

Výskumný
ústav
pôdoznaectva
a ochrany
pôdy
Bratislava

VÚPOP



SSCRI

Soil
Science and
Conservation
Research
Institute
Bratislava

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznaectva a ochrany pôdy

2010

32

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Výskumný
ústav
pôdoznaectva
a ochrany
pôdy
Bratislava

VÚPOP



SSCRI

Soil
Science and
Conservation
Research
Institute
Bratislava

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznaectva a ochrany pôdy

2010

32

Proceedings

of Soil Science and Conservation Research Institute

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy č. 32

Recenzent: prof. Ing. Bohdan Juráni CSc.

Obsah

BALKOVIČ, J., SKALSKÝ, R., NOVÁKOVÁ, M.	Priestorový model distribúcie piesku a ílu v ornici poľnohospodárskych pôd Slovenska.....	5
BARANČÍKOVÁ, G., HALAS, J., LITAVEC, T.	Porovnanie chemických parametrov dvoch vybraných rašelinísk na Slovensku.....	14
BUJNOVSKÝ, R.	Hodnotenie efektov vyplývajúcich z realizácie vybraných agroenvironmentálnych opatrení	24
DODOK, R.	Vodný režim pôd v oblasti vplyvu Vodného diela Gabčíkovo	33
DŽATKO, M.	Od tradičnej klasifikácie a mapovania pôd k holistickej integrácii vzťahov pôda, prostredie a človek.....	41
GREČO, V.	Kontaminácia poľnohospodárskych pôd automobilovou dopravou.....	45
HALAS, J., NOVÁKOVÁ, M.	Priestorová variabilita pôdneho organického uhlíka a posúdenie trendu hospodárenia s POH	49
KOBZA, J.	Niektoré novšie atribúty hodnotenia pôdnych vlastností a procesov vo vzťahu diagnostike pôd.....	60
PEKÁROVÁ, E.	Krajinnoekologické potenciály a limity v rámci trvalo udržateľného rozvoja vidieka na modelovom území obce Radošina.....	72
ŠIRÁŇ, M.	Aktuálny stav objemovej hmotnosti pôd na základe údajov monitoringu pôd SR.....	82
TAKÁČ, J., NOVÁKOVÁ, M., SKALSKÝ, R., SOBOCKÁ, J.	Identifikácia sucha na Slovensku s použitím klimatických kritérií.....	88
TAKÁČ, J., NOVÁKOVÁ, M., ŠÍŠKA, B., MALATINSKÁ, L.	Očakávané zmeny vodnej bilancie na Slovensku v dôsledku zmeny klímy podľa scenára SRES A1B.....	101
TARASOVIČOVÁ, Z., SKALSKÝ, R., BALKOVIČ, J., NOVÁKOVÁ, M.	Model priestorovej distribúcie pšenice ozimnej a repky olejnej pre Slovensko	116

PRIESTOROVÝ MODEL DISTRIBÚCIE PIESKU A ÍLU V ORNICI POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PŮD SLOVENSKA

SPATIAL MODEL OF SAND AND CLAY DISTRIBUTION IN THE TOPSOIL OF AGRICULTURAL LAND OF SLOVAKIA

Juraj BALKOVIČ^{1,2}, Rastislav SKALSKÝ¹, Martina NOVÁKOVÁ¹

¹ Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava, e-mail: j.balkovic@vupop.sk

² Katedra pedológie, Prírodovedecká fakulta Univerzity Komenského, Mlynská dolina 1, 842 15 Bratislava

Abstrakt

V príspevku je prezentovaný model distribúcie piesku (\varnothing 0,05–2 mm) a ílu (\varnothing < 0,002 mm), ktorý je súčasťou informačného systému o poľnohospodárskych pôdach Slovenska Výskumného ústavu pôdozvedectva a ochrany pôdy. Priestorový model bol vytvorený z profilových údajov obsahu piesku a ílu v A horizonte z výberových sond komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd (KPP; spolu 16 264 georeferencovaných sond). Na interpoláciu bol využitý regresný kriging, v rámci ktorého bola ako vysvetľujúca premenná zahrnutá kódovaná zrnitosť ornice zo základných sond KPP (spolu 158 478 georeferencovaných sond). Medzi kódovanou zrnitosťou ornice a obsahom piesku a ílu vo výberových sondách KPP existuje štatisticky významná závislosť (lineárna pre piesok, $R^2 = 44,0\%$ a exponenciálna pre íl, $R^2 = 36,5\%$), ktorá bola použitá na odhad priestorového trendu v distribúcii piesku a ílu. Rezíduá regresných vzťahov boli spracované metódou „ordinary kriging“. Výsledný model distribúcie piesku a ílu bol vypočítaný pre raster s veľkosťou bunky 20 m a podľa databázy BPEJ bol upravený pre rozsah poľnohospodárskej pôdy Slovenska. Správnosť výsledných rastrov bola validizovaná prostredníctvom nezávislej množiny experimentálnych hodnôt piesku a ílu, ktoré pochádzajú z geochemického atlasu pôd Slovenska (spolu 3 075 záznamov z A horizontov poľnohospodárskych pôd). V oboch prípadoch bola preukázaná štatisticky významná lineárna závislosť medzi modelovanými a experimentálnymi hodnotami: $R^2 = 41,9\%$, $P < 0,001$ pre piesok a $R^2 = 43,6\%$, $P < 0,001$ pre íl. Prezentovaný model distribúcie piesku a ílu v ornici poľnohospodárskych pôd má relatívne vysokú platnosť pre celé územie Slovenska a možno ho využiť pre regionálne hodnotenia poľnohospodárskej krajiny.

Kľúčové slová: piesok, íl, poľnohospodárske pôdy, regresný kriging, priestorový model

Abstract

A model of spatial distribution of sand (\varnothing 0.05–2 mm) and clay (\varnothing < 0.002 mm) content, which creates a part of the Information system of Slovakian agricultural soils being managed by Soil Science and Conservation Research Institute, is presented in this article. The spatial model was calculated from profile records (clay and sand contents, A horizons only) of Se-

lected Soil Profiles of the Complex Survey of Agricultural Soils database (in total 16 264 geo-referenced values). Regression kriging algorithm was used here to interpolate the spatial coverage, where coded topsoil texture (created from 158 478 geo-referenced records of Basic Soil Profiles of the Complex Survey of Agricultural Soils database) was included as predictor variable. It was shown here-in that sand and clay contents demonstrate a statistically significant response to the coded topsoil texture: linear ($R^2=44\%$) and exponential ($R^2=36.5\%$) for sand and clay respectively. These relations were used to estimate spatial trends in clay and sand content distribution. Residuals from the regressions were processed by the Ordinary Kriging method. The model was calculated for a raster with 20 m cell resolution, and was adjusted for the extent of Slovakian arable land according to the Soil-Landscape Units database. The rasters were validated through a set of independent experimental values, which originates from the Geochemical Atlas of Slovakian Soils database (in total 3 075 records of sand and clay contents from A horizons of agricultural soils). A significant linear relation between modelled and measured values was observed for both sand and clay variables: $R^2=41.9\%$, $P<0.001$ for sand and $R^2=43.6\%$, $P<0.001$ for clay. The presented model of sand and clay distribution in the topsoil of arable soils has relatively high validity for the whole area of Slovakia and it can be therefore used for various regional evaluations.

Keywords: sand, clay, agricultural soils, regression kriging, spatial model

ÚVOD

Zrnitostné zloženie je dôležitou vlastnosťou pôd, ktorá významne ovplyvňuje fyzikálne, chemické a biologické procesy a do značnej miery určuje funkcie pôdy v krajine. V posledných rokoch rastie požiadavka na dostupnosť podrobných priestorových informácií o zrnitosti poľnohospodárskych pôd Slovenska, a to napríklad pre potreby modelovania indikátorov poľnohospodárskej krajiny (napr. BUJNOVSKÝ A INÍ, 2009, SKALSKÝ A INÍ, 2009, NOVÁKOVÁ A SKALSKÝ, 2006, BARANČIKOVÁ A INÍ, 2010), precízneho poľnohospodárstva (napr. NOVÁKOVÁ A INÍ, 2008, SVIČEK A NOVÁKOVÁ, 2006) alebo implementácie politických pravidiel kategorizácie krajiny (napr. poľnohospodársky znevýhodnených oblastí v zmysle nariadenia Rady ES č. 1257/1999 alebo nitrátovej direktívy v zmysle Smernice 91/676/EC). Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy (VÚ-POP) ponúka v rámci svojho informačného systému o poľnohospodárskych pôdach Slovenska viacero údajových zdrojov, ktoré priamo alebo nepriamo obsahujú informácie o zrnitostnom zložení pôd¹:

- i) Georeferencovaná databáza poľnohospodárskych pôd Slovenska (GDPPS, cf. SKALSKÝ 2005), ktorá integruje profilové a mapové výstupy Komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd ČSSR (KPP, cf. NĚMEČEK A INÍ, 1967) pre územie Slovenska. K dispozícii sú: (i) údaje špeciálnych a výberových sond (zrnitostná krivka pre genetické horizonty) a základných sond (celkový íl $\varnothing < 0,01$ mm pre orniciu a podorniciu; digitálne údaje sú dostupné len pre vybrané modelové územia – cf. SAKSA A INÍ, 2009); (ii)

¹ K dispozícii sú aj iné zdroje údajov, ktoré však nepokrývajú celé územie Slovenska.

- vektorové údaje v rámci kartogramov zrnitosti, skeletovitosti a zamokrenia (digitálna verzia je dostupná pre časť územia Slovenska – cf. SAKSA A INÍ, 2009).
- ii) Databáza bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ), ktorá implicitne zahŕňa vektorovú mapu piatich kategórií zrnitosti pôd určených podľa ornice (cf. LINKEŠ A INÍ, 1996), t.j. pôdy ľahké, stredne ťažké – ľahšie, stredne ťažké, ťažké a veľmi ťažké.
 - iii) Databáza čiastkového monitorovacieho systému pôd (ČMS, cf. KOBZA A INÍ, 2009), ktorá obsahuje profilové údaje o zrnitosti pôd pre vybrané monitorovacie sondy na poľnohospodárskom pôdnom fonde.
 - iv) Geochemický atlas pôd Slovenska (GCHA, cf. ČURLÍK A ŠEFCÍK, 1999), ktorý obsahuje zrnitostné krivky pre A a C horizonty pôdnych profilov. Časť údajov pochádza z poľnohospodárskych pôd.

Ani jeden z vymenovaných zdrojov nespĺňa v plnom rozsahu požiadavku na dostatočnú atribútovú a priestorovú podrobnosť, aby mohol samostatne slúžiť ako priestorový model zrnitosti pôd. V prípade podkladov KPP, kde sú deklarované nevyhnutné relácie medzi pôdnymi profilmi a mapovým vyjadrením, bráni vytvoreniu takéhoto modelu neúplnosť GDPPS, ktorá sa len priebežne buduje. Databáza BPEJ zasa neponúka kvantitatívne hodnoty zrnitosti, ale len jej rámcové kategórie. Na druhej strane, ČMS a GCHA obsahujú kvantitatívne profilové údaje, ale limitujúca je hustota vzorkovania a neexistuje ani zjavný vzťah k žiadnemu mapovému vyjadreniu. Relevantným zdrojom kvantitatívnych údajov o zrnitosti v celoslovenskom meradle teda v súčasnosti zostávajú len sondy KPP (súčasť GDPPS).

V príspevku je prezentovaný spojený model distribúcie piesku (\emptyset 0,05–2 mm) a ílu (\emptyset < 0,002 mm) vytvorený z výberových a základných sond KPP, ktorý je dostačujúci ako vstup pre regionálne hodnotenie poľnohospodárskych pôd. Spomedzi značného počtu metód priestorovej interpolácie (cf. WEBSTER A OLIVER, 2007) bol pre tieto účely vybraný regresný kriging (ODEH A INÍ 1994, 1995). Ide o hybridný algoritmus, ktorý kombinuje metódy environmentálnej korelácie (MCKENZIE A RYAN, 1999) a ordinary kriging (BURGESS A WEBSTER, 1980).

MATERIÁL A METÓDY

Údaje databázy GDPPS

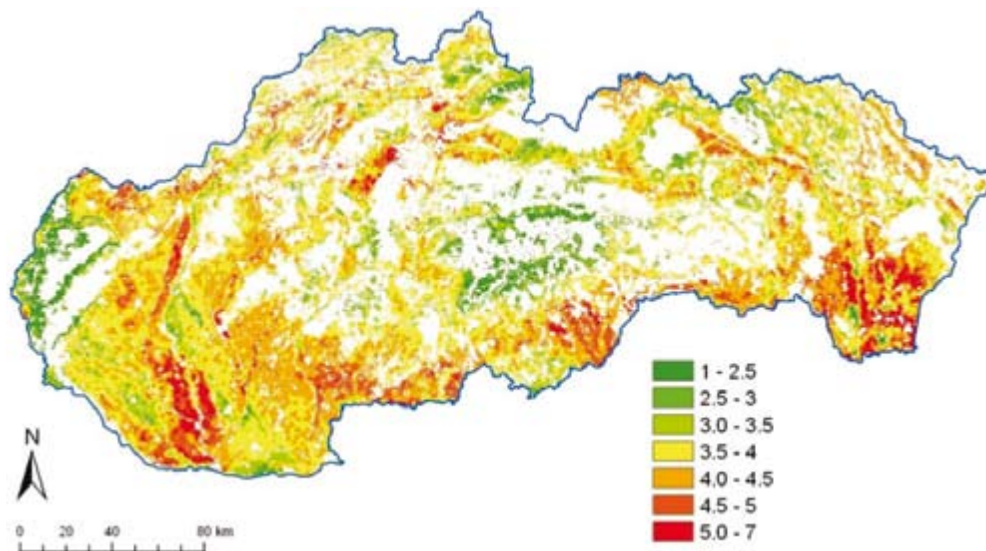
Použité boli údaje o percentuálnom obsahu ílu (\emptyset < 0,002 mm) a piesku (0,05–2 mm) v A horizonte pochádzajúce z databázy výberových sond KPP (cf. SKALSKÝ A BALKOVIČ, 2002). V prípade ílu bol použitý atribút IL_00_1, ktorý je regresne odvodený z obsahu fyzikálneho ílu (\emptyset < 0,001 mm, cf. NĚMEČEK A INÍ 2001). Spolu bolo použitých 16 264 výberových sond. Na spresnenie priestorového odhadu regresným krigingom boli použité triedy zrnitosti ornice z databázy základných sond KPP – spolu 158 478 záznamov.

Priestorový model zrnitostných tried

Za účelom spresnenia priestorového odhadu obsahu piesku a ílu regresným krigingom

bol vytvorený spojitý povrch kódovanej zrnitosti (pôdneho druhu) z údajov o zrnitostnej triede pre ornicu zo základných sond KPP. V prvom kroku boli kategórie zrnitosti, ktoré sú pre sondy KPP udávané podľa obsahu frakcie $\varnothing < 0,01$ mm, kódované do ordinálnej škály pomocou nasledujúceho kľúča: piesočnatý = 1, hlinito-piesočnatý = 2, piesočnato-hlinitý = 3, hlinitý = 4, ílovito-hlinitý = 5, ílovitý = 6, íl = 7. V ďalšom kroku boli kódované hodnoty interpolované metódou „ordinary kriging“ (BURGESS a WEBSTER, 1980) do rastra s rozlíšením 20 m (formát ESRI GRID, v prostredí Geostatistical Analyst pre ArcGIS). Oprávnenosť použitia váženého priemeru pre hodnoty v ordinálnej škále matematicky dokázali napr. TER BRAAK a BARENDREGT (1986). Interpolovaná vrstva kódovaných zrnitostných tried (Obr. 1) slúži ako vysvetľujúca premenná pre odhad obsahu ílu a piesku metódou regresného krigingu.

Obr. 1 Priestorový spojitý model kódovaných zrnitostných tried (A horizont, poľnohospodárske pôdy) interpolovaný zo základných sond KPP



Regresný kriging

Regresný kriging (ODEH A INÍ 1994, 1995) predstavuje hybridnú interpolačnú metódu, v ktorej sa kombinuje regresia a „ordinary kriging“. Pri interpolácii ílu bol použitý regresný kriging s exponenciálnou regresiou (1) a pri interpolácii piesku regresný kriging s lineárnou regresiou (2):

$$\hat{m}(s_0) = a + \exp(b + cx(s_0)) + \hat{\varepsilon}(s_0) \quad (1)$$

$$\hat{m}(s_0) = a + bx(s_0) + \hat{\varepsilon}(s_0) \quad (2),$$

Kde

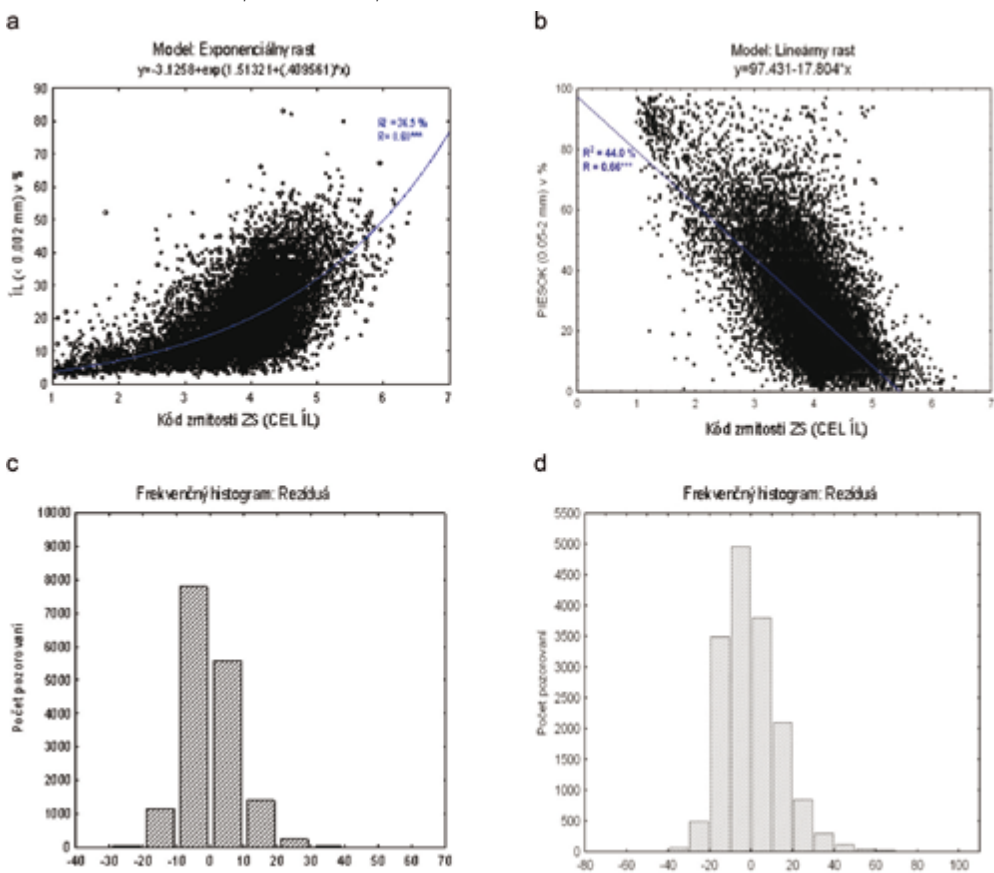
\hat{m} je odhad ílu (1) a piesku (2) v bode s_0 výsledného rastra; a , b a c sú parametre regresie, $x(s_0)$ je hodnota kódovanej zrnitostnej triedy v bode s_0 (Obr. 1) a $\varepsilon(s_0)$ je odhad rezídua regresného vzťahu na mieste s_0 . Odhad rezídua ($\varepsilon(s_0)$) predstavuje krigingový odhad v bode s_0 vypočítaný na základe rezíduí regresného vzťahu z miest výberových sond KPP podľa vzťahu (3):

$$\hat{\varepsilon}(s_0) = \sum_{i=1}^n w_i(s_0) \times \varepsilon(s_0) \quad (3)$$

kde

$W_i(s_0)$ je krigingová váha (BURGESS A WEBSTER, 1980) a $\varepsilon(s)$ je rezíduum regresného vzťahu v bode i -tej výberovej sondy KPP. Výpočet bol realizovaný na rastrovej platforme v programe ArcGIS. Interpolované rastre obsahu piesku a ílu (v %, formát ESRI GRID, rozlíšenie 20 m) boli upravené na rozsah poľnohospodárskych pôd podľa databázy BPEJ.

Obr. 2 Regresná analýza obsahu (a) ílu a (b) piesku v A horizontoch výberových sond KPP voči kódovanej triede zrnitosti odvodenej zo základných sond KPP a histogram rezíduí regresného vzťahu pre (c) íl a (d) piesok



Validácia

Na validáciu správnosti priestorového modelu obsahu ílu a piesku v ornici poľnohospodárskych pôd bola použitá databáza GCHA (spolu 3 075 záznamov). V miestach lokalizácie záznamov validačnej databázy boli porovnané merané obsahy piesku a ílu a obsahy získané z priestorového modelu. Výsledky sú testované pomocou koeficientu R^2 lineárnej regresie.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Priestorový model distribúcie piesku a ílu

V iniciálnej fáze analýzy boli vyhodnotené regresné vzťahy medzi obsahom piesku a ílu v A horizontoch výberových sond KPP a hodnotami kódovanej zrnitosti triedy (Obr. 1) v miestach lokalizácie jednotlivých výberových sond. Obsah ílu ukazuje štatisticky významný exponenciálny vzťah k vysvetľujúcej premennej, t.j. kódu zrnitosti (Obr. 2a, $R^2 = 36,5 \%$, $p < 0,001$, $N = 16\,264$). V prípade obsahu piesku bol použitý lineárny regresný vzťah (Obr. 2b, $R^2 = 44,0 \%$, $p < 0,001$, $N = 16\,264$). Frekvenčné histogramy rezíduí regresných vzťahov sa v oboch prípadoch blížila normálnemu rozdeleniu (Obr. 2c, d), čo je jedným zo základných predpokladov nevychýleného krigingového odhadu.

Na základe vyššie uvedených výsledkov možno usudzovať, že priestorový model zrnitostných tried interpolovaný zo základných sond KPP (raster s rozlíšením 20 m, Obr. 1) možno použiť ako štatisticky významný prediktor pre algoritmus regresného krigingu, lebo výstižne opisuje priestorový trend v hodnotách piesku a ílu.

V ďalšej fáze bola analyzovaná semivariancia v rezíduách vyššie opísaných regresných vzťahov, t.j. exponenciálnej regresie v prípade ílu (Obr. 2a) a lineárnej regresie v prípade piesku (Obr. 2b). Použité boli exponenciálne semivariogramy (Tab. 1). V oboch prípadoch existuje veľký nepomer medzi hodnotami nevysvetlenej a vysvetlenej semivariancie, keď je hodnota „nugget“ viac ako trikrát väčšia ako hodnota „scale“. Takéto semivariogramy indikujú len slabú priestorovú závislosť medzi rezíduami použitých regresných vzťahov a možno očakávať relatívne veľkú chybu krigingového odhadu hodnôt rezíduí.

Tab. 1 Parametre modelu semivariogramu pre rezíduá regresnej analýzy

Premenná	Model semivariogramu	Nugget	Scale	Range (v m)
piesok	exponenciálny	142	39	8 000
íl	exponenciálny	46	11	6 000

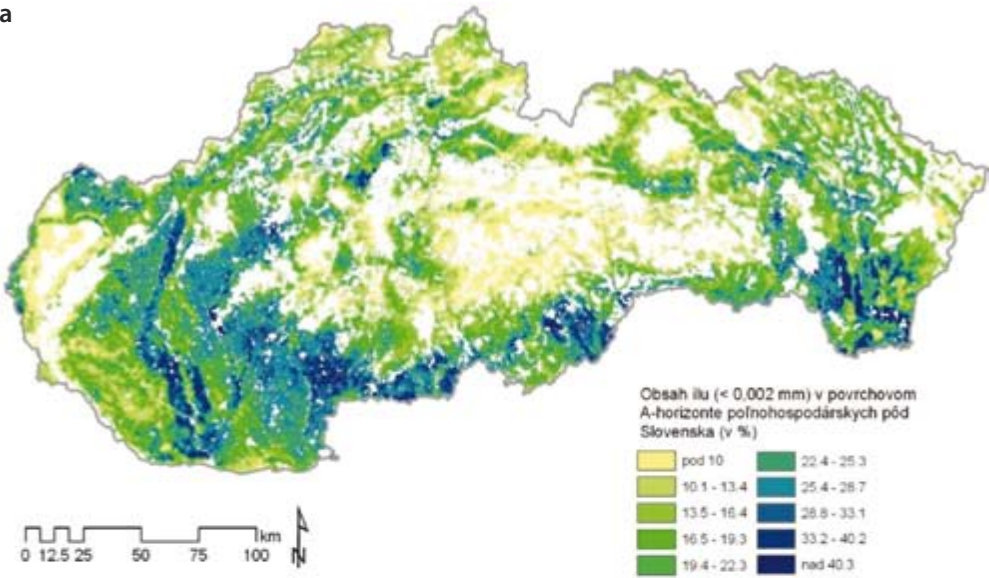
Výsledný priestorový model obsahu piesku a ílu v povrchovom horizonte pôd bol realizovaný výpočtom rovnice (1) a (2) pre každú bunku výsledného rastra (s rozlíšením 20 m) pre rozsah poľnohospodárskych pôd Slovenska (určený na základe BPEJ). Výsledný priestorový model je prezentovaný na obrázkoch 3a, b.

Validácia priestorového modelu distribúcie piesku a ílu

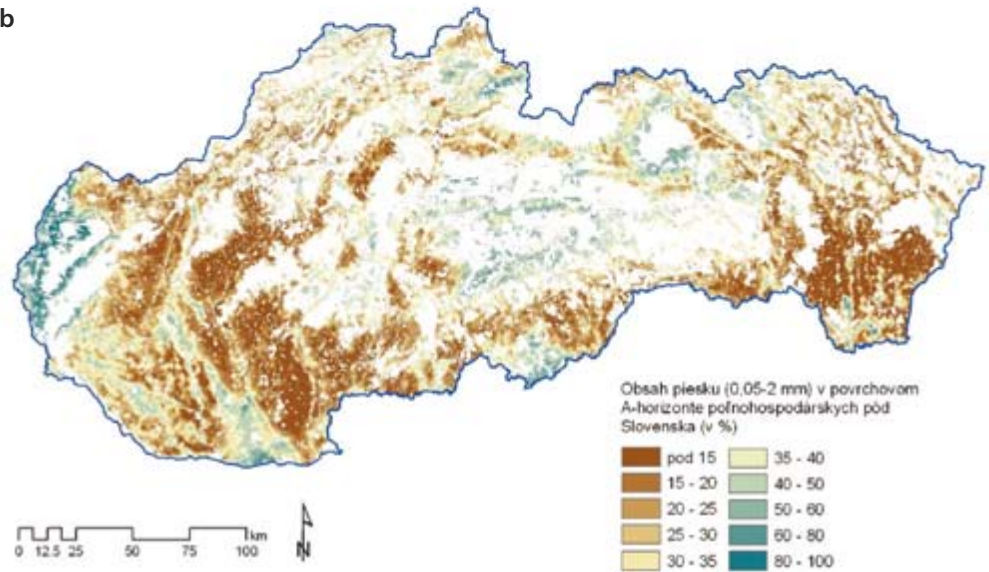
Na validáciu priestorového modelu distribúcie piesku a ílu bola použitá nezávislá množina údajov z databázy GCHA. Vyhodnotené boli rozdiely v modelovaných a experimentálne stanovených obsahoch piesku a ílu na miestach sond GCHA. Výsledky regresnej analýzy (Obr. 4) ukazujú, že existuje štatisticky významný lineárny vzťah medzi modelovanými a experimentálnymi hodnotami ($R^2 = 41,9 \%$, $p < 0,001$, $N = 3\,075$ pre piesok a $R^2 = 43,6 \%$, $p < 0,001$, $N = 3\,075$ pre íl). Možno teda predpokladať relatívne vysokú platnosť výsledného modelu pre celé územie Slovenska.

Obr. 3 Obsah (a) ílu a (b) piesku (v %) v A horizonte poľnohospodárskych pôd Slovenska

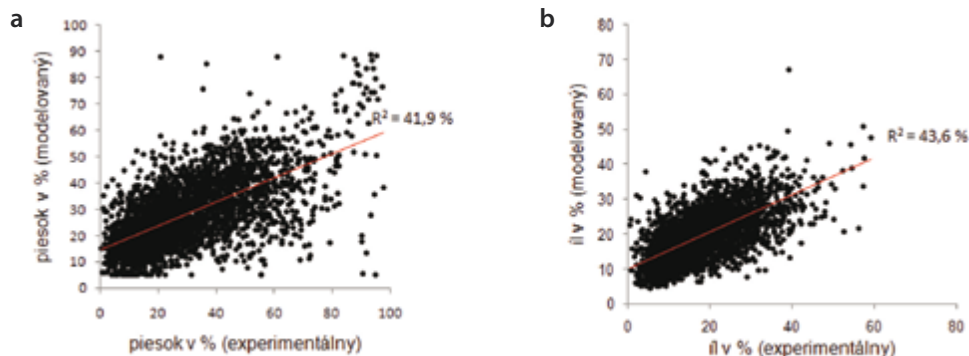
a



b



Obr. 4 Validácia modelovaného obsahu (a) piesku a (b) ílu pomocou experimentálnych údajov z GCHA



ZÁVER

Interpoláciou obsahu piesku a ílu z A horizontov výberových sond KPP pomocou regresného krigingu boli vytvorené rastre priestorovej distribúcie piesku a ílu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska (s rozlíšením 20 m).

Na základe validácie prostredníctvom nezávislých meraní možno považovať výsledné rastre za dostatočne spoľahlivý zdroj informácií pre potreby regionálneho hodnotenia pôd (v oboch prípadoch bola preukázaná relatívne silná a štatisticky významná závislosť medzi modelovanými a experimentálnymi hodnotami). Treba však upozorniť, že táto informačná vrstva predstavuje len model priestorovej distribúcie piesku a ílu a nemôže nahrádzať informácie o zrnitostiach v lokálnej mierke. Vzhľadom na efekt zahľadzovania, ktorý sa vyskytuje pri všetkých interpolačných metódach, možno očakávať väčšiu chybu odhadu pri extrémnych zrnitostiach.

Prezentovaný model využíva potenciál aktuálne existujúcich digitálnych informácií o zrnitosti poľnohospodárskych pôd. Jeho aktualizácia bude závisieť od dobudovania databázy GDPPS na úrovni výberových a základných sond a mapových výstupov pre celé územie Slovenska.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G. – HALÁS, J. – GUTTEKOVÁ, M. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – NOVÁKOVÁ, M. – SKALSKÝ, R. – TARASOVIČOVÁ, Z. 2010. *Application of RothC model to predict soil organic carbon stock on agricultural soils of Slovakia*. In Soil and Water Research, vol. 5, 2010, no. 1, p. 1–9. ISSN 1801-5395.
- BUJNOVSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. 2009. *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128-56-3.
- BURGESS, T.M. – WEBSTER, R. 1980. *Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. I the semi-variogram and punctual kriging*. In Journal of Soil Science, vol. 31, 1980, p. 315–331. ISSN 0022-4588.
- ČURLÍK, J. – ŠEFČÍK, P. 1999. *Geochemický atlas Slovenskej republiky. Časť V: Pôdy*. Bratislava: MŽP SR a VÚPOP, 1999. 99 s., 83 máp. ISBN 80-88833-14-0.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – ČUMOVÁ, L. DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – NÁČINIÁKOVÁ-BEZÁKOVÁ, Z. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. – TÓTHOVÁ, G. 2009. *Soil Monitoring of Slovak Republic. Present State and Development of Monitored Soils as the Base to their Protection and Next Land Use. (2002-2006 years)*. Bratislava: SSCRI, 2009. 199 p. ISBN 978-80-89128-54-9.

- LINKEŠ, V. – PESTÚN, V. – DŽATKO, M. 1996. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek. 3. upravené vydanie*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 1996. 104 s. ISBN 80-85361-19-1.
- MCKENZIE, N.J. – RYAN, P.J. 1999. *Spatial prediction of soil properties using environmental correlation*. In Geoderma, vol. 89, 1999, no. 1–2, p. 67–94. ISSN 0016-7061.
- NĚMEČEK, J. – DAMAŠKA, J. – HRAŠKO, J. – BEDRNA, Z. – ZUSKA, V. – TOMÁŠEK, M. – KALENDA, M. 1967. *Průzkum zemědělských půd ČSSR. 1. díl: Metodika terénního průzkumu*. Praha: Min. zem. a výž., 2005. 246 s.
- NĚMEČEK, J. – MACKŮ, J. – VOKOUN, J. – VAVŘÍČEK, D. – NOVÁK, P. 2001. *Taxonomický klasifikační systém půd České republiky*. Praha: ČZU, 2001. 78 s. ISBN 80-238-8061-6.
- NOVÁKOVÁ, M. – HALAS, J. – SCHOLTZ, P. 2008. *Regresné modely detailnej priestorovej variability úrody pšenice ozimnej v roku 2005*. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 30. Bratislava: VÚPOP, 2008, s. 77–92. ISBN 978-80-89128-51-8.
- NOVÁKOVÁ, M. – SKALSKÝ, R. 2006. *Soil data potential for its application in process of selected crops yield production*. In Agriculture, vol. 52, 2006, no. 4, p. 177–188. ISSN 0551-3677.
- ODEH, I.O.A. – MCBRATNEY, A.B. – CHITTLEBOROUGH, D.J. 1994. *Spatial prediction of soil properties from landform attributes derived from a digital elevation model*. In Geoderma, vol. 63, 1994, no. 3–4, p. 197–214. ISSN 0016-7061.
- ODEH, I.O.A. – MCBRATNEY, A.B. – CHITTLEBOROUGH, D.J. 1995. *Further results on prediction of soil properties from terrain attributes: heterotopic cokriging and regression-kriging*. In Geoderma, vol. 67, 1995, no. 3–4, p. 215–226. ISSN 0016-7061.
- SAKSA, M. – SKALSKÝ, R. – ČURDOVÁ, K. – PIVARČEKOVÁ, E. – BARTOŠOVIČOVÁ, I. 2009. *Súčasný stav budovania Georeferencovanej databázy poľnohospodárskych pôd Slovenska*. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 31. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 144–150. ISBN 978-80-89128-59-4.
- SKALSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. 2002. *Digital Database of Selected Soil Profiles of Complex Soil Survey of Slovakia (KPP-DB)*. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 25. Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 129–140. ISBN 80-89128-07-6.
- SKALSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. – BEZÁK, P. – NOVÁKOVÁ, M. 2009. *Budovanie informačného systému o poľnohospodárskych pôdach Slovenska s využitím simulačných modelov – východiská a perspektívy*. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 31. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 151–162. ISBN 978-80-89128-59-4.
- SKALSKÝ, R. 2005. *The georeferenced database of agricultural soils of Slovakia*. In Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 27. Bratislava: VÚPOP, 2005, s. 97–110. ISBN 80-89128-17-3.
- SVIČEK, M. – NOVÁKOVÁ, M. 2006. *Detailné geoinformácie ako predpoklad úspešného uplatnenia postupov precízneho poľnohospodárstva*. In Nozdrovický, L. Rozpracovanie systému presného hospodárenia na pôde v podmienkach Slovenskej republiky. Zborník SAPV 51, Nitra 6.6.2006. Nitra: SAPV, 2006, s. 36–41.
- TER BRAAK, C.J.F. – BARENDREGT, L.G. 1986. *Weighted averaging of species indicator values: its efficiency in environmental calibration*. In Mathematical Biosciences, vol. 78, 1986, p. 57–72. ISSN 0025-5564.
- WEBSTER, R. – OLIVER, M.A. 2007. *Geostatistics for Environmental Scientists*. Chichester: John Wiley, 2007. 315 p. ISBN 978-0-470-02858-2.
-

POROVNANIE CHEMICKÝCH PARAMETROV DVOCH VYBRANÝCH RAŠELINÍSK NA SLOVENSKU

COMPARISON OF CHEMICAL PARAMETERS OF TWO SELECTED PEATLANDS IN SLOVAKIA

Gabriela BARANČIKOVÁ, Ján HALAS, Tadeáš LITAVEC

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Regionálne pracovisko Prešov, Raymannova 1, 080 01 Prešov, e-mail: g.barancikova@vupop.sk

Abstrakt

Napriek pomerne malej reálnej rozlohe na Slovensku rašeliniská majú nesmiernu ekologickú hodnotu. Okrem iného sú významným terestriálnym rezervoárom organického uhlíka. Z uvedeného dôvodu bolo rozhodnuté zahrnúť do Čiastkového monitorovacieho systému – pôda aj dva rozdielne typy rašelinísk. Na monitorovanie základných chemických parametrov bolo vybrané slatinné rašelinisko Belianske Lúky a vrchoviskové rašelinisko Suchá Hora. Obe tieto lokality sa nachádzajú v Chránených prírodných rezerváciách. Nakoľko rašelinisko na Suhej Hore je vrchoviskového typu, hodnoty pH indikujú extrémne kyslú pôdnu reakciu, na rozdiel od slatinného rašeliniska Belianske Lúky, ktoré je neutrálne až slabo alkalické. Získané výsledky ďalej ukazujú výrazne vyššiu zásobu organického uhlíka na vrchoviskovom rašelinisku Suchá Hora v porovnaní so slatinným rašeliniskom Belianske Lúky ako aj extrémne nízke hodnoty prijateľného fosforu na tejto lokalite. So vzdialenosťou od stredy rašeliniska smerom k pôdam a na pôdach trvalých trávnych porastov boli hodnoty organického uhlíka výrazne nižšie avšak hodnoty pôdnej reakcie sa zmenili iba minimálne.

Kľúčové slová: rašelininy, slatina, vrchovisko, organický uhlík, základné biogénne prvky

Abstract

Despite of small real area on Slovakia peatlands have immense ecological value. Among others things peatlands are important terrestrial reservoir of organic carbon. For this reason was decided to include into Partial Monitoring System – Soil also two different types of peatlands. For monitoring of basic chemical parameters were chosen fen Belianské Lúky and bog Suchá Hora. Both these localities are located in protected nature reserves. Because peatland on locality Suchá Hora is bog, pH values indicate extremely acid soil reaction unlike Belianske Lúky fen, which is neutral or weakly alkaline. Receiving data also show marked higher organic carbon stock on Suchá Hora bog in comparison to Belianske Lúky fen and extremely low value of acceptable phosphorus on this locality. With distance from peatland into pasture soils values of organic carbon were significant lower however values of soil reaction have been minimally change.

Key words: peatlands, fen, bog, organic carbon, basic biogenic elements

ÚVOD

V súčasnom období EÚ stavia do popredia rozdielny prístup k tzv. prirodzeným pôdam, resp. pôdam s vysokým obsahom pôdnej organickej hmoty (POH) a kultivovaným pôdam, ktoré sú charakterizované nízkym obsahom POH. V prípade prirodzených pôd je hlavný dôraz kladený na zachovanie vysokého obsahu pôdneho organického uhlíka (POC), takže takéto pôdy (lesné pôdy, rašeliniská, mokrade, vysokohorské pasienky) by mali byť chránené pred mineralizáciou. Hlavný dôraz v kultivovaných pôdach je kladený na zvýšenie obsahu POH ekologicky vhodnými spôsobmi. Čiastkový monitorovací systém - pôda je dominantne orientovaný na kultivované pôdy, ale ako základná sieť, tak aj kľúčové lokality zahrňujú monitorovanie POH aj na časti prirodzených pôd (vysokohorské trvalé trávne porasty). Ďalšia časť prirodzených pôd (lesné pôdy) je podchytená v lesnom monitoringu, ale zostáva tu ešte jedna skupina pôd - rašeliniská, ktorým sa zatiaľ nevenovala pozornosť. Napriek pomerne malej ploche ich výskytu na Slovensku, uvedené lokality majú z hľadiska sekvustrácie uhlíka nezastupiteľné miesto a aj v našom monitorovacom systéme by mala byť tejto skupine pôd venovaná náležitá pozornosť. Z uvedeného dôvodu bolo rozhodnuté zahrnúť medzi monitorovacie lokality aj dva charakteristické typy rašelinísk, ktoré sa na Slovensku vyskytujú.

Rašeliniská sú ekosystémy, ktoré vznikajú na stanovištiach trvalo zamokrených zrážkovou, povrchovou alebo podzemnou vodou. V podmienkach obmedzeného prístupu vzduchu sa tu hromadia odumreté organické zvyšky v rôznom stupni rozkladu, čím vzniká rašelina, ktorá obsahuje viac ako 50% spáliteľných organických látok v sušine (VICENÍKOVÁ, 2000). Veľmi stručne charakterizuje rašelinisko LINDSAY (1995), ako mokrad' pokrytú vegetáciou, ktorá je rašelinotvorná. Napriek tomu, že rašeliniská na Slovensku nezaberajú veľkú plochu, celkový počet rašelinísk sa odhaduje na 25 963 ha (MICHALKO A INÍ, 1986), ich význam z hľadiska ekologických funkcií ďaleko presahuje ich reálnu rozlohu. Na Slovensku sú rašeliniská považované za veľmi vzácne, často reliktné spoločenstvá, ktoré patria k najohrozenejším ekosystémom u nás. Začali vznikať koncom poslednej doby ľadovej, zhruba 12000-8300 rokov pred Kristom. Vtedy boli u nás prírodné pomery blízke pomerom v súčasnej subarktickej, vo vyšších nadmorských výškach i arktickej zóne (JANKOVSKÁ, 1997).

Najvýznamnejšie kritérium na rozdelenie rašelinísk je spôsob ich vyživovania, ktorý môže byť ombotrofný alebo minerotrofný. Ombotrofné rašeliniská sú zásobované iba zrážkovou vodou, ktorá vytvára mokrad'ové podmienky a je zdrojom živín. Takéto rašeliniská nazývame vrchoviská. Minerotrofné rašeliniská sú zásobované podzemnou a povrchovou vodou, ktorá prináša minerálne látky a takéto rašeliniská nazývame slatiny. Prechod medzi vrchoviskami a slatinami tvoria prechodné rašeliniská (VICENÍKOVÁ, 2000). Na Slovensku sa môžeme stretnúť so všetkými tromi typmi rašelinísk.

SJORS (1950) rozdeľuje slatiny vo vzťahu k floristickému zloženiu, pH, koncentrácií katiónov a hladine alkality na chudobné a bohaté. WHEELER (1988) definuje bohaté slatiny ako mokrade s charakteristickou vegetáciou, zásobované vodou bohatou na živiny a pH v rozmedzí 5,5-8. Na Slovensku je najväčšou prameniskovou slatinou prírodná rezervácia Belianske Lúky (STANOVÁ, 2000). Vrchoviská predstavujú jeden z najkyslejších a na živiny najchudobnejších ekosystémov.

Vysoká kyslosť prostredia je podmienená okrem iného aj tým, že rašelinník intenzívne odčerpáva katióny a do prostredia uvoľňuje ióny vodíka. K zvyšovaniu kyslosti tiež prispieva oxid uhličitý uvoľnený dýchaním (VICENÍKOVÁ, 2000). Fragmentom ojedinelého rašelíniska vrchoviskového typu na Slovensku je prírodná rezervácia Rudné pri Suchej Hore v oblasti Hornej Oravy. Ide o jedinečné rašelínisko nielen u nás ale v rámci celej strednej Európy, čo potvrdzuje výskyt vzácných druhov fauny a flóry (Trnka, 2000).

V tejto práci porovnávame základné chemické parametre dvoch typických predstaviteľov rozdielnych rašelínisk na Slovensku a to slatinového rašelíniska Belianske Lúky a vrchoviskového rašelíniska Suchá Hora. Okrem rašelínisk boli základné chemické parametre stanovené aj na území medzi rašelíniskom a pôdou ako aj na pôdach v blízkosti týchto rašelínisk.

MATERIÁL A METÓDY

Charakteristika sledovaných lokalít

Rašelínisko Belianské Lúky leží v popradskej časti Spišskej kotliny v katastri mesta Spišská Belá v nadmorskej výške 670 – 695 m. n. m. (Obr. 1). Od roku 2003 je uvedené rašelínisko národnou prírodnou rezerváciou. Belianské lúky sú posledným väčším nevyťaženým rašelíniskom v regióne Spiša a zároveň najväčším slatinným rašelíniskom na území Slovenska (cca 100 ha)). Vzniklo pred viac ako 10 000 rokmi, čím sa zaraďuje medzi naše najstaršie rašelíniská. Rašelina sa vekmi postupne hromadila a jej maximálna hĺbka dosahuje až 2,8 m. Organozeme – rašelíniská, ktoré sa nachádzajú na danom území sú prechodného a slatinného typu, ktoré sú typické pre južné predpolie Vysokých a Belianských Tatier. Rašelínisko Belianské lúky je charakterizované ako vápenaté slatinné rašelínisko (GOJDIČOVÁ, 2000).

Plošne najrozsiahlejšie rašelíniská v typickej forme sa zachovali na Hornej Orave, kde zaberajú plochu viac ako 800 ha. Vznik oravských rašelínisk podmienili geologicko-geomorfologické a klimatické pomery Hornej Oravy. Oravské rašelíniská majú charakter vrchovísk alebo prechodných rašelínisk. V Chránenej krajinej oblasti Horná Orava je osobitné chránene územie v zóne B – Rudník, kde sa nachádzajú zvyšky pôvodného rašelíniska s výmerou 1,95 ha. Lokalita Rudník sa nachádza v katastri obce Suchá Hora a uvedené rašelínisko je charakterizované ako rašelínisko vrchoviskového typu poznačené povrchovou ťažbou (Obr. 1). Leží v nadmorskej výške 740 m. n. m. (TRNKA, 2000).

Odber vzoriek a pôdne analýzy

Po rekognoskácii terénu boli vybrané miesta odberu vzoriek tak, aby charakterizovali profil rašelíniska v jeho vnútri, pôdny profil medzi rašelíniskom a poľnohospodárskou pôdou a pôdny profil príľahlej poľnohospodárskej pôdy. Pri výbere lokalizácie sondy bol nápomocný rastlinný vegetačný kryt.

Obr. 1 Lokalizácia rašelinísk



Poľnohospodárska pôda mimo rašeliniska je v lokalite Suchá hora, ale aj v širšom okolí zastúpená pôdnym predstaviteľom pseudoglej modálnej, zrnitostne piesočnatohlinitej až hlinitej, s pH/ KCl 5,5 a obsahom organického uhlíka 1,15 % (BPEJ 1057005). Pôdny kryt tvorí trvalý trávny porast.

Poľnohospodárska pôda mimo rašeliniska v lokalite Belianske lúky je zastúpená pôdnym predstaviteľom rendzina modálnej, zrnitostne hlinitej s pH/KCl 6,9 - 7,2 a obsahom organického uhlíka okolo 1,52 % (BPEJ 1090262). Pôdny kryt tvorí trvalý trávny porast.

Hĺbka odberu vzoriek bola zvolená na základe vizuálnych (morfológických) zmien v pôdnom profile. Hĺbka odberu vzoriek na lokalite Suchá hora bod bola 0-10, 15-25, 35-45, 93-103 cm. Substrát tvorili íly svetlosivej farby.

Hĺbka odberu vzoriek na lokalite Belianske lúky bod bola 5-15, 20-30, 110-120. Pôdny profil bol okamžite po vykopení zaplnený bočnou vodou. Vzorky z podložia boli preto odobraté za pomoci pôdoznaleckého vrtáka.

Odberové miesta v prípade lokality Belianske Lúky sú uvedené na obrázkoch 2a, b, c a Suchá Hora na obrázkoch 3a, b, c.

