

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

MONITORING A HODNOTENIE VLASTNOSTÍ PŮD SR A POTENCIÁLOV ICH VÝVOJA

**Koordinátor výskumnej úlohy:
prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.**



Bratislava, december 2010

Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

MONITORING A HODNOTENIE VLASTNOSTÍ PÔD SR A POTENCIÁLOV ICH VÝVOJA

**Koordinátor výskumnej úlohy:
prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.**

Bratislava, december 2010

Titulný list

Riešiteľské pracovisko: Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava

Štatutárny zástupca: prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.

Názov kontraktu:

Názov výskumnej úlohy: Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja

Typ výskumnej úlohy: priebežná za rok 2010

Zodpovedný riešiteľ: prof. Ing. Jozef Kobza, CSc.

Riešiteľský kolektív: RNDr. Gabriela Barančíková, CSc.
Ing. Zuzana Bezáková
Mgr. Rastislav Dodok, PhD.
Ing. Katarína Hrivňáková
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.
Ing. Ján Styk, PhD.
Ing. Miloš Širáň, PhD.

Začiatok riešenia: I/2010

Ukončenie riešenia: XII/2010

Úloha: Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja

Zodpovedný riešiteľ: prof. Ing. Jozef Kobza, CSc., VÚPOP Bratislava

Anotačný záznam

Riešenie úlohy v roku 2010 vychádzalo zo schváleného projektu „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“ na roky 2010 – 2012. Úloha bola zameraná na riešenie teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o vývoji pôdneho krytu SR a jeho udržateľnom využití, ktoré sú podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov. V zmysle európskej Tematickej stratégie pre ochranu pôdy išlo o sledovanie a hodnotenie degradačných procesov pôdy podľa navrhnutých ohrození (kontaminácia pôdy, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôdy, úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, kompakcia a erózia pôdy). Analytické práce prebiehali v nadväznosti na záväzné metódy rozborov pôd (Fiala a kol., 1999) s postupnou implementáciou doporučených metód podľa EK pre výkon monitoringu pôd, čo sme premietli do tvorby samostatného výstupu-publikácie. V roku 2010 boli hodnotené vybrané pôdne predstavitelia: podzoly a rankre, pseudogleje a luvizeme, hnedozeme, regozeme na karbonátových aj nekarbonátových pieskoch. Bol tiež zohľadnený pri vyhodnocovaní dosiahnutých údajov aj druh pozemkov (orná pôda, trvalé trávne porasty).

V hodnotenom roku 2010 bol zistený najväčší pokles priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie pri pseudoglejoch a hnedozemiach pseudoglejových. V rámci hodnotených 6-tich skupín pôd v roku 2010, došlo až v štyroch skupinách pôd k zníženiu priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní so začiatkom realizácie monitoringu pôd SR v roku 1993), čo upozorňuje na znepokojivý trend vo vývoji slabo kyslých a kyslých pôd. Pri kontaminácii sa uskutočňuje hodnotenie hygienického stavu pôd (rizikových prvkov) vo výluhu lúčavky kráľovskej (podľa návrhu EK), takže v súčasnosti hodnotíme len aktuálny stav, a to v ornici a podornici. Pri sledovaní a hodnotení procesov zasoľovania v niektorých našich pôdach, bolo zistené, že v našich podmienkach súčasne prebieha proces salinizácie aj proces sodifikácie, pričom sodifikácia je výraznejšia a dominantná. Z pohľadu hodnotenia pôdnej organickej hmoty, najnižšie hodnoty pôdneho organického uhlíka (POC) sú charakteristické pre regozeme, predovšetkým na nekarbonátových viatych pieskoch. Najvyššie hodnoty POC boli zistené na vysokohorských pôdach (podzoly a rankre podzolové). Na základe zmien kvalitatívnych parametrov (C_{HK}/C_{FK} , Q^4_6) možno konštatovať postupné zlabilňovanie pôdnej organickej hmoty predovšetkým na pseudoglejoch. V roku 2010 sme začali hodnotiť aj organozeme (rašeliny) zatiaľ na dvoch vybraných lokalitách. Získané výsledky poukazujú na výrazné rozdiely v sledovaných parametroch, predovšetkým na podstatne vyššiu zásobu organickej hmoty na vrchoviskovom rašelinisku (Suchá hora) v porovnaní so slatinným rašeliniskom (Belianske Lúky). Obsah makroelementov (najmä fosforu a draslíka) je pomerne variabilný, ich vývoj prebieha skôr v smere znižovania ich pôvodného obsahu (nedostatok P a K hnojenia). Obsah horčíka v hodnotených pôdach je prevažne vyhovujúci až vysoký s výnimkou silne kyslých pôd (podzoly). Obsah mikroelementov (Cu, Zn a Mn) je v hodnotených pôdach prevažne stredný až vysoký, čo potvrdzuje dobrú zásobenosť týchto pôd mikroelementami i napriek tomu, že tieto sa do pôdy bežne neaplikujú. Fyzikálna degradácia pôd (kompakcia a erózia) je stále významným fenoménom najmä na intenzívne obhospodarovaných pôdach – predovšetkým orných a bude ju potrebné aj v budúcnosti pravidelne monitorovať a vyhodnocovať.

Súčasťou riešenia úlohy v roku 2010 bolo aj vypracovanie nasledovných pomerne obsiahlych výstupov:

Kobza, J. a kol. 2010. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívnych území vplyvu magnezitových závodov (Jelšava-Lubeník a Hačava s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 94 s. ISBN 978-80-89128-77-8.

Kobza, J. a kol. 2010. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Horná Nitra s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava

Hrivňáková, K. a kol. 2010. Jednotné pracovné postupy rozborov pôd. VÚPOP Bratislava, 113 s.

Makovníková, J., Širáň, M. 2010. Modelovanie rovnovážnej objemovej hmotnosti pôd. VÚPOP Bratislava, 35 s.

Pravidelné finančné prostriedky boli vyčerpané v súlade s plánom. I napriek postupnej redukcii finančných prostriedkov v poslednom období, snažili sme sa udržať rozsah realizovaných prác v súlade s pôvodným plánom.

Kľúčové slová: monitoring pôd, kontaminácia pôd, acidifikácia pôd, salinizácia a sodifikácia pôd, pôdna organická hmota, makro- a mikroelementy, kompakcia a erózia pôd

OBSAH

1. Úvod (J. Kobza)	11
2. Ciele riešenia úlohy výskumu (J. Kobza)	11
3. Vecná štruktúra úlohy výskumu a vývoja (J. Kobza)	11
4. Základné metodické postupy riešenia úlohy (J. Kobza)	13
5. Zmeny v riešení úlohy v porovnaní s metodikami a ich zdôvodnenie (J. Kobza) ..	14
6. Výsledky (Kolektív)	15
6.1 Acidifikácia a zasoľovanie pôd (J. Makovníková, R. Dodok)	15
6.2 Kontaminácia pôd (K. Hrivňáková)	45
6.3 Obsah a vývoj makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach (J. Kobza)	64
6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty (G. Barančíková)	71
6.5 Hodnotenie vývoja kompaktie pôd (M. Siráň, J. Mališ)	89
6.6 Hodnotenie vývoja erózie pôd (J. Styk)	107
6.7 Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely (J. Makovníková)	125
6.8 Hodnotenie vývoja poľnohospodársky spustnutých pôd (J. Kobza)	134
7. Realizácia výsledkov riešenia (J. Kobza)	141
8. Predpoklady vyriešenia úlohy v zostávajúcom čase riešenia (J. Kobza)	141
9. Čerpanie finančných zdrojov a porovnanie s plánom (J. Kobza)	142
10. Záver (J. Kobza)	142

1. ÚVOD

Riešenie úlohy vyplýva zo schválenej výskumnej úlohy na obdobie rokov 2010 – 2012 pod názvom „Monitoring a hodnotenie vlastností pôd SR a potenciálov ich vývoja“. Úloha je zameraná na riešenie teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o vývoji pôdneho pokryvu SR a jeho udržateľnom využití, ktoré sú podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov pri eko- sociálnom rozvoji regiónov SR. Kľúčovou oblasťou riešenia je hodnotenie degradačných procesov pôdy s postupnou identifikáciou rizikových oblastí Slovenska z hľadiska stability a produktivity tohto prírodného zdroja.

Zameranie úlohy je v súlade s Národnou stratégiou trvalo udržateľného rozvoja SR, uznesením vlády SR č. 664/2000, Štátnou pôdnou politikou, Stratégiou EU na ochranu pôdy, pripravovanou Rámcovou smernicou EU na ochranu pôdy, ako aj Poľnohospodárskou a potravinovou politikou SR na roky 2005 – 2014 kladúcu dôraz na efektívnejšie využívanie, ochranu, regeneráciu a trvalú reprodukciu prírodných zdrojov SR.

2. CIELE RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU

Konkrétne ciele riešenia úlohy možno zhrnúť do nasledovných bodov:

- hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôdy v poľnohospodárskej krajine vo väzbe na spôsob jej využívania
- strategické opatrenia pre zvýšenie efektívnosti ochrany pôdy v poľnohospodárskej krajine
- priestorová identifikácia rizikových oblastí ochrany pôdy s ohľadom na jej vlastnosti, spôsob využívania a environmentálne limity
- hodnotenie zmien a trendov pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd pre energetické účely
- hodnotenie zmien a trendov vlastností poľnohospodársky spustnutých pôd

3. VECNÁ ŠTRUKTÚRA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA

Riešenie úlohy vychádzalo zo schváleného návrhu riešenia úlohy na roky 2010 – 2012. Riešenie úlohy bolo v roku 2010 realizované podľa nasledovných okruhov:

Acidifikácia a zasoľovanie pôd

Cieľom riešenia je sledovanie stavu a vývoja indikátorov acidifikačných zmien, modelovanie potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii. Na druhej strane v odlišných pôdno- klimatických podmienkach s dominanciou výparného režimu a často s vysokou hladinou silne mineralizovanou podzemnou vodou pôjde o zachytenie procesov zasoľovania v súvislosti s degradáciou pôd.

Kontaminácia pôd

Hlavným cieľom je posúdenie aktuálneho hygienického stavu poľnohospodárskych pôd Slovenska a hodnotenie jeho ďalšieho vývoja. Súčasťou riešenia je aj priestorová identifikácia rizikových oblastí spolu s návrhom opatrení na zlepšenie hygienického stavu

v týchto oblastiach. V roku 2010 bola spracovaná a vydaná samostatná publikácia aktuálneho stavu senzitivných území vplyvu magnezitových závodov (Jelšava-Lubeník a Hačava) s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení (Kobza a kol., 2010).

Obsah a vývoj makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach

Jedným z dôležitých faktorov úrodnosti pôd je aj obsah a vývoj makro- (P, K, Mg) a mikroelementov (Cu, Zn, Mn), ktoré sú hodnotené v tejto správe.

Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Kľúčovými parametrami sledovania hodnotenia sú organický uhlík (C_{org}), frakčné zloženie humusu (HK/FK) a farebný kvocient (Q⁴₆). Pri hodnotení pôdnej organickej hmoty sme zohľadnili aj druh pozemku (orná pôda, resp. pôda pod trvalými trávnyimi porastami).

Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Nápňou riešenia je sledovanie a hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja zhutnenia orných pôd (so zohľadnením pôdnych typov a druhov) tradičnými, aj inovačnými fyzikálnymi metódami, ktoré doteraz na poľnohospodárskych pôdach neboli použité.

Hodnotenie vývoja erózie pôd

Intenzita erózie pôd je sledovaná a hodnotená na základe merateľných indikátorov (hrúbka diagnostických horizontov, obsah humusu, obsah prístupných živín fosforu a draslíka, pôdna reakcia) s využitím rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs, čo je medzinárodne uznávaná metóda pri sledovaní a hodnotení erózných procesov pôdy.

Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely

K primárnej funkcii poľnohospodárstva, ktorou je zabezpečenie výživy ľudí pribúda nová, ktorou je využívanie poľnohospodárskych pôd pre energetické účely. Cieľom riešenia tejto novej časti riešenej úlohy je sledovanie stavu a vývoja indikátorov kvality pôdy využívanej na energetické účely, t.j. na pestovanie energetických plodín a na využívanie biomasy pôd na energetické účely.

Hodnotenie vývoja poľnohospodársky spustených pôd

Problematika spustených, pôvodne poľnohospodársky využívaných pôd sa čoraz viac stáva stredobodom záujmu štátu aj EÚ, pretože tieto zaberajú u nás v súčasnosti už značnú výmeru (takmer 500 tis. ha). Cieľom riešenia je preto permanentné sledovanie kvality takýchto pôd a ich ďalšieho vývoja.

4. ZÁKLADNÉ METODICKÉ POSTUPY RIEŠENIA ÚLOHY

Metodické postupy boli riešené špecificky vo vzťahu k jednotlivým odborným okruhom, ktoré sú zahrnuté a popísané v predchádzajúcej štruktúre úlohy. V roku 2010 zahrňovali nasledovné práce:

4.1 Terénne práce

- bol uskutočnený odber pôdných a rastlinných vzoriek z 18 kľúčových monitorovacích lokalít
- bol uskutočnený odber pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít (8) pre sledovanie a hodnotenie salinizácie a sodifikácie pôd
- bol uskutočnený odber pôdných vzoriek zo 4 transektov pre sledovanie vodnej erózie pôd
- bol uskutočnený výber a odber pôdných vzoriek z pôd využívaných na energetické účely
- bol uskutočnený výber a odber pôdných vzoriek zo spustnutých pôd
- súčasne boli pripravované a homogenizované pôdne vzorky z kľúčových monitorovacích lokalít, ako aj zo základnej monitorovacej siete pre ich analýzy

4.2 Analytické práce

- boli urobené analýzy z nasledovných skupín pôd základnej monitorovacej siete (z odberov v roku 2007):
 - podzoly (TTP)
 - pseudogleje a luvizeme (OP)
 - pseudogleje a luvizeme (TTP)
 - hnedozeme (OP)
 - regozeme na karbonátových pieskoch (OP)
 - regozeme na nekarbonátových pieskoch (OP)
- boli urobené analýzy pôdných a rastlinných vzoriek z kľúčových monitorovacích lokalít
- boli urobené analýzy pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít pre hodnotenie salinizácie a sodifikácie pôd
- boli urobené analýzy z pôdných transférov pre sledovanie a hodnotenie erózie pôd
- boli urobené analýzy pôdných vzoriek zo špeciálnej siete lokalít poľnohospodárskych pôd využívaných na energetické účely
- boli urobené analýzy spustnutých pôd využívaných pôvodne ako poľnohospodárske pôdy

Základné analytické postupy prebiehali v nadväznosti na už vypracovanú publikáciu (Fiala a kol., 1999) s tým, že postupne boli testované a zaradované do sledovania aj doporučené postupy EK. V súčasnosti sa finalizuje a pripravuje do tlače aktualizovaná verzia záväzných analytických metód, ktorá bola spracovaná a skompletizovaná v roku 2010.

4.3 Vyhodnocovacie práce a aktualizácia databázy monitorovania pôd

Získané výsledky boli vyhodnocované podľa už uvedených odborných okruhov na báza celoslovenskej siete monitorovania pôd. Priebežne bola aktualizovaná databáza monitorovania pôd (štruktúrna a údajová časť). Bola tiež aktualizovaná terminológia klasifikácie pôd podľa doteraz platného Morfogenetického klasifikačného systému pôd, ako aj podľa medzinárodného v EÚ zaužívaného klasifikačného systému pôd podľa WRB 2006 (World Reference Base).

5. ZMENY V RIEŠENÍ ÚLOHY V POROVNANÍ S METODIKAMI A ICH ZDÔVODNENIE

Riešenie úlohy v roku 2010 prebiehalo podľa schváleného východzieho projektu na roky 2010 – 2012. Sú v ňom zahrnuté všetky ťažiskové problémy, ktoré sa dotýkajú konkrétnych ohrození pôdy v zmysle návrhu EK pre európsky monitoring pôd. Počas riešenia sme implementovali nové metódy v zmysle návrhu EK pre permanentné monitorovanie pôd (novátorský prístup). Novátorskou problematikou v riešení, ktorá bola zahrnutá aj vo východnom projekte je sledovanie a hodnotenie vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd, ktoré sa využívajú na pestovanie energetických plodín, ako aj sledovanie a hodnotenie spustnutých pôd, ktoré sa v minulosti poľnohospodársky využívali.

Záverom tejto časti možno konštatovať, že práce na úlohe prebiehali bez zmien v zmysle schváleného projektu dokonca došlo k rozšíreniu prác i napriek tomu, že v priebehu roka 2010 došlo v porovnaní s predchádzajúcim rokom 2009 k zníženiu finančných prostriedkov.

6. VÝSLEDKY

6.1 Acidifikácia a zasoľovanie pôd

Acidifikácia pôd

Acidifikácia pôd patrí podľa zákona č. 220/2004 Z.z. k degradačným procesom. Každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je preto povinný vykonávať vhodné agrotechnické opatrenia zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej poškodením a degradáciou. Aj keď je acidifikácia vratným procesom, dôsledky acidifikácie v agroekosystéme sú nevratné. Pôda je schopná vyrovnávať sa so zaťažením, ale len do určitej miery jej zaťaženia. Táto schopnosť pôdy (natural attenuation) je výsledkom fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôdy. Miera zaťaženia pôdy spolu s prirodzenou vnútornou schopnosťou pôdy predstavuje komplexnú informáciu v preventívnom systéme starostlivosti o zdravie pôdy. Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný priamymi a nepriamymi indikátormi (Makovníková, 2007). Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie. Pôdna reakcia indikuje acido-bázické reakcie v pôde a je výsledkom celkovej bilancie iónov v pôdnom roztoku. Optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení kvality pôdy (Johnston, 2004) ako aj pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy (Makovníková, Barančíková, Pálka, 2007, Makovníková, Barančíková, 2009). Sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) je jednou z úloh monitoringu pôd.

Systém monitorovania pôd je založený na sieti monitorovacích lokalít (základnej sieti a sieti kľúčových lokalít) a zaznamenáva časové zmeny vybraných vlastností pôd. V monitoringu pôd sa sleduje aktuálny stav ako aj tendencie zmien vybraných parametrov pôdy. Cieľom riešenia tejto čiastkovej úlohy je sledovanie acidifikačných tendencií vyplývajúcich zo zmien hodnôt pôdnej reakcie (aktívnej a výmennej) a relatívneho zastúpenia iónov v sorpčnom komplexe s dôrazom na ekologické riziká toxicky pôsobiacich iónov, ktorých potenciálna mobilita pôdnej reakcie (Makovníková, Kanianska, 1996, Kanianska, 2000, Makovníková, 2004).

Materiál a metóda

V pôdných vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 4.(rok 2007) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 – podzoly. rankre a litozeme - TTP, 2 - pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách – OP, 3, pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 4 – hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách – OP, 5 – regozeme – na karbonátových viatych pieskoch - OP, 6 – regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch - OP), v prípade orných pôd (OP) z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) z hĺbok 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm, bola stanovená aktívna pôdna reakcia, výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a CaCl₂) potenciometricky a obsah výmenných bázických kationov (Fiala a kol., 1999). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova (Fiala a kol., 1999). V súvislosti s prechodom z doteraz používaných interných metodík pre stanovenie pôdnej reakcie ČMS-P (Fiala a kol., 1999) na metodiky podľa ISO normy (STN ISO 10 390) sme porovnali výsledky stanovení aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie na súbore kľúčových lokalít, ktoré reprezentujú širokú škálu pôdných typov (Makovníková, 2009). Výsledky dosiahnuté pôvodnou internou metódou a metódou stanovenia pH podľa STN ISO 10 390 sa

výrazne líšili v oblasti slabo alkalickej až alkalickej, preto hodnotíme vývoj acidifikácie pôd v základnej sieti naďalej podľa pôvodnej internej metódy.

V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1995 - 2010 z kľúčových lokalít reprezentujúcich hodnotené skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia (Fiala a kol., 1999), aktívny hliník podľa Sokolova a obsah výmenných bázických kationov. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

Výsledky a diskusia

6.1.1 Vyhodnotenie stavu a vývoja hodnôt pôdnej reakcie a stavu bázických kationov vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete

Hodnotenie pôdnych parametrov vo vybraných skupinách pôd z hľadiska zachovania predpokladov štatistického hodnotenia vyhovovalo podmienkam normality rozdelenia v skupinách, kde sme sledované parametre charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota) (tab. 1).

Tab. 1 Popisná štatistika hodnôt pH vo vybraných skupinách pôd v odberovom roku 2007 (4. cyklus)

Pôdny predstaviteľ ¹	Hĺbka odberu vzorky ² / cm/	pH/H ₂ O			pH/ KCl			pH/CaCl ₂		
		Min	Max	x ³	Min	Max	X ³	Min	Max	x ³
podzoly. rankre a litozeme TTP	0-10	3,64	4,22	3,77	2,92	3,57	3,23	3,04	3,64	3,38
	20 - 30	3,92	4,63	4,29	3,54	4,03	3,87	3,70	4,15	3,97
	35-45	4,22	4,79	4,56	3,85	4,29	4,11	4,04	4,29	4,20
pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polyg. spraš. hlinách OP	0-10	5,28	7,86	6,45	4,22	7,35	5,64	4,44	7,51	5,71
	35-45	4,78	7,73	6,47	2,92	7,13	5,27	3,41	7,27	5,66
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách TTP	0-10	5,07	7,13	5,88	4,30	6,57	5,20	4,61	6,93	5,41
	20 - 30	5,34	7,23	6,08	4,01	6,17	4,96	4,50	6,57	5,37
	35-45	4,98	6,92	6,04	3,78	5,67	4,73	4,13	6,04	5,28
hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach OP	0-10	5,19	7,76	6,66	4,26	7,42	6,10	4,41	7,50	6,29
	35-45	4,69	8,07	6,79	3,55	7,53	5,97	3,81	7,67	6,51
regozeme na karbonát. viatych pieskoch OP	0-10	6,39	7,73	7,45	5,87	7,32	6,92	6,12	7,47	7,06
	35-45	6,94	8,59	7,95	5,83	7,95	7,23	6,57	7,73	7,42
regozeme na nekarbonát. viatych pieskoch OP	0-10	5,42	6,80	5,99	4,78	6,29	5,34	4,81	6,579	5,48
	35-45	5,41	5,66	5,56	4,65	4,84	4,73	4,66	4,94	4,82

¹Soil representative ²Depth of sample uptake ³arithmetic mean

OP - orná pôda - arable land, TTP - trvalý trávny porast - permanent grassland

V skupinách pôdnych predstaviteľov sa vyskytujú pôdy od rezistentných až po málo odolné, čo sa odráža i v hodnotách pôdnej reakcie a ich schopnosti tlmiť vstup protónov do agroekosystému. Podzoly, rankre a litozeme patria k pôdam s veľmi nízkou pufračnou schopnosťou, hodnota ich pôdnej reakcie sa pohybuje vo veľmi kyslej oblasti, organická hmota má nízku kvalitu s prevahou fulvokyselín, zastúpenie bázických výmenných kationov je veľmi nízke a v sorpčnom komplexe prevládajú protóny vodíka a hliníka. Pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, ktoré patria medzi

hydromorfné pôdy a ilimerické pôdy, hydromorfné pôdy majú pufracnú schopnosť ovplyvňovanú predovšetkým nadbytkom pôdnej vody (Demo a i., 1998). Hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách patria k pôdam so strednou pufracnou schopnosťou. Antropický vplyv kyslých depozitov spolu s používaním kyslo pôsobiacich hnojív ako aj absencia vápnenia môžu spôsobiť výrazný pokles pufracnej schopnosti v tejto skupine pôd (pokles pH v H₂O v ornici až na 5,19 a pH v KCl až na 4,26 (tab. 1)). Regozeme sú, čo sa týka pufracnej schopnosti, variabilným pôdnym typom, v závislosti od materského substrátu. Regozeme na karbonátových viatych pieskoch patria k pôdam s vyššou pufracnou schopnosťou a tým nižšou tendenciou k zakysleniu, naproti tomu, regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch majú nižšiu odolnosť voči acidifikácii.

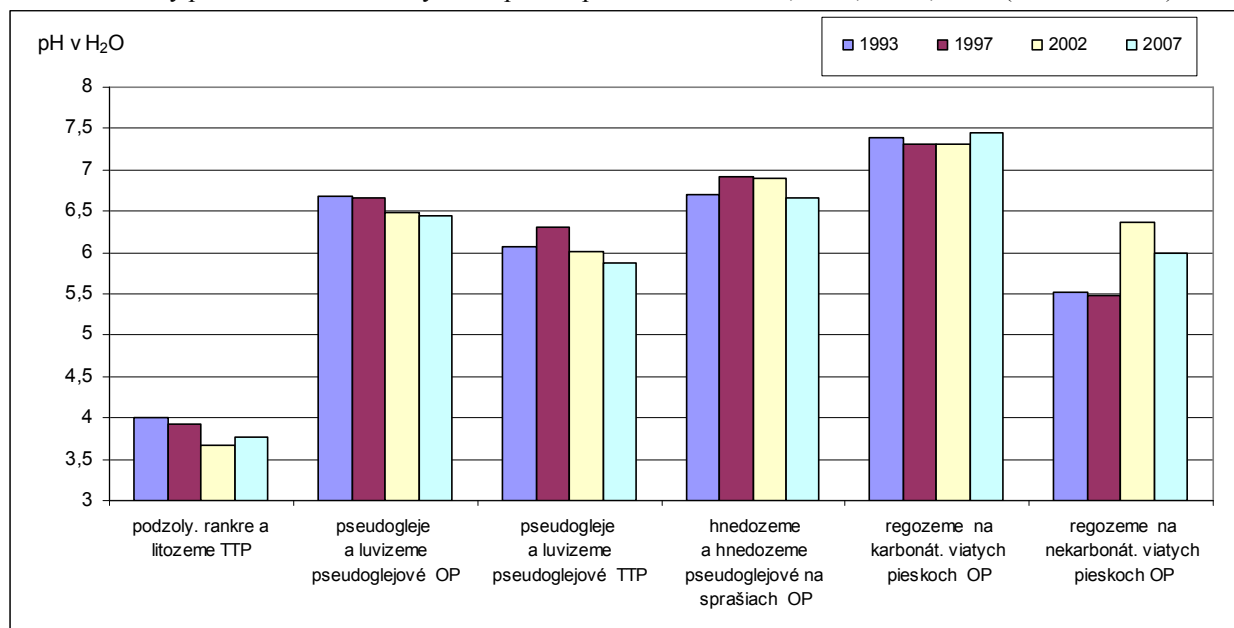
V celom sledovanom súbore pôd je veľmi výrazný rozptyl hodnôt pôdnej reakcie v orničnom horizonte, hodnoty aktívnej pôdnej reakcie sa pohybujú od silne kyslej (3,77 v hĺbke 0-10 cm) až po slabo alkalickú, (7,45 v hĺbke 0-10 cm), čo sa odráža aj v typologicko-produkčných kategóriách sledovaných pôd, ktoré sa pohybujú v rozmedzí od produkčných orných pôd (v skupine hnedozemí) až po málo produkčné trvalé trávne porasty (skupina podzoly, rankre a litozeme). Najvyššie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie vo všetkých hĺbkach sme stanovili v skupine regozemí vyvinutých na karbonátových viatych pieskoch, ktoré sú využívané ako orné pôdy. Najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine podzoly, rankre a litozeme (trvalý trávny porast) vo všetkých hĺbkach. Hodnoty pôdnej reakcie v slabo kyslej až kyslej oblasti zhoršujú prirodzenú pufracnú schopnosť pôd, znižujú kvalitu pôd, poukazujú na prítomnosť výmenného hliníka, nižšiu nasýtenosť sorpčného komplexu bázami ako aj potenciálne vyšší obsah biopristupných polutantov, ktorých prístupnosť je v prevažnej miere riadená hodnotou pôdnej reakcie (Borůvka a kol., 1997, Mestek a Volka, 1993, Makovníková, 2000).

Variačné rozpätie hodnôt pôdnej reakcie v orničnom horizonte sa v jednotlivých skupinách pôd výrazne líši. Z pohľadu hodnôt pôdnej reakcie najhomogénnejšiu skupinu pôd predstavujú podzoly, rankre a litozeme (variačné rozpätie v hĺbke 0 – 10 cm je 0,58, v hĺbke 20 – 30 cm 0,71 a v hĺbke 35 – 45 cm 0,57). V skupine pôd pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy (variačné rozpätie je 2,58 v hĺbke 0 – 10 cm a 2,95 v hĺbke 35 – 45 cm) ako aj a v skupine pôd hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách je (variačné rozpätie v hĺbke 0 – 10 cm je 2,57 a v hĺbke 35 – 45 cm 3,38) variačné rozpätie hodnôt pH v H₂O veľmi vysoké.

