45 (hnedozeme kultizemné až hnedozeme kultizemné luvizemné na sprašových hlinách, stredne ťažké, ľahké), 47 (regozeme a hnedozeme kultizemné erodované na spraši, stredne ťažké), 48 (hnedozeme

Obr. 2 Pokrytie jednotlivých PEU pozorovaniami pôdy v rámci záujmového územia (kód PEU: prvé dvojčíslo vyjadruje hlavnú pôdnu jednotku, číslo za podčiaričkom vyjadruje pôdny druh ornice)

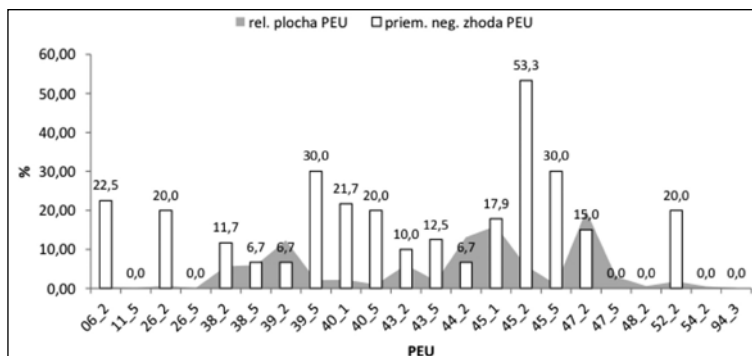
kultizemné luvizemné na hlinách s prímiesou skeletu, stredne ťažké), 52 (hnedozeme kultizemné erodované a regozeme na neogénnych sedimentoch, stredne ťažké), 54 (hnedozeme a regozeme na výrazných svahoch, stredne ťažké až ťažké) a 94 (gleje, stredne ťažké, ťažké až veľmi ťažké).

Pôdne druhy ornice, ktoré sme identifikovali v záujmovom území sú (podľa LINKEŠ *et al.* 1996): 1 (ľahké pôdy – piesočnaté a hlinito-piesočnaté), 2 (stredne ťažké pôdy – hlinité), 3 (ťažké pôdy, ílovito-hlinité) a 5 (stredne ťažké pôdy ľahšie, piesočnato-hlinité).

Na obrázku 2 je porovnaná relatívna výmera PEU (%) a relatívna početnosť pozorovaní pôdy (%) z celkového počtu 66 príslušných k danej PEU. Relatívne výmery a relatívne počty pozorovaní sú v dobrej zhode. Metóda stratifikovaného náhodného výberu, ktorú sme navrhli a použili pri výbere bodov pre pozorovanie pôdy sa teda ukázala ako vhodná. Výsledky vzájomného porovnania vlastností pôdy a prípustných vlastností PEU sú v agregovanej podobe (podľa jednotlivých PEU) uvedené na obrázku 3. Priemerné hodnoty nezhody vlastností pre jednotlivé PEU sa pohybujú v intervale od 6,7 % (najvyššia zhoda) po 53,3 % (najnižšia zhoda). Pre všetky plošne významné PEU sa úroveň nezhody pohybuje do hodnoty 20 %, t.j. v priemere viac ako 80 % pozorovaných vlastností pôdy bolo v súlade s očakávanými vlastnosťami PEU.

Pri hodnotení priestorového rozloženia zhody medzi pozorovaniami a mapou BPEJ sme na väčšine územia pozorovali dobrú zhodu (Obr. 4a). Pre 56 pozorovaní z celkového počtu 66 (84,9 %) sa profilové vlastnosti zistené terénnym prieskumom zhodovali s očakávanými vlastnosťami PEU na viac ako 75 %. Iba pri dvoch pozorovaniach (3,0 %) sme zistili nízku zhodu pozorovaných vlastností s očakávanými vlastnosťami PEU (25% a menej). Celkom 8 pozorovaní z celkového počtu 66 (12,1 %) malo zhodu pozorovaných vlastností s očakávanými vlastnosťami PEU v rozmedzí 25 – 75 %.

Obr. 3 Priemerné hodnoty nezhody pozorovaní s očakávanými vlastnosťami PEU

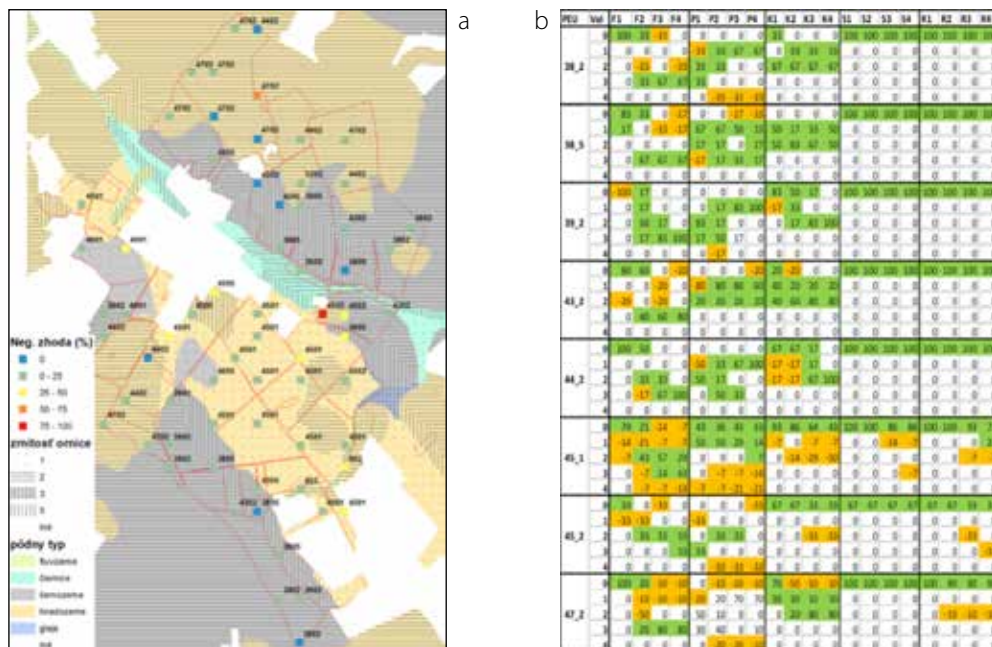


Dôvodom veľmi zlej pozorovanej zhody vlastností pôdy a očakávaných vlastností PEU (2 pozorovania s negatívnou zhodou 75 % a viac) bolo v jednom prípade pozorovanie v mieste lokálneho antropického poškodenia pôdy v blízkosti intravilánu obce, ktorého plošný rozsah bol pod rozlišovacou úrovňou mapy BPEJ 0,25 ha (LINKEŠ *et al.* 1996). V druhom prípade sa jednalo o špecifickú situáciu, keď v mieste pozorovania v rámci PEU 47_2 (regozeme na spraši)

vystupovali až na povrch podložné neogénne sedimenty. Vlastnosti pôdy zodpovedali HPJ 54, ktorá je inde v území mapovaná. Nižšiu úroveň zhody (25–75 %) zistenú pri 8 pozorovaniach pripisujeme zložitosti pôdnych podmienok na kontakte pahorkatiny a alúvia v strednej časti záujmového územia. Toto územie by pri aktualizácii mapových podkladov BPEJ vyžadovalo zvýšenú pozornosť.

Na obrázku 4b uvádzame podrobné porovnanie pre všetky PEU s relatívnym plošným zastúpením v rámci záujmového územia viac ako 5 %. Výsledky poukazujú na to, že aj napriek celkovo nízkej priemernej úrovni nezhody (Obr. 3), vo viacerých prípadoch sa jedná o nezhodu, ktorá je významná z hľadiska klasifikácie PEU. Napríklad farba vo vrstve 1 (F1) s hodnotou 1 (molický horizont) pre PEU 45_1 (hnedozeme na sprašových hlinách) je v príkroch rozpore s použitou klasifikáciou pôdy, podľa ktorej hnedozem nemôže mať povrchový horizont s farbou molického horizontu (diagnostický znak černozeme). Táto nezhoda sa však na úrovni celkového skóre pre dané pozorovanie prejaví iba minimálne. V podmienkach záujmového územia má naopak nižší význam nezhoda v obsahu skeletu alebo prítomnosti redox znakov v hlbších častiach pôdneho profilu (vrstva 4). Tento problém by mohlo vyriešiť váženie významnosti jednotlivých vlastností pôdy (napr. SOBOCKÁ *et al.* 2013).

Obr. 4 Priestorové rozloženie výsledkov porovnania negatívnej zhody pozorovaní a vlastností PEU (a) a vnútorná štruktúra zhody a nezhody pozorovaní (vyjadrená ako % počtu pozorovaní) pre PEU s relatívnou výmerou viac ako 5 % záujmového územia (b); čísla na mape vyjadrujú kód PEU, hodnota (Val) podľa tabuľky 1



ZÁVER

Vytvorili a otestovali sme spôsob hodnotenia obsahovej správnosti máp BPEJ založený na údajoch o morfológických vlastnostiach pôdy, ktoré je možné jednoducho a objektívne popísať priamo v teréne. Vzorkovanie pôdy prebieha v rámci vopred zvolenej vzorkovacej siete, ktorá rešpektuje pôvodné rozloženie pozorovaní pôdy.

V rámci simulovaného obvodu pozemkových úprav sme zozbierali vzorku pozorovaní, ktoré svojou početnosťou dobre korešpondovali s plošným zastúpením pôd v záujmovom území. Zistili sme dobrú zhodu medzi terénnymi pozorovaniami a mapou BPEJ. Celkom 56 pozorovaní z 66 (84,9 %) sa s mapou BPEJ zhodovalo na viac ako 75 %. Iba pri dvoch pozorovaniach (3,0 %) sme zistili nízku zhodu s mapou (okolo a menej ako 25 % vlastností). Tento výsledok považujeme za dobrý a obsahovú správnosť máp BPEJ považujeme v prevažnej časti modelového územia za veľmi dobrú. Zatiaľ slabou stránkou prezentovaného prístupu je podľa nás absencia váženia významnosti jednotlivých vlastností pôdy.

Výsledky hodnotenia obsahovej správnosti máp BPEJ majú podľa nás v procese realizácie projektov pozemkových úprav predovšetkým indikačný charakter. Poukazujú na výskyt možných nezrovnalostí v mapových údajoch BPEJ a bližšie priestorovo určujú územia, ktorým je potrebné venovať pri pôdnom prieskume zvýšenú pozornosť.

LITERATÚRA

- ČURLÍK, J. – ŠURINA, B. 1998. *Príručka terénneho prieskumu a mapovania pôd*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 134 s., ISBN 80–85361-37-X
- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. – ŠURINA, B. 1997. *Metodika pre zostavenie pôdných a pedogeochemických máp*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 50 s., ISBN 80–85361-38–8
- FAO, 2006. *Guidelines for soil description*. Fourth edition. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 97 s., ISBN 92–5-105521–1
- HENGL, T. – HUSNJAK, S. 2006. Evaluating Adequacy and Usability of Soil Maps in Croatia. *SSSAJ* Vol. 70 No. 3, s. 920–929
- LINKEŠ, V. – PESTŮN, V. – DŽATKO, M. 1996. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 103 s., ISBN 80–85361-19–1
- ROSSITER, D.G. 2014 [online]. *Technical Note: Statistical methods for accuracy assesment of classified thematic maps*. Technical Report ITC, Enschede, NL. 43 s. Dostupné na internete <http://www.css.cornell.edu/faculty/dgr2/teach/R/R_ac.pdf>, stránka navštívená 30/07/2015
- SCHOENEBERGER, P.J. – WYSOCKI, D.A. – BENHAM, E.C. – BRODERSON, W.D. (Eds.), 2002. *Field book for describing and sampling soils*. Version 2.0. Lincoln, NE: USDA-NRCS, 105 s.
- SOBOCKÁ, J. – HUTÁR, V. – BALKOVIČ, J. 2013. *Využitie pedometrických metód pri klasifikácii a mapovaní pôd*. Metodická príručka. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 56 s. ISBN: 978–80-8163–002-6

MONITORING VÝSKYTU DUSIČNANOV V DRENÁŽNYCH VODÁCH SLOVENSKA

MONITORING OF NITRATES IN DRAINAGE WATERS OF SLOVAKIA

Igor SOBOCKÝ, Vladimír PÍŠ, Dušan NÁGEL

*NPPC - Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 821 13 Bratislava,
e-mail: i.sobocky@vupop.sk*

Abstrakt

Straty dusíka sú jedným z najzávažnejších problémov poľnohospodárstva, pretože dusičnanový ión vzhľadom na svoje fyzikálno-chemické vlastnosti nie je schopný sa v pôde špecificky sorbovať. Takto dochádza v priebehu roka často k možnostiam vyplavovania dusíka z pôdy vo forme dusičnanových aniónov do drenážnych systémov a odtiaľ potom do podzemných a povrchových vôd. Z environmentálneho hľadiska je to veľmi vážny problém, závažným sa stáva najmä znečistenie podzemných vôd ako zdroja pitnej vody a povrchových vôd prostredníctvom drenážnych vôd odvádzaných melioračnými zariadeniami z poľnohospodársky využívaných pôd do recipientov. V jednotlivých regiónoch Slovenska bol v monitorovanom období 2005 – 2015 výskyt dusičnanov v drenážnych vodách nasledovný: *i)* v regióne Záhorskej nížiny pozorujeme postupné znižovanie jeho obsahu hlavne na lokalite Veľké Leváre a Plavecký Peter; *ii)* v regióne Podunajskej nížiny je obsah dusičnanov ustálený, najnižší je v oblasti Žitného ostrova, len na lokalitách Dvory n/Žitavou a Chotín pozorovať jeho postupné zvyšovanie; *iii)* v regiónoch Považie, Ponitrie a Pohronie pozorujeme v drenážnych vodách postupné znižovanie obsahu dusičnanov s výnimkou lokality Žilkovce; *iv)* v regióne juhoslovenských kotlín, Moldavskej nížiny a Turčianskej kotliny pozorujeme v drenážnych vodách ustálený až klesajúci trend výskytu dusičnanov.

Kľúčové slová: dusičnany, drenážne vody, zraniteľné oblasti, poľnohospodárstvo

Abstract

The losses of nitrogen are one of the most serious problems of agriculture, because the nitrate ion in view of its physical-chemical properties is unable to the specific sorption in soil. During year there occurs frequent nitrate leaching from the soil in the form of anions into the drainage system and from there into the groundwater and surface water. From the environmental point of view it is a very serious problem; it becomes particularly severe by pollution of groundwater as a source of drinking water and surface water by means of drainage water diverted through drainage facilities from agricultural land to recipients. In individual regions of Slovakia nitrates in drainage water were monitored during the period 2005 – 2015 as follows: *i)* in the region of Záhorie Lowland a gradual reduction of its content mainly in the area Leváre

and Plavecký Peter was observed; *ii*) in the region of the Danube Lowland nitrate content is stable, the lowest one is in Rye Island, only on locations Dvory nad Žitavou and Chotín can be observed the gradual increase; *iii*) in regions Považie, Ponitrie and Pohronie gradual reduction of nitrates in drainage water was observed except to Žilkovce location; *iv*) in the region Juho-slovenská basins, Moldavská Lowland and Turiec basin drainage water in steady to decreasing trend of nitrates was recognized.

Keywords: nitrates, drainage water, vulnerable areas, agriculture

ÚVOD

Poľnohospodárska činnosť predstavuje výrazný zásah človeka do prírodného prostredia a významne ovplyvňuje systém prenosu látok medzi pôdou a podzemnou vodou. V súvislosti s požiadavkami zvyšovania poľnohospodárskej produkcie a požiadavkami na čiastočnú náhradu za znižovanie výmery poľnohospodárskeho pôdneho fondu, najmä ornej pôdy sa v minulom období vytváral tlak na nárast intenzity prípravy a realizácie odvodnenia okrem iného aj preto, že odvodnenie bolo v mnohých prípadoch základnou podmienkou pre zmenu TTP na ornú pôdu. V rámci realizácie melioračného programu sa v predchádzajúcich rokoch sústredila pozornosť predovšetkým na výstavbu odvodnenia drenážou, odvodňovacích kanálov a miestnu tzv. „úpravu poľnohospodárskych tokov“, ktoré slúžili ako hlavný recipient odvedenia drenážnych vôd.

