

MAPOVANIE A HODNOTENIE ENVIRONMENTÁLNYCH FUNKCIÍ POĽNOHOSPODÁRSKÝCH PÔD SLOVENSKA

Jozef Vilček*

* Národné poľnohospodárske a potravinárske centrum, Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy,
Raymanova 1, 080 01 Prešov, j.vilcek@vupop.sk

Prešovská univerzita v Prešove, Fakulta humanitných a prírodných vied, ul. 17. novembra 1, 081 16 Prešov,
jezef.vilcek@unipo.sk

Mapping and evaluation of the environmental functions of agricultural soils in Slovakia

This work presents information on rating and financial evaluation of environmental soil potential indexes (ESPI). These indexes enable identification of relatively homogenous spatial units with the specific soil capacity to provide for its individual environmental functions. The ESPI four-digit code expresses the degree of capacity of the soil to accumulate water, to immobilize the risk elements and substances and to transform risk substances (organic pollutants). In agricultural soils of Slovakia 493 combinations of environmental soil potential index were found. Each index is expressed through rating (point) value and financial value. The average value of the Slovak agricultural land to provide for selected ecological soil functions is 55.3 points, which in financial expression represent 35.946 billion € for agricultural land or approximately 1.42 € per square metre.

Key words: ecological soil functions, environmental potential, soil, soil evaluation, Slovakia

ÚVOD

Hodnotenie pôdy sa doposiaľ zväčša realizuje cez prínosy súvisiace s finančnými ziskami z pestovania plodín, alebo s jej finančnou hodnotou, ktorú predstavuje ako nehnuteľný majetok. Ako uvádza Juráni (2005), prakticky na celom svete je dnes bonita poľnohospodárskej pôdy odvodená od jej produkčnej funkcie a súčasné znalosti o iných pôdnych funkciách nie sú zatiaľ premietnuté do žiadnej bonitácie pôd.

Pôda však, podobne ako ostatné ekosystémy, plní celý rad funkcií a dôležitých úloh, ktoré nie je možné priamo premietnuť do trhovej ekonomiky. To však neznamená, že tieto služby nemajú hodnotu. Najmä vo vyspelých krajinách, v ktorých je dostatok potravy, sa význam pôdy čoraz častejšie posudzuje z pohľadu jej postavenia v systéme ekologických vzťahov medzi jednotlivými zložkami životného prostredia. V ekosystémoch Zeme má pôda nenahraditeľné postavenie aj vzhľadom na schopnosť zabezpečovať také ekologické (mimoprodukčné) funkcie, akými sú akumulácia vody či imobilizácia a transformácia cudzorodých látok.

V tejto súvislosti je dnes aktuálne aj hodnotenie a oceňovanie environmentálnych funkcií pôdy, ktoré čoraz viac nadobúdajú nielen ekonomický, ale aj etický a morálny rozmer. Hodnotenie a oceňovanie schopnosti pôdy zabezpečovať životne dôležité úlohy môže výraznou mierou napomôcť pri jej nevyhnutnej ochrane, najmä pri nepremyslených záberoch či antropických zásahoch do krajinného prostredia.

Kým o význame pôdy pre spoločnosť v súvislosti s jej funkciami a spôsobom využívania sú dostupné viaceré odborné poznatky (napr. Blum 1993, Bujnovský a Juráni 1999, Bedrna 2002, Šarapatka et al. 2002 A Vilček et al. 2005), vzťahy týchto funkcií k priamym a nepriamym ekonomickým prínosom a ich hodnotenia sú neznáme (Wood et al. 2005). Ako vyplýva z celého radu prác (napr. deGroot 1992, Constanza et al. 1997 a Faber et al. 2002), krátkodobé zisky z využívania krajiny nie sú spravidla vyvážené prostriedkami na obnovu jednotlivých zložiek prírodného prostredia. V prípade pôdy je to dané aj tým, že ekologické funkcie pôdy nie sú zahrnuté do výrobných nákladov, resp. trhových nástrojov, a aj v systéme politických rozhodnutí sa im venuje minimálna pozornosť. Okrem toho, ako uvádza Heal (2000), cena environmentálnej služby neodráža jej spoločenský význam, pretože ekonomika je zameraná na ceny (spravidla viazané na trh) a nie na hodnoty, resp. významnosť týchto služieb pre spoločnosť.

V súčasnosti sa čím ďalej, tým viac pozeráme na pôdu nielen ako na základný prostriedok na výrobu potravín, ale tiež ako na zložku prírody, ktorá zabezpečuje ekologickú stabilitu prostredia a život na našej Zemi. Vyjadriť a ohodnotiť túto funkciu je oveľa zložitejšie ako to bolo pri hodnotení produkčnej funkcie. Environmentálne funkcie pôdy boli a sú využívané automaticky bez ohľadu na to, či si to spoločnosť uvedomuje alebo nie. V skutočnosti nie sú funkciami, ktoré človek priamo a vedome doteraz využíval. Široká verejnosť nie je o nich dostatočne informovaná a prirodzene inklinuje k tým funkciám, ktoré sa spájajú s priamymi ekonomickými prínosmi pre užívateľa. Hodnota potenciálu environmentálnych funkcií pôdy sa môže prejavíť vtedy, keď sa ich využívanie premietne do ekonomických nákladov, resp. výnosov.

Do dnešného dňa neexistuje fundovane prepracovaný systém, ktorý by napr. prostredníctvom kódov umožňoval v krajine identifikáciu i hodnotenie pôdných jednotiek vzhľadom na schopnosť plniť ekologické funkcie. V snahe urobiť možno prvý krok pri kodifikácii pôd z pohľadu ich neprodukčných funkcií sme sa pokúsili vypracovať systém kombinácie čísel, ktoré by vyjadrovali mieru plnenia podľa nášho názoru ťažiskových environmentálnych funkcií pôd. Ide o schopnosť poľnohospodárskych pôd Slovenska akumulovať vodu, imobilizovať a transformovať cudzorodé látky.

Identifikácia pôdných vlastností a parametrov podľa kódov je nezvratný proces, ktorý si vyžiadal súčasný trend využívania výpočtovej techniky a geografických informačných systémov. Pôdne vlastnosti sú takto priestorovo ľahko znázorniteľné, obsahovo sa dajú triediť, kategorizovať a využívať pre ďalšie aplikácie. Informačné technológie založené na využívaní kódov sú teda praktické a po objasnení algoritmu ich tvorby aj pochopiteľné a využiteľné nielen pre odbornú, ale aj laickú verejnosť.

Cieľom tohto príspevku je snaha o bodové i finančné ohodnotenie systému územných jednotiek určených na základe systému tzv. indexov environmentálneho potenciálu pôd (IEPP). IEPP slúžia ako priestorový identifikátor vyjadrujúci heterogenitu schopnosti poľnohospodárskych pôd Slovenska zabezpečovať vybrané environmentálne funkcie (ekosystémové služby).