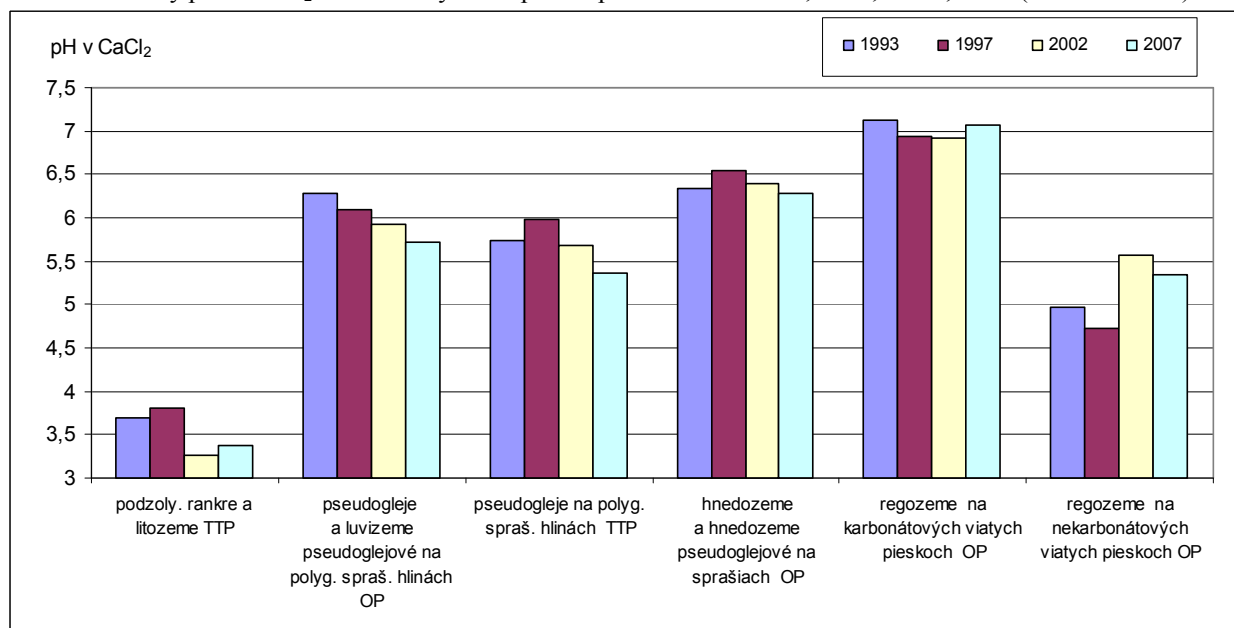
Prítomnosť karbonátov v materskom substráte sa odrazila vo výrazných rozdieloch v hodnotách pôdnej reakcie v skupine regozemí na karbonátových a nekarbonátových viatych pieskoch, priemerná hodnota pH/H₂O v skupine regozemí na karbonátových viatych pieskoch je o 0,97 jednotiek vyššia ako v prípade regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch, rozdiel sa zvyšuje v profile s hĺbkou, v hĺbke 35 – 45 cm je to už 1,53 jednotiek.

Okrem priestorových zmien v profile sme sledovali aj časové zmeny pôdnej reakcie a to na lokalitách v jednotlivých skupinách pôd, kde sa uskutočnil odber vo všetkých štyroch odberových rokoch. Priemerné hodnoty aktívnej a výmennej pôdnej reakcie v sledovaných skupinách pôd v jednotlivých cykloch monitoringu pôd, hodnotené vzhľadom na druh pozemku (orné pôdy – OP a trvalé trávne porasty – TTP), sú uvedené na obr.1 a 2. Hodnotíme predovšetkým zmeny v hĺbke 0 – 10 cm, ktoré sú vplyvom obhospodarovania ako aj potenciálnych depozitov najintenzívnejšie.

Obr. 1 Hodnoty pH v H₂O v hodnotených skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002, 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Obr. 2 Hodnoty pH v CaCl₂ v hodnotených skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002, 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Najväčší pokles priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v celom sledovanom období v hĺbke 0 – 10 cm sme zaznamenali v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy a o to 0,24 jednotiek. Celkovo došlo k zníženiu priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v štyroch skupinách pôd v rámci šiestich hodnotených skupín pôd. Tieto výsledky upozorňujú na znepokojivý trend vo vývoji slabo kyslých a kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu (Makovníková, 2007). Je to predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd, ktoré sú využívané ako orné pôdy. Optimálna hodnota pôdnej reakcie patrí ku kľúčovým aspektom pri hodnotení kvality pôdy (Johnston, 2004) ako aj pri hodnotení produkčných a environmentálnych funkcií pôdy (Makovníková, Barančíková, Pálka, 2007, Makovníková, Barančíková, 2009). Uvedené trendy upozorňujú na zvýšené riziko acidifikácie

a následného zníženia kvality pôdy predovšetkým v skupine pseudoglejov a luvizemí pseudoglejových využívaných ako orné pôdy.

Preukaznosť zmien medzi prvým a štvrtým cyklom štatisticky hodnotí Studentov t-test pre párované hodnoty (tab.2). Pri poklese kritéria "t" pod kritickú hodnotu, špecifickú pre každú skupinu podľa počtu hodnotených lokalít na hladine významnosti $\alpha = 0,05$, by boli zmeny pôdnej reakcie v roku 1993 a 2007 štatisticky preukazné. K štatisticky preukazným zmenám priameho indikátora acidifikácie však v hodnotených skupinách pôd nedošlo.

Tab. 2 t-test pre pH v H₂O v hĺbke 0 10 cm (porovnanie r. 1993 a 2007)

Pôdny predstaviteľ	1	2	3	4	5	6
t kritérium	0,22	0,01	0,47	0,62	0,87	0,57

1 – podzoly. rankre a litozeme - TTP, 2 - pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách – OP, 3, pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – TTP, 4 – hnedomzeme a hnedomzeme pseudoglejové na sprašiach resp. polygenetických sprašových hlinách – OP, 5 – regozeme – na karbonátových viatych pieskoch - OP, 6 – regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch

Sorpčná schopnosť pôdy ako aj zloženie výmenných kationov v pôde sú výsledkom priebehu pôdotvorného procesu v kontexte s klimatickými podmienkami, sú ovplyvňované využívaním pôdy a agrotechnickými vstupmi do pôdy. Zloženie a kvalita sorpčného komplexu spolu s obsahom a kvalitou organickej hmoty v pôde patria k priamym indikátorom kvality pôdy (Hanes, 2002, Makovníková, Barančíková, 2004). Zastúpenie výmenných bázičských kationov v sorpčnom komplexe pôdy v jednotlivých skupinách pôd je uvedené v tabuľke 3a, 3b.

Tab. 3a Popisná štatistika výmenných bázičských kationov v hĺbke 0 – 10 cm v roku 2007

Pôdny predstaviteľ ¹	Na v cmol(p ⁺).kg ⁻¹			K v cmol(p ⁺).kg ⁻¹			Ca v cmol(p ⁺).kg ⁻¹		
	Min	Max	X ²	Min	Max	X ²	Min	Max	X ²
podzoly. rankre a litozeme TTP	0,003	0,058	0,031	0,180	0,670	0,367	0,030	3,060	1,311
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách OP	0,003	0,215	0,029	0,050	2,630	0,642	5,270	23,360	13,068
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách TTP	0,003	0,329	0,096	0,150	0,580	0,300	3,850	49,800	15,900
hnedomzeme a hnedomzeme pseudoglejové na sprašiach OP	0,003	0,309	0,044	0,310	3,160	0,969	8,300	27,960	16,568
regozeme na karbonát. viatych pieskoch OP	0,003	0,041	0,022	0,200	1,402	0,642	6,910	16,400	11,800
regozeme na nekarbonát. viatych pieskoch OP	0,003	0,030	0,0120	0,050	0,610	0,410	1,530	3,170	2,546

Tab. 3b Popisná štatistika výmenných katiónov v h0,050lbke 0 - 10 cm v roku 2007

Pôdny predstaviteľ ¹	Mg v cm0,150ol(p ⁺).kg ⁻¹			Ca ²⁺ /Mg ²⁺		
	Min	Max0,310	X ²	Min	Max	X ²
podzoly, rankre a litozeme TTP	0,100	0,920	0,386	0,230	6,590	3,33
pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách OP	0,510	5,760	2,290	2,757	24,530	7,553
pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách TTP	0,550	9,030	2,640	1,082	12,610	7,350
hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach OP	0,980	5,670	2,619	2,313	3,108	7,183
regozeme na karbonátových viatych pieskoch OP	0,570	1,800	1,080	6,405	17,083	11,289
regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch OP	0,550	0,940	0,713	2,781	4,878	3,595

¹Soil representative ²arithmetic mean

OP - orná pôda - arable land, TTP - trvalý trávny porast - permanent grassland

Najvyššie priemerné zastúpenie výmenného vápnika je v skupine pôd na karbonátových substrátoch a to v skupine regozemí na karbonátových viatych pieskoch, 86 %, nižšie zastúpenie je v skupine hnedozemí 83 %, v skupinách pseudoglejov je to 82 %. Výrazne nižšie je zastúpenie výmenného vápnika v skupine regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch, 67 % a najnižšie v skupine podzoly, rankre a litozeme, 51 % zo sumy bázičných výmenných katiónov. Priemerné hodnoty pomeru Ca²⁺ : Mg²⁺ sa pohybujú od 11,29 : 1 v skupine regozemí na karbonátových viatych pieskoch, využívané ako trvalý trávny porast, po 3,33 : 1 v skupine podzoly, rankre a litozeme využívané ako trvalý trávny porast. Pomer katiónov Ca²⁺ : Mg²⁺ v rozmedzí od 4:1 do 6:1 uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy. V skupine pôd podzoly, rankre a litozeme je celkový obsah výmenného vápnika veľmi nízky a väčšina lokalít má pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ nižší ako 4:1. Podobne je to aj v skupine regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch. V skupine regozemí na karbonátových viatych pieskoch je naopak v pôde prevaha vápnika a pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ je na všetkých lokalitách vyšší ako 6:1.

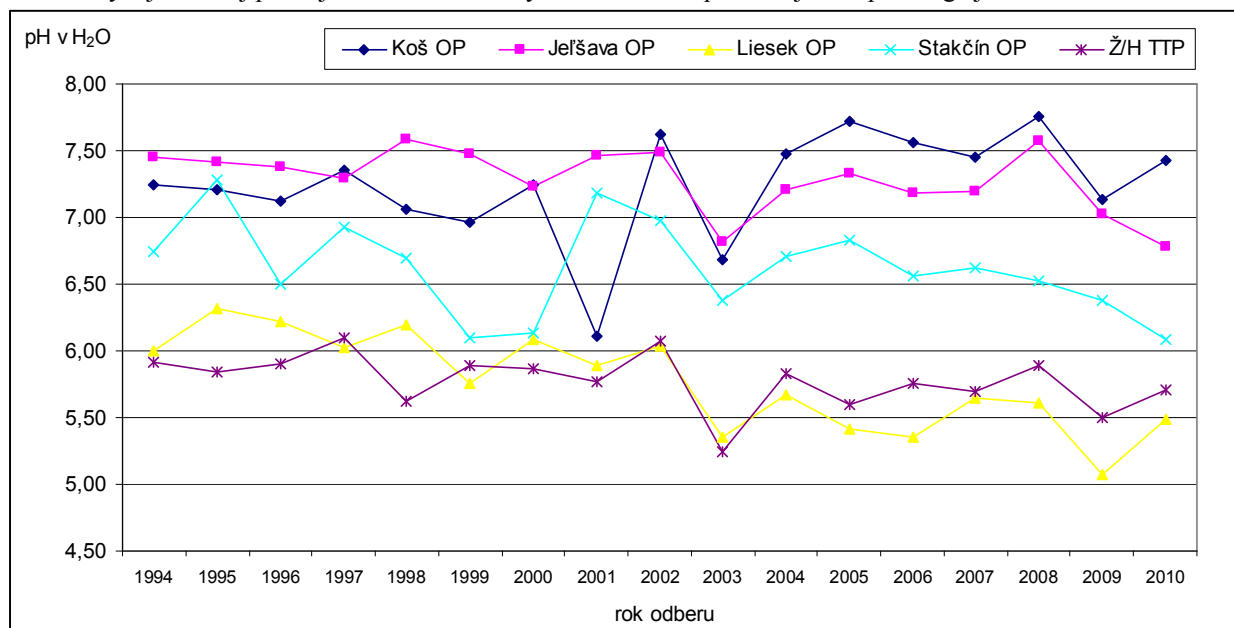
Pri hodnotení orných pôd zo skupiny pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, na 24 % lokalít sme stanovili pomer katiónov Ca²⁺ : Mg²⁺ v uvedenom rozmedzí, na 16 % lokalít je pomer týchto katiónov nižší ako 4 : 1 a až na 60 % lokalít je pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ vyšší ako 6 : 1. V tejto skupine pôd, využívaných ako orné pôdy, je nízky obsah horčíka v porovnaní s obsahom vápnika pre optimálny rast poľnohospodárskych plodín. najvyššie zastúpenie lokalít s optimálnym pomerom Ca²⁺ : Mg²⁺ je v skupine hnedozemí a to 44 %.

Vyhodnotenie pôdnej reakcie a bázičných katiónov na kľúčových lokalitách

Na kľúčových lokalitách s periodickým, každoročným monitorovaním pôdnej reakcie v rokoch 1994 až 2010 môžeme zaznamenať vývojové trendy podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd.

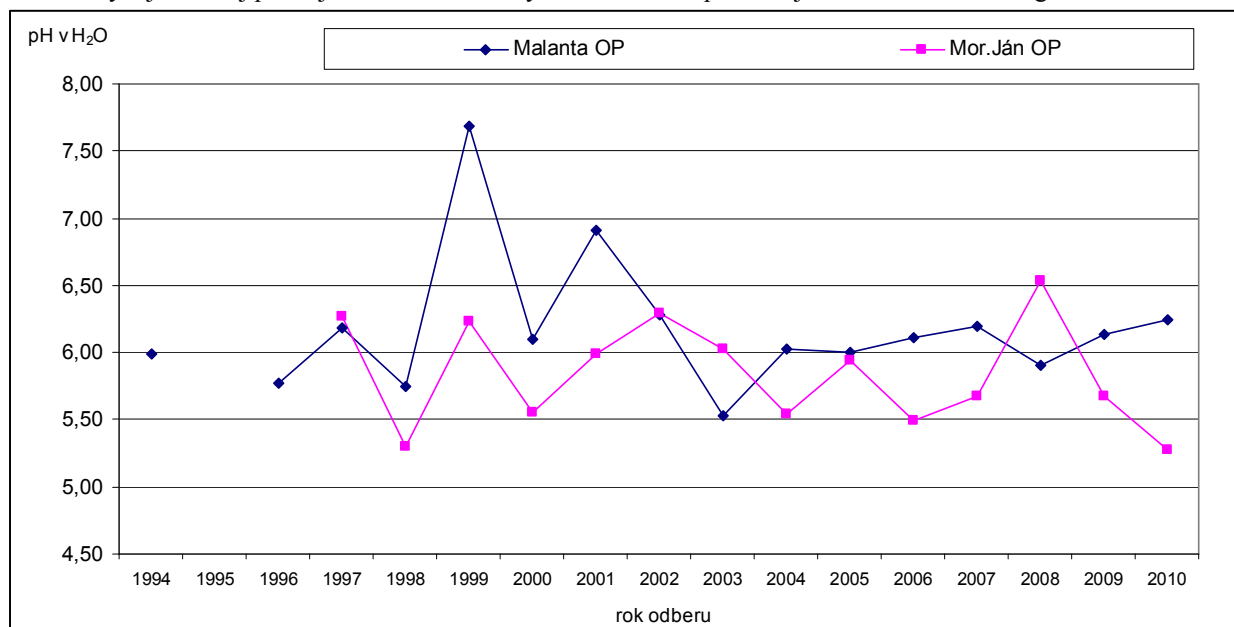
Hodnotené skupiny pôd reprezentuje sedem kľúčových lokalít. Skupiny pseudoglejov reprezentujú lokality Koš - Haplic Planosol (Albic, Eutric, Siltic, Anthric), Jelšava - Luvic Stagnosol (Siltic, Eutric, Albic) a Stakčín - Haplic Stagnosol (Siltic, Eutric) využívané ako orná pôda a lokality Liesek - Haplic Stagnosol (Siltic, Eutric) a Žiar nad Hronom - Luvic Stagnosol (Siltic, Albic, Anthric), využívané ako trvalý trávny porast (obr. 3). Hnedozeme reprezentuje lokalita Malanta - Cutanic Luvisol (Anthric, Siltic, Abruptic, Hypereutric), využívaná ako orná pôda a regozeme lokalita Moravský Ján - Haplic Arenosol (Dystic), v súčasnosti neobhospodarovaná orná pôda (obr. 4).

Obr. 3 Vývoj aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich pseudogleje



Vývoj hodnoty pH pôd v skupine pseudoglejov - kľúčové lokality využívaných ako orné pôdy osciluje s pomerne veľkými výchylkami okolo pôvodnej hodnoty, potenciálne vyrovnaný priebeh môžeme sledovať na lokalite Jelšava, najväčšie výchylky na lokalite Stakčín. V roku 2010 došlo k zníženiu hodnôt pôdnej reakcie v porovnaní s predchádzajúcim obdobím na lokalitách Jelšava a Stakčín. V prípade pseudoglejov využívaných ako TTP dochádza na lokalite Liesek k preukaznému zakysleniu, na tejto lokalite došlo aj k zmene kultúry z OP na TTP

Obr. 4 Vývoj aktívnej pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich hnedozeme a regozeme



Na hnedozemi nepozorujeme acidifikačné tendencie, priebeh hodnôt pôdnej reakcie je od roku 2004 relatívne vyrovnaný. Na lokalite Moravský Ján došlo k výraznému poklesu hodnôt pôdnej reakcie v rokoch 2009 aj 2010.

Na kľúčových lokalitách sledujeme aj priestorovú variabilitu parametrov z piatich separátnych vzoriek odobraných z piatich odberových miest na danej lokalite (tab. 4).

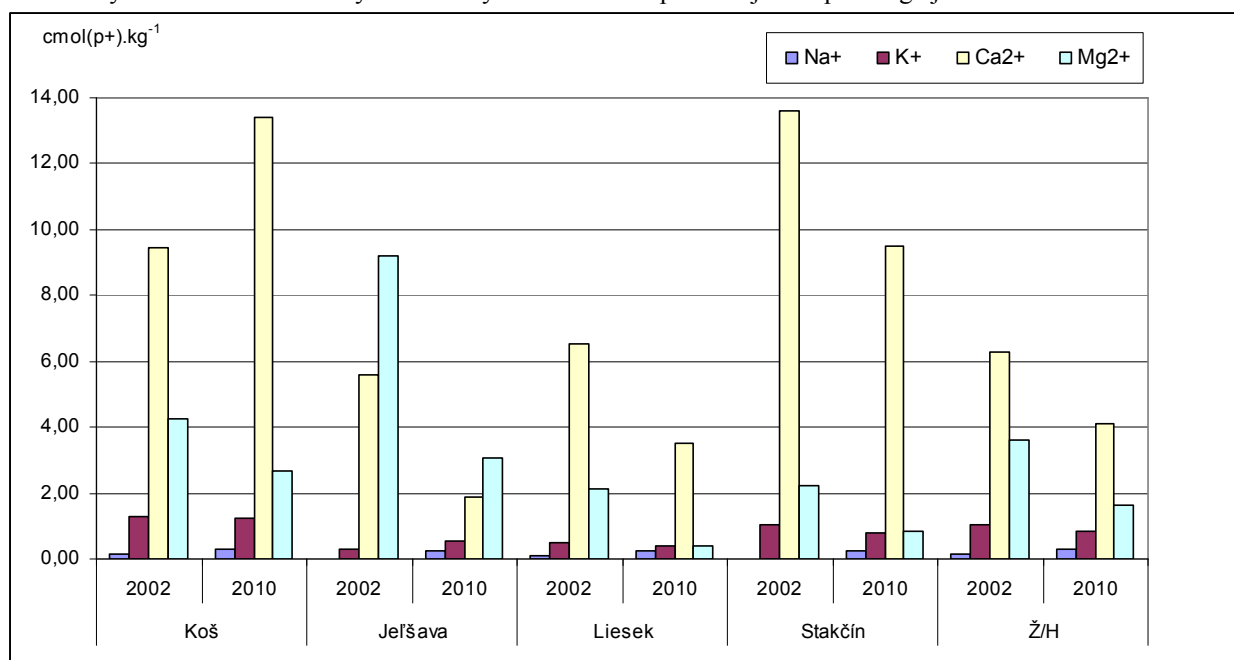
Tab. 4 Priestorová variabilita výmennej pôdnej reakcie pH v CaCl_2 na kľúčových lokalitách v roku 20010

Lokalita	štatistické charakteristiky				
	minimum	maximum	priemer	smerodajná odchýlka	variačné rozpätie
Koš	7,28	7,54	7,42	0,10	0,01
Jelšava	6,38	6,61	6,53	0,10	0,01
Liesek	4,67	5,02	4,81	0,14	0,02
Stakčín	5,45	5,93	5,65	0,19	0,04
Žiar n/H	4,93	5,70	5,15	0,28	0,08
Malanta	5,52	5,67	5,56	0,12	0,01
Moravský Ján	4,40	4,74	4,55	0,15	0,02

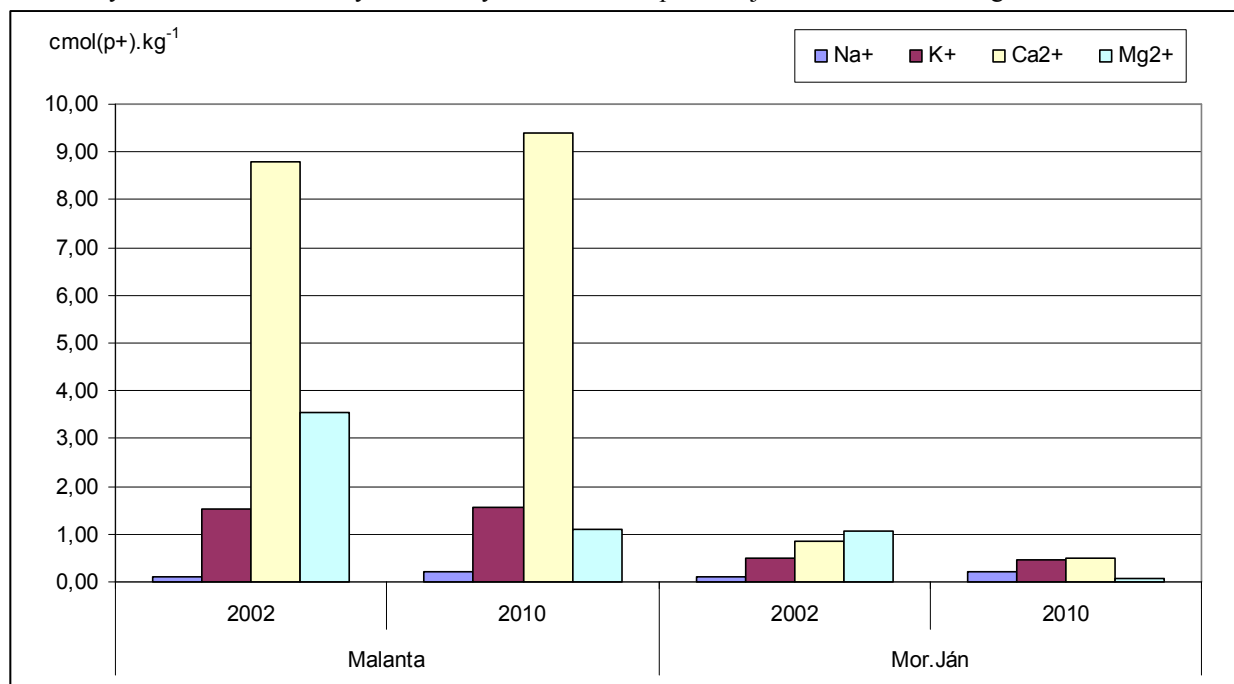
Variačné rozpätie na kľúčových lokalitách reprezentujúcich skupinu pseudoglejov, hnedozeme a regozeme sa pohybuje od 0,01 do 0,08 a je relatívne nízke s výnimkou lokality Žiar n/H.

Prevládajúcim katiónom na sledovaných lokalitách je vápnik (obr.5, 6), okrem lokality Jelšava, situovanej v oblasti Jelšava – Ľubeník, ktorú ovplyvňujú magnezitové imisie.

Obr. 5 Výmenné bázičné katióny na kľúčových lokalitách reprezentujúcich pseudogleje



Obr. 6 Výmenné bázičné katióny na kľúčových lokalitách reprezentujúcich hnedozeme a regozeme



Pomer $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ sa na kľúčových lokalitách reprezentujúcich pseudogleje pohybuje od 0,61 (lokalita Jelšava) do 11,16 (lokalita Liesek), pre lokalitu Malanta – hnedozem je to 8,54 a pre lokalitu Moravský Ján – regozem 6,25. V optimálnom rozmedzí 4:1 až 6:1 sú výmenné katióny na lokalite Koš, využívanéj ako orná pôda. V priebehu rokov 2002 až 2010 došlo k nárastu obsahu výmenného vápnika na lokalite Koš a Malanta a naopak, k jeho poklesu, na lokalitách Jelšava, Liesek, Stakčín, Žiar n/H. a Moravský Ján. Výrazný je pokles obsahu výmenného horčíka na všetkých sledovaných lokalitách, tento trend je pozitívny len na lokalite Jelšava, kde došlo k zníženiu obsahu výmenného horčíka o 66 % v porovnaní s rokom 2002.

Vyhodnotenie stavu aktívneho hliníka vo vybratých skupinách pôd a na kľúčových lokalitách

Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, voľné katióny Al^{3+} a hydrolytické ióny hliníka $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H_2O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Rozpustnosť a tým aj prístupnosť hliníka exponenciálne narastá s klesajúcou hodnotou pôdnej reakcie.

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami $\text{pH/KCl} < 6,00$ (tab. 5).