Drenážne vody významnou mierou odvádzajú živiny z poľnohospodárskej krajiny a preto môžu znamenať trvalý alebo potenciálny zdroj znečistenia, ktorým sú ohrozené najmä povrchové toky, ktoré sú ich recipientmi (MPRV SR 2001). Kvalita drenážnych vôd je závislá najmä od kvality a vlastností pôdneho profilu, z ktorého je prebytočná pôdna voda odvádzaná. Ide najmä o poľnohospodárske pôdy, ktoré sú potenciálnym zdrojom znečisťujúcich látok, či už prirodzeného alebo antropogénneho pôvodu. Problémy môžu nastať najmä v oblastiach, kde sa v poľnohospodárskej výrobe dôsledne nedbá na dodržiavanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe. Možnosti vertikálneho posunu vyplavovania najmä dusíkatých zlúčenín z pôdneho prostredia primárne podmieňuje prirodzená existencia biologických nitrifikačných procesov uvoľňujúcich rozpustné a spolu s pôdnou vodou aj mobilné dusičnany. Výskumy v tejto problematike ukazujú, že nitrátový dusík z minerálnych hnojív môže byť síce za určitých podmienok jedným, ale nie jediným zdrojom zvýšeného obsahu nitrátov v podzemných vodách (BIELEK 1996).

MATERIÁL A METÓDY

Monitoring výskytu dusičnanov v drenážnych vodách prebieha od roku 2005 a vychádza z požiadaviek smernice 91/676/EHS „Nitrátová direktíva“ alebo dusičnanová smernica (v súčasnosti platné NV SR č. 617/2004 Z.z. a zákon o vodách č. 364/2004 Z.z. v §34 a §35) je sú-

borom opatrení smerujúcich k zníženiu možností znečistenia vodných zdrojov (povrchových aj podzemných) dusičnanmi, ktoré môžu pochádzať z minerálnych a z hospodárskych hnojív (maštalný hnoj, hnojovica, močovka) a to vtedy, keď sú aplikované v nadmerných dávkach a v nesprávnom čase, alebo keď sú zle uskladňované.

Pri výbere lokalít a odberných miest účelového monitoringu drenážnych vôd sme využili zahraničné skúsenosti (Flámsko, Holandsko) s prihliadnutím na naše krajinné špecifiká a súčasné možnosti (hlavne finančné). V rokoch 2005 – 2015 bol predmetný monitoring zameraný hlavne na územie Záhorskej nížiny, územia južného a východného Slovenska (Juhoslovenské kotliny a Moldavská nížina), kde obsahy dusičnanov v predchádzajúcich monitorovaniach boli dlhodobo zvýšené až vysoké. Pokračovalo sa v monitorovaní regiónov Podunajskej nížiny, Považia, Ponitria a Pohronia. V centrálnej časti Slovenska sme sa zamerali len na oblasť Turčianskej kotliny.

Kritériá výberu lokalít a odberných miest boli nasledovné SOBOCKÝ, MINÁRIK (2006), MINÁRIK, ALENA (2005):

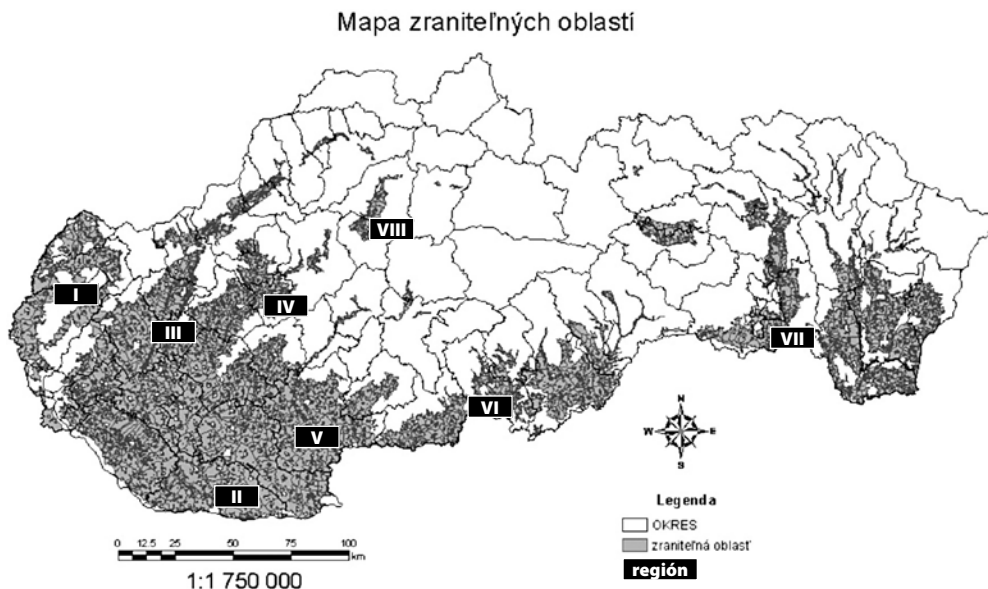
- zraniteľné oblasti Slovenska (poľnohospodársky využívané územia);
- územia s intenzívnou poľnohospodárskou činnosťou s vybudovaným odvodnením;
- primerané priestorové rozmiestnenie odberných miest po celom území Slovenska, vzhľadom na limitovaný počet (cca 30 odberných miest);
- prírodné rezervácie, chránené krajinné oblasti a vodohospodársky významné územia;
- ak bolo možné, dobrá prístupnosť lokality.

Vybrané zraniteľné územia boli rozdelené do 8 regiónov 13 oblastí a 30 odberných miest podľa charakteristických geografických a hydrografických súvislostí nasledovne (Tab. 1).

Tab. 1 *Regióny monitoringu drenážnych vôd*

Regióny	Názov	Počet oblastí/odberných miest (OM)
I. región	Záhorská nížina	3 oblasti, 7 OM
II. región	Podunajská nížina	3 oblasti, 7 OM
III. región	Považie	1 oblasť, 3 OM
IV. región	Ponitrie	1 oblasť, 2 OM
V. región	Pohronie	1 oblasť, 2 OM
VI. región	Juhoslovenské kotliny	2 oblasti, 4 OM
VII. región	Moldavská nížina	1 oblasť, 3 OM
VIII. región	Turčianska kotlina	1 oblasť, 2 OM

Na obrázku 1 je znázornená mapa zraniteľných oblastí s regiónmi monitorovania drenážnych vôd.

Obr. 1 Mapa zraniteľných oblastí SR s regiónmi monitorovania drenážnych vôd.

Vzorky vôd sa odoberali v jarnom a jesennom období pomocou odberného zariadenia do pollitrových PE fliaš. Vzorky odobratej vody boli analyzované v chemických laboratóriách NPPC – VÚPOP vykonávajúce referenčné metódy analýz. Dusíčanová smernica odporúča analyzovať nasledovné parametre vôd: pH, elektrická vodivosť, dusičnany, dusitany, amoniak, organický dusík podľa Kjeldahla, fosfor. Zbierané údaje boli uložené v centrálnej databáze Oddelenia laboratórnych činností a následne vyhodnotené počas jednej dekády. V rokoch 2005–2015 sme sa zamerali hlavne na jarne a jesenné zhodnotenie kvality drenážnych vôd, kedy dochádza k najintenzívnejšiemu vyplavovaniu dusičnanov z pôd do drenážnych zariadení a ďalej do recipientov

Obsahy dusičnanov v odobraných vzorkách drenážnych vôd boli stanovené spektrofotometricky na prietokovom segmentovom analyzátore SKALAR SAN Plus system, metódou redukcie dusičnanov na dusitany na kadmium s následnou diazotáciou kyseliny sulfanilovej a kopoláciou s alfa-naftyletyléndiaminom na červené azofarbivo. Meria sa pri vlnovej dĺžke 540 nm.

Pre vyhodnotenie výsledkov výskytu dusičnanov v drenážnych vodách sme vychádzali zo zásad programu monitorovania kvality vôd a z kritérií identifikácie vôd v zraniteľných oblastiach uvedené v prílohách zákona 364/2004 Z.z. o vodách. Stupnica znečistenia drenážnych vôd z poľnohospodárskych zdrojov dusičnanmi bola vypracovaná na základe štúdie SOBOCKÝ (2005) Tab. 2.

Tab. 2 Stupnica znečistenia drenážnych vôd z poľnohospodárskych zdrojov dusičnanmi

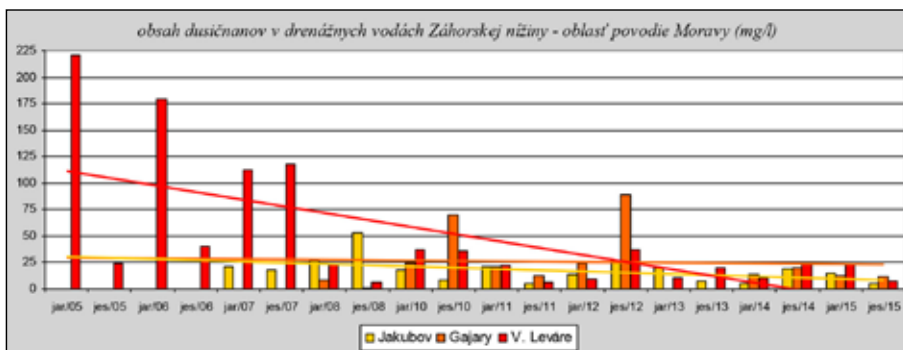
Charakteristika znečistenia	Obsah dusičnanov
nízky obsah	0 – 10 mg/l NO ₃
stredný obsah	10 – 25 mg/l NO ₃
zvýšený obsah	25 – 50 mg/l NO ₃
vysoký obsah	nad 50 mg/l NO ₃

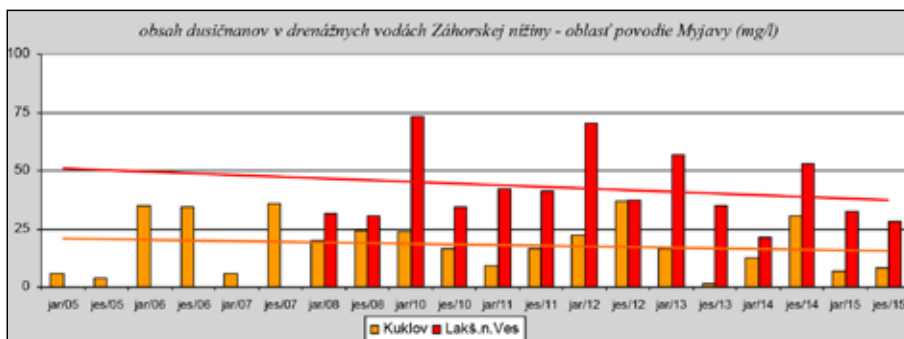
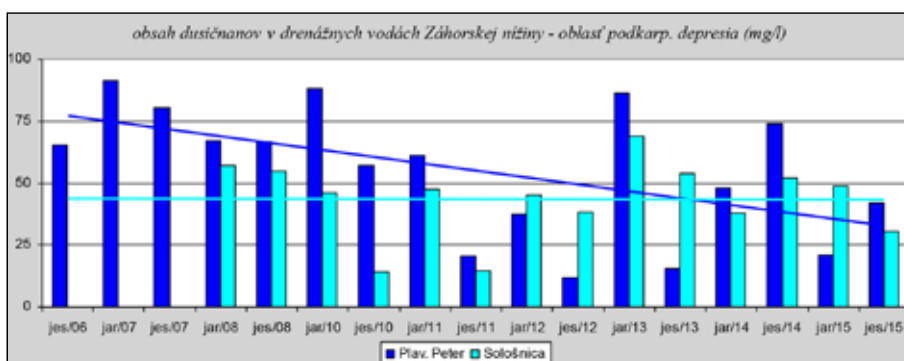
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Sledovanie chemického zloženia drenážnych vôd je zamerané hlavne na stanovenie obsahu dusičnanov, ktoré sa pri poľnohospodárskom využívaní krajiny môžu vyplavovať drenážnymi systémami do recipientov (organické hnojenie, anorganické hnojenie, úniky močovky z objektov živočíšnej výroby, nevhodne umiestnené hnojiská, atď.). Z výsledkov hodnotenia kvality drenážnych vôd v predchádzajúcich rokoch vyplýva, že ich kvalita je ovplyvňovaná veľkým množstvom ukazovateľov.

Región Záhorskej nížiny

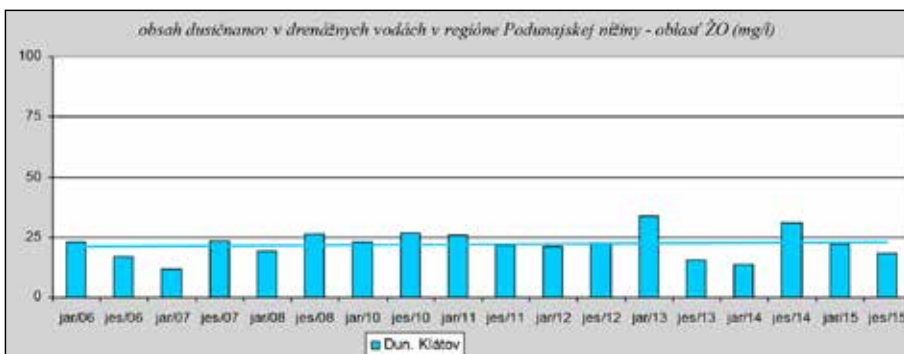
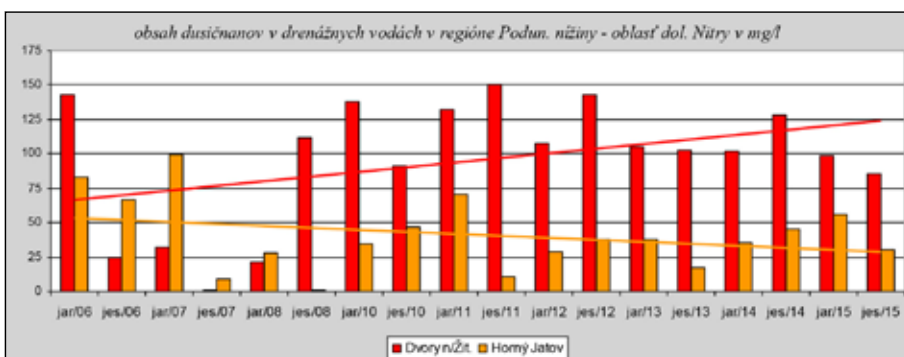
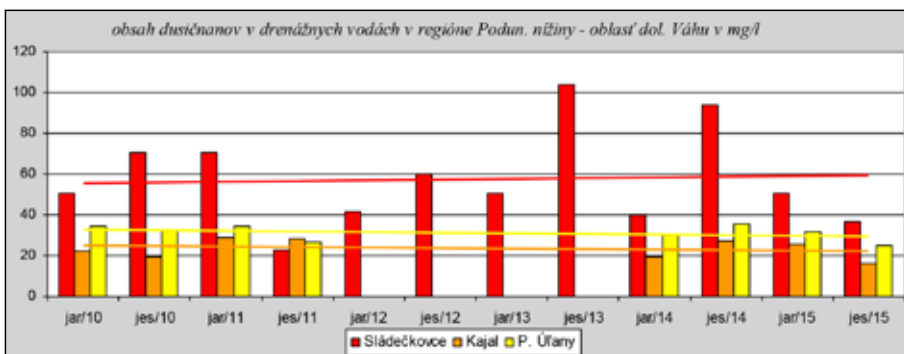
Ako vidieť z trendových čiar grafov 1a, 1b a 1c vo všetkých oblastiach Záhorskej nížiny pozorujeme pokles výskytu dusičnanov v drenážnych vodách na všetkých lokalitách. Najvýraznejší je tento pokles na lokalite Veľké Leváre, kde v roku 2008 ukončili SHR pestovanie špargle a nahradili ju bežnými obilninami. Výrazný pokles pozorujeme aj na lokalite Plavecký Peter, avšak na lokalite Sološnica je výskyt dusičnanov vyrovnaný od roku 2006 a dosahuje v priemere trvalo zvýšené hodnoty.