PRINCÍPY A VÝCHODISKÁ MAPOVANIA I HODNOTENIA EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB PÔD – METODIKA VÝSKUMU

Jednotlivé funkcie pôd prebiehajú súčasne, t. j. v akomsi vzájomnom komplexe. Aj keď môžeme hodnotiť každú samostatne, predsa len v konečnom dôsledku ide o jeden ekosystém, a preto je vhodné takto ho aj posudzovať. Uvedený prístup platí osobitne pri hodnotení celkovej schopnosti pôdy plniť environmentálne funkcie a tiež pri snahe o jej finančné vyjadrenie.

Nami hodnotené environmentálne funkcie pôdy predstavujú – na súčasnej úrovni poznania danej problematiky – najvýznamnejšie a najprebádanejšie funkcie, ktoré dokážeme priamo merať, resp. modelovo odvodiť ich potenciál. Sme si vedomí, že existuje celý rad iných (a určite nemenej dôležitých) funkcií, ktoré sme do našich analýz nezahrnuli. Ich hodnotenie môže byť po zjednotení metodických postupov predmetom ďalšieho výskumu. Ako údajovú základňu pre hodnotenie relevantných environmentálnych funkcií pôd sme využili informačný systém (databázy údajov i priestorového rozšírenia) o poľnohospodárskych pôdach Slovenska, ktorý spravuje VÚPOP Bratislava. Analýza i interpretácia výsledkov bola spracovaná pomocou geografického informačného systému ArcView.

Nami vytvorené indexy environmentálneho potenciálu pôdy pozostávajú z číselného vyjadrenia miery schopnosti zabezpečovať akumuláciu vody, imobilizáciu rizikových prvkov, imobilizáciu organických polutantov a transformáciu organických polutantov. Pri ich tvorbe boli preto použité parciálne hodnotenia miery schopnosti pôd zabezpečovať nasledovné funkcie: schopnosť pôdy akumulovať vodu, schopnosť pôdy imobilizovať rizikové prvky, schopnosť pôdy imobilizovať organické polutanty a schopnosť pôdy transformovať organické polutanty.

Schopnosť pôdy akumulovať vodu

Každá pôda má prirodzenú schopnosť akumulácie vody v profile a krajine. Táto schopnosť je závislá od relatívne stabilných i dynamických znakov pôdy a zároveň aj od mimopôdných činiteľov. Na vyjadrenie schopnosti pôd akumulovať vodu boli použité primárne indikátory (poľná vodná kapacita a hĺbka pôd) a sekundárne indikátory (zrnitostné zloženie, obsah organického uhlíka a objemová hmotnosť pôd).

Hodnoty poľnej vodnej kapacity ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$) boli vypočítané pomocou analytického vyjadrenia retenčnej čiary (Van Genuchten 1980) pre približne 61 000 horizontových záznamov zo sond komplexného prieskumu pôd. Štatisticky boli vyhodnotené pre zrnitostné kategórie pôd (na základe obsahu celkového ílu) aj intervaly obsahu pôdneho organického uhlíka pomocou kontingenčnej tabuľky. Následne boli agregované pre zrnitostné kategórie digitálnej vrstvy BPEJ (bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek – Džatko 2002), čím sa v hodnotení retenčnej schopnosti zohľadnila priestorová distribúcia zrnitosti. Uvedené hodnoty boli s prihliadnutím na hĺbku pôdy (v zmysle kategorizácie BPEJ) prepočítané na potenciál pôd akumulovať vodu vyjadrený v mm vodného stĺpca, teda na zásobu vody. Pre hodnotenie schopnosti pôd akumulovať vodu bola od poľnej vodnej kapacity (mm) odvodená kategorizácia potenciálnej zásoby vody v pôde s piatimi kategóriami.

Z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku zaberá kategória s veľmi vysokou schopnosťou 13,9 %, vysokou schopnosťou 37,2 %, strednou schopnosťou 14,1 %, nízkou schopnosťou 13,4 % a veľmi nízkou schopnosťou 21,4 %.

Tab. 1. Kategórie schopnosti pôdy akumulovať vodu

Kód	Kategória	Poľná vodná kapacita (mm)
1	veľmi vysoká	400 <
2	vysoká	301 – 400
3	stredná	201 – 300
4	nízka	100 – 200
5	veľmi nízka	< 100

Schopnosť pôdy imobilizovať rizikové prvky

Vzhľadom na prísun látok zaťažujúcich životné prostredie zohráva schopnosť pôd filtrovať anorganické polutanty dôležitú úlohu (funkciu). Pre vyjadrenie schopnosti pôd filtrovať, resp. imobilizovať rizikové prvky bol zvolený postup podľa Makovníkovej et al. (2006). Algoritmus zohľadňuje tzv. pôdne indikátory (primárne: mobilný obsah a celkový akumulovaný obsah rizikových prvkov; sekundárne: pH, obsah a kvalita organickej hmoty, hrúbka humusového horizontu, celková pórovitosť a obsah pôdných častíc menších ako 0,01 mm) a indikátory prostredia (ročný úhrn atmosférických zrážok, vstupy rizikových prvkov do pôdy a manažment pôdy). Potenciál schopnosti pôd imobilizovať rizikové prvky je vyjadrený kumulatívnou rovnicou:

potenciál filtrácie = potenciál sorpcie + potenciál celkového obsahu rizikových prvkov

Potenciál sorpcie je funkciou kvalitatívnych faktorov (pH, Q_6^4) a kvantitatívnych faktorov (C_{ox} , hrúbka humusového horizontu). Je vyjadrený v bodoch, pričom veľmi vysokej schopnosti prislúcha hodnota 0-1,00 bodov vysokej 1,01-2,00, strednej 2,01-3,00, nízkej 3,01-4,00 a veľmi nízkej nad 4,00 bodov.

Potenciál celkového obsahu rizikových prvkov zahrnuje všetky formy, v ktorých sa konkrétny prvok v pôde nachádza a hodnotí sa podľa limitných hodnôt uvedených v Zákone č. 220/2004 Z.z. so zohľadnením zrnitostných kategórií. Je vyjadrený v bodoch, pričom pôdam s vysokým potenciálom (obsah aspoň jedného prvku je nad 200 % limitu) bola priradená bodová hodnota 5, pôdam so stredným potenciálom (obsah aspoň jedného prvku je od 120-200 % limitu) bola priradená bodová hodnota 3, pôdam s nízkym potenciálom (obsah aspoň jedného prvku je od 80-120 % limitu) bola priradená bodová hodnota 1 a pôdam s veľmi nízkym potenciálom (obsah všetkých prvkov je nižší ako 80 % limitu) bola priradená bodová hodnota 0.

Z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku zaberá kategória s veľmi vysokou schopnosťou 33,3 %, vysokou schopnosťou 18,6 %, strednou

schopnosťou 13,9 %, nízkou schopnosťou 15,0 % a veľmi nízkou schopnosťou 20,2 %.