V jednotlivých hĺbkach oboch rašelinísk sa sledovali základné chemické charakteristiky, konkrétne: obsah organického uhlíka (OC), celkový dusík (Nt), pôdna reakcia meraná v KCl (pH/ KCl), prístupný fosfor (P) a draslík (K). Metódy stanovenia jednotlivých parametrov sú uvedené v Záväzných metódach rozborov pôd (KOBZA A INÍ, 1999). Obsah organického uhlíka sa prepočítaval na organickú hmotu koeficientom 1,724.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ako bolo v úvode spomenuté rašelina obsahuje minimálne 50 % spáliteľných organických látok. V nami sledovaných rašeliniskách podstatne vyššie množstvo organického uhlíka (OC) vo vrchnom horizonte bolo stanovené vo vrchoviskovom rašelinisku Suchá Hora a to 43,6 % OC, čo predstavuje 75 % organickej hmoty. Podstatne nižšie množstvo organickej hmoty, 50 % obsahuje slatinné rašelinisko Belianske Lúky (Obr. 4, 5). Medzi sledovanými rašeliniskami boli podstatné rozdiely v obsahu organického uhlíka aj v jednotlivých odoberaných

Obr. 2. Odberové miesta lokality Belianske Lúky

Obr. 2 a
Vrchná časť profilu rašeli-
ny Belianske Lúky, pod 0,3
m profil zaplnený vodouObr. 2 B
Pôdny profil medzi rašeli-
nikom a pôdouObr. 2 C
Pôdny profil na rendzine

hĺbkach. V prípade vrchoviska Suchá Hora hrúbka rašeliny stanovená množstvom organického uhlíka vyšším ako 50 % organickej hmoty bola do 50 cm, v hĺbke 1 m bolo množstvo uhlíka minimálne (Obr. 4).

Rozdielna situácia bola zistená na slatinnom rašelinisku Belianske Lúky kde skutočná rašelina (50 % organickej hmoty) bola zistená iba v prvom horizonte 0-10cm a už v hĺbke 15-25 cm bolo zistené iba 27,6 % organickej hmoty a v hĺbke 35-45 cm množstvo organickej hmoty bolo iba 3,7 % (Obr. 4). V prechode medzi rašeliniskom a pôdou obsah OC v prípade lokality Suchá Hora predstavoval približne polovicu z obsahu organického uhlíka rašeliniska a v prípade lokality Belianske Lúky na prechode medzi rašeliniskom a pôdou bolo zistené iba štvrtinové množ-

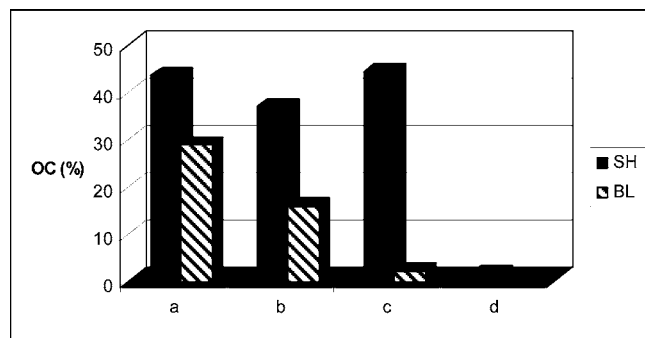
Obr. 2. Odberové miesta lokality Belianske Lúky

Obr. 3 a
Profil vrchoviskovej rašeli-
ny Suchá HoraObr. 2 B
Pôdny profil medzi rašeli-
niskom a pôdouObr. 2 C
Pôdny profil na pseudo-
gleji

stvo OC v porovnaní s lokalitou vo vnútri rašeliniska (Obr. 5). Najnižšie množstvo organického uhlíka na oboch lokalitách bolo stanovené na pôdach v blízkosti rašelinísk, pričom na lokalite Belianske Lúky bola hodnota pôdneho organického uhlíka 2x vyššia ako v prípade lokality Suchá Hora, napriek tomu, že rašelinisko Suchá Hora obsahuje podstatne vyššie množstvo OC ako slatinné rašelinisko Belianske Lúky.

Na rozdiel od organického uhlíka koncentrácia celkového dusíka (Nt) bola v povrchovom horizonte slatinného rašeliniska Belianske Lúky podstatne vyššia v porovnaní s vrchoviskom na Suchoj Hore (Tab. 1, 2). Uvedené hodnoty Nt sú v súlade s literárnymi údajmi, nakoľko podľa DAVIS A ANDERSONA (1991) je obsah dusíka v slatinách vyšší až stredný a na vrchoviskách extrémne nízky. Na rašelinisku Suchá Hora bol obsah dusíka podobne ako obsah organického uhlíka do hĺbky 50cm pomerne vyrovnaný, čo sa prejavilo aj v pomerne vyrovnaných hodnotách C/N,

Obr. 4. Hodnoty organického uhlíka (OC %) na rašelinisku Suchá Hora a Belianske Lúky



BL- Belianske Lúky

SH – Suchá Hora

a 5-15 cm

a 0-10 cm

b 20-30 cm

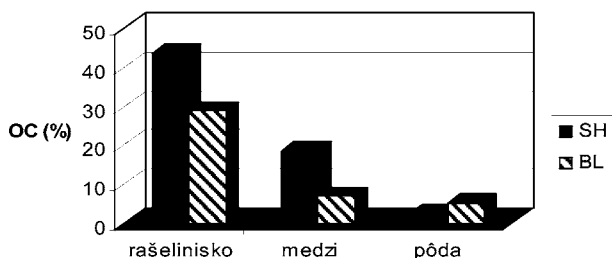
b 15-25 cm

c 110-120 cm

c 35-45 cm

d 95-103 cm

Obr. 5. Hodnoty organického uhlíka (OC %) v prvej hĺbke rašeliniska na prechode medzi rašeliniskom a pôdou a na poľnohospodárskej pôde



BL- Belianske Lúky

SH – Suchá Hora

čo naznačuje extrémne nízku zásobu dusíka v organickej hmote (Tab. 1). Vysoké hodnoty celkového dusíka v porovnaní s organickým uhlíkom sa odrazili aj v hodnotách pomeru C/N, ktorý je na slatinnom rašelinisku Belianske Lúky polovičný až tretinový v porovnaní s vrchoviskom na Suchej Hore (Tab. 2) a indikuje podstatne vyššiu zásobu dusíka v organickej hmote slatiny v porovnaní s vrchoviskom. Pomer C/N na pôdach oboch lokalít indikuje strednú zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote.

Tab. 1. Hodnoty základných biogénnych prvkov na rašelinisku [®], medzi rašeliniskom a pôdou a na pôde lokality Suchá Hora

označenie	Hĺbka (cm)	Nt (mg.kg ⁻¹)	C/N	P (mg/kg)	K (mg.kg ⁻¹)
R	0-10	14300	30,5	94,5	636
R	15-25	14500	25,6	59,3	291
R	35-45	12000	37	17,9	62
R	95-103	900	16,3	14,8	43,7
Medzi	5-10	8700	22	3,5	180
pôda	3-13	2300	11,6	30,5	61,7

Tab. 2. Hodnoty základných biogénnych prvkov na rašelinisku [®], medzi rašeliniskom a pôdou a na pôde lokality Belianske Lúky

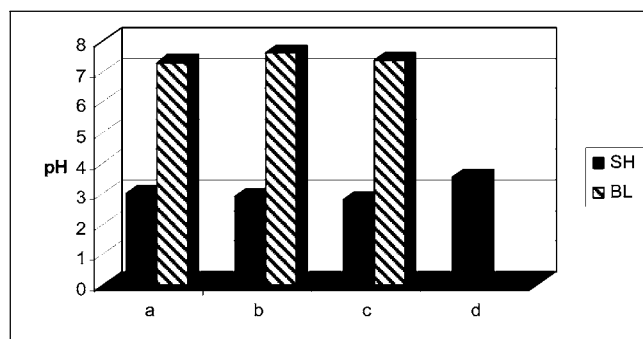
označenie	Hĺbka (cm)	Nt (mg.kg ⁻¹)	C/N	P (mg/kg)	K (mg.kg ⁻¹)
R	5-15	20200	14,3	<0,4	377
R	20-30	9200	17,4	<0,4	132
R	110-120	1970	10,8	<0,4	85
Medzi	10-20	7300	9,7	<0,4	103
pôda	10-20	5300	10,1	1,8	104

Podobne ako v prípade celkového dusíka boli zistené výrazné rozdiely medzi slatinou na Belianskych Lúkach a vrchoviskom na Suchej Hore aj v hodnotách ďalších biogénnych prvkov. Na rozdiel od celkového dusíka, ktorý bol podstatne vyšší na slatine, boli hodnoty prístupného fosforu a draslíka vyššie na rašelinisku vrchoviskového typu na Suchej Hore v porovnaní so slatinovým typom rašeliniska na Belianskych Lúkach (Tab. 1, 2). Extrémne nízke hodnoty (pod medzou detekcie) boli zistené predovšetkým v prípade prijateľného fosforu na rašelinisku Belianske Lúky, ale extrémne nízke hodnoty tohto prvku boli namerané aj na pôde tejto lokality (Tab. 2). Avšak aj hodnota prijateľného fosforu na pôdnej lokalite Suchá Hora, napriek tomu, že je 17x vyššia ako hodnota P na pôdnej lokalite Belianske Lúky, patrí medzi veľmi nízke hodnoty v prípade trvalých trávnych porastov (Tab. 1, 2). V rašelinovom profile hodnoty prijateľného fosforu na lokalite Suchá Hora s hĺbkou klesajú (Tab. 1). Hodnoty prijateľného draslíka v prvých dvoch horizontoch rašeliniska Suchá Hora boli podstatne vyššie ako na rašelinisku Belianske Lúky (Tab. 1, 2). Na oboch rašeliniskách hodnoty draslíka s hĺbkou postupne klesali. Napriek tomu, že hodnota K bola vyššia na rašelinisku Suchá Hora, na poľnohospodárskej pôde v tejto lokalite bola hodnota draslíka nižšia ako na poľnohospodárskej pôde lokality Belianske Lúky (Tab. 1, 2). Na oboch lokalitách je obsah draslíka pre trvalé trávne porasty nízky.

Výrazne rozdielne hodnoty boli zistené v hodnotách pH, čo úzko súvisí s typom sledovaných rašelinísk. Pokiaľ hodnoty pH na vrchoviskovom rašelinisku Suchá Hora boli v celom pôdnom profile extrémne nízke (hodnota pH bola okolo 3, čo charakterizuje veľmi silne kyslú reakciu), na slatinovom rašelinisku Belianske Lúky sa hodnoty pohybovali v neutrálnej, resp. slabozásaditej oblasti (pH 7,3-7,6) (Obr. 6). Uvedené hodnoty sú v súlade s literatúrnymi údajmi,

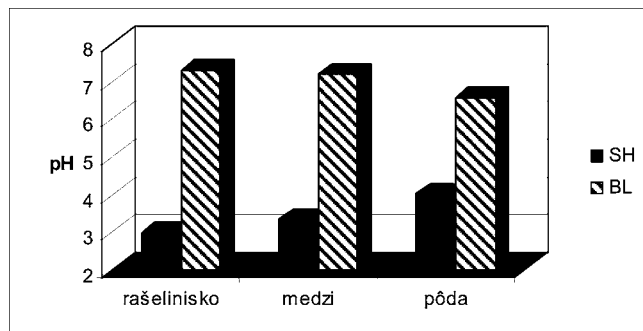
nakolko hodnoty pH pre slatiny sú v rozmedzí pH 4-8 a pre vrchoviská 3-4,5 (DAVIS a ANDERSON, 1991). Hodnoty pH na lokalite medzi rašeliniskom a pôdou, resp. na samotnej pôde sú podobné ako na príslušných rašeliniskách (Obr. 7). Na rozdiel od množstva organickej hmoty hodnoty pH na oboch sledovaných lokalitách dosahovali približne rovnaké hodnoty ako pri Komplexnom prieskume pôd.

Obr. 6 Hodnoty pôdnej reakcie (pH/KCl) na rašelinisku Suchá Hora a Belianske Lúky



BL- Belianske Lúky	SH – Suchá Hora
a 5-15 cm	a 0-10 cm
b 20-30 cm	b 15-25 cm
c 110-120 cm	c 35-45 cm
	d 95-103 cm

Obr. 7 Hodnoty pôdnej reakcie (pH/KCl) v prvej hĺbke rašeliniska na prechode medzi rašeliniskom a pôdou a na pôde



BL- Belianske Lúky	SH – Suchá Hora
--------------------	-----------------

ZÁVER

Rašeliniská sú najväčším rezervoárom terestriálneho organického uhlíka a plnia mnohé ekologické funkcie. V dôsledku ich nepatrnej reálnej rozlohy v rámci pôdneho pokryvu Slovenska neboli tieto prirodzené pôdne systémy v Čiastkovom Monitorovacom systéme – pôda sledované. Až v súčasnom období bolo rozhodnuté na dvoch rozdielnych typov rašelinísk – slatine a vrchovisku monitorovať predovšetkým ich chemické vlastnosti. V dôsledku prebieha-

júcich klimatických zmien, predovšetkým zvyšujúcej sa teploty, môžeme očakávať postupné mineralizačné trendy na týchto lokalitách. V uvedenej práci podávame porovnanie základných chemických parametrov slatinného rašeliniska Belianske Lúky a vrchoviskového rašeliniska Suchá Hora. Získané výsledky poukazujú na výrazne rozdiely vo všetkých sledovaných parametroch, predovšetkým podstatne vyššiu zásobu organickej hmoty na vrchoviskovom rašelinisku Suchá Hora v porovnaní so slatinným rašeliniskom Belianske Lúky.

Literatúra

- DAVIS, R.B. – ANDERSON, D.S. 1991. *The eccentric bogs of Maine: A rare wetland type in the United States*. Maine Agricultural and Forest Experiment Station, Technical Bulletin 146. Orono: University of Maine, 1991. 144 p.
- GOJDIČOVÁ, E. 2000. *Chránené rašeliniská v Prešovskom kraji*. In: STANOVÁ, V. (ed.) Rašeliniská Slovenska. Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2000, s. 87-93. ISBN 80-967471-9-3.
- JANKOVSKÁ, V. 1997. *Počáteční vývoj rašeliníšť České a Slovenské republiky a kryogenní jevy – fakta a úvahy*. In: Baranec, T. (ed.) Flóra a vegetácia rašeliníšť. Zborník z vedeckej konferencie. Nitra: SPU, 1997, s.51-54.
- KOBZA, J. – FIALA, K. – BARANČIKOVÁ, G. – BREČKOVÁ, V. – BÚRIK, V. – HOUŠKOVÁ, B. – CHOMANIČOVÁ, A. – LITAVEC, T. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – MATÚŠKOVÁ, L. – PECHOVÁ, B. – VÁRADIOVÁ, D. 1999. *Čiastkový monitorovací systém – Pôda: Záväzné metódy*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 1999. 135 s. ISBN 80-85361-55-8.
- LINDSAY, R. 1995. *Bogs: The ecology, classification and conservation of ombrotrophic mires*. Perth: Scottish Natural Heritage, 1995. 120 p.
- MICHALKO, J. – BERTA, J. – MAGIC, D. 1986. *Geobotanická mapa ČSSR*. Slovenská socialistická republika. Bratislava: Veda, 1986. 168 s., map. príl.
- SJORS, H. 1950. *On the relation between vegetation and electrolytes in North Swedish mire waters*. Oikos, vol. 2, Fasc. 2, p. 241-258.
- STANOVÁ, V. 2000. *Súčasný výskyt rašelinísk na Slovensku a faktory ich ohrozenia*. In: STANOVÁ, V. (ed.) Rašeliniská Slovenska. Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2000, s. 3-9. ISBN 80-967471-9-3.
- VICENÍKOVÁ, 2000. *Ekologická charakteristika a klasifikácia vrchovísk*. In: STANOVÁ, V. (ed.) Rašeliniská Slovenska. Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2000, s. 11-15. ISBN 80-967471-9-3.
- WHEELER, B.D. – SHAW, S.C. – FOJT, W.J. – ROBERTSON, R.A. 1998. *Restoration of temperate wetlands*. Chichester: John Wiley, 1998. 562 p.
- TRNKA, R. 2000. *Ochrana biodiverzity rašelinísk v Chránenej krajinnnej oblasti Horná Orava*. In: STANOVÁ, V. (ed.) Rašeliniská Slovenska. Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2000, s. 51-58. ISBN 80-967471-9-3.

HODNOTENIE EFEKTOV VYPLÝVAJÚCICH Z REALIZÁCIE VYBRANÝCH AGRO-ENVIRONMENTÁLNYCH OPATRENÍ

EVALUATION OF THE EFFECTS FROM REALISATION OF SELECTED AGRI-ENVIRONMENTAL MEASURES

Radoslav BUJNOVSKÝ

*Výskumný ústav pôdoznavectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: r.bujnovsky@vupop.sk*

Abstrakt

Príspevok je zameraný na hodnotenie environmentálnych efektov vybraných opatrení PRV SR 2007–2013 osi 2 súvisiacich s ochranou pôdy. Celkový environmentálny efekt, ktorý je súčtom čiastkových environmentálnych efektov, je následne porovnávaný s výškou platieb za realizáciu vybraných agro-environmentálnych opatrení. K opatreniam s najvyšším environmentálnym efektom sa zaraďuje zatrávňovanie pôdy a ekologické poľnohospodárstvo. Najvyššia efektívnosť uvažovaných platieb vzhľadom k odhadovaným environmentálnym efektom je pozorovaná v prípade základnej podpory na TTP, ekologického poľnohospodárstva na TTP a tiež pri biopásoch v rámci ochrany pôdy pred eróziou pôdy na ornej pôde. Kombinácia opatrení spravidla neprináša aditívny environmentálny efekt, čo sa premieta do nižšej efektívnosti uvažovaných platieb vzhľadom k odhadovaným environmentálnym efektom. Je len zrejmé, že platby za realizáciu AE opatrení sú vnímané v širšom kontexte stabilizácie vidieckej krajiny.

Agro-environmentálne opatrenia spravidla znižujú riziko poškodzovania prírodných zdrojov prípadne vytvárajú možnosti pre zlepšenie ich kvality. Z uvedeného hľadiska je teda skôr vhodné určiť hranicu efektívnosti vynakladaných finančných prostriedkov vzhľadom k dosahovaným environmentálnym efektom, ktorá je z pohľadu potrieb spoločnosti akceptovateľná. Uvedené je tiež námetom pre odborné diskusie pri prehodnocovaní súčasných a návrhu nových opatrení na obdobie 2014–2020.

Kľúčové slová: agro-environmentálne opatrenia, environmentálne efekty

Abstract

The paper is focused on the evaluation of environmental effects of selected agri-environmental measures within Rural Development Program of Slovakia for the 2007–2013 period related to the soil protection. Total environmental effect, as a sum of partial environmental effects, is subsequently compared with amount of payment for realization of selected agri-environmental measures. Grassing of arable land and ecological agriculture belongs to the measures with the highest environmental effect. The highest effectiveness of assumed payments with

regard to estimated environmental effects is observed at basic support on permanent grasslands, permanent grasslands within ecological agriculture and also in the case of buffer strips at arable land protection against erosion. Usually, combination of measures does not yield additive environmental effect that is reflected in lower effectiveness of assumed payments with regard to estimated environmental effects. It is evident that payments for realisation of agri-environmental payments are perceived in broader context of rural landscape stabilisation.

The agri-environmental measures usually reduce the risk of damage of natural resources or possibly they can create opportunities for their quality improvement. From the mentioned point of view it is rather suitable to determine the limit of effectiveness of spent financial resources with regard to assumed environmental effects. This limit should be also accepted by societal needs. Moreover, the above mentioned conclusions could offer a subject for expert discussions at re-evaluation of existing measures and the proposal of new ones for period 2014–2020.

Keywords: agri-environmental measures, environmental effects

ÚVOD

Zvyšovanie výkonnosti pôdohospodárstva spolu so zlepšovaním kvality životného prostredia a následne kvality života na vidieku predstavuje základný cieľ smerovania aktivít v rámci sektora pôdohospodárstva, ktorý je zakotvený v strategických dokumentoch SR (MP SR, 2007). Zachovanie a zlepšenie kvality poľnohospodárskej a lesnej pôdy je jednou zo štyroch priorit agro-environmentálneho programu v období 2007–2013.

Z popisu situácie životného prostredia (MP SR, 2007) je pôda spomenutá v „slabých stránkach“ a to vysoký podiel pôd ohrozených eróziou a inou formou degradácie a v „príležitostiach“ – zníženie podielu pôd ohrozených eróziou a inou formou degradácie a v „ohrozeniach“ vyplývajúcich zo zvyšovania aplikácie hnojív a prípravkov na ochranu rastlín v dôsledku znižovania obsahu humusu a živín.

K princípom Stratégie Programu rozvoja vidieka SR 2007–2013 patrí aj dlhodobý účinok t.j. posúdenie efektívnosti vynaložených prostriedkov v rámci dlhšieho obdobia, čo možno vnímať aj ako smerovanie podpôr do tých opatrení, ktoré prinášajú trvalé resp. dlhodobé efekty.

Opatrenie Agro-environmentálne platby je spojené s celým radom pozitívnych efektov (externalít). Uvedené možno považovať za jeden z dôvodov výberu súvisiacich podopatrení (MP SR, 2007). Realizácia uvedených opatrení je finančne ohodnocovaná prostredníctvom ujmy z ušlých príjmov resp. vzniku dodatočných nákladov súvisiacich s aplikáciou požiadaviek vyplývajúcich z konkrétnych opatrení.

Ako uvádzajú BUJNOVSKÝ A INÍ (2009), hodnota pôdy v poľnohospodárskej krajine pre spoločnosť vyplýva z poskytovania statkov a služieb. Pôda, vo väzbe na ostatné zložky prostredia, prostredníctvom svojich funkcií má určité ekologické, sociálne a ekonomické hodnoty. Spoločenské záujmy vzhľadom k ekologickým hodnotám pôdy spočívajú v *i*) stabilizácii pôdy a krajiny a zabezpečenie kolobehu vody a látok v krajine a v *ii*) zachovaní priaznivého prostredia pre život človeka.

Zachovávanie prípadne zvyšovanie ekologickej hodnoty pôdy môže slúžiť ako základné kritérium pre posudzovanie ekologických efektov agro-environmentálnych opatrení.

MATERIÁL A METÓDY

Cieľom príspevku je zhodnotiť environmentálne efekty vybraných opatrení PRV 2007–2013 osí 2 súvisiacich s ochranou pôdy. Hodnotenie je zamerané na postupy šetrné k životnému prostrediu a pôdoochranné opatrenia v rámci opatrenia „Agro-environmentálne platby“, ktoré zahŕňujú *i)* základnú podporu, *ii)* integrovanú produkciu, *iii)* ekologické poľnohospodárstvo, *iv)* ochranu proti erózii na ornej pôde, *v)* ochranu proti erózii vo vinohradoch, *vi)* ochranu proti erózii v ovocinárstve a *vii)* zatrávňovanie ornej pôdy.

Kvalitatívne hodnotenie čiastkových environmentálnych efektov (zníženie rizika transportu dusíka do vodných zdrojov, zlepšenie biodiverzity prostredia, zníženie záťaže pôdy reziduiami pesticídov, zníženie rizika vzniku erózie pôdy a stabilizácia resp. zvýšenie obsahu pôdnej organickej hmoty) konkrétnych opatrení je vyjadrené pomocou 5-stupňovej škály. S rastúcou hodnotou indexu (od 1 do 5) stúpa aj čiastkový environmentálny efekt daného opatrenia.

Uvedené hodnotenie vychádza z dostupných poznatkov vplyvu pestovateľských opatrení na pôdu prípadne iné zložky prírodného prostredia (napr. FREIBAUER, 2004; FULAJTÁR, JANSKÝ, 2001; GOULDING, 2000; KIRCHMANN A INÍ, 2001; POWLSON, 1999; SMITH, 2004; ŠARAPATKA, URBAN A INÍ 2006).

Ako vyplýva z dostupných poznatkov, najväčší environmentálny efekt pestovateľských opatrení a zmeny využívania pôdy spočíva zmene ornej pôdy na trvalé trávne porasty, ideálne v kombinácii s vynechaním aplikácie hnojív. Uvedené platí vo vzťahu k zvyšovaniu biodiverzity prostredia znižovaniu rizika transportu dusíka do vodných zdrojov, ako aj vo vzťahu k stabilizácii resp. zvyšovaniu obsahu pôdnej organickej hmoty v pôde. Najvyšší proti eróznym účinkom plodín (faktor C rovnice USLE) majú porasty viacročných krmovín a trvalé trávne porasty a tieto plodiny niekoľko násobne presahujú protieróznym účinkom husto siatych obilnín.

Celkový environmentálny efekt, ktorý je súčtom čiastkových environmentálnych efektov, je následne porovnávaný s výškou platieb za realizáciu vybraných agroenvironmentálnych opatrení, čím sa získava informácia o efektívnosti platieb vzhľadom k predpokladanému environmentálnemu efektu konkrétnych opatrení.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Štruktúru agrotechnických postupov vybraných agro-environmentálnych opatrení sumarizuje tabuľka 1. Rozhodujúce typy agrotechnických opatrení zahŕňujú redukciiu dávok hnojív a pesticídov príp. vylúčenie používania ich používania, zatrávňovanie medziradií v trvalých kultúrach, vytváranie protieróznych pásov, pestovanie medziplodín a zabezpečenie pokrytia pôdy porastom plodín v jesenno-jarnom období. V zmysle toho, environmentálne efekty postupov šetrných k životnému prostrediu spočívajú:

- v znížení rizika transportu dusíka do vodných zdrojov
- v znížení záťaže pôdy rezíduami pesticídov s priaznivým dopadom na kvalitu pôdy
- v zlepšení biodiverzity.

V prípade pôdoochranných opatrení environmentálne efekty spočívajú:

- v znížení rizika výskytu vodnej erózie pôdy
- v stabilizácii prípadne zvýšení obsahu pôdnej organickej hmoty pôdy a tiež
- v znižovaní rizika transportu dusíka do vodných zdrojov
- v zlepšení biodiverzity.

Možno teda povedať, že kľúčovými oblasťami na ktoré sú AE opatrenia zamerané sú ochrana pôdy, bioty a vodných zdrojov. Zhodnotenie environmentálneho efektu vybraných agro-environmentálnych opatrení ilustruje tabuľka 2.

<i>Tab.1 Štruktúra agrotechnických postupov vybraných agro-environmentálnych opatrení</i>	
Agro-environmentálne opatrenie	Štruktúra agrotechnických postupov príslušného opatrenia
	Postupy šetrné k životnému prostrediu
Základná podpora – OP	Zníženie dávky dusíka na úroveň 120 kg.ha ⁻¹ ornej pôdy
Základná podpora – TTP	Vylúčenie aplikácie dusíka v priemyselných hnojivách na TTP
Integrovaná produkcia (IP) vo vinohradníctve	Aplikácia maximálne 50kg N.ha ⁻¹ (v priemyselných a hospodárskych hnojivách), regulácia používania prípravkov na ochranu rastlín, vytvorenie bylinného porastu v každom druhom medziradi
IP v ovocinárstve	Regulácia používania prípravkov na ochranu rastlín
IP pri pestovaní zeleniny	Regulácia používania prípravkov na ochranu rastlín, sledovanie obsahu dusičnanov v zelenine
Ekologické poľnohospodárstvo	Zákaz aplikácie priemyselných hnojív a prípravkov na ochranu rastlín v zmysle pravidiel Ekologického poľnohospodárstva
	Pôdoochranné opatrenia
Ochrana proti erózií na ornej pôde	Dodržiavanie stabilizačného oševného postupu na pozemkoch s priemernou svahovitosťou nad 3° pestovanie minimálne 10 % medziodplodín zabezpečenie minimálne 70 %-né pokrytie výmery ornej pôdy v období od 15.10. do 1.3. využívanie stabilizačných protieróznych pásov VRK naprieč svahu
Ochrana proti erózií vo vinohradoch	Pokrytie pôdy zatrávením alebo mulčovaním v každom druhom medziradi vinohradu v období od 1. 11. do 30. 4. alebo hospodáriť na terasách
Ochrana proti erózií v ovocinárstve	Pokryť pôdu zatrávením alebo mulčovaním v každom druhom medziradi ovocného sadu v období od 1. 8. do 31. 5. alebo hospodáriť na terasách
Zatrávňovanie ornej pôdy	Zatrávnenie sa týka pozemkov ornej pôdy nachádzajúcich sa v zraniteľných oblastiach vymedzených podľa smernice 91/676/EHS alebo pozemkov patriacich do znevýhodnených oblastí (LFA) alebo pozemkov s priemernou svahovitosťou viac ako 7°; na zatrávnenej pôde je vylúčená aplikácia herbicídov

Pri určovaní výšky environmentálneho efektu kombinácie opatrení sa neuplatňuje aditívny vplyv jednotlivých opatrení, ale len najvyšší environmentálny efekt z kombinovaných

Tab. 2 Zhodnotenie environmentálneho efektu vybraných agro-environmentálnych opatrení Programu rozvoja vidieka SR na roky 2007-2013 a ich kombinácií

AE opatrenia	Čiastkový environmentálny efekt					Spolu
	Zníženie rizika transportu dusíka do vodných zdrojov	Zlepšenie biodiverzity prostredia	Zníženie záťaže pôdy rezíduami pesticídov	Zníženie rizika vzniku erózie Pôdy	Stabilizácia / zvýšenie obsahu pôdnej organickej hmoty	
1. Základná podpora na ornú pôdu	2	1	1	1	1	6
2. Základná podpora na TTP	5	4	1	1	1	12
3. IP vo vinohradníctve	4	2	3	2	3	14
4. IP v ovocinárstve	1	1	3	1	2	8
5. IP pri pestovaní zeleniny	1	1	3	1	1	7
6. Ekologické poľnohospodárstvo						
- orná pôda	3	3	5	3	3	17
- zeleninaÉ	3	3	5	3	3	17
- ovocné sady, vinohrady	4	3	5	3	3	18
- TTP	5	4	5	5	5	24
7. Ochrana proti erózii na ornej pôde	-	-	-	-	-	-
- stabilizačný postup	4	2	1	3	3	13
- biopásy	3	1	1	3	3	11
8. Ochrana proti erózii vo vinohradoch	3	1	1	3/51	3	11/131
9. Ochrana proti erózii v ovocinárstve	3	1	1	3/52	3	11/132
10. Zatravnovanie ornej pôdy	5	3	5	5	5	23
Kombinácie opatrení						
Kombinácia 1+7	-	-	-	-	-	-
+ stabilizačný postup	4	2	1	3	3	13
+ biopásy	3	1	1	3	3	11
Kombinácia 2+10	5	4	5	5	5	24
Kombinácia 4+9	3	1	3	3/52	3	10/122
Kombinácia 6+7	-	-	-	-	-	-
+ stabilizačný postup	4	3	5	3	3	18
+ biopásy	3	3	5	3	3	17
Kombinácia 6+9	4	3	5	3/52	3	18-202
Kombinácia 6+10	5	4	5	5	5	24

1 - vinohrady na terasách, 2 - ovocné sady na terasách

opatrení. K opatreniam s najvyšším environmentálnym efektom sa zaraďuje zatravnňovanie pôdy a ekologické poľnohospodárstvo. Najnižší environmentálny efekt sa ukazuje pri uplatňovaní základnej podpory na ornú pôdu a integrovanej produkcie zeleniny. Prípustné kombinácie opatrení s výnimkou kombinácií „základná podpora na OP + ochrana proti erózii na OP“ a „integrovaná produkcia v ovocinárstve + ochrana proti erózii v ovocinárstve“ majú priaznivý environmentálny efekt.

Porovnanie environmentálnych efektov s výškou platieb za jednotlivé agro-environmentálne opatrenia ilustruje tabuľka 3. Z uvedeného prehľadu je zrejmé, že efektívnosť uvažovaných platieb vzhľadom k dosahovaným environmentálnym efektom je najvyššia v prípade základnej podpory na TTP, ekologického poľnohospodárstva na TTP a tiež pri biopásoch v rámci ochrany pôdy pred eróziou pôdy na ornej pôde. Kombinácia opatrení spravidla neprináša aditívny efekt ohľadom ich vplyvu na zlepšenie kvality zložiek životného prostredia. Z uvedeného dôvodu združovanie platieb opatrení sa premieta do nižšej efektívnosti uvažovaných platieb vzhľadom k dosahovaným environmentálnym efektom. Je len zrejmé, že platby za realizáciu AE opatrení sú vnímané v širšom kontexte stabilizácie vidieckej krajiny.

Realizácia podopatrení postupov šetrných k životnému prostrediu a pôdoochranných opatrení spôsobuje zníženie produkcie prípadne aj vznik dodatočných nákladov súvisiacich s realizáciou opatrení na zlepšenie stavu životného prostredia. Z toho dôvodu platby za realizáciu uvedených opatrení sú v období 2007–2013 nastavené na kompenzáciu strát príjmov zo zníženej produkcie a resp. na kompenzáciu dodatočných nákladov nad rámec krízového plnenia a národnej legislatívy, čo konštatujú aj BLAAS A INÍ (2010). Výnimkou v tomto smere je hospodárenie na terasách, ako forma protieróznej ochrany pôdy vo vinohradoch a ovocinárstve, kde sa skôr uplatňuje efekt zhodnocovania investícií z minulého obdobia. Ako uvádza BIELEK A INÍ (2010), súčasné opatrenia smerujúce do poľnohospodárstva, predovšetkým v rámci Programu rozvoja vidieka SR stále nie sú uspokojivé z hľadiska ochrany pôdy, čo následne vplyva tak na ekonomickú výkonnosť poľnohospodárstva ako aj na reálne efekty opatrení vzhľadom na kvalitu pôdy. Pri poskytovaní platieb je potrebné uplatňovať princíp win-win, kde podpora je smerovaná za environmentálne služby a nie za kompenzáciu ujmy pestovateľa v dôsledku redukcie vstupov

Treba poznamenať, že výška uvedených platieb neodráža environmentálne či iné spoločenské prínosy, ktoré vyplývajú z vykonávaných opatrení. Ekonomické vyjadrenie prínosov z realizácie agro-environmentálnych opatrení spravidla vychádza z ocenenia bio-fyzikálnych efektov vo vzťahu k pôde, vode a biodiverzite, ktorými môžu byť:

- zabránenie zníženiu produkčnej schopnosti resp. kvality pôdy ktorému môže dôjsť v dôsledku vodnej erózie pôdy
 - udržiavanie resp. zvýšenie kvality pôdy v dôsledku zvýšenia obsahu pôdnej organickej hmoty
 - udržiavanie resp. zlepšenie hygienického stavu pôdy v dôsledku zníženia záťaže pôdy cudzorodými látkami (pesticídy, rizikové prvky)
 - zlepšenie kvality vodných zdrojov v dôsledku zníženia ich kontaminácie dusičnanmi
-

Tab. 3 Porovnanie hodnôt indexu environmentálneho efektu AE opatrenia a výšky príslušných platieb

AE opatrenie	Index environmentálneho Efektu AE opatrenia (IEE)	Výška platieb za Realizáciu AE opatrenia (€·ha-1) (VP)	Pomer IEE/VP x 100
1. Základná podpora na ornú pôdu	6	55,41	10,82
2. Základná podpora na TTP	12	40,88	29,35
3. IP vo vinohradníctve	14	534,50	2,62
4. IP v ovocinárstve	8	469,00	1,70
5. IP pri pestovaní zeleniny	7	422,26	1,66
6. Ekologické poľnohospodárstvo	-	-	-
- orná pôda	17	145,753	11,66
- zeleninaĚ	17	492,873	3,45
- ovocné sady, vinohrady	18	640,323	2,81
- TTP	24	91,823	26,14
7. Ochrana proti erózií na ornej pôde	-	-	-
- stabilizačný postup	13	134,02	9,70
- biopásy	11	38,51	28,56
8. Ochrana proti erózií vo vinohradoch	11/131	61,65 - 88,264	17,84 - 14,73
9. Ochrana proti erózií v ovocinárstve	11/132	61,65 - 74,044	17,84 - 17,56
10. Zatrávňovanie ornej pôdy	23	122,87	18,72
Kombinácie opatrení			
Kombinácia 1+7	-	-	-
+ stabilizačný postup	13	189,43	6,86
+ biopásy	11	93,92	11,71
Kombinácia 2+10	24	163,75	14,65
Kombinácia 4+9	10-122	530,65 - 543,044	1,88 - 2,21
Kombinácia 6+7	-	-	-
+ stabilizačný postup	18	279,77	6,43
+ biopásy	17	184,26	9,23
Kombinácia 6+9	18-202	701,97 - 714,36	2,56 - 2,80
Kombinácia 6+10	24	214,69	11,18
1 - vinohrady na terasách, 2 - ovocné sady na terasách, 3 - priemer platby 2 rokov v konverzii a 5 rokov po konverzii, 4 - v závislosti od kategórie svahovitosti			

- zlepšenie biodiverzity ako dôsledok neaplikovania pesticídov na TTP resp. pozemky využívané v systéme ekologického poľnohospodárstva.

Ocenenie stavu ekologických funkcií poľnohospodárskej pôdy (BUJNOVSKÝ A INÍ, 2009) poskytuje určitú predstavu o "nespotrebných" hodnotách pôdy pre spoločnosť a vyjadruje hodnotu služieb prírodného kapitálu (pôdy) a starostlivosť oň spadá do kompetencie poľnohospodára. Druhou stránkou mince je vyjadrenie tohto prínosu pre jednotlivé opatrenia t.j. akým stratám sa zabráni v dôsledku uplatňovania konkrétnych opatrení resp. k akým stratám dôjde pokiaľ agro-environmentálne opatrenia nebudú realizované. Ako bolo vyššie spomenuté, hodnotenie a oceňovanie realizácie agro-environmentálnych opatrení bolo založené na kvantifikácii poklesu úrody a kompenzácii nákladov na realizáciu týchto opatrení. Teoreticky, pri hodnotení a oceňovaní environmentálnych efektov z realizácie AE opatrení možno uvažovať s dvomi spôsobmi. Priamy spôsob je založený na kvantifikácii zmien prírodného statku resp. jeho služieb a ich ocenenie. Do tejto skupiny sa zaraďuje aj ocenenie poklesu úrod plodín (the change of productivity approach) v dôsledku degradácie pôdy a taktiež porovnanie prínosov a nákladov z pôdochranných opatrení (cost-benefit analysis). Treba zdôrazniť, že environmentálny efekt resp. prínosy preventívnych opatrení sa spravidla reálne prejavajú až v budúcom období.

Nepriamy spôsob vychádza z hodnotenia zníženia rizík poškodenia alebo možností pre zlepšenie zložiek prírodného prostredia v dôsledku realizácie konkrétneho opatrenia.

Treba zdôrazniť, že hodnotenie a meranie zmien biodiverzity (pre hodnotenie ktorej sa v súčasnosti hľadajú vhodné indikátory), meranie zmien kvality vodných zdrojov (najmä podzemných vôd) ako aj zmien kvality pôdy na konkrétnych pozemkoch nie je prakticky realizovateľné a akékoľvek zovšeobecnenie aj v prípade pôdy môže byť veľmi nepresné. Z uvedeného dôvodu hodnotenie environmentálnych efektov pestovateľských opatrení by malo vychádzať z nepriameho spôsobu.

ZÁVER

Možno povedať, že agroenvironmentálne opatrenia spravidla znižujú riziko poškodzovania prírodných zdrojov prípadne vytvárajú možnosti pre zlepšenie ich kvality. Z uvedeného hľadiska je teda skôr vhodné určiť hranicu efektívnosti vynakladaných finančných prostriedkov vzhľadom k dosahovaným environmentálnym efektom, ktorá je z pohľadu potrieb spoločnosti akceptovateľná. Uvedené je tiež námetom pre odborné diskusie pri prehodnocovaní súčasných a návrhu nových opatrení na obdobie 2014 - 2020.

LITERATÚRA

- BIELEK, P. – BLAAS, G. – MIŠKOVÁ, M. 2010. *Agroenvironmentálne indikátory. Monitorovanie a hodnotenie efektívnosti agroenvironmentálnych opatrení. Záverečná správa výskumného projektu riešeného na základe zmluvy o dielo s MP SR č. 05/2009/s/320*. Bratislava: VÚPOP, 2010, 53 s.
- BLAAS, G. – BIELEK, P. – BOŽÍK, M. 2010. *Pôda a poľnohospodárstvo. Úvahy o budúcnosti*. Bratislava: VÚPOP, 2010. 36 s. ISBN 978-80-89128-63-1
- BUJNOVSKÝ, R. - BALKOVIČ, J. - BARANČÍKOVÁ, G. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - VILČEK, J. 2009. *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 72 s. ISBN 978-80-89128-56-3.

- FREIBAUER, A. – ROUNSEVELL, M.D.A. – SMITH, P. – VERHAGEN, J. 2004. *Carbon sequestration in the agricultural soils of Europe*. Geoderma, 122, 2004, p. 1-23. ISSN 0016-7061.
- FULAJTÁR, E. – JANSKÝ, L. 2001. *Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana*. Bratislava: VÚPOP, 2001. 310 s. ISBN 80-85361-85-X
- GOULDING, K. 2000. *Nitrate leaching from arable and horticultural land*. Soil Use and Management 16, 2000, p. 145-151
- KIRCHMANN, H.- BENGSTRÖM, L. 2001. *Do organic farming practices reduce nitrate leaching?* Commun. Soil Sci. Plant Anal. vol 32, 2001, p. 997-1028
- POWLSON, D.S. 1999. *Fate of nitrogen from manufactured fertilizers in agriculture*. In Wilson, W.S. – Ball, A.S. – Hinton, R.H. (eds.) *Managing risks of nitrates to humans and the environment*. Cambridge: The Royal Society of Chemistry, 1999, p. 42-57
- MP SR. 2007. *Program rozvoja vidieka SR 2007-2013*. Bratislava: MP SR, 2007. 234 s.
- SMITH, P. 2004. *Carbon sequestration in croplands: the potential in Europe and the global context*. Europ. J. Agronomy, vol. 20, 2004, p. 229-236. ISSN 1161-0301.
- ŠARAPATKA, B. – URBAN, J. A INÍ 2006. *Ekologické zemedľovní v praxi*. Šumperk: PRO-BIO Svaz ekologických zemedľelcov, 2006. 504 s. ISBN 978-80-903583-0-0
-

VODNÝ REŽIM PŔD V OBLASTI VPLYVU VODNÉHO DIELA GABČIKOVO

SOIL WATER REGIME OF THE HYDROPOWER GABČIKOVO AFFECTED AREA

Rastislav DODOK

*Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava,
e-mail: r.dodok@vupop.sk*

Abstrakt

V príspevku je hodnotený vodný režim pôd v oblasti vplyvu Vodného diela Gabčíkovo za 20-ročné obdobie monitorovania pôdných vlastností na tomto území. Monitorovacia sieť pozostáva z 12 monitorovacích stanovišť situovaných tak aby zachytávali možné vplyvy jednotlivých štruktúr Vodného diela na pôdne charakteristiky.

Na základe hodnotenia dosiahnutých výsledkov sme zistili, že vodný režim pôd je na skúmanom území ovplyvňovaný jednak zrážkami a jednak hĺbkou hladiny podzemnej vody a jej kontaktom s jemnozrnnými povrchovými sedimentmi. Z tohto aspektu môžeme pôdy monitorovaného územia rozdeliť do troch skupín. V prvej skupine sú pôdy bez vplyvu podzemnej vody na ich vodný režim, v druhej skupine sú pôdy s jej nepravidelným vplyvom a v tretej skupine pôdy s jej stálym vplyvom.

Kľúčové slová: vodný režim pôd, vlhkosť pôdy, zásoba pôdnej vody, vodné dielo, monitoring

Abstract

In this paper is evaluated soil water regime in the hydropower structure Gabčíkovo affected area for 20-years period of soil properties monitoring. The monitoring network of 12 plots is situated in order to represent possible effects of partial Hydropower structures on soil properties.

Based on the evaluation of achievements it was found that soil water regime of the monitoring area is influenced by precipitation and by ground water level and its contact with fine-grained sediments. From this aspect we can divide soils of this area into three groups. In the first group are soils without ground water influence on soil water regime, in the second group are soils with its irregular influence and in the third group are soils with its regular influence.

Keywords: soil water regime, soil moisture, soil water storage, hydropower, monitoring

ÚVOD

Monitoring poľnohospodárskych pôd, ako súčasť monitoringu prírodného prostredia územia dotknutého výstavbou a prevádzkou vodného diela Gabčíkovo, sa uskutočňuje na základe

medzivládnej dohody vlád Slovenskej a Maďarskej republiky zo dňa 15. apríla 1995. Monitoring pôd tu však prebieha už od roku 1989 a spočíva v periodickom zbere údajov o pôdnych vlastnostiach, ktoré sú určitou mierou ovplyvňované režimom hladín a kvalitou podzemnej vody.

Vodný režim pôd vyjadruje priestorové a časové rozmiestnenie pôdnej vody (vlhkosť pôdy) v nenasýtenej zóne pôdneho krytu, t.j. medzi povrchom pôdy a hladinou podzemnej vody za niekoľko po sebe idúcich rokov, prípadne vegetačných sezón. Za dvadsaťročný obdobia monitoringu sa vystriedali roky klimaticky mokré, vlhké, normálne, suché i extrémne suché, ako aj viaceré povodňové vlny a to všetko sa odráža na priebehu rozvrstvení pôdnej vody, na jej obsahu, zásobách, pohyblivosti a prístupnosti pre rastliny.

Kvalitatívnu a kvantitatívnu stránku vodného režimu hodnotíme ekologickou klasifikáciou vlhkosti pôdy, ktorá člení celý rozsah obsahu vody v pôde na 6 vlhkosťných intervalov, ktoré výstižne charakterizujú stav vlhkosti pôdy z energetického i z agronomického hľadiska, resp. z hľadiska požiadaviek rastlín na dostatok a prístupnosť pôdnej vody. Jednotlivé vlhkosťné intervaly charakterizujú vlhkosťný stav pôdy nasledovne:

Mokrý – aquatický stav – pôda je plne nasýtená vodou, všetky pôdne póry sú vyplnené vodou, obsah vody v pôde sa rovná objemu celkovej pórovitosti. Tento vlhkosťný stav označujeme symbolom Θ_{PN} (plné nasýtenie).

Vlhký – uvidický interval – je ohraničený plným nasýtením pôdy a poľnou vodnou kapacitou ($\Theta_{PN} - \Theta_{PK}$). Charakterizuje vlhkosťný stav pôdy, v ktorom sú všetky kapilárne a časť nekapilárnych (gravitačných) pórov vyplnené vodou. Pôda v tomto vlhkosťnom stave je spravidla málo prevzdušnená až zamokrená.

Mierne vlhký – semiuvidický interval – je ohraničený hydrolimitami: poľná vodná kapacita a bod zníženej prístupnosti ($\Theta_{PK} - \Theta_{BZP}$). Z agronomického i z ekologického hľadiska je to optimálny vlhkosťný interval. Zabezpečuje pre rastliny dostatok ľahko prístupnej vody, dostatočné prevzdušnenie pôdy a tým aj vyhovujúce oxidačno-redukčné podmienky v pôdnom profile.

Mierne suchý – semiaridný interval – je ohraničený bodom zníženej prístupnosti a bodom trvalého vädnutia rastlín ($\Theta_{BZP} - \Theta_{BV}$). Charakterizuje stav vlhkosti pôdy, pri ktorej je pôdna voda málo pohyblivá a jej využiteľnosť pre rastliny je podstatne znížená. Pre rastliny je v tomto intervale prístupná len tá časť pôdnej vody, ktorá je v priamej blízkosti koreňov rastlín.

Suchý – aridný interval – je ohraničený bodom vädnutia a číslom hydroskopicity ($\Theta_{BV} - \Theta_{VH}$), charakterizuje vlhkosť pôdy, pri ktorej sú rastliny nedostatočne zásobené pôdnou vodou a vädnú. Voda, ktorá je v tomto intervale prítomná, je na pôdu viazaná väčšou silou ako je priemerná sacia sila koreňov, preto je pre rastliny ťažko prístupná až neprístupná.

Extrémne suchý – hyperaridný interval – vlhkosť pôdy je v tomto intervale nižšia ako číslo hydroskopicity ($\Theta < \Theta_H$), pre rastliny je neprístupná.

MATERIÁL A METÓDY

Monitoring poľnohospodárskych pôd prebieha v súčasnosti na sieti 12 stanovišť bežne obhospodarovanej pôdy, ktoré slúžia na odber pôdnych vzoriek a vzoriek podzemnej vody, na

meranie vlhkosti pôdy a hĺbky hladiny podzemnej vody (Obr. 1). Každá stacionárna monitorovacia plocha obsahuje pedologickú vlhkosťnú a viacúčelovú hydrogeologickú sondu a jednoduché zrážkomerné zariadenie.