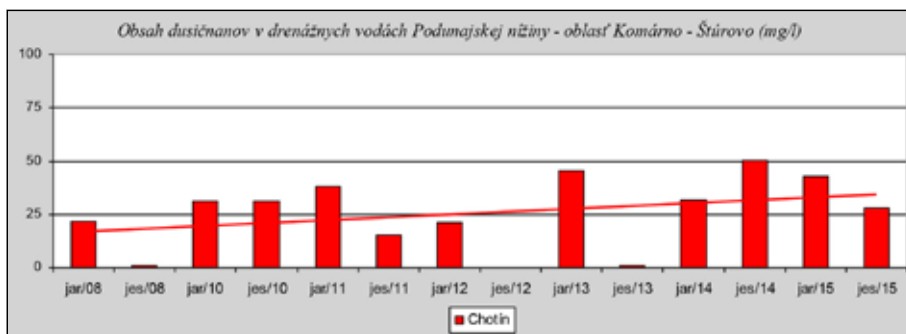
Graf 1a Záhorská nížina – oblasť povodie Moravy (Jakubov, Gajary, Leváre)

Graf 1b Záhorská nížina – oblasť povodie Myjavy (Kuklov, Lakšárska Nová Ves)**Graf 1c** Záhorská nížina – oblasť Podkarpatská depresia (Plavecký Peter, Sološnica)

Región Podunajskej nížiny

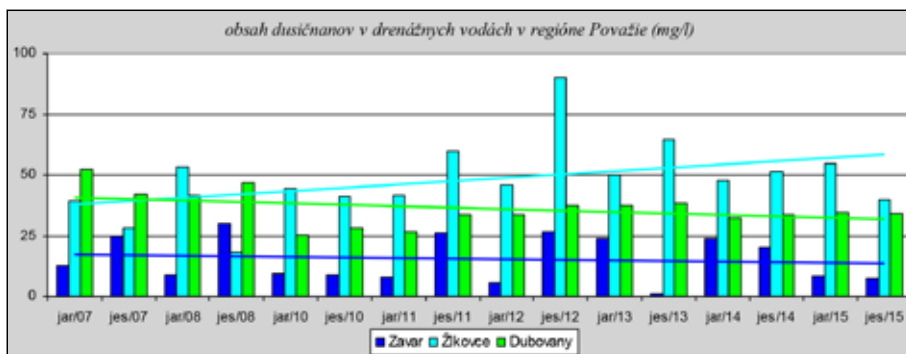
V regióne Podunajskej nížiny je výskyt dusičnanov v drenážnych vodách vyrovnaný, najnižší je v oblasti Žitného ostrova (Grafy 2a, 2b, 2c, 2d), kde je používanie hnojív značne obmedzené vzhľadom, na to, že región je vyhlásenou chránenou vodohospodárskou oblasťou. Narastajúci výskyt dusičnanov je však za sledované obdobie pozorovaný na lokalitách Chotín a hlavne Dvory n/Žitavou, kde je jeho obsah vysoký od roku 2006 a spôsobený je pravdepodobne intenzívnejším používaním dusíkatých hnojív.

Graf 2a Podunajská nížina – oblasť Žitný ostrov (Dunajský Klátov)**Graf 2b** Podunajská nížina – dolná Nitra**Graf 2c** Podunajská nížina – dolný Váh

Graf 2d Podunajská nížina – oblasť Komárno – Štúrovo

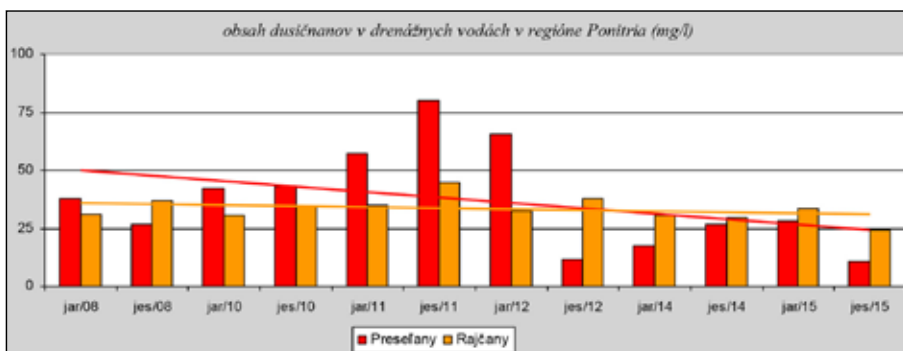
Región Považia

V tejto oblasti pozorujeme postupné narastanie výskytu dusičnanov v drenážnych vodách len na lokalite Žlkovce (Graf 3), kde hodnoty sú už vysoké, na ostatných lokalitách je výskyt dusičnanov v drenážnych vodách vyrovnaný (nízky a ž stredný).

Graf 3 Považie – oblasť Trnava – Piešťany (Zavar, Žlkovce, Dubovany)

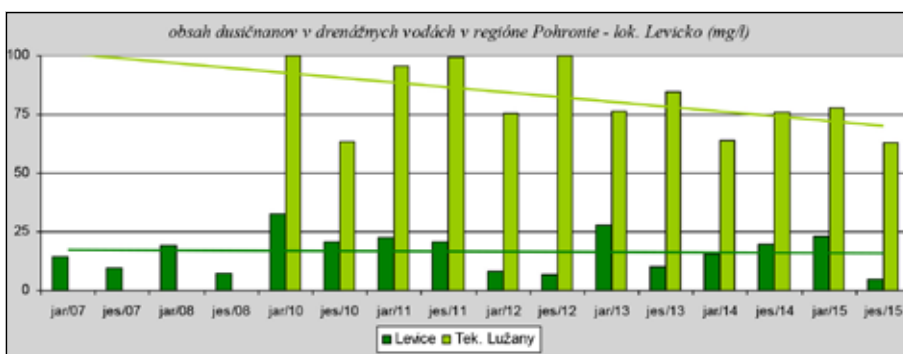
Región Ponitria

V tejto oblasti je výskyt dusičnanov v drenážnych vodách zvýšený (Graf 4), ale má od roku 2008 – 2015 vyrovnanú až klesajúcu tendenciu.

Graf 4 Ponitrie – oblasť horné Ponitrie

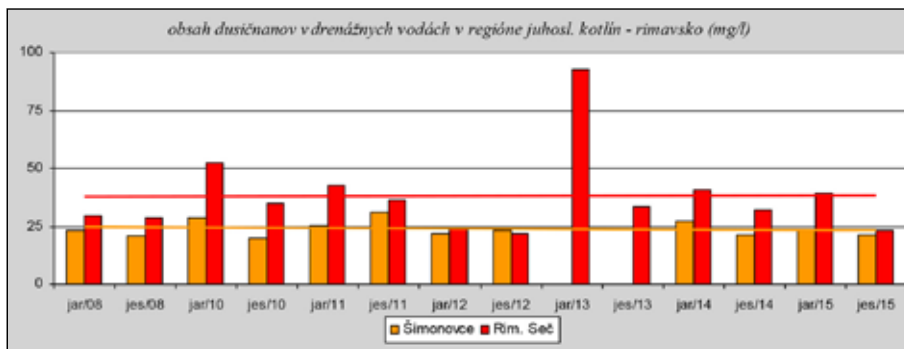
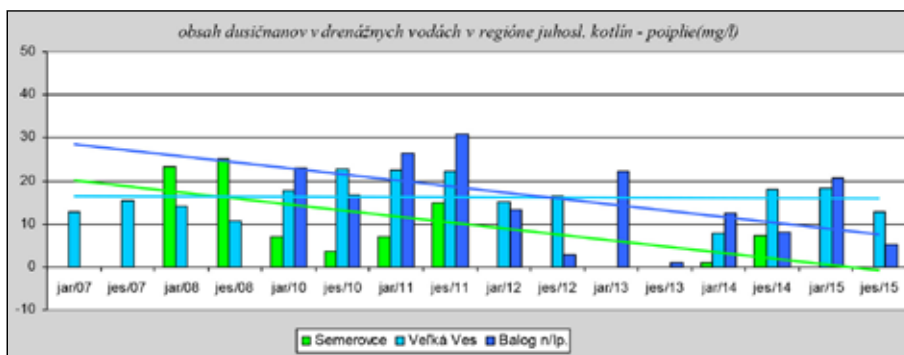
Región Pohronia

V oblasti Levicka (Pohronie) je vysoký obsah dusičnanov v drenážnych vodách pozorovaný na lokalite Tekovské Lužany avšak s klesajúcou tendenciou (Graf 5). Na lokalite Levice je obsah dusičnanov vyrovnaný a v dlhodobom priemere stredný.

Graf 5 Pohronie – oblasť Levicko (dolný Hron)

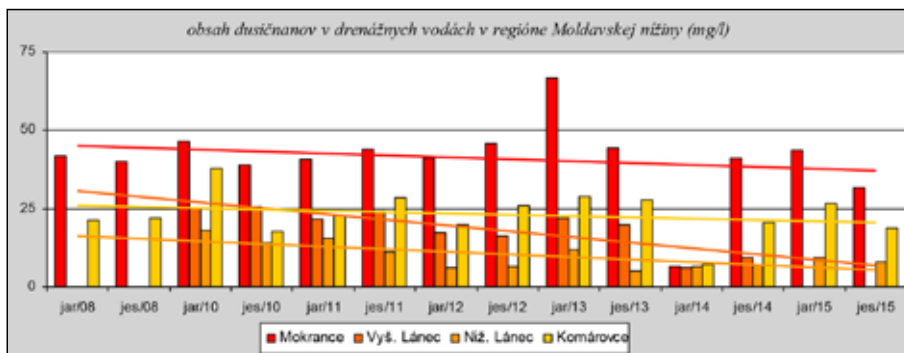
Región juhoslovenských kotlín

V oblasti juhoslovenských kotlín je výskyt dusičnanov v drenážnych vodách vyrovnaný (Rimavsko) (6a), alebo má klesajúcu tendenciu (Poipлие) – 6b.

Graf 6a Juhoslovenské kotliny – oblasť Rimavsko**Graf 6b** Juhoslovenské kotliny – oblasť Poiplie

Región Moldavskej nížiny

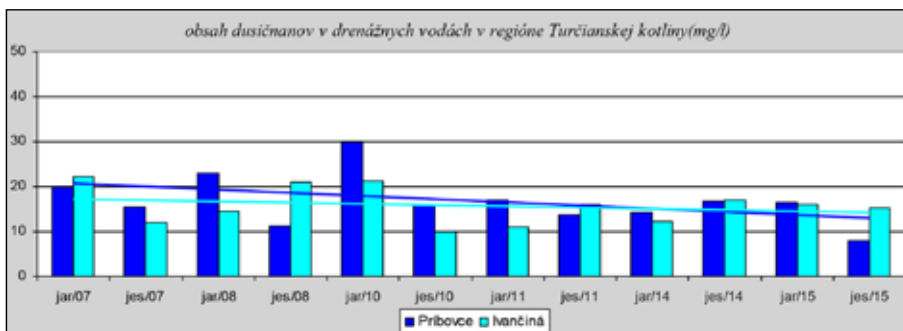
Na všetkých lokalitách oblasti Moldavskej nížiny možno v drenážnych vodách pozorovať klesajúci trend vo výskyte dusičnanov (Graf 7), v priemere je nížky, prípadne stredný až zvýšený.

Graf 7 Košická kotlina – oblasť Moldavská nížina

Región Turčianskej kotliny

Na všetkých lokalitách oblasti Turčianskej kotliny možno vo výskyte dusičnanov v drenážnych vodách pozorovať klesajúci trend, v priemere je nízky (Graf 8).

Graf 8 Turčianska kotlina – oblasť Turiec



ZÁVER

V monitorovanom období 2005–2015 bol zaznamenaný výskyt dusičnanov v drenážnych vodách nasledovný: región Záhorskej nížiny je charakterizovaný postupným znižovaním dusičnanov hlavne na lokalitách Veľké Leváre a Plavecký Peter. V regióne Podunajskej nížiny je obsah dusičnanov stabilizovaný, najvyšší je v oblasti Žitného ostrova. Avšak lokality Dvory n/Žitavou a Chotín majú trend postupného zvyšovania zrejme v dôsledku nadmerného hnojenia. V drenážnych vodách regiónov Považia, Ponitria a Pohronia pozorujeme postupné znižovanie obsahu dusičnanov s výnimkou lokality Žilkovce. Región juhoslovenských kotlin, Moldavská nížina a Turčianska kotlina majú v drenážnych vodách v priebehu jednej dekády ustálený až klesajúci trend výskytu dusičnanov.

Monitoring výskytu dusičnanov v drenážnych vodách prebieha od roku 2005 a vychádza z požiadaviek smernice 91/676/EHS o ochrane vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov (dusičnanová direktíva). Túto legislatívu museli členské štáty v termíne do dvoch rokov transponovať do svojej legislatívy. Podľa legislatívnych ustanovení boli členské štáty povinné realizovať vhodné monitorovacie programy v zraniteľných oblastiach (v poľnohospodársky využívaných územiach). V súvislosti so vstupom do EÚ Slovenská republika ukončila túto transpozíciu novelizáciou (zákon č. 555/2004 Z.z.) zákona o hnojivách č. 136/2000 Z.z.

LITERATÚRA

- BIELEK P. 1996. *Ochrana pôdy: kódex správnej poľnohospodárskej praxe v SR*. Bratislava: MP SR, VÚPOP. 54 s.
 MINÁRIK B. – ALENA J. 2005. *Plnenie programov poľnohospodárskych činností v zraniteľných oblastiach, aktualizácia ich*

- vymedzenia a monitorovania z aspektu ochrany vôd pred znečistením dusičnanmi. Závěrečná správa úlohy odbornej pomoci. Hydromeliorácie.
- MINÁRIK B. – SOBOCKÝ I. 2006. *Návrh monitoringu poľnohospodárskych činností* (ročná správa VE 3–4 2006, projekt APVT).
- MPRV SR. 2001. *Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v SR, Ochrana vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov*. Bratislava: VÚPOP, VÚVH. 56 s.
- SOBOCKÝ I. 2005. *Monitoring kvality drenážnych vôd odvádzaných z poľnohospodársky využívaných území*. Závěrečná správa za úlohu odbornej pomoci. Bratislava: VÚPOP.
- NARIADENIE VLÁDY SR Č. 249/2003 Z. Z., ktorým sa ustanovujú citlivé oblasti a zraniteľné oblasti, ktoré bolo po prijatí zákona o vodách nanovo vydané pod č. 617/2004 Z. z. – Vymedzenie zraniteľných oblastí
- NARIADENIE VLÁDY SR Č. 296/2005 Z. Z., ktorým sa ustanovujú požiadavky na kvalitu a kvalitatívne ciele povrchových vôd a limitné hodnoty ukazovateľov znečistenia odpadových vôd a osobitých vôd,
- VYHLÁŠKA MP SR Č. 392/2004 Z. Z., ktorou sa ustanovuje Program poľnohospodárskych činností vo vyhlásených zraniteľných oblastiach – Program poľnohospodárskych činností
- VYHLÁŠKA MŽP SR Č. 221/2005 Z. Z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o zisťovaní výskytu a hodnotení stavu povrchových vôd a podzemných vôd, o ich monitorovaní, vedení evidencie o vodách a o vodnej bilancii,
- VYHLÁŠKA MŽP SR Č. 224/2005 Z. Z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o vymedzení oblastí povodí, environmentálnych cieľoch a o vodnom plánovaní.
- ZÁKON Č. 555/2004 Z. Z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 136/2000 Z. z. o hnojivách a ktorý preberá do legislatívy SR Smernicu Rady 91/676/EHS o ochrane vôd pred znečistením dusičnanmi z poľnohospodárskych zdrojov.
-

VODNÁ ERÓZIA V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE A JEJ VPLYV NA ZANÁŠANIE VODNÝCH DIEL HRIČOV A ŽILINA

WATER EROSION ON AGRICULTURAL LAND AND ITS INFLUENCE UPON HRICOV AND ŽILINA WATER RESERVOIRS SEDIMENTATION

Ján STYK, Boris PÁLKA

NPPC – VÚPOP, Regionálne pracovisko Banská Bystrica, e-mail: j.styk@vupop.sk

Abstrakt

Akumulácia vodnou eróziou pretransportovaných pôdných častíc vo vodných dielach Hričov a Žilina je výsledok dlhodobého pôsobenia erózne-akumulačných procesov v povodí vodných tokov ústiacych do spomínaných nádrží. Tisíce ton pôdných sedimentov akumulovaných na dne vodných nádrží významne znižujú ich ekologickú (zabezpečenie hospodárenia s vodou denným vyrovnávaním prietokov) a ekonomickú (výroba elektrickej energie) využiteľnosť a zvyšujú náklady spojené s odstraňovaním dnových sedimentov v budúcnosti.