Tab. 2. Kategórie schopnosti pôdy imobilizovať (filtrovať) rizikové prvky

Kód	Kategória	Rozsah bodov
1	veľmi vysoká	< 2,5
2	vysoká	2,6 – 4,5
3	stredná	4,6 – 6,5
4	nízka	6,6 – 8,5
5	veľmi nízka	8,5 <

Schopnosť pôdy imobilizovať organické polutanty

Schopnosť pôd filtrovať a teda imobilizovať organické polutanty zohráva významnú úlohu najmä pri možnej kontaminácii potravinového reťazca, prípadne prieniku do podzemných vôd. Pre hodnotenie schopnosti pôdy imobilizovať organické polutanty bol zvolený postup podľa publikácie Barančíková a Makovníková (2003). Podľa nich je minimálny súbor indikátorov charakterizovaný množstvom C_{ox} a kvalitou (Q_6^4) pôdnej organickej hmoty, hrúbkou humusového horizontu, obsahom ílu a hĺbkou pôdy. Ako indikátor prostredia zvolila ročný úhrn atmosférických zrážok. Hodnotenie schopnosti pôd plniť túto funkciu bolo spracované na základe kategorizácie tzv. indexov imobilizácie, ktoré stanovila Barančíková (In Bujnovský et al. 2009) nasledovne:

$$\text{index imobilizácie} = 0,00001 * (-0,3125 * Z + 1125) * [0,5076 * (13 - Q) * C * H + 0,44 * I * P],$$

kde Z je priemerný ročný úhrn zrážok (v mm), Q je kvalita organickej hmoty (indikovaná farebným kvocientom Q_6^4), C je množstvo organického uhlíka v humusovom horizonte (hmotnostné %), H je hrúbka humusového horizontu (m), I je zastúpenie pôdnych častíc < 0,01 mm a P je hĺbka pôdy (m).

Príslušná kategória schopnosti pôd filtrovať organické kontaminanty sa určí podľa tab. 3.

Tab. 3. Kategórie schopnosti pôdy imobilizovať (filtrovať) organické polutanty

Kód	Kategória	Rozsah bodov
1	veľmi vysoká	14,35 <
2	vysoká	10,12 – 14,35
3	stredná	6,75 – 10,11
4	nízka	4,16 – 6,74
5	veľmi nízka	< 4,16

Z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku zaberá kategória s veľmi vysokou schopnosťou 3,3 %, vysokou schopnosťou 10,9 %, strednou schopnosťou 48,7 %, nízkou schopnosťou 33,3 % a veľmi nízkou schopnosťou 3,8 %.

Schopnosť pôdy transformovať organické polutanty

Transformačná schopnosť pôdy zahŕňa premenu látok fyzikálnymi, chemickými a biologickými procesmi, pričom organický kontaminant v pôde môže podľahnúť úplnej mineralizácii alebo čiastočnej degradácii. V tomto hodnotení je uvedená schopnosť pôdy vnímaná z pohľadu rozkladu toxického organickej látky na netoxické koncové produkty. Degradácia organických kontaminantov v pôde prebieha biologickou aj abiotickou cestou, pričom oba typy degradácie sa dejú paralelne. Vzhľadom na nedostatok literárnych údajov kvantifikujúcich ich vzájomné prepojenie považujeme pre potreby prezentovaného hodnotenia oba procesy za nezávislé. Podrobnú metodiku hodnotenia transformácie organických kontaminantov v pôdach Slovenska, z ktorej sme vychádzali, vypracovali Barančíková a Madaras (2003). Hodnotenie schopnosti pôdy transformovať organické kontaminanty zahŕňa množstvo (C_{ox}) akvalitu (Q) pôdnej organickej hmoty, obsah ílu (I), pH – t. j. pôdne indikátory aindikátor prostredia – priemernú ročnú teplotu vzduchu (T). Všeobecná rovnica potenciálnej transformácie organických kontaminantov (Barančíková, in Bujnovský et al. 2009) má tvar:

$$\text{index transformácie} = ,66 * \text{index biotransformácie (IBT)} + 0,33 * \text{index abiotickej transformácie (IAT)}$$

Podobne ako v prípade imobilizácie organických kontaminantov, po dosadení príslušných normalizačných funkcií a po úprave majú rovnice indexu abiotickej transformácie (IAT) a indexu biotickej transformácie (IBT) nasledovné tvary:

$$IAT = 0,66 * (13 * C - Q * C + I)$$

$$IBT = 0,01818 * (pH^2 - 13pH + 26,4) * (Q - 13) * (T + 4,9) * C_{red} * X,$$

kde C je množstvo humusu, Q je kvalita humusu (indikovaná farebným kvocientom Q_6^4), I je zastúpenie pôdnych častíc < 0,01 mm, T je priemerná ročná teplota vzduchu, C_{red} – pre $C_{ox} > 2,3$ sa dosadzuje hodnota 2,3 a X je parameter stanovený na základe vplyvu pH a zrnitostného zloženia na počet baktérií.

Hodnoty indexov vyjadrujúcich schopnosť pôd transformovať xenobiotiká sú rozdelené do piatich kategórií od veľmi nízkej až po veľmi vysokú schopnosť pôdy (tab. 4).

Tab. 4. Kategórie schopnosti pôdy transformovať organické polutanty (Barančíková a Madaras 2003)

Kód	Kategória	Rozsah bodov
1	veľmi vysoká	46,36 <
2	vysoká	38,40 – 46,35
3	stredná	32,62 – 38,39
4	nízka	27,48 – 32,61
5	veľmi nízka	< 27,47

Z celkovej výmery poľnohospodárskych pôd na Slovensku zaberá kategória s veľmi vysokou schopnosťou 14,3 %, vysokou schopnosťou 24,6 %, strednou schopnosťou 29,7 %, nízkou schopnosťou 21,6 % a veľmi nízkou schopnosťou 9,8 %.

HODNOTENIE A MAPOVANIE EKOSYSTÉMOVÝCH SLUŽIEB PÔD – VÝSLEDKY VÝSKUMU

Výsledky nášho bádania vyústili do vyhodnotenia štyroch environmentálnych funkcií pôd a ich kategorizácie podľa miery schopnosti naplňovať ich. Miera schopnosti pôd akumulovať vodu, imobilizovať rizikové prvky (anorganické polutanty), imobilizovať rizikové látky (organické polutanty) a tieto aj transformovať bola vyjadrená v nasledujúcej stupnici:

- 1 – veľmi vysoká schopnosť,
- 2 – vysoká schopnosť,
- 3 – stredná schopnosť,
- 4 – nízka schopnosť,
- 5 – veľmi nízka schopnosť.

Kombináciou takéhoto vyjadrenia hodnotených funkcií vznikol 4-miestny kód – index, ktorý vyjadruje potenciál konkrétnej pôdnej jednotky plniť vybrané ekologické funkcie. Pretože takéto vyjadrenie potenciálu pôd svojím obsahom naplňa skôr environmentálne ako ekologické vzťahy, domnievame sa, že výsledný index by túto skutočnosť mal zvýrazniť aj vo svojom názve. Index environmentálneho potenciálu pôd (IEPP) v sebe zahŕňa: schopnosť pôdy akumulovať vodu, schopnosť pôdy imobilizovať rizikové prvky, schopnosť pôdy imobilizovať organické polutanty a schopnosť pôdy transformovať organické polutanty.

Indexy (kódy) environmentálneho potenciálu boli vypracované pre všetky poľnohospodárske pôdy na Slovensku. V konkrétnom vyjadrení to znamená, že každý, kto má o relevantnú informáciu záujem, môže v zadanej lokalite získať konkrétny kód (IEPP), ako aj jeho priestorovú identifikáciu.