Tab. 5 Popisná štatistika aktívneho hliníka v hĺbke 0– 10 cm, 20 – 30 cm a 35 – 45 cm v odberovom roku 2007 (4. cyklus) v sledovaných skupinách pôd

Pôdny predstaviteľ	Hĺbka odberu vzorky / cm/	Al v mg.kg ⁻¹			Al ³⁺ /Ca ²⁺		
		Min	Max	X ³	Min	Max	X ³
podzoly. rankre a litozeme TTP	0 – 10	295,00	684,00	455,57	16,5	60,86	38,73
	20 – 30	192,00	509,00	307,33	-	-	-
	35 – 45	120,00	259,00	159,00	-	-	-
pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polyg. spraš. hlinách OP	0 – 10	0,10	14,40	3,43	0,01	1,80	0,33
	35 – 45	0,10	415,00	38,71	-	-	-
pseudogleje na polyg. spraš. hlinách TTP	0 – 10	3,60	30,60	12,52	0,23	2,88	0,92
	20 – 30	0,10	84,60	25,20	-	-	-
	35 – 45	0,10	194,00	36,60	-	-	-
hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach OP	0 – 10	0,10	28,40	7,28	0,01	2,86	0,63
	35 – 45	0,10	488,00	63,03	-	-	-

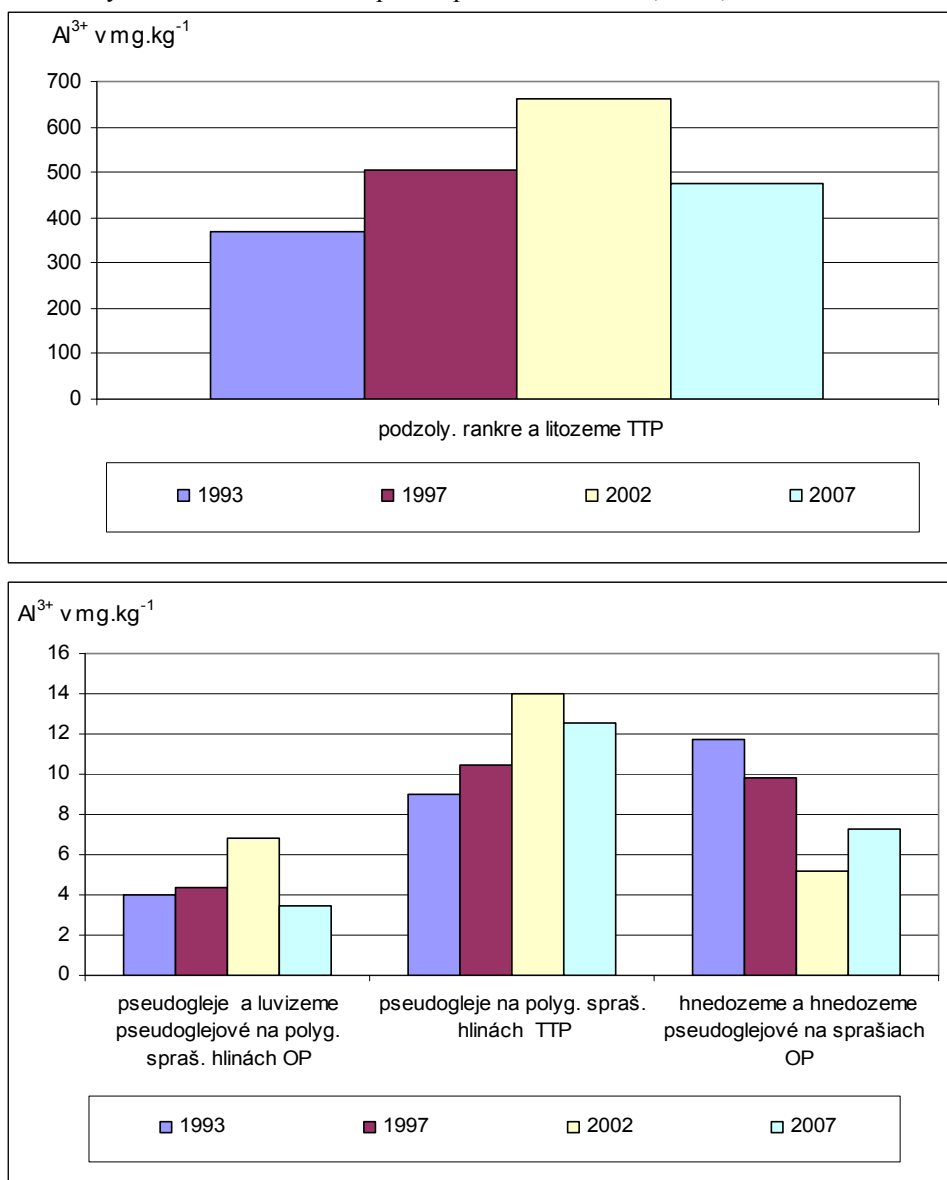
Obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 - 10 cm sa v hodnotených skupinách pôd v roku 2007 pohyboval v rozsahu od 0,10 mg.kg⁻¹ do 684,00 mg.kg⁻¹. Najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka vo všetkých hĺbkach bol stanovený v skupine podzoly, rankre a litozeme využívané ako trvalý trávny porast. V tejto skupine je aj výrazný vertikálny pokles obsahu aktívneho hliníka s najvyššou hodnotu v hĺbke 0 – 10 cm, čo je plne v súlade s priebehom hodnôt pôdnej reakcie, ktorá je najnižšia práve v hĺbke 0 – 10 cm. V ostatných skupinách pôd sme zaznamenali naopak vertikálny nárast obsahu aktívneho hliníka.

Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov Al³⁺/Ca²⁺ indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii. Kritická hladina pomeru Al³⁺/Ca²⁺ pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990). V hodnotených skupinách pôd, ktoré sa využívajú ako orné pôdy, došlo k prekročeniu tejto hodnoty v 35 % lokalít v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách a v 28 % lokalít v skupine hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach., čo predstavuje aktívny hliníkový stres pre pestované plodiny.

V skupine pseudoglejov (bez ohľadu na druh pozemku) je hodnota korelačného koeficientu medzi hodnotou výmennej pôdnej reakcie v KCl a obsahom aktívneho hliníka v hĺbke 0-10 cm $r = -0,54$ a v hĺbke 35-45 cm je hodnota korelačného koeficientu o niečo vyššia, a to $-0,64$, korelačný koeficient s hĺbkou mierne stúpa, ale uvedené hodnoty korelácií v oboch hĺbkach sú štatisticky preukazné. Zmenu vplyvu parametrov s hĺbkou uvádza vo svojej práci aj Mládková (Mládková a kol., 2004).

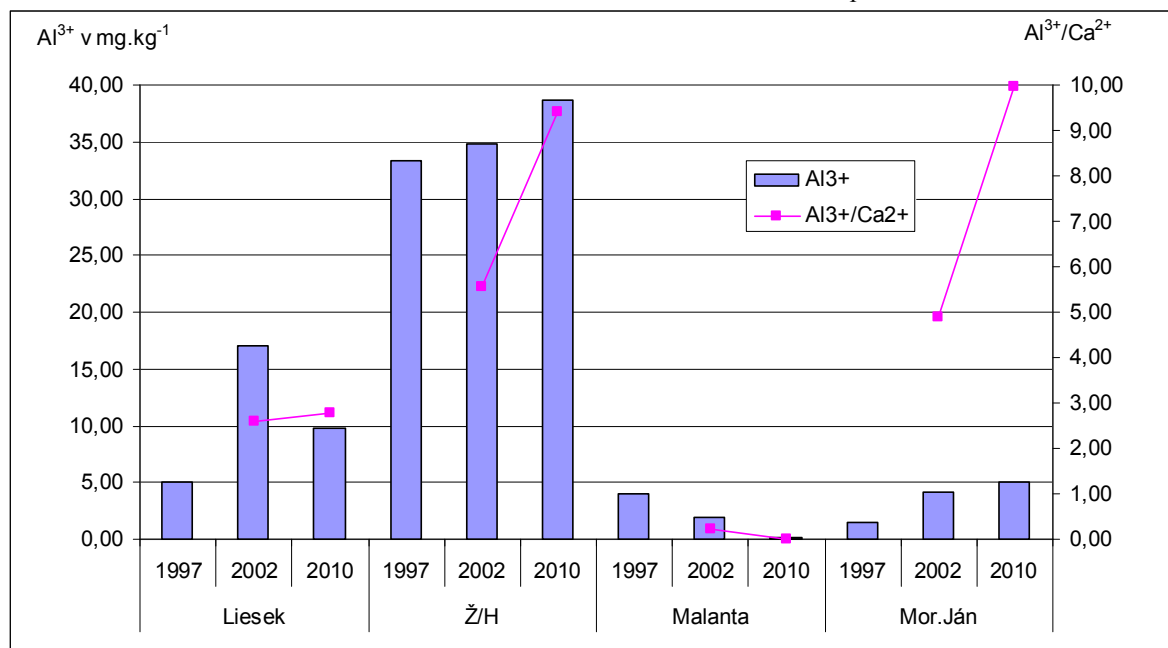
Hodnoty aktívneho hliníka v hodnotených skupinách pôd, ktoré vyhovovali podmienke pH/KCl < 6,00 v jednotlivých odberových rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007, sú na obr. 7a, b. V sledovaných skupinách nedošlo k štatisticky preukazným zmenám indikátora acidifikácie pH, k výraznejšiemu poklesu hodnôt pôdnej reakcie smerom ku kyslej oblasti došlo v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy o to o 0,24 jednotiek. Celkovo došlo k zníženiu priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v štyroch skupinách pôd v rámci šiestich hodnotených skupín pôd. Už malý gradient pH v slabo kyslej až kyslej oblasti však spôsobí výrazné zmeny v bioprístupnosti kovov v sorpčnom komplexe, je nepriaznivý predovšetkým v súvislosti s vysokou mierou zápornej korelácie medzi hodnotami pôdnej reakcie a obsahom aktívneho hliníka (Makovníková, Kanianska, 1996, Kozák, Borůvka, 1998). Táto skutočnosť sa prejavila v podzolochoch, rankroch a litozemiach, využívaných ako trvalý trávny porast, kde došlo k zvýšeniu obsahu aktívneho hliníka v porovnaní s rokom 1993 avšak k poklesu v porovnaní s rokom 2002.

Obr. 7a, b Hodnoty aktívneho hliníka v skupinách pôd v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007



Obsah aktívneho hliníka sledujeme aj na kľúčových lokalitách, kde platí $\text{pH/KCl} < 6,00$. Vývoj obsahu aktívneho hliníka v rokoch 1997, 2002 a 2010 v kontexte s hodnotou pomeru $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ je na obr. 8.

Obr. 8 Obsah aktívneho hliníka v rokoch 1997 až 2010 v kontexte s hodnotou pomeru $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$



Zvýšenie obsahu aktívneho hliníka a následne zhoršenie indikátora acidifikácie, pomeru $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$, sme zaznamenali na lokalite Žiar n/H. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii. Kritická hladina pomeru $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990).

Záver

- ❖ najvyššie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie vo všetkých hĺbkach sme stanovili v skupine regozemí vyvinutých na karbonátových viatych pieskoch, ktoré sú využívané orné pôdy, najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine podzoly, rankre a litozeme (trvalý trávny porast) vo všetkých hĺbkach
- ❖ najväčší pokles priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v celom sledovanom období v hĺbke 0 – 10 cm sme zaznamenali v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, využívané ako orné pôdy a o to 0,24 jednotiek.
- ❖ celkovo došlo k zníženiu priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie (v porovnaní s rokom 1993) v štyroch skupinách pôd v rámci šiestich hodnotených skupín pôd, tieto výsledky upozorňujú na znepokojivý trend vo vývoji slabo kyslých a kyslých pôd
- ❖ pri hodnotení orných pôd zo skupiny pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách, na 24 % lokalít sme stanovili pomer kationov $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ v optimálnom rozmedzí, na 16 % lokalít je pomer týchto kationov nižší ako 4 : 1 a až na 60 % lokalít je pomer $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ vyšší ako 6 : 1, v tejto skupine pôd, využívaných ako orné pôdy, je nízky obsah horčíka v porovnaní s obsahom vápnika pre optimálny rast poľnohospodárskych plodín
- ❖ pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii, v hodnotených skupinách pôd, ktoré sa využívajú ako orné pôdy, došlo k prekročeniu tejto hodnoty v 35 % lokalít v skupine pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách a v 28 %

lokalít v skupine hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach., čo predstavuje aktívny hliníkový stres pre pestované plodiny

- ❖ na kľúčovej lokalite reprezentujúcej pseudogleje využívanej ako TTP, lokalita Liesek, došlo k preukaznému zakysleniu, na tejto lokalite došlo aj k zmene kultúry z OP na TTP

Zoznam použitej literatúry

- Bedrna, Z. 1994: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, 1994, str. 77-86
- Beneš, S. 1993: obsahy a bilance prvku ve sférach životního prostředí. MZ ČR, Praha, 1993, 88s.
- Borůvka, L., Křišťoufková, S., Kozák, J., Huan Wei, Ch., 1997: Speciation of Cd, Pb, and Zn in heavy polluted soils. *Rostlinná. Výroba*, 43: 187-192
- Čurlík a i. 2003: Pôdna reakcia a jej úprava, Suma print Bratislava, 2003, 250 s.
- Demo, M. a i. 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s
- Grišina, L. A., Baranova, T.A. 1990: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. *Lesné pôdoznanectvo*, 10, 1990, 121-136
- Hanes, J., Poláček, Š. 2002: Koloidná chémia pôdy, VÚPOP Bratislava, 2002, 108 s. ISBN 80-85361-96-5
- Fiala K. a i. 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Johnston, A.E. 2004: Soil Acidity – Resilience and Thresholds. In: Schjonning, P, Elmholt, S. Christenses, B. T. (ads.): Managing soli quality. CABI Publishing, 2004, 344 p., ISBN 85-1996-71-X
- Kanianska, R. 2000: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 2000, 96s.
- Makovníková, J. 2004: Acidifikačné trendy poľnohospodárskych pôd Slovenska. Stav a vývoj idikátorov acidifikácie. S Tretie pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z konferencie pôdoznalcov SR, Mojmirovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovac, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, ISBN: 80-89128-11-4
- Makovníková, J., Kanianska, R. 1996: Aktívny hliník a jeho súčasný stav v pôdach SR. *Rostlinná výroba*, 42/7, 1996, 289-292
- Makovníková, J. 2000: Závislosti medzi vybranými pôdnymi parametrami a prístupným obsahom kadmia, olova, medi a zinku. *Rostl. výroba*, 46, 2000, str. 289-296
- Makovníková, J., Barančíková, G. 2004: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. *Agrochémia*, č.3, 2004, str. 27-30
- Makovníková, J. 2007: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. Bratislava : VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- Makovníková, J. 2008: Acidifikácia pôd In: Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine. Priebežná správa za rok 2008. VUPOP Bratislava, 2009, str. 20 - 28
- Makovníková, J., 2009: Acidifikácia pôd In: Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M.: Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine. Priebežná správa za rok 2008. VUPOP Bratislava, 2009, str. 20 - 28

- Makovníková, J., Barančíková, G., Pálka, B. 2007: Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil, *Plant, Soil and Environment*, vol.53, 8, 2007, 365 - 373
- Makovníková, J., Barančíková, G., 2009: Assessment of transport risk of cadmium and lead on the basis of immobilisation capability of soil. *Soil and Water Research*, vol. 4, č.1, str: 10-16.
- Mládková, L., Borůvka, L., Drábek. 2004: Distribution of aluminium aminy its mobilizable forms in soils of the Jizera Mountains region., *Plant Soil environ.*, 50, 2004 (8), str. 346-351
- Mestek, O., Volka K., 1993: Interakce těžkých kovů s půdními složkami. *Chemické Listy*, 87. 95-806
- Vollmannová, A.: Hodnotenia pôdnej hygieny a poľ. Produkcie so zvláštnym zreteľom na obsah mangánu na Strednom Gemeri. Autoreferát, Nitra, 1998, 24s.

Salinizácia a sodifikácia

Monitoring procesov salinizácie a sodifikácie v roku 2010 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak modálne slance (Tab.1). To nám umožňuje sledovať postupný vývoj soľných pôd od ich začiatkových štádií, cez ich stredné stupne až po ich plné rozvinutie. Z celkového počtu 8 monitorovaných lokalít, 6 je situovaných na Podunajskej rovine, kde stabilizovaný režim hladín mineralizovaných podzemných vôd, výparný vodný režim a nastupujúce klimatické zmeny smerom k otepľovaniu vytvárajú reálne podmienky pre postupný vznik, rozvoj a rozšírenie soľných pôd. Monitorované lokality sú tu situované v katastrach obcí: Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Kamenín. Na troch z uvedených lokalít (Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce) sa vývoj soľných pôd monitoruje od r. 1989 v rámci účelového monitoringu: Vplyv VD Gabčíkovo na pôdy priľahlej oblasti. Na strednom Slovensku sa monitoruje antropogénna sodifikácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri obce Žiar nad Hronom a na Východoslovenskej nížine je do monitorovacej siete zahrnutý modálny slanec v katastri obce Malé Raškovce.

Tab. 1 Zoznam monitorovaných lokalít soľných pôd

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	IŽA okres Komárno	Čiernica kultizemná karbonátová v počiatočnom štádiu sodifikácie
400 176	GABČÍKOVO okres Dunajská Streda	Čiernica kultizemná slabo slancová
400 177	ZLATNÁ NA OSTROVE okres Komárno	Čiernica kultizemná černoziemná hlboko slancová
400 178	KOMÁRNO-HADOVCE	Čiernica kultizemná černoziemná slabo slancová
400 179	ZEMNÉ okres Nové Zámky	Čiernica kultizemná glejová slabo slancová
400 138	KAMENÍN okres Nové Zámky	Slanec čiernicový
400 229	MALÉ RAŠKOVCE okres Trebišov	Slanec kultizemný
400 063	ŽIAR NAD HRONOM	Fluvizem glejová sekundárne zasolená

Odber pôdnych vzoriek sa uskutočňuje v ročných intervaloch v jarých mesiacoch marec – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarých dažďoch resp. ktoré neboli vyplavené do spodných horizontov, prípadne až do podzemnej vody a v priebehu nastupujúceho vegetačného obdobia zostávajú v pôde. Vzorky pôdy sa odoberajú nielen z prvých dvoch horizontov, ale zo všetkých pôdnych horizontov do hĺbky cca 1 m, pretože vývoj soľných pôd tu prebieha od spodných horizontov smerom k povrchu pôdy. Analýzy pôdnych vzoriek zahŕňajú rozbor vodného výluhu (Hraško, J. a kol., 1962) a rozbor nasýteného extraktu pôdnych pást (Sotáková, S. a kol., 1988, Valla, M. a kol., 1983). Ako podporné analýzy sa na Podunajskej rovine (okrem lokality Kamenín) stanovuje aj zloženie podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd.

Použité metódy stanovenia

Na^+ , K^+ , Ca^{2+} - plameňová fotometria

Mg^{2+} - atómová absorpčná spektrofotometria (AAS)

HCO_3^- , CO_3^{2-} - titračne ($0,05 \text{ mol. dm}^{-3} \text{ H}_2\text{SO}_4$)

Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky

pH – potenciometricky

odparok – gravimetricky

SO_4^{2-} - gravimetricky

Cl^- - titračne podľa Mohra

Hodnoty SAR a ESP sú vypočítané podľa Vallu 1983, vzorce II. 147, 149, 150 a 151.

Kritériá hodnotenia soľných pôd

Hodnotenie salinizácie pôd

Podľa elektrickej vodivosti (ECe) a celkového obsahu solí.

ECe (mS.m^{-1})	Celkový obsah solí (%)	Klasifikácia salinizácie	Reakcia rastlín
< 200	< 0,1	bez salinizácie	vplyv na úrody je zanedbateľný
200 – 400	0,1 – 0,15	slabá salinizácia	úrody citlivých rastlín môžu byť znížené
400 – 800	0,16 – 0,35	stredná salinizácia	úrody plodín sú redukované
800 – 1600	0,36 – 0,70	silná salinizácia	len tolerantné plodiny majú uspokojivé úrody
> 1600	> 0,70	extrémna salinizácia - slanisko	len málo tolerantných rastlín má uspokojivé úrody

Podľa U.S. Soil Salinity laboratory Staff. 1954, In: Fulajtár, 1996

Hodnotenie sodifikácie pôd

Zastúpenie výmenného sodíka (ESP) v sorpčnom komplexe.

% ESP	Kategória stanovenia
5 – 10	slabo slancová
11 – 20	slancová
> 20	slanec

Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2010 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem soľných procesov – salinizácie i sodifikácie, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

Salinizácia pôd

Salinizáciu ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2010 zaznamenali na všetkých monitorovaných pôdach (Tab. 2).

Tab. 2 Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2010

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Celkový obsah solí (%)
				mmol/kg								
Iža 400180	Akpc	0-10	7,38	<0,5	5,50	<0,50	<0,20	4,32	1,38	0,74	0,21	0,100
	Akpc	15-25	7,40	<0,5	6,05	0,52	<0,20	3,64	1,29	0,52	0,17	0,093
	Amčc	30-40	7,27	<0,5	6,30	<0,50	<0,20	3,34	1,20	0,70	0,10	0,084
	CGo	75-85	8,24	<0,5	4,50	0,54	0,20	1,41	1,88	0,54	0,04	0,037
	CGo(Bn)	90-100	8,44	<0,5	4,30	<0,50	0,43	1,37	1,86	1,51	0,03	0,050
Zemné 400179	Akpc	0-10	7,22	<0,5	4,00	<0,50	<0,20	3,48	0,720	7,96	0,29	0,128
	Akpc	10-20	7,25	<0,5	5,30	<0,50	<0,20	2,86	0,600	1,00	0,22	0,084
	A/CGo(Bn)	45-55	7,59	<0,5	5,10	<0,50	1,19	3,67	0,610	0,94	0,07	0,071
	CGro(Bn)	65-75	7,80	<0,5	4,70	<0,50	0,90	2,69	0,460	2,65	0,04	0,059
	CGr(Bn)	100-110	7,22	<0,5	3,80	<0,50	0,70	1,70	0,390	3,44	0,11	0,049
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	7,2	<0,5	5,703	0,76	<0,20	4,21	0,86	0,06	0,21	0,124
	Akpc	10-20	7,37	<0,5	5,80	<0,50	<0,20	3,99	0,84	0,49	0,28	0,116
	Amčc	40-50	7,40	<0,5	4,95	0,97	<0,20	4,07	0,83	0,23	0,15	0,114
	A/CGo	65-75	7,24	<0,5	4,35	0,83	0,28	2,53	1,23	0,42	0,06	0,075
	CGroc(Bn)	90-100	7,38	<0,5	3,55	0,74	2,67	2,91	1,77	0,39	0,04	0,085
	CGroc(Bn)	100-110	7,59	<0,5	2,80	1,37	3,72	3,83	2,38	0,93	0,05	0,121
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7,32	<0,5	5,40	<0,50	<0,20	3,03	1,16	1,19	0,29	0,095
	Akpc	10-20	7,93	<0,5	5,00	0,74	<0,20	3,01	1,05	0,53	0,42	0,115
	A/CGoc(Bn)	40-45	7,92	<0,5	4,45	<0,50	<0,20	0,78	1,30	0,43	0,09	0,069
	CGoc(Bn)	50-65	7,99	<0,5	4,05	0,61	0,77	1,17	0,85	0,89	0,03	0,070
	CGoc(Bn)	100-110	7,83	<0,5	3,35	1,6	3,31	1,44	1,97	3,26	0,04	0,098
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	7,37	<0,5	4,40	<0,50	<0,20	2,56	1,08	6,35	0,35	0,115
	Akpc	10-20	7,24	<0,5	5,20	<0,50	<0,20	2,69	1,06	1,01	0,48	0,108
	A/CGoc(Bn)	40-50	7,43	<0,5	4,05	0,65	0,70	1,74	1,29	0,97	0,14	0,079
	CGroc(Bn)	55-60	7,33	<0,5	3,60	0,77	2,23	1,37	1,38	3,33	0,04	0,092
	CGroc(Bn)	70-80	7,42	<0,5	3,20	2,51	3,88	0,86	2,67	6,02	0,05	0,140
	CGroc(Bn)	100-110	7,42	<0,5	2,25	4,99	4,31	3,53	5,35	8,07	0,05	0,208
Kamenín 400138	Ame	0-10	8,02	<0,5	16,6	0,83	1,02	0,46	0,210	1,98	0,57	0,268
	Ame	10-20	8,07	<0,5	22,2	0,88	0,94	0,52	0,150	15,6	0,67	0,376
	Ame	20-30	8,25	<0,5	31,8	1,48	3,93	0,57	0,170	26,9	0,91	0,459
	Ame	40-50	8,56	2,201	35,4	3,46	12,0	0,83	0,380	32,6	2,88	0,858
	Bn	60-70	8,22	<0,5	32,8	4,45	10,4	0,41	0,180	45,9	1,26	0,684
	Bn	80-90	9,07	2,201	28,0	4,46	3,82	1,07	0,170	49,2	0,47	0,372
	Bn	100-110	8,40	<0,5	32,6	2,31	0,54	8,26	0,530	39,9	0,51	0,182
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	7,03	<0,5	3,90	<0,50	<0,20	1,27	0,59	27,8	0,31	0,144
	Akp	20-30	7,33	<0,5	4,20	<0,50	<0,20	1,72	0,190	2,83	0,19	0,121
	Aoe	35-45	7,80	<0,5	7,20	<0,50	0,31	0,52	0,140	4,72	0,38	0,182
	Bn	50-60	8,09	<0,5	14,8	<0,50	2,62	0,20	0,125	7,46	0,56	0,210
	Bn	70-80	7,92	<0,5	14,5	<0,50	3,9	0,25	0,180	17,3	0,72	0,284
	Bn	120-130	7,90	<0,5	9,31	<0,50	3,5	0,57	0,170	44,2	2,57	0,157
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	7,84	<0,5	27,2	0,54	1,64	0,47	0,06	18,5	0,37	0,398
	AoGo	10-20	8,29	<0,5	30,8	<0,50	1,64	0,43	0,04	29,1	0,17	0,361
	AoGo	20-30	8,47	1,201	44,1	0,60	6,56	1,10	0,20	29,2	2,70	0,832
	Gro	35-45	8,20	<0,5	44,8	0,56	7,06	1,00	0,42	53,1	0,59	1,068
	Gro	55-65	8,20	<0,5	38,8	<0,50	2,32	0,50	0,22	62,7	0,47	0,682
	Gro	75-85	7,79	<0,5	27,6	<0,50	4,15	0,23	0,10	41,7	0,42	0,479

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Intenzita salinizácie v pôdach s jej nerozvinutým procesom je však slabá. Slabú – počiatočnú až strednú salinizáciu, s obsahom solí 0,10 – 0,35 %, sme zaznamenali v jednotlivých horizontoch lokalít Iža, Gabčíkovo, Zemné, Komárno-Hadovce, Zlatná na Ostrove a Malé Raškovce.

Vysoký (0,36 – 0,70 %) až extrémne vysoký (nad 0,71 %) obsah solí bol v lokalite Kamenín a v lokalite Žiar nad Hronom, kde sú tieto soli antropogénneho pôvodu.