Výber a lokalizácia monitorovacích plôch je situovaná tak aby zachytávali a charakterizovali možné vplyvy jednotlivých stavieb Vodného diela na monitorované územie. Monitorovacie plochy Mp-1, Mp-2 a Mp-3 slúžia na získavanie údajov z oblasti vplyvu zdrže Čunovo, Mp-4, Mp-5, Mp-6 a Mp-9 z oblasti priľahlej k prírodnému kanálu, Mp-10 monitoruje vplyv odpadového kanála, Mp-12 a Mp-14 územie pod Sapom s ochrannými tesniacimi stenami a Mp-16 a Mp-18 slúžia na zber údajov z dolného Žitného ostrova ako územia s kumulatívnym účinkom hydrogeologických, hydrochemických a pedochemických zmien celého regiónu Žitného ostrova.

Obr. 1 Sieť monitorovaných stanovišť poľnohospodárskych pôd



Vlhkosť pôdy meriame neutrónovou metódou, na uvedenom súbore 12 stanovišť v pôdnom profile od povrchu pôdy po 10-cm vrstvách až po hladinu podzemnej vody. Meranie vlhkosti pôdy prebieha v 14-dňových intervaloch, v zimných mesiacoch november až marec raz mesačne. Ročne je to 21 cyklov meraní. Súčasne s meraním vlhkosti pôdy sa meria aj hĺbka hladiny podzemnej vody a zrážky spadnuté od predchádzajúceho merania.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky monitoringu potvrdzujú, že vodný režim pôd monitorovaného územia je okrem zrážok ovplyvňovaný hladinou podzemnej vody, jej kolísaním v priebehu roka a od jej kontaktu s jemnozrnnými povrchovými sedimentami, ktoré umožňujú jej vztlákanie do pôdneho profilu.

Z tohto hľadiska rozlišujeme na danom území pôdy s vodným režimom bez vplyvu podzemnej vody, pôdy s jej nepravidelným vplyvom a pôdy s jej stálym vplyvom.

Celkový vývoj hladín podzemnej vody na monitorovaných stanovištiach za sedemnást rokov prevádzky vodného diela má v oblasti zdrže Čunovo (Mp 1-3) zreteľne klesajúcu tendenciu. Priemerná hladina podzemnej vody tu klesla:

- na stanovišti Mp-1 o 0,5 m a v súčasnosti je v hĺbke cca 2,8 m,
- na stanovišti Mp-2 o 1,4 m a v súčasnosti je v hĺbke cca 4,1 m,
- na stanovišti Mp-3 o 1,7 m a v súčasnosti je v hĺbke cca 4,5 m.

Uvedené súčasné hladiny sú ešte stále vyššie ako pred realizáciou vodného diela.

Na ostatných monitorovaných stanovištiach nesledujeme signifikantné trendy v zmene hladiny podzemnej vody.

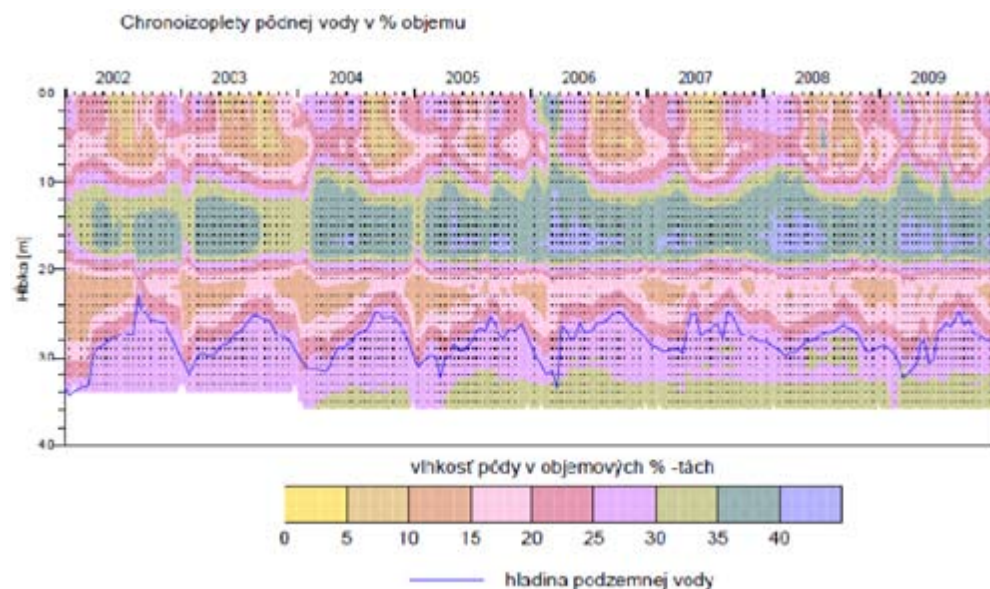
Pôdy s vodným režimom bez vplyvu podzemnej vody, vývojovo označované ako automorfne, sú charakteristické hlbokou hladinou podzemnej vody, ktorá je často v kapilárne neaktívnych štrkových a pieskových sedimentoch, ktoré neumožňujú jej vzlianie vyššie do pôdneho profilu. Ich vodný režim je preto závislý len od zrážok, prípadne závlah.

Na monitorovanom území sa tieto pôdy nachádzajú v oblasti zdrže Čunovo a v hornej časti územia prírodného kanála. Vzhľadom na súčasné hladiny podzemnej vody sem zaraďujeme pôdy monitorovaných plôch Mp 1, 2, 3 a 4 (Obr. 2).

Vodný režim týchto pôd po uvedení vodného diela do prevádzky ostal nezmenený. Určitá pozitívna zmena prebehla na lokalite Mp1, kde po realizácii vodného diela podzemná voda vystúpila z hĺbky 6 – 7 m súčasných 2 – 3 m. Tým sa vlhkosť pôdnej vrstvy v hĺbke 1 až 2 metre zvýšila v priemere o 5 % na súčasných 30 – 40 %.

Zmeny vlhkosti pôdy, ktoré tu prebiehajú pod vplyvom klimatických pomerov, najmä zrážok,

Obr. 2 Vodný režim pôd – Mp1



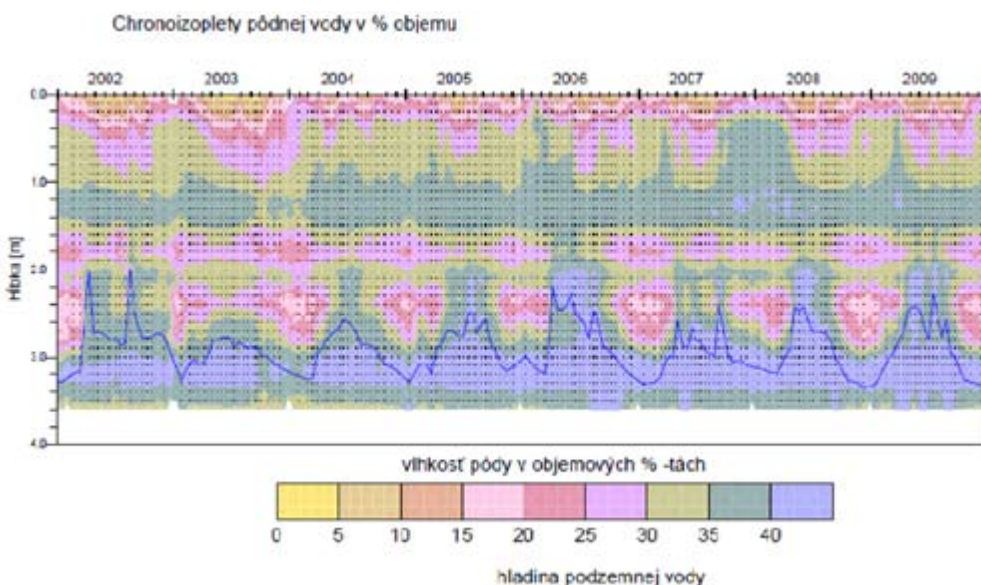
zasahujú do hĺbky 1-2 m. Vodný režim týchto pôd je charakteristický tým, že vlhkosť povrchovej (0-0,3 m) vrstvy sa vo vlhších obdobiach nachádza v semiuvidickom intervale, v letných suchých mesiacoch klesá do semiarídneho až arídneho intervalu. Vlhkosť podpovrchovej vrstvy (0,3-1,0 m) je takmer stále v semiuvidickom intervale, len vo výrazne suchých obdobiach klesá zväčša krátkodobo do semiarídneho a vo výrazne vlhkých obdobiach stúpa do uvidického intervalu. Hlbšie v profile je vlhkosť trvalo nízka (10-20 %) v pôdach s piesočnatými podložnými sedimentami a pomerne vysoká (nad 35 %) v pôdach s aluviálnymi zaílenými podložnými sedimentami.

Pôdy s vodným režimom s nepravidelným vplyvom podzemnej vody, označované aj ako semihydromorfne pôdy, majú podzemnú vodu na rozhraní štrkových a jemnozrnných povrchových sedimentov. V nepravidelných obdobiach podzemná voda vystupuje do jemnozrnných sedimentov a vzlianim až do pôdneho profilu. S ohľadom na súčasné hladiny podzemnej vody zaraďujeme do tejto skupiny pôdy monitorovaných plôch Mp 5 a 6 (Obr.3). Táto skupina pôd sa nachádza v hornej časti monitorovaného územia v oblasti prívodného kanála.

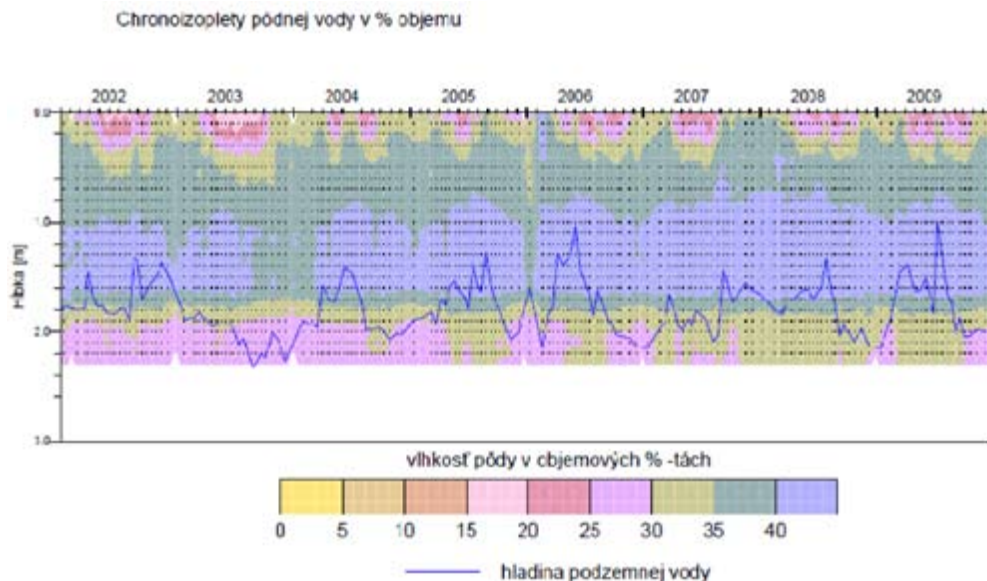
V porovnaní s predchádzajúcou skupinou majú vyššie hladiny podzemnej vody nad ktorou sa vytvárajú pomerne súvislé vrstvy s pomerne vysokou vlhkosťou pôdy 35-40 % na lokalite Mp 5 v zrnitostne ťažších ílovitohlinitých materiáloch a na lokalite Mp 6 s vlhkosťou 20-30 % v zrnitostne ľahších hlinítopiesočnatých materiáloch. Výraznejšie dynamické zmeny vlhkosti pôdy zasahujú len povrchovú, približne 1 meter hrubú vrstvu pôdy, v ktorej v závislosti od zrážok a teploty vlhkosť kolíše od arídneho po uvidický interval.

Vo vrchnej, 0,3 m hrubej vrstve v suchých a teplých obdobiach (2001-2004) vlhkosť klesá do semiarídneho (Mp-6) až arídneho (MP-5) intervalu, v ostatnom čase sa nachádza prevažne v semiuvidickom a na lokalite Mp-6 často až v uvidickom intervale. V podložnej vrstve 0,3-1,0 m sa vlhkosť pôdy takmer stále udržiava v semiuvidickom až uvidickom intervale.

Obr. 3 Vodný režim pôd – Mp5



Obr. 4 Vodný režim pôd – Mp9



Pôdy s vodným režimom so stálym vplyvom podzemnej vody, označované aj ako hydromorfné pôdy, majú podzemnú vodu trvale v jemnozrnných povrchoých sedimentoch, čo umožňuje jej vztlínanie vysoko do pôdneho profilu. Hladina podzemnej vody je v týchto pôdach pomerne vysoko (1-2,5 m) a pôda nad jej úrovňou sa nasycuje na uvidický interval. Do tejto skupiny pôd zaraďujeme pôdy monitorovaných plôch Mp 9, 12, 14, 16, 18 (Obr. 4).

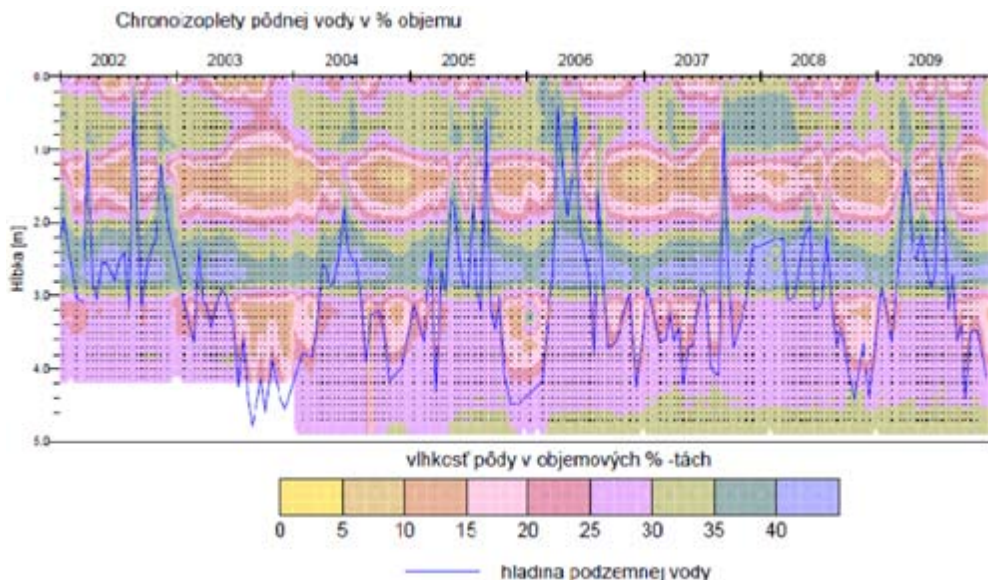
Vodný režim týchto pôd sa vyznačuje tým, že vlhkosť vrchnej vrstvy pôdy je prevažne v semiuvidickom intervale a v suchých letných mesiacoch často klesá do semiaridného intervalu. Spodná vrstva (0,3-1,0 m) pôdy je mierne zamokrovaná, vlhkosť sa tu dlhodobo nachádza nad poľnou vodnou kapacitou (PK), t.j. v uvidickom intervale. To znamená, že časť nekapilárnych pórov je vyplnená vodou čo znižuje jej prevzdušenie a priepustnosť pre vodu. Výnimkou je lokalita Mp 12, kde sa vlhkosť pôdy udržiava trvalo v optimálnom semiuvidickom intervale

Špecifický vodný režim majú pôdy v oblasti odpadového kanála, kde hladina podzemnej vody je závislá od hladiny vody v odpadovom kanáli. To sa prejavuje jej častým a veľkým kolísaním.

Tieto pôdy sú v monitorovacej sieti zastúpené lokalitou Mp 10 (Obr.5). Z obrázku vidieť, že v hĺbke 2,0-2,7m je prítomná súvislá vrstva pôdneho profilu s vysokou vlhkosťou (nad 30 %). Nad touto vrstvou je v hĺbke 1-2 m súvislá pomerne suchá vrstva s vlhkosťou 5-20 %, ktorá je krátkodobo prerušovaná výstupom podzemnej vody a súčasným zvýšením vlhkosti nad 30-35 %. Príčinou nízkej vlhkosti tejto vrstvy je jej veľmi ľahké piesočnaté zrnitostné zloženie obsahujúce až 96 % piesku. V čase keď podzemná voda klesne pod túto piesočnatú vrstvu jej vlhkosť rýchlo klesá z uvidického intervalu do aridného.

Vlhkosť povrchovej vrstvy pôdneho profilu (0-1 m) zodpovedá prevažne poľnej vodnej

Obr. 5 Vodný režim pôd – Mp10



kapacite, resp. semiuvidickému intervalu. Vo vrchnej vrstve (0-0,3 m) vo vegetačných sezónach však vlhkosť klesá na 15-25 %. Toto preschnutie je plytké a pomerne krátkodobé. Len extrémne suchý rok 2003 sa prejavil jednak dlhodobým poklesom podzemnej vody pod 4 m, jednak preschnutím pôdneho profilu až do hĺbky 4 m.

ZÁVER

Vlhkosť pôd a ich vodný režim sú v oblasti vplyvu vodného diela Gabčíkovo ovplyvňované jednak priebehom zrážok, jednak hĺbkou hladiny podzemnej vody a jej kontaktu s jemnozrnnými povrchovými sedimentmi. Z tohto hľadiska sú na monitorovanom území pôdy s vodným režimom bez vplyvu podzemnej vody a pôdy s nepravidelným – občasným a stálym vplyvom.

Pôdy s vodným režimom bez vplyvu podzemnej vody majú podzemnú vodu hlboko, často v štrkových a pieskových sedimentoch. Ich vlhkosť a celkový vodný režim sú závislé od zrážok, od ich množstva a frekvencie. Pôdy tejto skupiny sa nachádzajú lokálne v oblasti zdrže Čunovo a prírodného kanála.

Pôdy s vodným režimom s občasným vplyvom podzemnej vody majú podzemnú vodu na rozhraní štrkových a jemnozrnných sedimentov. V časových úsekoch, keď sa podzemná voda nachádza v jemnozrnných sedimentoch, vzliana do pôdneho profilu a zlepšuje celkový vlhkosťný stav pôd. Táto skupina pôd je prítomná v hornej časti monitorovaného územia, v oblasti prírodného kanála.

Pôdy s vodným režimom so stálym vplyvom podzemnej vody majú podzemnú vodu stále v jemnozrnných povrchových sedimentoch a pomerne vysoko v pôdnom profile (1 – 2,5 m).

Vodný režim týchto pôd sa vyznačuje prevažne optimálnou vlhkosťou povrchových horizontov, ktorá len v suchých rokoch klesá do polosuchého (semiarídneho) stavu, zatiaľ čo spodné horizonty sú vlhké až mierne zamokrované.

LITERATÚRA

- DODOK, R., 2010. *Monitorovanie poľnohospodárskych pôd v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo v roku 2009: výročná správa*. Bratislava: VÚPOP, 2010.
- FULAJTÁR, E. a kol., 1998. *Vplyv Vodného diela Gabčíkovo na poľnohospodárske pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 1998, 199s.
- FULAJTÁR, E. a kol., 2003. *Súhrnné hodnotenie monitoringu poľnohospodárskych pôd v oblasti vplyvu VD Gabčíkovo za obdobie 1989-2002*. Súhrnná hodnotiaci správa, Bratislava: VÚPOP, 2003, 56 s.
-

OD TRADIČNEJ KLASIFIKÁCIE A MAPOVANIA PÔD K HOLISTICKEJ INTEGRÁCII VZŤAHOV PÔDA, PROSTREDIE A ČLOVEK

FROM THE TRADITIONAL SOIL CLASSIFICATION AND SOIL MAPPING TO THE HOLISTIC SOIL, LAND AND MANN INTEGRATION

Michal DŽATKO

Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy Bratislava, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: m.dzatko@vupop.sk, m.dzatko@chello.sk

Motto

The soil is not regarded as a complex of restricted number of properties but as an entity, comprising not only the properties which we know. but also those which will become known at a later stage of soil research. KUBIENA (1958)

„Any property of the land not indicated by vegetation is not of practical importance“ Tüxen (in ZONNEVELD, 1966)

Abstrakt

Podľa známeho poznatku, že "existencia prírodného poriadku (založeného na kauzalite) je objektívnym testom našich prác v pôdnej systematike, ktorá ukazuje, či sme úspešní, alebo sme zlyhali" (KUBIENA 1958), a na základe nových holistických postupov a poznatkov (ZONNEVELD, 1969; BRINKMAN, SMYTH; 1973; FAO 1975), boli aj na Slovensku akceptované základné holistické zásady a postupy integrácie hodnotenia všetkých, najmä pôdnych a pôdnoekologických faktorov, ktoré podmieňujú rozdielne výpovedné hodnoty pôdnych a pôdnoekologických jednotiek a systémov. Finálnym výsledkom takto integrovanej klasifikácie hodnotenia pôdnych a pôdnoekologických jednotiek sú korektné a relevantné výpovedné hodnoty oboch, podobných jednotiek a systémov.

Kľúčové slová: klasifikácia pôd, pôdne a pôdnoekologické jednotky a systémy

Abstract

According to the acquaintance knowledge's "that the existence of a natural order (based on causality) is the objective test of our work in soil systematics that shows whether we have succeeded or failed", (ex KUBIENA 1958), and to the new holistic approach recognition (ZONNEVELD, 1969; BRINKMAN, SMYTH, 1973; FAO 1975) has been also in Slovakia accepted the basic holistic principles of the integrated evaluation of all, mainly the pedological and pedoecological factors, which influence the different indicative values of the pedological and pedoecological units systems. The finally results of the so integrated soil classification and pedoecological units sys-

tems evaluation are in the correct and relevant indicative values differentiations of the boas liaise systems.

Keywords: soil classification, pedological and pedoecological units systems

ÚVOD

Primárnym zámerom príspevku nie je snaha o prezentáciu, ale predovšetkým o stavovskú povinnosť, iniciovať odborné diskusie aj o tom, či po veľmi pozitívnych a mnohoročných výsledkoch klasifikácie a hodnotenia pôd na Slovensku, nemáme prehodnotiť ani nie tak nové, ako obsahovo výpovednejšie otázky o holistickej integrácii vzťahov pôda, prostredie a človek. K takýmto otázkam nás nepriamo evokujú aj nie ojedinelé názory a výroky nielen pôdoznalcových, ale aj ekologických kapacít.

- A) „*Pedon (type of soil) nie je prírodná jednotka, jej laterálne limity sú umelé a preto príslušné pôdne mapy zle reprezentujú pôdny pokriv a jeho funkcie*“ (RUELLAN, 2002).
- B) „*Matematická sústava je nedokonalým abstraktným obrazom súčasného sveta, preto sa dva prístupy k výskumu ekosystému (syntetický a analytický) musia spojiť a vytvoriť program aktív, ak človek chce prežiť environmentálnu krízu, vytvorenú ním samým*“ (ODUM, 1977).
- C) „*Čo neindikuje krajina, nemá praktický význam*“ (TÜXEN, 1961, ex:ZONNEVELD, 1979).
- D) V súbore úvah „ako ďalej?“ nielen v klasifikácii, ale aj v hodnotení pôd, sa žiada osobitne zvýrazniť aj názor a možno aj hľadajú odpoveď PROF. ODUMA, 1974: „*Dva prístupy k výskumu ekosystému (syntetický a analytický) sa musia spojiť a vytvoriť program aktivity, ak človek chce prežiť environmentálnu krízu, vytvorenú ním samým*“ (AKADEMIA, 1972).
- E) Princípom holistického výskumu pôdy a krajiny nie je atribút, ale pôda a krajina, čiže „Unit“ (ZONNEVELD, 1968).

Predpokladáme, že nielen prof. Ruelan vie, že: „*Pôdne mapy, ktoré vznikli na báze pedónov sú umelé, zle reprezentujú reality a funkčnosť pôdneho pokryvu*“. Súčasne ale aj oceňujeme nielen jeho poznatky, ale aj snahu o prezentáciu pravdy. Stotožňujeme sa s tézou, že „*Klasifikácia pedologických systémov je výzvou aj pre budúcnosť pôdoznalectva*“ a že východiskovým krokom našich snáh by mala byť aj „*nová integrácia klasifikácie pedologických systémov*“.

Pretože každá výzva evokuje nielen súhlasné, ale aj otázne názory a postoje, osmeľujeme sa aj na základe viac ako 30 ročných poznatkov a výsledkov klasifikácie a hodnotenia pôd Slovenska, prispieť aj do diskusie nielen o výpovednosti, ale aj o víziách nového rozvoja a našich snáh aj pre účely ochrany a využívania zdrojov krajiny ako spoločného OIKOSU.

HOLISTICKÁ INTEGRÁCIA VZŤAHOV PÔDA, KLÍMA A PROSTREDIE

Viac ako 30 ročné výsledky hodnotenia vzájomne nadväzných, ale obsahovo a výpovedne rozdielných sústav pôdných a pôdnoekologických jednotiek Slovenska potvrdzujú správnosť nielen antických, ale aj nových poznatkov o vzájomných vzťahoch medzi všetkými zložkami prostredia, čiže OIKOSU, ktoré priamo vplývajú aj na stabilitu krajiny a životného prostredia. To potvrdzuje, že len v pôvodnom chápaní a rešpektovaní funkcií OIKOSU, čiže spoločného domu môžeme pochopiť nevyhnutnosť holistickej integrácie vzťahov Pôda, Prostredie a Človek.

Nie je našim cieľom len stručná prezentácia podstaty, významu a výsledkov snáh o holistickú integráciu vzťahov Pôda, Prostredie a Človek, ale aj stavovská česť, evokovať aj otázky, či nové trendy rozvoja pôdoznavectva prevyšujú, alebo len zdanlivo upresňujú východiskové poznatky našich učiteľov, do súboru ktorých začleňujeme nielen známe kapacity: Kubiena, Zonneveld, Tüxen Odum, ale aj našich tvorivých pôdoznavcov a prírodovedcov, najmä Novák, Pelíšek, Šály, Nemeček, Jurko, Hraško, Bedrna, Mikloš a iní.

I keď pojmy „holizmus“, „prírodné vzťahy“, „bioekologické vzťahy“, „integrovaná ochrana pôdy a produkčného potenciálu územných celkov“ nie sú nové, v rokoch 1960-1980 vznikol nový interdisciplinárny smer "hodnotenie zeme"-„land evaluation“ (STEWART, 1968; ZONNEVELD, 1969; FAO, 1975), ktorý bol a je definovaný ako "proces získavania a interpretácie základných údajov o vlastnostiach pôd, vegetácie, klímy a iných zložiek krajiny za účelom identifikácie a vypracovania výhľadových alternatív využitia zeme v daných sociálnoekonomických podmienkach" (BRINKMAN, SMYTH, 1973).

Progresívnosť výpovedných hodnôt holistického hodnotenia pôd a územia je predovšetkým v kvantitatívnej a kvalitatívnej klasifikácii ich aktuálnej a potenciálnej vhodnosti pre konkrétne účely, v typizácii využitia zeme a pôd. (porovnaj FAO, 1975).

Rozvoj holistického hodnotenia pôd a územných celkov aj na Slovensku, zákonite podmienil aj zmeny nielen v chápaní a realizácii pôvodných, najmä úzko ekonomických zámerov tradičnej „bonitácie pôd“, ale aj v metodických postupoch, a tým aj v terminológii hodnotenia pôd.

Konkrétnym výsledkom sú nadväzné sústavy „pôdných, a pôdnoekologických jednotiek Slovenska“, ktoré poskytujú relevantné východiskové podklady aj pre „hodnotenia produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd (BH BPEJ) typologickoprodukčných kategórií (TPK)“, ako aj „indexov hodnotenia potenciálov pôd a územných celkov Slovenska“. Výpovednosť takýchto pôdoznaveckých výsledkov nie je len v poskytovaní relevantných podkladov pre lokalizáciu a kvantifikáciu poľnohospodárskej produkcie, ale aj pre riešenie závažných otázok ochrany a udržateľného využívania zdrojov pôdy a krajiny.

Pôvodne sme pojem „pôdnoekologická jednotka“ definovali ako "relatívne rovnorodý územný celok, ktorý má v dôsledku vzájomného pôsobenia celého komplexu príslušných zložiek prostredia, najmä pôdy, klímy a reliéfu špecifický a neopakovateľný charakter prírodných vlastností a tým aj ich produkčného potenciálu" (DŽATKO A INÍ, 1974, 1976 a iné). Ale v kontexte snáh aj o videnie budúcnosti, nemôžeme neevokovať ani otázku: či bude vôľa prehodnotiť výpovedné hodnoty „klasifikácie pedologických systémov, ako výzvu pre budúcnosť pôdoznavectva“ aj s výpovednými hodnotami našich pôdných a pôdnoekologických jednotiek?

Pretože primárnym cieľom nášho príspevku nie je len prezentácia a zdôvodňovanie poznatkov a výsledkov klasifikácie a hodnotenia pôdných a pôdnoekologických jednotiek Slovenska, osmeľujeme sa aspoň ako východiskový krok aj pre: „challenge for the future of soil science“ osobitne zvýrazniť: „Pretože výpovedné rozdiely medzi pôdnymi a pôdnoekologickými jednotkami Slovenska sú nielen evidentné, ale aj primerane dokumentovateľné, žiada sa nielen prehodnotiť, ale aj nadväzne diferencovať a definovať aj terminológiu „pedologických systémov“ aj z hľadiska vplyvu iných zložiek prostredia nielen na morfológické ale aj na funkčné, čiže ekologické vlastnosti a potenciály „pedologických systémov“.

Podobné poznatky, že „preceňovanie analytických a morfogenetických znakov v klasifikácii pôd nie je správne, lebo tieto „konvenčné“ znaky sú len súčasťou veľkého komplexu tých známych a neznámych vlastností, ktoré určujú charakter pôdy ako stanovišťa pre rastliny“, sme prezentovali už v roku 1974 (Ved. Práce VÚPVR Bratislava, 31-39).

ZÁVER

Stotožňujeme sa s názorom Prof. Rullana, že klasifikácia pedologických systémov je „výzvou pre budúcnosť pôdoznalectva“ a že primárnym cieľom overovania ich výpovednosti by mala byť aj „nová integrácia klasifikácie pedologických systémov“, ale žiaľ, nie len podľa videnia Prof. Ruellanna a možno aj iných.

Pretože primárnym cieľom tejto prezentácie nie je riešenie týchto otázok v danom čase, osmeľujeme sa aspoň ako východiskový krok pre: „challenges for the future of soil science“ (PROF. RUELLAN 2002) opätovne zvýrazniť: *ak obsahové a najmä výpovedné rozdiely medzi pôdnymi a pôdnoekologickými jednotkami sú evidentné, žiada sa nielen prehodnotiť, ale aj výpovedne diferencovať a doplniť terminológiu „pedologických systémov“* aj z hľadiska vplyvu iných zložiek prostredia, čiže nielen o morfologické ale aj o ekologické vlastnosti a potenciály „pedologických systémov“, ktoré poskytujú výpovedné východiskové podklady aj pre riešenie iných, najmä ekologických a ekonomických aspektov ochrany a udržateľného využívania zdrojov pôdy a krajiny.

Ale v snahe čo i len „mnohorakého“ videnia budúcnosti, nemôžeme neevokovať aj nie novú, ale veľmi otáznu otázku, či „bude aj vôľa prehodnotiť výpovedné hodnoty „klasifikácie pedologických systémov, ako výzvu pre budúcnosť pôdoznalectva“ aj s výpovednými hodnotami našich pôdných a pôdnoekologických jednotiek?

LITERATÚRA

- BRINKMAN, R. - SMYTH, A. J. 1973. *Land evaluation for rural purposes. Publication no. 17.* Wageningen: ILRI, 1973. 116 p.
- DŽATKO, M. 1974. *Ecological Aspects of the Differences Between Cherniczas and Chernozems.* In: Ved. Práce VÚPVR v Bratislave. Bratislava: Príroda, 1974, s.29-39.
- DŽATKO, M. 1981. *Ekologické aspekty hodnotenia pôd SSR.* In: Vedecké práce VÚPVR v Bratislave 10. Bratislava: VÚPVR, 1981, s. 51-62.
- DŽATKO, M. 1995. *Recent development in land evaluation and sustainable land use planning in Slovakia.* In: Proceedings of Soil Fertility Research Institute 19/II, Bratislava, SFRI, 1995, p.203-210.
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdnoekologických regiónov Slovenska.* Bratislava: VÚPOP, 2002. 87 s. ISBN 80-85361-94-9
- DŽATKO, M. – BEDRNA, Z. 1973. *Über die Bodenbonitation vom Standpunkt Naturwissenschaftlich Okologischer Aspekte.* Ved. práce VÚPVR v Bratislave. Bratislava: VÚPVR, 1973, s.109-116.
- DŽATKO, M. – PETERKOVÁ, O. 1973. *K otázkam produkčnej schopnosti genetických pôdných typov a pôdnoekologických jednotiek.* Vedecké práce VÚPVR Bratislava. s.117-128.
- DŽATKO, M. – VILČEK, J. 1999. *Sustainable land use modeling and soil conservation.* In: Contributions of Danube Countries Working Community. Bratislava: VÚPOP, 1999. p. 135-149. ISBN 80-85361-64-7.
- ELLENBERG, H. 1973. *Okosystemforschung.* Berlin: Springer Verlag, 1973. 280 s.
- FAO. 1975. *Approaches to land classification.* Soils bulletin 29. Rome: FAO, 123 p.
- JURKO, A. 1958. *Pôdne ekologické pomery a lesné spoločenstvá Podunajskej nížiny.* Bratislava: Vyd. SAV, 1958. 264 s.
- KUBIENA, W. L. 1958. *The Classification of Soils.* Journal of Soil Science, vol. 9, p. 9-18.
- ODUM, E. *Základy ekológie.* Praha: Akademia 1977. 733 s.
- ŠÁLY, R. 1962. *Hlavné typy lesných pôd na Slovensku.* Bratislava: Vyd. SAV, 1962. 233 s.
- ZONNEVELD, I.S. 1979. *Land Evaluation and Land(scape) Science.* Enschede: ITC, 1979. 134 p.

KONTAMINÁCIA POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD AUTOMOBILOVOU DOPRAVOU

THE AGRICULTURAL SOIL CONTAMINATION WITH TRAFFIC

Vladimír GREČO

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: v.greco@vupop.sk*

Abstrakt

Vykonal sa monitoring množstiev PAH a olova v 5, 10, 30 a 50 metrovej vzdialenosti od cestných komunikácií v poľnohospodárskych pôdach, mimo obcí a miest. Tento monitoring mal za úlohu zistiť aký je možný vplyv automobilovej dopravy na kontamináciu pôd s PAH a olovom v minulosti. Z nameraných výsledkov vyplýva, že polia sú automobilovou dopravou najviac znečistené v 5 metrovej vzdialenosti od ciest a že kontaminácia pôd s PAH a olovom v ostatných sledovaných vzdialenostiach od ciest je nízka.

Kľúčové slová: PAH, olovo, automobilová doprava

Abstract

The monitoring was carried out of PAHs and lead values in 5, 10, 30 and 50 meters distance from roads in agriculture soils, outside of towns and villages. The goal of this monitoring is investigation of possible influence of traffic on contamination of soils with PAHs and lead in past. The result of measured samples is that most contaminated soils with PAHs and lead are in 5 meter distance from roads and other investigated distances from the road showed only little soil contamination with PAHs and lead.

Keywords: PAH, lead, traffic

ÚVOD

Automobilová doprava je zdrojom znečistenia pôd, ktoré sa nachádzajú hlavne v okolí ciest. Znečistenie je spôsobené hlavne emisiami zo spaľovania palív a opotrebovaním motorov, oterom pneumatík, hrdzou a mazadlami. Pri spaľovaní palív dochádza k emisiám jemných častíc, ktorých súčasťou sú aj polycyklické aromatické uhľovodíky (PAH). Tieto sú produkované naftovými motormi viac ako benzínovými motormi, avšak autá ktoré sú vybavené katalyzátormi produkujú menej PAH ako autá bez katalyzátorov. Emisiami jemných častíc sú spôsobené kontaminácie pôd s PAH v širšom okolí ciest (WEGELIN, 1997). Oopotrebovanie brzdového obloženia spôsobuje zvýšené koncentrácie medi a zinku v pôdach blízko ciest, opotrebovanie pneumatík zvyšuje koncentrácie zinku, staršie typy brzd obsahujú olovo, vyvažovanie kolies bolo taktiež robené olovom. Avšak aj iné kovy ako železo, nikel, kadmium, mangán, ktoré sú

súčasťou motorov, mazadiel a pneumatík, môžu znečisťovať pôdu v blízkom okolí frekventovaných ciest (H. E. C., 2007).

MATERIÁL A METÓDY

Odber vzoriek za účelom stanovenia PAH a olova v pôdach bol vykonaný podľa medzinárodných noriem. Vzorky odobraté pre sledovanie PAH a olova na poliach boli odoberané vo vzdialenosti 5, 10, 30 a 50 metrov od cesty a vo vzdialenostiach jeden kilometer a viac od obcí, aby sa čo najviac eliminovali emisie PAH zo spaľovania dreva alebo uhlia v domácnostiach. Na vyhodnotenie sledovaných dvanástich PAH podľa zákona č. 220/2004 Z.z., sa použila metóda GC/MS validovaná v projekte HORIZONTAL a na stanovenie olova sa použila metóda s extrakciou v lúčavke kráľovskej pomocou mikrovlnného rozkladu vzorky a následné stanovenie s AAS.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Tento monitoring sa zaoberá kontamináciou poľnohospodárskych pôd s PAH a olovom vo vzdialenostiach 5, 10, 30 a 50 metrov od frekventovaných ciest, kde sa sledovali množstvá PAH a olova v pôde v závislosti od vzdialenosti od ciest. Olovo sa používalo ako aditívum do benzínov a v minulosti spôsobovalo kontamináciu pôd v širšom okolí ciest. Aj keď sa už pomerne dlhý čas už nepoužíva ako aditívum v benzínoch, informácie o množstvách olova v pôdach vedľa ciest (v rôznych vzdialenostiach), ktoré sa využívajú na poľnohospodárske účely, nie sú k dispozícii. PAH, ktoré vznikajú pri spaľovaní benzínov alebo nafty sú súčasťou automobilových emisií, hlavne jemných častíc, ktoré sedimentujú na pôdy v rôznych vzdialenostiach od ciest, v závislosti od podmienok (množstva áut, turbulencií vzduchu spôsobené autami, rýchlosti áut, poveternostných podmienok, atď.). PAH sa však môžu do pôd v okolí ciest dostávať aj opotrebovaním pneumatík, časticami asfaltu alebo uniknutím motorových olejov. Z nameraných výsledkov (Tab. 1) vyplýva, že sa prekročili limitné hodnoty PAH pre poľnohospodárske pôdy pri Bernolákove a Perneku. Pri Bernolákove boli namerané vysoké hodnoty PAH v celom rozsahu merania až do 50 metrovej vzdialenosti od cesty. Dá sa to pripísať zvýšenej kontaminácii pôd v tejto meranej lokalite s PAH. V prípade Perneku sa namerala vysoká hodnota iba v 5 metrovej vzdialenosti od cesty, čo je skôr spôsobené bodovým znečistením s PAH, vzhľadom na nízke ďalšie hodnoty. Vo všetkých ostatných lokalitách ani v jednom prípade nebolo zistené prekročenie limitnej hodnoty PAH podľa zákona č. 220/2004 Z.z. Najvyššie hodnoty PAH sú namerané v prevažnej miere vo vzdialenosti 5 metrov od cesty, ktoré sa postupne znižujú na mnohých lokalitách až k pozadovým hodnotám nameraným v 50 metrovej vzdialenosti, respektíve je badať vyrovnanosť nameraných hodnôt smerom od ciest k 50 metrovej vzdialenosti od ciest. Keďže PAH sú súčasťou jemných častíc emisií áut, tak sú aj dobrými markérmí znečistenia pôd automobilovou dopravou. Na rozdiel od miest a obcí s vysokou frekvenciou dopravy, kde sú bežné koncentrácie PAH v pôdach 2-4 mg/kg blízko ciest (GREČO, 2007), tak koncentrácie

PAH mimo obcí sú podstatne nižšie. Je to spôsobené najskôr vyššou rýchlosťou, ktorou sa pohybujú autá mimo obcí, pretože tu dochádza k veľkým turbulenciám vzduchu okolo áut a tým aj k lepším rozptylovým podmienkam jemných častíc, ktoré sú unášané vzduchom do väčších vzdialeností od ciest, poprípade do atmosféry. Automobilová doprava mimo miest a obcí nespôsobuje výraznejšie znečistenie pôd a s najväčšou pravdepodobnosťou aj znečistenie poľnohospodárskych plodín. Najväčší podiel na koncentráciách PAH v pôdach, ktoré nie sú bodovo kontaminované, sa pripisuje podľa odborných publikácií diaľkovému transportu častíc obsahujúcich PAH z rôznych zdrojov (FIEDLER, 1997). Aj preto je ťažké určiť pôvod a zdroje vzniku PAH v nie kontaminovaných pôdach obyčajne v hodnotách približne 0,2-0,5 mg.kg⁻¹, ktoré sú bežné. U nameraných výsledkov je to práve tento problém, keďže imisie z dopravy so zväčšujúcou sa vzdialenosťou od ciest sa znižujú a pri 30 a 50 metrovej vzdialenosti sú len malým alebo žiadnym prínosom k nameraným hodnotám PAH v týchto vzdialenostiach.

Namerané hodnoty olova v poľnohospodárskych pôdach (Tab. 2) ani v jednom prípade neprekročili limitné hodnoty olova podľa zákona č. 220/2004 Z.z. V priložených nameraných hodnotách olova sú najvyššie hodnoty v 5 metrovej vzdialenosti od ciest a ďalej je postupné znižovanie množstiev olova až k požadovým množstvám pri 50 metrovej vzdialenosti. Na niektorých lokalitách sa namerali však v rôznych vzdialenostiach vyrovnané hodnoty, bez koncentračného spádu. Najvyššie hodnoty olova boli namerané 5 metrov od cesty v Žiranoch a Kalnej nad Hronom.

Tab. 1 Hodnoty PAH v pôdach v 5, 10, 30 a 50 metrovej vzdialenosti od ciest (mg.kg⁻¹)

	Senec	Lazany	Balog nad Iplom	Demandice	Kalná nad Hronom	Pernek	Záhorská Bystrica	Jablonové
5 m	0,649	0,261	0,237	0,537	0,304	1,324	0,478	0,383
10 m	0,611	0,22	0,219	0,506	0,306	0,431	0,491	0,391
30 m	0,498	0,18	0,163	0,238	0,252	0,389	0,467	0,386
50 m	0,504	0,231	0,159	0,197	0,173	0,408	0,495	0,379
	Žirany	Okoličná	Bernolákovo	Maláš	Dvory nad Žitavou	Zbrojníky	Šárovce	Veľké Ripňany
5 m	0,435	0,342	1,158	0,464	0,652	0,517	0,411	0,785
10 m	0,361	0,378	1,429	0,519	0,641	0,475	0,548	0,677
30 m	0,286	0,277	1,136	0,502	0,527	0,455	0,526	0,517
50 m	0,257	0,301	0,866	0,461	0,553	0,468	0,436	0,453

Tab. 2 Hodnoty olova v pôdach v 5,10,30 a 50 metrovej vzdialenosti od ciest (mg.kg⁻¹)

	Senec	Lazany	Balog nad Iplom	Demandice	Kalná nad Hronom	Pernek	Záhorská Bystrica	Okoličná
5 m	19,12	23,98	20,34	17,71	25,27	18,55	21,5	14,22
10 m	17,09	20,5	18,8	18,44	23,59	14,69	21,05	12,23
30 m	16,34	24,76	17,9	18,18	19,5	12,27	21,32	11,7
50 m	14,52	20,53	17,75	17,61	19,55	12,73	24,29	n
	Jabľonové	Veľké Ripňany	Bernolákovo	Žirany				
5 m	13,43	16,04	12,95	34,04				
10 m	13,52	14,53	13,42	17,53				
30 m	14,86	16,11	10,14	18,24				
50 m	12,53	15,83	9,75	nemerané				

ZÁVER

V príspevku bolo vyhodnotených 16 lokalít mimo obcí v 5, 10, 30 a 50 metrovej vzdialenosti od cestných komunikácií na obsahy PAH v poľnohospodárskych pôdach a 12 lokalít v rovnakých vzdialenostiach od frekventovaných ciest na obsahy olova v poľnohospodárskych pôdach. Namerané hodnoty poukazujú na to, že automobilová doprava mimo obcí neovplyvňuje podstatne zvyšovanie koncentrácií PAH v okolí ciest, s výnimkou bodových znečistení blízko ciest. Namerané hodnoty olova, podobne ako u PAH, sú obyčajne najvyššie v blízkosti ciest.

Literatúra

- FIEDLER, H. a iní 1997. *Stoffverhalten von Gaswerkspezifischen Polycyclischen Aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)*. Karlsruhe: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 1997, 258 s. ISSN 0941-780X.
- GREČO, V. a iní 2007. *Hodnotenie stavu znečistenia pôd polycyklickými aromatickými uhľovodíkmi v blízkosti frekventovaných ciest mesta Bratislava*. BUJNOVSKÝ, R. (ed.) Vedecké práce Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy, č. 29. Bratislava: VÚPOP, 2007, s. 32–38. ISBN 978-80-89128-40-2.
- HERRERA ENVIRONMENTAL CONSULTANTS. 2007. *Untreated Highway Runoff in Western Washington*. Washington: WSDT, 2007. 66 p.
- WEGELIN, T. – GSPONER, R. 1997. *PAK und Schwermetalle in Böden stark befahrener Strassen*. Zürcher Umweltpraxis Nr. 11/ Februar 1997, s. 27-29

PRIESTOROVÁ VARIABILITA PÔDNEHO ORGANICKÉHO UHLÍKA A ANALÝZA TRENDU HOSPODÁRENIA S POH

SPATIAL VARIABILITY OF SOIL ORGANIC CARBON AND THE ANALYSE OF TRENDS IN SOIL ORGANIC MATTER MANAGEMENT

Ján HALAS¹, Martina NOVÁKOVÁ²

¹Regionálne pracovisko Prešov, Raymannova 1, 080 01 Prešov, e-mail: j.halas@vupop.sk

²Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava

Abstrakt

V súčasnosti sa neustále zvyšujú nároky na získavanie lokálne špecifických a priestorovo orientovaných detailných informácií o zemskom povrchu, nevynímajúc informácie o pôde a jej vlastnostiach, resp. pôdnych parametroch. Cieľom príspevku bolo zmapovať priestorovú variabilitu obsahu pôdneho organického uhlíka (POC) a súčasne kvantifikovať výmeru jednotlivých kategórií Cox na ornej pôde v modelovom území ako aj analyzovať tendenciu hospodárenia s POH na podklade historických a súčasných údajov o obsahu Cox. Modelovým územím na realizáciu zámerov bola časť hospodárskeho obvodu subjektu Agrodivízia s.r.o. Selice. Konštatujeme, že údaje DPZ sú vhodným nástrojom aj na mapovanie detailnej priestorovej variability POC za predpokladu existencie exaktne bodovo lokalizovaných údajov o obsahu POC. Z výsledkov analýzy trendu hospodárenia s POH vyplýva, že zavedenie a uplatňovanie systému hospodárenia reprezentovaného pôdoochranným obrábaním pôdy, znamená v týchto podmienkach nárast obsahu POC a teda aj jeho zvýšenú sekvestráciu.

Kľúčové slová: priestorová variabilita POC, DPZ

Abstract

At present, there is increasing demands on spatial, detailed, and locally specific data of the Earth's surface, the soil data (soil properties and parameters) including. The aim of the paper was: i) to map spatial variability of soil organic carbon (POC); ii) to quantify the area of Cox categories on arable land; iii) to present the another soil data resources – Remote Sensing (RS); iv) to present the RS contribution on mapping the spatial variability of POC and on POC prediction; v) to assess POH management on the base of historical and current data related to the Cox content in the model area - Agrodivízia Ltd. Selice. We note that RS methods are effective tool to predict the detailed variability of POC if spot-localized set of analytical data on the content of POC are at disposal. On the base of study results it is possible to state that the implementation of soil protected management in the model area trends POC to be increased and sequestered.