Samotný kód IEPP je funkciou štyroch vybraných mimoprodukčných funkcií. Pretože každú funkciu vieme samostatne posúdiť i vyjadriť jej mieru schopnosti napr. v bodových, resp. finančných hodnotách, je možné takéto hodnotenie vypracovať aj pre každý kód (IEPP).

Priestorová identifikácia (mapovanie) jednotiek určených na základe indexov environmentálneho potenciálu pôd

Indexy environmentálneho potenciálu pôd umožnili identifikovať priestorové jednotky vytvorené na podklade vrstiev a relevantných databáz hodnotených funkcií. Pre každú lokalitu, o ktorej sú známe a dostupné informácie indikujúce mieru schopnosti zabezpečovať jednotlivé funkcie, je teda možné získať informáciu o zodpovedajúcom kóde.

Skutočnosť, že informačný systém o pôdach Slovenska disponuje požadovanými databázami a že jednotlivé indikátory sa dajú priestorovo interpretovať, umožnila kategorizáciu schopnosti pôd Slovenska zabezpečovať ekologické

funkcie aj z hľadiska jej variability v poľnohospodárskej krajine. Vytvorená vrstva o priebehu hraníc a priestorovej diferenciácii indexov environmentálneho potenciálu pôd Slovenska, ktorá je súčasťou informačného systému o pôdach Slovenska, je spracovaná v digitálnom tvare a zahŕňa celú výmeru poľnohospodárskych pôd. Prostredníctvom takéhoto výstupu je možné identifikovať environmentálny potenciál tej ktorej lokality a zároveň takéto poznatky zakomponovať do iných aplikácií, resp. výstupov.

Na území Slovenska evidujeme 493 kombinácií indexov environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd. Znamená to teda, že reálne sa nevyskytujú všetky možné kombinácie miery schopnosti pôd zabezpečovať jednotlivé mimoprodukčné funkcie. Neexistuje napr. kombinácia 1125 alebo 5511 a podobne mnohé iné.

Plošne najviac poľnohospodárskych pôd prislúcha k indexu 2233 (64,4 tis. ha), ktorý vyjadruje vysokú schopnosť pôdy akumulovať vodu a imobilizovať rizikové prvky a strednú schopnosť imobilizovať a transformovať organické polutanty. Vysoké je aj zastúpenie pôd prislúchajúcich k indexom 2333 (52,0 tis. ha) a 4343 (50,3 tis. ha). Uvedené indexy charakterizujú pôdy zo strednou a nižšou schopnosťou plniť environmentálne funkcie. Z tzv. „lepších“ pôd v tomto smere dominuje index 2131 (45,7 tis. ha), ktorý vyjadruje vysokú schopnosť pôdy akumulovať vodu, veľmi vysokú schopnosť imobilizovať rizikové prvky a transformovať organické polutanty a strednú schopnosť imobilizovať organické polutanty. Pomerne vysoké zastúpenie má aj index 2132 (44,8 tis. ha). Príklad priestorového rozloženia hraníc priestorových jednotiek určených na základe indexov environmentálneho potenciálu pôd poskytuje obr. 1.



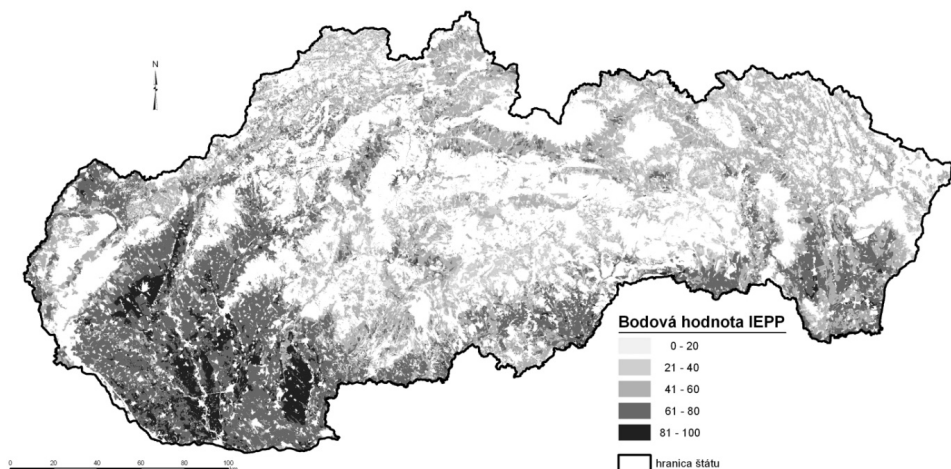
Obr. 1. Ukážka priestorovej dislokácie reálov podľa indexov environmentálneho potenciálu pôd (IEPP)

Bodová hodnota indexov environmentálneho potenciálu pôd

Pri úvahe, že všetky uvažované funkcie sú rovnocenné, a akceptovaní bodového vyjadrenia schopnosti ich plnenia v škále najnižšia schopnosť 0-20

bodov a najvyššia schopnosť 80-100 bodov, sme vyjadrili priemernú bodovú hodnotu pre každý IEPP. Bodová škála sa pre územie Slovenska pohybuje v rozsahu od 20 bodov (index 5555) po 100 bodov (index 1111).

Priemerná bodová hodnota vyjadrujúca schopnosť poľnohospodárskych pôd Slovenska zabezpečovať environmentálne funkcie je 55,3 bodov. Najvyššiu priemernú bodovú hodnotu majú poľnohospodárske pôdy v Nitrianskom kraji (72 bodov) a okrese Šaľa (82 bodov). Najnižšia priemerná bodová hodnota v tomto smere bola zaznamenaná v Prešovskom kraji (48 bodov) a v okrese Košice 1 (42 bodov), resp. Gelnica (41 bodov). Priestorovú diferenciáciu bodovej hodnoty IEPP v zvolenej škále kategórií prezentuje obr. 2.



Obr. 2. Kategorizácia bodových hodnôt indexov environmentálneho potenciálu pôd (IEPP)

Hodnotiacu a bodovú škálu diferenciácie schopnosti pôd plniť jednotlivé environmentálne funkcie sme zachovali aj pre IEPP a v ďalšom kroku sme zoskupili bodové hodnoty jednotlivých kódov IEPP do piatich kategórií (tab. 5).

Tab. 5. Kategórie schopnosti pôd plniť environmentálne funkcie podľa bodovej hodnoty kódu IEPP a ich podiel z poľnohospodárskych pôd Slovenska

Kategória schopnosti pôd zabezpečovať environmentálne funkcie	Bodová hodnota pôd	Územné zastúpenie (%)
veľmi nízka	0 – 20	3,8
nízka	21 – 40	27,2
stredná	41 – 60	37,4
vysoká	61 – 80	26,6
veľmi vysoká	81 – 100	5,0

Finančné vyjadrenie hodnôt indexov environmentálneho potenciálu pôd

Odhad ekonomického prínosu ekologických funkcií pôdy v podmienkach Slovenska bol vypracovaný pred viac než 10 rokmi (Linkeš et al. 1996), ale ich konkrétne ocenenie zatiaľ vypracované nebolo. V nadväznosti na vytvorenie systému jednotiek určených na základe indexov environmentálneho potenciálu pôd (IEPP) a jeho bodové vyjadrenie sme sa preto pokúsili konkrétne typy jednotiek ohodnotiť aj finančne.