V súčasnosti sa čoraz väčší význam kladie na uvážení prístup k spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy uplatňovaním manažmentu založeného na detailom poznání prírodných podmienok a pôdných zdrojov s cieľom zabrániť znižovaniu celkového potenciálu a využiteľnosti územia v poľnohospodárskej krajine.

Grafické a dátové výstupy erózných predikčných modelov sú dôležitým podkladom pri zadefinovaní erózne senzitivných území, kde v súčasnej dobe prebiehajú alebo v blízkej budúcnosti môžu prebiehať procesy extrémnej vodnej erózie. Predikcia vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach širšieho okolia vodných diel je nevyhnutnou súčasťou pri vypracovaní návrhu optimálneho spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej krajiny využitím vhodných pôdoochranných metód a postupov so zámerom znížiť transport uvoľnených pôdných častíc do vodných tokov a následne do vodných nádrží v zmysle platnej legislatívy.

Kľúčové slová: vodná erózia, vodná nádrž Hričov, vodné dielo Žilina, zanášanie vodných nádrží splaveninami, erózny model USLE

Abstract

Accumulation of fine soil particles translocated by water erosion in Hricov and Zilina water reservoirs is a result of long time impact of erosive-accumulative processes in the neighbouring water streams catchments. Many thousand tons of soil sediments accumulated on the bottom of water reservoirs have an unfavourable influence on their ecology (water man-

agement in the time of extreme rainfalls) and economic (electricity energy production) function and increasing costs relating to bottom sediments removing in the next future.

In effort to prevent decreasing of general potential and exploitation of region in agriculture land is often used to emphasize the correct way of cultivation with regard to management based on the knowledge of soil-climatic conditions and their protection, as well.

Graphic and data outputs of erosion predictive models are important source to define of erosion sensitive areas on which the processes of extreme erosion are running (at present time) or could be presupposed in the future. Water erosion prediction on agricultural land of water reservoirs surrounding is an inevitable part for the elaborating of optimal way of agricultural farming by use of appropriate soil conservation measures and methods with main aim to decrease of fine soil particles transport into the water streams and water reservoirs, as well.

Keywords: water erosion, water reservoir Hricov, water reservoir Zilina, sedimentation of soil particles in water reservoirs, erosion model USLE

ÚVOD

Obdobie po kolektivizácii poľnohospodárstva bolo charakteristické intenzívnym rozvojom poľnohospodárskej výroby na veľkoplošných parcelách. Pre súčasnosť je typické pestovanie ekonomicky výhodných poľnohospodárskych plodín avšak s nízkou protieróznou účinnosťou, ktoré sa riadi takmer výlučne požiadavkami trhu. Výsledkom je akcelerovanie intenzity a plošnej distribúcie eróznno-akumulačných procesov na poľnohospodárskych pôdach. Dlhodobý alibistický prístup k riešeniu problematiky vodnej erózie v erózne senzitivnej krajine môže mať za následok znižovanie celkového potenciálu a využiteľnosti územia a zhoršovanie kvality života v ňom.

Poľnohospodárska pôda a vodné zdroje sa zaraďujú ku kľúčovým environmentálnym hodnotám, ktoré sa veľkou mierou podieľajú na ovplyvňovaní kvality života nielen v našich zemepisných podmienkach, ale na celom svete. Riešeniu problematiky zabráneniu degradácie pôd a zanášaníu vodných zdrojov splaveninami (on a off site efekty vodnej erózie) sa v súčasnom období charakteristickom globálnymi klimatickými zmenami venuje celosvetovo zvýšená miera pozornosti.

Výsledkom dlhodobého pôsobenia eróznno-akumulačných procesov v povodí vodných tokov ústiach do vodných diel Hričov a Žilina je ich zanášanie pretransportovanými pôdnymi časticami. Tisíce ton dnových sedimentov je vlastne eróziou premiestnená pôdna hmota z okolitých poľnohospodárskych a lesných pozemkov (najmä ak dochádza k ich odlesneniu). Zanášaním vodných diel sa významne znižuje ich ekologická (zabezpečenie hospodárenia s vodou denným vyrovnávaním prietokov) a ekonomická (výroba elektrickej energie) využiteľnosť a zvyšujú sa náklady spojené s odstraňovaním dnových sedimentov v budúcnosti.

V zhode s platnou legislatívou sú dnové sedimenty kvalifikované ako špeciálny odpad, ktorý je potrebné (po zanesení vodnej nádrže) vyťažiť a následne uskladniť na vybratých lokalitách, ktoré vyhovujú danému účelu. Realizácia vyťaženia dnových sedimentov z vodných

nádrží je ekonomicky veľmi náročná činnosť nakoľko zahŕňa samotnú ťažbu, dopravu a deponovanie (pri dodržaní platnej legislatívy v oblasti ochrany životného prostredia, vodného a odpadového hospodárstva).

Uváženým prístupom k spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy uplatňovaním manažmentu, založeného na detailom poznaní prírodných podmienok a pôdnych zdrojov (pri zohľadnení ich ochrany) je možné zabrániť znižovaniu celkového potenciálu a využiteľnosti územia v poľnohospodárskej krajine. Využitie výstupov erózných predikčných modelov je podkladom pri zedefinovaní erózne senzitívnych území (lokality kde v súčasnej dobe prebiehajú alebo v blízkej budúcnosti môžu prebiehať procesy extrémnej vodnej erózie). Následne je možné navrhnúť vhodný manažment hospodárenia využitím odporúčaných pôdoochranných opatrení a postupov.

V zmysle platnej legislatívy (zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy 220/2004 Z.z.) musí každý užívateľ poľnohospodárskej pôdy zabrániť, alebo minimalizovať degradačný vplyv erózie na pôdu využívaním účinných protieróznych opatrení a postupov. Straty pôdnej hmoty by nemali prekročiť limity, ktoré sú uvedené vo vyhláske MPaRV SR č. 59/2013 Z.z., ktorou sa mení a dopĺňa vyhláska MP SR č. 508/2004 Z.z., ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov (tab. 1).

Tab. 1 Limitné hodnoty odnosu pôdy pri vodnej erózii

Hĺbka pôdy	Strata pôdy (t.ha ⁻¹ rok ⁻¹)
Plytké pôdy (0,3 m)	5
Stredne hlboké pôdy (0,3 – 0,6 m)	10
Hlboké pôdy (0,6 – 0,9 m)	15
Veľmi hlboké pôdy (nad 0,9 m)	20

MATERIÁL A METÓDY

Zhodnotenie záujmového územia z pohľadu predikcie vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach širšieho okolia vodných diel je významný prvok pri vypracovaní návrhu a následnej realizácii optimálneho spôsobu obhospodarovania poľnohospodárskej pôdy využitím vhodných protieróznych opatrení a postupov s cieľom (v zmysle platnej legislatívy) znížiť transport uvoľnených pôdnych častíc do vodných tokov a následne do vodných nádrží.

Vhodným nástrojom na charakteristiku riešeného územia je predikčný erózný model, ktorého štruktúra je postavená na univerzálnej rovnici straty pôdnej hmoty – USLE (WISCHMEIER, SMITH, 1978). Z modelových výstupov je možné potenciálne určiť objemové množstvá pôdnych sedimentov splavovaných a následne sedimentovaných v spomínaných nádržiach. Výstupy sú dôležitým podkladom pri plošnom zedefinovaní erózne senzitívnych lokalít kde prebiehajú, alebo v blízkej budúcnosti môžu prebiehať procesy extrémnej vodnej erózie.

Model zohľadňuje vplyv kľúčových erózných faktorov významne ovplyvňujúcich vznik a priebeh erózne-akumulačných procesov v danej lokalite (vplyv reliéfu, erodovateľnosť pôdy,

erozivita dažďa, pôdoochranný vplyv rastlinného pokryvu a použitej agrotechniky). Podkladom na vygenerovanie vstupných digitálnych vrstiev pre model slúžia existujúce geodatabázy NPPC – VÚPOP ako sú Čiastkový monitorovací systém – Pôda (KOBZA a iní, 2014), Komplexný prieskum pôd (NĚMEČEK a iní, 1966), bonitované pôdnoekologické jednotky (DŽATKO a iní, 2008) alebo LPIS (Register poľnohospodárskej pôdy). Pre precíznejšie zhodnotenie konkrétnych záujmových území bol tento model modifikovaný v zhode s pôdno-klimatickými a geomorfologickými podmienkami Slovenska (STYK a iní, 2008, 2009).

Využitím erózneho predikčného modelu USLE získame výmery plošnej distribúcie potenciálnej a aktuálnej vodnej erózie a jej intenzitu (kategórie erodovanosti od nízka až po extrémna). Potenciálna vodná erózia vyjadruje potenciál pôdy podliehať erózii, čo predstavuje možné (teoretické) ohrozenie pôdy eróznou-akumulačnými procesmi v prípade, keď sa na nej nenachádza žiadny rastlinný pokryv (ŠÚRI a iní, 2002). V podstate sa jedná o najhorší možný scenár, ktorý môže na pôde nastať.

Aktuálna vodná erózia predstavuje reálnejšie riziko ohrozenia pôdy vodnou eróziou pri zohľadnení aktuálneho vegetačného pokryvu a spôsobu obhospodarovania. Vytvorenie digitálnej podkladovej vrstvy aktuálneho vegetačného pokryvu v rámci väčšieho územného celku je problematické, preto pri generovaní mapy aktuálnej erózie využijeme geodatabázu LPIS-u. LPIS obsahuje okrem iného informácie o konkrétnych druhoch poľnohospodárskych pozemkov, ktorými sú trvalé trávne porasty, orná pôda, sady a záhrady.

Charakteristika riešeného územia

V rámci záujmového územia sa striedajú rôzne typy reliéfu kedy rovinatý reliéf nivy rieky Váh postupne prechádza do reliéfu stredne členitých pahorkatín až veľmi členitých vrchovín. Južná a východná časť záujmového územia je súčasťou Žilinskej kotliny a Malej Fatry, zo severovýchodu sem čiastočne zasahuje Kysucká vrchovina, zo severu Javorníky a zo západu Súľovské vrchy. Prítomnosť viacerých geomorfologických jednotiek v rámci záujmového územia sa prejavuje v rôznorodosti geologického zloženia. Najčastejšie zastúpenie tu majú horniny flyšového a vápencového pôvodu a pozdĺž vodných tokov sa nachádzajú fluválne nívne sedimenty. Kotlina je vyplnená svahovinami a polygenetickými svahovými hlinami. Na tomto relatívne pestrom pôdotvornom základe sa vyvinuli väčšinou stredne ťažké pôdy kambizemného, pseudoglejového, rendzinového typu a v nivách vodných tokov (predovšetkým rieky Váh) sa nachádzajú fluvizeme.

Najnižšie položený bod sa nachádza v mieste kde rieka Váh opúšťa hodnotené územie (315 m n. m.) a bod s najvyššou nadmorskou výškou 1 035 m n. m. (Jedľovina) je súčasťou pohoria Malá Fatra. Prevládajú tu roviny a mierne svahy (29,0 % z celkovej výmery územia) a svahy so sklonom 7 – 12° (24,4 % z celkovej výmery územia). Ostatné kategórie svahovitosti sú zastúpené nasledovne 0 – 3°: 29,0 %, 3 – 7°: 21,6 %, 7 – 12°: 24,4 %, 12 – 17°: 11,8 %, 17 – 25°: 8,4 % a viac ako 25°: 4,8 % z celkovej plochy územia.

V centrálnej časti riešeného územia spadne ročne približne 800 mm zrážok, pričom so zvyšujúcou sa nadmorskou výškou úhrny zrážok stúpajú až na hodnotu 900 mm. Záujmová

lokalita zasahuje do troch klimatických okrskov. Jeho centrálna časť sa nachádza v okrsku mierne teplom, vlhkom s chladnou až studenou zimou a jeho vyššie položené časti zasahujú do mierne teplého vlhkého až veľmi vlhkého vrchovinového okrsku (HRNČIAROVÁ a iní, 2002).

Obidve vodné diela patria do správy Vodohospodárskej výstavby, štátny podnik, ktorá zastrešuje nad nimi odborný a technicko-bezpečnostný dohľad. Zabezpečuje ich efektívnu a bezpečnú prevádzku ako aj výrobu a predaj elektrickej energie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Vodná nádrž Hričov

Vodná nádrž Hričov je súčasťou druhej časti Vážskej kaskády a spolu s Vodným dielom Žilina sú jej najvyšším stupňom. Pozostáva z priehrady, vodnej elektrárne a nádrže na denné regulovanie prietokov. Do prevádzky bola uvedená v roku 1962 s cieľom zabezpečenia hospodárenia s vodou (denné vyrovnávanie prietokov) ako aj výroby elektrickej energie. Priehrada má celkový objem približne 8,47 mil. m³, pričom dĺžka vzdutia nádrže je 6,00 km a maximálne zatopená plocha je 2,53 km². Počas dlhodobých intenzívnych zrážok, ktorých výsledkom sú

Obr. 1 Odstraňovanie nánosov z vodnej nádrže Hričov v roku 2002 (zdroj: Vodohospodárska výstavba, š. p.)



vyššie vodné stavy, sa do nádrže dostávajú (najmä vodnými tokmi Kysuce, Rajčanky a Diviny) obrovské objemy splavenej pôdnej hmoty, ktorá v nej sedimentuje a spôsobuje jej zanášanie. Potvrdzujú to aj výsledky meraní z monitoringu a modelovania zanášania tejto nádrže (LUKÁČ a iní, 2007). Na základe zmeny jej celkového objemu (v porovnaní s objemom kedy bola spustená do prevádzky) vypočítali objemové množstvo akumulovaných dnových sedimentov za určité časové obdobie (intenzita zanášania nádrže).

Vodná nádrž nebola od roku 1962 ani raz kompletne vyčistená od naplavenín. Riešilo sa to len čiastočným odstraňovaním akumulovanej hmoty, pričom najviac sedimentov bolo z nádrže odstránených ťažbou a preplachovaním pri jej komplexných revíziách v rokoch 1988 (603 076 m³ dnových sedimentov) a 2002 (900 000 m³ dnových sedimentov) (obr. 1). Strata celkového objemu nádrže za obdobie od spustenia do prevádzky (1962) do roku 2006 predstavovala 33,7 % (LUKÁČ a iní, 2007), no v súčasnej dobe niektoré zdroje uvádzajú, že až 2/3 objemu nádrže Hričov je zanesené splaveninami, čo významne znižuje jej akumuláciu možnosti.

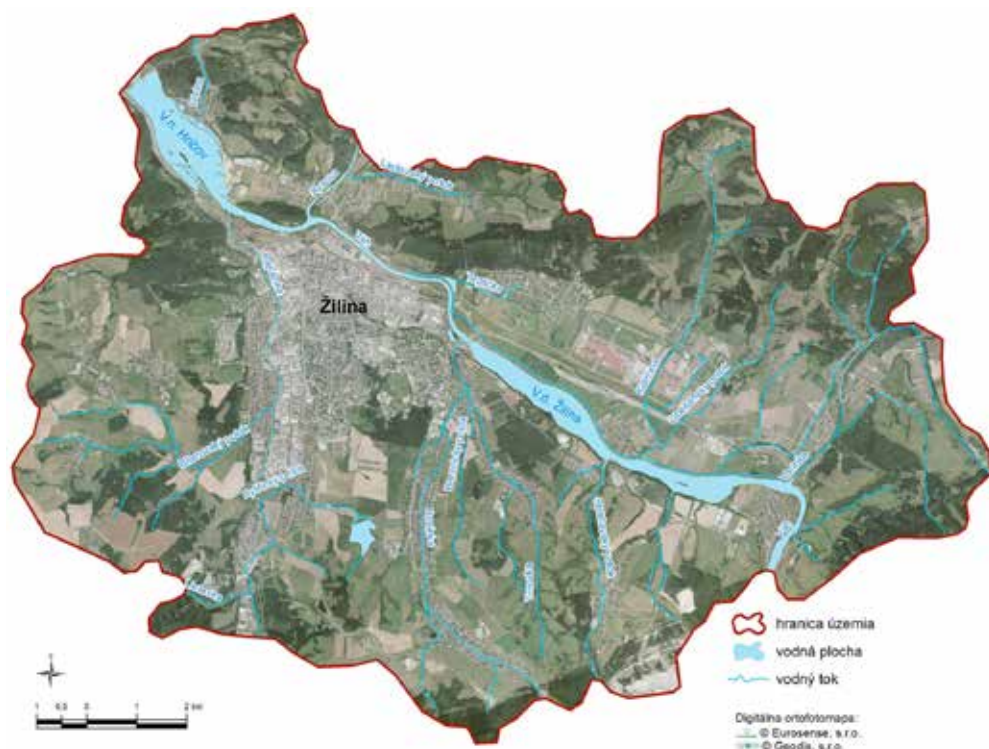
Vodné dielo Žilina

Vodné dielo Žilina bolo uvedené do komerčnej prevádzky v roku 1998. Jeho hlavným účelom je využitie hydroenergetického potenciálu hornej časti rieky Váh, výroba elektrickej energie (súčasťou diela je aj vodná elektrárň) a zásobovanie priemyselných podnikov v Žiline technologickou vodou. Sprievodným účinkom nádrže Žilina a prehĺbeného koryta rieky Váh je aj ochrana mesta Žiliny pred povodňovými vodami, tak isto rieši sanáciu zosuvných svahov Dubňa a kontaminovaných podzemných vôd pod východným priemyselným pásom Žiliny. Dĺžka nádrže je 7,5 km a jej šírka sa pohybuje od 250 do 600 m. Jej celkový objem je približne 8,15 mil. m³. Pri dlhodobějších, výraznejších zrážkach sa do nádrže dostávajú (najmä vodnými tokmi Kotrčiná, Varinka a Stráňavský potok) obrovské množstvá splavenej pôdnej hmoty. Vodné dielo zatiaľ nebolo čistené od usadených dnových sedimentov nakoľko prešla len relatívne krátka doba od roku jej spustenie do prevádzky.