Keywords: spatial variability SOC, remote sensing

ÚVOD

Neustále sa zvyšujúce nároky na získavanie lokálne špecifických a priestorovo orientovaných detailných informácií o zemskom povrchu, nevynímajú ani získavanie podrobných informácií o najvrchnejšej vrstve zemskej kôry - pôde a jej vlastnostiach, resp. pôdnych parametroch. Údaje DPZ (napr. letecké a družicové snímky) sú v súčasnosti jednými z najvýznamnejších zdrojov údajov o krajine (zemskom povrchu) a ich význam stále narastá. V prípade poľnohospodárskej krajiny odrážajú aj variabilitu pôdnych podmienok kreovaných počas historického obdobia. Údaje DPZ tiež integrujú požiadavky, ktoré sa dajú len ťažko splniť pomocou tradičných metód mapovania v teréne, ktoré je značne časovo aj finančne náročné. Výsostne aktuálnou problematikou súčasnosti, kedy sa veľa hovorí o podmienkach klimatickej zmeny, je aj analýza trendu hospodárenia s uhlíkom v poľnohospodárskych pôdach.

Cieľom príspevku bolo: a) zmapovať priestorovú variabilitu obsahu pôdneho organického uhlíka (POC) a súčasne kvantifikovať výmeru jednotlivých kategórií Cox, b) ukázať na alternatívne možnosti využitia údajov DPZ pri mapovaní detailnej priestorovej variability obsahu POC, c) posúdiť trend hospodárenia s POH na podklade historických a súčasných údajov o obsahu Cox. Práca vyplynula z riešenia kontraktu VÚPOP Bratislava s MP SR zameraného na rozpracovanie modelov a aplikáciu presného poľnohospodárstva kombináciou metód GIS, DPZ a terénnych meraní v rokoch 2005-2008.

MATERIÁL A METÓDY

Experiment bol realizovaný v modelovom území Agrodivízie s.r.o. Selice (obr.1). Územie je lokalizované na Podunajskej nížine (najteplejšia a veľmi suchá klimatická oblasť SR - priemerná ročná teplota približne 10°C a priemerný ročný úhrn zrážok 550 mm). Dominantným faktorom ovplyvňujúcim pôdne pomery územia (prevládajúcim pôdnym typom sú fluvizeme a čiernice) je poloha Selíc na alúviu Váhu. Územie leží prakticky na rovine, avšak lokálne má značne diferencovaný mikrorelieéf. Predmetom prieskumu bolo sedem kultúrnych dielov (KD) ornej pôdy

Obr. 1 Lokalizácia modelového územia v rámci SR

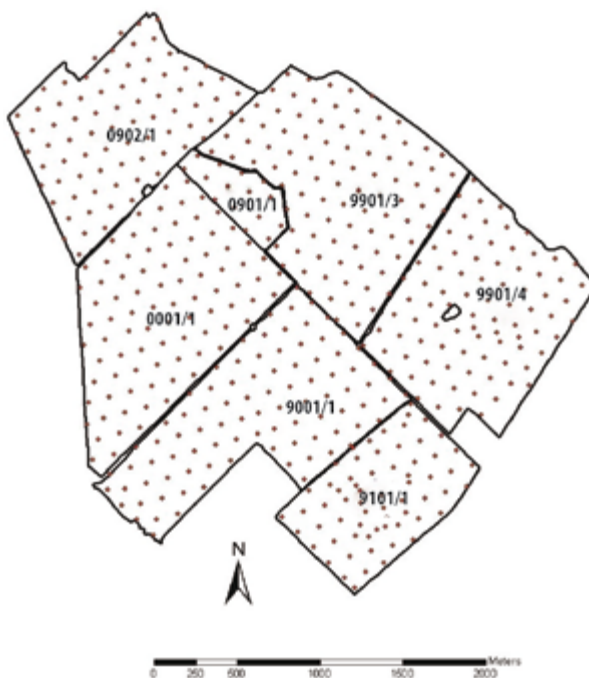


podľa evidencie LPIS - Žihárec 0001/1, Jatov 9901/3 a 9901/4, Šaľa 0902/1 a 0901/1, Palárikovo 9001/1 a 9101/1 s výmerou približne 720 ha. (Obr. 2).

a) Mapovanie priestorovej variability obsahu POC

Mapovanie priestorovej variability obsahu Cox bolo realizované dvomi spôsobmi a to na základe odberov a analýz vzoriek a s využitím údajov DPZ. Odber vzoriek sa uskutočnil v rámci produkčných jednotiek (KD) v pravidelnej trojuholníkovej sieti (so stranou 131,5 m) z hĺbky 0 – 0,2 m. Plocha odberu pripadajúca na jednu priemernú vzorku predstavovala približne 3 m². Hustota odberu vzoriek sa pohybovala na úrovni 1 vzorka na 1,45 ha. Spolu boli odobraté a GPS lokalizované vzorky z 521 miest (Obr. 2). Na lokalizáciu bol použitý prístroj Leica GS20 s DGPS so submetrovou presnosťou. Stanovenie koncentrácie Cox bolo realizované podľa záväzných a platných metód VÚPOP Bratislava (FIALA, 1999). Vyhodnotenie priestorovej variability POC vo vnútri produkčných jednotiek bolo vykonané s využitím geoštatistických metód priestorovej interpolácie spline v prostredí ArcGISTM Geostatistical analyst (Johnson a iní, 2001) z bodových údajov s následným exportom do rastra s priestorovým rozlíšením 3 m (Obr. 4).

Obr. 2 Odborná sieť v rámci kultúrnych dielov (KD) modelového územia



b) Alternatívne možnosti využitia údajov DPZ pri mapovaní detailnej priestorovej variability obsahu POC

Testovanie možnosti mapovania detailnej priestorovej variability POC a predikcie jeho obsahu bolo realizované na podklade údajov DPZ (satelitná snímka), ktoré predstavujú georeferencované priestorové údaje s vysokou hustotou informácií na jednotku plochy. Družicové

systémy poskytujúce tieto údaje pracujú na princípe prijímania elektromagnetického žiarenia vysielaného Slnkom a odrazeného od zemského povrchu. V našom experimente bola využitá panchromatická snímka zobrazujúca celé viditeľné pásmo elektromagnetického žiarenia s priestorovým rozlíšením 3 m. Satelitná snímka bola vyhotovená v jarňých mesiacoch roku 2007. V prvom kroku bol analyzovaný vzťah hodnôt pixlov rastra satelitnej snímky a údajov analyticky stanovených hodnôt POC, a to prostredníctvom prebratia hodnôt z rastra snímky do bodov GPS lokalizovaných odberov vzoriek s využitím zonálnej štatistiky v prostredí ArcGIS-TM Spatial analyst (Johnson a iní, 2001). V druhom kroku bol analyzovaný vzťah vypočítaných a meraných údajov koncentrácie POC. Oba kroky boli realizované najskôr na súbore všetkých dvojíc údajov spolu (455), a potom osobitne podľa jednotlivých KD. Na doplnenie, obdobne prebratím hodnôt pixlov rastra, bola riešená aj analýza vzťahu obsahu Cox a výškových pomerov územia z digitálneho výškového modelu reliéfu (DMR). Vyjadrením vzťahov je získanie korelačných koeficientov a regresných rovníc. Výsledkom aplikácie regresnej rovnice prostredníctvom reklasifikácie rastra satelitnej snímky je mapa vizuálne identická s originálnou snímkou, avšak reprezentujúca už detailnú priestorovú variabilitu POC a jeho obsahu (Obr. 5).

c) Analýza trendu hospodárenia s POH

Analýza trendu hospodárenia s POH v rámci vybraných piatich lokalít bola realizovaná prostredníctvom porovnania obsahov Cox z historických údajov Komplexného prieskumu pôd (povrchový horizont), konkrétne výberových sond (VS KPP) z roku 1964 a „súčasných“ rok 2006. Ku priestorovo lokalizovaným bodovým údajom VS KPP boli porovnávané údaje z najbližších 4 miest odberného gridu (obr.3). Hoci otázka presnosti lokalizácie VS KPP je značne diskutabilná o posúdenie vývoja obsahu POC za obdobie 40 rokov sme sa predsa len pokúsili.

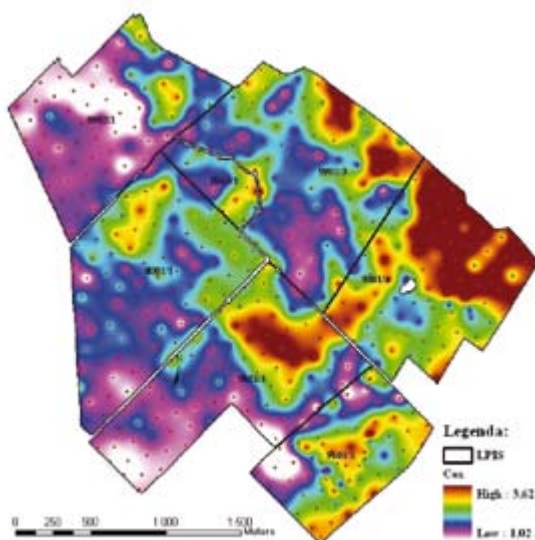
Obr. 3 Lokalizácia VS KPP a najbližších bodov gridovej siete



VÝSLEDKY A DISKUSIA

a) Priestorová variabilita obsahu POC vyhodnotená geoštatistickými metódami interpolácie z bodových údajov a exportom do rastra s rozlíšením 3 m je na (Obr. 4). Takéto mapové vyjadrenie priestorovej variability obsahu POC z bodových údajov s hustotou jedna vzorka približne na 1,46 ha predstavuje semidetálnu informáciu, ale aj tak neodzrkadľuje verne existujúcu variabilitu POC v teréne. Detailne vystihnúť túto variabilitu klasickými metódami je však nemysliteľné. Alternatívnou možnosťou mapovania detailnej priestorovej variability pôdnych parametrov môžu byť za vhodných podmienok údaje DPZ, ktoré disponujú vysokou hustotou informácií na jednotku plochy. Zhrnutie základných štatistických údajov ako aj kvantifikáciu výmer jednotlivých kategórií POC podľa KD prezentujú tabuľky 1 a 2.

Obr. 4 Priestorová variabilita obsahu POC odvodená z bodových údajov odberného gridu v rámci KD modelového územia



Tab. 1 Štatistické vyhodnotenie obsahu POC v hĺbke 0–0,2 m podľa kultúrnych dielov (KD) (%)

Parameter \ KD	0001/1 (89)	0902/1 (79)	9901/3 (95)	0901/1 (15)	9901/4 (86)	9001/1 (91)	9101/1 (66)
Min.	1,31	1,09	1,42	1,58	1,70	0,51	1,02
Max.	2,96	2,79	3,45	2,77	3,62	3,37	3,20
Priemer	2,01	1,77	2,15	2,15	2,62	2,01	2,23
Medián	1,98	1,70	2,08	2,17	2,64	1,85	2,29
Smerod. odchýlka	0,34	0,38	0,48	0,36	0,48	0,54	0,52
CV	16,92	21,47	22,46	16,74	18,33	26,87	23,11

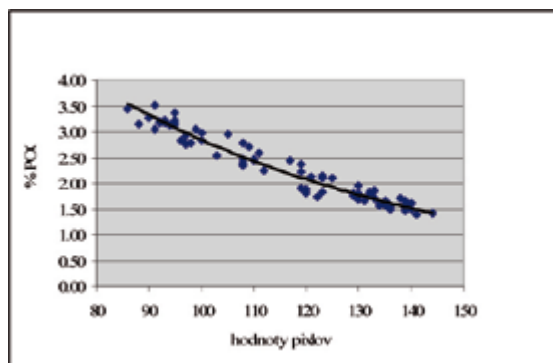
Tab. 2 Kvantifikácia výmery obsahu POC podľa KD (ha)

% POC \ KD	0001/1	0902/1	9901/3	0901/1	9901/4	9001/1	9101/1
0,7 - 1,19 (nízky)	-	-	-	-	-	0,88	1,24
1,2-1,79 (stredný)	28,06	72,21	24,54	2,93	0,29	48,36	13,15
1,8-2,89 (vysoký)	103,14	34,94	104,8	15,53	83,15	64,04	57,71
> 2,9 (veľmi vysoký)	-	-	6,98	-	38,22	8,05	-

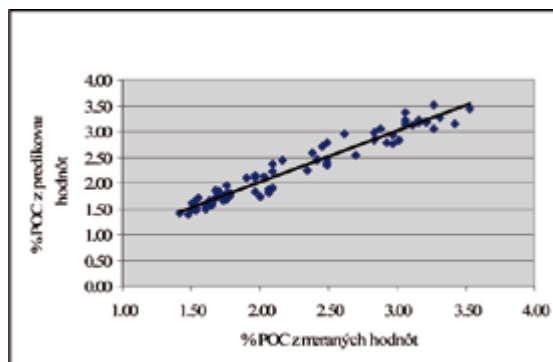
Na základe výsledkov konštatujeme výraznú variabilitu obsahu POC v rámci celého územia (hodnoty kolíšu od nízkeho obsahu až po veľmi vysoký) ako aj vo vnútri jednotlivých kultúrnych dielov. Priemerné hodnoty obsahu POC v rámci KD ako aj hodnoty mediánu sa pohybujú v kategóriách stredného až vysokého obsahu POC. Kvantifikácia výmer jednotlivých kategórií POC jednoznačne vyznela v prospech kategórie vysokého obsahu POC.

b) Analýza vzťahov hodnôt pixlov rastra satelitnej snímky a analyticky stanovených priestorovo lokalizovaných údajov obsahu POC je vyjadrená prostredníctvom regresie na obrázku 5 a analýza vzťahu vypočítaných a meraných hodnôt obsahu POC je na obrázku 6a tabuľke 3.

Obr. 5 Vzťah POC a hodnôt pixlov satelitnej scény



Obr. 6 Vzťah meraných a predikovaných hodnôt POC



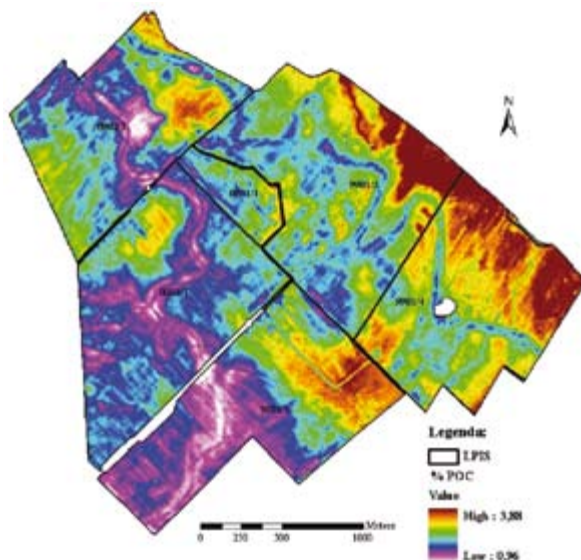
Tab. 3 Vybrané štatistické ukazovatele z analýzy vzťahov hodnôt pixlov rastra, meraných a vypočítaných údajov Cox

Parameter \ KD	0001/1 (89)	0902/1 (79)	9901/3 (95)	0901/1 (15)	9901/4 (86)	9001/1 (91)
R= (h. rastra/mer. Cox)	-0,83	-0,85	-0,90	-0,84	-0,93	-0,92
R= (pred./mer. so všet.)	0,85	0,89	0,87	0,80	0,91	0,94
Rozpätie odchýliek h.	-22,4+21,5	-13,2+36,4	-19,4+36,9	-16,9+23,1	-18,5+15,7	-19,9+31,5
Priemer odch. h. k. aj z.	-7,8	12,4	5,2	2,4	-2,0	-6,5
Priemer abs. h. odch.	9,8	14,4	10,2	8,8	6,9	10,3
R= (pred./mer. pod KD)	0,83	0,86	0,90	0,84	0,92	0,92
Rozpätie odchýliek h.	-14,8+24,7	-22,8+36,5	-18,7+21,2	-9,9+12,7	-13,7+15,3	-22,2+36,5
Priemer odch. h. k. aj z.	0,6	0,8	0,9	0	-0,2	0
Priemer abs. h. odch.	7,7	9,9	8,3	7,8	5,9	8,2

R=(h. rastra/mer. Cox) - korelačný koeficient hodnôt pixlov rastra a meraných údajov obsahu Cox podľa KD, R=(pred./mer. so všet.) – korelačný koeficient vypočítaných a meraných údajov obsahu Cox odvodený z analýzy všetkých údajov obsahu Cox (455) spolu, Rozpätie odchýliek h. – rozpätie odchýliek vypočítaných hodnôt obsahu Cox od meraných, Priemer odch. h. k. aj z. – priemer kladných aj záporných odchýliek vypočítaných hodnôt obsahu Cox od meraných, Priemer abs. h. odch. – priemer absolútnych hodnôt odchýliek vypočítaných hodnôt obsahu Cox od meraných, R= (pred./mer. pod KD)- korelačný koeficient vypočítaných a meraných údajov obsahu Cox odvodený z analýzy údajov obsahu Cox osobitne pre každý KD

Analýza vzťahu vypočítaných a meraných údajov priniesla uspokojivé výsledky v podobe získaných korelačných koeficientov ako aj ďalších štatistických ukazovateľov. Priaznivejšie výsledky boli dosiahnuté ak sa na reklasifikáciu rastra satelitnej snímky použili funkcie odvodené z analýzy dvojíc údajov podľa jednotlivých KD. Výsledkom aplikácie regresnej rovnice prostredníctvom reklasifikácie rastra satelitnej snímky je mapa vizuálne identická s originálnou

Obr. 7 Detailná priestorová variabilita vypočítaného obsahu POC s využitím údajov DPZ (rozlíšenie 3 m) v rámci KD modelového územia



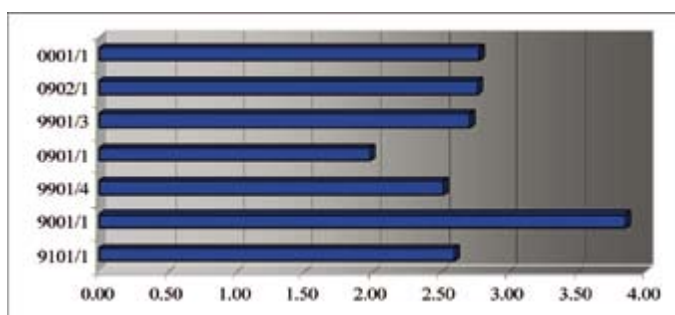
snímkou, avšak reprezentujúca už detailnú priestorovú variabilitu POC a jeho koncentrácie obrázok 7. Zmapovaná detailná variabilita obsahu POC umožňuje zistenie predikovanej hodnoty koncentrácie POC v každom pixli rastra. Výhodou je rýchla predikcia detailnej priestorovej variability POC a jeho obsahu, ktorú dosiahnuť klasickými metódami odberov a analýz vzoriek je nemysliteľné ako hľadiska časového tak aj finančného. Nevýhodou prezentovaného spôsobu mapovania detailnej variability POC je jeho špecifická „výpovednosť“ ohraničená spravidla platnosťou iba pre skúmané územie. Obmedzením sú aj vyskytujúce sa „anomálie“ napr. na okrajoch a vo vnútri KD vo forme rozptýlenej a skupinovej kríkovej a stromovej vegetácie a stĺpov vysokého napätia, ktoré prostredníctvom v pixloch rastra predikovaných hodnôt dávajú abnormálne údaje. Na základe testovaného prístupu konštatujeme veľmi vysokú pravdepodobnosť zmapovania detailnej priestorovej variability predikovaného obsahu POC v skúmanom území s využitím údajov DPZ - satelitných snímok, s preukázanou vysokou štatistickou spoľahlivosťou dosiahnutých výsledkov.

Doplnková analýza vzťahu obsahu POC a výškových pomerov z DMR v celom území, teda na súbore približne 500 dvojíc, preukázala štatisticky významnú negatívnu koreláciu s hodnotou $-0,49$. Tento výsledok znamená, že v depresiách je spravidla vyšší obsah POC ako na rovinách alebo terénnych vyvýšeninách, čo sa zdá byť na fluvialnom reliéfe pochopiteľné a v súlade s publikovanými údajmi. Dosiahnuté hodnoty korelačných koeficientov boli značne diferencované pre každý analyzovaný kultúrny diel (Tab. 4). Na šiestich KD bola zaznamenaná štatisticky významná korelácia, na jednom KD štatisticky nevýznamná.

Tab. 4 Hodnoty korelačných koeficientov z analýzy vzťahov Cox a výškových pomerov z DMR

KD	DMR
Žihárec 0001/1	-0,36
Šaľa 0902/1	-0,35
Jatov 9901/3	-0,32
Šaľa 0901/1	-0,66
Jatov 9901/4	-0,17
Palárikovo 9001/1	-0,68
Palárikovo 9101/1	-0,48

Obr. 8 Rozpätie nadmorských výšok na jednotlivých KD

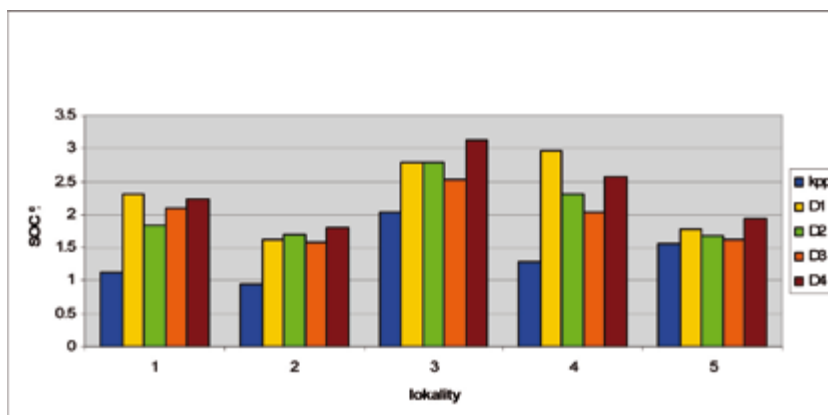


c) Na základe výsledkov porovnania historických údajov obsahu POC z 5 výberových sond KPP a súčasných údajov obsahu POC z okolia výberových sond (Tab. 5, 6 a Obr. 9) konštatujeme diferencovaný trend zvyšovania obsahu POC na všetkých lokalitách za obdobie približne 40 rokov. K obdobným výsledkom a konštatovaniu stúpajúceho obsahu POC pri uplatňovanom systéme hospodárenia dospela na základe výsledkov modelovania POC modelom RothC aj Barančíková in SOBOCKÁ A INÍ (2008).

Tab. 5 Porovnanie hodnôt vybraných parametrov (KPP-1964 a súčasnosť-2006)

Označenie VS KPP pôdny typ	KPP		Súčasnosť							
	POC (%)	íl (%)	POC (%)	íl (%)	POC (%)	íl (%)	POC (%)	íl (%)	POC (%)	íl (%)
V51 NPk	1,13	19,9	46 m		87,5 m		105 m		129 m	
			2,31	16,4	1,84	16,24	2,09	23,44	2,24	17,75
V53 NPc	0,94	14,4	46 m		85 m		111 m		121 m	
			1,62	15,64	1,7	9,72	1,58	11,36	1,8	14,16
V54 LPk	2,04	43,0	37 m		95 m		114 m		120 m	
			2,79	47,48	2,79	40,54	2,54	31,99	3,12	44,69
V56 NPk	1,28	18,8	29,5		101,5 m		117,5 m		121 m	
			2,96	22,43	2,31	23,60	2,04	23,34	2,57	19,05
V57 LPC	1,56	17,8	22 m		111,5 m		112,5 m		132,5 m	
			1,78	27,19	1,69	23,35	1,63	20,18	1,93	19,35

Obr. 9 Porovnanie obsahu Cox (KPP a súčasnosť)



Tab. 6 Porovnanie obsahov POC (KPP-1964 a súčasnosť-2006)

VSKPP-POC	D1	D2	D3	D4	%	%	%	%	Priemer
V51 – 1,13	2,31	1,84	2,09	2,24	104,42	62,83	84,96	98,23	87,61
V53 – 0,94	1,62	1,7	1,58	1,8	72,34	80,85	68,09	91,49	78,19
V54 – 2,04	2,79	2,79	2,54	3,12	36,76	36,76	24,51	52,94	37,75
V56 – 1,28	2,96	2,31	2,04	2,57	131,25	80,47	59,38	100,78	92,97
V57 – 1,56	1,78	1,69	1,63	1,93	14,10	8,33	4,49	23,72	12,66

Zvýšenie obsahu ako aj zásob POC, resp. humusu, môžeme pripísať na konto viacerých skutočností, pričom nemôžeme obísť ani možnosť skreslenia či chybnosti výsledku. Dominantným problémom bol je a vždy bude problém presnosti lokalizácie všetkých sond KPP, žiaľ tento faktor nedokážeme v súčasnosti ovplyvniť. Predpoklad použitia odlišných metód stanovenia Cox v čase KPP a v súčasnosti a z nich vyplývajúca chyba nie je namieste, pretože porovnanie metód s koncovkou stanovenia titráciou alebo spektrofotometricky sú vo vysokej korelácii a rozdiel výsledku je minimálny. Môžeme teda konštatovať, že nárast obsahu POC je primárne odrazom uplatňovaného systému pôdochranného obrábania pôdy, ktorý bol v modelovom území striktne zavedený od roku 1992.

Z hodnotenia nárastu POC premietnutím na úroveň pôdných typov vyplýva, že tempo rastu obsahu POC je rýchlejšie na pôdnom type fluvizem a pomalšie na pôdnom type čiernica. V dvoch prípadoch (V51 a V56-fluvizem) prekročila nameraná hodnota POC hodnotu POC na V 57 (čiernica). BIELEK (2010), publikoval výsledky, podľa ktorých platí opačný trend pri mineralizácii POH, čo znamená, že na pôdach menej produkčných sa POH mineralizuje rýchlejšie ako na pôdach s vyšším potenciálom, čo by mohlo súvisieť s kvalitou organickej hmoty. Na základe našich výsledkov je pravdepodobné, že sekvestrácia uhlíka prebieha minimálne v rovnakých klimatických podmienkach rýchlejšie na fluviziemiach ako na čierniciach s predpokladom, že zvýšenie obsahu celkového POC je spôsobené predovšetkým nárastom labilnejších foriem POC, čo konštatovala aj SOTÁKOVÁ, (1982). Môžeme teda vyjadriť názor, že zavedenie a uplatňovanie systému hospodárenia reprezentovaného pôdochranným obrábaním pôdy, znamená v týchto podmienkach nárast obsahu POC a teda aj jeho zvýšenú sekvestráciu.

ZÁVER

Priestorová variabilita obsahu POC bola preukázaná v rámci všetkých sledovaných kultúrnych dielov, pričom jeho hodnoty sa pohybovali od nízkeho po veľmi vysoký obsah.

Mapovanie priestorovej variability POC realizované na základe bodových údajov odberného gridu predstavuje v závislosti od ich hustoty získanie semidetilnej informácie o variabilite sledovaného parametra.

Mapovanie detailnej priestorovej variability obsahu POC s využitím údajov DPZ (satelitnej snímky) a priestorovo lokalizovaných analyticky stanovených údajov o obsahu Cox sa ukázalo

ako vysoko účinné a štatisticky hodnoverné. Vďaka vysokej hustote údajov DPZ je možné identifikovať aj zóny, ktoré by pri použití klasických metód mohli byť opomenuté.

Doplnková analýza vzťahu POC a výškových pomerov preukázala štatisticky významnú negatívnu koreláciu týchto parametrov z čoho vyplýva spravidla vyššie percento POC v depresných polohách v porovnaní s rovinami či terénymi vyvýšeninami.

Na základe účelových kategórií Cox je možné vytvoriť zóny umožňujúce napr. bilanciu POH v diferencovaných parciálnych častiach základných produkčných jednotiek.

Porovnanie historických a súčasných hodnôt obsahu POC na piatich lokalitách preukázalo nárast jeho obsahu od 12,7 do 92,9 %, čo je primárnym dôsledkom uplatňovaného pôdo ochranného systému obrábania pôdy. Vyššia intenzita humifikácie ako aj sekvestrácie C bola preukázaná na fluvizemi v porovnaní s čiernicou.

Dosiahnuté výsledky môžu byť zúročené v oblasti presného poľnohospodárstva, pri parametrizácii identifikovaných a vyčlenených diferencovaných zón, pri lokálnej ochrane pôdy, monitoringu POC a jeho limitných obsahov.

Využitelnosť výsledkov môže spočívať aj v možnosti štúdia vzťahov pôdných parametrov a ostatných zložiek prostredia a byť nápomocná aj pri ich objasňovaní.

Literatúra

- BIELEK, P. 2010, *Pôda ako princíp rovnováhy a stability prírody*. In VÚPOP Bratislava: Naša pôda naša istota. (Zborník pri príležitosti 50. výročia založenia VÚPOP v Bratislave.. Bratislava: VÚPOP, 2010. ISBN 978-80-89128-71-6, s. 43-54.
- FIALA K. A INÍ 199, *Záväzná metódy rozborov pôd*. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. Bratislava: VÚPOP, 1999. 139 s. ISBN 80-85361-55-8.
- HALAS, J. – NOVÁKOVÁ M. 2003, *Spatial variability of soil organic carbon content (SOC): Comparisom based on different data sources*. In Humic Substances in Ecosystem 8, 13-16 september 2009. <http://www.kpg.fapz.uniag.sk/presentations/abstracts8.pdf>, p. 21.
- HUTÁR, V. – HALAS, J. 2008, *Detekcia vybraných parametrov pôdy na základe interpretácie údajov diaľkového prieskumu zeme*. In Nováková, M., Sviček, M. (ed.) Environmentálne aspekty analýzy a hodnotenia krajiny: Identifikácia a stanovenie indikátorov (a indexov) na báze prieskumov krajiny a údajov DPZ (Zborník z vedeckého seminára). Bratislava: VÚPOP, 2008. ISBN 978-80-89128-50-1, s. 26-29.
- JONHSTON, K. – HOEF, J. M.V. – KRIVORUCHKO, N. 2001, *Using ArcGISTM Geostatistical Analyst*. ESRI Press, 2001. Redlands, California, USA, 300 pp.
- SOBOCKÁ, J A INÍ 2008, *Detekcia a cielená regulácia pôdných zdrojov SR vo vzťahu ku klimatickej zmene: záverečná správa*. Bratislava: VÚPOP Bratislava 2008, 54 s.
- SOTÁKOVÁ, S. 1982, *Organická hmota a úrodnosť pôdy*. Bratislava: Príroda, 1982, 234 s.

NIEKTORÉ NOVŠIE ATRIBÚTY HODNOTENIA PÔDNYCH VLASTNOSTÍ A PROCESOV VO VZŤAHU K DIAGNOSTIKE PÔD

SOME LATEST ATTRIBUTES OF SOIL PROPERTIES AND PROCESSES EVALUATION IN RELATION TO DIAGNOSTICS OF SOILS

Jozef KOBZA

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 sú zohľadnené viaceré poznatky z doterajších prieskumov a výskumov pôd, ako aj ich permanentného monitorovania vo vzťahu k diagnostike pôd. Pre lepšie posúdenie diagnostiky pôd nám slúžia nielen kvantitatívne, ale aj kvalitatívne parametre vlastností pôd, ktoré sú často významnejšie pre hodnotenie intenzity procesov prebiehajúcich v pôde. Z novších prístupov hodnotenia vlastností a procesov sa javí významne práve separácia pôdnej hmoty a jej detailné analýzy a ich zhodnotenie. Tieto nám lepšie indikujú intenzitu procesov, ktoré buď prebiehali v minulosti, alebo prebiehajú v súčasnosti. Takýto prístup hodnotenia vlastností a procesov so zohľadnením genézy pôd sa javí najvýhodnejším integračným kritériom diagnostiky pôd.

Kľúčové slová: pôdne vlastnosti, pôdne procesy, genéza pôd, diagnostika pôd

Abstract

Several knowledge from existing research and survey of soils as well as permanent soil monitoring results in relation to soil diagnostics are described in this contribution. Concerning soil diagnostics evaluation not only quantitative but also qualitative parameters of soil properties are more significant for evaluation of intensity of processes running in the soil. From among the latest approximations of soil properties and processes evaluation seems to be separation of soil matter, its analysis in more details and evaluation of obtained data, as well. This advance could be better significant for indication of soil processes intensity running in the past or at present.

As the soils are multivariable objects, just the new access of evaluation of soil properties and processes regarding to genesis of soil seems to be the most suitable integrated criterion of soil diagnostics.

Keywords: soil properties, soil processes, soil genesis, soil diagnostics

ÚVOD

Individuálne pôdne jednotky sú otvorené dynamické systémy a sú výsledkom určitého vývoja (dlhodobejšieho, ale na základe niektorých novších poznatkov i krátkodobejšieho vývoja – genézy pôd). Nachádzajú sa v stave dynamickej rovnováhy so súčasným stavom pôsobenia aktívnych zložiek ich okolia, ktorými sú klíma, vegetácia, ľudský činiteľ a jeho vplyv a na veľkej časti územia aj podzemná voda. Okrem toho sú v rovnováhe aj pôsobením prevažne pasívnych zložiek, ktorými sú geologický pôdotvorný substrát a reliéf.

Dynamická rovnováha jednotlivých pôd s ich okolím sa prejavuje zmenami stavov, t.j. parametrov vlastností, ktoré v danom časovom okamžiku sú predmetom zisťovania. Výsledkom posudzovania je hodnotenie konkrétnych pôdných vlastností (morfologické, morfogenetické, fyzikálne, chemicko-fyzikálne, chemické a biologické), ktoré odrážajú určité procesy, ktoré buď prebiehali v minulosti, alebo prebiehajú v súčasnosti. Tu vstupujú do popredia hlavne merateľné parametre vlastností pôd, často vo svojej nielen kvantitatívnej, ale aj kvalitatívnej charakteristike. Práve tie nám často pomôžu hodnotiť pôdy vo vzťahu k ich diagnostike.

MATERIÁL A METÓDY

Analytické výsledky boli získané z doterajších prieskumov a výskumov pôd, ako aj z realizácie monitoringu pôd SR. Dosiahli sme tak údaje z celého pôdneho pokryvu Slovenska. Taktiež boli implementované niektoré poznatky zo zahraničných pedologických stáží a exkurzií. Pre stanovenie dôležitých parametrov pôdných vlastností boli použité prevažne analytické metódy (FIALA A INÍ, 1999), v súčasnosti pripravujeme vydanie novších analytických metód vrátane aj už zaužívaných pedologických postupov. Tieto boli vykonávané na Pracovisku laboratórnych činností pri VÚPOP v Bratislave.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Morfológia a fyzikálne vlastnosti pôd

Morfológia pôd predstavuje prvý vizuálny kontakt v teréne. Dôležitú úlohu tu zohráva práve konfigurácia pôdných horizontov a ich charakteristika (napr. farba, štruktúra, oxidačno-redukčné prejavy, výskyt novotvarov, tvorba puklín a pod.). Táto časť vyjadruje aktuálny stav v momente otvorenia pôdneho profilu. V prípade, že tento pôdny profil zostane aspoň niekoľko dní otvorený, môže za určitých podmienok dochádzať k určitým vizuálnym zmenám (najmä vplyvom zmien vlhkového režimu), čo môže spôsobiť ich odlišné diagnostikovanie vo veľmi krátkom čase (napr. Vertisoly).

Obr. 1, 2 Pôdny profil čiernice (bezprostredne po výkope a po 3 dňoch) – Medzibodrožie Endocalcic Mollic Gleyic Vertisol (Eutric) – podľa WRB 2006



Foto: J. Kobza



Foto: J. Kobza

Obr. 3, 4 Pôdne profily andozemí v rôznych klimatických a geografických podmienkach



Foto: J. Kobza

Suchá hora (Kremnické vrchy),

AM (0 – 10 cm) pH/H₂O: 4,30 pH/KCl: 4,00
melanický index: 2,63
obsah humusu: 21,89 %

WRB 2006: Fulvic Andosol (Dystric, Thixotropic, Siltic, Endoskeletalic)



Foto: J. Kobza

Mayulermo (Chile),

AM (0 – 10 cm) pH/H₂O: 6,67 pH/KCl: 5,87
melanický index: 1,86
obsah humusu: 10,30 %

WRB 2006: Silandic Andosol (Dystric)

V zmysle klasických princípov Dokučajeva určitá pôda vzniká a vyvíja sa len pri určitej kombinácii pôsobenia pôdotvorných faktorov a podmienok. Z toho vyplýva, že pôdy s rovnakou skladbou diagnostických horizontov sú geneticky zhodné, i keď ich genézu často presnejšie nepoznáme. Ide tu v podstate o aplikáciu princípu tzv. „čiernej skrinky“ (black box) z teórie všeobecných otvorených systémov (LINKŠ, 1978), kde sa zvyšuje dôraz na fungovanie systému ako celku.

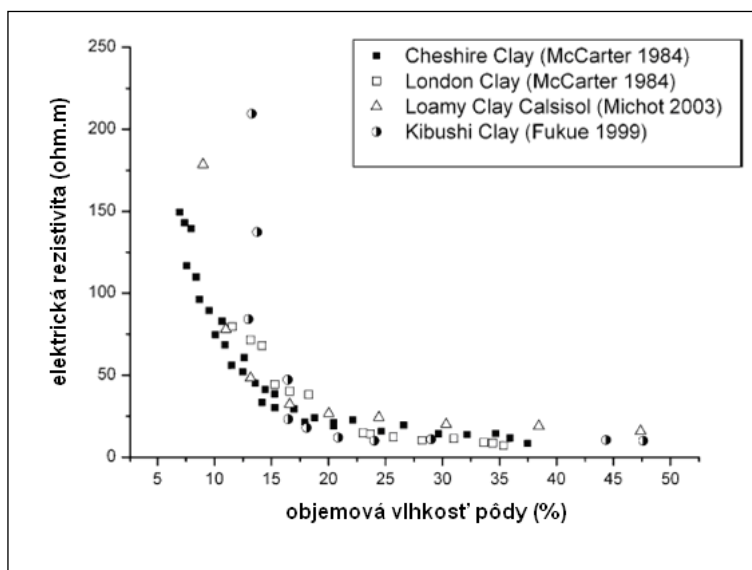
„Tie isté pôdy“ však v odlišných klimatických podmienkach sa môžu morfológicky prejavovať značne odlišne. I keď sa môže jednať o „tú istú konfiguráciu pôdnych horizontov“ tieto sa môžu prejavovať odlišným sfarbením, obsahom skeletu a pod.

Preto pre výstižnejšiu diagnostiku pôd nám slúžia merateľné parametre vlastností pôd, ktoré sú často významnejšie.

S morfológiou pôdy úzko súvisia fyzikálne vlastnosti pôd, ktoré môžeme často posúdiť priamo v teréne (farba, štruktúra, textúra a pod.), ako aj ich bližšie špecifikovať vo fyzikálnom laboratóriu (objemová a merná hmotnosť, pórovitosť a pod.). Jedná sa v podstate o priame sledovanie, meranie a hodnotenie fyzikálnych vlastností pôd (zaužívaných z rozboru fyzikálnych valčekov o objeme 100 cm³).

Okrem priamych metód v monitoringu pôd Slovenska sa venujeme aj možnostiam využitia nepriamych metód najmä pri sledovaní a hodnotení hydrofyzikálnych vlastností pôd. Jednou z takých metód je využitie tzv. metódy elektrickej rezistívnej tomografie (ERT), ktorá má svoj pôvod v geofyzike. V súčasnosti sa vyvíja nový aplikovaný vedný odbor hydrogeofyzika, ktorý sa využíva pre účely environmentálneho prieskumu, vrátane monitoringu pôd. Potenciál tejto metódy spočíva v možnosti priestorovo i časovo kontinuálnych meraní bez deštruktívneho vplyvu na pôdu, t.j. bez narušenia pôdnej štruktúry. Táto metóda nám za predpokladu správnej

Obr. 5 Závislosť medzi momentálnou pôdnou vlhkosťou a elektrickou rezistivitou pôdy pre rôzne pôdne typy (in: SAMOUĽIAN A INÍ, 2005)



interpretácie a v súčinnosti s geoštatistickými nástrojmi môže pomôcť odkryť širšie priestorové súvislosti skúmaných pôdnych vlastností, presnejšie napr. určiť zásoby pôdnej vody či odhadnúť kontamináciu podzemnej vody.

Organický podiel a jeho vlastnosti

Organický podiel zohráva veľmi významnú úlohu pri hodnotení produkčných ako aj mimoprodukčných funkcií pôdy. S vyššou nadmorskou výškou a humidnosťou sa jeho obsah spravidla zvyšuje, čo sa však nedá povedať o jeho kvalite. Preto okrem hodnotenia kvantitatívnych vlastností, čoraz významnejšiu úlohu zohrávajú aj kvalitatívne vlastnosti.

Základným kvalitatívnym parametrom organického podielu pôdy je pomer humínových kyselín a fulvokyselín (C_{HK}/C_{FK}). Prevládanie humínových kyselín nad fulvokyselinami je charakteristické pre vyzretejšiu, viac humifikovanú pôdnu organickú hmotu (SOTÁKOVÁ, 1982), ktorá je charakteristická hlavne pre černoze a čiernice. V rámci monitorovania pôd Slovenska sa zaoberáme aj poznaním detailnej chemickej štruktúry organického podielu na základe izolácie humínových kyselín a monitorovaním ich základných chemických parametrov. Základným chemickým parametrom pri sledovaní štruktúry HK je elementárna C, H, N, O analýza, ktorá odráža charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie zastúpenie uhlíka a nižšie zastúpenie vodíka je charakteristické pre HK s vyšším humifikačným stupňom (BARANČIKOVÁ, 2009).

Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality HK je obsah karboxylových funkčných skupín. Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzretejšiu pôdnu organickú hmotu s vyšším stupňom humifikácie a nízke hodnoty tohto parametra nízky humifikačný stupeň HK (ROSEL A INÍ, 1989).

Veľký prínos pri poznávaní chemickej podstaty HK predstavujú spektrálne metódy vo viditeľnej oblasti spektra. KUMADA (1987) na hodnotenie optických vlastností doporučuje optický parameter E1%6, ktorý reprezentuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada nazýva stupňom humifikácie. Nízke hodnoty tohto parametra indikujú slabo humifikovateľnú pôdnu organickú hmotu. BARANČIKOVÁ (2009) v rámci monitorovania pôd SR zistila nízke hodnoty uvedeného parametra v prevažnej časti kambizemí v porovnaní s černozeami, kde boli hodnoty optického parametra E1%, často nad 30.

Pri štúdiu štruktúry HK je v súčasnosti z novšie používaných spektrálnych techník nukleárna magnetická rezonancia ^{13}C , ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (MATHERS A INÍ, 2000). Z parametrov ^{13}C NMR spektier je z hľadiska chemickej štruktúry HK najdôležitejšie percentuálne zastúpenie alifatického (Calif) a aromatického uhlíka (Car), z ktorých sa stanovuje stupeň aromaticity α . Ako uvádza Gonzáles-Peréz (GONZÁLES-PERÉZ A INÍ, 2007) neobhospodarované pôdy vykazujú nižšie percento Car ako orné pôdy, čo sme potvrdili aj v rámci monitorovania pôd SR (badateľný trend ďalšieho zlabilňovania HK najmä na kyslých pôdach pod trvalými trávnyimi porastami).

Výrazné rozdiely sme zistili aj pri obsahu labilného uhlíka, keď jeho priemerný obsah bol v orných pôdach päťkrát nižší v porovnaní s trvalými trávnyimi porastami (ZAUJEC, KOBZA, 2002). Súčasne pre lepšie ocenenie kvality organického podielu sme navrhli používať pomer $C_L : N_{pot}$, pričom nižšie hodnoty tohto pomeru indikujú vyššiu kvalitu organického podielu (ZAUJEC, KOBZA, 2002).

Chemické vlastnosti

Jedná sa o širšie spektrum vlastností, ktoré možno zaradiť do troch základných skupín, a to z pohľadu úrodnosti pôd – pôdna reakcia, obsah prístupných makroživín a mikroživín, sorpčné vlastnosti a pod. (ide o tzv. agrochemické vlastnosti pôd), ďalej z pohľadu hygienického stavu pôd (obsah anorganických a organických kontaminantov), ako aj tie chemické vlastnosti, ktoré možno spájať do značnej miery s genézou pôd, ako aj ich diagnostikou. K tejto poslednej skupine uvádzame niekoľko poznámok v nasledovnej časti.

Vlastnosti ako odraz pôdnych procesov

Pôda sa vyvíja spolu s vývojom krajiny, to znamená, že pôdne vlastnosti sú jednak odrazom prebiehajúcich pôdnych procesov v súčasnosti, ale môžu byť aj výrazom procesov, ktoré prebiehali v pôde v minulosti. Tieto vlastnosti nemiznú bez stopy, ale môžu sa zachovávať dlhší alebo kratší čas a prejavujú sa vo forme určitých fenoménov.

Fenomény (paleo) hydromorfizmu

Posudzovanie pôd v podmienkach určitého vodného režimu nie je jednoduché, pretože tento môže prebiehať pod vplyvom povrchovej alebo podzemnej vody, mohol prebiehať v dávnej, alebo v nedávnej minulosti, ale môže prebiehať aj v súčasných podmienkach. Navyše podmienky výraznejšieho, alebo menej výrazného hydromorfizmu sa môžu striedať, čo sa prejavuje v štruktúre a stavbe pôdneho profilu. Stretávame sa tak s určitými prejavmi a fenoménami hydromorfizmu a paleohydromorfizmu, ktoré sa môžu vyskytovať buď vo vrchnej časti, alebo v spodnej časti, príp. v celom pôdnom profile. Taktiež veľká variabilita analytických znakov často neumožňuje ich vyhodnotenie spôsobom použitým pri anhydromorfných pôdach (NĚMEČEK, 1981).

O prekonanom hydromorfnom štádiu vo vývoji pôdneho pokryvu svedčí aj výskyt tma-

Obr. 6 Fenomény (paleo) hydromorfizmu (tmavosfarbené pôdy v Turčianskej kotline)



vých humusových horizontov, kde v súčasných podmienkach akumulácia humusu nie je charakteristickým (prevládajúcim) pôdotvorným procesom (KOBZA, 2005). Takýmto príkladom sú pravdepodobne aj tmavosfarbené pôdy v oblasti Turčianskej kotliny.

Významnú úlohu tu zohráva práve kvalitatívne zloženie pôdneho humusu.

Tab. 1 Kvalitatívne zloženie humusu v pôdach pri rozdielnych podmienkach hydromorfizmu (hlbka 0-10 cm)

Lokalita	Pôda	pH v H ₂ O	pH v CaCl ₂	C _t (%)	C _L (g.kg ⁻¹)	Podiel C _L z C _t (%)	C _{NL} (g.kg ⁻¹)	L (C _L /C _{NL})	N _{pot} (mg.kg ⁻¹)	C _L :N _{pot}
Voderady	ČM _a	7,54	7,12	1,75	2,03	11,60	15,47	0,13	147	13,80
Sp. Belá	ČAa	6,75	6,31	2,51	4,23	16,80	20,87	0,20	109	38,80

C_t – celkový uhlík, C_L – labilný uhlík, L – index lability, N_{pot} – potenciálne mineralizovateľný dusík

Pri porovnaní pôd s odlišnou genézou pozorujeme vyšší obsah labilného uhlíka práve na pôdach, ktoré vo svojom vývoji boli ovplyvnené (paleo) hydromorfizmom, v súčasnosti sa však nachádzajú v automorfnejších podmienkach (lokalita Spišská Belá). Taktiež podiel labilného uhlíka z jeho celkového obsahu je na týchto pôdach vyšší (16,80 %). Pomer C_L : N_{pot} je v týchto pôdach výrazne vyšší (38,80) čo determinuje nižšiu kvalitu pôdneho humusu oproti automorfným pôdam. Zároveň sa ukazuje, že tento pomer lepšie vystihuje kvalitu humusu než zaužívaný pomer C : N (ZAUJEC, KOBZA, 2002).

Tab. 2 Voľné oxidy Fe v hrdzavých a sivých zátekoch v horizonte En/Bg pseudogleja na základe separácie pôdnej hmoty

Zátky	pH a formy Fe							
	pH/H ₂ O	pH/KCl	Fe (%)	Fe _d (%)	Fe _d -Fe _o	Fe _o /Fe _d	Fe _o : il.100	Fe _d : il.100
Hrdzavé	5,20	5,00	0,98	4,73	3,75	0,21	8,48	40,95
Sivé	6,20	6,10	0,66	3,02	2,36	0,22	7,17	32,83

Obsah Fe_d je vyšší v hrdzavých zátekoch, ako aj v relácii k ílu (Fe_d : il. 100), čo zodpovedá vyššiemu zastúpeniu sekundárnych Fe minerálov v týchto častiach pôdneho profilu (vznik goethitu a lepidokrokritu vizuálne vo forme hnedohrdzavých a žltkastých škvrín). Proces pseudoglejenia tu prebieha diferencovane a nepravidelne vo vzťahu k rozdielnej distribúcii foriem Fe v hodnotených zátekoch. Vyššie zastúpenie kryštalických foriem Fe (Fe_d – Fe_o) (paleohydromorfické fenomény) v hrdzavých zátekoch svedčí o ich relatívne staršom veku (v porovnaní so sivými zátekmi) a pravdepodobne aj o syngenetických procesoch sedimentácie polygenetických sprašových hĺn.