Pri hodnotení ekonomických úžitkov funkcie pôdy akumulovať vodu vychádza z predpokladaného zámeru človeka udržať vodu v krajine. Z tohto hľadiska je potom možné nazerať na pôdu a ohodnocovať ju ako „akumulačnú nádrž“ na zadržiavanie vody. V prípade, ak by pôda absentovala, musel by človek takéto nádrže umelo vybudovať a musel by teda vynaložiť primerané finančné náklady na realizáciu takéhoto diela. Z finančných analýz rôznych vodných diel budovaných na Slovensku vyplýva, že náklady na zadržanie 1 m³ vody sa pohybujú na úrovni 2 € (60 Sk).

Celková hodnota poľnohospodárskych pôd Slovenska z hľadiska akumulácie vody stanovená takýmto spôsobom je zhruba 12,5 mld. €. Jeden meter štvorcový poľnohospodárskych pôd má vzhľadom na hodnotenú funkciu cenu asi 0,53 €.

Ocenenie funkcie pôdy imobilizovať cudzorodé látky vychádza z predpokladu, že veľmi vysoká schopnosť pôd zachytávať rizikové prvky a organické kontaminanty sa rovná hodnote nákladov potrebných na očistenie vody v čističkách odpadových vôd (pôda = čistička = filter). Keďže pôda zachytáva súčasne organické i anorganické kontaminanty, použili sme v našich kalkuláciách ocenenie tejto funkcie hodnotou 0,4 €/m³ pre oba typy polutantov. Jednotková cena bude takýmto spôsobom rovnaká, ale vzhľadom na rozdielnu priestorovú diferenciáciu hodnôt a kategórií potenciálneho znečistenia pôd organickými a anorganickými kontaminantmi bude výsledná cenová hodnota schopnosti tej-ktorej pôdy (lokality) imobilizovať cudzorodé látky súčtom cenovej hodnoty schopnosti imobilizovať rizikové prvky a cenovej hodnoty schopnosti imobilizovať organické polutanty.

Celková hodnota poľnohospodárskych pôd Slovenska schopných imobilizovať anorganické a organické polutanty stanovená takýmto spôsobom je zhruba 10,9 mld. €. Jeden meter štvorcový poľnohospodárskych pôd má vzhľadom na hodnotenú funkciu cenu asi 0,43 €.

Pri cenovej kalkulácii pre stanovenie hodnoty transformačnej funkcie pôd sa vychádza z predpokladu, že veľmi vysoká schopnosť pôd transformovať organické polutanty sa rovná hodnote nákladov potrebných na očistenie kontaminovanej pôdy (nad 1 000 µg .kg⁻¹ PAU). V pôdach Slovenska je priemerný obsah PAU okolo 200 µg.kg⁻¹, čo predstavuje 20-percentný podiel. Z praktických poznatkov z dekontaminácie pôd v európskych krajinách vyplýva, že náklady na takúto činnosť predstavujú asi 20 € za tonu (solidifikácia a stabilizácia kontaminovaných miest). Pri predpoklade, že 1 m³ pôdy sa rovná hmotnosti asi 1,3 tony a generalizácii tejto funkcie do horizontu 0-0,1 m (najvyšší podiel mikroorganizmov) je možné pre jednotlivé kategórie schopnosti pôd transformovať organické polutanty stanoviť aj cenový rozsah tejto schopnosti.

Celková hodnota poľnohospodárskych pôd Slovenska schopných transformovať organické polutanty stanovená takýmto spôsobom je zhruba 10,2 mld. €. Jeden meter

štvorcový poľnohospodárskych pôd má vzhľadom na hodnotenú funkciu cenu asi 0,40 €.

Pri úvahe, že všetky uvažované funkcie sú rovnocenné a akceptovaní uvede-
ného cenového vyjadrenia ich schopnosti (tzv. substitučná metóda), sme finanč-
nú hodnotu územných jednotiek určených na základe IEPP vyjadrili ako súčet
ocenení jej parciálnych zložiek. Získaná škála finančných hodnôt sa pre územie
Slovenska pohybuje v rozsahu 0,53 €·m⁻² (kód 5555) po 2,41 €·m⁻² (kód 1111).

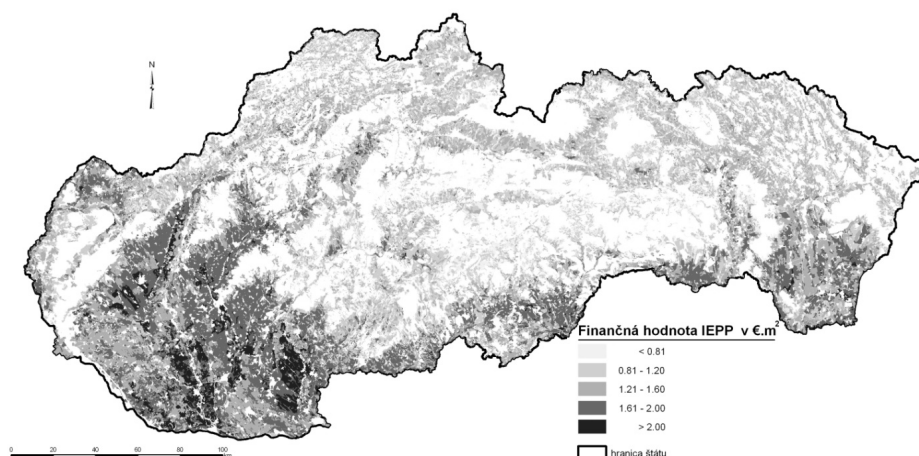
*Absolútna hodnota schopnosti poľnohospodárskych pôd Slovenska plniť
ekologické funkcie má vo finančnom vyjadrení hodnotu 35,946 miliárd €. Zna-
mená to teda, že priemerná hodnota 1 m² je asi 1,42 €.*

Najvyššiu finančnú hodnotu z hľadiska schopnosti zabezpečovať environ-
mentálne funkcie majú poľnohospodárske pôdy v Nitrianskom kraji
(1,77 €·m⁻²) a okrese Šaľa (1,84 €·m⁻²). Najnižšia bodová hodnota v tomto
smere bola zaznamenaná v Prešovskom kraji (1,17 €·m⁻²) a okrese Gelnica (0,91
€·m⁻²).

Zachovaním hodnotiacej škály diferenciácie schopnosti pôd plniť jednotlivé
funkcie aj pre IEPP, sme v ďalšom kroku zoskupili finančné hodnoty jednotli-
vých typov územných jednotiek určených na základe IEPP do nasledujúcich
piatich kategórií (tab. 6).

**Tab. 6. Kategórie schopnosti pôd plniť environmentálne funkcie podľa finančnej
hodnoty IEPP a ich podiel z poľnohospodárskych pôd Slovenska**

Kategória schopnosti pôd zabezpečovať environmentálne funkcie	Finančná hodnota pôd v €·m ⁻²	Územné zastúpenie (%)
veľmi nízka	< 0,81	0,1
nízka	0,81 – 1,20	10,2
stredná	1,21 – 1,60	43,5
vysoká	1,61 – 2,00	38,6
veľmi vysoká	2,00 <	7,6



**Obr. 3. Kategorizácia pôd podľa finančných hodnôt určených na základe indexov
environmentálneho potenciálu (IEPP)**

Priestorovú diferenciáciu finančnej hodnoty pôd určenej podľa IEPP v zvolenej škále kategórií prezentuje obr. 3.