Vodná erózia na poľnohospodárskych pôdach v okolí vodných diel

Tvar reliéfu riešeného územia a jeho pôdno-klimatické charakteristiky sú kľúčové faktory, ktoré významnou mierou vplyvajú na vznik a intenzitu priebehu eróznno-akumulačných procesov na poľnohospodárskych pôdach. Z pohľadu hydrológie patrí záujmové územie do povodia Váhu, kde veľká väčšina menších aj väčších vodných tokov odvodňujúcich okolité pohoria sa vlieva práve do tejto rieky (Obr. 2). Už na základe uvedených charakteristík môžeme predpokladať, že hodnotené územie sa zaraďuje do kategórie erózne senzitívnych území. Tento predpoklad potvrdili aj výsledky použitia erózneho modelu USLE.

Údaje uvedené v tabuľke 2 sa týkajú erodovanosti pôdy, ktorá predstavuje priemernú ročnú stratu pôdnej hmoty udávanú v tonách z plochy jedného hektára. Sú v nej zobrazené hektárové výmery a percentuálne zastúpenie jednotlivých kategórií erodovanosti (od nízkej až po extrémnu) pre pôdu nechránenú žiadnym rastlinným pokryvom (potenciálna erózia) a pri zohľadnení konkrétneho druhu pozemku (aktuálna erózia).

Obr. 2 Hydrológia záujmového územia

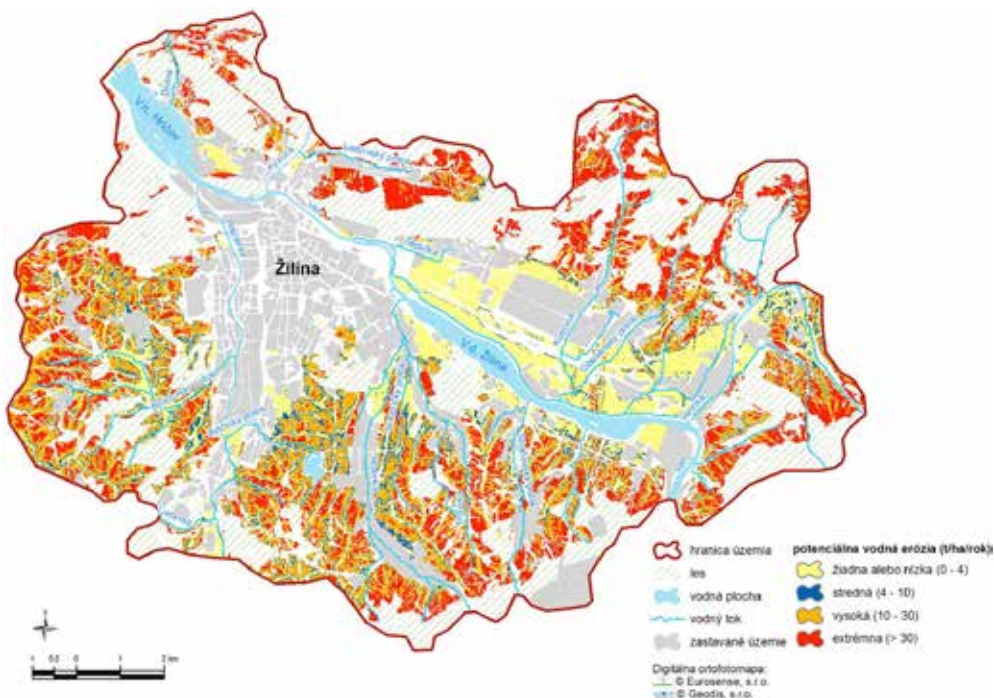
Výmera poľnohospodárskej pôdy ovplyvnenej potenciálnou vodnou eróziou rôznej intenzity (kategórie erodovanosti stredná až extrémne vysoká) zaberá plochu 4 478 ha, čo predstavuje až 67,8 % z jej celkovej výmery (Tab. 2, Obr. 3). Vysoká plošná výmera potenciálnej vodnej erózie potvrdzuje výraznú senzitivitu územia z pohľadu výskytu erodovateľných pôd, čo predstavuje zvýšené riziko transportu uvoľnených pôdnych častíc do najbližších vodných tokov a následne ich sedimentácie na dne vodných nádrží. Na plošné zastúpenie kategórií strednej, vysokej a extrémne vysokej erodovanosti sa významnou mierou podieľa predovšetkým značná svahovitosť podhorských oblastí záujmového územia, kedy až 49,3 % výmery poľnohospodárskej pôdy sa nachádza na svahoch nad 7°.

Tab. 2 Plošné výmery kategórií erodovanosti poľnohospodárskych pôd záujmového územia (v zhode s LPIS)

Kategórie erodovanosti strata pôdy (t/ha/rok)	Potenciálna erózia		Aktuálna erózia	
	Výmera (ha)	% PP	Výmera (ha)	% PP
Žiadna alebo nízka (0–4)	2 121	32,2	4 834	73,3
Stredná (4–10)	575	8,7	377	5,7
Vysoká (10–30)	1 799	27,3	895	13,6
Extrémne vysoká (>30)	2 104	31,8	493	7,4
Výmera PP (ha)	6 599	100,0	6 599	100,0
Výmera územia (ha)	17 322		17 322	

PP – poľnohospodárska pôda, LPIS – register poľnohospodárskej pôdy

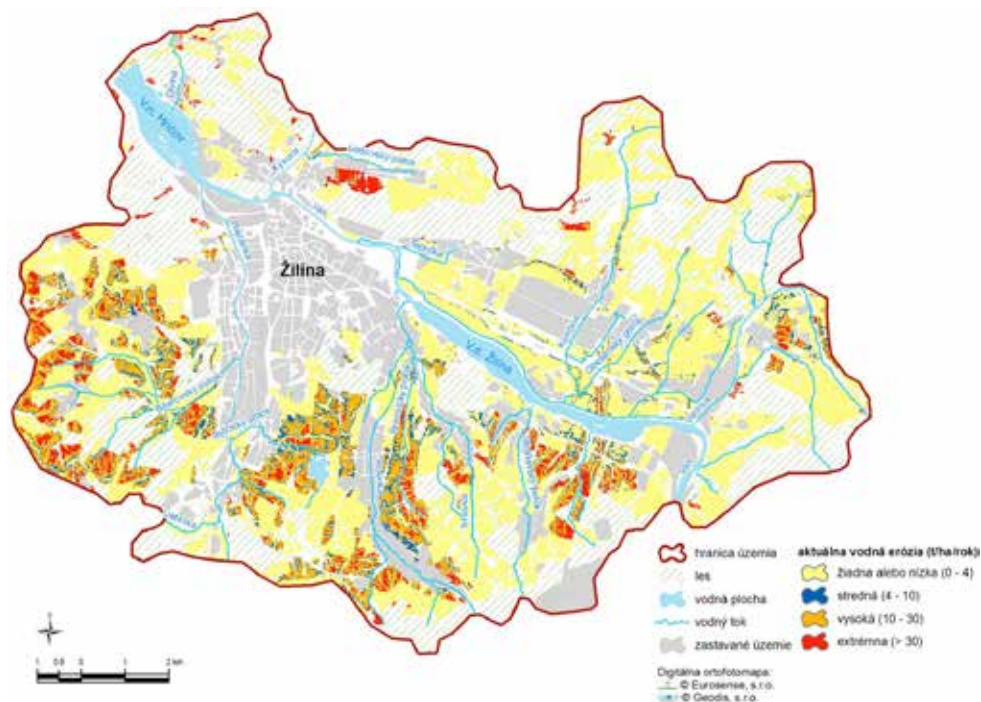
Obr. 3 Potenciálna vodná erózia na poľnohospodárskych pôdach v okolí vodných diel Hričov a Žilina



Reálnejšie riziko ohrozenia pôdy vodnou eróziou pri zohľadnení konkrétneho druhu pozemku vyjadruje tzv. aktuálna erózia. Pri generovaní mapy aktuálnej vodnej erózie bola použitá digitálna vrstva druhov pozemkov (trvalé trávne porasty, orná pôda, sady a záhrady). Z výsledkov uvedených v tabuľke 2 môžeme konštatovať, že došlo k významnému zníženiu plošného rozšírenia eróziou ovplyvnených pôd (v porovnaní s potenciálnou vodnou eróziou). Výmery kategórií strednej, vysokej a extrémne vysokej erodovanosti pôdy poklesli zo 67,8 % na 26,7 % z celkovej výmery poľnohospodárskej pôdy záujmového územia (obr. 4).

Značná časť výmery poľnohospodárskej pôdy regiónu Žilina sa nachádza na svahovitých pozemkoch podhorských oblastí, ktoré sú z hľadiska poľnohospodárskej produkcie vo veľkej miere využívané ako trvalé trávne porasty. Dobře zapojené trávne porasty sú charakteristické vysokým protieróznym účinkom a mali by dostatočne chrániť pôdu pred vodnou eróziou aj keď je situovaná na výraznejších svahoch. Avšak v súčasnej dobe (charakteristickej významnými klimatickými zmenami) môže pri výraznejších erózných udalostiach (keď za jednu hodinu naprší na m² viac ako 30 mm zrážok), alebo pri dlhodobých intenzívnejších zrážkach dochádzať k uvoľňovaniu a následnému transportu pôdnej hmoty aj napriek vysokej protieróznej schopnosti trávnych porastov.

Obr. 4 Aktuálna vodná erózia na poľnohospodárskych pôdach v okolí vodných diel Hričov a Žilina



ZÁVER

Záverom je vhodné ešte raz zdôrazniť, že zabránenie intenzívneho zanášania vodných diel Hričov a Žilina, ktoré negatívne vplýva na ich životnosť počas ktorej sú nádrže schopné efektívne plniť plánované vodohospodárske funkcie, musí byť postavené na relevantných informáciách týkajúcich sa mechanizmu vzniku, transportu a usadzovania splavenín v dôsledku erózo-akumulačných procesov vodnej erózie.

Na základe zhodnotenia záujmového územia z pohľadu intenzity vplyvu a plošnej distribúcie vodnej erózie (využitím erózneho modelu USLE) môžeme konštatovať, že širšie okolie vodných diel je erózne veľmi senzitívne. Viac ako 67 % z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd riešeného územia je potenciálne ovplyvnené vodnou eróziou rôznej intenzity (kategórie erodovanosti stredná až extrémna). Aby bol v budúcnosti zmiernený negatívny vplyv off site efektov vodnej erózie (v tomto prípade zanášanie vodných nádrží splaveninami) je nevyhnutná optimalizácia manažmentu obhospodarovania erózne senzitívnej poľnohospodárskej krajiny uplatňovaním účinných protieróznych opatrení a postupov, ktoré sú zamerané na zabránenie alebo zníženie rizika uvoľňovania pôdných častíc a ich následnému transportu a akumulácii vo vodných zdrojoch. Aj v zmysle platnej legislatívy (zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy 220/2004 Z.z. vyhláška MPA RV SR č. 59/2013 Z.z.) je každý užívateľ poľnohospodárskej pôdy povinný hospodáriť na nej tak, aby nedochádzalo k nadlimitným stratám pôdnej hmoty vodnou eróziou, čím sa zabráni degradácii poľnohospodárskych pôd ako aj zanášaniam vodných zdrojov splaveninami.

LITERATÚRA

- DŽATKO, M. – SOBOCKÁ, J. – GRANEČ, M. – BEZÁK, P. 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek*. 4. vydanie. Bratislava: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy. 102 s. ISBN 978-80-89128-55-6
- HRNČIAROVÁ, T. A INÍ, 2002. *Atlas krajiny Slovenskej republiky (Landscape atlas of the Slovak Republic)*. Bratislava: Ministerstvo životného prostredia. Banská Bystrica: Slovenská agentúra životného prostredia. 344 s. ISBN 80-88833-27-2
- KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – L. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. 2014. *Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2007 – 2012)*. Výsledky Čiastkového monitorovacieho systému – Pôda, ako súčasť Monitoringu životného prostredia za obdobie 2007 – 2012 (4. cyklus). Bratislava: NPPC – Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy. 252 s. ISBN 978-80-8163-004-0
- LUKÁČ, M. – FILADELFI, P. – FEJÉR, D. – BEČÁR, D. 2007. Poznatky a prevádzkové skúsenosti z monitoringu a modelovania zanášania nádrže Hričov na Váhu. In: *Vodohospodársky spravodajca* 11 – 12, 2007, ročník 50, Nitra: ÚVTIP, Vydavateľstvo NOI, 2007. ISSN: 0322 – 886X
- MP SR, 2004. Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy z 10. marca 2004. In: *Zbierka zákonov SR*, časťka 96 z 28. apríla 2004, Bratislava: MP SR. s. 2278 – 2315
- MPRVSR, 2013. *Vyhláška MPA RV SR č. 59/2013 Z.z.*, ktorou sa mení a dopĺňa vyhláška MP SR č. 508/2004 Z.z. – ktorou sa vykonáva § 27 zákona č. 220/2004 Z.z. v znení neskorších predpisov
- NĚMEČEK, J. – DAMAŠKA, J. – HRAŠKO, J. – BEDRNA, ZUSKA, V. – TOMÁŠEK, M. – KALENDA, M. 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR (Souborná metodika)*. 1. Díl: Metodika terénního průzkumu, sestavování půdních map a geneticko-agronomické klasifikace půd. Praha: Ministerstvo zemědělství a výživy, 246 s.
- STYK, J. – FULAJTÁR, E. – PÁLKA B. – GRANEČ, M. 2008. Aktualizovaný výpočet faktora erodovateľnosti pôdy (K-faktor) za účelom generovania detailnejšej digitálnej vrstvy In: *Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy* 30, Bratislava: VÚPOP. s.139 – 146, ISBN 978-80-89128-51-8
- STYK, J. – PÁLKA, B. – GRANEČ, M. 2009. Využitie on-line aplikácie pri predikcii pôdnej erózie spôsobenej vodou. In: *Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy* 31. Bratislava: VÚPOP. s. 176 – 186, ISBN 978-80-89128-59-4
- ŠÚRI, M. – CEBECAUER, T. – HOFIERKA, J. – FULAJTÁR, E. 2002. *Soil erosion assessment of Slovakia at a regional Scale using GIS*. Bratislava: Ecology. 404 – 422
- WISCHMEIER, W.H. – SMITH, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning. *Agricultural Handbook* 537. USDA, 1978, 58 pp.