Tab. 3 Rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2010

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg mmol.l ⁻¹	Ca	SAR	ESP %
Iža 400180	Akpc	0-10	84	0,41	1,33	2,99	0,28	2,2
	Akpc	15-25	61	0,49	0,99	2,27	0,39	3,1
	Amčc	30-40	53	0,36	0,89	1,95	0,30	2,4
	CGo	75-85	63	1,54	1,65	1,19	1,29	7,5
	CGo(Bn)	90-100	80	2,15	1,78	1,27	1,75	8,5
Zemné 400179	Akpc	0-10	94	0,51	0,79	4,07	0,33	2,7
	Akpc	10-20	49	0,69	0,43	2,10	0,61	4,7
	A/CGo(Bn)	45-55	66	1,83	0,54	2,03	1,61	8,3
	CGro(Bn)	65-75	64	3,50	0,55	2,00	2,19	9,5
	CGr(Bn)	100-110	63	2,98	0,82	5,61	1,66	8,4
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	77	0,73	0,78	3,54	0,50	4,0
	Akpc	10-20	75	0,39	0,86	3,62	0,26	2,1
	Amčc	40-50	80	0,51	0,73	3,27	0,36	2,9
	A/CGo	65-75	67	0,61	1,00	2,12	0,48	3,9
	CGroc(Bn)	90-100	118	1,74	2,42	4,34	0,94	6,3
	CGroc(Bn)	100-110	198	2,88	4,28	6,81	1,23	7,3
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	69	0,81	1,06	3,12	0,56	4,4
	Akpc	10-20	73	0,59	1,09	2,87	0,42	3,4
	A/CGoc(Bn)	40-45	56	1,39	1,25	2,11	1,07	6,8
	CGoc(Bn)	50-65	81	4,83	1,34	1,29	2,98	9,5
	CGoc(Bn)	100-110	0	14,01	4,69	3,04	5,04	11,9
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	67	1,34	1,28	3,27	0,89	6,1
	Akpc	10-20	71	1,11	1,26	3,47	0,72	5,3
	A/CGoc(Bn)	40-50	94	4,78	1,56	2,62	2,34	9,4
	CGroc(Bn)	55-60	141	8,26	2,45	2,21	3,83	10,3
	CGroc(Bn)	70-80	0	15,40	14,20	9,73	3,16	9,6
	CGroc(Bn)	100-110	1	19,80	17,90	3,67	3,67	10,1
Kamenín 400138	Ame	0-10	0	0,69	0,01	0,04	3,08	27,7
	Ame	10-20	-	16,70	0,37	1,15	13,50	24,1
	Ame	20-30	-	16,20	0,57	1,66	10,90	21,0
	Ame	40-50	-	13,10	0,59	2,09	8,02	17,8
	Bn	60-70	-	17,70	0,27	0,84	16,90	27,9
	Bn	80-90	0	31,01	0,19	0,65	33,80	44,0
	Bn	100-110	163	15,40	0,23	0,68	16,20	27,2
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	94	3,95	1,21	3,24	2,65	9,79
	Akp	20-30	80	6,96	0,42	0,91	6,04	13,3
	Aoe	35-45	-	14,10	0,75	0,40	13,20	23,7
	Bn	50-60	180	15,80	0,27	0,31	20,60	31,9
	Bn	70-80	0	20,40	0,41	0,22	25,70	36,9
	Bn	120-130	172	14,90	8,02	0,42	5,14	12,0
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	0	33,60	0,98	1,29	22,30	33,6
	AoGo	10-20	0	25,20	0,26	0,61	27,00	38,2
	AoGo	20-30	-	-	-	-	-	-
	Gro	35-45	-	-	-	-	-	-
	Gro	55-65	-	24,80	0,79	1,18	17,70	28,8
	Gro	75-85	-	11,20	0,38	1,86	7,51	17,2

SAR – sodíkový adsorpčný pomer

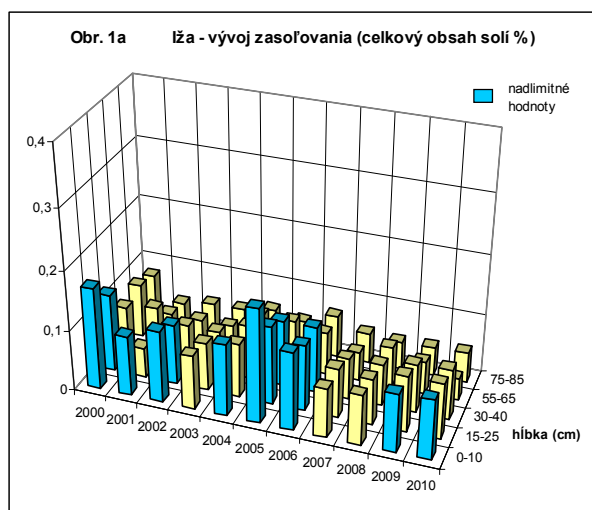
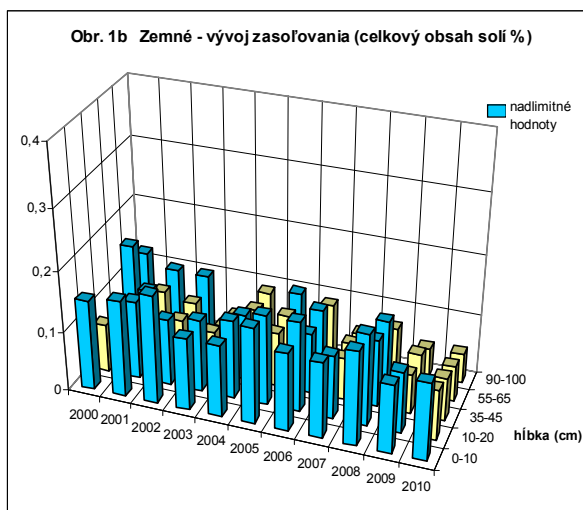
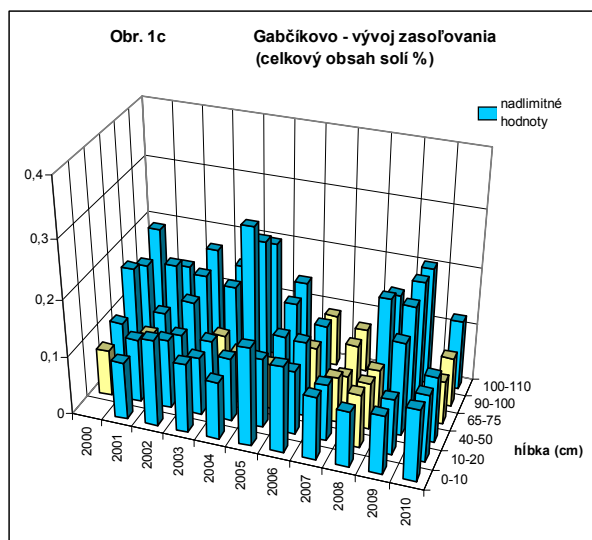
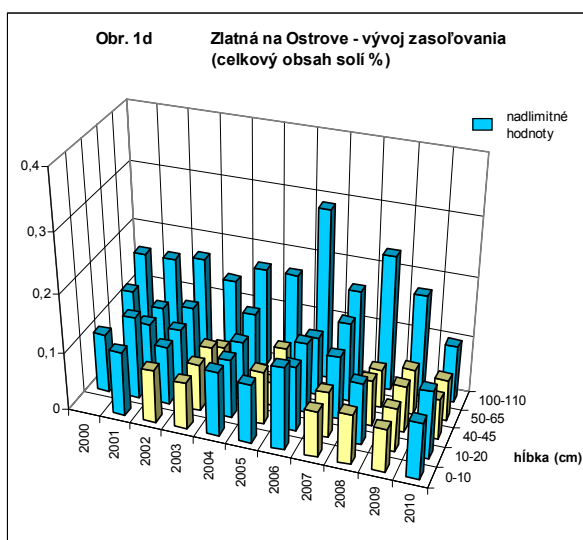
ESP – obsah výmenného sodíka

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach nepotvrdila prítomnosť ani slabšej salinizácie v žiadnej monitorovanej lokalite (Tab.3).

Charakter salinizácie indikovaný obsahom iónov Cl^- , SO_4^{2-} a HCO_3^- (Tab.2) potvrdzuje, že prebiehajúci proces má charakter zmiešanej a sódovej salinizácie.

Vývoj salinizácie

V priebehu posledných jedenástich rokov (2000 – 2010) sme vo vývoji salinizácie pôd nezaznamenali žiadne preukazné trendy. Celkový obsah solí v pôdach s počiatočným štádiom salinizácie (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch mierne prevyšuje hornú hranicu slabšej salinizácie (0,15 %; Tab.4, Obr.1a-g) .



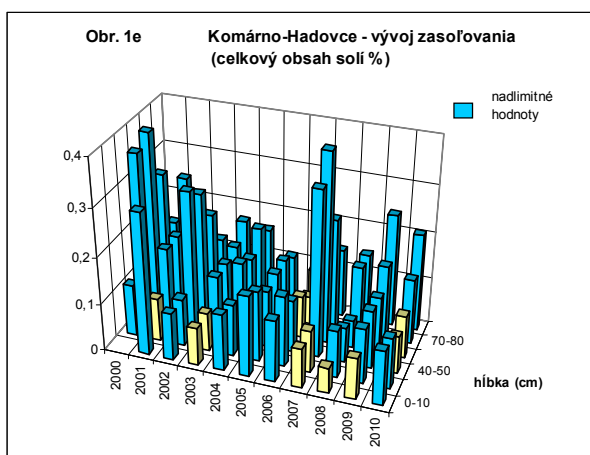
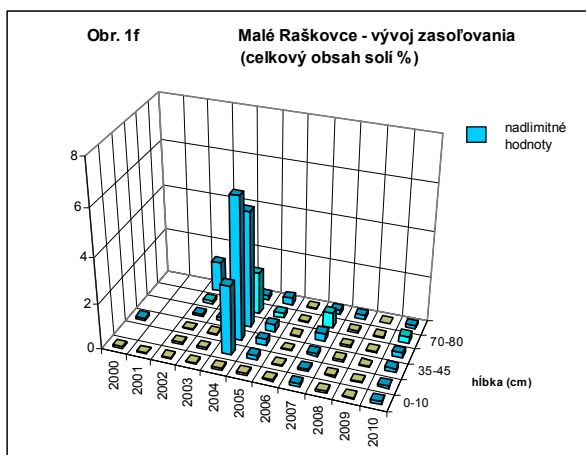
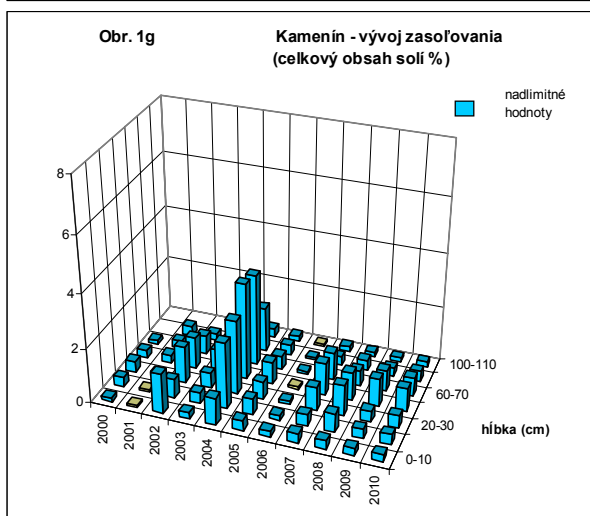
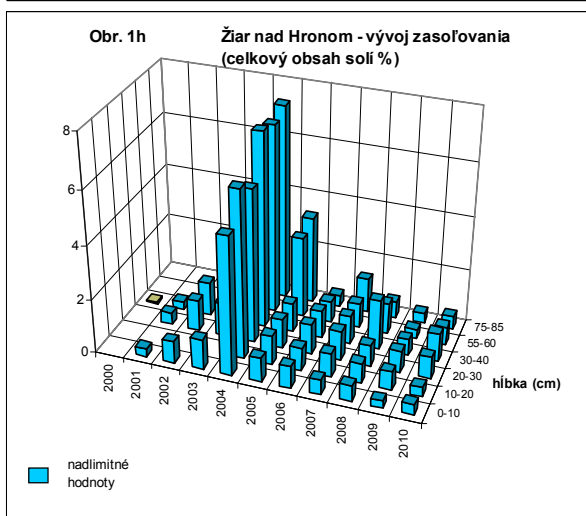
V profiloch lokalít Komárno-Hadovce a Malé Raškovce je tento proces výraznejší a prejavuje sa často vyšším obsahom solí hlavne v podornicových horizontoch a v substráte.

V pôdach lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom je obsah solí v jednotlivých rokoch a horizontoch prevažne vysoký, indikujúci procesy silnej (0,35-0,70 %) až extrémnej salinizácie (obsah solí nad 0,70 %).

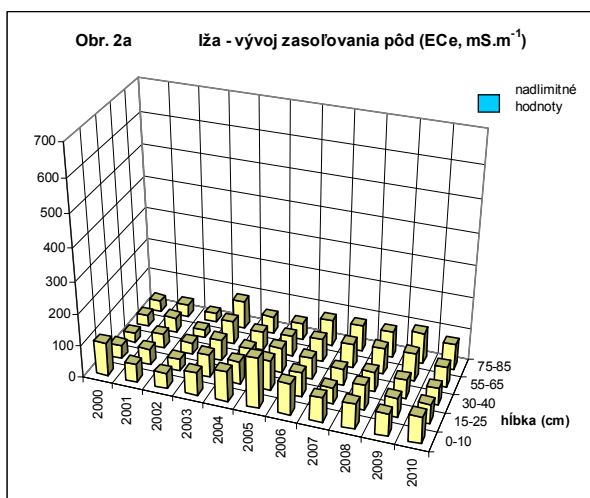
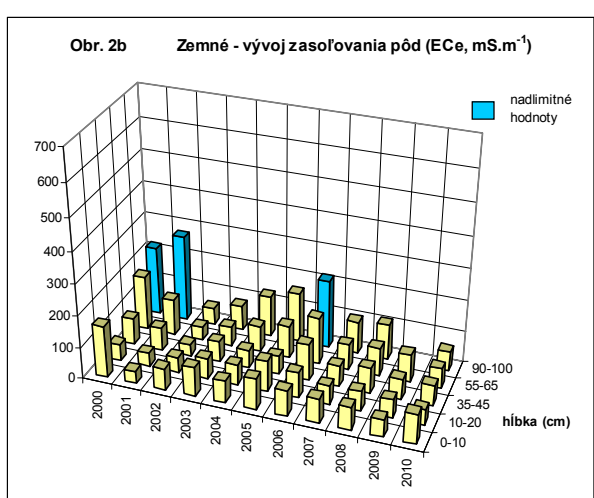
Tab. 4 Vývoj salinizácie – celkový obsah soli

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah soli v % (odparok 105°C)										
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Iža 400180	Akpc	0-10	0,17	0,10	0,12	0,09	0,12	0,19	0,13	0,08	0,08	0,10	0,10
	Akpc	15-25	0,13	0,05	0,10	0,08	0,09	0,13	0,11	0,08	0,08	0,09	0,09
	Amčc	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,07	0,07	0,08	0,08
	CGo	55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	0,05	0,07	0,05	0,04
	CGo(Bn)	75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,05
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	-	0,10	0,15	0,12	0,10	0,17	0,15	0,11	0,10	0,11	0,12
	Akpc	10-20	0,08	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	0,09	0,10	0,12
	A/CGo(Bn)	40-50	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,13	0,08	0,08	0,07	0,11
	CGro(Bn)	65-75	0,17	0,10	0,13	0,08	0,28	0,10	0,09	0,05	0,07	0,07	0,08
	CGr(Bn)	90-100	0,15	0,16	0,15	0,14	0,23	0,13	0,10	0,08	0,17	0,05	0,09
	Akpc	100-110	0,19	0,13	0,17	0,15	0,20	0,14	0,09	0,08	0,15	0,10	0,12
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10	0,14	0,08	0,09	0,10	0,10
	Amčc	10-20	0,10	0,14	0,10	0,08	0,10	0,09	0,11	0,08	0,10	0,16	0,12
	A/CGo	40-45	0,03	0,10	0,10	0,08	0,10	0,04	0,12	0,11	0,08	0,19	0,07
	CGroc(Bn)	50-65	0,12	0,10	0,11	0,05	0,12	0,07	0,10	0,14	0,07	0,21	0,07
	CGroc(Bn)	100-110	0,16	0,16	0,17	0,14	0,17	0,17	0,29	0,16	0,23	0,20	0,10
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	0,30	0,10	0,08	0,12	0,17	0,13	0,08	0,05	0,07	0,12
	Akpc	10-20	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11	0,15	0,15	0,09	0,10	0,07	0,11
	A/CGoc(Bn)	40-50	0,36	0,17	0,30	0,13	0,17	0,12	0,11	0,35	0,07	0,08	0,08
	CGoc(Bn)	55-60	0,38	0,17	0,27	0,13	0,15	0,13	0,09	0,46	0,06	0,08	0,09
	CGoc(Bn)	70-80	0,27	0,27	0,20	0,14	0,19	0,13	0,06	0,24	0,15	0,18	0,14
Zemné 400179	Akpc	0-10	0,15	0,16	0,18	0,12	0,12	0,16	0,13	0,13	0,16	0,12	0,13
	A/CGoc(Bn)	10-20	0,08	0,13	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15	0,11	0,15	0,12	0,08
	CGroc(Bn)	35-45	0,09	0,12	0,08	0,07	0,11	0,09	0,10	0,07	0,11	0,12	0,07
	CGroc(Bn)	55-65	0,16	0,09	0,08	0,05	0,09	0,09	0,11	0,06	0,11	0,16	0,06
	CGroc(Bn)	90-100	0,12	0,10	0,10	0,04	0,09	0,10	0,09	0,05	0,07	0,24	0,05
Kamenín 400138	Ame	0-10	0,15	0,09	1,46	0,24	0,99	0,38	0,22	0,34	0,32	0,27	0,27
	Ame	10-20	0,34	0,09	0,68	0,39	2,45	0,6	0,19	0,43	0,68	0,34	0,38
	Ame	20-30	0,40	0,14	1,34	0,55	2,72	0,65	0,14	0,86	1,14	0,41	0,46
	Ame	40-50	0,27	0,30	1,16	0,88	3,54	0,83	0,09	1,20	1,04	1,03	0,86
	Bn	60-70	0,13	0,30	0,69	0,69	3,37	0,5	0,11	1,03	0,54	0,75	0,68
	Bn	80-90	-	0,34	0,26	0,36	1,63	0,38	0,1	0,34	0,39	0,29	0,37
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	0,08	0,02	0,07	0,08	0,08	0,09	0,07	0,13	0,08	0,14	0,14
	Akp	20-30	-	-	0,07	0,08	3,02	0,22	0,05	0,10	0,07	0,04	0,12
	Akp	35-45	0,11	-	0,06	0,08	6,18	0,29	0,05	0,13	0,08	0,04	0,18
	Aoe	50-60	-	-	0,11	0,13	5,04	0,32	0,04	0,37	0,06	0,03	0,21
	Bn	70-80	-	-	0,12	0,14	1,83	0,23	0,06	0,67	0,09	0,05	0,28
	Bn	120-130	-	-	1,32	0,24	0,23	0,31	0,06	0,18	0,18	0,05	0,16
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	0,00	0,31	0,82	1,13	5,16	0,9	0,83	0,57	0,61	0,04	0,40
	AoGo	10-20	-	-	-	-	6,25	1,1	0,87	0,90	0,76	0,28	0,36
	AoGo	20-30	-	0,46	1,15	1,26	5,74	1,11	1,12	1,10	0,79	0,69	0,83
	Gro	30-45	0,07	0,29	1,26	0,85	7,27	1,09	1,04	1,06	1,87	0,81	1,07
	Gro	55-65	-	-	-	-	7,04	3,04	0,78	0,93	1,15	0,61	0,68
	Gro	75-85	-	--	-	-	7,29	3,29	0,44	1,31	0,63	0,37	0,48

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty



Elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) celkom nekoreluje s obsahom solí (Tab.5, Obr. 2a-g.). V pôdach lokalít s nízkym obsahom solí (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele prekračuje hodnotu 200 mS.m^{-1} a indikuje pôdy bez salinizácie. Len v pôdach a horizontoch so stredným a vysokým obsahom solí (Komárno-Hadovce, Kamenín, Žiar nad Hronom a Malé Raškovce) hodnota ECe kolíše v intervale $200 - 400 \text{ mS.m}^{-1}$ a indikuje slabú salinizáciu.

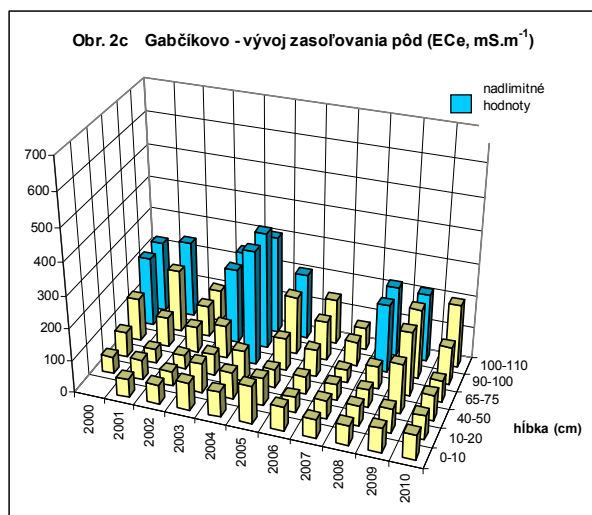
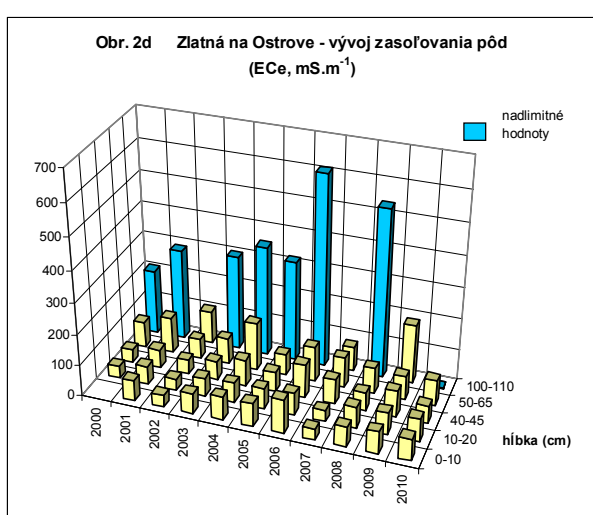
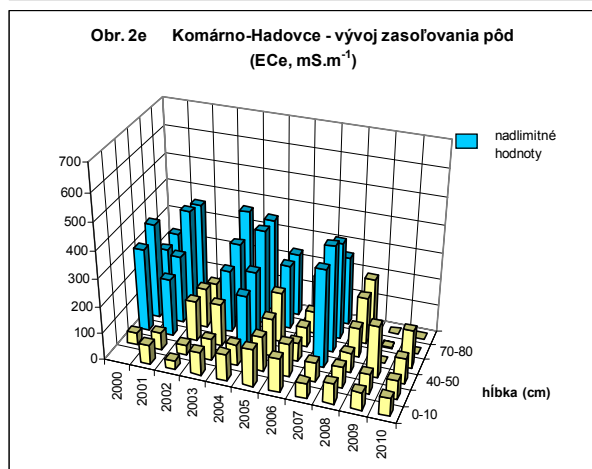
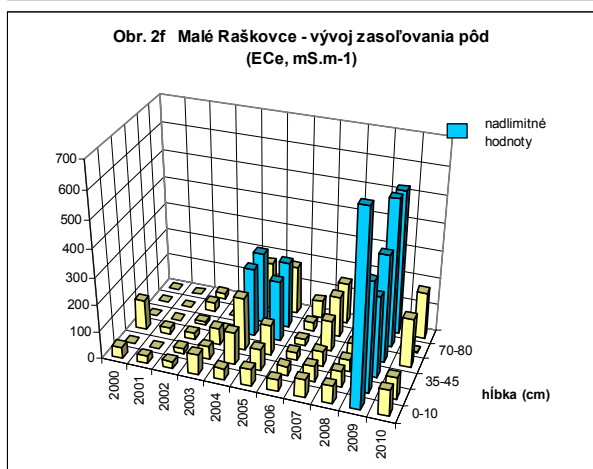
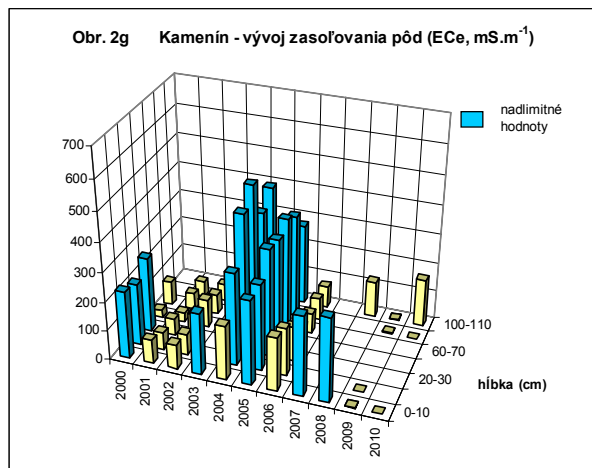
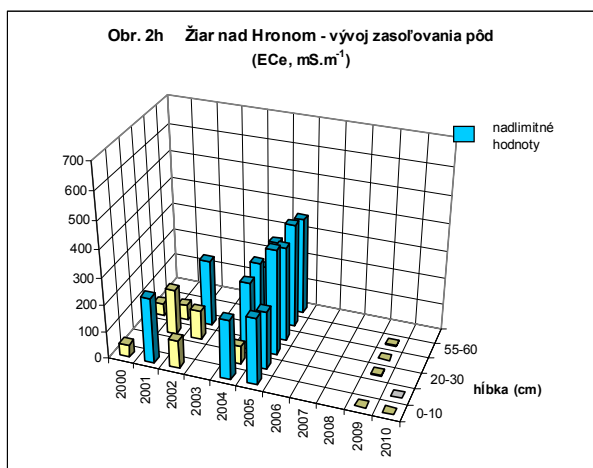


Tab. 5 Vývoj salinizácie – elektrická vodivosť (ECe)

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Elektrická vodivosť (mS.m ⁻¹)										
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Iža 400180	Akpc	0-10	106	57	49	71	95	158	99	77	79	70	84
	Akpc	15-25	43	51	38	72	71	95	76	50	79	59	61
	Amčc	30-40	29	45	36	65	58	79	66	52	63	60	53
	CGo	55-65	38	47	26	74	57	64	72	77	83	85	63
	CGo(Bn)	75-85	34	39	28	87	55	51	81	84	81	97	80
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10		57	60	87	80	119	75	57	62	75	77
	Akpc	10-20	53	63	46	92	83	86	48	57	62	75	75
	A/CGo(Bn)	40-50	79	43	43	66	96	58	55	51	55	155	80
	CGro(Bn)	65-75	136	92	80	105	357	101	85	41	71	200	67
	CGr(Bn)	90-100	218	195	97	233	365	182	121	76	212	216	118
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	100-110	223	238	99	241	305	205	141	68	218	212	198
	Akpc	0-10	-	67	38	65	75	75	107	35	63	71	69
	Amčc	10-20	40	58	36	59	64	67	72	36	68	72	73
	A/CGo	40-45	43	60	45	60	84	64	108	80	58	83	56
	CGroc(Bn)	50-65	83	115	62	84	152	69	113	96	82	76	81
Komárno - Hadovce 400178	CGroc(Bn)	100-110	207	291	105	304	352	320	611	78	536	189	0
	Akpc	0-10	-	73	34	85	97	139	126	55	75	66	67
	Akpc	10-20	42	63	37	79	79	128	123	73	77	71	71
	A/CGoc(Bn)	40-50	309	212	149	156	208	141	70	360	73	193	94
	CGoc(Bn)	55-60	355	252	147	233	244	186	75	394	111	0	141
Zemné 400179	CGoc(Bn)	70-80	214	375	117	284	351	239	80	358	172	0	0
	Akpc	100-110	227	355	68	362	346	234	164	255	192	0	1
	Akpc	0-10	164	39	68	92	71	98	81	77	73	55	94
	A/CGoc(Bn)	10-20	52	43	48	65	65	98	81	60	64	58	49
	CGroc(Bn)	35-45	85	73	37	66	57	58	116	67	81	66	66
Kamenín 400138	CGroc(Bn)	55-65	171	115	43	62	82	102	147	81	89	88	64
	CGroc(Bn)	90-100	218	273	53	80	129	158	215	101	111	-	63
	Ame	0-10	232	83	84	210	186	288	182	273	286	0	0
	Ame	10-20	212	59	71	-	316	293	164	-	-	0	-
	Ame	20-30	257	57	92	-	466	367	117	-	-	-	-
Malé Raškovece 400229	Ame	40-50	25	33	97	-	520	354	71	-	-	-	-
	Bn	60-70	82	57	69	-	388	382	69	-	-	-	-
	Bn	80-90	-	54	60	-	434	349	76	-	-	3	0
	Bn	0-10	39	26	27	74	42	62	44	66	65	689	94
	Akp	20-30	-	-	20	47	121	77	34	57	60	399	80
Žiar nad Hronom 400063	Akp	35-45	109	22	22	61	194	113	30	53	43	294	-
	Aoe	50-60	-	-	13	-	251	221	24	114	47	390	180
	Bn	70-80	-	-	34	-	259	242	33	151	51	539	0
	Bn	120-130	-	-	21	-	174	178	65	149	59	523	172
	AoGo	0-10	46	241	103	-	219	247	-	-	-	3	0
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	10-20	-	-	-	-	66	215	-	-	-	-	0
	AoGo	20-30	-	167	106	-	251	387	-	-	-	3	-
	Gro	30-45	46	57	244	-	273	348	-	-	-	3	-
	Gro	55-65	-	-	-	-	207	382	-	-	-	3	-
	Gro	75-85	-	-	-	-	254	359	-	-	-	-	-

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty

Z údajov Tab.4 ďalej vyplýva veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt obsahu solí a elektrickej vodivosti. Tento jav je u nás pre vývoj a rozšírenie solných pôd typický.



Sodifikácia pôd

Sodifikácia pôd ako proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex monitorovaných pôd v r. 2010 je porovnateľný s predchádzajúcimi rokmi.