Porovnanie produkčného a environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd

Keďže bonitované pôdno-ekologické jednotky (BPEJ), ako aj územné jednotky určené na základe hodnôt indexu environmentálneho potenciálu pôd (IEPP) predstavujú systém pôdných jednotiek identifikovateľných na poľnohospodárskych pôdach Slovenska, natíska sa otázka ich paralely, spoločných znakov i rozdielov. Na uvedené otázky je možné nazerať jednak z pohľadu genézy, jednak z pohľadu ich hodnotenia a využitia.

BPEJ bola vytvorená s cieľom oceniť poľnohospodárske pôdy na základe heterogenity klimatických a pôdných podmienok. Pôdne parametre predstavujú viac-menej relatívne stále (konzervatívne) pôdne vlastnosti, akými sú pôdny typ, svahovitosť, expozícia, hĺbka, skeletovitosť a zrnitosť (Džatko a Sobocká 2009). Na základe týchto parametrov sa BPEJ stala základnou územnou jednotkou pre diferenciáciu produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a následne aj jeho oceňovania.

Územná jednotka určená na základe IEPP síce pri identifikácii niektorých pôdných vlastností vychádza z kódov BPEJ (hĺbka, zrnitosť a pôdny typ), zároveň však zohľadňuje aj iné parametre (množstvo a kvalita humusu, pH, ročný úhrn zrážok, hrúbka humusového horizontu a pod.). Preto ich priestorové rozloženie a priebeh hraníc nekorešpondujú s priebehom hraníc BPEJ. Územné jednotky určené na základe IEPP boli vytvorené pre účely priestorovej diferenciácie a hodnotenia mimoprodukčných funkcií pôd – ich environmentálneho potenciálu.

V praxi je skutočnosťou, že tá istá BPEJ (s rovnakou bodovou či cenovou hladinou) môže byť zaradená do rozdielnych územných jednotiek identifikovaných na základe hodnôt IEPP, čo znamená, že rovnaké typy územných jednotiek identifikované na základe hodnôt IEPP neobsahujú rovnakú štruktúru BPEJ. Napríklad BPEJ 0106002 sa vyskytuje až v tridsiatich siedmich typoch územných jednotiek identifikovaných na základe hodnôt IEPP, BPEJ 0015012 v siedmich a 1066305 len v jednom. Priebeh hraníc BPEJ a územných jednotiek určených na základe IEPP vo vybranom transekte agrárnej krajiny prezentuje obr. 4.

Priemerná bodová hodnota vyjadrujúca schopnosť poľnohospodárskych pôd Slovenska zabezpečovať environmentálne funkcie je 55,3 bodu. Podľa bodovej hodnoty (Džatko 2002) bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek je priemerná bodová hodnota poľnohospodárskych pôd Slovenska 54,6 bodu.

Kým priemerné bodové hodnoty podľa kódov BPEJ majú variačné rozpätie 45,6 bodu, pri bodových hodnotách podľa kódov jednotiek stanovených na základe IEPP je to len 23,8 bodu. Ukazuje sa teda, že schopnosť pôd zabezpečovať ekologické funkcie je priestorovo menej variabilným parametrom, ako je to v prípade produkčného potenciálu. Potvrdzuje to skutočnosť, že tzv. najproduktnejšie kraje (Trnavský, Nitriansky, Bratislavský i Košický) majú vyššie bodové ohodnotenie produkčného potenciálu, kým v ostatných krajoch je vyššia bodová hodnota priradená tzv. environmentálnemu potenciálu (tab. 7 a

8). Znamená to teda, že aj menej produkčné pôdy môžu mať pomerne vysokú schopnosť zabezpečovať tzv. ekologické funkcie. Bodovú a finančnú hodnotu environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd Slovenska v členení podľa okresov a krajov názorne prezentuje tab. 9.



Obr. 4. Priestorová diferenciácia kódov BPEJ (čierna farba) a IEPP (biela farba)

Tab. 7. Bodové hodnoty poľnohospodárskych pôd podľa krajov Slovenska

Parameter	Kraj							
	Bratislavský	Bansko-bystrický	Košický	Nitriansky	Prešovský	Trenčiansky	Trnavský	Žilinský
Priemerná bodová hodnota produkčného potenciálu pôd (podľa BPEJ)	72,4	43,2	54,2	75,5	36,3	45,7	76,9	29,9
Priemerná bodová hodnota environmentálneho potenciálu pôd (podľa územ. jednotiek určených na základe IEPP)	63,8	52,2	52,3	72,3	48,5	58,8	58,8	53,2

Tab. 8. Poradie krajov podľa hodnotenia vybraných pôdných funkcií

Kraj	Funkcia				
	Akumulácia vody	Imobilizácia organických polutantov	Imobilizácia anorganických polutantov	Transformácia organických polutantov	Produkcia fytomasy
Bratislavský	4	1	3	2	3
Banskobystrický	6	6	6	7	6
Košický	7	8	2	3	4
Nitriansky	1	2	1	1	2
Prešovský	5	7	8	8	7
Trenčiansky	2	3	4	4	5
Trnavský	3	4	5	5	1
Žilinský	8	5	7	6	8

Tab. 9. Bodová a finančná hodnota environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd podľa okresov a krajov Slovenska