POROVNANIE CELKOVEJ PÓROVITOSTI A PREROZDELENIE PÓROV V PROFILOCH ČERNOZEMÍ

COMPARISON OF TOTAL POROSITY AND PORE STRUCTURE IN SOIL PROFILES OF CHERNOZEMS

Vladimír ŠIMANSKÝ¹, Jerzy JONCZAK²

¹Slovak University of Agriculture, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra, e-mail: Vladimír.Simansky@uniag.sk

²Pomeranian University, Arciczewskiego 22a, 76 – 200 Slupsk, e-mail: jerzy.jonczak@gmail.com

Abstrakt

Pórovitosť a zastúpenie jednotlivých kategórií pôdnych pórov je považované za zásadný parameter kvality a úrodnosti pôd. Preto bol v tejto práci posúdený efekt rozdielneho využitia a obrábania černozezemí na tieto fyzikálne charakteristiky. Zo získaných výsledkov vyplynulo, že černozezem, ktorá sa využívala ako lesná pôda, mala väčšiu pórovitosť a priaznivejšie zastúpenie jednotlivých energetických kategórií pôdnych pórov v porovnaní s intenzívne obrábanou pôdou. Zo spôsobov obrábania na pórovitosť pozitívne vplývalo konvenčné obrábanie pôdy v porovnaní s minimalizačným.

Kľúčové slová: lesná pôda, konvenčné a minimalizačné obrábanie, černozezem, pórovitosť

Abstract

Porosity and pore structure is an important parameter for describing soil quality is an important aspect of soil fertility. In Chernozems (whole profiles), total porosity and re-distribution of pores were evaluated. All in all, we summarize that forest soil had higher total porosity and favourable pore structure in comparison to arable soil. Conventional tillage had positive effects on total porosity and contents of non-capillary and semi-capillary pores than minimal tillage system.

Keywords: forest soil, conventional and minimal tillage, Chernozem, porosity

ÚVOD

Černozezeme sú charakterizované ako úrodné pôdy s pomerne hlbokým molickým a na organickú hmotu bohatým povrchovým horizontom, ktorý má priaznivé chemické a fyzikálne vlastnosti. Černozezeme sa celosvetovo rozprestierajú na ploche 230 milión ha (WRB, 2006), pri-

čom na Slovensku zaberajú plochu 291 073 ha, čo predstavuje významnú časť, a to: 11,9 % z poľnohospodárskej pôdy (ZAUJEC *et al.*, 2009).

V posledných desaťročiach sa do centra pozornosti farmárov, ale aj širšej odbornej verejnosti, dostávajú okrem chemických i fyzikálne vlastnosti pôd. Jednou z hlavných príčin je rozhodne neustály úbytok poľnohospodárskej pôdy. Napríklad, podľa údajov Výskumného ústavu pôdnej úrodnosti v Bratislave bola zaznamenaná priemerná ročná strata pôdy za obdobie posledných 10 rokov na úrovni 1 000 až 5 000 ha, čo vzhľadom na celkovú rozlohu Slovenska nie je zanedbateľné číslo. Podobná situácia je v celej Európskej únii, ale aj v širšom svete. Z hľadiska trvaloudržiateľného hospodárenia na pôde je nevyhnutné venovať pozornosť aj fyzikálnemu stavu našich pôd (KOTOROVÁ a ŠOLTÝSOVÁ, 2011).

Keďže pôda je charakterizovaná ako porózny útvar, tak jednou z jej najzákladnejších fyzikálnych charakteristík je práve pórovitosť. Objem a štruktúra samotných pórov v pôde ovplyvňuje ostatné fyzikálne, ale aj chemické, či biologické vlastnosti pôd ako napr.: vodný a vzdušný režim pôd a ich zásobu, mechanickú odolnosť, dynamiku uhlíka a ostatných živín, mikrobiálnu aktivitu, či prenikanie koreňov do pôdy (MUNKHOLM *et al.*, 2012). Pórovitosť a zastúpenie jednotlivých kategórií pôdnych pórov je tak považované za zásadný parameter kvality pôd. Ako už bolo vyššie uvedené, pórovitosť ovplyvňuje množstvo faktorov, medzi ktoré treba zahrnúť aj vplyv človeka, najmä prostredníctvom rôzneho využívania pôdy, či spôsobu hospodárenia na pôde (KUTÍLEK *et al.*, 2006; CHURCHMAN *et al.*, 2010).

Cieľom tejto práce bolo prostredníctvom získaných výsledkov poukázať na vplyv rôzneho spôsobu využívania pôdy a rôzneho spôsobu obrábania pôdy na zmeny v pórovitosti a prerozdelenia jednotlivých energetických kategórií pôdnych pórov v pôdnom profile černoze.

MATERIÁL A METÓDY

V priebehu roku 2014 sa uskutočnili pôdoznalecké prieskumy v lokalitách Báb a Krakovany. Lokalita Báb patrí k najteplejším a najsuchším v našej republike. Priemerné teploty dosahujú 10,2° C a priemerná ročná suma zrážok je 539 mm. Priemerná ročná teplota v lokalite Krakovany je 8,5–9° C a ročný úhrn zrážok dosahuje hodnoty od 650 do 800 mm. V oboch lokalitách boli umiestnené dve sondy. Sonda 1 bola umiestnená v lokalite Báb na ornej pôde, kde sa pestovala slnečnica ročná s konvenčnou agrotechnikou a sonda 2 v jej blízkosti (cca 100 m), na okraji prírodnej rezervácie Bábsky les. Dominantný porast pri sonde 2 tvoril dub červený s prímiesou javora a hlohu. Geologickým substrátom pod oboma sondami bola spraš a pôda bola v oboch prípadoch klasifikovaná ako černoze kambizemná. V lokalite Krakovany boli vytyčené opäť dve sondy, ktoré boli od seba vzdialené cca 800 m (rovina). Sonda 1 bola vykopaná na pozemku, ktorý sa od roku 2009 obrába minimalizačným spôsobom, pričom je vylúčená klasická jesenná orba. Sonda 2 bola umiestnená na susediacom poli, kde sa praktizuje klasická konvenčná agrotechnika s hlbokou jesennou orbou. Geologickým substrátom v oboch prípadoch bola spraš a pôda bola klasifikovaná ako černoze kultizemná.

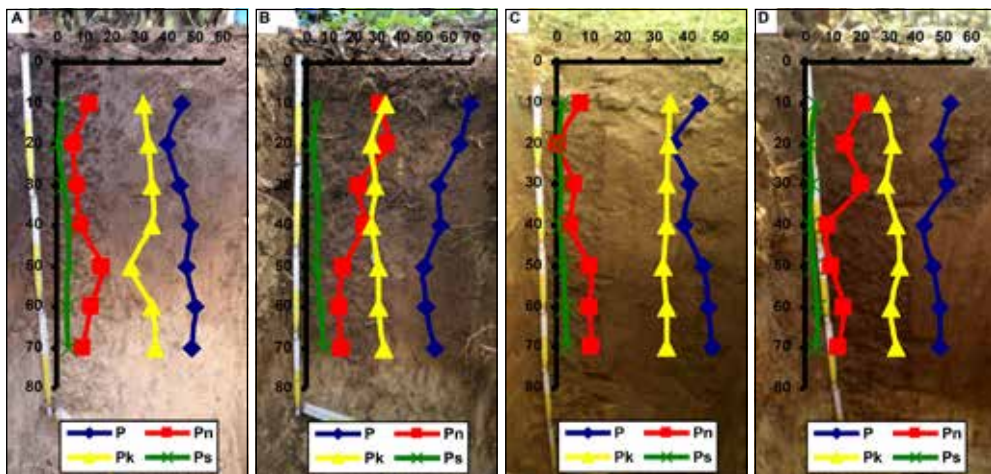
Pôdne vzorky sa na oboch lokalitách odoberali v ten istý deň (do hĺbky 0,7 m) po vyko-

paní pôdných sond. Kvôli stanoveniu fyzikálnych vlastností a obsahu celkového organického uhlíka (Corg) a dusíka (Nt) sa vzorky odoberali po 0,1 m vrstvách v trojnásobnom opakovaní. Na odber neporušených vzoriek boli použité Kopeckého valčeky (objem valčeka 200 cm³). Vzorky v Kopeckého valčekoch slúžili na stanovenie a výpočet fyzikálnych vlastností ako: celková pórovitosť (P), objem nekapilárnych pórov (Pn), objem kapilárnych pórov (Pk) a objem semi-kapilárnych pórov (Ps). Vzorky pôdy určené na stanovenie Corg a Nt boli vysušené pri laboratórnej teplote. Po ich vysušení sa zomleli, zhomogenizovali a preosiali (priemer sita <0,25 mm). Uvedené charakteristiky boli zisťované za použitia štandardných metód a postupov (FIA-LA *et al.*, 1999). Priemerné hodnoty za celé profily pôdných sond sa zhodnotili jednoduchým t-testom. Na zistenie vzájomných vzťahov medzi pórovitosťou a obsahom Corg a Nt bola použitá korelačná analýza.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Porovnanie objemov všetkých pórov, ale i zastúpenie jednotlivých energetických kategórií pórov v profile černoze, ktorá sa využívala ako orná pôda s lesnou pôdou, je uvedené na obrázku 1 A, B. Lesná pôda mala priaznivejšiu pórovitosť oproti obrábanej pôde. Celkovo bol zaznamenaný štatisticky významný rozdiel v hodnotách celkovej pórovitosti (P), objemu nekapilárnych (Pn) a semi-kapilárnych (Ps) pórov medzi oboma porovnávanými pôdnymi profilmi černoze (Tab. 1). Priemerné hodnoty P za pôdny profil boli o 24 % väčšie v lesnej pôde v porovnaní s černoze, ktorá sa využívala ako orná pôda. Taktiež priemerný objem Pn a Ps bol o 117 % a o 55 % väčší v lesnej pôde ako v ornej pôde. Priemerný objem kapilárnych (Pk) pórov u oboch černoze bol takmer rovnaký. Ak sme však vyjadrili zastúpenie jednotlivých kategórií voči celkovej pórovitosti, zistili sme významný rozdiel v obsahu Pk v černoze, ktorá sa využívala ako orná pôda. Hodnoty Pk tu varírovali od 56,7 do 83,1 % z celkovej pórovitosti. V profile lesnej pôdy sme zaznamenali významné zastúpenie Pn, ktorých objem sa v závislosti od hĺbky pohyboval v rozpätí od 26,9 do 52,3 % z P. Fyzikálne vlastnosti sú ovplyvnené z pedogenetických faktorov najmä organickou hmotou (MUNKHOLM *et al.*, 2012), ale i zrnitosťou (ZAFFAR a LU, 2015). Keďže porovnávané sondy boli vzdialené od seba cca 100 m, mali rovnaký substrát a predpokladali sme takmer rovnaké zrnitostné zloženie (hlinité), zisťovali sme efekt celkového organického uhlíka (Corg) a dusíka (Nt) na pórovitosť v závislosti od spôsobu využívania černoze (Tab. 2). V ornej pôde obsah celkovej pórovitosti, ale i zastúpenie semi-kapilárnych pórov, bol v negatívnej štatisticky významnej korelácii s Corg a Nt. Naopak v lesnej pôde bola zaznamenaná pozitívna korelácia medzi P a Corg a Nt. Rovnako v lesnej pôde bola zaznamenaná pozitívna korelácia medzi Pn a Corg. Z výsledku vyplýva pozitívny efekt organickej hmoty na objem celkových pórov a to iba v lesnej pôde.

Obr. 1 Zastúpenie pórov v profiloch černozezí v závislosti od spôsobu využívania pôdy: a) orná pôda, b) lesná pôda, a v závislosti od spôsobu obrábania pôdy c) minimalizačné obrábanie pôdy, d) konvenčné obrábanie pôdy



Tab. 1 Štatistické posúdenie pórovitosti v závislosti od spôsobu využívania a obrábania černozezí

	P	P _n	P _k	P _s
Orná pôda vs. lesná pôda				
t-test	-3,713	-3,641	1,743	-2,399
P	0,003	0,0034	0,1068	0,0336
Minimalizačné obrábanie vs. konvenčné obrábanie				
t-test	-2,907	-3,113	2,713	-2,053
P	0,0132	0,009	0,0189	0,0625
P – celková pórovitosť, P _n – objem nekapilárnych pórov, P _k – objem kapilárnych pórov, P _s – objem semi-kapilárnych pórov.				

Pri obrábaní pôdy dochádza k jej deformácii, čo sa v konečnom dôsledku môže odrážať na utláčaní pôd, keďže sa redukuje objem pórov (AROCENA, 2000). Avšak na zmeny v celkovej pórovitosti pôsobí niekoľko faktorov, medzi ktorými významné miesto zaberá aj samotný spôsob hospodárenia na pôde (KUTÍLEK *et al.*, 2006). Prerozdelenie pôdnych pórov v závislosti od spôsobu obrábania je uvedené na obrázku 1 C, D a ich štatistické vyhodnotenie je v tabuľke 1. Celkovo medzi priemernými hodnotami celkovej P a objemu nekapilárnych a kapilárnych pórov bol zistený štatisticky preukazný rozdiel v závislosti od spôsobu obrábania pôdy. Priemerné hodnoty P boli vyššie v pôdnom profile, ktorý bol obrábaný konvenčným spôsobom ($KO = 4,38 \pm 3,16\%$) v porovnaní s minimalizačným obrábaním ($MO = 42,4 \pm 4,31\%$). Taktiež objem nekapilárnych pórov bol priemerne vyšší o 104 % v KO ako v MO. Podobný trend, avšak bez štatistickej významnosti, bol pozorovaný v zastúpení Ps. Naopak, priemerne vyššie hodnoty (o 8 %) boli zistené v MO v porovnaní s KO. Tomu zodpovedalo i zastúpenie jednotlivých kategórií pôdnych pórov voči celkovej pórovitosti. Objem Pn, Pk a Ps predstavoval v MO 15,5 %, 80,2 a 4,3 % a v KO 28,7 %, 65,1 % a 6,1 % z celkovej pórovitosti. Kultivácia rozrušuje najmä

objem kapilárnych pórov, čo je evidentné aj z našich zistení, keď objem P_k bol v MO priemerne o 18 % vyšší do hĺbky 0,3 m v porovnaní s KO. Tieto zistenia sú zhodné s výsledkami, ktoré publikovali ŠIMANSKÝ a BAJČAN (2013). JÉGOU *et al.* (2002) uviedol, že KO znižuje zastúpenie všetkých kategórií pôdnych pórov, keďže sa pri obrábaní celkovo skracujú ich dráhy v pôdnom profile a dochádza k ich rozrušovaniu. FERNÁNDEZ-UGALDE *et al.* (2009) zaznamenali vyšší obsah prístupnej vody v dôsledku minimalizácie obrábania pôdy. Vysvetlili to zväčšovaním objemu nekapilárnych pórov a zvyšovaním retenčnej kapacity v dôsledku vyššej akumulácie organickej hmoty. Naše výsledky poukázali iba na negatívnu koreláciu medzi P_k a N_t v konvenčne obrábanej černoze. Na druhej strane pri tomto spôsobe obrábania bola zistená pozitívna korelácia medzi P_s a Corg, kým pri minimalizačnom spôsobe obrábania černoze nebola zistená žiadna štatisticky významná korelácia (Tab. 2). Na tvorbu jednotlivých kategórií pôdnych pórov má vplyv zrnitosť a obsah organickej hmoty, ale aj antropogénne vplyvy. LAL a SHUKLA (2004) uviedli, že na zastúpenie väčších pórov má vplyv pôdny manažment, kým o zastúpení mikropórov rozhoduje najmä zrnitostné zloženie pôd. Keďže predpokladáme, že černoze mali takmer rovnaké zrnitostné zloženie (sondy umiestnené cca 800 m od seba na rovine) a medzi P a Corg a N_t neboli zistené významné korelácie, predpokladáme, že na distribúciu pôdnych pórov malo v týchto černozeiach najzásadnejší efekt práve samotné obrábanie a hospodárenie na pôde.