Fenomény salinizácie a sodifikácie

Salinizácia je proces akumulácie neutrálnych sodných solí v pôde, predovšetkým chloridu sodného (NaCl) a síranu dvojsodného (Na₂SO₄).

Pri sodifikácii ide o proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex pôd. Tento proces je podmienený prítomnosťou alkalických solí v pôde, predovšetkým uhličitanu dvojsodného (Na_2CO_3), hydrogénuhličitanu sodného (NaHCO_3) a kremičitanu dvojsodného (Na_2SiO_3).

Hlavným zdrojom solí v pôde sú mineralizované podzemné vody v oblastiach s úsporným vodným režimom, kedy sa rozpustné soli vzlínaním dostávajú do pôdneho profilu. Na základe nami doteraz získanými výsledkami (KOBZA A INÍ, 2009) sa ukazuje, že procesy salinizácie a sodifikácie prebiehajú súčasne, avšak proces sodifikácie je prevládajúci. Procesy salinizácie a sodifikácie prebiehajú od substrátových horizontov smerom k povrchu pôdy, pričom tento vývoj je zreteľnejší v pôdach so slabým až stredným vývojom soľných pôd.

V princípe pri vývoji soľných pôd môže ísť o proces primárny (v podmienkach výparného režimu pôd s vysokou hladinou silne mineralizovanej podzemnej vody) a o proces sekundárny. Pri posledne menovanom môže dochádzať k zasoľovaniu aj v tých pôdno-klimatických podmienkach, ktoré nie sú charakteristické pre vznik zasolených pôd.

Obr. 7 Príklad primárneho zasoľovania pôd (Malé Raškovce – Východoslovenská nížina)



Foto: J. Kobza

Tab. 3 Základná analytická charakteristika primárne zasolenej pôdy

Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe ($\text{mS}\cdot\text{m}^{-1}$)	pH/H ₂ O
0-10	0,09	7,2	1,2	62	7,6
20-30	0,22	28,7	17,6	77	7,7
35-45	0,29	31,0	19,7	113	8,1
70-80	0,30	31,9	20,6	242	8,4

Obr. 8 Príklad sekundárneho zasolenia pôd vplyvom alkalických odpadov (Žiarska kotlina)



Foto: J. Kobza

Tab. 4 Základná analytická charakteristika sekundárne zasolenej pôdy

Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS.m ⁻¹)	pH/H ₂ O
0-10	0,57	16,6	8,4	247	9,1
20-30	1,90	22,0	11,8	387	9,1
35-45	1,06	23,8	13,3	348	9,3
70-80	1,31	51,9	44,8	359	9,3

V oboch prípadoch ide o pôdy, ktoré boli v minulosti ornými pôdami. Vplyvom výraznej zmeny chemických (i fyzikálnych) vlastností pôdy sa tieto stali v súčasnosti nevyužívanými. V druhom prípade je viditeľný vplyv skládky alkalických odpadov z výroby hliníka v Žiari nad Hronom. Zasoľovací proces tu neustále prebieha, ktorý je spôsobený silne alkalickými tekutými odpadmi z porušených nádrží cez starý drenážny systém do okolitých pôd. I keď tento proces tu rádovo pôsobí už niekoľko desaťročí, hodnoty základných ukazovateľov zasoľovania pôd sú výrazne vyššie ako pri primárnom procese zasoľovania pôd vo výparnom vodnom režime (KOBZA, 2008).

Fenomény rubifikácie

Tieto sú pôvodne výsledkom zvetrávania v subtropických podmienkach, a to od vrchného miocénu do staršieho pleistocénu (MAZÚR A INÍ, 1971). Červené sfarbenie takýchto pôd môže zapríčiniť iba obalenie jemných minerálnych frakcií pôdy vysoko dispergovaným hematitom, príp. i goethitom pri ich nízkom pomere alebo prevahe hematitu ako výsledok procesov rubifikácie (KÄMPF, SCHWERTMANN, 1983).

Takéto pôdy predstavujú dnes prakticky iba sedimenty, pretože ide o pôdny materiál sekundárne premiestnený, a teda chápaný ako pôdotvorný substrát, na ktorom sa v podmienkach recentnej pedogenézy vytvorili pôdne horizonty. V takto premiestnených sedimentoch v procese ich diagenézy (POLANSKI, SMULIKOWSKI, 1978) môže dochádzať postupne k celému radu premien, t.j. na jednej strane môžu byť ďalším pokračovaním procesu sedimentácie (napr. solifikácia), na druhej strane často prebiehajú procesy, ktorých dôsledkom je migrácia chemických látok a ich diferenciacia po vzniku sedimentu. Najtypickejším produktom takejto diagenetickej diferenciacie sú konkrécie (hlavne Fe a Mn konkrécie), ktoré sú v popisovaných pôdach často viditeľné.

Pôdy s uvedeným náčrtom takejto genézy sú prevažne lokalizované na oblasti semipolji (krasových kotlín), resp. sú akumulované na bázach svahov, pričom ide o pôdy často veľmi hlboké.

Obr. 9, 10 Rubifikované pôdy na úpäti Silickej planiny



Foto: J. Kobza



Foto: J. Kobza

Okrem už uvedených procesov sa v nich uplatňujú tiež recentné procesy pseudoglejenia i translokácie ílu (KOBZA, LINKEŠ, 1990; KOBZA, 1992). I keď v súčasnosti v našom klasifikačnom systéme pôd už nerozlišujeme terra fusca a terra rossa (napokon pre ich klasifikáciu nie sú vo svete jednotné a použiteľné kritériá), majú tieto pôdy podľa základnej farby (Hue) Munsellových tabuliek s hodnotou 7,5 R, 10 R, 2,5 YR, 5 YR za vlhka bližšie k subtypu terra rossa. Dokazuje to aj vysoký obsah Fe_2O_3 v dithioničitanovom extrakte v týchto pôdach (Fed).

Tab. 5 Volné oxidy železa v rubifikovanom pôdnom profile

Lokalita	Hĺbka v cm	Podiel oxidov Fe (%)		Fe _a - Fe _o	Fe _o /Fe _a
		Fe _o (Tamm)	Fe _a (Coffin)		
Kečovo	5-10	0,50	3,69	3,19	0,13
	30-35	0,46	3,92	3,46	0,12
	50-55	0,46	4,12	3,66	0,11
	100-105	0,42	4,78	4,36	0,09

ZÁVER

Na základe niektorých našich doterajších výskumov pôd sa ukazuje, že dôležité postavenie vo vzťahu k diagnostike pôd zohrávajú nielen kvantitatívne, ale aj kvalitatívne parametre vlastností pôd. Taktiež novšie poznatky vychádzajú z výskumu a hodnotenia separovanej pôdnej hmoty (na rozdiel od zmesnej vzorky), napr. pri štúdiu separácie hrdzavých a sivých zátekov a posudzovaní intenzity pseudohydromorfizmu pri textúrnej diferencovaných pôdach (Kobza, 1991), príp. pri posudzovaní a lepšom rozlíšení pôvodu kontaminácie (s využitím separácie povrchovej a vnútornej časti pôdnych agregátov tekutým dusíkom) (WILCKE A INÍ, 1996). Dôležitým postupom sa javí aj aplikácia novších a výpovednejších analytických metód. V súčasnosti pripravujeme novú publikáciu k aktualizovaným jednotným pracovným postupom rozborov pôd.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G. 2009. *Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu*. In: KOBZA, J. a iní *Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu*. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 55-79. ISBN 978-80-89128-54-9.
- FIALA, K. – KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – BREČKOVÁ, V. – BÚRIK, V. – HOUŠKOVÁ, B. – CHOMANIČOVÁ, A. – LITAVEC, T. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – MATUŠKOVÁ, L. – PECHOVÁ, B. – VÁRADIOVÁ, D. 1999. *Záväzné metódy rozborov pôd*. Bratislava: VÚPOP, 1999. 142 s. ISBN 80-85361-55-8.
- GONZÁLES-PERÉZ, M. – MILORY, D.M.B.P. – COLNAGO, L.A. – MARTIN-NETO, L. – MELO, W.J. 2007. *A laser-induced fluorescence spectroscopic study of organic matter in Brazilian Oxisol under different tillage systems*. Geoderma, vol. 138, 2007, p. 20-24. ISSN 0016-7061.
- KÄMPF, M. – SCHWERTMANN, V. 1983. *Goethite and hematite in a climosequence in southern Brazil and their application in classification of kaolinic soils*. Geoderma, vol. 29, 1983, p. 27-39. ISSN 0016-7061.
- KOBZA, J. – LINKEŠ, V. 1990. *Pôdy Silickej planiny z hľadiska využívania a ochrany krajiny*. In: Slovenský kras, roč. 28, 1990, s. 103-115. ISBN 80-217-0214-1.
- KOBZA, J. 1991. *Význam pedogénnych oxidov vo vzťahu ku genéze textúrnej diferencovaných pôd*. Vedecké práce VÚPÚ č. 16. Bratislava: Príroda, 1991, s. 103-115. ISBN 80-07-00480-7.
- KOBZA, J. 1992. *Poznámky ku charakteristike rubifikovaných textúrnej diferencovaných pôd v oblasti Slovenského krasu a priľahlej časti Košickej kotliny*. Vedecké práce VÚPÚ č. 17. Bratislava: VÚPÚ, 1992, s. 91-100. ISBN 80-85361-04-3
- KOBZA, J. 2005. *Hydromorfizmus a paleohydromorfizmus v pôdotvornom procese*. HORÁČEK, J. – VÁCHALOVÁ, R. (eds.) *Ochrana a využití půdy v podhorských oblastech*. Sborník vědeckých prací, 1.-2. září 2005, Nové Hradky. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, 2005, s. 17-21. ISBN 80-7040-818-9.
- KOBZA, J. 2008. *Tvorba niektorých degradačných fenoménov kontaminácie pôd v oblasti Žiarskej kotliny*. Vedecké práce VÚPOP č. 30. Bratislava: VÚPOP, 2008, s. 45-54. ISBN 978-80-89128-40-2.
- KOBZA, J. – BARANČÍKOVÁ, G. – ČUMOVÁ, L. – DODOK, R. – HRIVŇÁKOVÁ, K. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – NÁČINIÁKOVÁ-BEZÁKOVÁ, Z. – PÁLKA, B. – PAVLENDÁ, P. – SCHLOSSEROVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. – TÓTHOVÁ, G. 2009. *Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Výsledky ČMS-Pôda za obdobie 2002-2006 (3. cyklus)*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 200 s. ISBN 978-80-89128-54-9
- KUMADA, K. 1987. *Chemistry of soil organic matter*. Amsterdam: Elsevier, 1987, p. 17-30. ISBN 0-444-98936-6
- LINKEŠ, V. 1978. *Moderná klasifikácie pôd z hľadiska organizácie informácií o pôdach a ich interpretácie*. Vedecké práce VÚPaVR č. 9. Bratislava: Príroda, 1978, s. 39-51.

- MATHERS, M.J. – MAO, X.A. – XU, Z.H. – SAFFIGNA, P.G. – BERNERS-PRICE, S.J. – PERERA, M.C.S. 2000. *Recent advances in the application of ¹³C and ¹⁵N NMR spectroscopy to soil organic matter studies*. Aust. J. Soil Res., vol. 38, 2000, p. 769-787. ISSN 0004-9573.
- MAZÚR, E. A INÍ 1971. *Slovenský kras*. Geograf. práce 2. Bratislava: SPN, 1971, 154 s.
- NĚMEČEK, J. 1981. *Základní diagnostické znaky a klasifikace půd ČSR*. Studie ČSAV, č. 8, 1981, Praha: Akademie, 1981. 110 s.
- POLAŇSKI, A. – SMULIKOWSKI, K. 1978. *Geochémia jednotlivých chemických elementov*. Bratislava: Univerzita Komenského, 1978, s. 206-254.
- ROSSEL, R.A. – ANDRIULO, A.E. – SCHITZER, M. – CRESPO, M.B. – MIGLIERINA, A.M. 1989. *Acid properties of an Argiudoll soil under two tillage systems*. Sci. Tot. Envir. vol. 81/82, 1989, p. 391-400. ISSN 0048-9697.
- SAMUĚLIAN, A. – CONSIN, I. – TABBAGH, A. – BRUAND, A. – RICHARD, G. 2005. *Electrical resistivity survey in soil science: a review*. Soil & Tillage Research, vol. 83, 2005, p. 173-193. ISSN 0167-1987.
- SOTÁKOVÁ, S. 1982. *Organická hmota a úrodnost půdy*. Bratislava: Příroda, 1982. 234 s.
- WILCKE, W. – ZECH, W. – KOBZA, J. 1996. *PAH-pools in soils along a PAH-deposition gradient*. In: Environ. Pollution, vol. 92, 1996, no 3, p. 307-313, ISSN 0269-7491.
- ZAUJEC, A. – KOBZA, J. 2002. *The content and quality of soil organic matter in key monitoring sites observing by soil monitoring system of the Slovak republic*. Agriculture (Poľnohospodárstvo), vol. 48, 2002 no. 9, p. 492-499. ISSN 0551-3677.
-

KRAJINNOEKOLOGICKÉ POTENCIÁLY A LIMITY V RÁMCI TRVALO UDRŽATEĽNÉHO ROZVOJA VIDIEKA NA MODELOVOM ÚZEMÍ OBCE RADOŠINA

LANDSCAPE-ECOLOGICAL POTENTIALS AND LIMITS WITHIN SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT ON PILOT AREA OF RADOŠINA VILLAGE

Eva PEKÁROVÁ

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

Abstrakt

V príspevku sa hodnotila konkrétna krajinná štruktúra časti obce Radošina s prepojením na optimálnu štruktúru pestovateľského prostredia. Relevantné vlastnosti krajiny predovšetkým vo vzťahu k spôsobu využívania pôdy, resp. ich priestorová variabilita predstavovali základné východisko a širší rámec pre vymedzenie optimálnych a pre poľnohospodárstvo nevhodných aktivít. Výsledky hodnotenia jednotlivých parciel boli podkladom pre identifikáciu krajinných problémov, pričom boli vyšpecifikované krajinné regulátory a opatrenia pre manažment záujmového územia obce a jej okolitého prostredia. Výsledné návrhy optimálnych štruktúr predstavujú krajinnoeekologické potenciály a limity záujmového územia s cieľom využívania daného územia.

Kľúčové slová: krajinný potenciál, abiotický komplex, krajinnoeekologické plánovanie

Abstract

The paper is oriented to evaluation of concrete part of Radošina village with link to optimal structure of farming environment. Relevant landscape properties especially with regard to the way of agricultural soil use or their spatial variability represented the basic start-point and broader frame for definition of optimal and for agricultural use non-suitable activities.

Results of evaluation served as base for identification of landscape problems thereby landscape regulators and measures for selected village territory and surrounding environment were specified. Final proposals of optimal structures represent landscape-ecological potentials and limits with the aim of sustainable use of given territory.

Keywords: landscape potential, abiotic complex, landscapeecological planning

ÚVOD

V problematike študovania krajiny ako celku je čoraz častejšie preferované efektívne využívanie poľnohospodárskeho pôdneho fondu s prihliadnutím na trvalo udržateľný rozvoj a ochranu životného prostredia.

Únosnosť alebo potenciál krajiny je témou krajinnej ekológie a environmentálneho plánovania a je veľmi blízky pojmu zaťaženia krajiny. V praxi sa rozlišujú dva základné prístupy únosnosti krajiny. Biologický prístup, ktorého kritickým prahom sa definuje množstvo populácie a antropocentrický prístup z hľadiska záujmov človeka, t.j. koncepcia trvalej udržateľnosti (MARSH, GROSS, 2002).

Únosnosť krajiny sa vždy vzťahuje k nejakej ľudskej aktivite na určitom území, takže ju môžeme chápať tiež ako prijateľné množstvo zmien v krajine, t.j. únosné zaťaženie určitého územia. Z toho plynie, že vo vymedzenom väčšom, či menšom regióne môže byť taký počet únosnosti, aký je počet ľudských aktivít vo vybranom objekte. Únosnosť krajiny je teda pomocné kritérium v environmentálnom plánovaní, ktorého objektivita je daná výskumom určitého územia a legislatívnymi normami v zložkách životného prostredia (Zákon NR SR č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny).

Prah únosnosti krajiny, za ktorým sa prijateľné množstvo zmien v krajinnej štruktúre a v jej zložkách mení sa určuje pomocou všeobecných limitov:

- **abiotické limity** odvodené z vlastností prírodných podmienok územia, t.j. z geologického podkladu, reliéfu, povrchových a podzemných vôd, pôdy a klimatických podmienok
- **geodynamické limity** odvodené z procesov prebiehajúcich v krajine ako napr. zosun pôdy, erózia pôdy, záplavy
- **ekologické limity** odvodené z prírodnej významnosti zložiek ako sú napr. reliktné pôdy, rašeliniská, mokrade
- **ekozozologické limity** dané legislatívnou ochranou prírody, napr. chránené územia, ochrana prírodných zdrojov, pôdy s najvyšším bonitným ocenením
- **kultúrno-historické limity** dané legislatívnou ochranou pamiatkového fondu
- **Hygienické limity** určujúce prípustný obsah škodlivej látky v pôde, vode a v ovzduší
- **bezpečnostné limity** určujúce ochranné pásma rôznych antropických objektov napr. živočíšne farmy

Uvedené limity tvoria základné požiadavky kladené na optimálnu štruktúru vytvárajúce kvalitu poľnohospodárskej krajiny.

MATERIÁL A METÓDY

Príspevok sa zaoberá aplikáciou hodnotenia konkrétnej krajinnej štruktúry s prepojením na optimálnu väzbu pestovateľského prostredia, ako aj návrhmi na optimálny manažment prepojenia ornej pôdy s krajinným územím.

Východiskovým podkladom pre hodnotenie záujmového územia obce Radošina bola metodika krajinného plánovania LANDEP (Landscape ecological Planning), ktorého základným cieľom je návrh ekologicky optimálneho využitia krajiny, teda „kde a ako hospodáriť“. Snahou v príspevku je prezentovať konkrétny návrh najvhodnejšieho rozmiestnenia poľnohospodárskych činností v krajine, aby súčasne zohľadňovali požiadavky spoločnosti na čo najintenzívnejšie využitie poľnohospodárskej pôdy pri zohľadňovaní jej racionálneho využívania a ochrany životného prostredia. Metodika má pevne stanovený postup, no je to zároveň otvorený systém, konkrétna obsahová náplň závislá od charakteru daného územia.

Základné kroky metodiky LANDEP (HRNČIAROVÁ A INÍ, 2006) boli realizované v príspevku v nasledovnej postupnosti:

Prvým krokom metodiky bola **krajinnoeologická analýza** zameraná na analýzu abiotických podkladov, t.j. svahovitosti, geologického podložia, pôd a klimatických charakteristík záujmového územia na základe BPEJ (Džatko a iní 2009) a Pôdnej mapy Slovenska 1:400 000 (HRAŠKO A INÍ, 1993).

Druhým krokom bola **krajinnoeologická syntéza** predstavujúca tvorbu, charakterizovanie a klasifikáciu priestorových prvkov za predpokladu vytvorenia homogénnych priestorových areálov, ktoré sú nositeľmi približne rovnakých vlastností, teda rovnakého zaťaženia územia antropickou činnosťou, ako aj rovnakého využívania. Za použitia geografického infor-

Obr. 1 Vyčlenenie záujmového územia v časti obce Radošina



mačného systému VÚPOP boli priestorovo vyčlenené areály s rôznymi abiotickými vlastnosťami. Vlastnosti daného typu územia určujú únosnosť, a teda aj vhodnosť pre konkrétne využitie pôdneho fondu, tým sa stávajú základnými operačnými jednotkami rozhodovacieho procesu.

Tretím krokom metodiky bola **krajinnoekologická evalvácia** (hodnotenie), ktorá má významné postavenie v rámci metodiky LANDEP, pretože pomocou abiotických vlastností bola stanovená vhodnosť využívania krajiny na lokalizáciu vybraných poľnohospodárskych aktivít. Výsledkom čiastkových potenciálov bol výsledný potenciál pre každú z aktivít na záujmovom území, t.j. pre ornú pôdu, trvalo trávne porasty, vinohrady, sady a lesy. V našom príspevku ide zároveň o konfrontáciu požiadaviek jednotlivých aktivít na krajinnoekologické podmienky s reálnymi vlastnosťami krajiny pomocou limitov, ktoré vyplývajú jednak z legislatívnych predpisov a jednak z vlastností krajiny.

Štvrtým záverečným krokom boli **krajinnoekologické návrhy opatrení** na základe abiotických komplexov vyhodnotenia, ktorých podstatou bolo uskutočňovanie výberu funkčných a optimálnych aktivít a s využitím limitov zmierniť negatívny vplyv na životné prostredie.

Modelové územie

Záujmové územie v obci Radošina je lokalizované v produkčnej poľnohospodárskej oblasti severozápadnej časti Nitrianskej sprašovej pahorkatiny na rozhraní Považského Inovca v bočnom údolí potoka Radošina. Obec leží vo výške 282 m.n.m. Zemepisnú polohu charakterizujú súradnice 17°56'17,5'' východnej zemepisnej dĺžky a 48°32'44,2'' severnej zemepisnej dĺžky a jej katastrálne územie sa rozprestiera na rozlohe 3 438 ha. Svahovitost' predstavuje výrazný diferenciačný faktor prevládajúcich procesov, v krajinnoekologickom plánovaní predstavuje základnú charakteristiku využitia pôdneho fondu. V našom záujmovom území sa pohybuje svahovitost' od 1° do 8°. Podľa regionálneho geomorfologického členenia patrí záujmové územie celku Považský Inovec a do dvoch podcelkov Krahulčie vrchy a Novecké predhorie. Južnú pahorkatinovú časť tvoria mladotretohorné usadeniny pokryté sprašovými hlinami a sprašou, severnú vrchovinovú na juhovýchodných svahoch Považského Inovca tvoria druhohorné horniny. Sú porastené dubovohrabovými lesmi s teplomilnými dúbravami. Má hnedozemné, ilimerizované a hnedé lesné pôdy. Obec je zaradená do klmatickej oblasti teplá, suchá s mierou zimou, s priemernou ročnou teplotou 9°C. Dominantným faktorom sú pôdne pomery orných pôd, s pôdou hlinitou a prevládajúcim pôdnym typom je hnedozem. Vybrané priestorové údaje boli spracované v rámci činnosti VÚPOP. Spracovaním priestorového súčasného využitia krajiny došlo k vytvoreniu piatich základných jednotiek, a to: ornej pôdy, trvalo trávnych porastov, vinohradov, ovocného sadu a lesov, ktoré predstavujú priestorovú diferenciáciu rôznych potenciálov pre intenzívne poľnohospodárske a lesohospodárske využitie. Modelové územie bolo pre svoju rôznorodosť využitia a pre potreby hodnotenia ohraničené výraznými pohľadovými horizontmi, ktoré sú z časti začlenené do dubovohrabového lesa.

Obr. 2. Plošné zastúpenie krajinej pokrývky orná pôda, trvalé trávne porasty, vinohrady, ovocný sad, lesy



VÝSLEDKY A DISKUSIA

Výsledky vychádzajú z environmentálnych aspektov trvalo udržateľného rozvoja, kde jeden z hlavných cieľov je vytvorenie takej priestorovej štruktúry krajiny, v ktorej by boli vyvážené vzájomné vzťahy medzi prvkami krajiny, hlavne medzi poľnohospodárskymi aktivitami a ekologickými podmienkami územia.

Z pohľadu funkčného využívania územia boli pre jednotlivé aktivity stanovené v tabuľke 1 tri stupne potenciálu:

A: vysoký potenciál (dobré predpoklady pre rozvoj aktivity)

B: stredne vysoký potenciál (obmedzené, ale napriek tomu vyhovujúce predpoklady pre rozvoj aktivity)

C: nízky potenciál (veľmi nízke predpoklady pre rozvoj aktivity)

Tab. 1 Čiastkové potenciály jednotlivých zložiek abiokomplexov pre vybrané činnosti záujmového územia

Zložka abiokomplexu		Čiastkové potenciály				
Klimatický región		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
02	teplý, suchý, pahorkatinový	B	A	A	A	B
Pôdny subtyp		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
44	HMa	A	A	B	A	A
45	HMa, HMal	A	A	A	A	A
48	HMal	B	A	B	A	A
50	HMag, PGa	C	A	B	B	B
52	HMa, RMa	B	A	B	B	B
Svahovitosť		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
1	1°- 3°	A	B	C	B	A
2	3°- 7°	B	A	B	A	B
3	7°- 12	B	A	A	B	C
Skeletovitosť		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
0	Pôdy bez skeletu	A	A	A	A	A
1	Slabo skeletovité	B	A	B	B	B
2	Stredne skeletovité	C	B	B	B	B
Hĺbka pôdy		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
0	60 cm a viac	A	B	A	A	A
1	30 – 60 cm	A	A	B	B	B
2	do 30 cm	B	B	C	C	C
Zrornosť pôd		Orná pôda	TTP	lesy	vinohrady	sady
kód	kategória					
1	hlinitopiesočné	B	B	C	B	B
2	hlinité	A	A	A	A	A
5	piesočnatohlinité	A	A	B	B	B

Účelom hodnotenia bolo na základe vybraných zložiek vypracovať optimálny návrh štruktúry a využitia pôdneho fondu, ktorý by bol v čo najväčšom súlade s trvalo udržateľným rozvojom krajiny. Hodnotením v rámci metodiky LANDEP boli stanovené jednotlivé potenciály vybraných produkčných blokov vyplývajúce z ich abiotických vlastností, ktoré zároveň určujú aj vhodnosť využívania krajiny. Pre všetky abiotické komplexy záujmového územia boli na zá-

klade vlastností ich jednotlivých zložiek určené čiastkové potenciály pre každú z uvažovaných aktivít. Výsledkom syntézy týchto čiastkových potenciálov bol výsledný potenciál pre každú využívanú aktivitu, ktorá odpovedá rôznemu obmedzovaniu sledovaného využívania. Tabuľka 1 zároveň naznačuje zmeny využívania záujmového územia, ktoré môžeme definovať ako zmeny pôdneho fondu, priestorovej štruktúry, či členenia pozemkov na danom území.

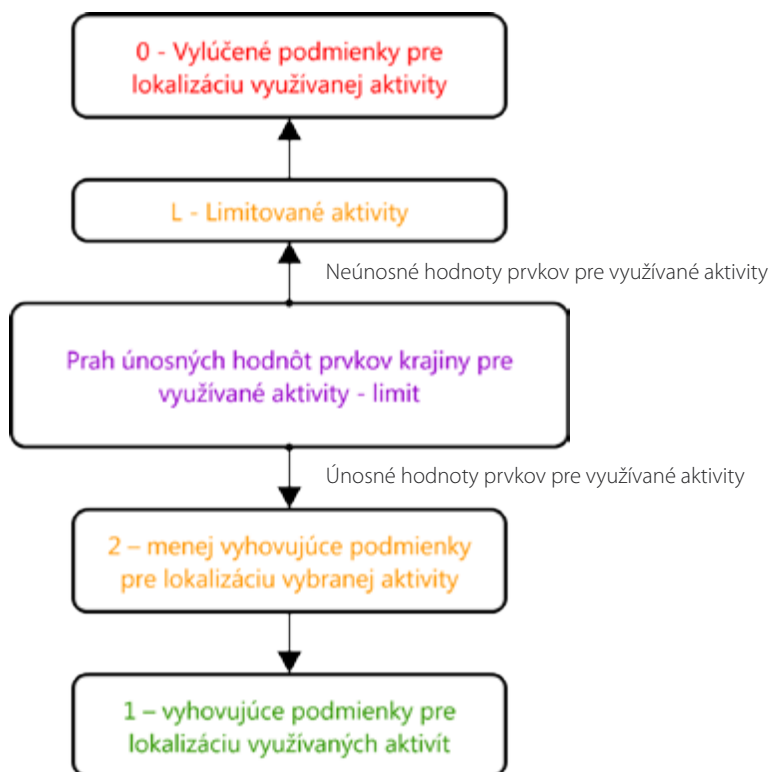
V ďalšom postupe sa porovnávala optimálna vhodnosť daného využívania so skutočne existujúcim využívaním a hľadal sa súlad, ktorý predstavuje vhodnosť využívania jednotlivých aktivít. Vhodnosť lokalizácie intenzívnej poľnohospodárskej činnosti je výsledkom hodnotenia obmedzení vyplývajúcich z typov abiotických faktorov. Metóda hodnotenia spočívala v tom, že ak vo všetkých abiotických ukazovateľoch boli vhodné podmienky, obmedzenie bolo označené ako veľmi nízke s vysokým potenciálom. Naopak, ak aspoň jeden ukazovateľ vykazoval najvyšší stupeň obmedzenia pre danú činnosť, obmedzenie sa javilo ako vysoké. Takto vyčlenené územie nám dáva rámcovú predstavu o možnom rozvoji hodnotených činností v nasledujúcej tabuľke 2.

Tab. 2 Potenciály a limity využitia pôdneho fondu záujmového územia:

Súčasný využitie PF	Potenciály a limity využitia PF	Stupeň vhodnosti využitia PF	Návrh
Orná pôda 8102/1, 8111/1	Vysoký potenciál Malý limit	1. stupeň	Ornú pôdu ponechať.
Orná pôda 8005/1, 7001/1	Stredný potenciál Stredný limit	2. stupeň	Znížiť podiel ornej pôdy, zvýšiť podiel TTP.
Orná pôda 9101/1	Nízky potenciál Veľký limit	3. stupeň	Vylúčiť využitie ornej pôdy, zvýšiť podiel TTP a drevinovej vegetácie.
Trvalo trávny porast 8003/1, 8004/1	Stredný potenciál Stredný limit	2. stupeň	Uvedenej aktivite vyhovuje.
Vinohrad 9004/1, 8109/1	Vysoký potenciál Malý limit	1. stupeň	Udržovať v systéme Integrovannej produkcie.
Ovocný sad 8106/1	Stredný potenciál Stredný limit	2. stupeň	Nakoľko je svahovitosť od 3°-7°, odporúča sa systém ekologického pestovania, ako hodnotného krajinného prvku.

Krajinnoekologické návrhy opatrení ako proces stanovenia vhodnosti krajiny na lokalizáciu požadovaných aktivít spočívali v konfrontácii požadovaných aktivít na krajinnoekologické podmienky s reálnymi vlastnosťami krajiny pomocou limitov. Do tohto posledného procesu vstupovali krajinnoekologické podklady spracované v analýzach a syntézach predchádzajúcich krokov. Záverečný krok je výsledkom kombinácie jednotlivých potenciálov určených na základe abiotických vlastností s ekologickou významnosťou územia, ktorá predstavuje určité obmedzenia súčasných aktivít a na druhej strane zase rozvoj nových pestovateľských aktivít.

Súčasťou výstupov je aj tvorba limitov, pomocou ktorých sa priraduje každej hodnote uvedeného prvku podľa vybraných kritérií stupeň vhodnosti využívania krajiny. Rozpätie stupňov únosnosti/vhodnosti znázorňuje schéma 1:



Základné krajinnokoekologické opatrenia spočívajú v zachovaní štruktúry a kompaktnosti pozemkov s pôvodnými antropogénnymi formami reliéfu, určenie dominancie produkčných blokov s vysokým produkčným potenciálom, v limitoch a obmedzeniach v rámci rozširovania intravilánu, zmien využitia pôdneho fondu a zoskúpenia krajinných prvkov.

K zvýšeniu stability poľnohospodárskej krajiny prispievajú aj ďalšie návrhy opatrení, ktoré zahŕňajú opatrenia realizované na najkvalitnejších pôdach, ohrozených eróznymi procesmi, kde je potrebné realizovať formy obhospodarovania, ktoré znižujú riziko odnosu najvrchnejšej humóznej časti pôdy. Pre zvýšenie stability je potrebné komplexne chrániť ornú pôdu používaním vhodných, protieróznych oševných postupov so správnym striedaním plodín s dôrazom na pestovanie trvalých a dočasných trávnych porastov a dŕatelinovín. Vybrané územie si vyžaduje zaviesť vrstevnicové obrábanie pôdy a na orných pôdach náchylných na eróziu vylúčiť pestovanie širokosiatyh plodín a uplatňovať viac výsadbu v pôvodných pôdorysovcích formách. Snažiť sa zaistiť ekologickú rovnováhu medzi pôdou a rastlinným krytom. Všetky poľnohospodárske aktivity v rámci katastra obce je nutné realizovať v súlade s ochranou prírody a prírodných zdrojov, k čomu pozitívne prispieva doterajší systém pestovania viníc v integrovanej produkcii, ale s uplatnením väčšej pestrosti druhového zloženia tráv s medziradoch a s využitím mulčovania. Snažiť sa zachovať v čo najväčšej možnej miere lesné porasty, ako významný ekostabilizačný prvok územia, realizovať šetrnejšie spôsoby hospodárenia a zakázať veľkoplošné výrubu lesných porastov, predovšetkým v častiach so zvýšeným nebezpečen-

stvom zosunov pŔody nad 6°. Na blokoch s vysokým limitom a nízkym potenciálom hlavne na vyššie položených zoskupeniach vytvoriť náučné turistické výhľady na významné krajinnosestetické segmenty územia. V nadväznosti s uvedenými opatreniami súvisí aj citlivejšie pristupovanie k umiestneniu výrazných technických a stavebných objektov.

V rámci biodiverzity optimalizovať druhové zloženie lesných porastov a dosádzať pôvodné dubové a hrabové dreviny, najmä na nevyužívaných plochách, ktoré sú vystavené erózii. Eliminovať zastúpenie nepôvodných druhov drevín a ich šírenie na ďalšie lokality a optimalizovať ekologické podmienky bylinnej etáže na hraniciach pozemkov. V rámci zachovania súčasnej biodiverzity územia vyberať plodiny rezistentných odrôd vhodných pre danú oblasť.

Na orných pôdach záujmového územia realizovať lokálny monitoring zameraný na podmienky hospodárenia v integrovanej produkcii viníc a zachovania domáceho produkčného potenciálu v rámci PRV SR 2007-2013. Zachovať existujúce líniové porasty, ktoré plnia ekostabilizačnú funkciu a vyriešiť čiastočnú disharmóniu blokov v kontexte s okolitou štruktúrou pozemkov. Snažiť sa o zachovanie chráneného územia vysadeného gaštanom jedlým a ovocným sadom, ako hodnotných krajinných prvkov. V neposlednom rade je potrebné doplniť a stabilizovať okolie poľných a príjazdových ciest výsadbou pásov ovocných drevín alebo výsadbou bylinnej vegetácie. Plochy ornej pŔody rozdeliť na menšie celky s využitím živých plotov a pásmi tradičnej vegetácie záujmového územia, čím sa zároveň zabráni introdukcii inváznych druhov, ktoré znižujú biodiverzitu územia.

V rámci ochrany životného prostredia a ekologickej regulácie zohľadňovať trvalo udržateľný rozvoj napr. uprednostňovaním biopesticídov, ktoré nie sú bioakumulatívne alebo toxické, minimalizovať materiálové a energetické vstupy s cieľom redukovat' negatívny dopad na záujmové územie.

ZÁVER

Radošina je jednou z mála lokalít Nitrianskeho kraja, kde sa vo veľkej miere komplexnosti prejavuje snaha zachovania typickej štruktúry poľnohospodárskych plôch v nadväznosti na tradičnú vidiecku krajinu. Výsledky príspevku nachádzajú uplatnenie v ďalších procesoch krajinnоекologického plánovania a môžu byť podkladom pre funkčnú optimalizáciu záujmového územia. Vyčlenené modelové územie po zapracovaní uvedených návrhov vytvára vizuálne a funkčne prepojený priestor s okolitou krajinou, ktorý v sebe zahŕňa výnimočné hodnoty kultúrnej a prírodnej krajiny.

Predpokladáme, že zachovanie a rozvoj krajinných štruktúr s prepojením ekologického prístupu intenzívneho pestovania ako prvkov determinujúcich kvalitu našej krajiny bude nachádzať aj v budúcnosti oporu v nástrojoch Programu rozvoja vidieka SR, resp. trvalo udržateľnom rozvoji.

LITERATÚRA

- DRDOŠ, J. 1999. *Geoekológia a environmentalistika. Časť I. Krajinná ekológia – geoekológia, krajina, životné prostredie*. Vysokoškolské učebné texty. Prešov: Prešovská univerzita, 1999. 152 s.
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2002. 88 s. ISBN 80-85361-94-9.
- DŽATKO, M. – SOBOČKA J. a iní 2009. *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek. Inovovaná príručka pre bonitáciu a hodnotenie poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava: VÚPOP, 2009. 102 s. ISBN 978-80-89128-55-6.
- HRAŠKO, J. – LINKEŠ, V. – ŠÁLY, R. – ŠURINA, B. 1993, *Pôdna mapa Slovenska 1:400 000*. Bratislava: VÚPOP, 1993. Dostupné na internete <<http://www.podnemapy.sk>>
- HRNČIAROVÁ T. – IZAKOVIČOVÁ, Z. – PAUDITŠOVÁ, E. – KRNÁČOVÁ, Z. – ŠTEFUNKOVÁ, D. – DOBROVODSKÁ, M. – KALIVODOVÁ, E. – MOYZEOVÁ, M. – ŠPULEROVÁ, J. – POPOVIČOVÁ-WATERS, J. 2000, *Krajinoekologické podmienky rozvoja Bratislavy*. Bratislava: VEDA, vydavateľstvo SAV, 2006. 316 s. ISBN 80-224-0910-3.
- IZAKOVIČOVÁ, Z. a iní 2000. *Metodické pokyny na vypracovanie projektov regionálnych ÚSES a miestnych ÚSES*. Bratislava: Združenie Krajina 21, MŽP SR, 2000. 111 s.
- KOZOVÁ, M. – BEDRNA, Z. 2003. *Krajinoekologické metódy v regionálnom environmentálnom hodnotení*. Bratislava: Univerzita Komenského, 2003. 192 s. ISBN 80-88982-6-3.
- MARSH, W.M. – GROSSA, J.M.Jr. 2002. *Environmental Geography: Science, Land Use, and Earth Systems*, New York: John Wiley, 2002. 464 p. ISBN 978-04-71232-90-2
- TREMBOŠ, P. 1994. *Identifikácia, charakteristika abiokomplexov pre regionálne územné systémy ekologickej stability*. Acta Fac. Rer. Nat. Univ. Com. Geographica, Nr. 35. Bratislava: Univerzita Komenského, 1994, s. 157-171.
- ÚKSUP Velké Ripňany. *Odbor ovocinárstva a integrovanej produkcie*. Dostupné na internete: <http://www.uksup.sk/index.php?n=cinnost_ovocinarstvo>
- Zákon NR SR č. 543/2002 Z.z. o ochrane prírody a krajiny.

AKTUÁLNY STAV OBJEMOVEJ HMOTNOSTI PÔD NA ZÁKLADE ÚDAJOV MONITORINGU PÔD SR

ACTUAL STATE OF SOIL BULK DENSITY ON THE BASIS OF SOIL MONITORING DATA OF SLOVAKIA

Miloš ŠIRÁŇ

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

Abstrakt

Problém mapovania kompaktie nie je jednoduchý a borí sa predovšetkým s nedostatkom potrebných údajov. Medzi jej hlavné indikátory patrí objemová hmotnosť pôdy, ktorej hodnoty v databázach často chýbajú, alebo sú v nedostatočnom počte a dopĺňajú sa na základe rôznych modelov. V príspevku bol zhodnotený a porovnaný aktuálny stav objemovej hmotnosti pôd SR v rámci ornice a podornice na základe údajov tretieho odberového cyklu monitoringu pôd (rok 2002).

Kľúčové slová: objemová hmotnosť pôdy v pôdnom profile, mapovanie, monitoring kompaktie pôd

Abstract

Problem of soil compaction mapping is not simple for deficit of needed data. Main indicator of soil compaction is soil bulk density, but these values are often missing in databases or in insufficient number and they could be filled with help of different mathematical models. In this paper the actual soil bulk density state of topsoil and subsoil in Slovakia on the base of 3th cycle of soil monitoring system data (2002 year) was evaluated and compared.

Keywords: soil bulk density of soil profile, mapping, monitoring of soil compaction

ÚVOD

Objemová hmotnosť pôdy je aj ostáva hlavným indikátorom jedného z významných degradačných procesov - kompaktie pôd, ktorý ovplyvňuje nielen produkčnú funkciu pôdy, ale aj mimoproduktívne ako aj iné degradačné procesy pôdy a krajiny (erózia pôdy a krajiny – Van-CAMP A INÍ, 2004; KOBZA A INÍ, 2005, ECKELMANN A INÍ, 2006). Jej hodnota je výsledkom pôsobenia viacerých faktorov, no v princípe ich možno zatriediť do dvoch kategórií, ktorými sú miera odolnosti pôdy voči utláčaniu závislá od stavu jednotlivých pôdnych vlastností (vlhkosť pôdy, hlavne v čase vstupu mechanizmov na pôdu, textúra, obsah pôdnej organickej hmoty, obsah Ca...), pričom v prípade jej poklesu stúpa riziko primárnej kompaktie a miera záťaž na pôdu

prostredníctvom mechanizačných a dopravných prostriedkov (intenzita tlaku na pôdu ako aj rozsah prejazdenej plochy závislé od pestovateľských technológií rastlín), ktorá je pôvodcom sekundárnej kompaktie. V bežnej praxi dochádza obyčajne ku kumulácii oboch zmienených druhov kompaktie. Na orných pôdach je účelné sledovať utlačenie v rámci kyprenej ornice ako aj podornice, ktorá je mimo bežných agrotechnických zásahov a teda pochopiteľne úprava jej prípadného nepriaznivého fyzikálneho stavu je nielen u nás, ale i všade vo svete ťažko riešiteľným problémom (HAKANSSON, 1994; JONES A INÍ, 2003), keďže ide o energeticky i finančne náročné operácie navyše. V tomto príspevku sme sa snažili zhodnotiť údaje objemovej hmotnosti ako priameho indikátora kompaktie pôdy získaných v rámci posledného hodnoteného odberového cyklu monitoringu pôd SR a ukázať na jej rozdiely medzi ornice a podornice.

MATERIÁL A METÓDY

Monitorovanie objemovej hmotnosti pôdy (OH) v základnej monitorovacej sieti SR je realizované v 5-ročných cykloch len na orných pôdach (OP) v rámci ornice (0–0,1 m) i podornice (0,3–0,4 m). Celkový počet monitorovacích lokalít základnej siete na orných pôdach je 214, pričom pri ornici je tento počet nižší o lokality, kde sa vzorky nestihnú odobrať do vykonania podmietky príp. orby. Lokality sú rozdelené na základe pôdneho typu, subtypu, materskej horniny do 24 pôdnych skupín, pričom v týchto sme zohľadnili aj vplyv textúry (podskupiny – max. 5), keďže ovplyvňuje hodnoty objemovej hmotnosti pôdy a je potrebná aj pri hodnotení kompaktie pôd (Zákon 220/2004 Z.z.). Podľa priemerných hodnôt OH v skupinách resp. podskupinách boli pôdy zatriedené do 9 kategórií, ktorých hranice sú vytvorené prevažne na základe hodnôt limitov obsiahnutých v zmienenom zákone (legenda k Obr. 1 a 2).

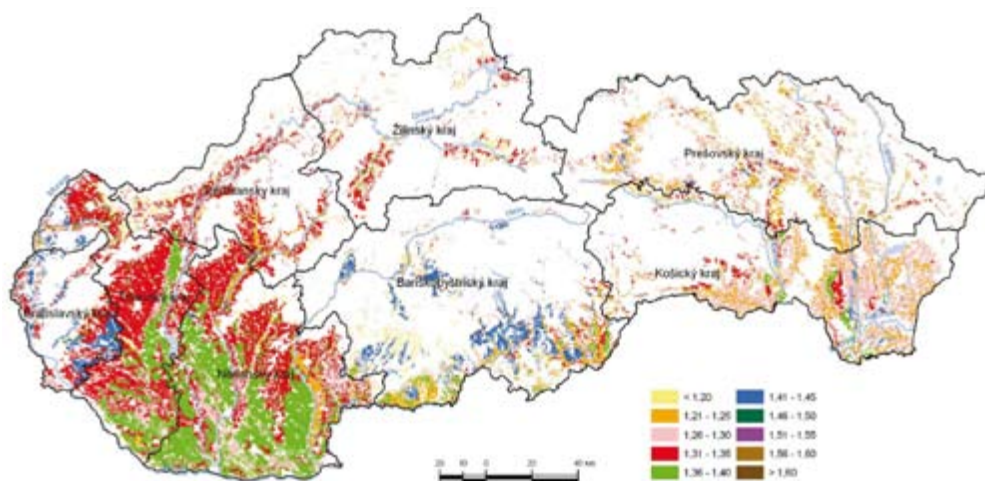
Objemová hmotnosť redukovaná sa stanovuje zväžením vysušenej (pri 105 °C do konštantnej hmotnosti) neporušenej pôdnej vzorky o objeme 100 cm³ odobratej v Kopeckého valčekoch. Podrobný postup stanovenia je uvedený v Záväzných metódach rozborov pôd (FIALA A INÍ, 1999).

Pri tvorbe mapových výstupov objemovej hmotnosti pôdy v oboch hĺbkach pre pôdy Slovenska sme vychádzali z digitálnej údajovej vrstvy orných pôd pre mapu Slovenska 1 : 400 000, ktorá reprezentuje plošné zastúpenie jednotlivých pôdnych asociácií (na základe pôdnych typov a subtypov) v rámci SR. Pre rozčlenenie orných pôd SR podľa pôdnych druhov bola využitá mapa bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ). Na základe údajov LPIS (Identifikačný systém produkčných blokov na poľnohospodárskej pôde) z augusta 2006 bolo územie poľnohospodárskych pôd na Slovensku rozdelené na orné pôdy a trvalé trávne porasty. Aby sa zachovalo aj určité regionálne rozdelenie, objemová hmotnosť bola hodnotená aj podľa krajov. Hranice krajov SR boli prevzaté zo spojitaj vektorovej mapy 1 : 50 000 Geografického a kartografického ústavu a Arc GEO s.r.o. z roku 2002. Pre prácu so vstupnými georeferencovanými digitálnymi údajmi a implementáciu výslednej digitálnej údajovej vrstvy bol využitý programový balík ArcGIS®. Podrobný popis postupu tvorby týchto mapových výstupov je uvedený v predchádzajúcich prácach (BARANČIKOVÁ A INÍ, 2008; ŠIRÁŇ, MAKOVNÍKOVÁ, PÁLKA, 2008).