Kraj	Okres	body	€·m ⁻²	Kraj	Okres	body	€·m ⁻²	
Bratislavský	Bratislava 2	69	1,62	Prešovský	Bardejov	48	1,15	
	Bratislava 3	63	1,41		Humenné	50	1,23	
	Bratislava 4	56	1,41		Kežmarok	47	1,11	
	Bratislava 5	64	1,43		Levoča	44	1,06	
	Malacky	59	1,35		Medzilaborce	50	1,21	
	Pezinok	66	1,53		Poprad	51	1,17	
	Senec	72	1,64		Prešov	48	1,20	
	Bratislavský kraj	64	1,49		Sabinov	47	1,14	
Banskobystrický	Banská Bystrica	49	1,13		Snina	50	1,18	
	Banská Štiavnica	47	1,11		Stará Ľubovňa	48	1,12	
	Brezno	45	1,01		Stropkov	47	1,18	
	Detva	48	1,07		Svidník	48	1,18	
	Krupina	53	1,23		Vranov nad Topľou	51	1,29	
	Lučenec	53	1,33		Prešovský kraj	48	1,17	
	Poltár	47	1,17	Trenčiansky	Bánovce n. Bebravou	65	1,57	
	Revúca	50	1,24		Ilava	58	1,31	
	Rimavská Sobota	59	1,46		Myjava	57	1,31	
	Veľký Krtíš	60	1,48		Nové Mesto n. Váhom	59	1,43	
	Zvolen	48	1,11		Partizánske	70	1,72	
	Žarnovica	48	1,13		Považská Bystrica	59	1,36	
	Žiar nad Hronom	52	1,19		Prievidza	57	1,38	
	Banskobystrický kraj	52	1,26		Púchov	57	1,28	
Košický	Gelnica	41	0,91		Trenčín	59	1,39	
	Košice 1	42	0,94		Trenčiansky kraj	59	1,41	
	Košice 2	53	1,40	Trnavský	Dunajská Streda	76	1,65	
	Košice 3	54	1,26		Galanta	75	1,68	
	Košice 4	61	1,53		Hlohovec	71	1,69	
	Košice okolie	54	1,39		Piešťany	71	1,71	
	Michalovce	63	1,54		Senica	63	1,41	
	Rožňava	49	1,16		Skalica	70	1,63	
	Sobrance	49	1,39		Trnava	72	1,76	
	Spišská N. Ves	47	1,10		Trnavský kraj	59	1,65	
	Trebišov	62	1,53		Bytča	54	1,23	
	Košický kraj	52	1,40		Čadca	50	1,14	
	Nitriansky	Komárno	79	1,789	Žilinský	Dolný Kubín	54	1,23
		Levice	67	1,72		Kysucké Nové Mesto	52	1,18
Nitra		74	1,83	Liptovský Mikuláš		54	1,22	
Nové Zámky		78	1,81	Martin		58	1,32	
Šaľa		82	1,85	Námestovo		52	1,17	
Topoľčany		69	1,69	Ružomberok		56	1,24	
Zlaté Moravce		63	1,61	Turčianske Teplice		58	1,37	
Nitriansky kraj		72	1,77	Tvrdošín		47	1,11	
Poznámka: V okrese Bratislava 1 informačný systém						Žilina	55	1,26
VÚPOP poľnohospodárske pôdy neeviduje					Žilinský kraj	53	1,22	

Závislosť produkčného a environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd sme testovali polynomicou regresiou 2. stupňa. Porovnávané boli bodové hodnoty jednotlivých územných jednotiek určených podľa IEPP a priemerná bodová hodnota BPEJ, ktoré do nich spadajú. Znamená to teda, že celkove bola posudzovaná kombinácia 493 hodnôt. Korelačná analýza preukázala vysokú mieru závislosti posudzovaných parametrov ($r^2 = 0,5663$). Potvrdila sa hypotéza, že so stúpajúcim produkčným potenciálom pôdy narastá aj jej potenciál zabezpečovať ekologické funkcie. Starostlivosť o zachovanie, resp. zvýšenie úrodnotvornej schopnosti pôdy má teda zvyčajne priaznivý vplyv aj na zvyšovanie ekologickej stability pôdy a prostredníctvom nej aj agrárnej krajiny.

V podmienkach Českej republiky sa problematikou hodnotenia mimoprodukčných funkcií pôd zaoberali Novák et al. (2008 a 2010). Pre štyri funkcie pôd (infiltračnú, retenčnú, ekologicko-stabilizačnú a degradačno-stabilizačnú) stanovil v stobodovej stupnici im zodpovedajúce hodnoty. Na základe priemernej bodovej hodnoty následne stanovil celkovú kvalitu pôdy so zámerom túto vyjadriť aj finančne. Autor, podobne ako v našom prípade, pri výbere hodnotených funkcií vychádzal z možnosti využitia relevantných údajových databáz o pôdach v Českej republike. Potrebu i presnosť hodnotenia mimoprodukčných funkcií pôd podmieňuje dostatkom údajov o pôdnych parametroch, ktoré nie vždy sú (najmä pri širších územiach) k dispozícii. V súlade s našimi výsledkami konštatuje, že aj málo produkčná pôda môže mať v ekosystéme vysokú environmentálnu hodnotu.

ZÁVER

Dnes už nikto nespochybňuje skutočnosť, že pôda okrem produkčných funkcií plní v životnom prostredí aj celý rad iných, nemenej dôležitých úloh. Najmä vo vyspelých krajinách, v ktorých je dostatok, ba neraz až prebytok potravy, sa význam pôdy čoraz častejšie posudzuje z pohľadu jej postavenia v systéme ekologických vzťahov medzi jednotlivými zložkami životného prostredia. V ekosystémoch Zeme má pôda nenahraditeľné postavenie aj vzhľadom na schopnosť zabezpečovať také mimoprodukčné funkcie, akými sú akumulácia vody či imobilizácia a transformácia cudzorodých látok.

V tejto súvislosti je dnes aktuálne aj hodnotenie a oceňovanie environmentálnych funkcií pôdy, ktoré čoraz viac nadobúda nielen ekonomický, ale aj etický a morálny rozmer. Hodnotenie a oceňovanie schopnosti pôdy zabezpečovať životne dôležité úlohy môže výraznou mierou napomôcť pri jej nevyhnutnej ochrane, najmä pri nepremyslených záberoch, či antropických zásahoch do pôdneho prostredia.

Heterogénne prírodné i pôdne pomery na Slovensku podmieňujú aj rôznu úroveň pôd jednotlivých regiónov plniť environmentálne funkcie. Ich identifikáciu a vyjadrenie miery schopnosti umožňuje aj systém indexov environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd Slovenska.

Index environmentálneho potenciálu pôd (IEPP) umožňuje identifikovať relatívne homogénne územné jednotky so špecifickou a jemu vlastnou mierou schopnosti pôd plniť jednotlivé mimoprodukčné funkcie.

Štvormiestny kód vyjadruje mieru schopnosti pôd akumulovať vodu, imobilizovať rizikové prvky a látky a tieto aj transformovať. Na území Slovenska evidujeme typy územných jednotiek vyjadrujúce 493 kombinácií indexov environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd. Pre každú lokalitu, o ktorej sú známe a dostupné informácie indikujúce mieru schopnosti zabezpečovať jednotlivé funkcie, je možné získať informáciu o zodpovedajúcom kóde. Identifikácia indexov sa realizuje buď prostredníctvom relevantných vektorových máp prezentujúcich ich plošnú distribúciu, alebo vyhľadáním kódu v príslušnej údajovej databáze.

Priemerná bodová hodnota vyjadrujúca schopnosť poľnohospodárskych pôd Slovenska zabezpečovať ekologické funkcie je 55,3 bodov. Absolútna hodnota schopnosti poľnohospodárskych pôd Slovenska plniť ekologické funkcie má vo finančnom vyjadrení hodnotu 35,946 miliárd €. Priemerná hodnota 1 m² je asi 1,42 €.

Prezentovaný systém územných jednotiek určených na základe indexov environmentálneho potenciálu má napomôcť pochopeniu významu mimoprodukčných (ekologických) funkcií pôd a ich priestorovej i hodnotovej diferenciácie. Indexy environmentálneho potenciálu poľnohospodárskych pôd môžu nájsť uplatnenie pri hodnotení a plánovaní ekologických systémov využívania krajiny, ako aj pri vyjadrení ekonomických prínosov jednotlivých ekosystémov, napr. oceňovaní poľnohospodárskych pôd. Zároveň môžu predstavovať východiskovú databázu pre následné detailnejšie a presnejšie hodnotenia funkcií a oceňovania pôd.