Tab. 2 Korelačné koeficienty medzi pórovitosťou a celkovým organickým uhlíkom, dusíkom a ich vzájomných pomerov

	P	P_n	P_k	P_s
Orná pôda				
Corg	-0,846*	-0,348	-0,136	-0,935**
N_t	-0,763*	-0,300	-0,102	-0,916**
C:N	0,185	0,193	-0,246	0,473
Lesná pôda				
Corg	0,936**	0,828*	0,315	-0,505
N_t	0,869**	0,710	0,450	-0,390
C:N	-0,527	-0,618	0,075	0,739
Minimalizačné obrábanie				
Corg	-0,469	-0,499	0,666	-0,691
N_t	-0,384	-0,435	0,737	-0,605
C:N	-0,588	-0,573	0,431	-0,753
Konvenčné obrábanie				
Corg	0,292	0,580	-0,604	0,987**
N_t	0,464	0,735	-0,760*	-0,332
C:N	-0,556	-0,452	0,450	-0,583
<p>P – celková pórovitosť, P_n – objem nekapilárnych pórov, P_k – objem kapilárnych pórov, P_s – objem semi-kapilárnych pórov, Corg – obsah celkového organického uhlíka, N_t – obsah celkového dusíka, C:N – pomer uhlíka k dusíku, * – $P \leq 0,05$, ** – $P \leq 0,01$.</p>				

ZÁVER

Zásadný vplyv na objem a prerozdelenie jednotlivých energetických kategórií pôdnych pórov mal spôsob využívania, ale i spôsob obrábania pôdy. Najoptimálnejšou pórovitosťou sa vyznačovala lesná pôda v porovnaní s intenzívne obrábanou pôdou. Zo spôsobov obrábania na pórovitosť, či už v celom profile alebo orníčnej vrstve, pozitívne vplýval konvenčný systém obrábania. Keďže najmä v obrábanej pôde neboli zistené pozitívne vzťahy medzi celkovým uhlíkom a celkovou pórovitosťou, je nevyhnutné ďalej venovať sa problematike vzťahu organickej hmoty a fyzikálnym charakteristikám rozdielne obrábaných černoziemí.

LITERATÚRA

- AROCENA, J.M. 2000. *Cations in solution from forest soils subjected to forest floor removal and compaction treatments*. For. Ecol. Manage – 133, s. 71–80.
- CHURCHMAN, G.J. – FOSTER, R.C. – D'ACQUI, L.P. – JANIK, L.J. – SKJEMSTAD, J.O. – MERRY, R.H. – WEISSMANN, D. A. 2010. Effect of land-use history on the potential for carbon sequestration in an Alisol. *Soil & Tillage Research*, 109. s. 23–35. ISSN 0167–1987.
- FERNÁNDEZ-UGALDE, O. – VIRTO, I. – BESCANSA, P. – IMAZ, M.J. – ENRIQUE, A. – KARLEN, D.L. 2009. No-tillage improvement of soil physical quality in calcareous, degradation-prone, semiarid soils. *Soil & Tillage Research*, 106. s. 29–35. ISSN 0167–1987.
- FIALA, K. – KOBZA, J. – MATÚŠKOVÁ, L. – BREČKOVÁ, V. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – BARANČIKOVÁ, G. – BÚRIK, V. – LITAVEC, T. – HOUŠKOVÁ, B. – CHROMANIČOVÁ, A. – VÁRADIOVÁ, D. – PECHOVÁ, B. 1999. *Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém- Pôda*. Bratislava: VÚPOP. 142 s. ISBN 80–85361-55–8.
- IUSS Working Group WRB. 2006. World reference base for soil resources 2006. 2nd edition. *World Soil Resources Reports* No. 103. Rome: FAO. 133 s. ISBN 92–5-105511–4.
- JÉGOU, D. – BRUNOTTE, J. – ROGASIK, H. – CAPOWIEZ, Y. – DIESTEL, H. – SCHRADER, S. – CLUZEAU, D. 2002. Impact of soil compaction on earthworm burrow systems using X-ray computed tomography: preliminary study. *Eur. J. Soil Biol* – 38. s. 329–336. ISSN 1164–5563.
- KOTOROVÁ, D. – ŠOLTÝSOVÁ, B. 2011. *Fyzikálno-chemické vlastnosti ťažkých pôd*. Vedecká monografia. Piešťany: CVRV. 96 s. ISBN 978–80-89417–34-6.
- KUTÍLEK, M. – JENDELE, L. – PANAYIOTOPOULOS, K.P. 2006. The influence of uniaxial compression upon pore size distribution in bi-modal soils. *Soil & Tillage Research*, 86. s. 27–37. ISSN 0167–1987.
- LAL, R. – SHUKLA, M.K. 2004. *Principles of soil physics*. New York: Marcel Dekker. 716 s. ISBN 0–8247-5324–0.
- MUNKHOLM, L.J. – HECK, R.J. – DEEN, B. 2012. Soil pore characteristics assessed from X-ray micro-CT derived images and correlations to soil friability. *Geoderma*, 181–182. s. 22–29. ISSN0016–7061.
- ŠIMANSKÝ, V. – BAJČAN, D. 2013. The response of different soil management practices in a vineyard to water availability. In *Acta fytotechnica et zootechnica*, 16. s. 53–57. ISSN 1335–258X.
- ZAFFAR, M. – LU, S.H. 2015. Pore Size Distribution of Clayey Soils and Its Correlation with Soil Organic Matter. *Pedosphere*, 25(2). s. 240–249. ISSN 1002–0160.
- ZAUJEC, A. – CHLPIK, J. – NÁDAŠSKÝ, J. – SZOMBATHOVÁ, N. – TOBIAŠOVÁ, E. 2009. *Pedológia a základy geológie*. Nitra: SPU. 399 s. ISBN 978–80-552–0207-5.

KOMPARÁCIA RÔZNYCH PRÍSTUPOV K TVORBE MÁP OBJEMOVEJ HMOTNOSTI PÔDY V ZÁUJMOVOM ÚZEMÍ BANSKÁ BYSTRICA

COMPARISON OF DIFFERENT APPROACHES OF SOIL BULK DENSITY MAPPING IN THE REGION BANSKÁ BYSTRICA

Miloš ŠIRÁŇ, Jarmila MAKOVNÍKOVÁ, Boris PÁLKA

*NPPC – Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy Bratislava, Regionálne pracovisko Banská Bystrica,
Mládežnícka 36, 974 04 Banská Bystrica, e-mail: m.siran@vupop.sk*

Abstrakt

Objemová hmotnosť pôdy je jednou z charakteristík fyzikálneho stavu pôdy. Je priamym indikátorom stavu kompaktácie pôdy, ktorá sa radí celosvetovo k hlavným degradačným procesom. Cieľom tohto príspevku je porovnať 2 rôzne prístupy k tvorbe máp objemovej hmotnosti na príklade záujmového územia Banská Bystrica s využitím georeferencovaných modelovaných údajov objemovej hmotnosti pôdy doplnených v rámci siete sond existujúcich databáz. Pri mapovom spracovaní sme vychádzali z databáz monitoringu pôd a komplexného prieskumu pôd. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0. Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi a implementáciu výslednej digitálnej údajovej vrstvy bol využitý programový balík ArcGIS®. Polygóny pôdných typov a druhov boli použité ako hlavná mapovacia jednotka pri prvom prístupe. Tento spôsob mapovania je detailnejší, založený na areáloch výskytu pôdných typov a druhov a je zvlášť vhodný pri posudzovaní kompaktácie pôd, príp. pôdných vlastností hodnotených na podobnom princípe. Druhý prístup je založený na mapovaní v rámci štvorcov v sieti 1x1 km. Pri tomto spôsobe extrémne hodnoty objemovej hmotnosti pôdy ako aj plošné zastúpenie pôd v rámci kategórii s vyššou objemovou hmotnosťou v prospech kategórii s nižšou sa znížili. Tento prístup umožňuje porovnanie území na rovnakom princípe a zvlášť v medzinárodnom kontexte pomáha preklenúť rozdiely v národných hodnoteniach.

Kľúčové slová: objemová hmotnosť pôdy, mapa objemovej hmotnosti pôdy, model objemovej hmotnosti pôdy

Abstract

Soil bulk density is one of the characteristics of the physical soil condition. It is a direct indicator of the soil compaction state, which ranks worldwide to the main degradation processes. The aim of this paper is to compare two different approaches to the creation of soil bulk den-

sity maps in the region Banská Bystrica using the georeferenced soil bulk density model data added in the existing databases. The database of soil monitoring and complex soil survey was used by the map processing. Statistical analysis and evaluation of the results was carried out in the program Statgraphic 5.0. For work with georeferenced digital input data and implement the resulting digital data layer was used software package ArcGIS®. The soil type and texture polygons were used as the main mapping unit at the first approach. This way of mapping is more detailed, based on the complexes of soil types and soil textures and is particularly useful in assessing of soil compaction or soil properties evaluated on a similar principle. The second approach is based on the mapping within the squares of 1x1 km network. In this method, the extreme values of soil bulk density as well as the acreage of soils within the categories with higher bulk density in favor of categories with the lower was reduced. This approach allows the comparison of areas on the same principle and especially in the international context helps to bridge the gap in national assessments.

Keywords: soil bulk density, map of soil bulk density, model of soil bulk density

ÚVOD

Objemová hmotnosť pôdy (OH) je významná pôdna vlastnosť, ktorá charakterizuje hlavne fyzikálny stav pôdy. Je priamym indikátorom stavu kompaktie pôdy, ktorá sa radí celosvetovo k hlavným degradačným procesom. Hodnota OH pôdy je súčasťou matematicko-fyzikálnych vzťahov, ako je napr. výpočet pórovitosti, zásob pôdnej vody a množstva látok v pôde, zásob organickej hmoty, zásob prístupných živín. V databázach však často jej hodnoty chýbajú, pričom sú dopĺňané za pomoci rôznych modelov na základe iných v databázach obsiahnutých údajov (GUPTA, LARSON 1979, LINKEŠ, MAKOVNÍKOVÁ, KOBZA 1989, MANRIQUE, JONES 1991, BERNOUX a iní 1998, KAUR a iní 2002, HEUSCHER a iní 2005, MAKOVNÍKOVÁ, ŠIRÁŇ a iní 2011). Tieto modely pracujú najmä s tými vlastnosťami pôdy, s ktorými najviac korelujú hodnoty objemovej hmotnosti pôdy. Obyčajne sú to rôzne zrnitostné frakcie (íl < 0,001 mm, prach, piesok, celkový íl < 0,01 mm), obsah humusu alebo ich kombinácia. Spôľahlivosť tohto procesu závisí od kvality údajov, ktoré do modelu vstupujú. Modelovanie OH pomáha získanie nových georeferencovaných údajov OH i v rámci rozsiahlych databáz s veľkou hustotou sond a vylepšuje tak východiskovú pozíciu pre tvorbu máp.

Na Slovensku bolo viacero pokusov o vytvorenie mapy objemovej hmotnosti pôdy, príp. kompaktie pôdy, ktoré sa opierali o odhady vychádzajúce s dostupných poznatkov získaných v praxi pri meraní OH (údaje z poľných pokusov, z monitorigu pôd), príp. penetrometrického odporu pôdy. Viaceré využívali ako podklad mapy BPEJ (Bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek), resp. predovšetkým údaje o zrnitosti pôdy a v niektorých prípadoch aj údaje o vyhranených (vzhľadom na kompakciu) pôdnych typoch (ZRUBEC 1998, HOUŠKOVÁ 2002, ŠIRÁŇ 2010). Využitie ďalších početných priestorových údajov OH prostredníctvom modelovania je v tomto smere značným prínosom.

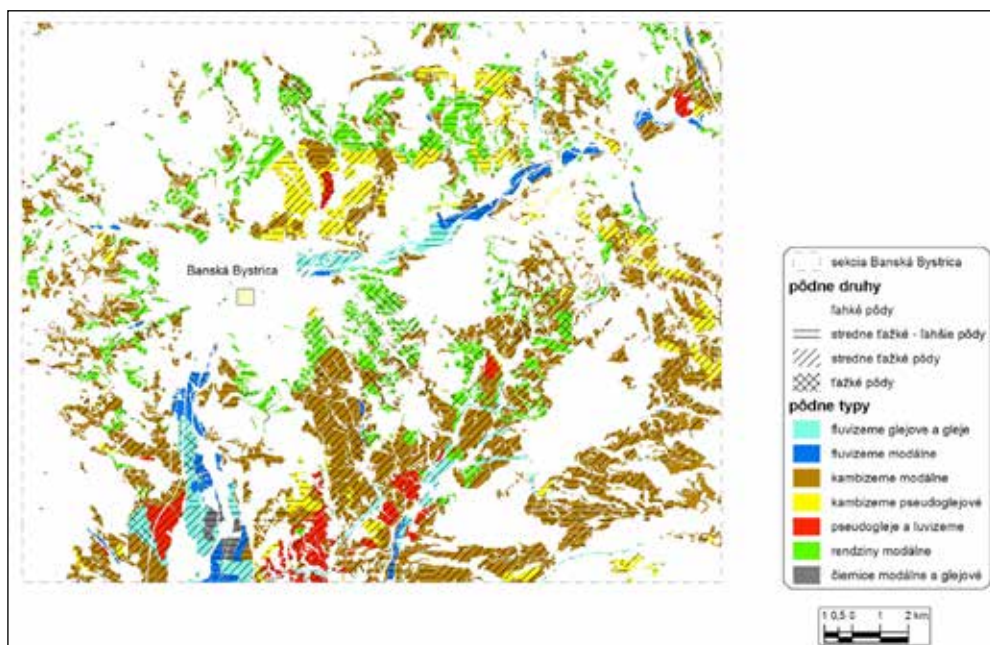
Cieľom tohto príspevku je porovnať dva rôzne prístupy k tvorbe máp objemovej hmot-

nosti pôdy na príklade záujmového územia Banská Bystrica s využitím maxima georeferencovaných údajov z dostupných databáz.

MATERIÁL A METÓDY

Predmetné územie sekcia Banská Bystrica, predstavuje plochu 50 000 ha a zahrňuje 49 katastrálnych území (Obr. 1). Na tomto území je lokalizovaných 818 základných sond a 135 výberových sond Komplexného prieskumu pôd (KPP). Prevládajúcim pôdnym typom na modelovom území sú kambizeme. Z pôdných druhov sú najviac zastúpené hlinité pôdy (Tab. 1).

Obr. 1 Pôdne typy a druhy v záujmovom území



Údaje z povrchového humusového horizontu získané z databázy KPP o obsahu celkového ílu (veľkosť častíc <0,01 mm) a obsahu organickej hmoty v pôde pre výberové sondy KPP a údaje o obsahu celkového ílu pre základné sondy KPP doplnené podľa databázy ČMS-P o hodnotu organickej hmoty v pôde boli spracované a vyhodnotené v mapovom prostredí. Na základe údajov textúry a humusu bola v týchto bodoch domodelovaná objemová hmotnosť pomocou statického modelu, do ktorého vstupujú ako premenné obsah celkového ílu (< 0,01 mm) v % a obsah organickej hmoty v % (resp. prepočet Cox na obsah humusu). K prevedeniu týchto bodových údajov do plochy boli použité mapy bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek v mierke 1:5000 (ďalej ako BPEJ).

Tab. 1 Zastúpenie (%) jednotlivých pôdných typov a druhov v záujmovom území

Pôdny typ	P-HP	PH	H	IH	Spolu
fluvizeme glejové a gleje	–	1,3	4,1	0,7	6,2
fluvizeme modálne	1,1	1,7	1,0	0,0	3,9
kambizeme modálne	1,1	12,7	38,6	2,2	54,6
kambizeme pseudoglejové	–	2,1	7,8	0,2	10,1
pseudogleje a luvizeme	–	–	4,1	0,5	4,5
rendziny modálne	–	3,6	12,0	4,5	20,0
čiernice modálne	–	0,5	0,2	–	0,7
Spolu	2,2	21,9	67,7	8,1	100,0

Plošné zobrazenie objemovej hmotnosti pôdy bolo spracované dvomi spôsobmi – na základe polygónov BPEJ (podľa príslušnosti k pôdnemu typu a druhu) a štvorcov v sieti 1 × 1 km (referenčný grid), ktoré je vyžadované pri poskytovaní údajov do európskych databáz. Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi a implementáciu výslednej digitálnej údajovej vrstvy bol využitý programový balík ArcGIS®.

Pri mapovom zobrazení na základe polygónov BPEJ sme vychádzali z databázy KPP. Územnou jednotkou sú polygóny BPEJ pre jednotlivé pôdne typy až subtypy, príp. druhy. Ako metóda bolo zvolené spriemerovanie modelových hodnôt rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy v rámci polygónov hlavných pôdných typov a subtypov, ako aj podľa pôdných druhov, nakoľko textúra významne vplýva na hodnoty objemovej hmotnosti pôdy a slúži ako dôležité kritérium pri určení zhutnenia pôdy (MAKOVNÍKOVÁ a iní 2007). Aby pri spriemerovaní vlastností pôdy nedochádzalo k spriemerovaniu súboru údajov s vysokým rozptylom, bola navrhnutá účelová regionálna kategorizácia.

Pri mapovom zobrazení v sieti 1 × 1 km (vyžadované pri poskytovaní údajov do európskych databáz) sú územnou jednotkou štvorce o veľkosti 1 × 1 km. Výsledné hodnoty objemovej hmotnosti pôdy pre jednotlivé štvorce boli vypočítané pomocou vážených priemerov, ktoré vychádzajú z hodnôt objemovej hmotnosti a plošného zastúpenia jednotlivých pôdných typov, príp. druhov.