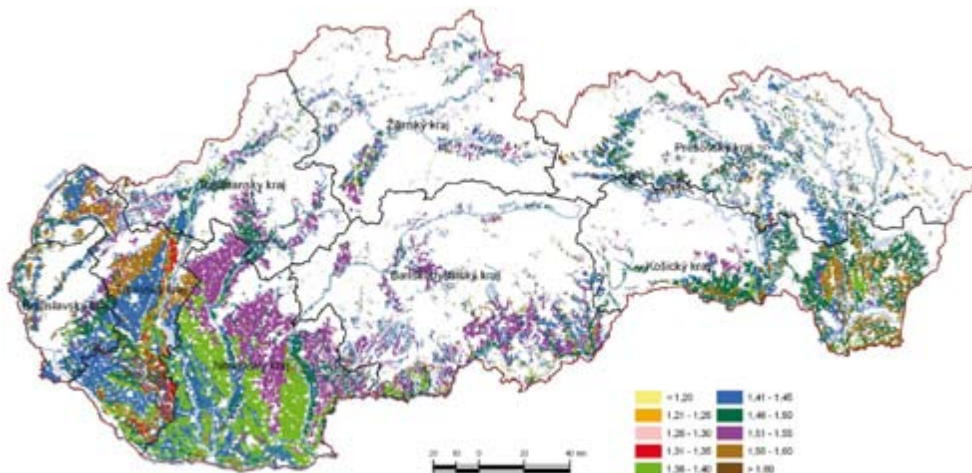
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Na Slovensku bolo viacero pokusov o vytvorenie mapy kompaktie pôdy, ktoré sa opierali o odhady vychádzajúce s praktických poznatkov získaných v praxi pri meraní OH, príp. penetrometrického odporu pôdy. Viaceré využívali ako podklad mapy BPEJ, resp. predovšetkým údaje o zrnitosti pôdy a v niektorých prípadoch aj údaje o vyhranených (vzhľadom na kompakciu) pôdnych typoch (ZRUBEC, 1998; HOUSKOVÁ, 2002). V týchto publikáciách sa však nehovorí o tom, či sa daný stav vzťahuje len k ornici alebo sa tu uvažuje i o podornici, do ktorej človek len málo zasahuje. V tomto príspevku sa pri tvorbe máp vychádzalo z experimentálne nameraných údajov OH pôdy v rámci monitoringu pôd SR, pričom tieto výstupy budú slúžiť k odhadu rizika kompaktie na jednotlivých pôdach. Boli vytvorené mapy stavu OH v rámci ornice (hĺbka 0–10 cm – Obr. 1) ako i podornice (hĺbka 30–40 cm – Obr. 2) z údajov posledného monitorovacieho cyklu (rok 2002).

Obr. 1 Mapa stavu objemovej hmotnosti pôd SR podľa údajov 3. odberového cyklu (rok 2002) monitoringu pôd – ornica



Obr. 2 Mapa stavu objemovej hmotnosti pôd SR podľa údajov 3. odberového cyklu (rok 2002) monitoringu pôd - podornica



Tab.1 Plošné zastúpenie pôd (% z výmery orných pôd SR) v rámci ornice a podornice v 3. odberovom cykle monitoringu pôd SR

Kategórie objemovej hmotnosti	ornica	podornica
<1,20	5,4	0,1
1,20-1,25	12,0	-
1,25-1,30	22,9	-
1,31-1,35	33,6	2,1
1,35-1,40	19,6	15,6
1,40-1,45	6,5	25,8
1,45-1,50	-	23,1
1,51-1,55	-	20,7
1,55-1,60	-	8,8
>1,60	-	3,8

Konkrétnejšie údaje pre porovnanie stavu OH jednotlivých častí pôdneho profilu sú v tabulke 1. Je tu uvedené plošné zastúpenie pôd v jednotlivých kategóriách OH pôdy. Hodnoty OH v rámci ornice sú v porovnaní s podornicou podstatne priaznivejšie, keď pod najnižší zákonom stanovený limit 1,35 g.cm³ (pre íly) spadá v ornici 73,9 %, kým v podornici len 2,2 % plochy orných pôd. V rámci ornice mohlo dôjsť k skresleniu (zníženiu) hodnôt OH v dôsledku malej hĺbky odberu (držíme sa metodiky spracovanej v roku 1993 kvôli porovnateľnosti hodnôt medzi odbermi, vrstva 10–20 cm, navrhovaná aj podľa ZRUBCA (1999), pravdepodobne nepodlieha tak poveternostným a iným vplyvom) a aj v prípade, ak boli vzorky odoberané v pôde, ktorá nedosiahla z fyzikálneho hľadiska určitý rovnovážny stav (tzv. rovnovážnu objemovú hmotnosť). Je to stav, keď pôda po jarnom rozmŕzaní a spracovaní postupne prirodzene uľahne až dosiahne stav, ktorý sa v ďalšom priebehu roka prirodzenými vplyvmi mení len málo a kolíše okolo

rovnovážnej hodnoty (FULAJTÁR, 2006). Táto hodnota, resp. i čas, za ktorý sa dosiahne v priebehu roka závisí predovšetkým od priebehu počasia (urýchlenie prirodzeného uľahýnania za vlhka), od spôsobu a intenzity obhospodarovania (dodržanie optimálnych podmienok pri spracovaní pôdy, konvenčné alebo minimálne spracovanie pôdy, priama sejba), od druhu pestovanej plodiny (sejba ozimín na jeseň, jarných plodín v apríli, okopanín v máji). V našich podmienkach sa tento rovnovážny stav spravidla dosahuje pri oziminách v apríli až máji, pri jarných plodinách v druhej polovici júna a okopaninách v júli. V prípade moitoringu SR zo zmienovaných dôvodov nie je jednoduché zosúladiť ekonomickú, kvantitatívnu, priestorovú (celé územie SR) i kvalitatívnu (podmienujú optimálnym termínom odberu) stránku odberov.

Čo sa týka zastúpenia pôdnych typov a druhov v potenciálne rizikových kategóriách ($> 1,35 \text{ g.cm}^3$ – Tab. 2) sa v prípade ornice svojimi priemernými hodnotami približujú k limitu zhutnenia len stredne ťažké černoze v bratislavskom a trnavskom kraji. V kategóriách s vyššou OH podornice sú plošne najviac zastúpené pôdne typy s vysokou hladinou podzemnej vody – fluvizeme a čiernice, ďalej pôdne typy so stagnujúcou zrážkovou vodou v pôdnom profile – pseudogleje a luzizeme, prípadne i intenzívnejšie využívané hnedozeme nižších polôh.

Tab.2 Zastúpenie pôdnych typov a druhov v rámci potenciálne rizikových kategórii ($> 1,35 \text{ g.cm}^3$) v rámci ornice a podornice v 3. odberovom cykle monitoringu pôd SR

Kategórie OH	ornica	podornica
1,35-1,40	ľahké: RM ^c , RA stredne ťažké: ČM, ČA ^c , HM, PG ťažké: ČM, ČA ^c , HM	stredne ťažké: ČM, HM, ČA ^c , PG ťažké: ČA ^c
1,40-1,45	ľahké: PG, HM, KM, RM stredne ťažké: ČA, RA	ľahké: ČM, ČA stredne ťažké: ČM, KM, RA, RM ^c ťažké: FM ^c , ČA, RM ^c , PG, LM
1,45-1,50	stredne ťažké: ČM	stredne ťažké: FM, ČA, HM, PG ťažké: FM, PG
1,50-1,55	-	stredne ťažké: HM, PG, LM ťažké: HM, PG, LM
1,55-1,60	-	stredne ťažké: FM, HM, KM ťažké: FM, ČM
>1,60	-	ľahké: FM, RM ^c , KM

Pri odhade plôch pôd s určitým stupňom rizika pedokompakcie budú zohľadnené informácie o zrnitostnom zložení pôd, ako aj všetky experimentálne získané hodnoty objemovej hmotnosti, nielen jej priemerné hodnoty, čím sa významne zníži plocha zhutnených pôd i v kategóriách s vyššou objemovou hmotnosťou.

ZÁVER

V príspevku bol zhodnotený a porovnaný stav objemovej hmotnosti pôd SR v rámci ornice a podornice posledného odberového cyklu monitoringu pôd SR na základe vytvorených mapových výstupov. Tieto ukazujú na horší fyzikálny stav podornice pôd SR. Pri odhade rizika kompaktácie jednotlivých pôd bude potrebné zohľadniť textúru pôdy, ako aj celý rozsah experimentálne získaných údajov, nielen priemerné hodnoty.

Literatúra

- BARANČIKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. 2008. *Prístup k tvorbe mapy obsahu organického uhlíka na poľnohospodárskych pôdach Slovenska*. In: Sobocká, J. Kulhavý, J. (eds.) Pôda v modernej informačnej spoločnosti. Zborník príspevkov. Bratislava: VÚPOP, 2008, s. 345–351. ISBN 978–80–89128–44–0.
- ECKELMANN, W. – BARITZ, R. – BIALOUSZ, S. – BIELEK, P. – CARRÉ, F. – HOUŠKOVÁ, B. – JONES, R.J.A. – KIBBLEWHITE, M. – KOZAK, J. – LE BAS, C. – TÓTH, G. – TÓTH, T. – VÁRALLYAY, G. – HALLA, M. Y. – ZUPAN, M. 2006. *Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats*: European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, 2006. 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- FIALA, K. A INÍ 1999. *Zdávážné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – pôda*. Bratislava: VÚPOP, 1999. 142 s. ISBN 80–85361–55–8.
- FULAJTÁR, E. 2006. *Fyzikálne vlastnosti pôdy*. Bratislava: VÚPOP, 2006. 142 s. ISBN 80–89128–20–3
- HAKANSSON, I. 1994. *Subsoil compaction caused by heavy vehicles – A long-term threat to soil productivity*. Soil Till. Res. vol. 29, 1994, no.1, p. 105–110. ISSN 0167–1987.
- HOUŠKOVÁ, B. 2002. *Vývoj fyzikálnych vlastností poľnohospodárskych pôd*. In: Kobza, J. a iní Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997–2001 (2. cyklus). Bratislava: VÚPOP, 2002, s. 131–141. ISBN 80–89128–04–1.
- JONES, R. J. A. – SPOOR, G. – THOMASSON, A. J. 2003. *Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: A preliminary analysis*. Soil Till. Res. vol. 73, 2003, no. 1, p. 131–143. ISSN 0167–1987.
- KOBZA, J. – BARANČIKOVÁ, G. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – STYK, J. – ŠIRÁŇ, M. – VOJTÁŠ, J. 2005. *Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR*. Bratislava: VÚPOP, 2005. 24 s. ISBN 80–89128–21–1.
- ŠIRÁŇ, M. – MAKOVNÍKOVÁ, J. – PÁLKA, B. 2008. *Prístup k tvorbe mapy objemovej hmotnosti na orných pôdach Slovenska*. In: Sobocká, J. – Kulhavý, J. (eds.) Pôda v modernej informačnej spoločnosti. Zborník príspevkov. Bratislava: VÚPOP, 2008, s. 713–716. ISBN 978–80–89128–44–0.
- VAN-CAMP, L. – BUJARRABAL, B. – GENTILE, A-R. – JONES, R.J.A. – MONTANARELLA, L. – OLAZABAL, C. – SELVARADJOU, S-K. 2004. *Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection*. EUR 21319 EN/5, Luxembourg: EC, 2004. 872 p.
- Zákon č. 220/2004 Zb. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov.
- ZRUBEC, F. 1998. *Metodika zúrodnenia zhutnených pôd*. Bratislava: VÚPOP, 1998. 40 s. ISBN 80–85361–39–6

IDENTIFIKÁCIA SUCHA NA SLOVENSKU S POUŽITÍM KLIMATICKÝCH KRITÉRIÍ

DROUGHT IDENTIFICATION IN SLOVAKIA USING THE CLIMATE CRITERIA

Jozef TAKÁČ, Martina NOVÁKOVÁ, Rastislav SKALSKÝ, Jaroslava SOBOCKÁ

*Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: j.takac@vupop.sk*

Abstrakt

Pre vyčlenenie znevýhodnených poľnohospodárskych území v dôsledku sucha bolo použité integrované pôdno-klimatické kritérium založené na hodnotení dlhodobej vodnej bilancie v pôde. Podľa tohto kritéria bolo identifikovaných len niekoľko lokalít na Podunajskej nížine s miernym obmedzením poľnohospodárskej produkcie. Pre porovnanie boli vypočítané aj ďalšie agroklimatické ukazovatele. Podľa indexu aridity patrí južná a centrálna časť Podunajskej nížiny do suchej subhumídnej oblasti. Podľa priemernej ročnej relatívnej evapotranspirácie možno považovať Podunajskú nížinu ako mierne suchú. Ostatné regióny nespĺňajú podmienky pre označenie ako suché podľa žiadneho indikátora.

Kľúčové slová: sucho, vodná bilancia, zrážky, evapotranspirácia

Abstract

Integrated soil and climate criterion based on the soil water balance was used to identify less favoured areas for agriculture. Only several small areas in the Danubian Lowland were identified as slightly limited according to this criterion. Other agroclimatic indicators were calculated for comparison. South and central part of the Danubian Lowland was classified as dry subhumid according the UNEP aridity index. According to the mean annual relative evapotranspiration the Danubian Lowland could be considered as mild dry. Other regions do not qualify by any drought indicator.

Keywords: drought, water balance, precipitation, evapotranspiration

ÚVOD

Rast a vývin rastlín je v našich podmienkach vo veľkej miere determinovaný vodným režimom. Vodný režim pôdy je v nížinných oblastiach závislý hlavne na dotáciách atmosférickými zrážkami. Vzhľadom na prirodzenú vlastnosť klímy – jej územnú a časovú premenlivosť, na jednej strane sa stretávame s obdobiami s intenzívnymi zrážkami, na druhej strane s obdobiami sucha. Častý výskyt nadmerných zrážkových úhrnov alebo sucha môže byť limitujúcim faktorom poľnohospodárskej výroby.

Pomoc farmárom na znevýhodnených poľnohospodárskych územi (LFA) je dlhodobou súčasťou spoločnej poľnohospodárskej politiky EÚ (CAP). Jedným z kritérií na vyčlenenie znevýhodnených poľnohospodárskych území je aj integrované pôdno-klimatické kritérium založené na hodnotení dlhodobej vodnej bilancie v pôde. Toto kritérium dáva informáciu o „priemerných podmienkach“ rastlinnej výroby, ale neposkytuje informáciu o časovej variabilite klimatických podmienok a extrémnych klimatických javoch, ktoré negatívne ovplyvňujú produkciu.

Takýmto z hľadiska dôsledkov na poľnohospodársku produkciu opakujúcim sa prejavom klímy je aj sucho. Nadmerné veľkoplošné zrážkové úhrny sa vyskytujú na našom území zriedkavejšie. Obdobie sucha je zvyčajne inicializované poklesom zrážkových úhrnov, ktorý má za následok nedostatok vody pre pokrytie vlahovej potreby plodín. Čas potrebný na vytvorenie deficitu vody v pôde je rozdielny a závisí od viacerých faktorov prostredia.

Jednotné kritériá na vyjadrenie sucha neexistujú. Príčinou sú rôzne aspekty tohto problému (meteorologický, hydrologický, agronomický). Pre potreby identifikácie a hodnotenia sucha bolo vypracovaných aj veľké množstvo jednoduchých indikátorov nazývaných agroklimatické indexy alebo indexy sucha. Podľa rôznych kritérií sa rozlišujú rôzne stupne sucha a existujú rôzne rajonizácie aj v rámci Slovenska.

Indexy sucha dávajú aktuálne sucho do historického kontextu. Sucho sa často vyjadruje vo vzťahu k dlhodobým zrážkovým priemerom alebo ako negatívna vodná bilancia medzi zrážkami a evapotranspiráciou. Najjednoduchším a najčastejšie používaným indikátorom sucha je percento normálu zrážkových úhrnov.

Všeobecným nedostatkom agroklimatických indexov hodnotiacich deficit vody alebo sucha je, že neodrážajú citlivosť plodiny na nedostatok vody a nekvantifikujú skutočný deficit vody. Problematický je aj časový krok použitý na výpočet agroklimatických indexov. Agroklimatické indexy, ktoré využívajú len ročné alebo mesačné údaje, neumožňujú stanoviť začiatok a trvanie sucha dostatočne presne. Na druhej strane, aj keď agroklimatické indexy nepopisujú podrobne dané prostredie, môžu naznačiť jeho vlastnosti. Zvyčajne sú to jednoduché čísla, ktoré môžu byť pri rozhodovacích procesoch užitočnejšie ako súbor meteorologických údajov.

Používanie agroklimatických indexov je najviac rozšírené v semiaridných a aridných oblastiach (UNEP, 1997), ale uplatňujú sa aj v Európe (EITZINGER A INÍ, 2008) vrátane Slovenska (TAKÁČ, 2001; MAJERČÁK, 2005).

Cieľom príspevku je prezentovať metodické postupy a výsledky analýzy znevýhodnených poľnohospodárskych území a porovnať tieto výsledky s alternatívnymi riešeniami používanými v zahraničí aj u nás.

MATERIÁL A METÓDY

Pôdno-klimatické kritérium na určenie znevýhodnených území

Záväzným kritériom pre hodnotenie bilancie vody v pôde na určenie poľnohospodársky znevýhodnených oblastí bol počet dní vo vegetačnom období, keď voda nie je limitujúcim faktorom. Voda nebola limitujúcim faktorom, ak pomer dennej aktuálnej a potenciálnej evapo-

transpirácie presiahol hodnotu 0.5. Počet dní bez nedostatku vody < 60 charakterizoval veľmi silné obmedzenie, 60 – 74 dní silné obmedzenie, 75 – 90 dní stredné obmedzenie a 90 – 120 dní mierne obmedzenie poľnohospodárskej produkcie.

Výber reprezentatívnych meteorologických staníc

Pre výpočet boli použité časové rady denných údajov priemernej, maximálnej a minimálnej teploty vzduchu, priemernej relatívnej vlhkosti vzduchu, priemernej rýchlosti vetra, dĺžky trvania slnečného svitu a úhrnu atmosférických zrážok z obdobia 1961 – 2008 zo 41 meteorologických staníc situovaných v nížinných a kotlinových oblastiach. Požadované meteorologické údaje poskytol Slovenský hydrometeorologický ústav (SHMÚ).

Výpočty na určenie znevýhodnených oblastí boli vykonané pre 30-ročné klimatické rady 1979 – 2008. Doplnujúce výpočty agroklimatických indexov boli urobené pre normálové obdobie 1961 – 1990, prípadne pre celé obdobie 1961 – 2008.

Výber reprezentatívnych pôdných profilov

Údaje o retenčných vlastnostiach pôdy (obsah vody v pôde pri bode vädnutia a poľnej vodnej kapacite) a hĺbke pôdy boli prevzaté z národného systému pre predpoveď úrod SK-CGMS (NOVÁKOVÁ A INÍ, 2010). Údaje o pôde sú reprezentované pomocou hraníc bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek (BPEJ, LINKEŠ A INÍ, 1996). Retenčné vlastnosti pôdy a hĺbka sú priradené priestorovým jednotkám, ktoré v priestore vyjadrujú kód zrnitosti a hĺbky pôdy podľa BPEJ a príslušnosť daného areálu do pôdno-ekologického regiónu (DŽATKO, 2002). Odhad retenčných vlastností pôdy bol robený na báze údajov o pôdných profiloch (LINKEŠ A INÍ, 1988), BPEJ a pôdno-ekologických regiónov s použitím pedotransférových funkcií postupom, ktorý je podrobne popísaný v práci NOVÁKOVÁ A SKALSKÝ (2006). Na rozdiel od uvedeného postupu, boli namiesto priemerných údajov o zrnitosti koreňovej zóny použité pre celú koreňovú zónu iba údaje o obsahu piesku, prachu a ílu z povrchového pôdneho horizontu.

Určenie začiatku, trvania a ukončenia vegetačného obdobia

Vegetačné obdobie bolo definované obdobím trvania priemerných denných teplôt $\geq 5^\circ\text{C}$. Pri stanovení nástupu a ukončenia charakteristických teplôt sa vychádzalo z predpokladu, že ročný chod teploty z dlhodobého hľadiska predstavuje zhruba lineárnu funkčnú závislosť vzostupu a poklesu teplôt s časom. Interpoláciou je možné nájsť priemerný dátum zodpovedajúci nástupu či ukončenia určitej teploty.

Rozdiel r_v v dňoch medzi stredom mesiaca s priemernou mesačnou teplotou t_2 a dátumom nástupu teploty t_n a rozdiel r_p v dňoch medzi stredom mesiaca s priemernou mesačnou teplotou t_1 a dátumom ukončenia teploty t_u bol vypočítaný podľa nasledujúcich vzorcov (Nosek, 1972):

$$r_v = R \frac{t_n - t_2}{t_1 - t_2} \quad \text{a} \quad r_p = R \frac{t_1 - t_n}{t_1 - t_2} \quad (1)$$

kde

R je rozdiel v počte dní medzi stredmi mesiacov s priemernou teplotou t_2 a priemernou teplotou t_1 .

Výpočet evapotranspirácie

Pôdno-klimatické kritérium na určenie znevýhodnených oblastí si vyžaduje výpočet potenciálnej a aktuálnej evapotranspirácie. Na výpočet potenciálnej evapotranspirácie ET_0 bola použitá Penman-Monteithova rovnica v modifikácii podľa FAO (ALLEN A INI, 1998), ktorú v roku 1990 skupina expertov Organizácie pre výživu a poľnohospodárstvo (FAO), Medzinárodnej komisie pre zavlažovanie a odvodnenie (ICID) a Svetovej meteorologickej organizácie (WMO) odporúčala prijať ako nový štandard na výpočet ET_0 [mm]:

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (2)$$

kde

R_n je bilancia žiarenia na povrchu porastu [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$], G je hustota toku tepla z pôdy [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$], T je priemerná denná teplota vzduchu v 2 m [$^{\circ}\text{C}$], u_2 je rýchlosť vetra v 2 m [m s^{-1}], e_s je tlak nasýtených pár [kPa], e_a je aktuálny tlak pár [kPa], $e_s - e_a$ je sytostný doplnok, Δ je smernica krivky závislosti medzi tlakom nasýtených pár a teplotou vzduchu [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$] a γ je psychrometrická konštanta [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$].

Keďže globálne žiarenie sa meria len na niekoľkých klimatických staniách, globálne žiarenie R_s [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$] bolo vypočítané z trvania slnečného svitu n [hod] a maximálneho možného trvania slnečného svitu N [hod]

$$R_s = \left(0,25 + 0,50 \frac{n}{N} \right) R_a \quad (3)$$

kde

R_a [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$] je intenzita globálneho žiarenia na hornej hranici atmosféry vypočítaná podľa vzorca

$$R_a = \frac{1440}{\pi} G_{sc} d_r \left[\omega_s \sin(\varphi) \sin(\delta) + \cos(\varphi) \cos(\delta) \sin(\omega_s) \right] \quad (4)$$

kde

φ je zemepisná šírka [rad], δ je slnečná deklinácia, ω_s je hodinový uhol, d_r je relatívna vzdialenosť Zeme od Slnka a G_{sc} [$\text{MJ m}^{-2} \text{min}^{-1}$] je solárna konštanta.

V závislosti od toho, či obsah vody v pôde je alebo nie je limitujúcim faktorom, sa rozoznáva aktuálna a potenciálna evapotranspirácia. Aktuálnou evapotranspiráciou ET sa rozumie evapotranspirácia porastu konkrétnej plodiny za aktuálneho stavu porastu a vlhkosti pôdy. Aktuálna evapotranspirácia ET sa rovná ET_0 ak je pôda dostatočne nasýtená vodou. Pri vlhkosti pôdy W menšej ako jej kritická hranica W_0 sa evapotranspirácia znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy

$$ET = ET_0 \frac{W}{W_0} \quad (5)$$

Aktuálna vlhkosť pôdy bola počítaná zo základnej rovnice vodnej bilancie

$$W_1 + Z + K_p + q_1 + q_2 = ET + O_1 + O_2 + W_2 \quad (6)$$

kde

W_1 je zásoba vody v pôde na začiatku sledovaného obdobia [mm], Z je zrážkový úhrn za sledované obdobie [mm], K_p je prírastok vody v pôde z podzemnej vody a podložia [mm], q_1 je povrchový prítok [mm], q_2 je podpovrchový prítok, ET je evapotranspirácia [mm], O_1 je povrchový odtok [mm], O_2 je podpovrchový odtok [mm] a W_2 je zásoba vody v pôde na konci sledovaného obdobia (KUTÍLEK, 1978). Pri aplikácii rovnice vodnej bilancie sa predpokladalo, že odtokové a prítokové zložky vodnej bilancie (O_1 , O_2 , q_1 a q_2) sú zanedbateľné.

Agroklimatické indexy

U nás sa na charakterizovanie suchých období najčastejšie využíva percento normálu zrážkových úhrnov, klimatická vodná bilancia, relatívna evapotranspirácia a deficit evapotranspirácie. Klimatická vodná bilancia KVB [mm] je definovaná rozdielom medzi úhrnmi atmosférických zrážok Z a potenciálnej evapotranspirácie ET_o , deficit evapotranspirácie ET_{def} [mm] je vyjadrený rozdielom medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou a relatívna evapotranspirácia ET_{rel} je definovaná ako pomer aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie.

Medzi celosvetovo rozšírené metódy vymedzenia suchých oblastí patrí index aridity AI_{UNEP} , ktorý je definovaný ako pomer ročných zrážkových úhrnov Z [mm] a potenciálnej evapotranspirácie ET_o [mm] (UNEP, 1997):

$$AI_{UNEP} = \frac{Z}{ET_o} \quad (7)$$

Hodnoty AI_{UNEP} menšie ako 0,05 reprezentujú hyperarídnu oblasť, 0,05 – 0,2 arídnu oblasť, 0,2 – 0,5 semiarídnu oblasť, 0,5 – 0,65 suchú subhumídnu oblasť, 0,65 – 1,0 vlhkú subhumídnu oblasť a hodnoty nad 1,0 humídnu oblasť.

Tab. 1 Charakteristika veľkého vegetačného obdobia pre vybrané meteorologické stanice za obdobie 1931 – 1960 (KURPELOVÁ A INÍ, 1975)

Názov stanice	Nástup	Koniec	Trvanie [dni]	Suma [°C]
Holíč	21. 3.	13. 11.	238	3383
Myjava	28. 3.	5. 11.	223	2996
Bratislava	18. 3.	14. 11.	242	3557
Štúrovo	13. 3.	18. 11.	251	3741
Hurbanovo	17. 3.	15. 11.	244	3581
Nitra	19. 3.	14. 11.	241	3509
Trnava	20. 3.	12. 11.	238	3461
Prievidza	25. 3.	10. 11.	231	3137
Banská Bystrica	28. 3.	5. 11.	223	3067
Lučenec	20. 3.	10. 11.	236	3477
Rimavská Sobota	24. 3.	6. 11.	228	3301
Rožňava	25. 3.	5. 11.	226	3146
Moldava n/B	25. 3.	6. 11.	227	3233
Košice	25. 3.	7. 11.	228	3238
Trebišov	24. 3.	8. 11.	230	3384
Michalovce	24. 3.	9. 11.	231	3438
Kamenica n/C	27. 3.	7. 11.	226	3119

Tab. 2 Charakteristika veľkého vegetačného obdobia pre vybrané meteorologické stanice za obdobie 1961 – 2008

Názov stanice	Nástup	Koniec	Trvanie [dni]
Holíč	17.3.	15.11.	243
Kuchyňa	19.3.	13.11.	239
Trenčín	20.3.	12.11.	237
Senica	19.3.	12.11.	238
Myjava	23.3.	8.11.	229
Slovenský Grob	16.3.	15.11.	245
Bratislava	17.3.	15.11.	244
Kráľová pri Senci	17.3.	15.11.	243
Jaslovské Bohunice	19.3.	13.11.	239
Žihárec	17.3.	13.11.	241
Piešťany	19.3.	14.11.	240
Modra	22.3.	7.11.	230
Veľké Ripňany	18.3.	12.11.	239
Topoľčany	18.3.	15.11.	242
Podhájska	17.3.	14.11.	242
Nitra	17.3.	15.11.	243
Mochovce	18.3.	12.11.	239
Hurbanovo	16.3.	16.11.	245
Beluša	22.3.	11.11.	234
Dudince	18.3.	11.11.	238
Želiezovce	16.3.	14.11.	243
Tesárske Mlyňany	18.3.	14.11.	242
Bzovík	23.3.	8.11.	230
Dolné Plachtince	17.3.	12.11.	239
Bolkovce	20.3.	9.11.	234
Rimavská Sobota	20.3.	8.11.	233
Rožňava	22.3.	7.11.	230
Moldava nad Bodvou	21.3.	8.11.	232
Spišské Vlchy	31.3.	31.10.	214
Prešov	25.3.	5.11.	226
Košice	21.3.	9.11.	232
Medzilaborce	1.4.	2.11.	215
Milhostov	20.3.	10.11.	235
Somotor	19.3.	11.11.	237
Michalovce	20.3.	12.11.	237
Orechová	17.3.	14.11.	241
Kamenica nad Cirochou	23.3.	10.11.	232
Vysoká nad Uhom	20.3.	10.11.	236

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Charakteristiky vegetačného obdobia

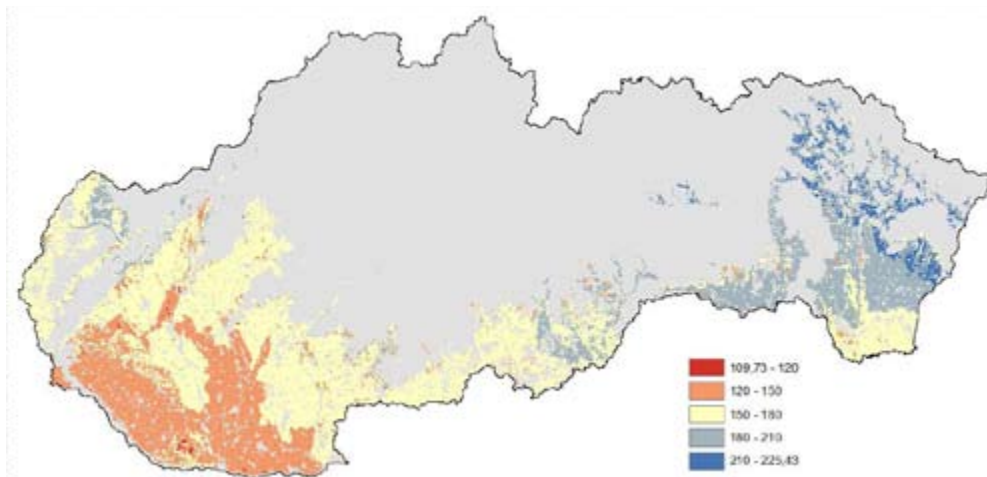
Veľké vegetačné obdobie (VVO) je ohraničené nástupom a ukončením priemernej dennej teploty vzduchu $T \geq 5$ °C. VVO začína na južnom Slovensku v druhej polovici marca a končí v prvej polovici novembra. Najdlhšie trvá VVO na juhu Podunajskej nížiny, a to viac ako 240 dní. Smerom na sever a východ sa nástup VVO oneskoruje a ukončenie VVO urýchľuje a tým sa skracuje aj trvanie VVO a znižujú sa teplotné sumy (Tab. 1).

Termín nástupu VVO na južnom Slovensku vypočítaný pre obdobie 1961 – 2008 je v priemere o 3 dni skôr ako udávajú publikované údaje (Tab. 1) a spadá do druhej polovice marca (Tab. 2). Vypočítaný termín ukončenia VVO je v priemere o 2 dni neskôr ako je uvedené v publikovaných údajoch. Tento rozdiel v charakteristikách VVO je možné čiastočne pripísať aj odlišnej metodike, ale pravdepodobnejšie je spôsobený reálnym oteplením v posledných desaťročiach. Rozdiel medzi vypočítanými a meranými termínmi je najmenší na Podunajskej nížine a smerom na východ narastá. Na Podunajskej nížine je vypočítaný nástup VVO o 1 deň skorej a vypočítaný koniec VVO o jeden deň neskôr ako udávajú KURPELOVÁ A INÍ (1975), kým na východnom Slovensku je vypočítaný nástup VVO skorší o 4 dni a koniec VVO neskorší o 3 dni. Rozdiel v priemernom trvaní VVO sa pohybuje od 2 dní na Podunajskej nížine do 6 dní na Východoslovenskej nížine.

Medziročne sa s pravdepodobnosťou 50 % vyskytuje termín nástupu VVO v intervale ± 1 týždeň a termín ukončenia VVO v intervale ± 10 dní od priemerného vypočítaného termínu.

Znevýhodnené poľnohospodárske územia

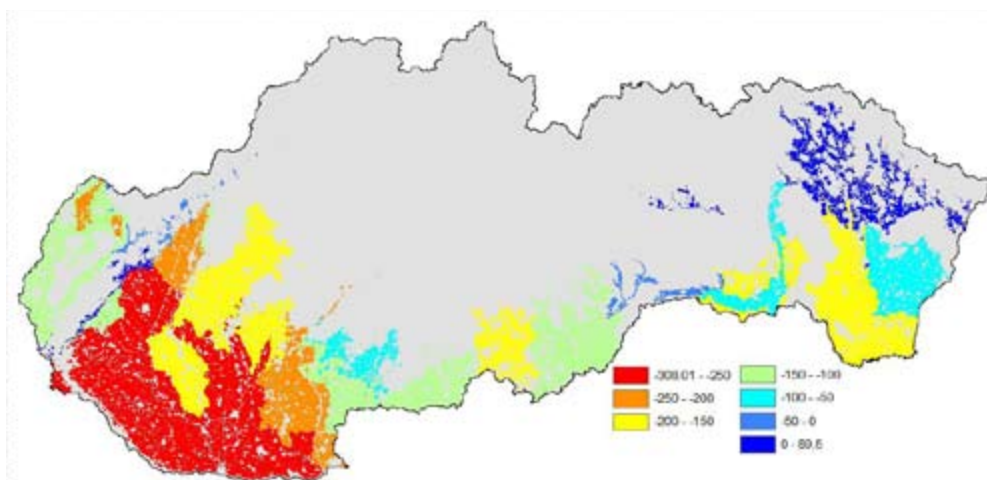
Podľa zadaného pôdno-klimatologického kritéria spĺňa podmienku pre zaradenie medzi znevýhodnené poľnohospodárske územia v Slovenskej republike len niekoľko lokalít na Podunajskej nížine (Obr. 1). Jedná sa hlavne o lokality s plytkými ľahkými pôdami. Na druhej strane, súdiac podľa hodnôt kvartilov možno konštatovať, že aspoň raz za 4 roky spadajú do kategórie s miernym obmedzením aj lokality, na ktorých priemerný počet dní s pomerom $ET/ET_0 > 0,5$ sa pohybuje v rozpätí 120 – 150 dní.

Obr. 1 Priemerný počet dní vo WO s pomerom $ET/ET_0 > 0,5$ v období 1979 – 2008

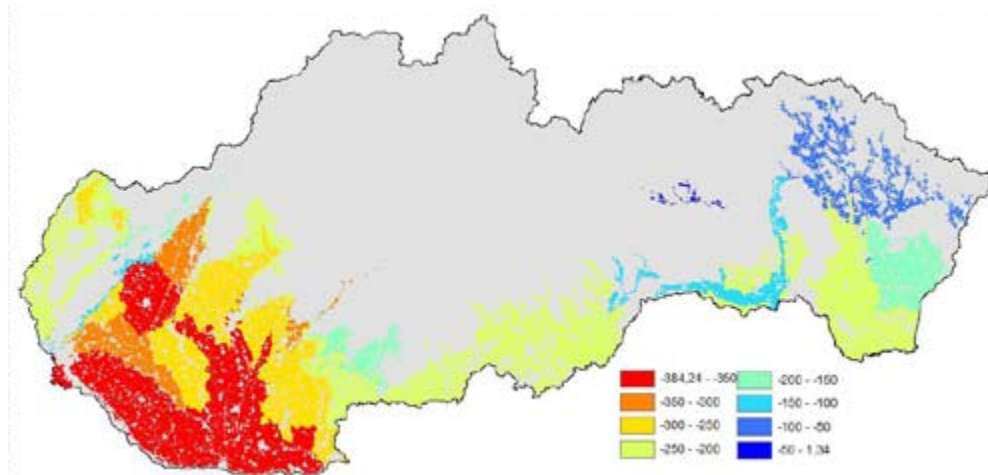
Klimatická vodná bilancia

Priemerné ročné hodnoty klimateckej vodnej bilancie sa pohybujú v pomerne širokom rozpätí. Kým v horských oblastiach atmosférické zrážky prevyšujú požiadavky na evapotranspiráciu, v nížinných oblastiach je priemerná ročná klimatecká vodná bilancia záporná (obr. 2). Vo vegetačnom období bola vo všetkých hodnotených regiónoch priemerná klimatecká vodná bilancia záporná, najviac na Podunajskej nížine, kde úhrny ET_0 prevyšovali zrážkové úhrny o viac ako 250 mm (Obr. 3). V mimoriadne suchých rokoch, ako boli roky 2000 a 2003, boli na juhu Podunajskej nížiny tieto hodnoty menšie ako -500 mm.

Obr. 2 Priemerná ročná klimatecká vodná bilancia [mm] za obdobie 1979 – 2008



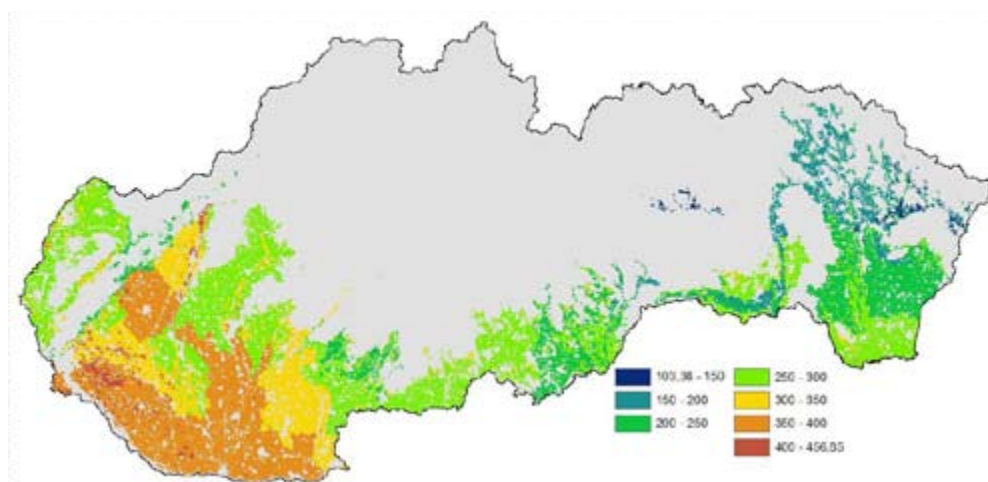
Obr. 3 Priemerná klimatická vodná bilancia [mm] vo VVO za obdobie 1979 – 2008



Charakteristiky evapotranspirácie

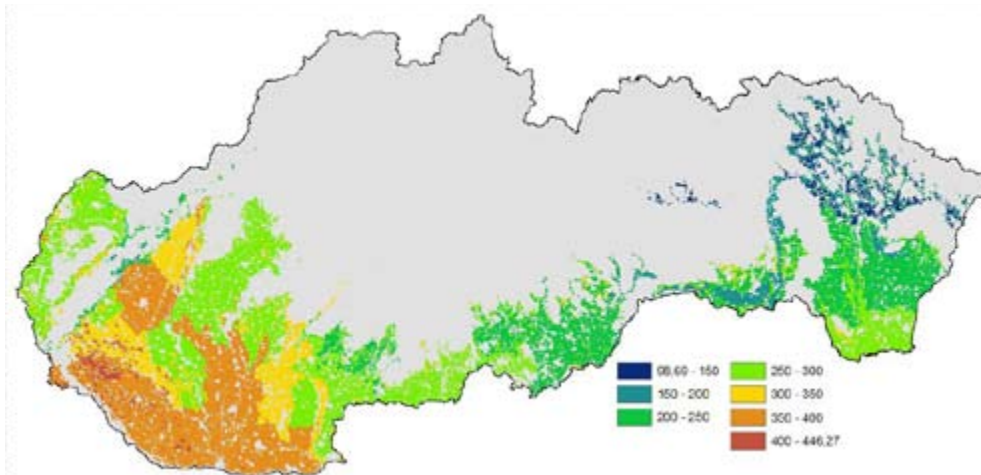
Najväčšie rozdiely medzi potenciálnou a skutočnou evapotranspiráciou v priemere za rok sú pozorované na Podunajskej nížine (Obr. 4). V ročnom chode pripadajú najväčšie rozdiely na letné mesiace júl a august. V južných oblastiach Slovenska preyšoval priemerný deficit evapotranspirácie vo vegetačnom období 200 mm, na juhu Podunajskej nížiny 350 mm (Obr. 5).

Obr. 4 Priemerný ročný deficit evapotranspirácie [mm] za obdobie 1979 – 2008



V praxi sa u nás pri hodnotení vlhového zabezpečenia po percentách normálu zrážkových úhrnov najviac uplatnila relatívna evapotranspirácia (napr. TOMLAIN, 1983; SOTÁK A INÍ, 2001, ŠKVARENINA A INÍ, 2008). Oblasť s priemernou ročnou relatívnou evapotranspiráciou $ET/ET_0 \leq 0,6$ sú pokladané za suché, oblasti s priemernou ročnou relatívnou evapotranspiráciou v intervale $0,6 < ET/ET_0 \leq 0,7$ sú považované za mierne suché. Podľa tohto kritéria suchá oblasť sa na Slovensku nevyskytuje, za mierne suchú oblasť možno považovať Podunajskú nížinu (Obr. 6). Na

Obr. 5 Priemerný ročný deficit evapotranspirácie [mm] vo VVO za obdobie 1979 – 2008

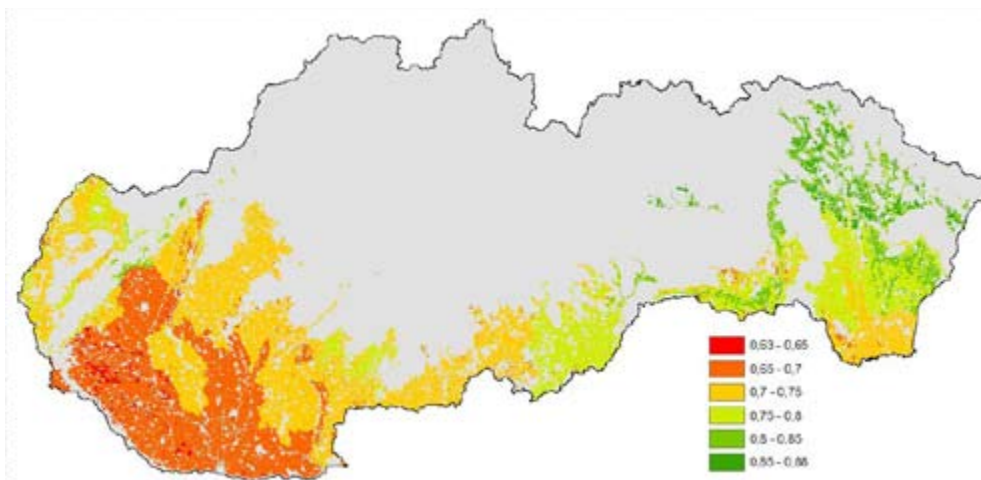


druhej strane, v mimoriadne suchých rokoch (podľa kritéria percenta zrážkových normálov) poklesla ročná relatívna evapotranspirácia ET/ET_0 na juhu Podunajskej nížiny pod 0,40, čo je mimoriadne nízka hodnota.

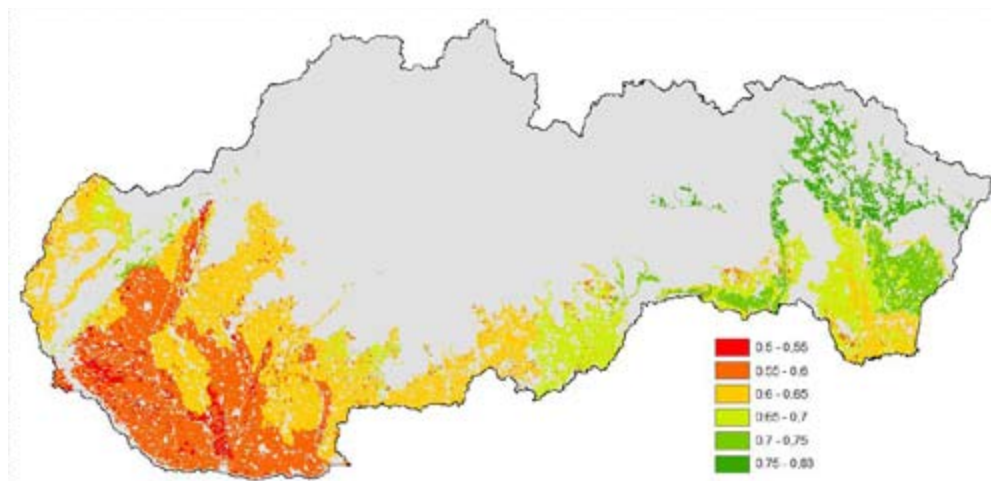
Hodnota $ET/ET_0 \leq 0,5$ je všeobecne považovaná za kritickú z hľadiska dostupnosti vody pre plodiny. Priemerná hodnota ET/ET_0 vo VVO sa k tejto hranici približuje na Podunajskej nížine (Obr. 7).

Priemerný počet dní, keď $ET/ET_0 < 0,5$, na Záhorskej nížine, Podunajskej nížine, v juhoslovenských kotlinách a na juhu VSN je viac ako 60 dní, na juhu Podunajskej nížiny dokonca viac ako 90 dní (Obr. 8). Ak sú tieto dni s nedostatkom vody v pôde kumulované do súvislých období, môže to mať negatívny dôsledok na úrody.

Obr. 6 Priemerný ročný pomer aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie za obdobie 1979 – 2008



Obr. 7 Priemerný pomer aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie vo VVO za obdobie 1979 – 2008

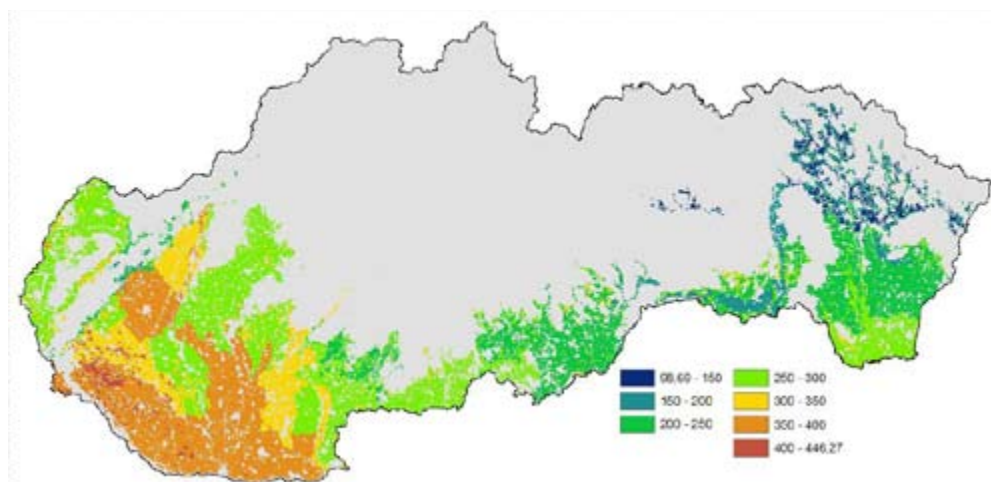


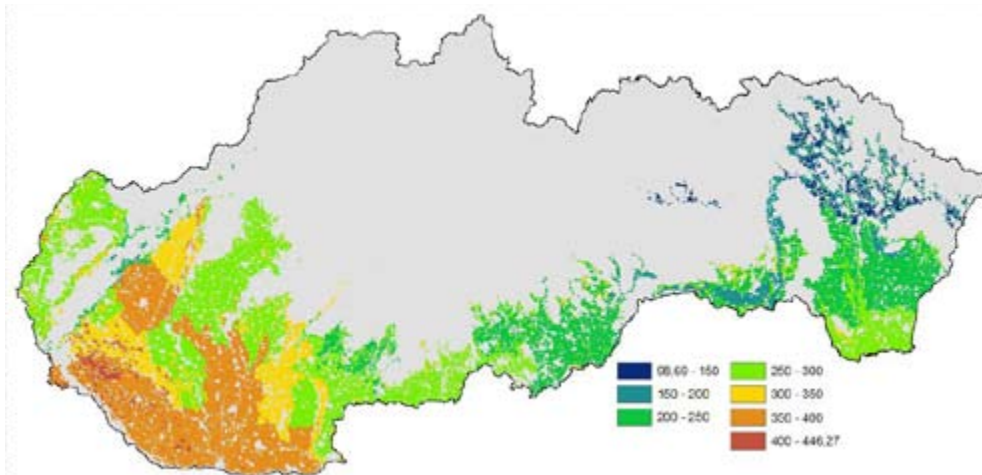
Index aridity

Ako alternatívne riešenie pre určenie znevýhodnených poľnohospodárskych území bol navrhnutý index aridity AI . Podľa hodnôt tohto indikátora je možné zaradiť južnú a centrálnu časť Podunajskej nížiny do suchej subhumídnej oblasti. Priemerná hodnota AI vypočítaná pre túto oblasť za obdobie 1979 – 2008 bola 0,64. V jednotlivých rokoch sa hodnoty AI v tomto regióne pohybovali od 0,34 v roku 2003 do 0,85 v roku 1995.