Reálnosť, opodstatnenosť i praktická využiteľnosť navrhovaného indexu bola úspešne overená v rámci kvalifikačných prác študentov i samotného edukačného procesu na Slovenskej poľnohospodárskej univerzite v Nitre. Problematika tvorby a využitia IEPP je zahrnutá (prednášky, semináre a cvičenia) do predmetov súvisiacich s krajinným inžinierstvom.

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-0131-11 a projektu VEGA č. 1/0008/13.

LITERATÚRA

- BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J. (2003). The influence of soil humic acid quality on sorption and mobility of heavy metals. *Plant Soil and Environment*, 49, 565-571.
- BARANČÍKOVÁ, G., MADARAS, M. (2003). Pokus o hodnotenie mimoprodukčných funkcií pôd – transformácia organických polutantov. In Sobocká, J., Jambor, P., eds. *Zborník z vedeckej konferencie Druhé pôdoznalecké dni*. Bratislava (VÚPOP – SPS), pp. 105-110.
- BEDRNA, Z. (2002). *Environmentálne pôdoznanectvo*. Bratislava (Veda).
- BUJNOVSKÝ, R., JURÁNI, B. (1999). *Kvalita pôdy – jej vymedzenie a hodnotenie*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- BUJNOVSKÝ, R., BALKOVIČ, J., BARANČÍKOVÁ, G., MAKOVNÍKOVÁ, J., VILČEK, J. (2009). *Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- BLUM, W. E. H. (1993). Soil protection concept of the Council of Europe and integrated soil research. In Eijsackers, H.J.P., Hamers, T., eds. *Integrated soil and sedi-*

- ment research: a basis for proper protection. Dordrecht (Kluwer Academic Publisher), pp. 37-47.
- CONSTANZA, R., D'ARGE, R., DEGROOT, R., FABER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEM, S., O'NEILL, R. V. O., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P., Van den BELT, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- De GROOT, R. S. (1992). *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision-making*. Groningen (Wolters Noordhoff BV).
- DŽATKO, M. (2002). *Hodnotenie produkčného potenciálu poľnohospodárskych pôd a pôdno-ekologických regiónov Slovenska*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- DŽATKO, M., SOBOCKÁ, J. (2009). *Príručka pre používanie máp pôdnoekologických jednotiek*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- FABER, S. C., CONSTANZA, R., WILSON, M. A. (2002). Economic and ecological concepts for valuing ecosystem services. *Ecological Economics*, 41, 375-392.
- HEAL, G. (2000). Valuing ecosystem services. *Ecosystems*, 3, 24-30.
- JURÁNI, B. (2005). Ochrana, využívanie pôdy a vplyv človeka. In Sobocká, J., ed. *Zborník z vedeckej konferencie Štvrté pedologické dni*. Bratislava (VÚPOP – SPS), pp. 178-180.
- LINKEŠ, V., BIELEK, P., JURÁNI, B., BUJNOVSKÝ, R. (1996). *Prínosy z mimo-produkčných funkcií pôdy a z jej poľnohospodárskeho využívania*. Bratislava (Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy).
- MAKOVNÍKOVÁ, J., BARANČÍKOVÁ, G., DLAPA, P., DERCOVÁ, K. (2006). Inorganic contaminants in soil ecosystem. *Chemické listy*, 100, 424-432.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., CHRAMOSTOVÁ, B., LAGOVÁ, J. (2008). Hodnocení produkčních a environmentálních funkcí půd. In Kobza, J., ed. *Zborník z vedeckej konferencie Piate pôdoznanecské dni*. Bratislava (VÚPOP – SPS), pp. 55-60.
- NOVÁK, P., VOPRAVIL, J., LAGOVÁ, J. (2010). Assessment of the soil quality as a complex of productive and environmental soil function potentials. *Soil and Water Research*, 5(3), 113-119.
- Van GENUCHTEN, M. Th. (1980). A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Science Society of America Journal*, 44, 892-898.
- ŠARAPATKA, B., DLAPA, P., BEDRNA, Z. (2002). *Kvalita a degradace půdy*. Olomouc (Univerzita Palackého).
- VILČEK, J., HRONEC, O., BEDRNA, Z. (2005). *Environmentálna pedológia*. Nitra (Slovenská poľnohospodárska univerzita).
- WOOD, G. A., KIBLEWHITE, M. G., HANNAM, J. A., HARRIS, J. A., LEEDS-HARRISON, P. B. (2005). *Soil-based services in the built environment*. Silsoe (National Soil Resources Institute, Cranfield University).

Jozef Vilček

MAPPING AND EVALUATION OF THE ENVIRONMENTAL FUNCTIONS OF AGRICULTURAL SOILS IN SLOVAKIA

Apart from its production functions, soil plays many other equally important key roles. In advanced countries with sufficient food resources in particular, the importance of farmland is ever more frequently assessed in the light of its position in the system of ecological relationships between individual environmental components. The key role of soil as part of ecosystems is also given by its ability to provide for such ecological functions as water retention (accumulation) or immobilization and transformation of foreign substances. The soil multifunctionality concept used to be interpreted with respect to the land or agricultural sector.

Recently, the assessment and evaluation of ecological functions of soil has become increasingly important not only for its economic but also for its ethical and moral dimensions. Vitally important roles of soil expressed by its assessment and evaluation should significantly contribute to its necessary protection, particularly in terms of land occupation or human intervention in the soil environment.

Individual ecological functions work as a kind of mutually interconnected ecological complex. Although they might be evaluated separately, they form one ecosystem and thus they should be evaluated as such. This approach is applied for the assessment as well as financial evaluation of the total capacity of soil to meet environmental functions.

Natural heterogeneity of soil conditions in Slovakia influences results in a variation in the capacity of soil in particular regions to meet its ecological functions. It is expressed by the system of environmental soil potential indexes of agricultural land in Slovakia.

The environmental soil potential index (ESPI) enables to identify a relatively homogeneous territorial unit with a particular capacity to meet selected soil environmental functions.

The environmental soil potential index (ESPI) consists of quantification of the soil capacity to retain (accumulate) water, to immobilize risk elements (heavy metals), and to immobilize and transform organic pollutants (risk substances). The degree of soil capacity to provide for the individual soil functions is expressed as a five degree scale: 1 – very high capacity, 2 – high capacity, 3 – moderate capacity, 4 – low capacity, 5 – very low capacity.

For Slovakia 493 combinations of environmental soil potential indexes were recorded. Identification of indexes can be accomplished using relevant vector maps representing their spatial distribution or via code searching in a particular database. The average values of Slovak agricultural land to provide selected ecological soil functions are 55.3 points, which in financial terms represents 35.946 billions € for agricultural land or approximately 1.42 € per square metre.

Despite use of the national soil database system, the paper offers a basic road map or set of principles for evaluating and pricing soil ecological function and subsequently developing an environmental soil potential index.

The presented system of typology based on environmental soil potential indexes gives an opportunity to understand the meaning of non-productive (ecological) soil functions and to carry out their spatial as well as point differentiation. The typology (territorial classification) based on indexes might be used for the assessment and planning of an ecological system of land use and for expression of economic benefits of individual ecosystems, for example agricultural soils evaluation. Moreover, they can represent an initial database for subsequent and more detailed function assessments and soil evaluations.