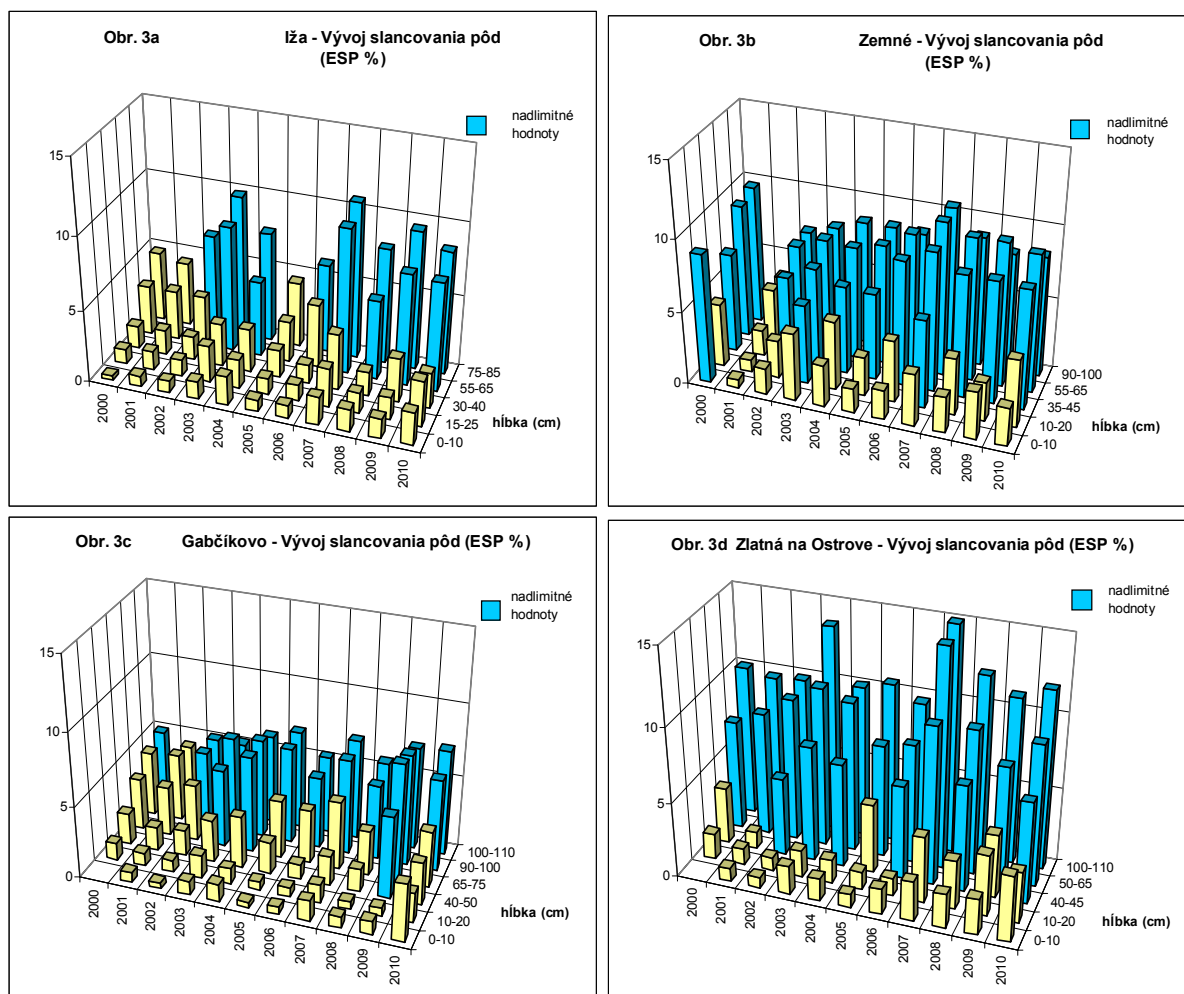
Obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-10 % indikujúci slabú sodifikáciu bol zistený v spodných horizontoch lokalít Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a v celom profile lokality Komárno-Hadovce (Tab. 3). Vysoký (10-20 %) až veľmi vysoký (nad 20 %) obsah výmenného sodíka sme zaznamenali v lokalitách Malé Raškovce, Kamenín a Žiar nad Hronom.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora sodifikácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu ($\text{pH} > 7,7$) v spodných horizontoch lokalít Iža, Zemné a v celom pôdnom profile lokalít Zlatná na Ostrove, Žiar nad Hronom, Malé Raškovce a Kamenín (Tab.2).

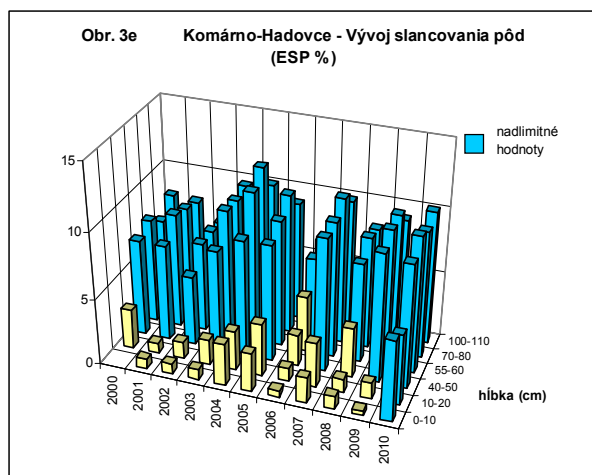
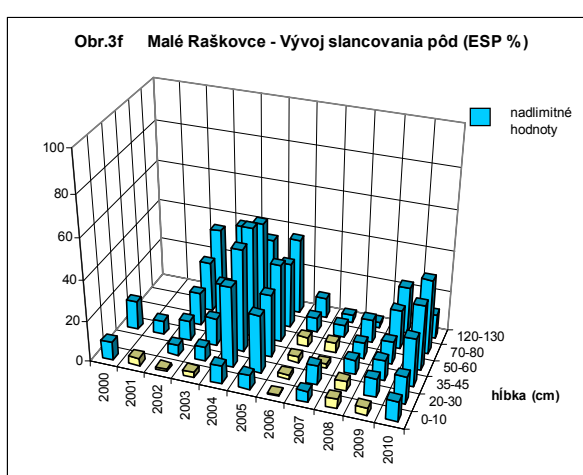
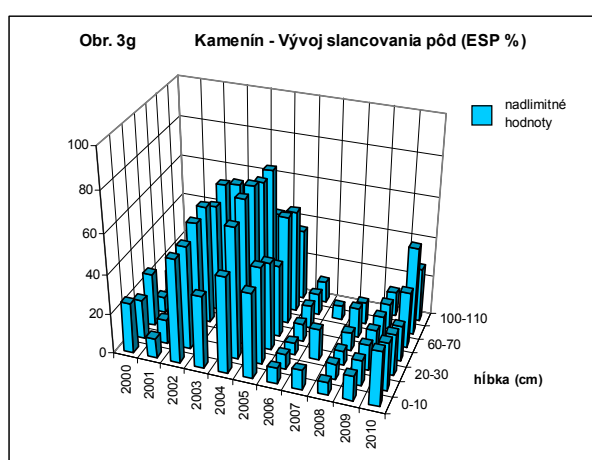
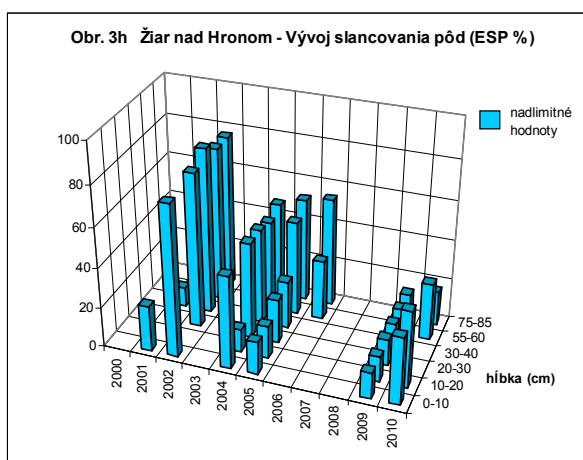
Vývoj sodifikácie pôd

Vývoj sodifikácie pôd za obdobie posledných 11 rokov (2000-2010) hodnotíme podľa obsahu výmenného sodíka (ESP) a pôdnej reakcie (pH).

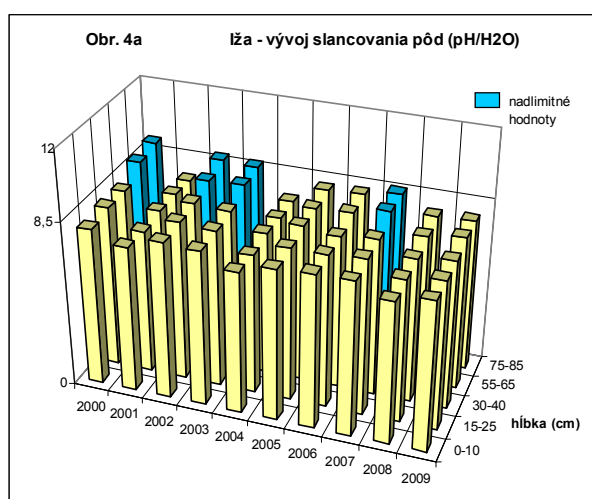
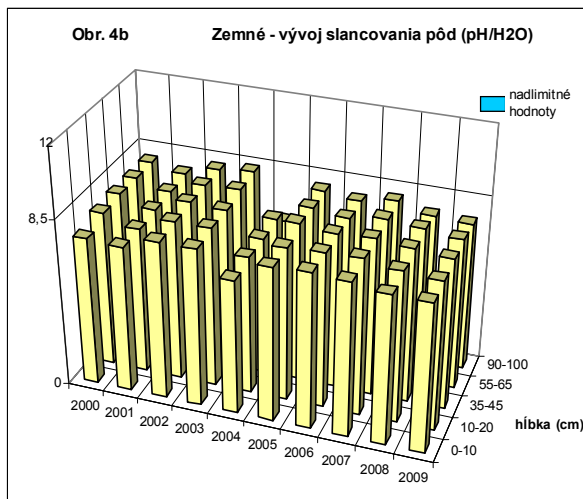
Sodifikáciu pôd definovanú obsahom výmenného sodíka nad 5 % ($\text{ESP} > 5\%$) udáva Tab.6 a Obr.3a-g. Z nameraných údajov vyplýva, že tento proces je prítomný vo všetkých monitorovaných pôdach a v porovnaní s procesom salinizácie je výraznejší – dominantný. V monitorovaných pôdach je sodifikácia prítomná v troch vývojových štádiách.



Slabá sodifikácia ($\text{ESP} 5\text{--}10\%$) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomná v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,6 m - takzvaná hlboká sodifikácia, na stanovišti Zemné je už pod ornitou v hĺbke 0,35 m. Pokročilejší stupeň – sodifikácia sa začína vyvíjať na stanovištiach Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde posledných 5 – 6 rokov v substrátových horizontoch zaznamenávame hodnoty ESP nad 10 %, pričom proces sodifikácie je prítomný už od hĺbky 0,4 m. Veľmi vysoké hodnoty ESP nad 20 % zaznamenávame nepravidelne v slancoch lokalít Malé Raškovce a Kamenín, ako aj v antropogénne zasolenej pôde lokality Žiar nad Hronom.



Sodifikácia pôd definovaná pôdnou reakciou $\text{pH} > 7,3$ je zhrnutá v Tab.7 a Obr.4a-g. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je alkalická a silno alkalická ($\text{pH} 7,3 - 10$). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnú reakciu.



Tab. 6 Vývoj sodifikácie – obsah výmenného sodíka (ESP)

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Obsah výmenného sodíka (%)										
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Iža 400180	Akpc	0-10	0,3	0,7	0,8	1,2	2,0	0,8	0,9	1,9	1,5	1,3	2,2
	Akpc	15-25	1,0	1,3	1,1	2,5	2,0	1,1	1,1	2,7	1,4	1,6	3,1
	Amčc	30-40	1,6	1,7	1,6	2,9	3,0	1,9	1,3	3,9	1,7	3,0	2,4
	CGo	55-65	3,4	3,4	3,4	8,7	5,2	2,8	4,4	10,0	5,4	7,7	7,5
	CGo(Bn)	75-85	4,8	4,4	6,7	9,8	7,6	4,5	6,1	10,8	8,0	9,5	8,5
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	-	0,7	0,4	1,0	1,2	0,4	0,5	1,4	0,8	0,9	4,0
	Akpc	10-20	1,2	0,9	0,8	1,6	1,1	0,6	0,6	1,3	0,5	0,6	2,1
	A/CGo(Bn)	40-50	2,2	1,6	1,8	2,9	3,6	2,2	1,1	2,1	1,6	5,7	2,9
	CGro(Bn)	65-75	3,6	3,4	3,9	5,4	6,7	4	3,7	4,7	3,1	8,1	3,9
	CGr(Bn)	90-100	4,5	4,7	5,2	6,6	6,8	6,6	5,0	6,6	5,2	7,7	6,3
	Akpc	100-110	5,0	4,3	5,2	5,2	6,1	6,8	5,4	6,9	5,7	7,1	7,3
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	0,9	0,7	1,9	1,5	0,9	1,7	2,6	2,3	2,4	4,4
	Amčc	10-20	1,7	1,1	0,9	1,8	1,6	1,2	1,2	4,4	3,3	4,1	3,4
	A/CGo	40-45	3,8	1,1	5,2	7,7	6,9	4,6	6,2	10,5	7,1	4,3	6,8
	CGroc(Bn)	50-65	7,3	8,2	9,5	10,6	10,0	7,5	7,9	14,5	9,7	7,6	9,5
	CGroc(Bn)	100-110	10,1	9,7	9,9	13,7	10,1	10,6	9,7	16,1	12,2	11,1	11,9
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	0,7	0,8	0,8	3,2	2,9	0,5	2,0	1,0	0,4	6,1
	Akpc	10-20	3,0	0,8	1,3	1,9	3,0	4	1,0	3,4	1,1	1,2	5,3
	A/CGoc(Bn)	40-50	7,3	7,3	5,3	7,6	8,8	8,8	2,4	10,1	3,8	9,7	9,4
	CGoc(Bn)	55-60	7,9	8,7	6,8	9,7	11,4	9,6	4,2	10,2	7,5	10,4	10,3
	CGoc(Bn)	70-80	6,9	8,2	6,8	9,5	12,3	10,6	6,1	11,0	8,4	10,5	9,6
Zemné 400179	Akpc	0-10	8,9	0,6	1,8	4,7	2,9	1,7	2,0	3,6	2,5	3,3	2,7
	A/CGoc(Bn)	10-20	4,4	0,8	2,6	5,5	4,8	2,7	4,3	6,1	3,9	2,7	4,7
	CGroc(Bn)	35-45	6,9	1,8	6,0	7,0	6,1	6	8,7	9,6	8,5	8,4	8,3
	CGroc(Bn)	55-65	9,3	3,7	7,2	8,0	7,8	8,3	9,5	10,6	9,9	10,0	9,5
	CGroc(Bn)	90-100	9,7	3,6	7,2	7,9	8,6	8,6	8,5	10,6	8,9	8,2	8,4
Kamenín 400138	Ame	0-10	25,1	9,8	52,0	36,2	48,1	42,9	8,0	9,7	6,6	12,6	27,7
	Ame	10-20	20,1	12,4	51,6	-	65,5	48,6	7,5	-	8,0	12,8	24,1
	Ame	20-30	26,9	10,1	57,0	-	72,6	44,3	6,2	15,6	7,3	13,0	21,0
	Ame	40-50	8,0	12,1	59,1	-	73,2	36,4	8,9	-	9,3	13,1	17,8
	Bn	60-70	14,7	9,1	53,5	66,4	69,5	54,4	11,4	-	15,1	13,2	27,9
	Bn	80-90	-	6,3	58,8	-	69,9	51,4	10,8	6,9	11,1	13,0	44,0
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	8,8	3,7	1,3	2,6	8,8	7,2	0,5	5,3	4,7	3,5	9,79
	Akp	20-30	-	-	5,2	7,1	39,5	28,5	2,1	9,6	4,9	9,1	13,3
	Akp	35-45	14	6,7	9,7	13,7	50,4	31	3,0	2,3	7,1	10,0	23,7
	Aoe	50-60	-	-	16,4	23,5	53,9	38,2	4,8	4,9	7,9	11,2	31,9
	Bn	70-80	-	-	24,8	-	49,4	31,9	7,1	6,0	11,5	18,9	36,9
	Bn	120-130	-	-	34,7	38,9	34,6	37,1	9,6	3,6	2,8	23,4	12,0
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	-	22,9	75,6	-	46,3	16,5	-	-	-	13,1	33,6
	AoGo	10-20	-	-	-	-	11,8	16,4	-	-	-	12,8	38,2
	AoGo	20-30	-	19,3	77,2	-	47,9	22	-	-	-	13,2	-
	Gro	30-45	-	10,0	82,9	-	47,4	23,8	-	-	-	13,1	-
	Gro	55-65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13,1	28,8
	Gro	70-85	-	-	76,8	-	47,4	51,9	54,2	-	-	13,0	17,2

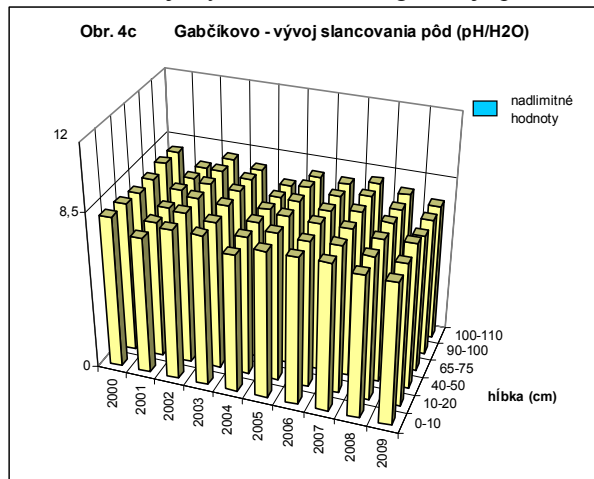
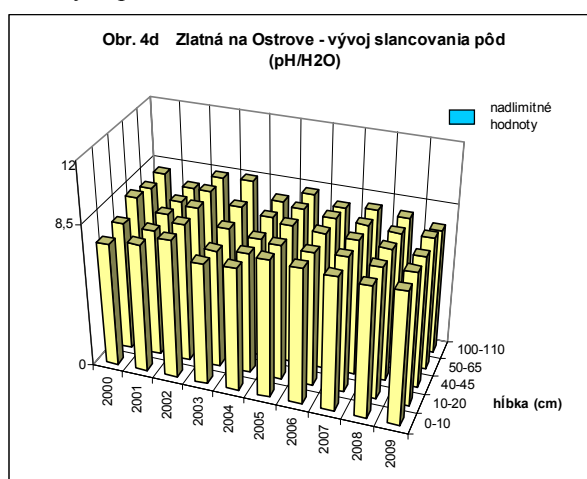
Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

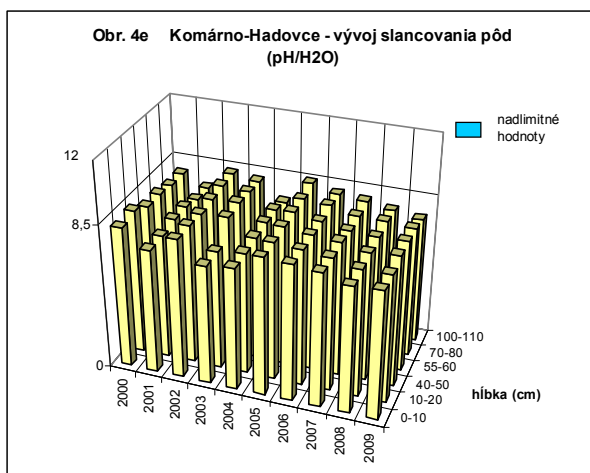
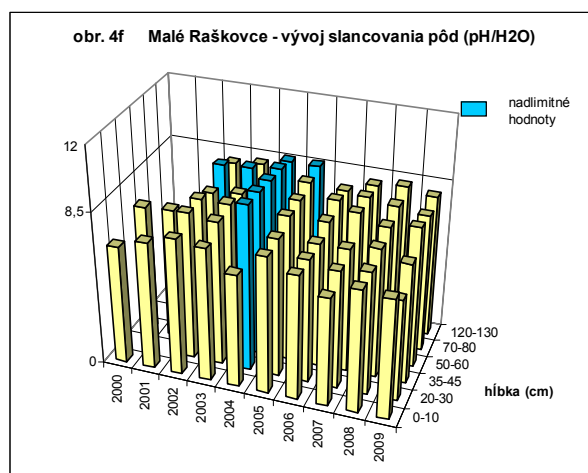
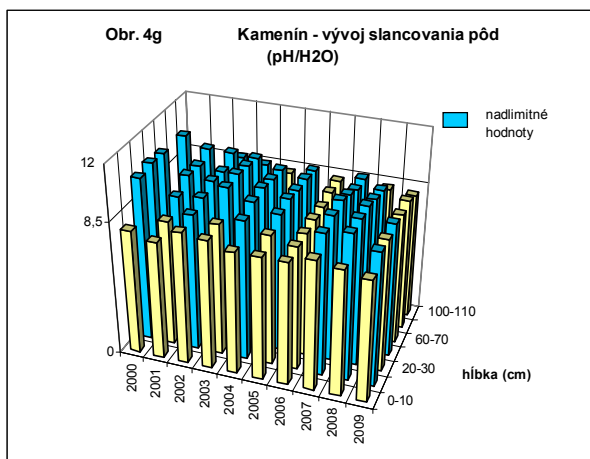
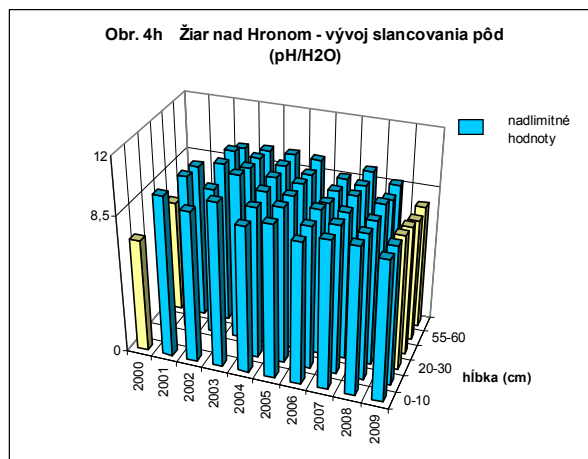
Tab. 7 Vývoj sodifikácie – pH/H₂O

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O										
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Iža 400180	Akpc	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	7,3	7,8	7,9	7,9	7,3	7,7	7,4
	Akpc	15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	7,2	7,9	7,9	8,1	7,4	7,7	7,4
	Amčc	30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	7,4	8,1	7,9	8,1	7,4	7,7	7,3

	CGo	55-65	9,0	7,6	8,6	8,7	7,3	8,1	8,2	8,6	7,7	7,9	8,2
	CGo(Bn)	75-85	9,2	7,5	8,9	8,8	7,3	8,2	8,3	8,6	7,8	7,9	8,4
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1	7,4	7,9	7,9	7,9	7,6	7,6	7,2
	Akpc	10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	7,5	8,0	7,9	8,0	7,7	7,7	7,4
	A/CGo(Bn)	40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	7,5	8,1	8,0	8,0	7,8	7,8	7,4
	CGro(Bn)	65-75	7,9	7,6	8,2	8,1	7,4	8,1	7,9	8,1	7,8	7,4	7,2
	CGr(Bn)	90-100	8,1	7,5	8,2	8,0	7,3	8,1	7,9	8,1	7,7	7,5	7,4
	Akpc	100-110	8,0	7,4	8,1	7,8	7,2	7,9	7,8	8,1	7,8	7,4	7,6
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7,3	7,6	8,2	7,2	7,3	8,1	8,0	7,9	7,7	7,8	7,3
	Amčc	10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	7,2	8,0	7,9	8,0	7,8	7,8	7,9
	A/CGo	40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	7,1	8,2	8,1	8,0	7,9	7,8	7,9
	CGroc(Bn)	50-65	8,0	7,5	8,4	7,8	7,5	8,3	8,1	8,0	7,9	7,9	8,0
	CGroc(Bn)	100-110	8,1	7,5	8,4	8,5	7,6	8,3	7,8	8,0	7,9	7,5	7,8
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,9	7,4	7,5	7,4
	Akpc	10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,8	7,5	7,5	7,2
	A/CGoc(Bn)	40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	7,3	8,2	8,0	7,9	7,6	7,7	7,4
	CGoc(Bn)	55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	7,4	8,3	8,0	7,7	7,7	7,8	7,3
	CGoc(Bn)	70-80	7,8	7,2	8,3	8,2	7,4	8,3	8,2	7,9	7,8	7,7	7,4
	Akpc	100-110	7,8	7,2	8,3	8,1	7,1	8,5	8,1	8,0	7,7	7,4	7,4
Zemné 400179	Akpc	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	6,8	7,8	7,9	7,8	7,5	7,5	7,2
	A/CGoc(Bn)	10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	7,0	7,8	7,9	8,0	7,7	7,6	7,3
	CGroc(Bn)	35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	7,0	8,1	7,9	8,0	7,9	7,7	7,6
	CGroc(Bn)	55-65	8,0	7,6	8,2	8,3	7,1	8,0	7,8	8,1	7,9	7,7	7,8
	CGroc(Bn)	90-100	8,0	7,7	8,2	8,4	6,1	8,0	7,8	8,1	7,7	7,6	7,2
Kamenín 400138	Ame	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	7,8	7,8	7,8	8,3	8,0	7,7	8,0
	Ame	10-20	10,4	8,0	8,7	8,4	8,9	8,3	7,9	9,0	9,3	8,5	8,1
	Ame	20-30	10,6	8,8	9,0	9,9	9,3	8,8	7,9	9,3	9,4	8,4	8,3
	Ame	40-50	10,5	9,4	9,3	10,0	9,4	9,0	8,0	9,4	9,4	8,6	8,6
	Bn	60-70		9,3	9,2	9,8	9,2	8,8	8,0	9,1	9,0	8,4	8,2
	Bn	80-90	10,3	9,7	9,7	9,6	9,1	8,8	8,2	8,6	8,8	8,5	9,1
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	6,6	7,1	7,6	7,4	6,3	7,6	6,9	6,0	6,8	6,6	7,0
	Akp	20-30	-	-	8,2	8,0	9,2	7,7	6,9	6,6	6,9	5,7	7,3
	Akp	35-45	7,2	7,3	8,2	8,2	9,1	8,1	6,9	6,9	7,3	6,7	7,8
	Aoe	50-60	-	-	7,8	8,0	9,0	8,2	7,3	8,1	7,6	7,9	8,1
	Bn	70-80	-	-	8,6	8,7	8,9	8,4	7,7	8,2	8,0	7,7	7,9
	Bn	120-130	-	-	8,0	8,2	8,6	8,6	7,5	8,1	8,3	7,9	7,9
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	7,0	9,9	9,3	10,1	9,0	9,4	8,7	9,1	9,1	8,6	7,8
	AoGo	10-20	-	-	-	-	9,3	9,6	8,8	9,2	9,0	8,6	8,3
	AoGo	20-30	-	9,6	9,1	10,2	9,5	9,5	9,0	9,1	8,9	8,3	8,5
	Gro	30-45	7,0	9,5	9,9	9,9	9,6	9,5	8,6	9,3	9,1	8,0	8,2
	Gro	55-65	-	-	10,0	9,8	9,6	9,3	8,6	9,2	8,6	7,6	8,2

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných procesov





Pôdna reakcia v intervale pH 7,3 – 8,5 je stredne až silno alkalická a potvrdzuje nadbytok solí vápnika (Ca^{2+}), prípadne prítomnosť nižšieho obsahu sodíka (Na^+) a je charakteristická pre väčšinu slabo a stredne alkalických horizontov pôd Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove, Komárno-Hadovce a Malé Raškovce.

Veľmi silná alkalická pôdna reakcia (pH > 8,5) potvrdzuje už prítomnosť nadbytku iónov sodíka (Na^+) a je charakteristická pre pôdy lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom.

Z uvedených údajov vývoja salinizácie a sodifikácie (Tab.4 - 7, Obr. 1 - 4) vidieť, že celkový vývoj soľných pôd nie je v priestore a čase lineárny. Namerané hlavné charakteristiky vývoja soľných pôd (obsah solí, ECe, pH, ESP) sú v jednotlivých pôdach a horizontoch v čase a v priestore značne rozdielne a vzájomne málo korelujúce. To vyplýva jednak z ich veľkej priestorovej variability, jednak z vlastného charakteru vývoja.

Chemické zloženie podzemných vôd

Chemické zloženie mineralizovaných podzemných vôd, ktoré je hlavným zdrojom vzniku a rozvoja soľných pôd sme ako podporné analýzy v roku 2010 realizovali len na lokalitách Iža, Zemné, Gabčíkovo, Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde sú vybudované viacúčelové hydrogeologické sondy, umožňujúce odber vzoriek podzemnej vody a meranie hĺbky jej hladiny.

Výsledky získané v roku 2010 (tabuľka 8) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Hlavnými ukazovateľmi rizikovosti vzniku a rozvoja soľných pôd z hľadiska chemického zloženia podzemnej vody je elektrická vodivosť (EC), celková mineralizácia (mg.l^{-1}) a adsorpčný sodíkový pomer (SAR), ktorý indikuje riziko sódovej salinizácie.

Z hľadiska hodnôt EC je riziko vzniku a rozvoja soľných pôd pomerne nízke a na žiadnej monitorovanej lokalite nepresiahla jej hodnota kritickú hranicu 200 mS.m⁻¹. Celkový obsah solí (RL₂) dosiahol rizikové hodnoty nad 1000 mg.l⁻¹ len na lokalite Komárno-Hadovce.