Len nepatrne vypočítané priemerné hodnoty AI za hodnotené obdobie prekročili limitnú hodnotu suchej subhumídnej oblasti v západnej časti Podunajskej nížiny. Priemerná hodnota AI za všetky hodnotené južné regióny Slovenska bola 0,84. V porovnaní hodnoteného obdobia 1979 – 2008 s normálovým obdobím 1961 – 1990 poklesla hodnota AI na hodnotenom území v priemere o 3,5 %, čo naznačuje trend mierneho vysušovania územia.

Obr. 8 Priemerný počet dní vo VVO s pomerom $ET/ET_0 < 0,5$ v období 1979 – 2008



Obr. 9 Územie s hodnotou indexu aridity $AI < 0,65$ v období 1979 – 2008

Pokrytie vlhovej potreby plodín

Napriek tomu, že žiadna oblasť na Slovensku nespĺňa podmienky pre označenie ako suchá, pokrytie vlhovej potreby plodín je v južných regiónoch nepostačujúce. Podľa simulácií vykonaných modelom DAISY je nedostatok pôdnej vody hlavným limitujúcim faktorom poľnohospodárskej produkcie na Podunajskej nížine (TAKÁČ A ŠIŠKA, 2009). Priemerné pokrytie vlhovej potreby plodín definované ako podiel aktuálnej evapotranspirácie a vlhovej potreby konkrétnej plodiny sa pohybuje od 56 % do 76 % (Tab. 3). V suchých rokoch sa pokrytie vlhovej potreby plodín pestovaných v letnom období pohybuje len na úrovni 40 % a počet dní s vodným stresom môže prekročiť 80.

Tab. 3 Charakteristiky pokrytia vlhovej potreby plodín od sejby do zberu v oblasti Hurbanova – priemer za obdobie 1961 – 2008

plodina	Vodný stres [dni]	Deficit pôdnej vody [mm]	Pokrytie vlhovej potreby [%]
Ozimná pšenica	28	145	76
Jarný jačmeň	18	123	71
Kukurica na zrno	30	181	71
Cukrová repa	51	268	59
Zemiaky	39	225	56

ZÁVER

Jedným z kritérií, na základe ktorých sa poskytuje pomoc farmárom v EÚ, je integrované pôdno-klimatické kritérium založené na hodnotení dlhodobej vodnej bilancie. Pomocou tohto kritéria je možné vyčleniť oblasti, v ktorých je poľnohospodárska produkcia dlhodobo limitovaná suchom. Podľa odporúčaného kritéria spĺňa podmienky pre zaradenie medzi zne-

výhodnené oblasti len niekoľko lokalít na Slovensku, aj to len do kategórie s miernym obmedzením poľnohospodárskej produkcie.

Ako alternatívne riešenie pre určenie znevýhodnených poľnohospodárskych území bol navrhnutý index aridity *AI*. Podľa hodnôt tohto indikátora je možné zaradiť južnú a centrálnu časť Podunajskej nížiny do suchej subhumidnej oblasti.

V našich podmienkach sa ako vhodný ukazovateľ vlhového zabezpečenia plodín ukázala relatívna evapotranspirácia. Podľa tohto kritéria suchá oblasť sa na Slovensku nevyskytuje, za mierne suchú oblasť možno považovať Podunajskú nížinu.

Sucho je normálny, pravidelne sa opakujúci prejav klímy súvisiaci s jej časovou a priestorovou variabilitou. Vzhľadom na to, že v našich podmienkach výskyt a intenzita sucha na základe odporúčaného kritéria neumožňuje trvalé zaradenie medzi znevýhodnené poľnohospodárske oblasti, v prípade výskytu suchých období bude potrebné pri posudzovaní ich dôsledkov na produkciu postupovať podľa aktuálnej situácie v konkrétnom roku.

Literatúra

- ALLEN, R. G.– PEREIRA, L. S.– RAES, D.– SMITH, M. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. 300 p.
- DŽATKO, M. 2002. *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdnoekologických regiónov Slovenska*. Bratislava: Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, 2002. 87 s. ISBN 80–85361–94–9.
- EITZINGER, J.– THALER, S.– ORLANDINI, S.– NEJEDLÍK, P.– KAZANDJIEV, V.– VUCETIC, V.– SIVERTSEN, T. H.– MIHAILOVIC, D. T.– LALIC, B.– TSIROS, E.– DALEZIOS, N. R.– SUSNIK, A.– KERSEBAUM, CH. K.– HOLDEN, N. M. – MATTHEWS, R. 2008. *Agroclimatic Indices and Simulation Models*. In: Nejedlík, P. and Orlandini, S. (eds.) Survey of Agrometeorological Practices and Applications in Europe Regarding Climate Change Impacts. COST–ESF, 15–92.
- KURPELOVÁ, M.– COUFAL, L.– ČULÍK, J. 1975. *Agroklimatické podmienky ČSSR*. Bratislava: Príroda, 1975. 268 s.
- KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodárska pedológia*. Praha: SNTL/ALFA, 1978. 296 s.
- LINKEŠ, V.– GROMOVÁ, A.– LUPTÁK, D.– PESTÚN, V.– POLIAK, P. 1988. *Informačný systém o pôde*. Bratislava: Príroda, 1988. 198 s.
- LINKEŠ, V.– PESTÚN, V.– DŽATKO, M. 1996. *Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno–ekologických jednotiek*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, 1996. 103 s. ISBN 80–85361–19–1.
- MAJERČÁK, J. 2005. *Matematický model a indexy sucha*. In: Sobocká, J. (ed.): Štvrté pôdnoznalecké dni na Slovensku. (Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR), Bratislava: Výskumný ústav pôdnozvedectva a ochrany pôdy, s.207 – 213, ISBN 80–89128–18–1
- NOSEK, M. 1972. *Metody v klimatologii*. Praha: Academia, 1972. 434 s.
- NOVÁKOVÁ, M.– SKALSKÝ, R. 2006. *Soil Data Potential for its Application in Process of Selected Crops Yield Prediction*. Agriculture, vol. 52, 2006, no. 4, p. 177–188.
- NOVÁKOVÁ, M.– KLIKUŠOVSKÁ, Z.– SKALSKÝ, R.– SVIČEK, M.– MIŠKOVÁ, M.– ČIČOVÁ, T. 2010. *Národný systém pre odhad úrod a produkcie poľnohospodárskych plodín SK–CGMS*. Bratislava: Výskumný ústav pôdnozvedectva a ochrany pôdy, 2010. 32 s. ISBN 978–80–89128–68–6.
- SOTÁK, V.– TOMLAIN, J.– TAKÁČ, J.– JENČO, M. 2001. *Upresnenie závlahových oblastí na Slovensku*. Vedecké práce Výskumného ústavu meliorácií a krajinného inžinierstva v Bratislave, 25. Bratislava: VÚMKI, s. 309–324.
- ŠKVARENINA, J.– TOMLAIN, J.– HRVOL, J.– ŠKVARENINOVÁ, J.– HLAVATÁ, H. 2008. *Výskyt suchých a vlhkých období vo vegetačných stupňoch Západných Karpát na Slovensku: Analýza časového radu 1951–2005 a prognóza očakávaných zmien klímy*. In: Lapin, M., Nejedlík, P. (eds) Národný klimatický program SR, VII, 2008, zv. 12, MŽP SR, SHMÚ, Bratislava, s. 123–142. ISBN 978–80–88907–63–3.
- TAKÁČ, J. 2001. *Dôsledky zmeny klímy na bilanciú vody v poľnohospodárskej krajine*. Národný klimatický program Slovenskej republiky. NKP 10/01 – Monitorovanie klimatickej zmeny. MŽP SR a SHMÚ, Bratislava. 16–26.
- TAKÁČ, J. – ŠIŠKA, B. 2009. *Climate Change Impact on Spring Barley and Winter Wheat Yields on Danubian Lowland*. In: Střelcová, K. – Matyas, C. – Kleidon, A. – Lapin, M. – Matejka, F. – Blaženec, M. – Škvarenina, J. – Holécý, J. (eds.) *Bioclimatology and Natural Hazards*. Berlin: Springer, 2009, p. 283–288. ISBN 978–1–4020–8875–9.
- TOMLAIN, J. 1983. *Charakteristika suchých a vlhkých oblastí ČSSR*. In: Pôdne režimy a ich význam pre ekosystémy. Zborník prednášok z ved. seminára úlohy ŠPZV VI–2–5. Bratislava: Pedologická sekcia Slov. spol. pre poľn. a lesn. vedy SAV, 1983. 97 s.
- UNEP. 1997. *World Atlas of Desertification*. 2. ed. 182 p. ISBN 340691662.

OČAKÁVANÉ ZMENY VODNEJ BILANCIE NA SLOVENSKU V DÔSLEDKU ZMENY KLÍMY PODĽA SCENÁRA SRES A1B

EXPECTED CHANGES IN WATER BALANCE DUE TO CLIMATE CHANGE IN SLOVAKIA ACCORDING TO THE SCENARIO SRES A1B

Jozef TAKÁČ¹, Martina NOVÁKOVÁ¹, Bernard ŠIŠKA², Lenka MALATINSKÁ²

¹ Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava
e-mail: j.takac@vupop.sk

² Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Fakulta európskych štúdií a regionálneho rozvoja, Tr. A. Hlinku 2, 949 76 Nitra

Abstrakt

Cieľom príspevku bolo vyhodnotiť možné dôsledky zmeny klímy na vodnú bilanciu územia Slovenskej republiky. Hodnotenie bolo založené na výpočte agroklmatických indexov podľa emisného scenára A1B z výstupov GCM ARPEGE-Climate pre obdobia 2010 – 2050 a 2071 – 2100. Získané výsledky výpočtov poukazujú na postupné zvyšovanie aridity územia Slovenskej republiky.

Kľúčové slová: zmena klímy, vodná bilancia, zrážky, evapotranspirácia

Abstract

The main objective of this paper was to evaluate possible climate change impacts on the water balance in the Slovak Republic. The evaluation was based on agroclimatic indices calculated according to the GCM's ARPEGE-Climate SRES A1B scenario for the periods 2021 – 2050 and 2071 – 2100. The results of calculations showed progressive increase of the aridity on the area of the Slovak Republic.

Keywords: climate change, water balance, precipitation, evapotranspiration

ÚVOD

Poľnohospodárstvo je sektorom hospodárstva, ktorý je závislý na klíme a zmenou klímy môže byť významne ovplyvnený. Rast a vývin rastlín je v našich podmienkach vo veľkej miere determinovaný vodným režimom a tak je prirodzené, že pri hodnotení dôsledkov zmeny klímy na poľnohospodársku výrobu v Slovenskej republike bola od začiatku riešenia problematiky zmeny klímy u nás zdôrazňovaná úloha vodného režimu pôdy.

Podľa výpočtov na základe regionálne modifikovaných scenárov klimatickej zmeny sa budú na celom území Slovenskej republiky zvyšovať ročné úhrny potenciálnej evapotranspirá-

cie (TOMLAIN, 1997; TAKÁČ, 2001). Všeobecne možno konštatovať, že v nížinách sa očakáva zníženie obsahu vody v pôde (NOVÁK, 1996; STEHLOVÁ, 2007). Podľa modelových výpočtov sa vlhkosť pôdy bude v mesiacoch apríl až október znižovať, pričom najväčší pokles vlhkosti pôdy možno očakávať v mesiacoch júl až september (TOMLAIN, 1997). Nedostatkem vody môžu trpieť hlavne naše v súčasnosti najúrodnejšie oblasti. V horizonte roku 2075 by sa podľa scenárov zmeny klímy mala priemerná vlhkosť pôdy v letnom polroku na Záhorskej nížine a na juhu Podunajskej nížiny pohybovať pod úrovňou 50 % VVK, na severe Podunajskej nížiny, v Juhoslovenských kotlinách a na Východoslovenskej nížine okolo 60 % VVK (TAKÁČ, 2003).

Keďže poľné pokusy sú nákladné, matematické modelovanie si vyžaduje množstvo kvalitných, ale nie vždy dostupných vstupných údajov, často sa na stanovenie vzťahu medzi klimatickými podmienkami a poľnohospodárskou produkciou používajú agroklimatické indexy. Tieto indexy sú odvodené z bežne dostupných klimatických údajov. Aj keď nepopisujú podrobne dané prostredie, môžu naznačiť jeho vlastnosti. Sú indikátormi klímy a majú z hľadiska poľnohospodárstva špecifický význam. Kombinácia agroklimatických indexov s geografickými informačnými systémami (GIS) umožňuje mapovanie produkčného potenciálu na veľkých plochách za pomerne nízke náklady.

Najčastejšie sú využívané agroklimatické indexy popisujúce rôzne zložky vodnej bilancie, ktoré sú konštruované tak, aby priamo alebo nepriamo kvantifikovali nedostatok vody vo vegetačnom období. Používajú sa v rôznych modifikáciách. Ich výhodou je jednoduchý výpočet a tak môžu byť dôležitým nástrojom na podporu rozhodovania v poľnohospodárstve.

V našich podmienkach je najčastejšie používaným indikátorom sucha percento normálu zrážkových úhrnov, ktoré vyjadruje pomer aktuálnych zrážkových úhrnov k dlhodobým zrážkovým priemerom. Medzi ďalšie často využívané charakteristiky u nás patria klimatická vodná bilancia, deficit evapotranspirácie a relatívna evapotranspirácia (SOTÁK A INÍ, 2001; TAKÁČ, 2001; ŠKVARENINA A INÍ, 2008).

Cieľom príspevku je priestorovo vyhodnotiť a porovnať možné zmeny vo vodnej bilancii v nasledujúcich desaťročiach podľa vybraného scenára zmeny klímy s použitím rôznych u nás i v zahraničí používaných agroklimatických indexov s dôrazom na indikátory sucha.

Článok bol spracovaný vďaka výsledkom získaných v rámci riešenia projektu VEGA 1/0866/10: *Proposal of adaptive measures to reduce negative climate change impacts on agricultural landscape of Danubian lowland a rámcového projektu FP6 No. 037005: Central and Eastern European Climate Change Impact and Vulnerability Assessment.*

MATERIÁL A METÓDY

Scenáre zmeny klímy

Klimatické scenáre v súčasnosti používané pre hodnotenie zmeny klímy sú založené na emisných scenároch (NAKIČENOVIC A SWART, 2000), ktoré sú odvodené zo scenárov populačného rastu, ekonomického vývoja a technologického rozvoja. Na základe emisných scenárov je možné vypočítať predpokladaný vývoj koncentrácie CO₂ v atmosfére a s využitím modelov

všeobecnej cirkulácie atmosféry (GCMs) vypracovať fyzikálne konzistentné scenáre vývoja klimatických prvkov.

Pre riešenie úlohy boli použité scenára denných hodnôt teploty vzduchu, atmosférických zrážok, slnečného svitu, relatívnej vlhkosti vzduchu a rýchlosti vetra z výstupov GCMs ARPEGE-Climate pre obdobie 2021–2050 a 2071–2100 podľa emisného scenára A1B (FARDA A INÍ 2007), ktorý predpokladá veľmi rýchly ekonomický rast, výrazné znižovanie regionálnych rozdielov, rýchle uvedenie nových účinnejších technológií a rovnovážne využívanie všetkých zdrojov (IPCC, 2007). Údaje zo siete meteorologických staníc z obdobia 1961–2007 a zo scenárov klimatických prvkov boli prepočítané modelom ALADIN-Climate do gridu s horizontálnym rozlíšením 10 km (ŠTĚPÁNEK A INÍ 2008; ŠTĚPÁNEK A INÍ 2009).

Z denných hodnôt klimatických údajov boli pre každý bod siete vypočítané hodnoty potenciálnej evapotranspirácie ET_0 a aktuálnej evapotranspirácie ET , ktoré boli ďalej využité na výpočet rôznych agroklimatických indexov.

Výpočet evapotranspirácie

Na výpočet potenciálnej evapotranspirácie ET_0 sme použili Penman-Monteithovu rovnicu v modifikácii podľa FAO (ALLEN A KOL. 1998):

$$ET_0 = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34 u_2)} \quad (1)$$

kde

R_n je bilancia žiarenia na povrchu porastu [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$], G je hustota toku tepla z pôdy [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$], T je priemerná denná teplota vzduchu v 2 m [$^{\circ}\text{C}$], u_2 je rýchlosť vetra v 2 m [m s^{-1}], e_s je tlak nasýtených pár [kPa], e_a je aktuálny tlak pár [kPa], $e_s - e_a$ je sýtosťný doplnok, Δ je smernica krivky závislosti medzi tlakom nasýtených pár a teplotou vzduchu [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$] a γ je psychrometrická konštanta [$\text{kPa} \cdot ^{\circ}\text{C}^{-1}$]. Globálne žiarenie R_s [$\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$] bolo vypočítané z trvania slnečného svitu a astronomicky maximálneho možného trvania slnečného svitu.

Aktuálnou evapotranspiráciou ET sa rozumie evapotranspirácia porastu konkrétnej plodiny za aktuálneho stavu porastu a vlhkosti pôdy. Aktuálna evapotranspirácia ET sa rovná ET_0 ak je pôda dostatočne nasýtená vodou. Pri vlhkosti pôdy W menšej ako jej kritická hranica W_0 sa evapotranspirácia znižuje úmerne s poklesom vlhkosti pôdy:

$$ET = ET_0 \frac{W}{W_0} \quad (2)$$

Aktuálna vlhkosť pôdy bola počítaná zo základnej rovnice vodnej bilancie:

$$W_1 + Z + K_p + q_1 + q_2 = ET + O_1 + O_2 + W_2 \quad (3)$$

kde

W_1 je zásoba vody v pôde na začiatku sledovaného obdobia [mm], Z je zrážkový úhrn za sledované obdobie [mm], K_p je prírastok vody v pôde z podzemnej vody a podložia [mm], q_1 je povrchový prítok [mm], q_2 je podpovrchový prítok, ET je evapotranspirácia [mm], O_1 je povrchový odtok [mm], O_2 je podpovrchový odtok [mm] a W_2 je zásoba vody v pôde na konci sledovaného obdobia (KUTÍLEK, 1978). Pri praktickej aplikácii rovnice vodnej bilancie sa predpokladá, že odtokové a prítokové zložky bilancie (O_1 , O_2 , q_1 a q_2) sú zanedbateľné.

Pôdne údaje vstupujúce do výpočtu aktuálnej vlhkosti pôdy a následne zásoby vody v pôde (využiteľná vodná kapacita; VVK [mm]) boli stanovené odvodením vybraných hydrofyzikálnych charakteristík (pôdne hydrolimity – bod vädnutia BV a poľná vodná kapacita PK [objemové %]) prostredníctvom modelu Rosetta (SCHAAP A BOUTEN, 1996) a vybraných morfológických vlastností pôd (hĺbka pôdy [cm]). Vstupné údaje pre model Rosetta (zrinitosť pôdy, resp. obsah piesku, prachu a ílu [%]), ako aj údaje o hĺbke pôd, boli pripravené z údajov o profilových vlastnostiach 17 741 pôdnych sond a údajov o priestorovej distribúcii vybraných vlastností pôdy v mierke 1:5 000 z Informačného systému o pôde (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy; viac v práci NOVÁKOVÁ A SKALSKÝ, 2008).

Agroklimatické indexy

Medzi najčastejšie používané agroklimatické indexy u nás patria relatívna evapotranspirácia, deficit evapotranspirácie a klimatická vodná bilancia. Relatívna evapotranspirácia ET_{rel} je definovaná ako pomer aktuálnej a potenciálnej evapotranspirácie a najčastejšie sa vyjadruje v percentách:

$$ET_{rel} = \frac{ET}{ET_0} \times 100 \quad (4)$$

Pri poklese ET_{rel} pod 50 % sa predpokladá, že plodina trpí nedostatkom vody.

Deficit evapotranspirácie ET_{def} [mm] vyjadruje rozdiel medzi potenciálnou a aktuálnou evapotranspiráciou:

$$ET_{def} = ET_0 - ET \quad (5)$$

Klimatická vodná bilancia KVB [mm], označovaná u nás aj ako ukazovateľ zavlaženia, predstavuje rozdiel medzi úhrnmi atmosférických zrážok a potenciálnou evapotranspiráciou:

$$KVB = Z - ET_0 \quad (6)$$

Štandardizovaný zrážkový index SPI sa využíva na stanovenie výskytu a intenzity sucha. SPI je definovaný ako

$$SPI = \frac{Z - \bar{Z}}{\sigma} \quad (7)$$

Kde

Z je úhrn zrážok za hodnotené obdobie, je dlhodobý priemerný úhrn zrážok [mm] za dané obdobie a je smerodajná odchýlka úhrnov zrážok za dané obdobie. SPI umožňuje použitie pre rôzne dlhé obdobia (mesiac, štvrtrok, polrok, rok).

Štandardizované hodnoty pre SPI sú (McKee A INÍ, 1993): > 2 pre mimoriadne vlhké obdobie, 1,5 – 1,99 pre veľmi vlhké obdobie, 1 – 1,49 pre vlhké obdobie, -0,99 – 0,99 pre normálne obdobie, -1 – -1,49 pre suché obdobie, -1,5 – -1,99 pre veľmi suché obdobie a < -2 pre mimoriadne suché obdobie. Pre kvalitatívne hodnotenie pre naše podmienky je potrebné upraviť hodnoty SPI podľa intervalov zabezpečenia výskytu referenčného obdobia.

Štandardizovaný zrážkový index PI pre priestorovú interpretáciu zrážkových úhrnov (KATZ a GLANTZ, 1986) sa počíta ako

$$PI = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N \frac{(Z_j - \bar{Z}_j)}{\sigma_j} \quad (8)$$

kde

N je počet bodov siete so zrážkovými údajmi, Z_j je zrážkový úhrn [mm] v bode j, \bar{Z}_j je dlhodobý priemerný úhrn zrážok [mm] za dané obdobie v bode j a σ_j je smerodajná odchýlka úhrnov zrážok za dané obdobie v bode j.

Na štatistické hodnotenie variability zrážkových úhrnov v priebehu roka sa odporúča index koncentrácie zrážok PCI (OLIVER, 1980):

$$PCI = 100 \frac{\sum_{m=1}^{12} Z_m^2}{Z^2} \quad (9)$$

kde

Z_m je zrážkový úhrn [mm] za príslušný mesiac a Z je zrážkový úhrn za rok.

Teoretické limitné hodnoty PCI sú 8,3 (ak sú zrážkové úhrny rovnaké v každom mesiaci), resp. 100 (ak sa zrážky vyskytnú len v jednom mesiaci roka). Hodnoty PCI menšie ako 10 poukazujú na rovnomerné rozdelenie atmosférických zrážok v priebehu roka, hodnoty PCI od 10 do 15 naznačujú miernu sezónnosť, hodnoty PCI od 15 do 20 znamenajú sezónne rozdelenie zrážok v priebehu roka a hodnoty nad 20 predstavujú vysokú sezónnosť rozdelenia atmosférických zrážok v priebehu roka (OLIVER, 1980).

Index aridity AI_{UNEP} je definovaný ako pomer ročných zrážkových úhrnov Z a potenciálnej evapotranspirácie ET₀ (UNEP, 1997):

$$AI_{UNEP} = \frac{Z}{ET_0} \quad (10)$$

Hodnoty AI_{UNEP} menšie ako 0,05 reprezentujú hyperaridnú oblasť, 0,05 – 0,2 aridnú oblasť, 0,2 – 0,5 semiaridnú oblasť, 0,5 – 0,65 suchú subhumidnú oblasť, 0,65 – 1,0 vlhkú subhumidnú oblasť a hodnoty nad 1,0 humidnú oblasť.

Všetky uvedené agroklimatické indexy boli použité pre hodnotenie dôsledkov klimatickej zmeny v obdobiach 2021 – 2050 a 2071 – 2100 podľa scenára SRES A1B.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Podľa výsledkov štatistickej analýzy zo siete bodov bol v období 1961 – 1990 priemerný územný úhrn atmosférických zrážok za rok 694 mm a za letný polrok (apríl - september) 512 mm. Na 10 % plochy územia Slovenska spadlo za rok menej ako 500 mm a za letný polrok menej ako 350 mm zrážok (Tab. 1 a 2). Podľa scenára A1B sa očakáva ku koncu storočia pokles priemerných zrážkových úhrnov za rok o 5 % a za letný polrok až o 30 %, čím sa tento scenár výrazne odlišuje od doteraz používaných scenárov, ktoré predpokladali len malé zmeny v zrážkových úhrnov v letných mesiacoch (LAPIN A INÍ, 2006, TAKÁČ A INÍ, 2009). Na druhej strane, prie-

merne úhrny potenciálnej evapotranspirácie za letný polrok sa podľa scenára A1B na území Slovenska do konca storočia zvýšia o 24 %. Tieto zmeny v úhrnoch zrážok a potenciálnej evapotranspirácie naznačujú významnú zmenu v klimatickej vodnej bilancií. Kým v referenčnom období 1961 – 1990 viac ako polovica územia mala v letnom polroku kladnú klimatickú vodnú bilanciú, v období 2071 – 2100 by viac ako 90 % územia Slovenska malo mať v letnom polroku a viac ako polovica územia ročnú zápornú klimatickú vodnú bilanciú (Obr. 1).

Rozdelenie zrážkových úhrnov v priebehu roka môžeme na základe hodnôt PCI charakterizovať na väčšine územia Slovenska ako mierne sezónne, v kotlinách ako sezónne (Obr. 2). Hodnoty PCI > 15 boli v období 1961 – 1990 zaznamenané v Liptovskej kotline, Popradskej kotline, Hornádskej kotline, povodí Torysy, Horehronskom podolí, Zvolenskej kotline, Žiarskej kotline a Turčianskej kotline v dôsledku vyšších zrážkových úhrnov v letných mesiacoch. Maximálne zaznamenané hodnoty PCI v kotlinách sa pohybovali okolo 25.

Podľa hodnôt PCI podľa scenára A1B ostane v tomto storočí zachovaná mierna sezónnosť zrážkových úhrnov, pričom vyššie priemerné hodnoty PCI boli vypočítané pre južné regióny, v ktorých sa budú aj častejšie vyskytovať roky s vysokou sezónnosťou zrážkových úhrnov s PCI > 20. Do konca storočia sa zvýši aj medziročná variabilita v sezónnom rozdelení zrážok, hlavne na juhozápadnom Slovensku.

Podľa hodnôt PI možno konštatovať, že v období 1961 – 1990 bol približne každý desiaty rok na území Slovenska suchý (Tab. 3). Podľa použitého scenára sa frekvencia výskytu suchých rokov v období 2021 – 2050 zvýši a suchý bude každý štvrtý rok a každý desiaty rok bude mimoriadne suchý. Ku koncu storočia sa frekvencia výskytu suchých rokov vráti na úroveň referenčného obdobia 1961 – 1990, ale zvýši sa častota výskytu vlhkých rokov.

Agroklimatický index SPI a jeho priestorová modifikácia PI hodnotia konkrétne obdobie štatistiky len z hľadiska zrážkových úhrnov a nedávajú teda informáciu o pokrytí vlahovej potreby plodín.

Podľa priemerných hodnôt AI z obdobia 1961 – 1990 približne jednu tretinu územia SR možno zaradiť do vlhkej subhumídnej oblasti, zvyšok územia patrí do humídnej oblasti (Obr. 3). V období 2021 – 2050 podľa použitého scenára sa hranica vlhkej subhumídnej oblasti posunie smerom na sever a do tejto oblasti bude patriť takmer polovica územia SR. V období 2071 – 2100 by mala byť zaradená približne jedna štvrtina územia SR už do suchej subhumídnej oblasti a do humídnej oblasti by mala patriť len asi jedna tretina územia. Vzhľadom na medziročnú variabilitu zrážkových úhrnov by približne každý desiaty rok mal priebeh počasia v južných oblastiach zodpovedať semiaridnej klíme.

Tab. 1 Základné štatistické charakteristiky ročných úhrnov atmosférických zrážok Z [mm] a potenciálnej evapotranspirácie ET₀ [mm] na území Slovenska v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B

	1961 – 1990		2021 – 2050		2071 – 2100	
	Z [mm]	ET ₀ [mm]	Z [mm]	ET ₀ [mm]	Z [mm]	ET ₀ [mm]
Horný decil	900	713	923	753	862	840
Horný kvartil	779	629	811	724	742	802
Priemer	694	577	716	666	661	734
Medián	666	561	686	669	632	738
Dolný kvartil	540	514	587	609	542	666
Dolný decil	498	474	554	572	512	624

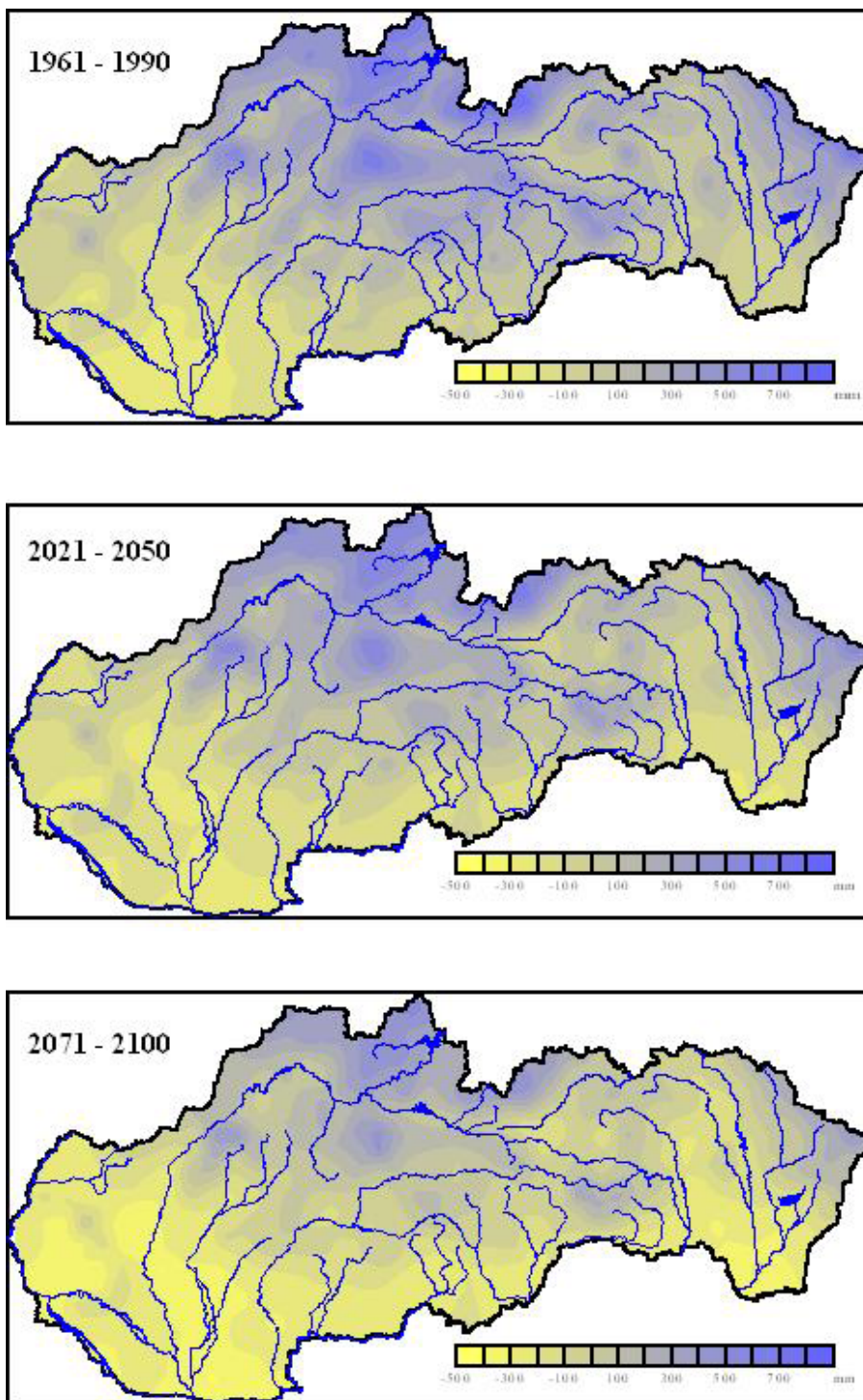
Tab. 2 Základné štatistické charakteristiky úhrnov atmosférických zrážok Z [mm] a potenciálnej evapotranspirácie ET₀ [mm] v letnom polroku na území Slovenska v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B

	1961 – 1990		2021 – 2050		2071 – 2100	
	Z [mm]	ET ₀ [mm]	Z [mm]	ET ₀ [mm]	Z [mm]	ET ₀ [mm]
Horný decil	707	582	563	600	481	664
Horný kvartil	581	518	485	582	418	641
Priemer	512	478	423	540	360	592
Medián	487	467	406	543	344	597
Dolný kvartil	403	431	334	501	281	545
Dolný decil	350	399	306	469	256	510

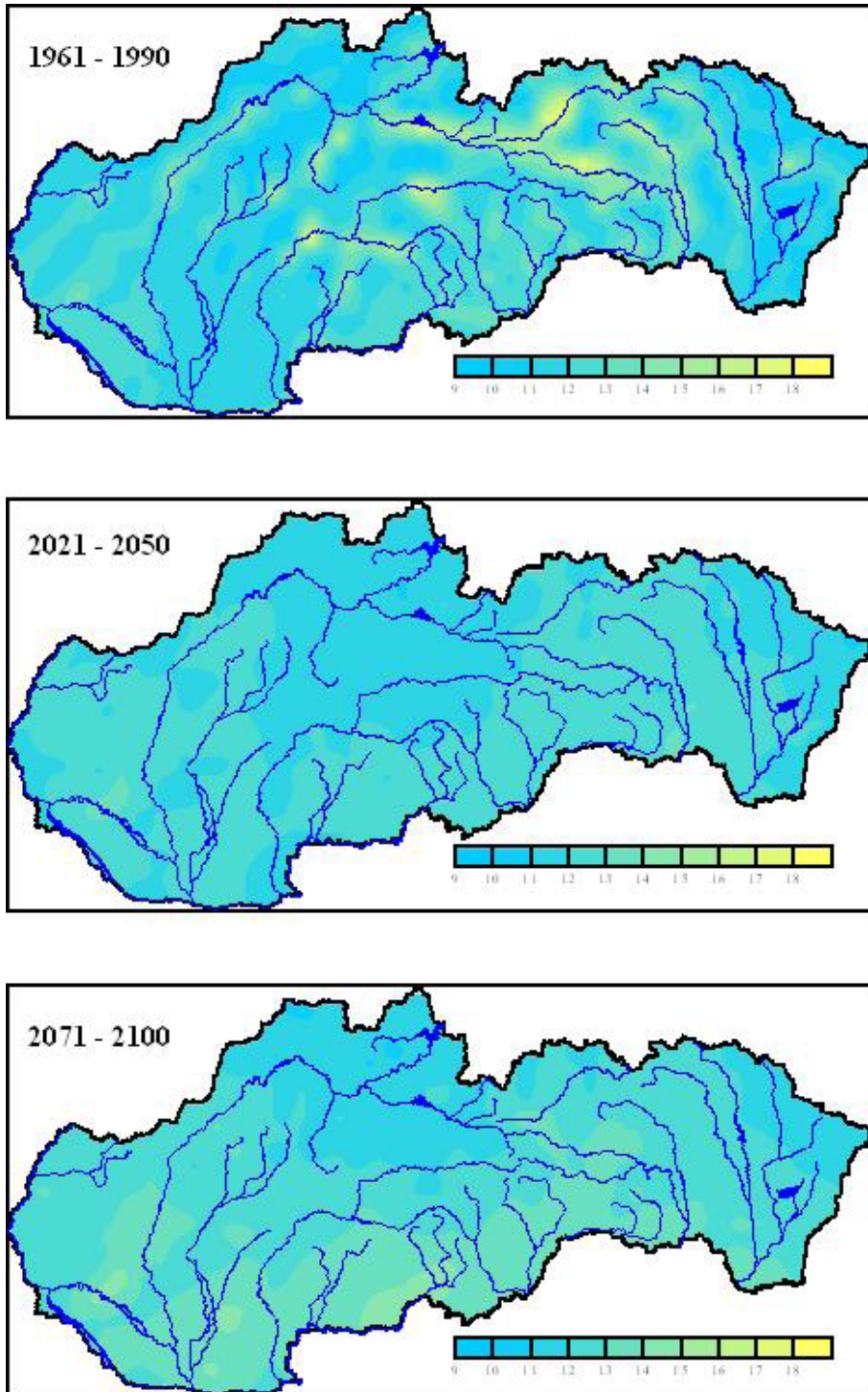
Tab. 3 Štatistické rozdelenie hodnôt PI na území Slovenska v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B

	1961 – 1990	2021 – 2050	2071 – 2100
Minimum	-1.77399	-2.40682	-1.62654
Dolný decil	-1.12036	-2.07135	-1.02663
Dolný kvartil	-0.38671	-1.55274	-0.53033
medián	0.088012	-0.99483	-0.02869
Horný kvartil	0.596322	-0.28499	0.662126
Horný decil	0.874984	0.422214	0.939398
Maximum	1.216555	0.89086	1.688829
Smerodajná odchýlka	0.757917	0.885403	0.812749

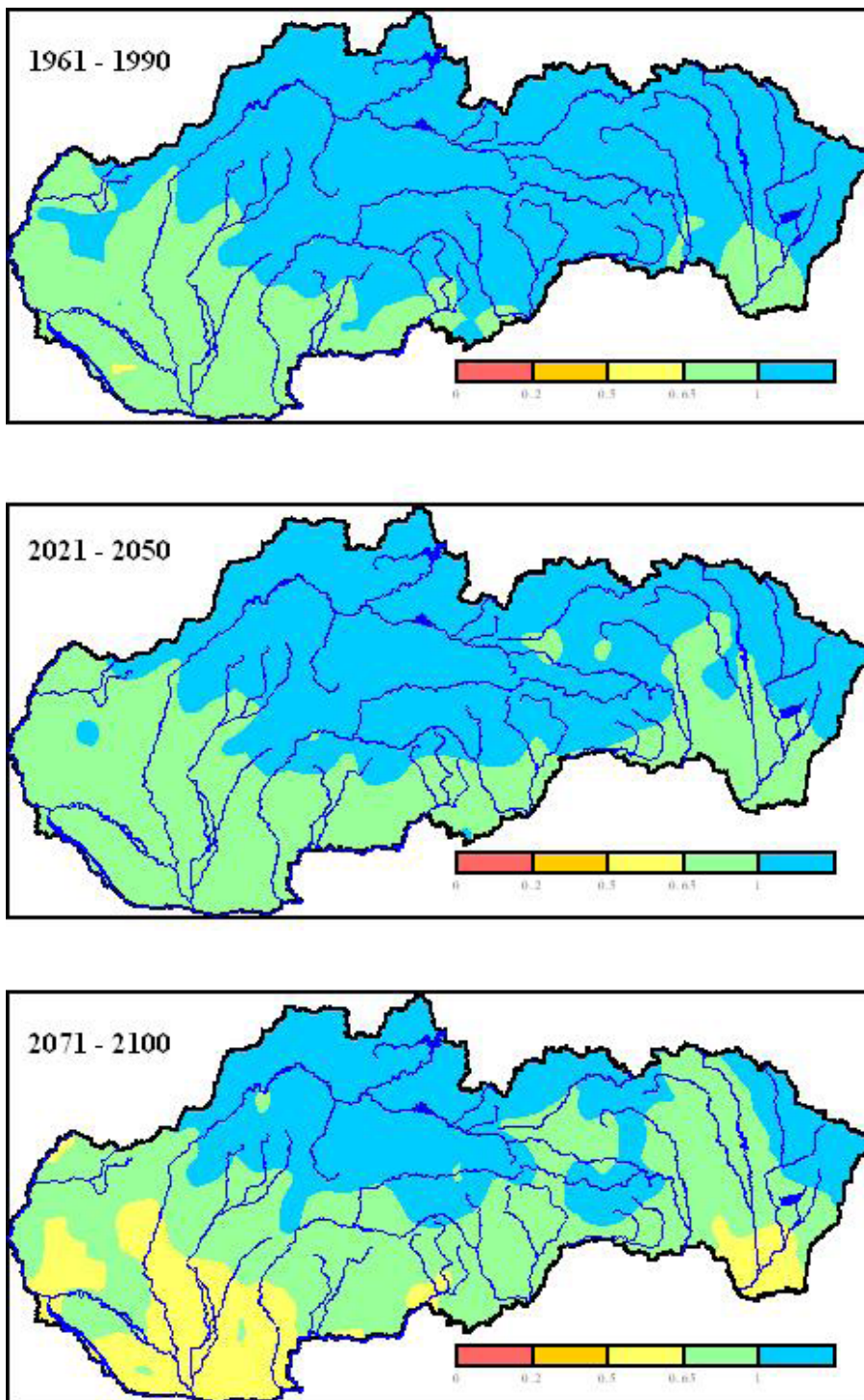
Obr. 1 Priemerné ročné hodnoty klimatickej vodnej bilancie [mm] v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



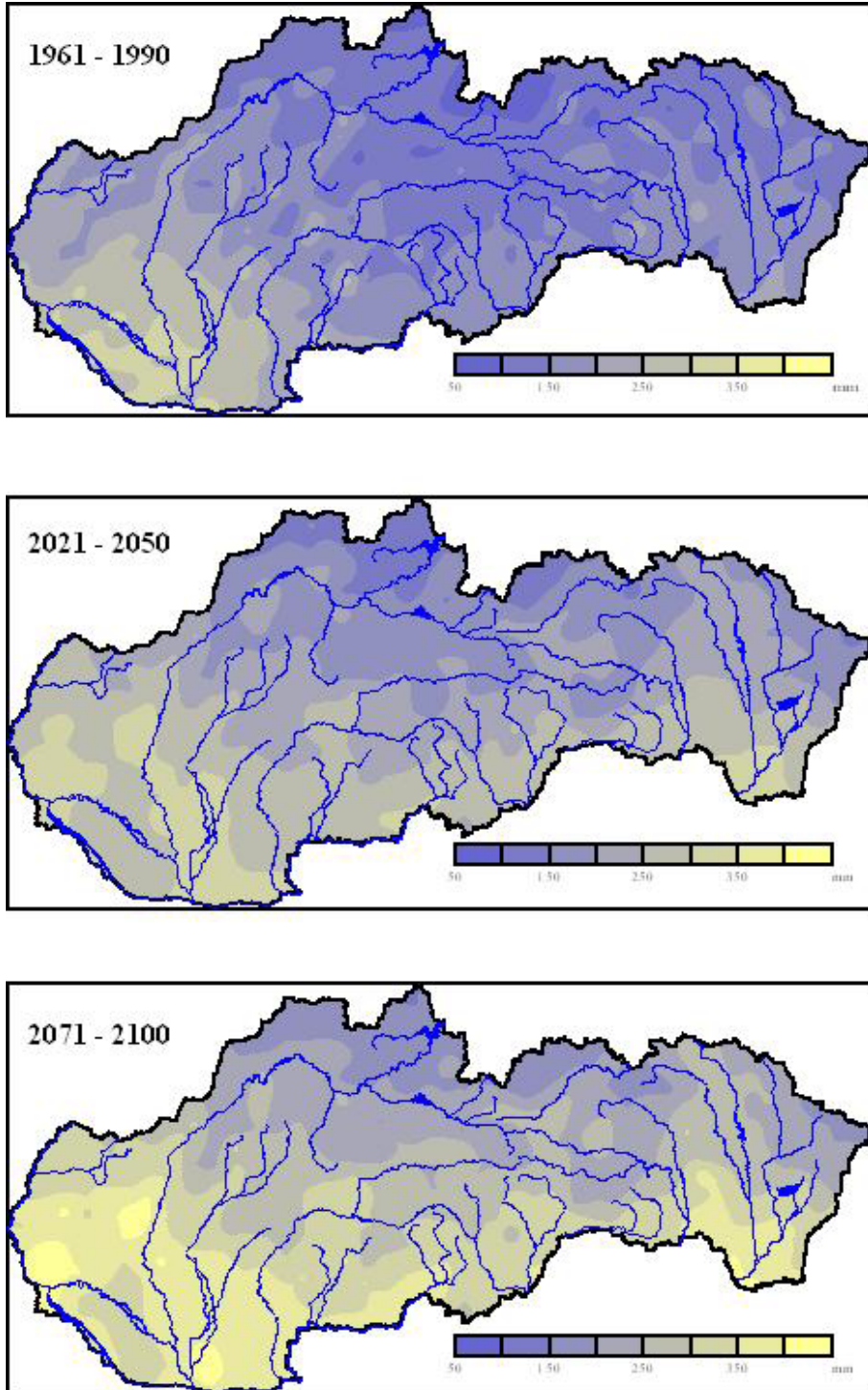
Obr. 2 Priemerné hodnoty PCI v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



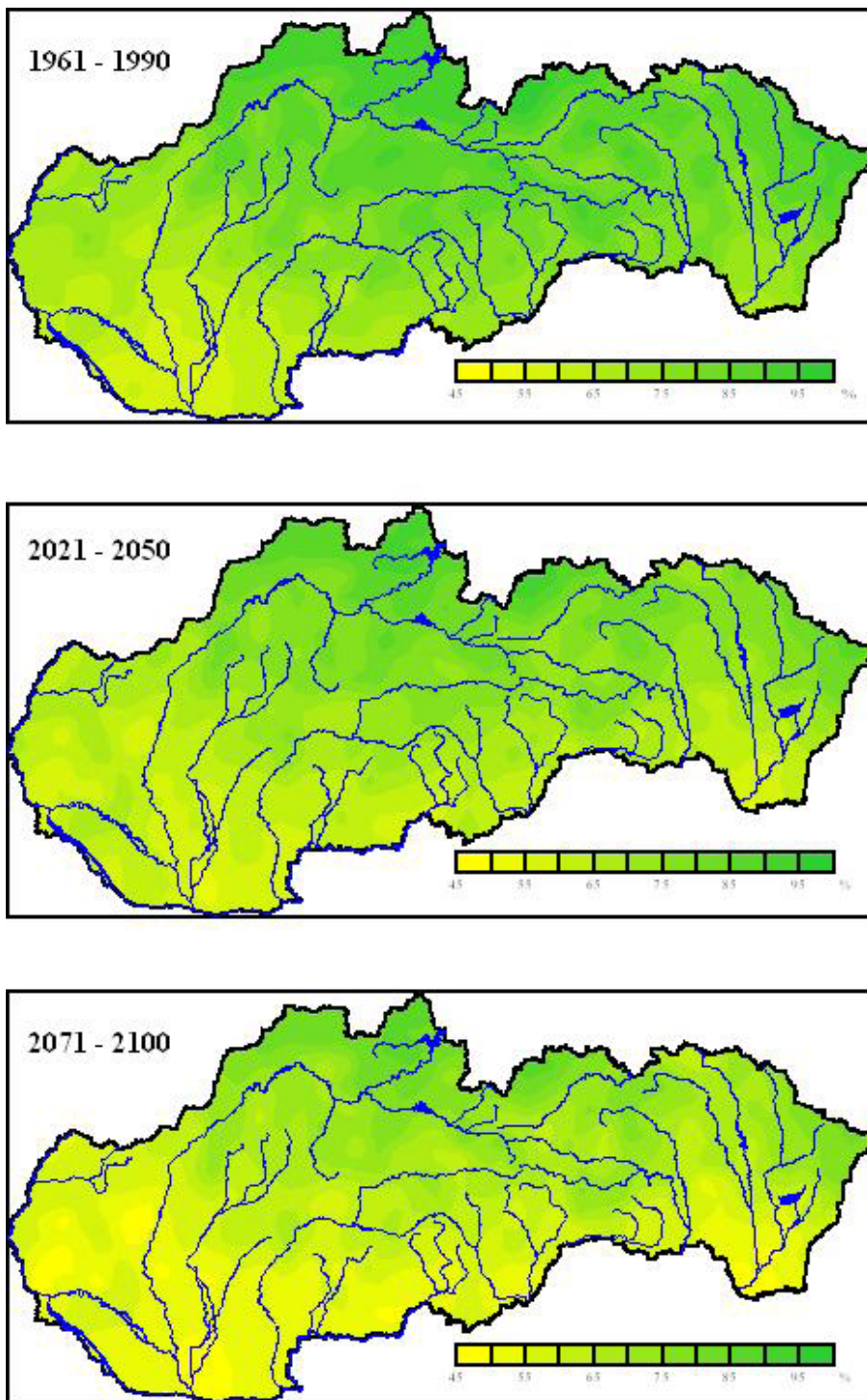
Obr. 3 Priemerné hodnoty AI v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



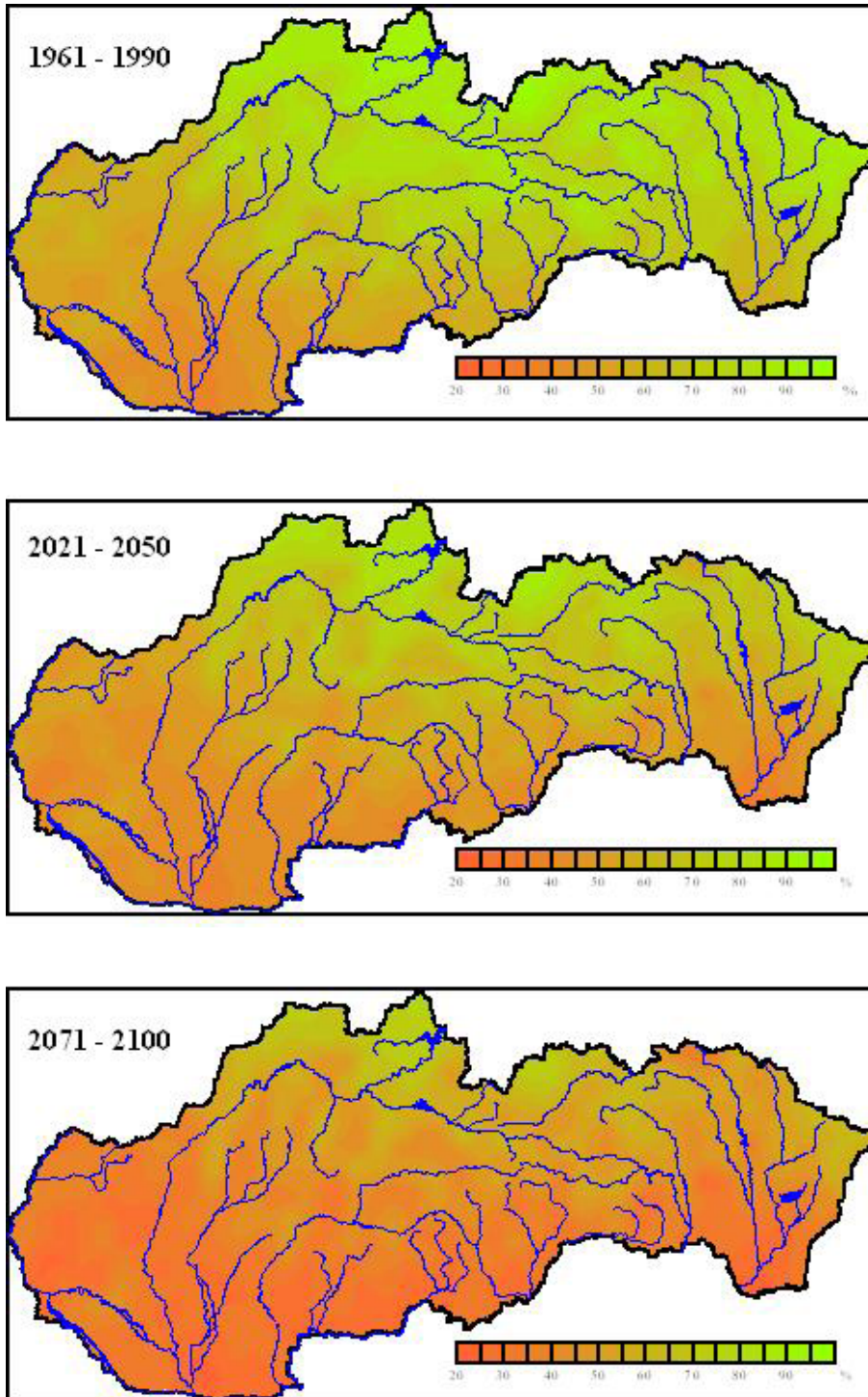
Obr. 4 Priemerné hodnoty deficitu evapotranspirácie [mm] v letnom polroku v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



Obr. 5 Priemerné hodnoty relatívnej evapotranspirácie [%] v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



Obr. 6 Priemerné hodnoty relatívnej evapotranspirácie [%] za mesiac august v období 1961 – 1990 a vo vybraných časových horizontoch podľa scenára A1B



Záporná klimatická vodná bilancia sa prejavuje na dostupnosti vody pre rastliny. Priemerný deficit evapotranspirácie za letný polrok sa postupne zvýši v južných oblastiach do konca storočia o viac ako 100 mm (Obr. 4).