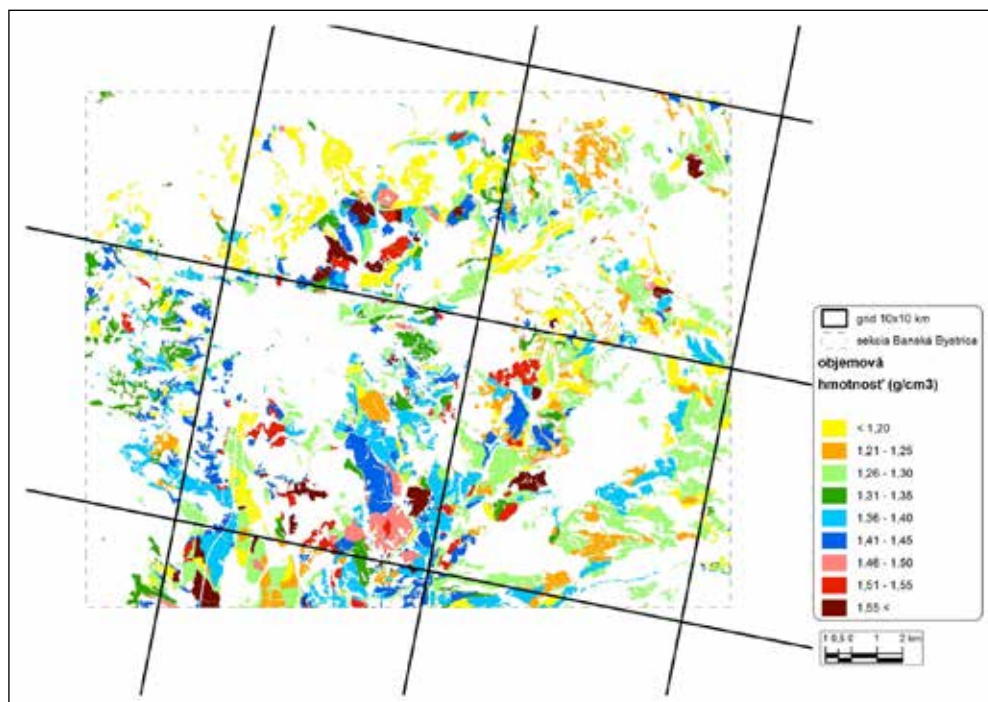
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Objemová hmotnosť pôdy je značne dynamická vlastnosť v priestore (odchýlky viac ako $\pm 0,10 \text{ g.cm}^{-3}$ na kruhovej ploche o polomere 10 m tak pod trávami ako aj bežnými poľnými plodínami pri 17 opakovaniach zistili ŠIRÁŇ, MAKOVNÍKOVÁ 2011, 2012) aj čase (podľa FULAJTÁRA 2006) v humusových horizontoch môže v priebehu sezóny od orby po zber plodiny kolísat od menej ako 1,0 až po 1,8 g.cm^{-3} , preto sme vzali do úvahy jej ustálenú tzv. rovnovážnu hodnotu. V prípade, že je model OH dobre postavený, poskytuje viacero predností. Okrem zvýšenia počtu údajov v priestore, pri optimálnom rozmiestnení sond môže pozitívne ovplyvniť

presnosť mapového vyjadrenia, nakoľko model reaguje na konkrétne hodnoty zrnitosti, ktoré môžu i v rámci jedného polygónu značne kolísať napriek tomu, že celý spadá pod jeden pôdny druh (napr. pri hlinitých pôdach obsah celkového ílu sa môže pohybovať v pomerne širokom rozpätí 30–45 %).

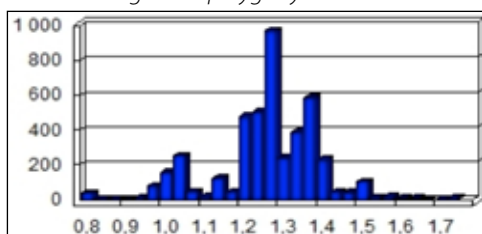
Na obrázku 2 je zobrazená mapa OH vytvorená na základe polygónov BPEJ, v tabuľkách 2 a 3 sú uvedené základné štatistické parametre vstupných súborov dát a tabuľka 4 vyjadruje početné aj plošné rozčlenenie polygónov BPEJ do jednotlivých kategórií OH tak ako sú vyznačené v legende zmienenej mapy. Pri stanovení hraníc týchto kategórií sme vychádzali z limitných hodnôt OH pre jednotlivé pôdne druhy za účelom zistenia kompaktie pôd, ktoré sú súčasťou vyhlášky MPRV SR 59/2013 vykonávajúcej Zákon č. 220/2004 Zb. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, nakoľko je to praktické v súvislosti s využitím predmetnej mapy ako podkladom na identifikáciu plôch postihnutých zhutnením. Podobné mapové a tabuľkové vyjadrenie je spracované pre druhé zobrazenie na základe štvorcov v sieti 1 × 1 km (Obr. 5, Tab. 5–7).

Obr. 2 Zobrazenie objemovej hmotnosti pôdy na základe polygónov BPEJ pre jednotlivé pôdne typy a druhy



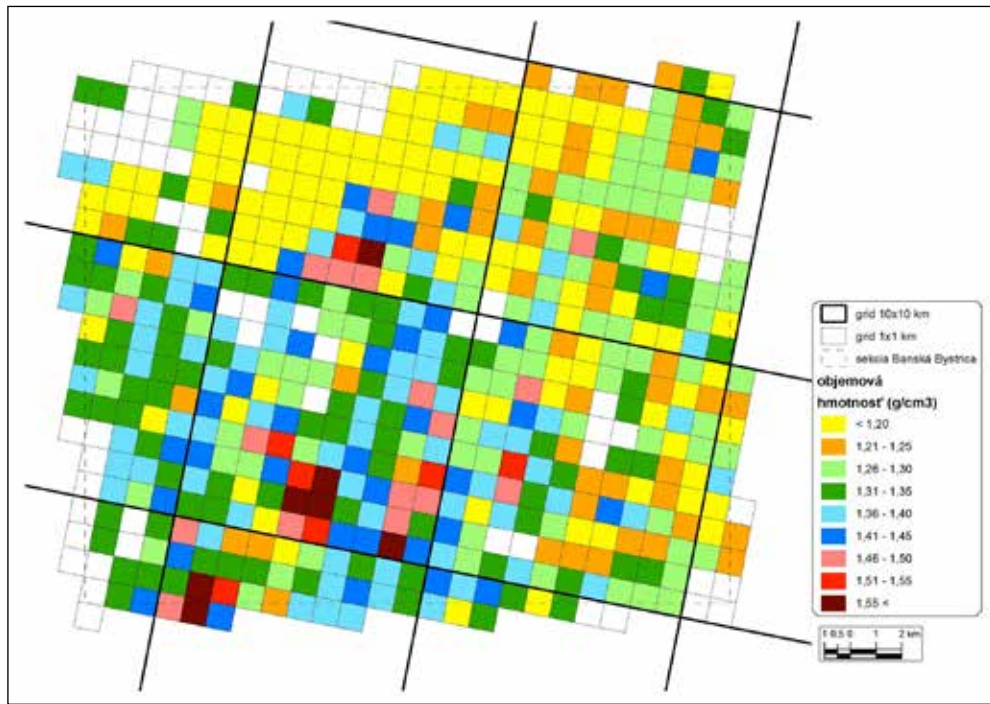
Tab. 2 Štatistické parametre – polygóny BPEJ

Štatistický parameter	hodnota
Priemer	1,282
Smerodajná odchýlka	0,134
Počet BPEJ polygónov	4464
Minimum	0,800
Maximum	1,780

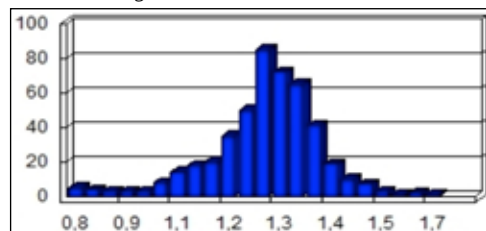
Obr. 3 Histogram – polygóny BPEJ**Tab. 4** Počty jednotiek a plošné zastúpenie pôd podľa jednotlivých kategórií objemovej hmotnosti pôd pri zobrazení na základe polygónov BPEJ

Kategórie OH	Počet BPEJ polygónov	% plošné zastúpenie pôd	priemer OH
< 1,2	834	16,3	1,015
1,21 – 1,25	566	12,4	1,225
1,26 – 1,30	1388	24,5	1,284
1,31 – 1,35	287	7,1	1,327
1,36 – 1,40	654	17,0	1,379
1,41 – 1,45	539	11,4	1,419
1,46 – 1,50	36	2,8	1,491
1,51 – 1,55	112	4,1	1,534
> 1,55	48	4,4	1,648
Celkom	4464	100,0	1,282

Pri porovnaní základných štatistík vstupných databáz jednotlivých mapových zobrazení možno vidieť podrobnejšie rozčlenenie územia, väčší počet mapovacích jednotiek v prípade zobrazenia na základe plošne rozdielných polygónov BPEJ (Tab. 2 a 5), čo dáva možnosti na detailnejšie hodnotenie územia podľa jednotlivých pôdných typov a hlavne pôdných druhov, na základe ktorých sa môže ďalej hodnotiť kompakcia pôdy, prípadne iné vlastnosti pôdy a vytvárať ich mapové výstupy. V rámci tohto prístupu na rozdiel od máp podľa štvorcov 1×1 km sme zaznamenali výraznejšie extrémne hodnoty súboru údajov OH v rámci polygónov (hlavne hodnota maxima – tabuľky 2 a 5), ako aj ich väčšie plošné zastúpenie v kategóriách OH nad $1,5 \text{ g.cm}^{-3}$ (Tab. 4 a 7). Výhodou tohto spôsobu zobrazenia je jednoznačné stanovenie rizika zhutnenia pôd a veľkosti príp. priestorového usporiadania postihnutých plôch, alebo podobne ďalších pôdných vlastností, ktoré možno vzťahovať k pôdnemu typu resp. druhu.

Obr. 4 Zobrazenie objemovej hmotnosti pôdy v sieti 1 × 1 km**Tab. 5** Štatistické parametre – štvorce 1 × 1 km

Štatistický parameter	hodnota
Priemer	1,283
Smerodajná odchýlka	0,132
Počet 1 × 1 km štvorcov	482
Minimum	0,801
Maximum	1,690

Obr. 6 Histogram – štvorce 1 × 1 km

V sieti 1 × 1 km sa v rámci jednotlivých štvorcov rozdiely čiastočne (viac alebo menej - podľa zastúpenia pôdnych typov a druhov) zmazávajú vplyvom priemerovania hodnôt OH rôznych polygónov v danom štvorci, čo sa prejavuje hlavne na znížených hodnotách maxima (Tab. 5), ale aj na rovnomernejšom rozložení stĺpcov histogramu (Obr. 6). Daný fakt sa prejavil aj na nižšom % plošnom zastúpení pôd v kategóriách OH nad 1,50 g.cm⁻³ oproti nižším (Tab. 7). Výhodou tohto zobrazenia je jeho použitie v medzinárodnom meradle, keď pomáha preklenúť národné rozdiely v prístupe k mapovaniu a umožňuje tak vyjadriť stav pôdnych vlastností na porovnateľnej úrovni.

Tab. 7 Počty jednotiek a plošné zastúpenie pôd podľa jednotlivých kategórií objemovej hmotnosti pôd pri zobrazení v sieti 1 × 1 km (v rámci štvorcov posudzovaná je iba plocha poľnohospodárskej pôdy)

Kategórie OH	Počet 1 × 1 km štvorcov	% plošné zastúpenie pôd	priemer OH
< 1,2	113	19,9	1,071
1,21 – 1,25	53	10,4	1,228
1,26 – 1,30	85	15,1	1,276
1,31 – 1,35	90	18,5	1,324
1,36 – 1,40	72	16,0	1,374
1,41 – 1,45	38	11,3	1,417
1,46 – 1,50	17	5,0	1,476
1,51 – 1,55	7	2,2	1,526
> 1,55	7	1,5	1,580
Celkom	482	100,0	1,283

ZÁVER

Mapové zobrazenie na základe polygónov BPEJ je detailnejší prístup založený na areáloch výskytu pôdných typov a druhov. Je zvlášť vhodný pri posudzovaní kompaktie pôd, príp. pôdných vlastností hodnotených na podobnom princípe. Zobrazenie prostredníctvom štvorcov v sieti 1×1 km je opodstatnené používať hlavne v medzinárodnom meradle, keď pomáha preklenúť národné rozdiely v prístupe k mapovaniu a umožňuje tak vyjadriť stav pôdných vlastností na porovnateľnej úrovni.

Príspevok vznikol za podpory projektu APVV-0098–12: Analýza, modelovanie a hodnotenie agroekosystémových služieb.

LITERATURA

- BERNOUX, M. – ARROUAYS, D. – CERRI, C. – VOLKOFF, B. – JOLIVET, C. 1998. Bulk densities of Brazilian Amazon soils related to other soil properties. In *Soil Science Society of America Journal*, 162, 1998, s. 743–749.
- EEA reference grid. <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-reference-grids-1>
- FULAJTÁR, E. – sen. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP. 142 s. – ISBN 80–89128-20–3
- GUPTA, S.C. – LARSON, W.E. 1979. A model for predicting packing density of soils using particle-size distribution. In *Soil Science Society of America Journal*, 43, 1979, p. 758–764.
- HEUSCHER, A. S. – BRANDT, C. C. – JARDINE, M. P. 2005. Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. In *Soil Science Society of America Journal*, 69, 2005, s. 51–56
- KAUR, R. – KUMAR, S. – GURUNG, H.P. 2002. A pedo-transfer function for estimating soil bulk density from basic soil data and its comparison with existing PTFs". In *Australian Journal of Soil Research*. 1. september, 2002, FindArticles.com. 11 Jan, 2011.
- LINKEŠ, V. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – KOBZA, J. 1989: Výpočet rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy z údajov jej textúry a obsahu humusu. In: *Rostlinná výroba*, VII. – r. 35. Praha: ČAZ. s. 773–780
- MAKOVNÍKOVÁ, J. – ŠIRÁŇ, M. – PÁLKA, B. 2007. Statický model objemovej hmotnosti pôdy a jeho aplikácia v záujmovom území Banská Bystrica. In *Agrochémia*, roč. 47, 2007, č. 2. s. 18–21

- MAKOVNÍKOVÁ, J. – ŠIRÁŇ, M. 2011. *Modelovanie rovnovážnej objemovej hmotnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP. 36 str. – ISBN 978-80-89128-85-3
- MANRIQUE, L.A. – JONES, C.A. 1991. Bulk density of soils in relation to soil physical and chemical properties. In *Soil Science Society of America Journal*, 55, 1991, p. 476–481.
- ŠIRÁŇ, M. 2010: Aktuálny stav objemovej hmotnosti pôd na základe údajov monitoringu pôd SR. In *Vedecké práce VÚPOP*, č. 32. Bratislava: VÚPOP. s. 84 – 87, ISBN 978-80-89128-59-4
- ŠIRÁŇ, M. – MAKOVNÍKOVÁ, J. 2011. Priestorová variabilita objemovej hmotnosti pôdy na monitorovacej lokalite. In Sobocká, J. (ed.) *Diagnostika, klasifikácia a mapovanie pôd*. Monografia, Bratislava: VÚPOP. str. 261 – 270, ISBN 978-80-89128-90-7
- ŠIRÁŇ, M. – MAKOVNÍKOVÁ, J. 2012. Priestorová variabilita a vývoj objemovej hmotnosti pôdy na kambizemi. In *Vedecké práce VÚPOP*, vol. 34. Bratislava: VÚPOP. 2012, s. 122 – 128, ISBN 978-80-89128-98-3
- VYHLÁŠKA Č. 59/2013 Vyhláška Ministerstva pôdohospodárstva a rozvoja vidieka Slovenskej republiky vykonávajúca Zákon č. 220/2004 Zb.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
-

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 37

© 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: 120

Náklad: 100 ks

ISBN 978-80-8163-011-8

Texty neprešli jazykovou úpravou.



ISBN 978-80-8163-011-8



9 788081 630118 >