Tab. 8 Chemické vlastnosti podzemných vôd významné pre vznik a vývoj soľných pôd v roku 2010

Lokalita	mesiac merania	pH	EC	RL ₁	RL ₂	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SAR
			mS.m ⁻¹											
Iža 400180	V	7,9	72	537	300	<3,0	410	<10	31,5	78	45,9	14,7	1,0	0,33
	X	7,7	99,0	724	443	<3,0	750	16,5	112	79	84,0	54,4	0,8	1,02
Zemné 400179	V	7,9	46	395	211	<3,0	216	<10	9,37	85	10,5	6,00	3,8	0,16
	X	7,6	77,8	566	379	<3,0	605	24,7	100	125	25,3	37,0	1,1	0,79
Gabčíkovo 400176	V	7,4	97,3	888	574	<3,0	246	39,9	205	174	36,0	11,3	1,5	0,20
	X	7,6	88,4	824	547	<3,0	285	41,5	290	160	36,2	10,8	1,9	0,20
Zlatná na Ostrove 400177	V	7,9	48	327	180	<3,0	281	<10	<5	73	20,0	82,4	0,9	2,21
	X	7,9	51,8	389	247	<3,0	246	20,8	65	64	22,8	40,2	1,5	1,10
Komárno- Hadovce 400178	V	7,8	80	685	329	<3,0	355	10,3	53,2	133	27,8	10,8	9,6	0,22
	X	7,4	148,8	1230	944	<3,0	395	108	524	166	75,5	91,8	6,4	1,48

Zhodnotenie výsledkov

Pre rok 2010 je tak isto ako pre celé monitorovacie obdobie charakteristická veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt ako aj nepravidelný výskyt extrémnych hodnôt jednotlivých sledovaných ukazovateľov.

Na monitorovanom území súčasne prebieha proces salinizácie aj proces sodifikácie, pričom sodifikácia je výraznejšia a dominantná. Významne to potvrdzujú hodnoty ESP nad 10 % namerané v slabo slancových pôdach. Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa sodifikácie na jeho stredný stupeň.

Literatúra

Fulajtár, E., 1996: prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny. VÚPU, Bratislava
Hraško, J. a kol., 1962: Rozbory pôd. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej

literatúry, Bratislava
Sotáková, S., a kol., 1988: Návod na cvičenie z pôdoznalectva,
Príroda, Bratislava
Valla, M., a kol., 1983: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha.

6.2 Kontaminácia pôd

6.2.1 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja kontaminácie pôd v základnej sieti

V roku 2010 boli spracované a analyzované pôdne vzorky odobraté v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007). V decembri 2010 boli ukončené chemické analýzy monitorovaných pôd pre skupiny (TTP aj OP) .

Nakoľko v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007) sa prvý krát analyzujú skupiny pôd podľa súčasne platnej legislatívy (Zákon 220/2004), nie je zatiaľ možné zhodnotiť stav prírastku – úbytku emisnej (difúznej) kontaminácie pre konkrétnu monitorovanú sondu.

Materiál a metódy

V monitoringu pôd SR bol sledovaný obsah rizikových prvkov rozkladom lúčavkou kráľovskou (pre As, Cd, Co, Cr Cu, Ni, Pb, Zn), pri ktorých boli vyhodnotené určené

základné štatistické parametre (Xmin- minimálna hodnota, Xmax- maximálna hodnota, Xp- priemerná hodnota) za 4. odberový cyklus skupín monitorovaných pôd:

1. Podzoly, rankere a litozeme na kyslých substrátoch-vysokohorské polohy (TTP) – **S1**
2. Pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách (OP)– **S13**
3. Pseudogleje na polygenet.sprašových hlinách (TTP)-**S14**
4. Hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach, (prevažne OP)– **S15**
5. Regozeme na karbonátových viatych pieskoch (OP)– **S21**
6. Regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch (OP) – **S22**

Dosiahnuté výsledky

Obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené lokality za sledované obdobie sú uvedené v tab. 2-4.

Tab. 1 Základné ukazovatele znečistenia poľnohospodárskych pôd rizikovými prvkami stanovené v závislosti od pôdneho druhu a hodnoty pôdnej reakcie

Ukazovateľ znečistenia	Hodnota prípustného znečistenia rizikového prvku v mg.kg ⁻¹ suchej hmoty				
	Limitné hodnoty			Kritické hodnoty	
Rizikové prvky	Hg stanovená ako celkový obsah, ostatné ťažké kovy po rozklade v lúčavke kráľovskej a fluór (F) po rozklade tavením s NaOH				
	piesočnatá, hlinito-piesočnatá pôda	piesočnato-hlinitá, hlinitá pôda	ílovito-hlinitá, ílovitá pôda, íl	Extrakt 1mol.dm ⁻³ NH ₄ NO ₃	Extrakcia vodou
Arzén (As)	10	25	30	0,4	
Kadmium (Cd)	0,4	0,7 (0,4)*	1 (0,7)*	0,1	
Kobalt (Co)	15	15	20		
Chróom (Cr)	50	70	90		
Meď (Cu)	30	60	70	1	
Ortuť (Hg)	0,15	0,5	0,75		
Nikel (Ni)	40	50 (40)*	60 (50)*	1,5	
Olovo (Pb)	25 (70)*	70	115 (70)**	0,1	
Selén (Se)	0,25	0,4	0,6		
Zinok (Zn)	100	150 (100)*	200 (150)*	2	
Fluor (F)	400	550	600		5

* ak pH(KCl) je menšie ako 6 ** ak pH(KCl) je menšie ako 5

Poznámka: Uvedené údaje platia pre pôdne vzorky získané na orných pôdach z hornej vrstvy hrúbky 0,2 m vysušenej na vzduchu do konštantnej hmotnosti.

Vyhodnotenie súčasného hygienického stavu ČMS - pôda pre analyzované skupiny pôd za 4. odberový cyklus (odber v roku 2007) tab.2-4

Tab. 2 Zastúpenie As, Cd, Co (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	As			Cd			Co		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S1	TTP	0-10	2,3	47,1	13,5	0,24	2,14	0,88	1,0	2,5	1,3
		35-45	3,1	23,9	10,9	0,05	0,51	0,23	1,0	8,1	3,2
S14	TTP	0-10	6,4	18,4	10,3	0,14	1,69	0,40	1,0	16,8	7,8
		35-45	3,8	14,1	9,07	0,03	0,24	0,123	3,1	61,7	13,8
S13	OP	0-10	2,1	53,8	9,8	0,1	1,3	0,3	4,9	28,3	10,2
		35-45	1,8	49,4	9,8	0,06	3,54	0,31	5,0	27,6	11,0
S15	OP	0-10	3,1	15,5	9,2	0,14	0,5	0,24	3,6	20,8	10,0

		35-45	3,0	15,6	9,1	0,05	0,48	0,18	4,6	21,5	10,1
S21	OP	0-10	3,0	4,3	3,7	0,07	0,3	0,1	1,0	4,5	2,0
		35-45	1,8	7,7	3,9	0,009	0,123	0,072	1,8	14,2	6,5
S22	OP	0-10	1,5	4,8	2,8	0,07	0,16	0,11	1,0	2,0	3,9
		35-45	0,8	4,9	2,3	0,07	0,126	0,090	1,0	3,8	1,9

Tab. 3 Zastúpenie Cr, Cu, Ni (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Cr			Cu			Ni		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S1	TTP	0-10	2,0	35,6	14,5	3,0	39,7	10,6	1,1	9,6	5,6
		35-45	2,0	24,2	11,4	2,4	23,4	7,7	5,0	27,1	10,0
S14	TTP	0-10	22,2	74,8	45,3	7,8	17,7	13,8	7,8	24,5	16,8
		35-45	23,3	61,4	41,8	4,7	19,7	14,2	1,0	33,6	19,0
S13	OP	0-10	5,5	101,1	42,1	9,5	44,7	18,0	0,2	100,0	25,3
		35-45	6,9	81,3	47,3	9,8	41,2	18,8	8,1	141,0	30,9
S15	OP	0-10	10,8	74,1	41,5	13,8	80,7	22,9	14,3	45,5	32,6
		35-45	5,0	94,9	45,9	11,0	31,4	20,1	16,9	51,2	36,3
S21	OP	0-10	18,5	50,1	29,2	9,2	58,5	22,6	10,0	20,5	15,0
		35-45	2,0	90,1	29,2	5,5	53,1	22,8	7,2	55,9	19,9
S22	OP	0-10	1,0	7,8	3,3	4,4	11,9	7,6	0,8	16,0	7,1
		35-45	2,0	11,1	5,0	2,5	10,9	5,9	1,0	7,7	16,2

Tab. 4 Zastúpenie Pb, Zn, (v mg.kg⁻¹ v lúčavke kráľovskej) Hg v mg.kg⁻¹ vo vybraných pôdach v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007)

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Pb			Zn			Hg		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S1	TTP	0-10	18,3	207,0	81,0	22,2	68,9	38,1	0,07	0,64	0,27
		35-45	5,0	30,6	14,3	20,5	54,4	40,6	0,03	0,13	0,08
S14	TTP	0-10	12,0	41,9	23,8	50,9	77,6	64,7	0,036	0,176	0,075
		35-45	8,0	20,0	13,6	44,5	71,8	54,7	0,03	0,14	0,05
S13	OP	0-10	7,8	199,5	24,4	198,7	42,0	67,3	0,22	0,328	0,073
		35-45	7,1	74,8	17,8	42,2	111,0	64,4	0,02	0,13	0,049
S15	OP	0-10	5,5	47,4	20,2	48,6	89,6	68,8	0,0281	0,084	0,05
		35-45	5,0	30,6	16,6	42,0	98,5	68,0	0,012	0,079	0,041
S21	OP	0-10	5,0	17,9	9,3	35,7	62,4	45,8	0,02	0,03	0,03
		35-45	5,0	17,2	8,5	21,8	106,0	59,0	0,05	0,073	0,026

S22	OP	0-10	5,0	5,0	5,0	19,8	53,9	33,0	0,021	0,027	0,024
		35-45	5,0	5,0	5,0	9,3	49,4	26,2	0,011	0,024	0,017

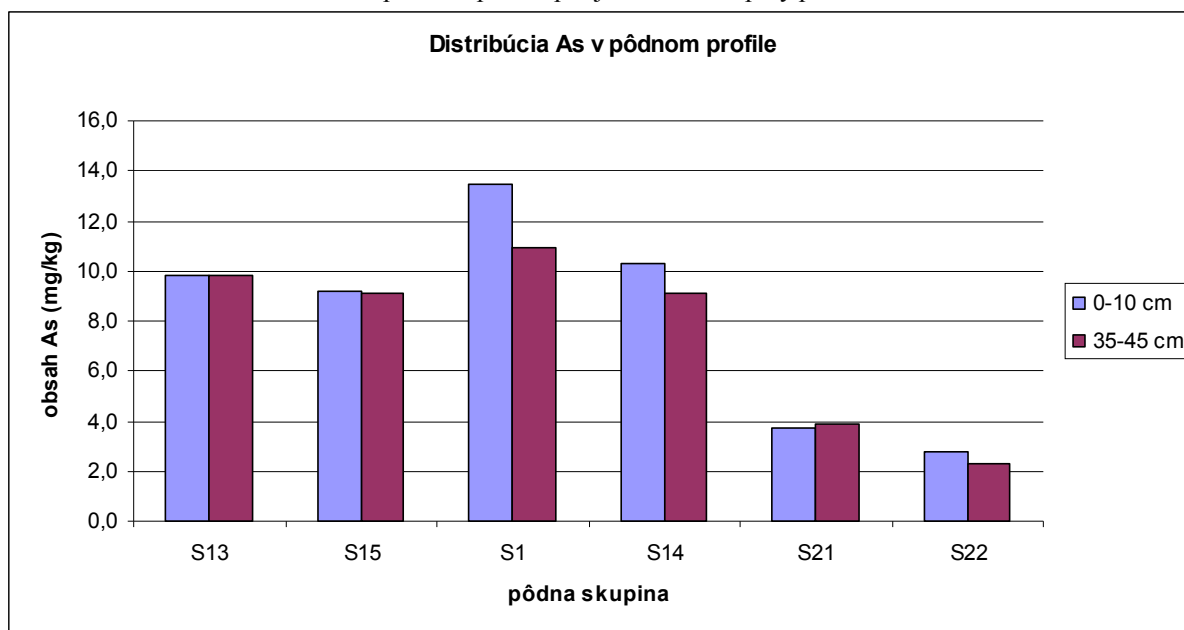
Poznámky: Xmin – minimálna stanovená hodnota vybranej skupiny
Xmax – maximálna stanovená hodnota vybranej skupiny
Xp – priemerná hodnota vybranej skupiny
OP – orné pôdy
TTP – trvalé trávne porasty

Porovnanie vývoja obsahu ťažkých kovov v pôdnom profile pre hodnotené jednotlivé skupiny pôd

Arzén

Obsah arzénu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je obsah arzénu nižší ako vo vrchnom horizonte.

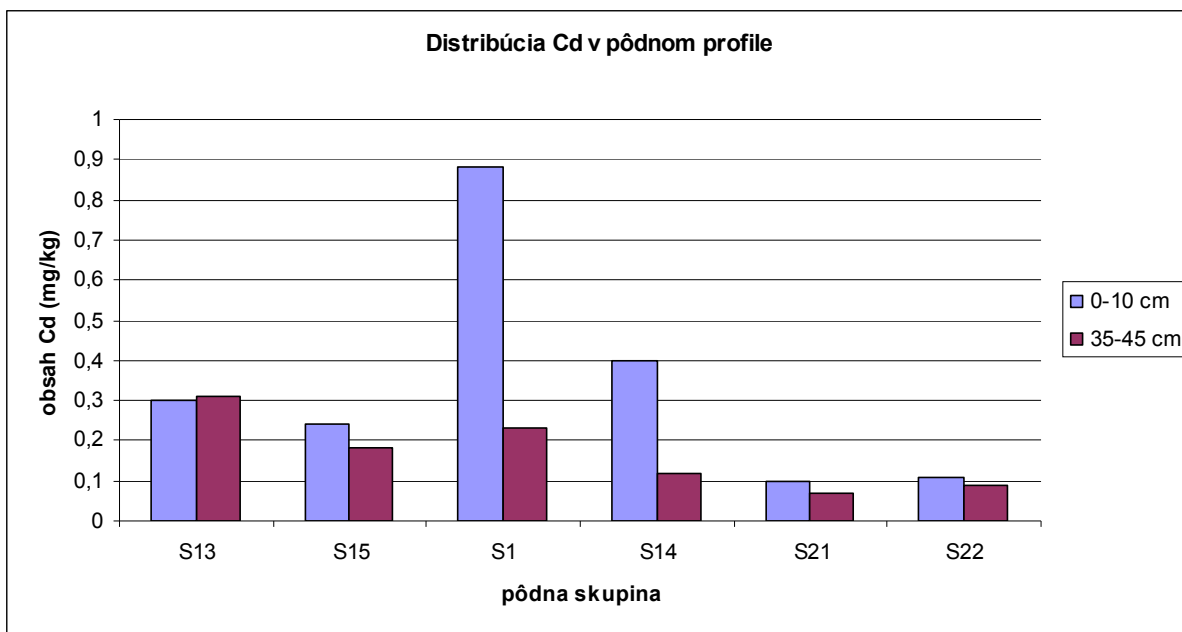
Obr. 1 Porovnanie distribúcie As v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kadmium

Obsah kadmia pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm sa nachádza menší obsah kadmia ako vo vrchnom horizonte.

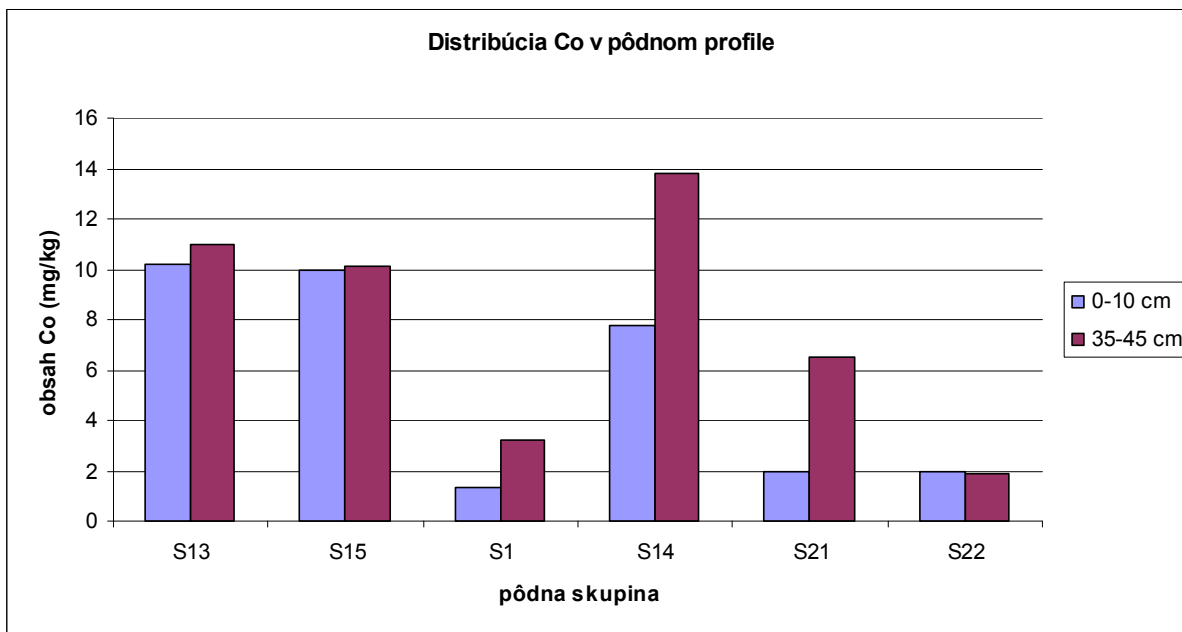
Obr. 2 Porovnanie distribúcie Cd v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kobalt

Obsah kobaltu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je mierne vyšší obsah kobaltu, pre všetky skupiny okrem skupiny S 22 ,čo poukazuje na vertikálnu migráciu Co smerom do hlbších polôh pôdného profilu (obr. 3).

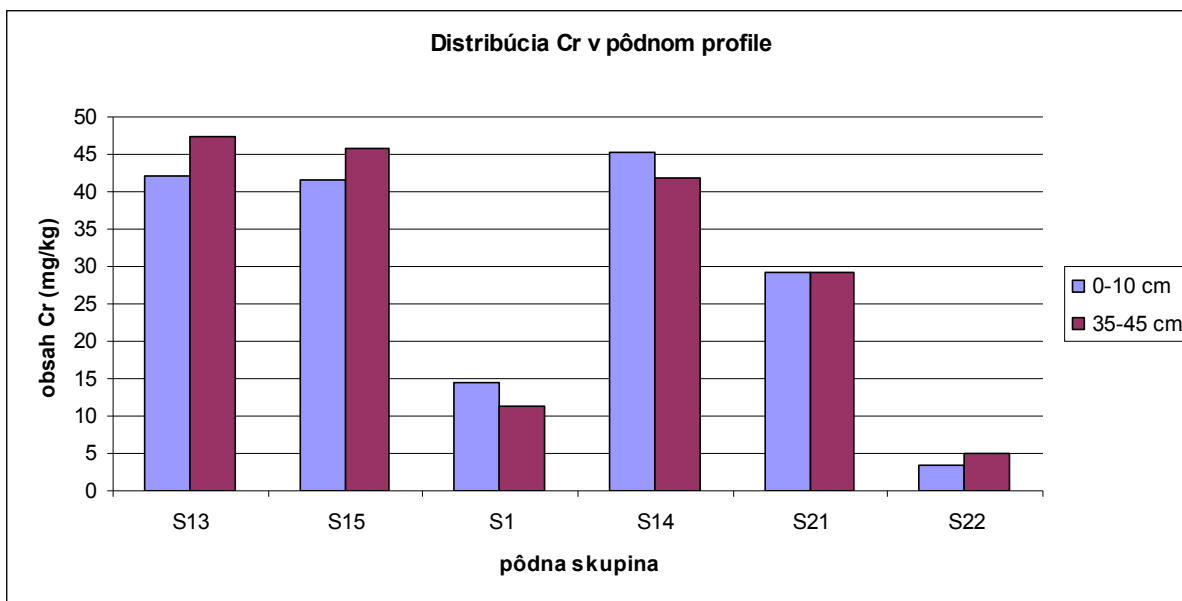
Obr. 3 Porovnanie distribúcie Co v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Chróm

Obsah chrómu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že obidva horizonty majú približne rovnaký obsah chrómu, alebo len mierne zvýšený v hĺbke 35-45 cm (obr. 4).

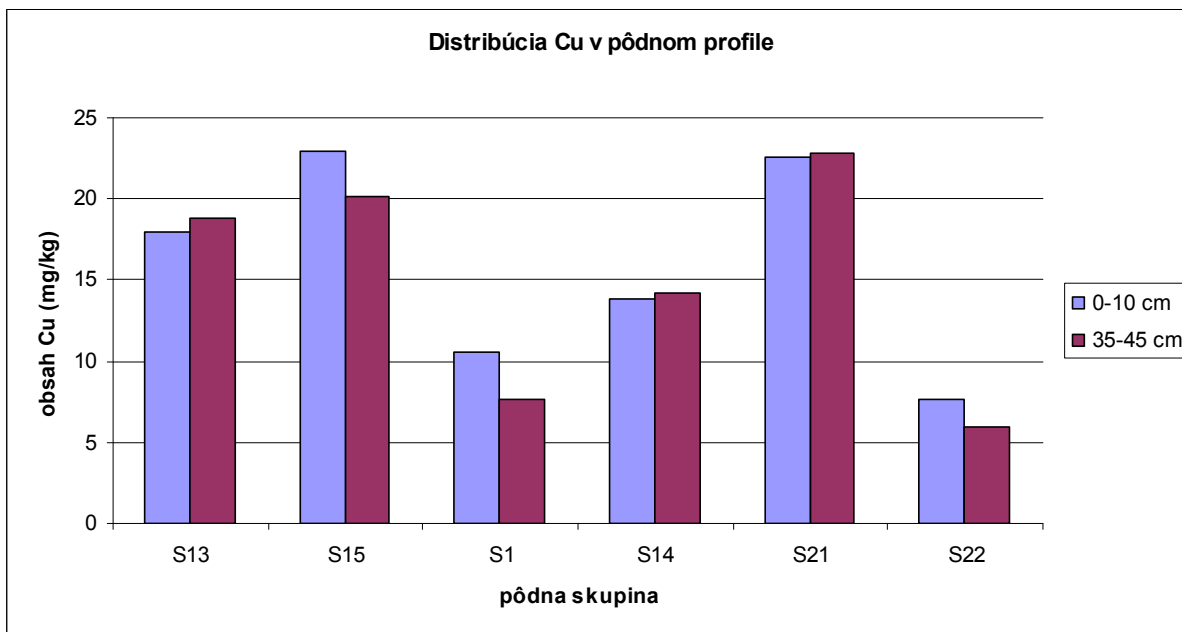
Obr. 4 Porovnanie distribúcie Cr v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Med'

Obsah medi pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že obidva horizonty majú približne rovnaký obsah chrómu, alebo len mierne znížený v hĺbke 35-45 cm (obr. 5) pre skupinu S15, S1 a S22 nižší obsah medi oproti A – horizontu, pre druhú polovicu analyzovaných skupín došlo k miernemu nárastu obsahu medi. (obr. 5).

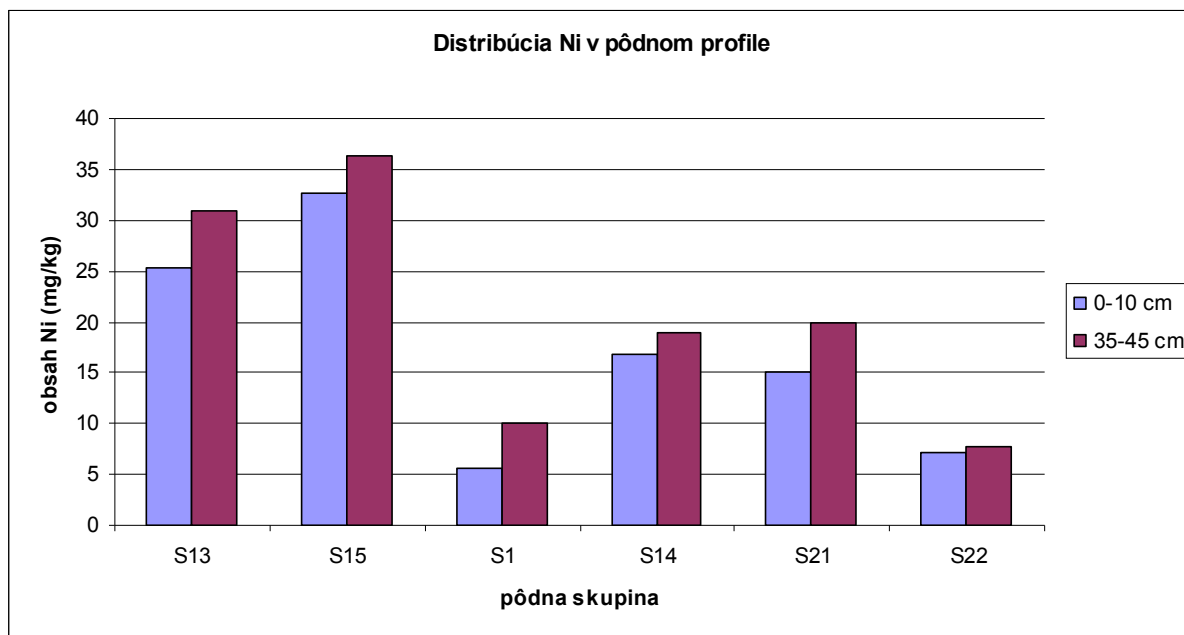
Obr. 5 Porovnanie distribúcie Cu v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Nikel

Obsah niklu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd v hĺbke 35-45 cm je mierne vyšší, pre všetky skupiny čo poukazuje na vertikálnu migráciu Ni smerom do hlbších polôh pôdného profilu (obr. 6).

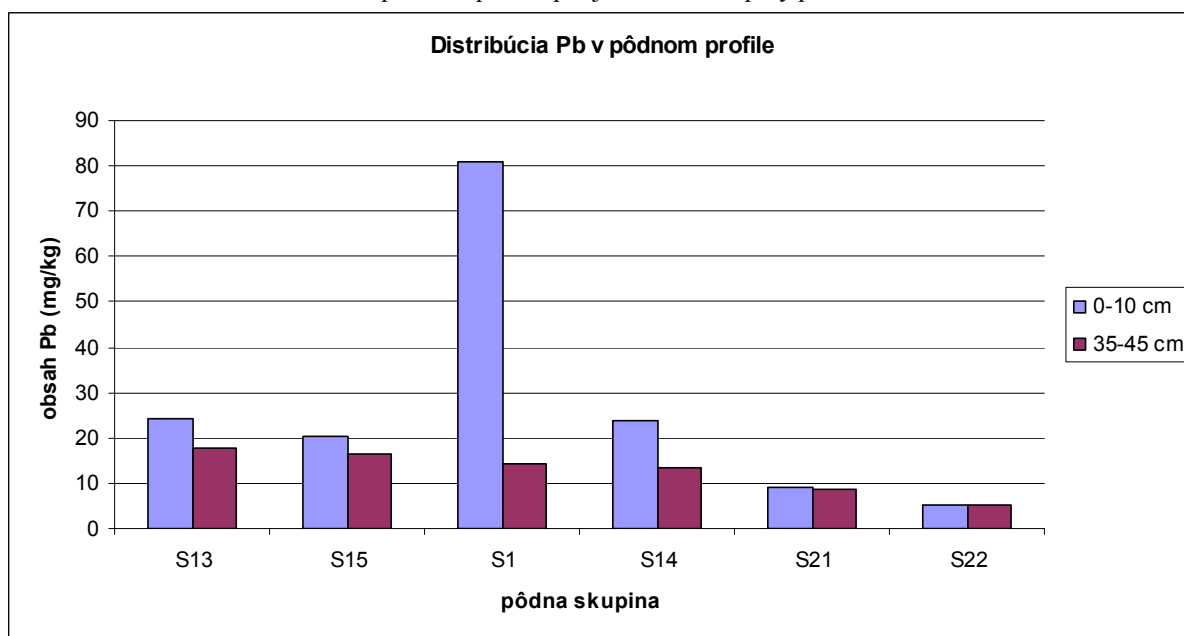
Obr. 6 Porovnanie distribúcie Ni v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Olovo

Obsah olova pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je výrazne nižší obsah olova, oproti hĺbke 0- 10 cm (obr. 7).