Podľa zaužívej klasifikácie sú oblasti s priemernou ročnou relatívnou evapotranspiráciou menšou ako 60 % pokladané za suché a oblasti s priemernou ročnou relatívnou evapotranspiráciou od 60 % do 70 % sú považované za mierne suché (TOMLAIN, 1983). Podľa tohto kritéria v období 1961 – 1990 spĺňala podmienku označenia za mierne suchú oblasť len asi jedna štvrtina územia SR na juhu západného a stredného Slovenska, suchá oblasť sa nevyskytovala vôbec. Do konca storočia bude podľa použitého scenára suchá takmer polovica územia Slovenska a ďalšia štvrtina územia bude mierne suchá (Obr. 5).

Za hranicu, pri ktorej plodiny trpia nedostatkom vody, sa pokladá hodnota relatívnej evapotranspirácie 50 %. Kým v období 1961 – 1990 bola priemerná relatívna evapotranspirácia v letnom polroku menšia ako 50 % len na menej ako 1 % výmery, na konci storočia by mala poklesnúť pod túto hranicu asi na polovici územia Slovenska (Obr. 5). Podľa tohto scenára sa javí ako veľmi kritická situácia v mesiacoch júl až september, keď na troch štvrtinách územia bude relatívna evapotranspirácia pod hranicou 50 % (Obr. 6).

ZÁVER

Poľnohospodárska produkcia v našich podmienkach je závislá na klíme, predovšetkým na množstve a časovom rozdelení atmosférických zrážok a preto môže byť zmenou klímy výrazne ovplyvnená. V Slovenskej republike sa na hodnotenie dôsledkov zmeny klímy na poľnohospodársku produkciu dlhodobo najčastejšie používali scenáre CCCM a GISS. V našom riešení sme využili scenáre z výstupov GCM ARPEGE-Climate podľa emisného scenára A1B. Pri odhade dôsledkov zmeny klímy na vývoj vodnej bilancie sme porovnali výsledky získané podľa viacerých agroklimatických indikátorov. Použitý scenár sa od doteraz používaných scenárov významne líši v tom, že očakáva výrazný pokles zrážkových úhrnov do konca storočia. V dôsledku toho možno očakávať trend k postupnému zvyšovaniu aridity územia SR. V letných mesiacoch na konci storočia by až tri štvrtiny územia mohli byť pravidelne postihované mimoriadnym suchom (pri hodnotení z dnešného pohľadu).

Mimoriadne výrazné sucho negatívne ovplyvní nielen poľnohospodársku produkciu, ale bude mať negatívny dopad aj na ďalšie sektory, ako je lesné hospodárstvo a vodné hospodárstvo. V dôsledku sucha je možné očakávať aj výskyt ďalších negatívnych javov so závažnými dôsledkami na socioekonomickú sféru, ako napr. vznik a šírenie požiarov.

Literatúra

- ALLEN, R. G. – PEREIRA, L. S. – RAES, D. – SMITH, M. 1998. *Crop Evapotranspiration. Guidelines for Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: FAO, 1998. 300 p.
- FARDA, A. – ŠTEPÁNEK, P. – HALENKA, T. – SKALÁK, P. – BELDA, M. 2007. *Model ALADIN in Climate Mode Forced with ERA-40 Reanalysis (coarse resolution experiment)*. Meteorological journal, 10, 2007, p.123–130.
- IPCC 2007. *Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M.,

- Averyt, K. B., Tignor M. and Miller, H. L. (eds.) Cambridge University Press, Cambridge.
- KUTÍLEK, M. 1978. *Vodohospodářská pedologie*. Praha: SNTL/ALFA, 1978. 296 s.
- LAPIN, M. – MELO, M. – DAMBORSKÁ, I. – VOJTEK, M. – MARTINI, M. 2006. *Physically and Statistically Plausible Downscaling of Daily GCMs Outputs and Selected Results*. Acta Met. Univ. Comenianae, vol. 34, 2006, p. 35–57.
- MCKEE, T. B. – DOESKEN, N. J. – KLEIST, J. 1993. *The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales*. Eighth Conference on Applied Climatology, American Meteorological Society, Anaheim CA, USA, p. 179–184.
- NAKIČENOVIĆ, N. – SWART, R. (eds.) 2000. *Special Report on Emissions Scenarios*. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, 2000. 599 p.
- NOVÁK, V. 1996. *Vplyv očakávaných klimatických zmien na bilanciu vody v pôde a produkciu biomasy na Slovensku*. Projekt Country Study SR. Bratislava: SHMÚ, ÚH SAV, 1996. 14 s.
- NOVÁKOVÁ, M. – SKALSKÝ, R. 2008. *Agrometeorologické modelovanie – alternatívny spôsob monitorovania stavu a vývoja biomasy*. In Rožnovský, J., Litschmann, T.(ed.), *Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině*. Mikulov 9. – 11.9.2008, Praha: Český hydrometeorologický ústav pre Českú bioklimatologickú spoločnosť, ISBN 978–80–86690–55–1, Dostupné na internete: <<http://www.cbks.cz/Mikulov08b/index.htm>>, stránka navštívená 19. decembra 2008
- OLIVER, J. E. 1980. *Monthly precipitation distribution: a comparative index*. Professional Geographer, 32, 1980, p. 300–309.
- SCHAAP, M.G. – BOUTEN, W. 1996. *Modelling Water Retention Curves of Sandy Soils Using Neural Networks*. Water Resour. Res., vol. 32, 1996, p. 3033–3040
- STEHLIOVÁ, K. 2007. *Assessment of the Soil Water Storage with regard to Prognosis of the Climate Change at Lowlands*. Cereal Research Communications, vol. 35, 2007, no. 2, p. 1093–1096.
- SOTÁK, V. – TOMLAIN, J. – TAKÁČ, J. – JENČO, M. 2001. *Upresnenie závlahových oblastí na Slovensku*. Vedecké práce Výskumného ústavu meliorácií a krajinného inžinierstva v Bratislave č. 25. Bratislava: VÚMKI, 2001, s. 309–324.
- ŠKVARENINA, J. – TOMLAIN, J. – HRVOL, J. – ŠKVARENINOVÁ, J. – HLAVATÁ, H. 2008. *Výskyt suchých a vlhkých období vo vegetačných stupňoch Západných Karpát na Slovensku: Analýza časového radu 1951–2005 a prognóza očakávaných zmien klímy*. In: Lapin, M., Nejedlík, P. (eds) *Národný klimatický program SR, VII, 2008, zv. 12*. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ, 2008, s. 123–142. ISBN 978–80–88907–63–3.
- ŠTĚPÁNEK, P. – SKALÁK, P. – FARDA, A. 2008. *RCM ALADIN–CLIMATE/CZ Simulation of 2020–2050 Climate over the Czech Republic. Bioklimatologické aspekty hodnocení procesů v krajině*. Zborník příspěvků z mezinárodní konference, Mikulov 9. – 11. 9. 2008. Praha: Česká bioklimatologická společnost, 2008. ISBN 978–80–86690–55–1
- ŠTĚPÁNEK, P. – ZAHRADNÍČEK, P. – SKALÁK, P. 2009. *Data Quality Control and Homogenization of Air Temperature and Precipitation Series in the Area of the Czech Republic in the Period 1961–2007*. Advances in Science and Research, 3, 2009, p. 23–26. Dostupné na internete: <<http://www.adv-sci-res.net/3/23/2009/>>
- TAKÁČ, J. 2001. *Dôsledky zmeny klímy na bilanciu vody v poľnohospodárskej krajine. Národný klimatický program Slovenskej republiky. NKP 10/01 – Monitorovanie klimatickej zmeny*. Bratislava: MŽP SR a SHMÚ, 2001, s. 16–26.
- TAKÁČ, J. 2003. *Dôsledky klimatickej zmeny na režim vlhkosti pôdy podľa scenárov CCCMprep a GISSprep*. In: Transport vody, chemikálií a energie v systéme pôda – rastlina – atmosféra. Zborník referátov z XI. posterového dňa s medzinárodnou účasťou. Bratislava: ÚH a GFÚ SAV, 2003, s. 409–417.
- TAKÁČ, J. – ŠÍŠKA, B. – LAPIN, M. 2009. *Dôsledky zmeny klímy na vlahovú zabezpečenosť poľných plodín podľa scenárov SRES A2 a B1*. Vedecké práce VÚPOP č. 31, Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 187–200. ISBN 978–80–89128–59–4.
- TOMLAIN, J. 1983. *Charakteristika suchých a vlhkých oblastí ČSSR*. In: Pôdne režimy a ich význam pre ekosystémy. Zborník prednášok z ved. seminára úlohy ŠPZV VI–2–5. Bratislava: Pedologická sekcia Slov. spol. pre poľn. a lesn. vedy SAV, 1983. 97 s.
- TOMLAIN, J. 1997. *Modelový výpočet dôsledkov očakávanej zmeny klímy na obsah vody v pôde na Slovensku*. In NKP 7/97. Bratislava: MŽP SR, SHMÚ, 1997, s. 68–83. ISBN 80–88907–02–0.
- UNEP, 1997. *World Atlas of Desertification*. 2. ed. 132p. ISBN 340691662.

MODEL PRIESTOROVEJ DISTRIBÚCIE PŠENICE OZIMNEJ A REPKY OLEJNEJ PRE SLOVENSKO

MODEL SPACIAL DISTRIBUTION OF WINTER WHEAT AND RAPE FOR SLOVAKIA

Zuzana Tarasovičová¹, Rastislav Skalský¹, Juraj Balkovič^{1,2}, Martina Nováková¹

¹Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Gagarinova 10, 827 13 Bratislava,
e-mail: z.tarasovicova@vupop.sk

²Univerzita Komenského, Prírodovedecká fakulta, Katedra pedológie, Mlynská dolina, 842 15 Bratislava

Abstrakt

Modelovanie poľnohospodárskej krajiny z rôznych aspektov má v súčasnej dobe významné postavenie v oblasti vedy a výskumu, a tak dochádza k zvyšovaniu požiadaviek na geografické údajové vstupy o krajine. Jeden z významných údajových vstupov o využívaní poľnohospodárskej krajiny je model hospodárenia na pôde. Základom tohto modelu je čiastkový model priestorovej distribúcie plodín, od ktorého závisí tvorba ostatných čiastkových modelov spojených s hospodárením na pôde. K tvorbe čiastkového modelu priestorovej distribúcie plodín boli použité dostupné informácie o využívaní krajiny pre Slovensko, t.j. okresné štatistické údaje o zberových plochách plodín a geografické údaje LPIS (Land Parcel Identification System). Alokácia štatistických údajov do priestoru s rozlíšením 1 × 1 km bola spracovaná podľa metodiky Balkovič a iní (2006). Výsledky priestorovej distribúcie štatistických údajov sú prezentované na príklade dvoch plodín, t.j. pšenica ozimná, repka olejná.

Kľúčové slová: štatistické údaje, LPIS údaje, grid 1 × 1 km, pšenica ozimná, repka olejná

Abstract

Modeling of agricultural land from various aspects has an important role in present science and research. The requirements on inputs (geographical data) about agricultural land increase. The important input about land use is model of land management. The basis of this model is partial model of spatial distribution of crop distribution over the area of interest. Available national level data sources about land use of Slovakia - county level statistics data on harvested areas of crops and LPIS (Land Parcel Identification System) geographical data were used for creation of the selected crops spatial distribution model. Existing data were allocated to the regular grid with spatial resolution of 1 × 1 km using the algorithm introduced by BALKOVIČ ET AL. (2006). The results of spatial distribution of crops are presented on example of two crops, winter wheat and rape.

Keywords: statistical data, LPIS data, grid 1 × 1 km, winter wheat, rape

ÚVOD

Modelovanie procesov v krajine má v súčasnosti významné miesto v oblasti vedy a výskumu. S tým súvisí zvyšujúci sa dopyt po priestorových údajoch o krajine, t.j. o klíme, pôde, hospodárení na pôde. Priestorové údaje o hospodárení na pôde v sebe zahrňajú geografické údaje o štruktúre plodín, striedaní plodín, dátumoch sejby, sadenia a zberu, organickom a anorganickom hnojení a obrábaní pôdy. Základom priestorového modelu hospodárenia na pôde je model priestorovej distribúcie plodín (napr. SKALSKÝ 2005; BALKOVIČ A INÍ, 2006; SKALSKÝ A INÍ, 2006; CERRI A INÍ, 2007; EASTER A INÍ, 2007; NOVÁKOVÁ, 2007; SKALSKÝ A INÍ, 2009; TARASOVIČOVÁ A INÍ, 2009, BARANČÍKOVÁ A INÍ, 2010).

Problematica priestorovej distribúcie plodín je v záujme pozornosti. Je rozpracovaná viacerými metodickými prístupmi. Na svetovej úrovni sa priestorovej alokácií plodín venoval LEFF A INÍ (2004) a YOU A INÍ (2006) a v rámci Európy bola problematika riešená v projekte INSEA (BALKOVIČ A INÍ, 2006).

Na Slovensku sa tvoreniu modelu priestorovej distribúcií plodín venoval Zelenský, ktorý spracoval do Atlasu SSR (1980) Mapy zberových plôch a úrod plodín (pšenica, raž, ovos, jačmeň, kukurica na zrno a na zeleno a siláž, konope a ľan, tabak, zemiaky, cukrová repa, ďatelina, lucerna) podľa jednotlivých subjektov (JRD, štátne majetky, individuálne hospodáriaci roľníci), čiže obcí za obdobie 70tych rokov minulého storočia.

IVANIČKOVÁ (1981) Mapa využitia zeme SSR v mierke 1:250 000 obsahuje vyčerpávajúce informácie o slovenskom poľnohospodárstve na prelome 60. a 70. rokov minulého storočia a sa opiera o štatistické a terénne údaje, ktoré sú spracované podľa obcí. Mapa zobrazuje nielen štruktúru poľnohospodárstva a lesného hospodárstva, ale aj reálnu, človekom zmenenú ekosféru.

Pre potreby modelu RothC k modelovaniu zásob organického uhlíka na poľnohospodárskych pôdach Slovenska bol vytvorený model priestorovej distribúcie plodín a následne aj model striedania plodín a organického hnojenia v základnej priestorovej jednotke s rozlíšením 10 × 10 km (TARASOVIČOVÁ A INÍ, 2009).

Základný zdroj údajov o súčasnom využívaní krajiny predstavujú štatistické údaje zberané Štatistickým úradom Slovenskej republiky. Ide to informácie o využívaní pôdy (zastúpenie ornej pôdy, trvalých kultúr, trvalých trávnych porastov, lesných plôch, vodných plôch), rastlinnej produkcie (zberové plochy, úrody plodín, spotrebu priemyselných hnojív v prepočte na čisté živiny, počty mechanizačných prostriedkov), živočíšnej výrobe (stavy hospodárskych zvierat k 31.12., reprodukcia, výroba a úžitkovosť hospodárskych zvierat a ďalšie) a tiež štatistiky zamestnanosti a ekonomiky poľnohospodárstva. Nedostatkým štatistických údajov o rastlinnej produkcii (zberové plochy, úrody) je, že sú viazané na administratívnu úroveň členenia Slovenska a nerešpektujú danosti daného územia a nároky plodín na podmienky prostredia (<http://www.statistics.sk/pls/elisw/MetalInfo.explorer?cmd=open&s=1006&sso=6>).

Ďalším zdrojom údajov je indentifikačný systém poľnohospodárskych pôd Slovenska (ďalej ako LPIS údaje - Land Parcel Identifikation System), ktorý poskytuje priestorovú a časovú informáciu o využívaní krajiny. Nedostatkým týchto priestorových údajov je, že zachytávajú iba

tú poľnohospodársku pôdu, ktorá je hlásená a evidovaná v identifikačnom systéme poľnohospodárskych pôd Slovenska (cca 90,5 % pôdy) (MP SR, 2008).

Cieľom tohto príspevku je prezentovať tvorbu priestorového modelu distribúcie plodín v rozlíšení 1 x 1 km s využitím dostupných informácií o poľnohospodárskej krajine, ktoré sú v súčasnosti k dispozícii. Uvedený prístup je prezentovaný na dvoch vybratých plodinách, t.j. pšenica letná forma ozimná (ďalej ako pšenica ozimná) a kapusta repková pravá (ďalej ako repka olejná).

Problematika je riešená v rámci medzinárodného projektu CC-TAME (Climate Change: Terrestrial Adaptation & Mitigation in Europe) (<http://www.cctame.eu/>).

MATERIÁL A METÓDY

Zdroje údajov

Základné zdroje údajov, ktoré boli použité pri tvorbe modelu priestorovej distribúcie plodín s rozlíšením 1 x 1 km pre Slovensko možno rozdeliť na:

- a) geografické údaje – LPIS údaje (Land parcel identification system). Základným objektom informačného systému je kultúrny diel s viac-menej stabilnými prirodzenými hranicami, tvorený jednou kultúrou (orná pôda, trvalý trávny porast, trvalé kultúry a ďalšie) s jedinečným číslom, čiže identifikátorom dielu. Jedinečné číslo kultúrneho dielu zabezpečuje jeho jednoznačnú identifikáciu v priestore a čase na základe, ktorého možno monitorovať a aktualizovať vývoj krajiny pokrývky a plodín. Pre tvorbu modelu priestorovej distribúcie boli použité LPIS údaje za časové obdobie 2005 až 2009 (MPSR, 2008).
- b) štatistické údaje – zberové plochy pre viac ako 40 pestovaných plodín a plochy orných pôd v hektároch pre 71 okresov Slovenska, ktoré sú k dispozícii od roku 1997. Pre prácu boli použité okresné štatistiky za obdobie 2004 až 2008, pretože v čase spracovania modelu priestorovej distribúcie neboli k dispozícii štatistické údaje za rok 2009 (<http://www.statistics.sk/pls/elisw/MetalInfo.explorer?cmd=open &s=1006&ss=6>).

Priestorový rámec

Ako základný priestorový rámec pre reprezentáciu údajov o hospodárení na pôde bol použitý grid s priestorovým rozlíšením 1x1 km, ktorý bol harmonizovaný s celoeurópskym geografickým gridom (http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/reference_grids/reference_grids.cfm), ktorý predstavuje základný priestorový rámec pre tvorbu modelu priestorovej distribúcie plodín. Každá bunka základného priestorového rámca predstavuje základnú priestorovú jednotku v rámci ktorej bola vykonaná analýza využívania krajiny a pestovaných plodín a prostredníctvom ktorej sú reprezentované výstupy analýz.

Analýza štruktúry pestovaných plodín

Ako zdroj údajov pre analýzu štruktúry plodín bol použitý LPIS za časové obdobie 2005-

2009. V databázach LPIS údajov za jednotlivé roky sme zjednotili názvoslovie pestovaných plodín, tak aby názvy plodín korešpondovali s plodinami Štatistického úradu. V prípade niektorých plodín došlo k zlúčeniu alebo úplnému odstráneniu (neprodukčná OP, neprodukčné TTP, ostatné plodiny, trvalé kultúry, zelenina a trvalé trávne porasty).

Z LPIS údajov za jednotlivých rokoch boli vybrané iba tie kultúrne diely, na ktorých bola deklarovaná kultúra orná pôda. Kultúrne diely, ktoré tvoria základ informačného systému o využívaní krajiny môžu byť využívané viacerými užívateľmi, avšak informácia o ich využívaní nie je priestorová. Preto pre analýzu bola vybratá iba skupina kultúrnych dielov v rámci ktorých bol sumár užívateľského využitia minimálne 75 %. Tento sumár využívania kultúrneho dielu predstavoval reprezentatívne zastúpenie plodín na danom kultúrnom diely v jednotlivých rokoch. Podiely plodín na takto vybraných kultúrnych dieloch boli prepočítané, tak aby ich suma predstavovala 100 %. Takto bolo upravených v roku 2005 60 %, v roku 2006 24,29 %, v roku 2007 27,13 %, v roku 2008 28,92 % a v roku 2009 30,30 % kultúrnych dielov. V prípade, ak suma výmer pestovaných plodín na kultúrnom diely prevyšovala výmeru kultúrneho dielu boli výmery plodín a ich podiely opätovne prepočítané tak, aby suma podielov na danom kultúrnom diely bola 100 %. Takto bolo opravených v roku 2005 2,70 %, v roku 2006 1,74 %, v roku 2007 2,00 %, v roku 2008 1,71 % a v roku 2009 1,97 % kultúrnych dielov.

Prienikom vrstvy kultúrnych dielov a základného priestorového rámca bol zabezpečný prenos informácií o využívaní pôdy do jednotiek základnej priestorového rámca s rozlíšením 1 km a bola tak získaná výmera ornej pôdy a plodín pre každý z rokov 2005–2009. Vzhľadom nato, že výmera deklarovanej ornej pôdy mala dynamický charakter na harmonizáciu údajových vstupov sme použili kumulatívnu výmeru ornej pôdy a plodín za celé časové obdobie v základnej priestorovej jednotke.

Z ďalšej analýzy boli odstránené tie jednotky základného priestorového rámca, ktoré nespĺňali kritérium výmery, t.j. minimálna kumulatívna výmera ornej pôdy v základnej priestorovej jednotke aspoň 1ha.

Frekvencia zastúpenia plodín v základnej priestorovej jednotke bola vypočítaná pomocou vzťahu (1):

$$F_{ij} = \left(\frac{\sum_{2005}^{2009} Crp_{ij}}{\sum_{2005}^{2009} AL_j} \right) \times 100 \quad (1),$$

Kde

F_{ij} - frekvencia plodiny (i) v základnej priestorovej jednotke (j),

Crp_{ij} - výmera plodiny (ha) (i) v základnej priestorovej jednotke (j),

AL_j - výmera ornej pôdy (ha) v základnej priestorovej jednotke (j).

Priestorová alokácia štatistických údajov

Základnej priestorovej jednotke bola priradená prislušnosť k okresu na základe dominantnej výmery okresu v jednotke.

Štatistické údaje boli predpripravené tak, aby boli konzistentné s výstupmi analýz z LPIS údajov, čiže za obdobie rokov 2004 až 2008 boli vyjadrené kumulatívne výmery plodín a ornej pôdy za okres, z ktorých boli následne vyjadrené percentuálne podiely plodín (P_j) podľa vzťahu (2):

$$P_j = \left(\frac{\sum_{2004}^{2008} Crp_i}{\sum_{2004}^{2008} AL} \right) \times 100 \quad (2),$$

kde

Crp_i – výmera plodiny (ha) (i) v okrese,

AL – výmera ornej pôdy (ha) v okrese.

Každý základnej priestorovej jednotke bola podľa príslušnosti k okresu priradená štruktúra osevu plodín (P_j).

Alokácia štatistických údajov bola urobená prostredníctvom modifikovaného postupu, ktorý spracoval BALKOVIČ A INÍ (2006) podľa vzťahov (3), (4), (5):

$$Fr_{ij} = \frac{F_{ij} \times w_i}{F_j} \quad (3)$$

$$CS_{ij} = Fr_{ij} \times P_j \quad (4)$$

$$P_{ij} = \frac{CS_{ij}}{w_i} \quad (5)$$

kde

Fr_{ij} – váhová frekvencia plodiny (i) v základnej priestorovej jednotke (j),

w_i – váhový koeficient, ktorý bol vyjadrený ako podiel výmery ornej pôdy v základnej priestorovej jednotke k celkovej výmere ornej pôdy v okrese,

F_j – okresná frekvencia plodiny z LPIS údajov,

CS_{ij} – podiel plodiny (i) v základnej priestorovej jednotke (j),

P_j – okresný podiel plodiny zo štatistických údajov,

P_{ij} – alokovaný štatistický podiel plodiny (i) v základnej priestorovej jednotke (j).

Modifikácia použitého postupu spočívala vo vyjadrení váhového koeficientu, ktorý sme vyjadрили ako podiel výmery ornej pôdy v základnej priestorovej jednotke okresu a celkovej výmery ornej pôdy za okres.

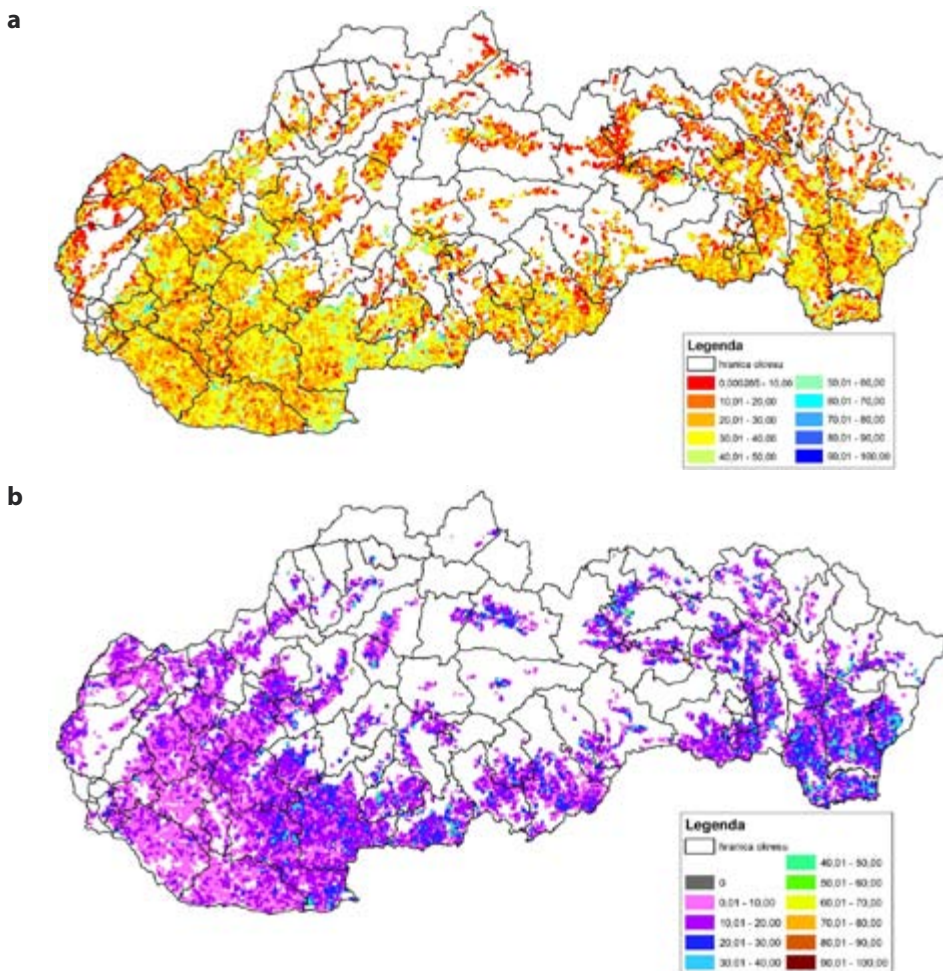
VÝSLEDKY A DISKUSIA

Frekvencia pestovania pl odín

Pšenica ozimná je naša najdôležitejšia a najpestovanejšia obilnina. Ako vidno z obrázka 1 a vyššie zastúpenie pšenice ozimnej je v južných častiach západného a východného Slovenska, kde sú jej podiely v rámci jednotlivých základných priestorových jednotiek v rozpätí 30 až 40 %. Niektoré základné priestorové jednotky spomínaných oblastí majú podiely pšenice ozimnej až do 60 %. Nižšie zastúpenie pšenice ozimnej je v severnejších častiach východného, stredného Slovenska a na severozápadnom Slovensku, kde sa podiely pšenice ozimnej pohybujú okolo 10 %.

Najpestovanejšia olejnina, repka olejná, sa najviac pestuje na východnom a strednom Slovensku a tiež v severných častiach južného Slovenska. Zastúpenie repky olejnej sa v týchto

Obr. 1 Frekvencia pestovania plodín v základnej priestorovej jednotke s rozlíšením 1 × 1 km vyjadrená v % – a.) pšenica ozimná, b.) repka olejná



oblastiach pohybuje od 20 do 40 % v jednotke základného priestorového rámca. Nižšie percento resp. zastúpenie repky olejnej je v juhozápadných oblastiach Slovenska, kde sa podiely tejto plodiny pohybujú prevažne okolo 10 % (Obr. 1 b).

Priestorová alokácia štatistických údajov

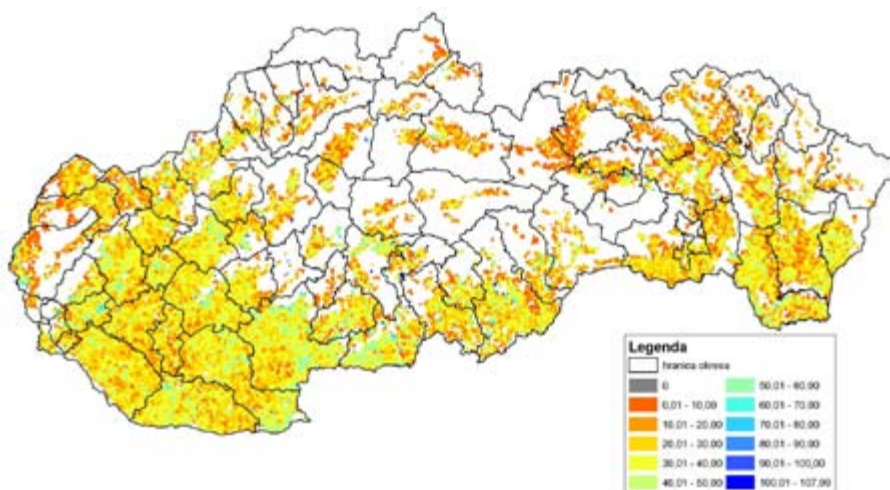
Distribúcia štatistických údajov pšenice ozimnej a repky olejnej kopíruje v určitých rysoch frekvenciu týchto plodín (Obr. 2 a a 2 b).

Vyššie zastúpenie pšenice ozimnej je na južnom Slovensku, kde sa jej podiely pohybujú od 30 do 40 percent. Nižšie zastúpenie pšenice ozimnej je v severných častiach východného a stredného Slovenska a tiež aj severozápadnej časti Slovenska.

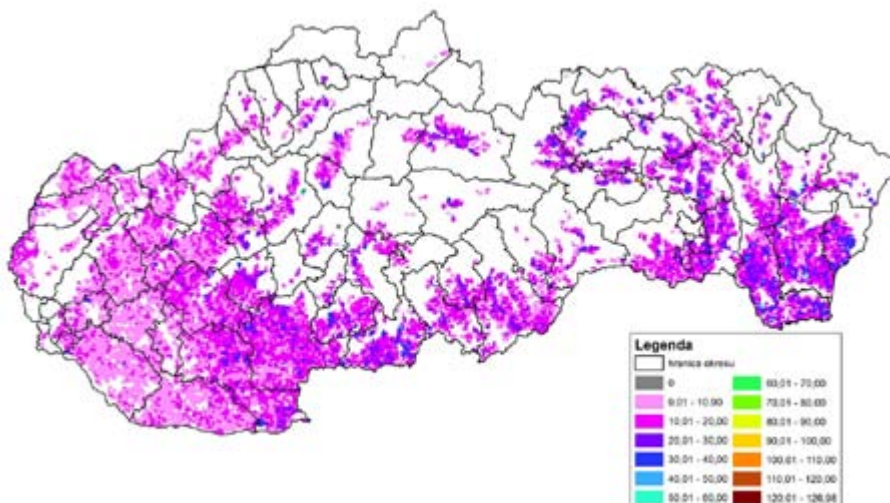
Zastúpenie repky olejnej je najvyššie na juhovýchodnom a severovýchodnom Slovensku

Obr. 2 Priestorová alokácia štatistických údajov v základnej priestorovej jednotke s 1×1 km vyjadrná v % – a.) pšenica ozimná, b.) repka olejná

a



b



a tiež na strednom Slovensku, kde sa podiely pohybujú od 10 do 40 %. Nižšie podiely repky olejnej v rámci základných priestorových jednotiek (do 10 %) sú na južnom Slovensku.

Porovnanie frekvencie pestovania plodín a alokovaných štatistických údajov

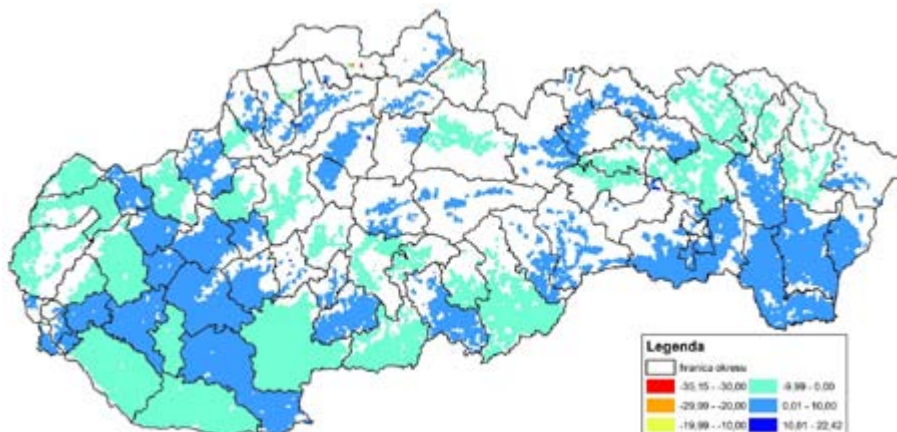
Pri porovnávaní frekvencií pestovania plodín a distribuovanej štatistiky plodín v základnej priestorovej jednotke sú zistené rozdiely. Frekvencia pestovania pšenice ozimnej z LPIS údajov je v porovnaní so štatistickými údajmi nadhodnotená v 45 okresoch, kým v ostatných okresoch sú LPIS údaje podhodnotené oproti štatistike (Obr. 3 a).

Frekvencie pestovania repky olejnej v základnej priestorovej jednotke sú nadhodnotené vo väčšine okresov okrem 2, t.j. Spišská Nová Ves a Stropkov (Obr. 3 b), kde sú podhodnotené.

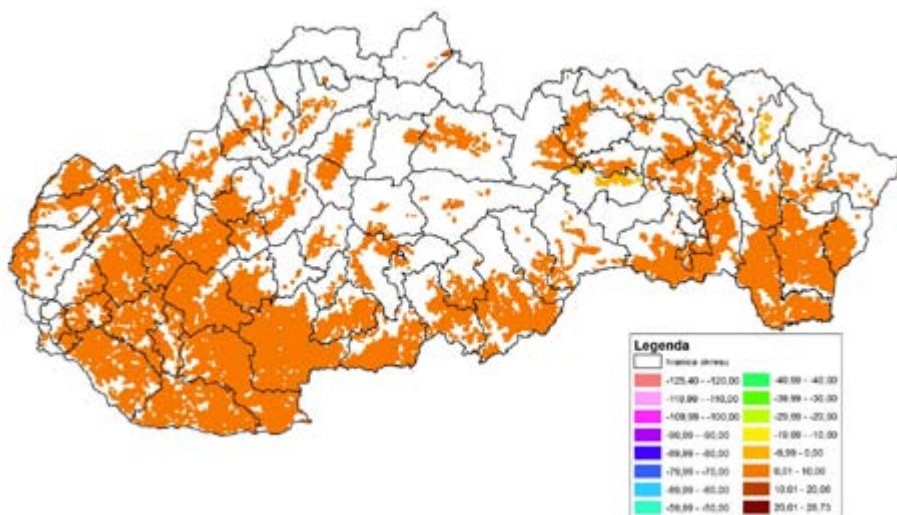
V niekoľkých jednotkách základného priestorového rámca (16 - pšenica ozimná, 5 - repka olejná) podiely alokovaných štatistických údajov pšenice ozimnej a repky olejnej prevyšujú 100

Obr. 3 Rozdiel medzi frekvenciou pestovania a alokovanými štatistickými údajmi v základnej priestorovej jednotke s rozlíšením 1×1 km (%) – a.) pšenica ozimná, b.) repka olejná

a



b



percent, maximálne prevýšenie u pšenice ozimnej je o 7,99 % a u repky olejnej o 26,98 %. Bolo to spôsobené rozdielmi resp. nekonzistenciou medzi okresnými podielmi plodín z LPIS a okresnými podielmi plodín zo štatistiky. Základnou podmienkou použitej metódy pre alokáciu štatistických údajov do priestoru je predpoklad, že percentuálne zastúpenie plodín za okres podľa štatistiky je približne rovné percentuálnemu zastúpeniu plodín z LPIS údajov. V prípade, že to tak nie je môže k nesprávnej priestorovej alokácii plodín v rámci základných priestorových jednotiek. Pri interpretácii priestorového modelu distribúcie plodín je to potrebné zohľadniť.

Porovnanie existujúcich modelov s vytvoreným modelom distribúcie plodín

Vytvorený priestorový model distribúcie pšenice ozimnej a repky olejnej predstavuje novší model využívania krajiny v porovnaní s priestorovou distribúciou zberových plôch plodín ZELENSKÉHO (1980) a IVANIČKOU (1981) Mapou využitia zeme SSR, vzhľadom k tomu, že vychádza z novších údajov o využívaní krajiny za časové obdobie 2005–2009. Spomínaný model priestorovej alokácie pšenice ozimnej a repky olejnej je oproti geografickej databáze využívania poľnohospodárskych pôd Slovenska TARASOVIČOVÁ A INÍ (2009) podrobnejší a presnejší, pretože je vytvorený v základnom priestorovom rámci s rozlíšením 1 × 1 km.

ZÁVER

Bol vytvorený model distribúcie pšenice ozimnej a repky olejnej s rozlíšením 1 × 1 km. Výsledky porovnávania frekvencií pestovania plodín (pšenica ozimná, repka olejná) a distribuovaných štatistických údajov v základnej priestorovej jednotke s rozlíšením 1 × 1 km poukazujú na rozdiely, ktoré boli spôsobené nekonzistenciou vstupných údajov, t.j. LPIS a štatistické údaje.

Vytvorený priestorový model distribúcie plodín (pšenica ozimná, repka olejná) predstavuje dôležitú vstupnú informáciu o využívaní krajiny. Je základom pre tvorbu ďalších priestorových modelov o hospodárení na pôde ako je model striedania plodín, dátumov sejby, sadenia a zberu plodín, model organického a anorganického hnojenia, obrábania pôdy, závlah.

LITERATÚRA

- BALKOVIČ, J. - SCHMID, E. - MOLTCHANOVA, E. - SKALSKÝ, R. - POLTÁRSKA, K. - MÝLLER, B. - BUJNOVSKÝ, R. 2006. *Data processing*. In Carbon Sink Enhancement in Soils of Europe: Data, Modeling, Verification Ed. V. Stolbovov, L. Montanarella, P. Panagos. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2007, p. 74-139. ISBN 978-92-79-07691-6.
- BARANČÍKOVÁ, G. - HALAS, J. - GUTTEKOVÁ, M. - MAKOVNÍKOVÁ, J. - NOVÁKOVÁ, M. - SKLASKÝ, R. - TARASOVIČOVÁ, Z. 2010. *Application of RothC model to predict soil organic carbon stock on agricultural soils of Slovakia*. In Soil and Water Research, vol. 5, 2010, no. 1, p.1-9. ISSN 1801-5395.
- CERRI, C. E. P. - EASTER, M. - PAUSTIAN, K. - KILLIAN, K. - COLEMAN, K. - BERNOUX, M. - FALLON, P. - POWLSON, D. S. - BATJES, N. H. - MILNE, E. - CERRI, C. C. 2007. *Predicted soil organic stock and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030*. In Agriculture, Ecosystems & Environment, vol. 122, 2007, no.1, p. 58-72. ISSN 0167-8809.
- EASTER, M. - PAUSTIAN, K. - KILLIAN, K. ET AL. 2007. *The GEFSOC soil carbon modelling system: A tool for conducting regional-scale soil carbon inventories and assessing the impacts of land use change on soil carbon*. In Agriculture, Ecosystems & Environment, vol. 122, 2007, no.1, p. 13-25. ISSN 0167-8809.
- European Reference Grid [online]*. European Community. C1995 – 2010, the last actualization 01/10/2010. Available on internet: <http://eusoils.jrc.ec.europa.eu/library/reference_grids/reference_grids.cfm>, April 2010 [cit. 2010-04-27].
- IVANIČKA, K. 1981. *Mapa využitia zeme Slovenskej socialistickej republiky, 1: 250 000*. Bratislava: Slovenská kartografia, 1981.
- LEFF, B. - RAMANKUTTY, N. - FOLEY, J. A. 2004. *Geografic distribution of major crops across the world*. In Global

- Biogeochemical Cycles (2004), 18, GB1009, doi:10.1029/2003GB002108.
- Ministerstvo pôdohospodárstva Slovenskej republiky 2008. *Informačný systém /IS/: Identifikačný systém poľnohospodárskych parciel (Land Parcel Identification System) – register produkčných poľnohospodárskych plôch*, naposledy aktualizované 20/10/2008. Dostupné na internete: <<http://mis.mpsr.sk/index.php?start&mis=2&go=9&is=0001>>
- NOVÁKOVÁ, M. 2007. *Interpolácia meteorologických údajov pre potreby monitoringu stavu, vývoja a odhadu úrod poľnohospodárskych plodín*. In Vedecké práce 29. Bratislava: VÚPOP, s. 93-103. ISBN 978-802-89128-59-4
- SKALSKÝ, R. 2005. *The georeferenced database of agricultural soils of Slovakia*. In Vedecké práce 27. Bratislava: VÚPOP, 2005, s. 97-110. ISBN 80-89128-17-3.
- SKALSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. – NOVÁKOVÁ, M. 2006. *Novšie prístupy k tvorbe údajov pre potreby hodnotenia pôdy a krajiny*. In Sobocká, J. – Džatko, M. (eds.) *Od mapovania a hodnotenia pôd k udržateľným sústavám využívania pôdy a krajiny*. Zborník z vedeckého seminára. Bratislava: VÚPOP, 2006, s. 86-95, ISBN 80-89128-27-0.
- SKALSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. – BEZÁK, P. – NOVÁKOVÁ, M. 2009. *Budovanie informačného systému o poľnohospodárskych pôdach Slovenska s využitím simulačných modelov – východiská a perspektívy*. In Vedecké práce 31. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 151-162. ISBN 978-80-98128-59-4.
- Poľnohospodárstvo, lesníctvo, rybárstvo [online]*. Štatistický úrad Slovenskej republiky, naposledy aktualizované 18/02/2010, Dostupné na internete <<http://www.statistics.sk/pls/elisw/MetalInfo.explorer?cmd=open&s=1006&ss=6>>, stránka navštívená 1. októbra 2010.
- TARASOVIČOVÁ, Z. – NOVÁKOVÁ, M. – SKALSKÝ, R. – BALKOVIČ, J. 2009. *Geografická databáza vstupov o počasí, pôde, využívaní krajiny pre model RothC*. In Vedecké práce 31. Bratislava: VÚPOP, 2009, s. 151-162. ISBN 978-80-98128-59-4.
- ZELENSKÝ, K. 1980. *Poľnohospodárstvo, poľovníctvo a lesné hospodárstvo*. In Atlas SSR. SAV: Bratislava, 1980. s. 175-212.
- YOU, L. – WOOD, S. – WOOD-SICHRA, U. 2006. *Generating Global Crop Distribution Maps: From Census to Grid*. Presentation at the International Association of Agricultural Economics Conference, Gold Coast, Austria, August 11-18, 2006. p. 16.
-

Vedecké práce

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy č. 32

© Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy Bratislava

Zodpovedný redaktor: Ing. Radoslav Bujnovský, CSc.

Recenzent: prof. Ing. Bohdan Juráni CSc.

Grafická úprava: Ing. Karol Végh

Vydal: Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy

Gagarinova 10, Bratislava

Tlač: Edičné stredisko

Výskumného ústavu pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

Gagarinova 10

Počet strán: 120

Náklad: 150 ks

ISBN 978-80-89128-82-2

Texty neprešli jazykovou úpravou.



ISBN 978-80-89128-82-2



9 788089 128822