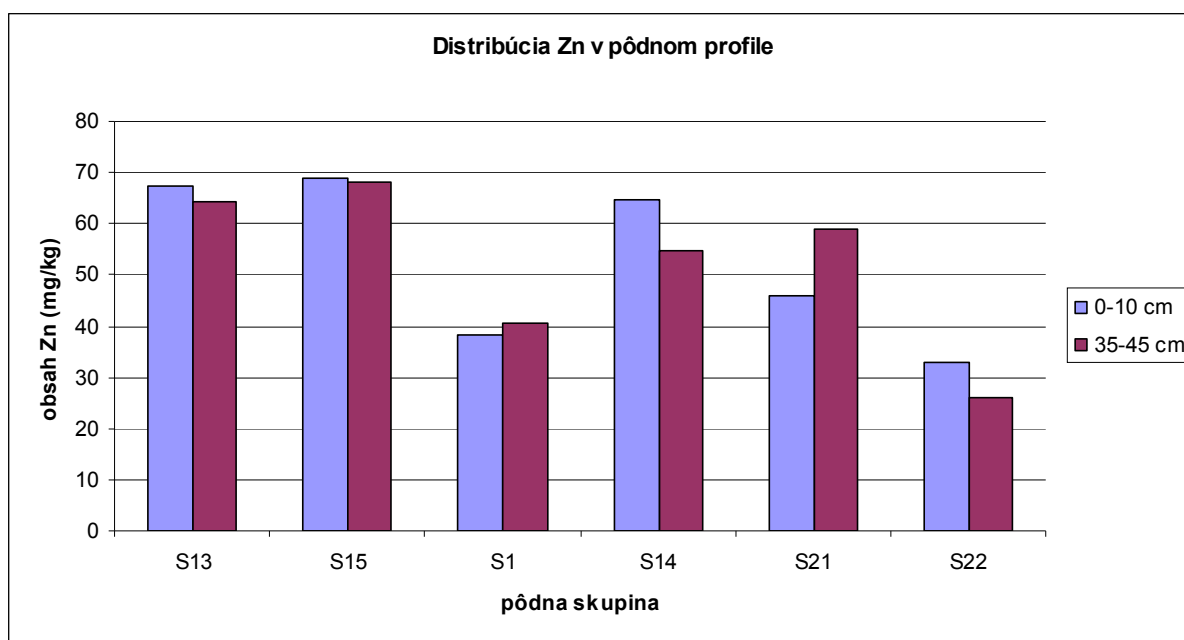
Obr. 7 Porovnanie distribúcie Pb v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Zinok

Obsah zinku pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 0-10cm sa nachádza o niečo vyšší obsah zinku ako v hĺbke 35-45 cm, okrem skupiny S1 a S21 (obr. 8).

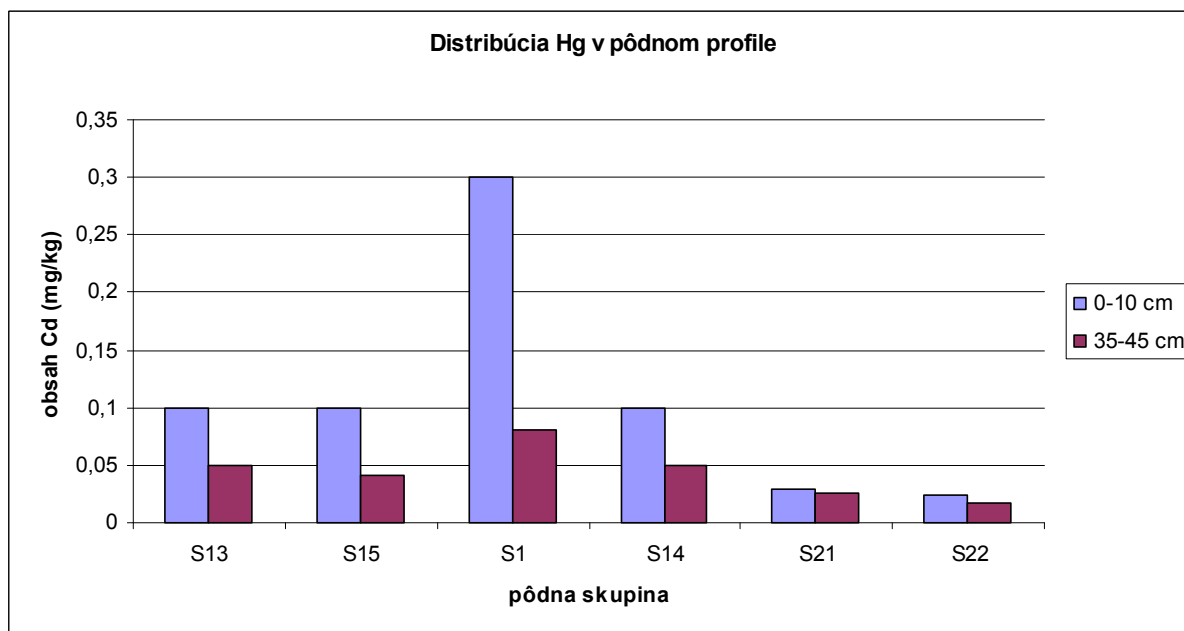
Obr. 8 Porovnanie distribúcie Zn v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Ortúť

Obsah ortuti pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 0-10cm sa nachádza výrazne vyšší obsah ortuti ako v hĺbke 35-45 cm (obr. 9).

Obr. 9 Porovnanie distribúcie Hg v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Zákon 220/2004 popisuje parameter vertikálnej distribúcie prvku v monitorovaných pôdných sondách z hľadiska hodnotenia hygienického stavu pôdného fondu.

Pretože v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007) sa prvý krát analyzujú skupiny pôd podľa súčasne platnej legislatívy (Zákon 220/2004), nie je zatiaľ možné zhodnotiť stav prírastku – úbytku emisnej (difúznej) kontaminácie pre konkrétnu monitorovanú sondu.

6.2.2 Hodnotenie kontaminácie pôd na príklade kľúčových lokalít

V roku 2010 boli odobrané, spracované, analyzované a vyhodnotené pôdne vzorky kľúčových lokalít Liesek (400 332), Stakčín (400 333) Malanta (400 334), Chopok (400 338) Žiar nad Hronom (400003), Koš (400062), Moravský Ján (400111) ,Jelšava (400250) zo Základnej siete ČMS – pôda.

Na týchto lokalitách je každoročne vyhodnocovaný obsah určených ťažkých kovov v pôdnom profile (v lúčavke kráľovskej).

Stručná charakteristika monitorovaných sond

Liesek (400 332) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej kultizemný na polygenetických sprašových hlinách.

Stakčín (400 333) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej kultizemný na polygenetických sprašových hlinách.

Malanta - Nitrianske Hrnčiarovce (400 334) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá hnedozem na sprašiach

Chopok (400 338) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý ranker podzolový na kyslých substrátoch – vysokohorská poloha nad hornou hranicou lesa.

Žiar n/Hronom - Horné Opatovce (400 003) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej luvizemný na polygenetických sprašových hlinách.

Koš (400 062) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej kultizemný nasýtený na polygenetických sprašových hlinách.

Moravský Ján (400 111) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá regozem na nekarbonátových viatych pieskoch

Jelšava (400 250) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej luvizemný kultizemný

V monitorovanom systéme ČMS - pôda bol vyhodnotený vývojový trend hygienického stavu pôd pre obsah rizikových prvkov As, Cd, Co, Cr Cu, Ni, Pb, Zn (v lúčavke kráľovskej) na určených kľúčových lokalitách za rok 2010.

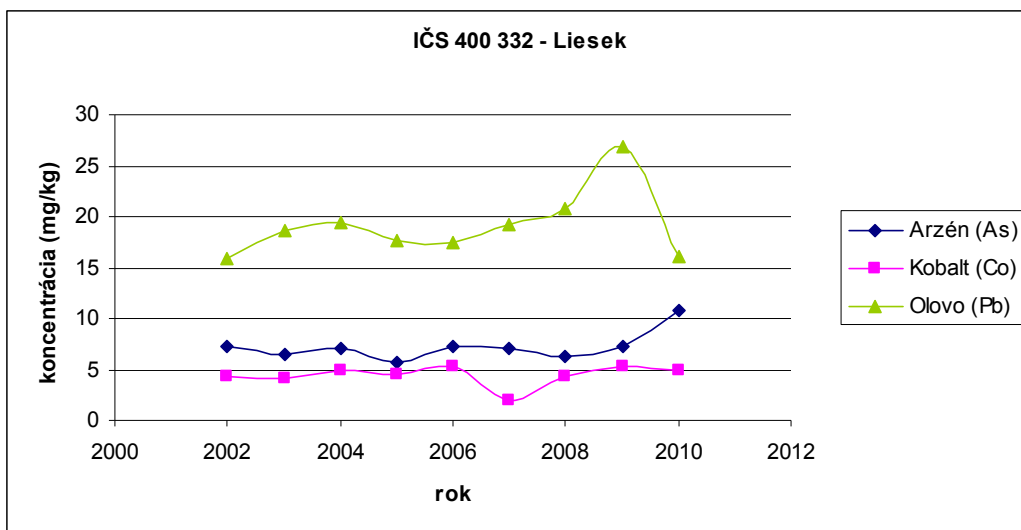
Vyhodnotenie vybraných kľúčových lokalít za rok 2010

Vo vybranej kľúčovej lokalite Liesek sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010

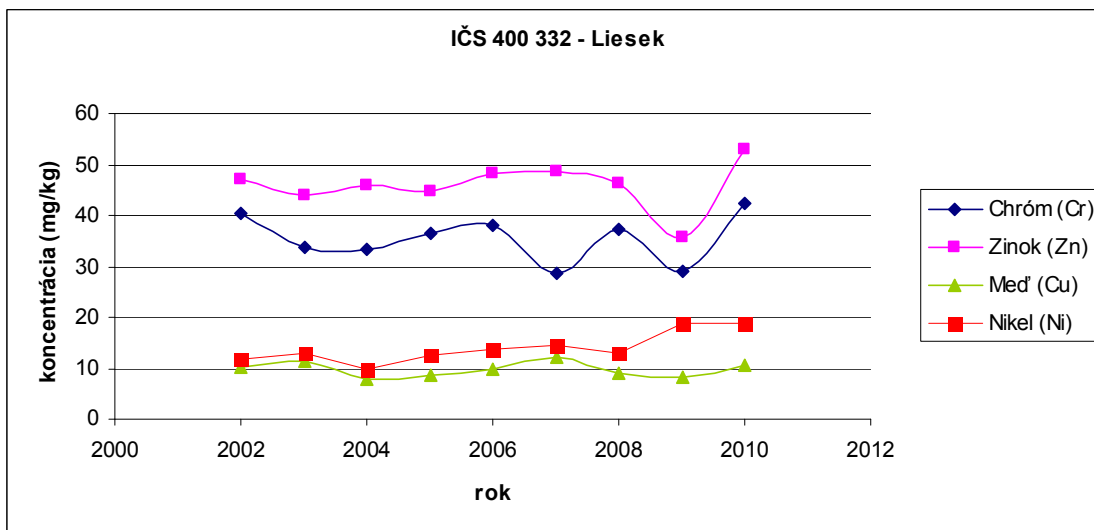
Tab. 5 Základná popisná štatistika na lokalite Liesek 400 332 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	7,24	0,21	4,44	35,52	9,78	14,04	19,08	45,98
Smerodajná odchýlka	1,46	0,05	1,00	4,70	1,46	3,02	3,34	4,65
Koeficient variability %	20,13	25,68	22,48	13,22	14,91	21,53	17,48	10,12
Minimálna hodnota	5,62	0,12	2,04	28,67	7,78	9,97	15,80	35,70
Maximálna hodnota	10,80	0,29	5,37	42,40	12,13	19,00	26,90	53,00

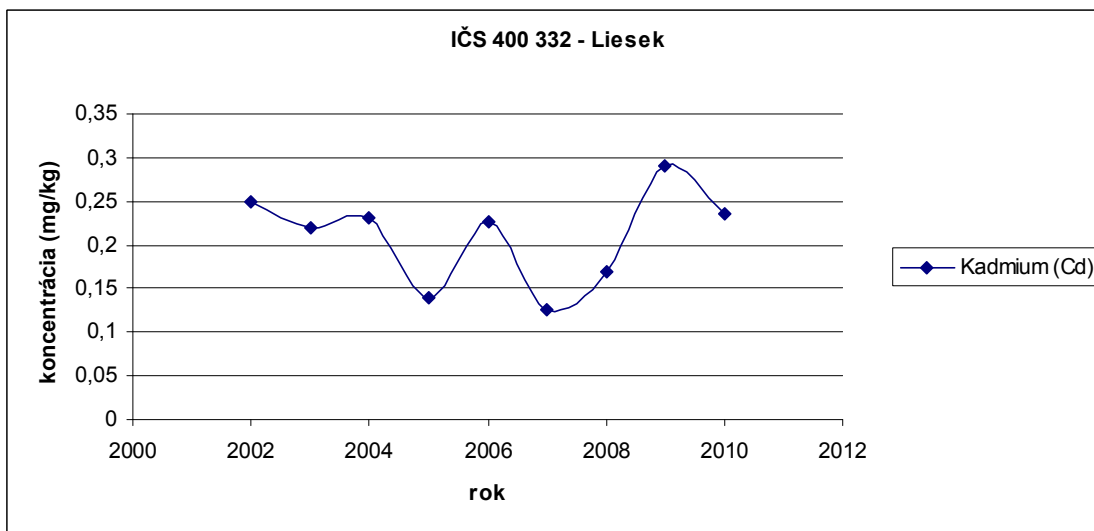
Obr. 9 Vývoj As, Co, Pb na lokalite - Liesek



Obr. 10 Vývoj Cr, Zn, Cu, Ni na lokalite – Liesek



Obr. 11 Vývoj Cd na lokalite - Liesek



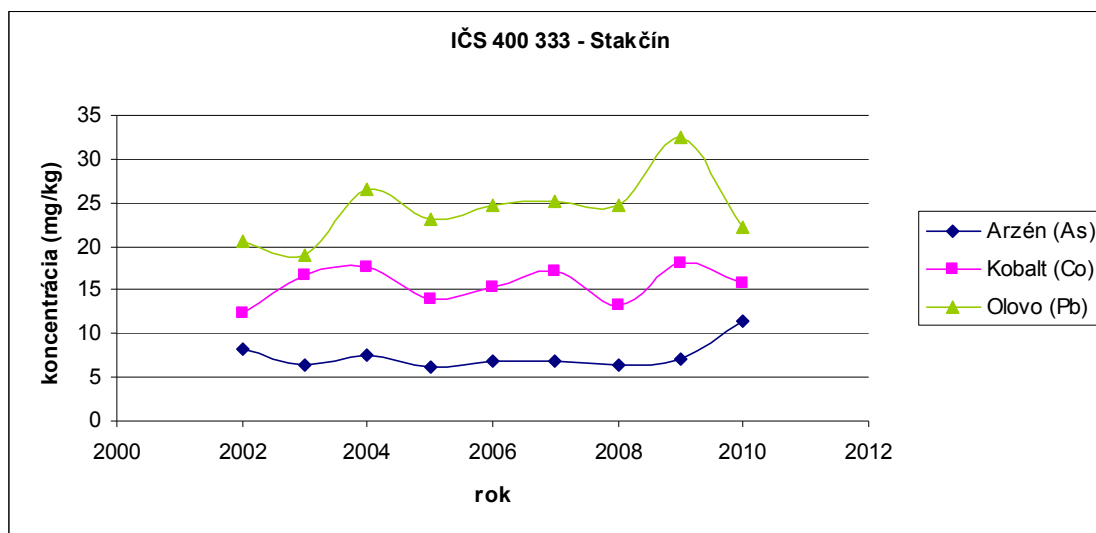
Vo vybranej kľúčovej lokalite Stakčín sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu

hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2009.

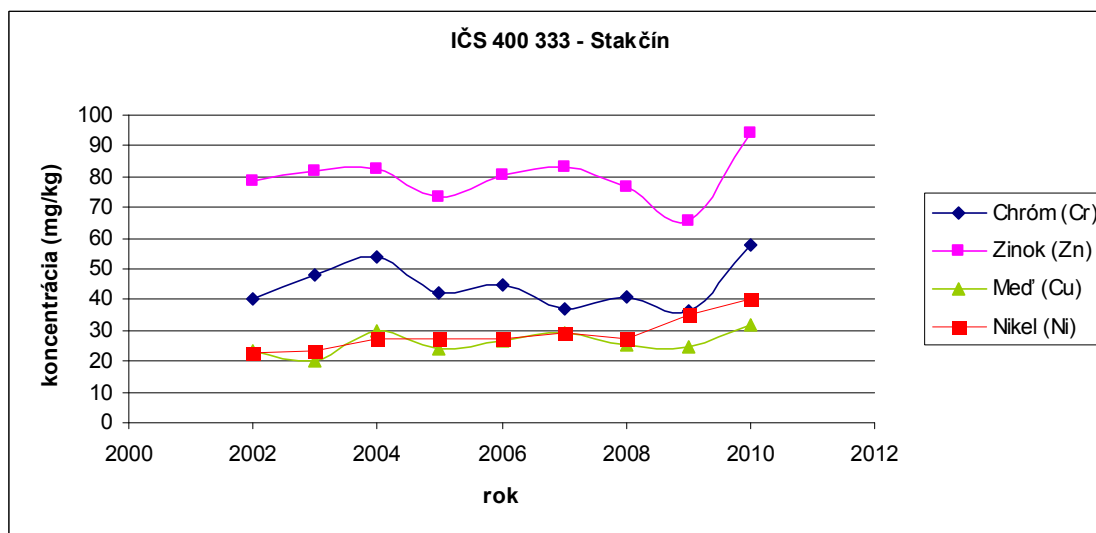
Tab. 6 Základná popisná štatistika na lokalite Stakčín 400 333 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	7,46	0,21	15,60	44,61	26,02	28,85	24,26	79,69
Smerodajná odchýlka	1,65	0,06	2,01	7,48	3,75	5,56	3,88	7,75
Koeficient variability %	22,18	28,72	12,90	16,77	14,40	19,28	15,98	9,73
Minimálna hodnota	6,11	0,1	12,45	36,1	19,9	22,8	19	65,9
Maximálna hodnota	11,5	0,29	18,1	58	32,1	40,4	32,4	94,3

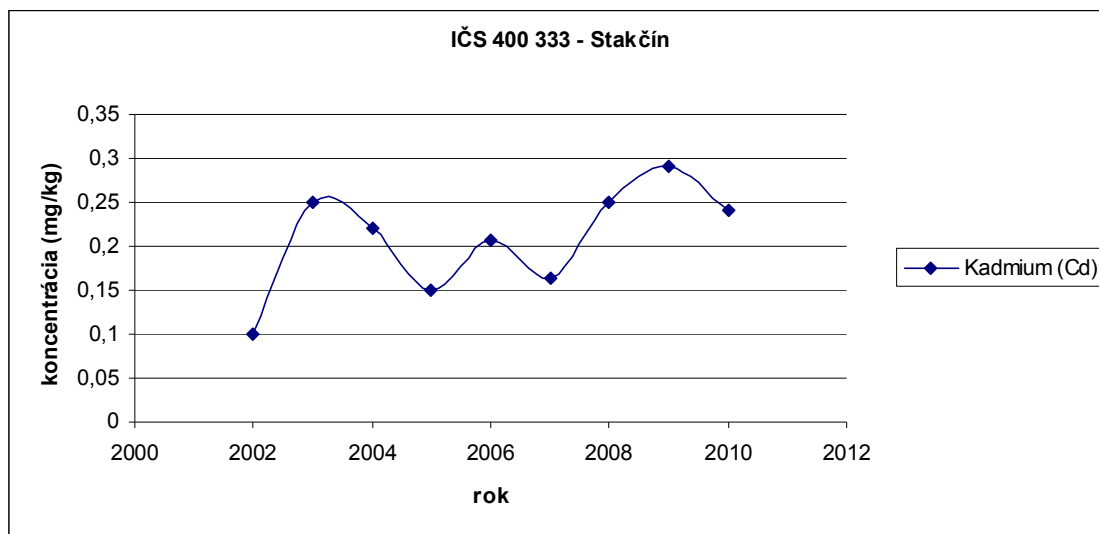
Obr. 12 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Stakčín



Obr. 13 Vývoj Cr, Zn, Cu, Ni na lokalite Stakčín



Obr. 14 Vývoj Cd na lokalite – Stakčín

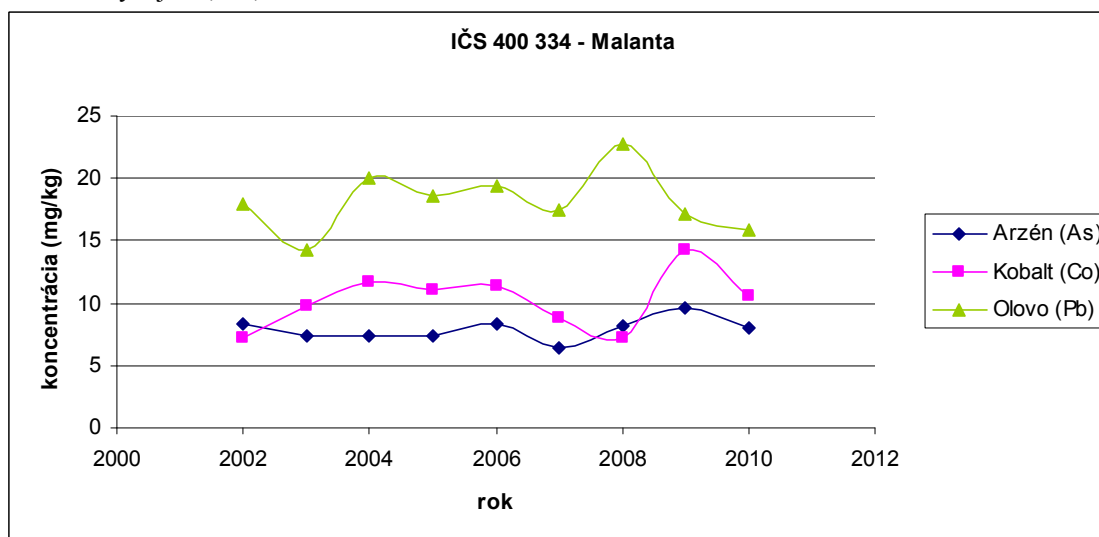


Vo vybranej kľúčovej lokalite Malanta sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

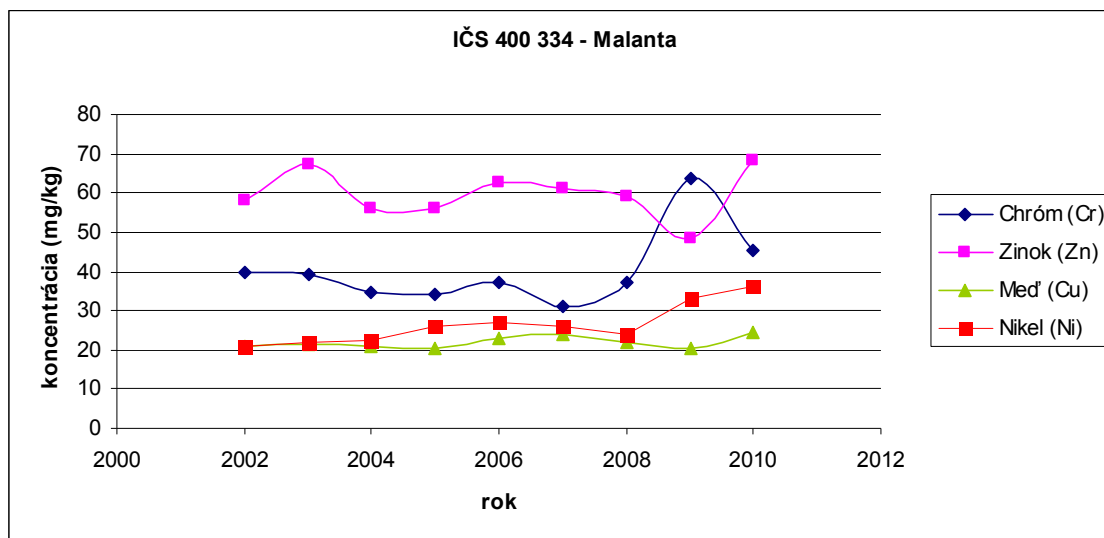
Tab. 7 Základná popisná štatistika na lokalite Malanta 400 334 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	7,85	0,21	10,20	40,17	21,91	26,39	18,15	59,72
Smerodajná odchýlka	0,90	0,08	2,26	9,70	1,54	5,15	2,47	6,10
Koeficient variability %	11,43	40,71	22,20	24,14	7,01	19,52	13,59	10,21
Minimálna hodnota	6,42	0,09	7,15	30,84	20,50	20,95	14,20	48,60
Maximálna hodnota	9,63	0,35	14,30	63,60	24,50	36,00	22,69	68,40

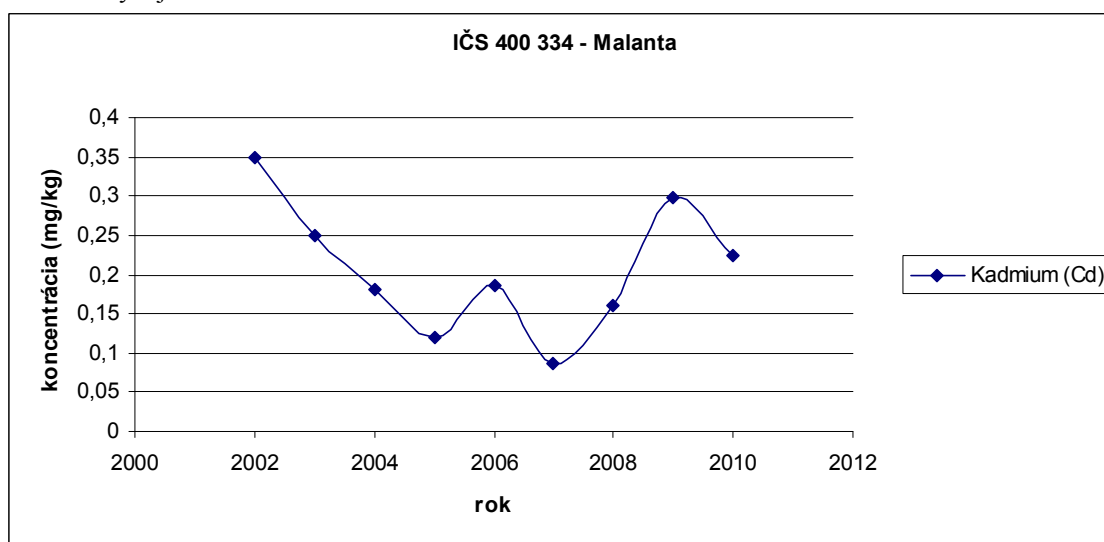
Obr. 15 Vývoj As, Co, Pb na lokalite - Malanta



Obr. 16 Vývoj Cr, Zn, Cu, Ni na lokalite Malanta



Obr. 17 Vývoj Cd na lokalite - Malanta

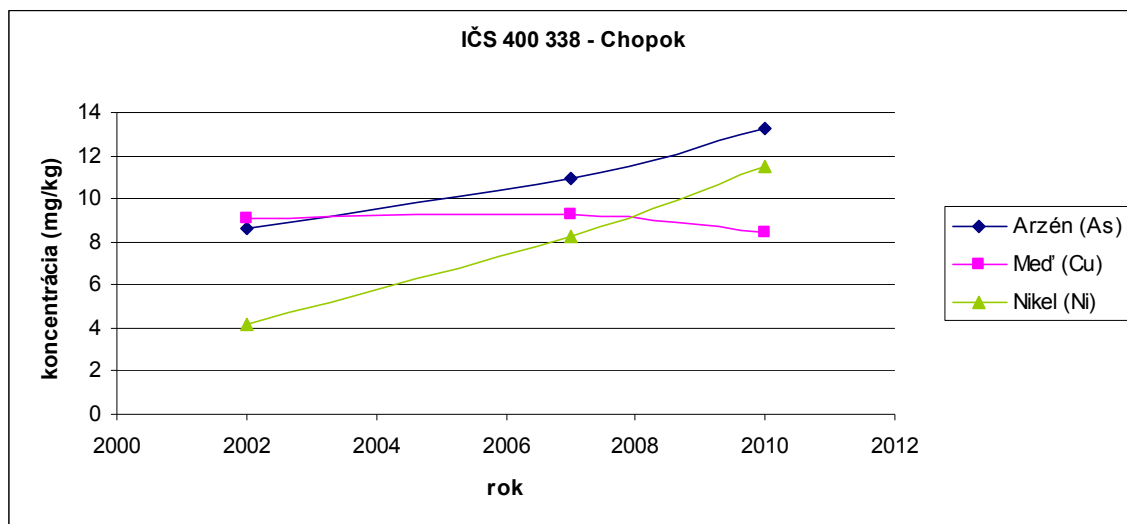


Vo vybranej kľúčovej lokalite Chopok sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

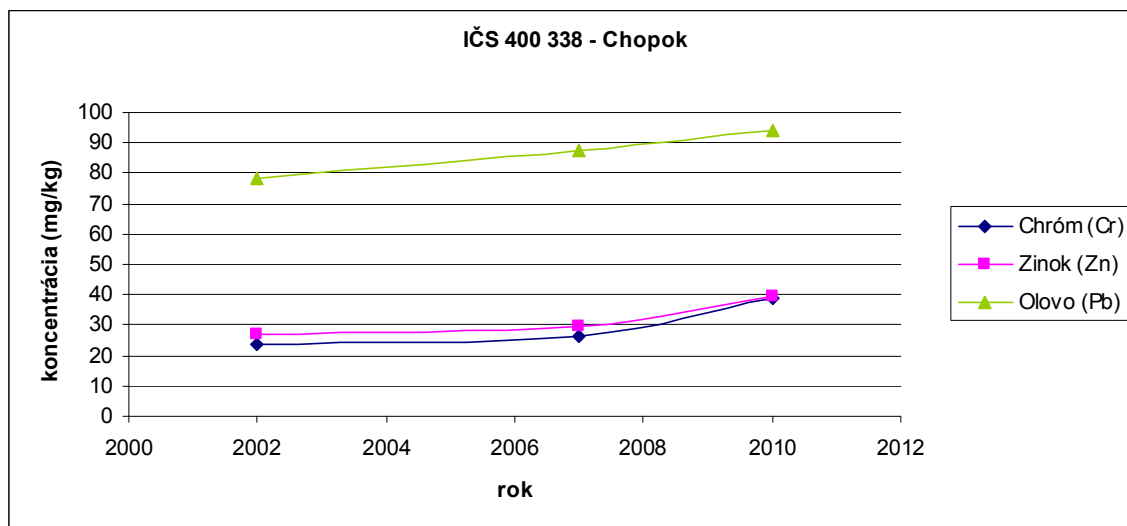
Tab. 8 Základná popisná štatistika na lokalite Chopok 400 338 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	10,95	0,56	0,10	29,78	8,95	7,97	86,74	32,20
Smerodajná odchýlka	2,36	0,25	0,07	7,91	0,43	3,68	7,93	6,74
Koeficient variability %	21,56	45,19	70,71	26,57	4,79	46,23	9,14	20,94
Minimálna hodnota	8,58	0,35	0,05	24,00	8,47	4,15	78,35	26,95
Maximálna hodnota	13,30	0,84	0,15	38,80	9,29	11,50	94,10	39,80

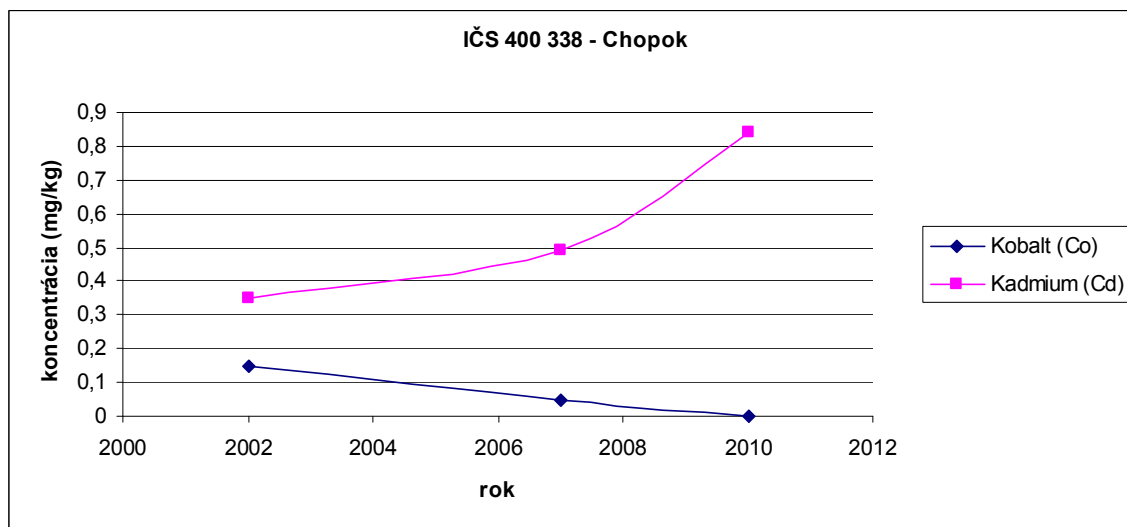
Obr. 18 Vývoj As, Cu, Ni na lokalite - Chopok



Obr. 19 Vývoj Zn, Cr, Pb na lokalite - Chopok



Obr. 20 Vývoj Co, Cd na lokalite - Chopok



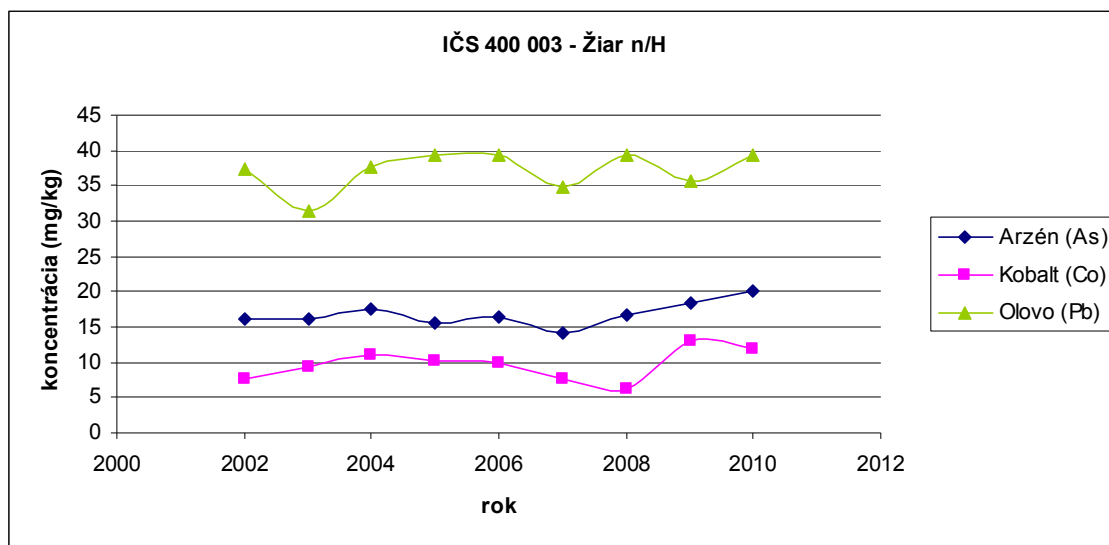
Vo vybranej kľúčovej lokalite Žiar n/Hronom sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až

2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

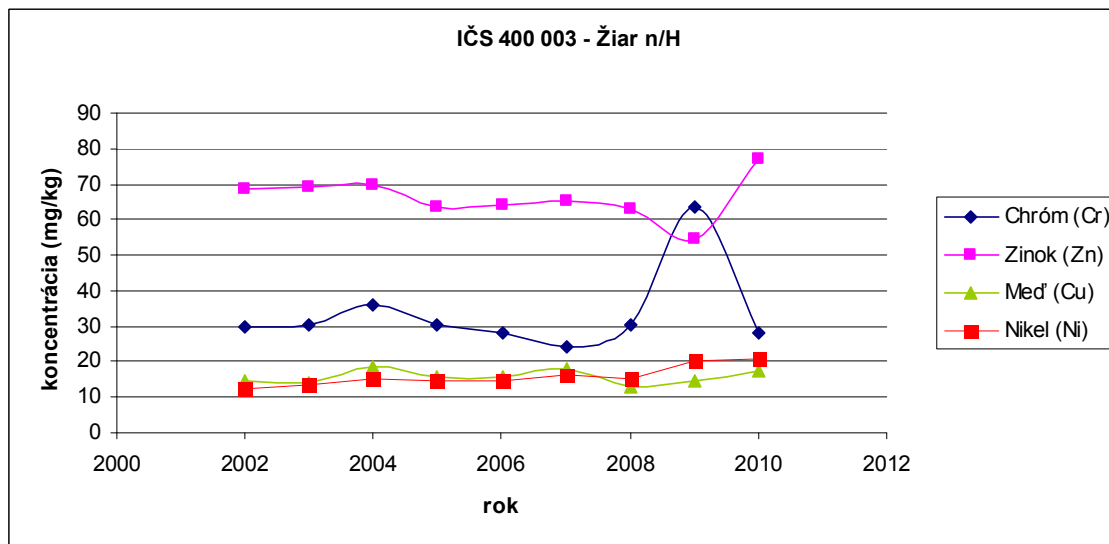
Tab. 9 Základná popisná štatistika na lokalite Žiar n/H 400 003 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	16,84	0,26	9,68	33,51	15,66	15,87	37,14	66,04
Smerodajná odchýlka	1,59	0,07	3,55	19,80	2,26	3,00	2,13	11,50
Koeficient variability %	9,47	28,49	36,65	59,10	14,44	18,92	5,73	17,42
Minimálna hodnota	14,26	0,05	6,32	24,32	12,80	12,50	31,50	54,30
Maximálna hodnota	19,98	0,40	12,90	63,50	18,41	20,80	39,41	77,10

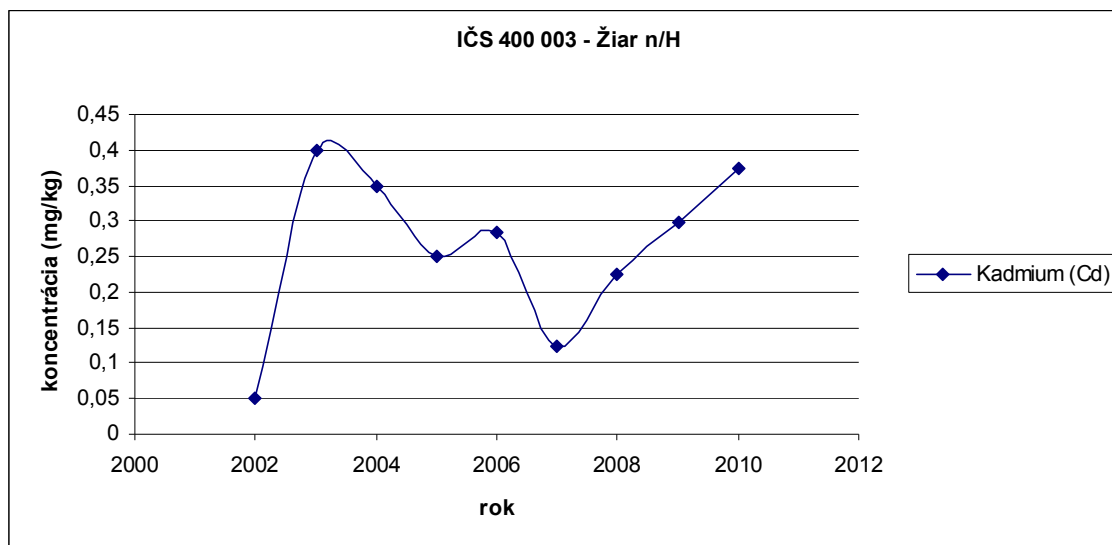
Obr. 21 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Žiar n/H



Obr. 22 Vývoj Zn, Cr, Cu, Ni na lokalite – Žiar n/H



Obr. 23 Vývoj Cd na lokalite Žiar n/H

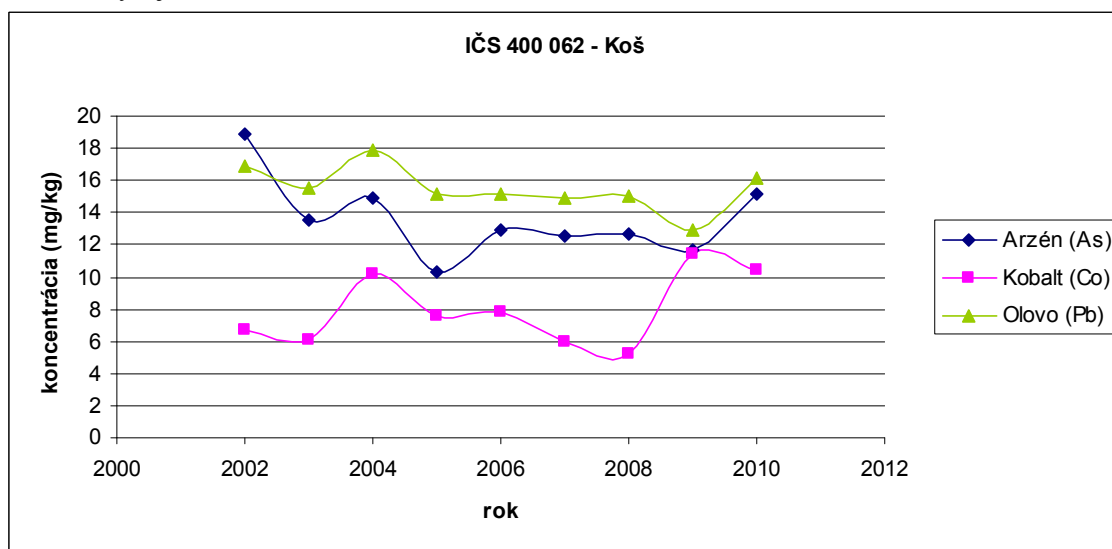


Vo vybranej kľúčovej lokalite Koš sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

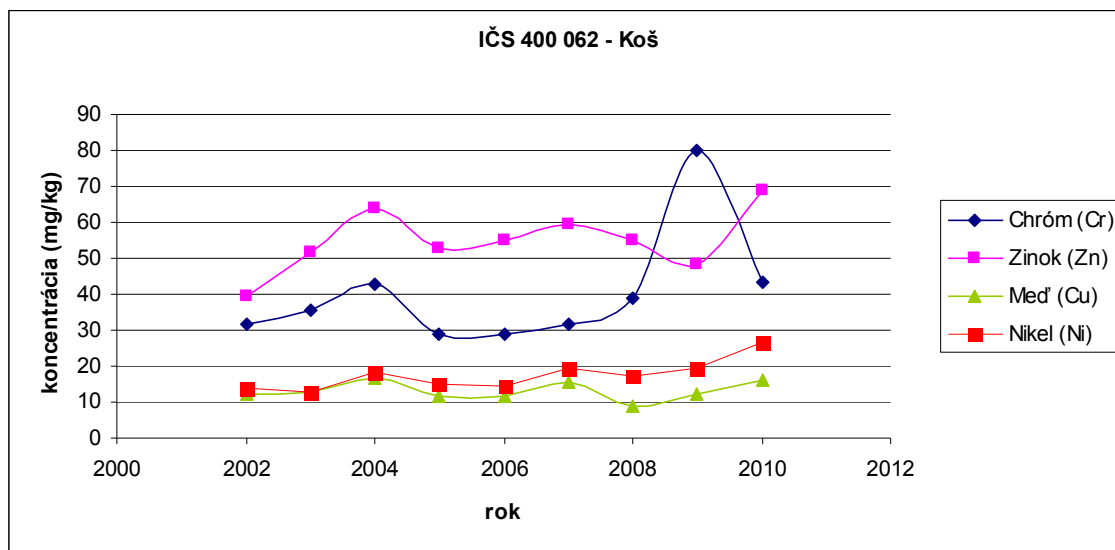
Tab. 10 Základná popisná štatistika na lokalite Koš 400 062 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	13,63	0,07	7,92	40,12	13,08	17,43	15,52	54,98
Smerodajná odchýlka	1,75	0,05	3,32	22,60	3,49	4,73	1,68	10,35
Koeficient variability %	12,84	71,71	41,96	56,34	26,68	27,13	10,79	18,84
Minimálna hodnota	10,27	0,01	5,21	28,82	9,03	12,85	12,90	39,65
Maximálna hodnota	18,90	0,10	11,40	80,00	16,63	26,40	17,90	68,80

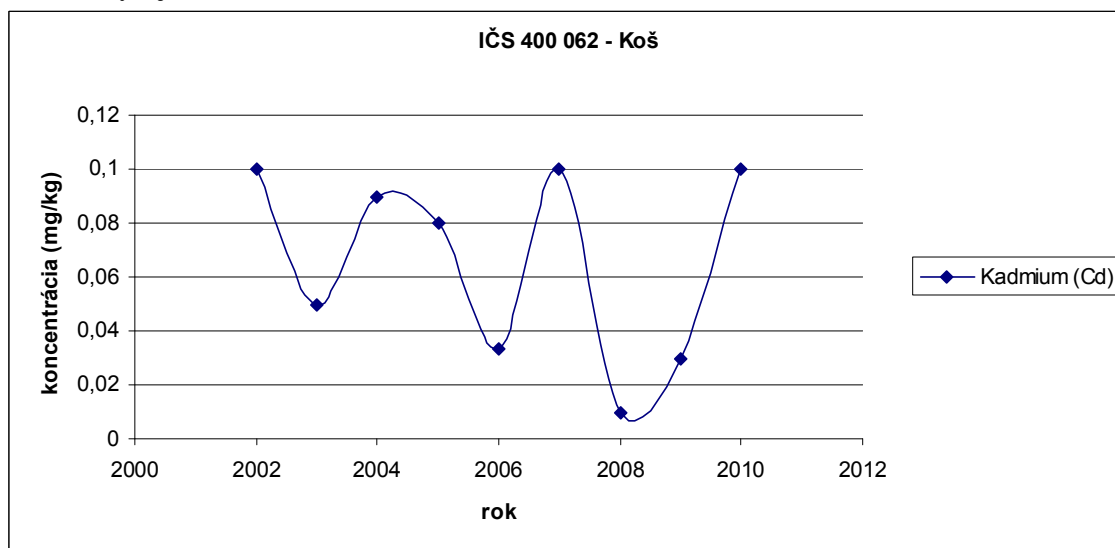
Obr. 24 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Koš



Obr. 25 Vývoj Zn, Cr, Cu, Ni na lokalite – Žiar n/H



Obr. 26 Vývoj Cd na lokalite Koš

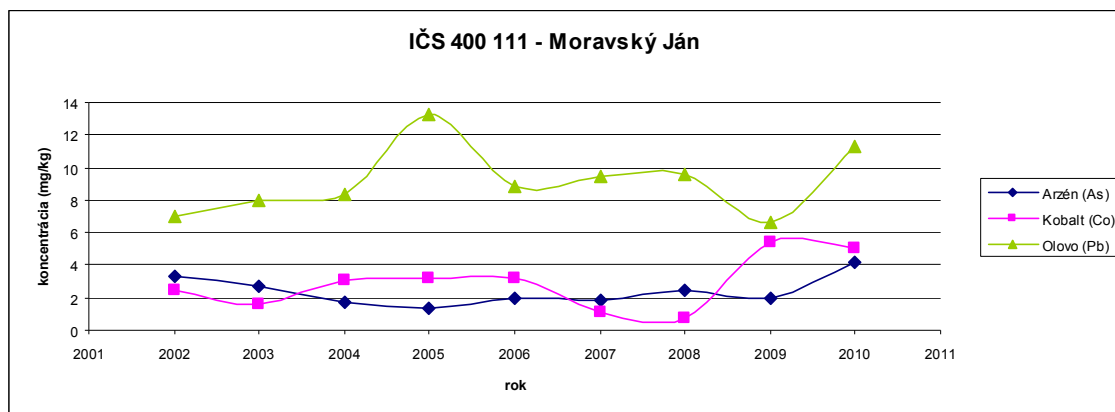


Vo vybranej kľúčovej lokalite Moravský Ján sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

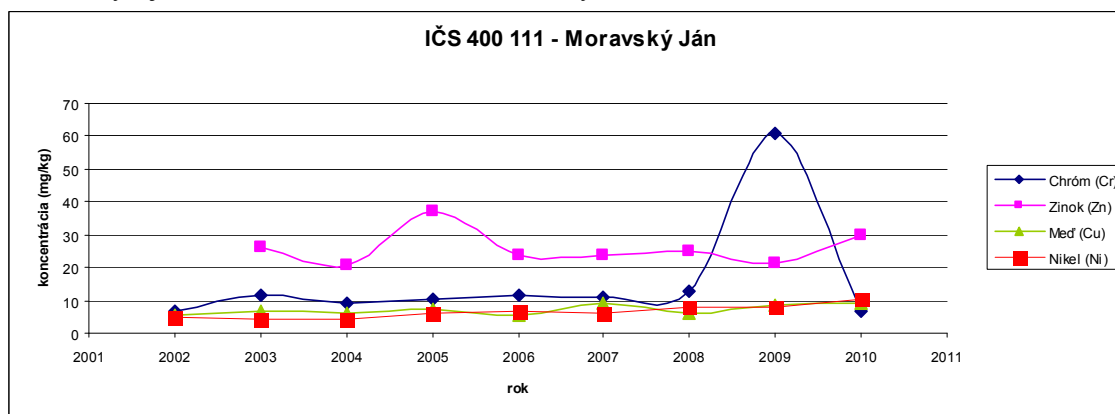
Tab. 11 Základná popisná štatistika na lokalite Moravský Ján 400 111 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	2,39	0,06	2,89	15,51	7,08	6,56	9,18	26,02
Smerodajná odchýlka	1,15	0,07	2,59	29,70	1,70	1,46	2,35	4,31
Koeficient variability %	48,15	123,72	89,87	191,49	23,99	22,30	25,63	16,55
Minimálna hodnota	1,37	0,00	0,75	6,50	5,30	4,32	6,64	20,83
Maximálna hodnota	4,17	0,14	5,46	60,70	9,38	10,40	13,30	37,20

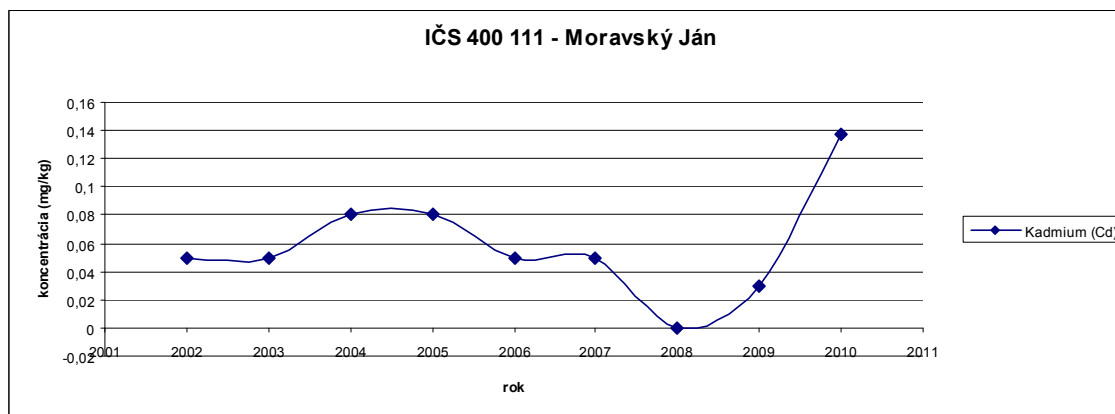
Obr. 25 Vývoj As, Co, Pb na lokalite – Moravský Ján



Obr. 26 Vývoj Zn, Cr, Cu, Ni na lokalite – Moravský Ján



Obr. 27 Vývoj Cd na lokalite Moravský Ján

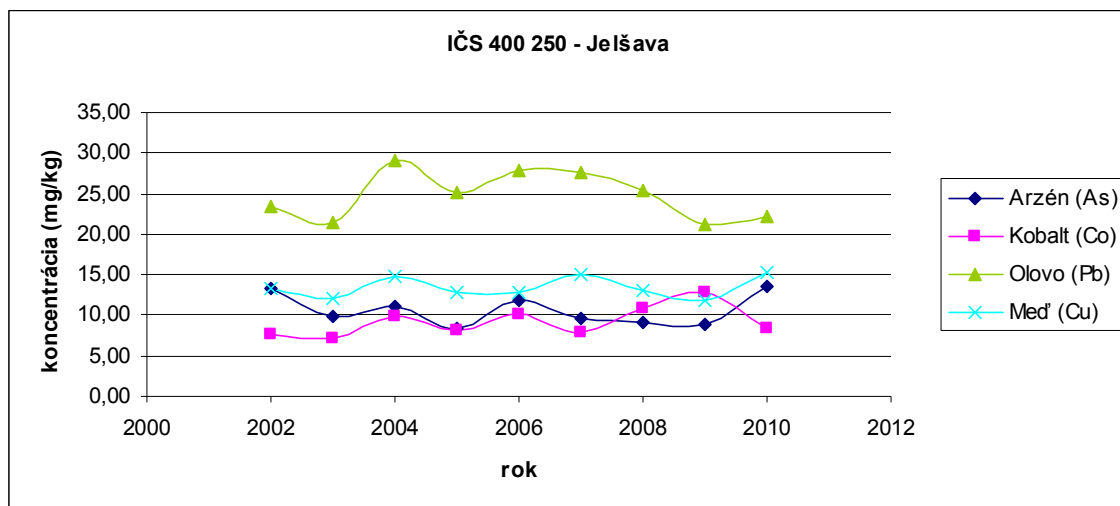


Vo vybranej kľúčovej lokalite Jelšava sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2010 v lúčavke kráľovskej. Stanovili sme priemernú (X_p), minimálnu (X_{min}) a maximálnu hodnotu (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie 2002 – 2010.

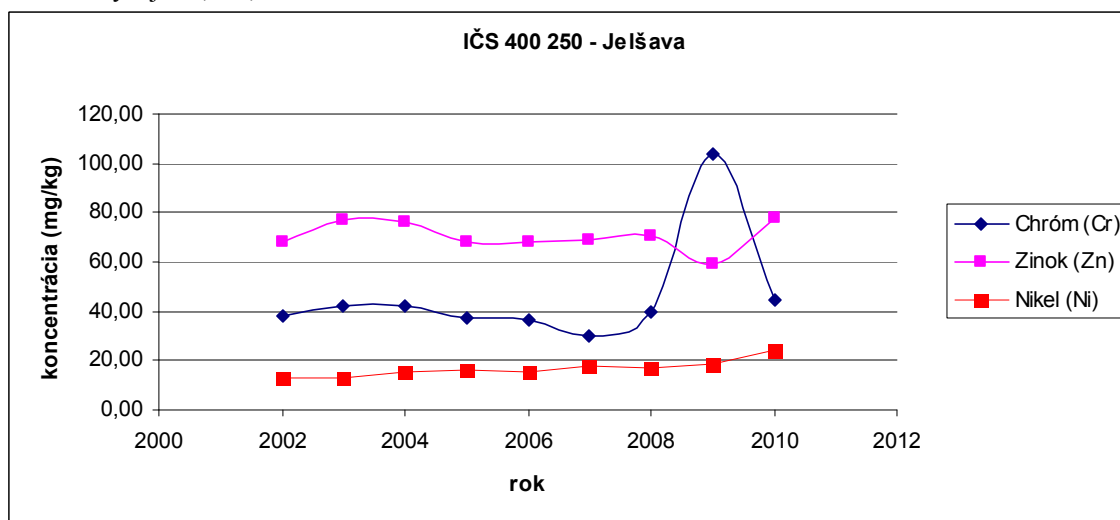
Tab.12 Základná popisná štatistika na lokalite Jelšava 400 250 za roky 2002 – 2010

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	10,29	0,11	9,33	46,99	13,47	17,23	25,00	70,84
Smerodajná odchýlka	3,24	0,12	3,08	42,00	2,47	3,96	0,57	13,08
Koeficient variability %	31,48	111,37	33,05	89,39	18,38	22,98	2,26	18,47
Minimálna hodnota	8,33	0,02	7,10	29,75	11,80	12,90	21,30	59,50
Maximálna hodnota	13,50	0,30	12,70	104,00	15,30	24,20	29,11	78,00

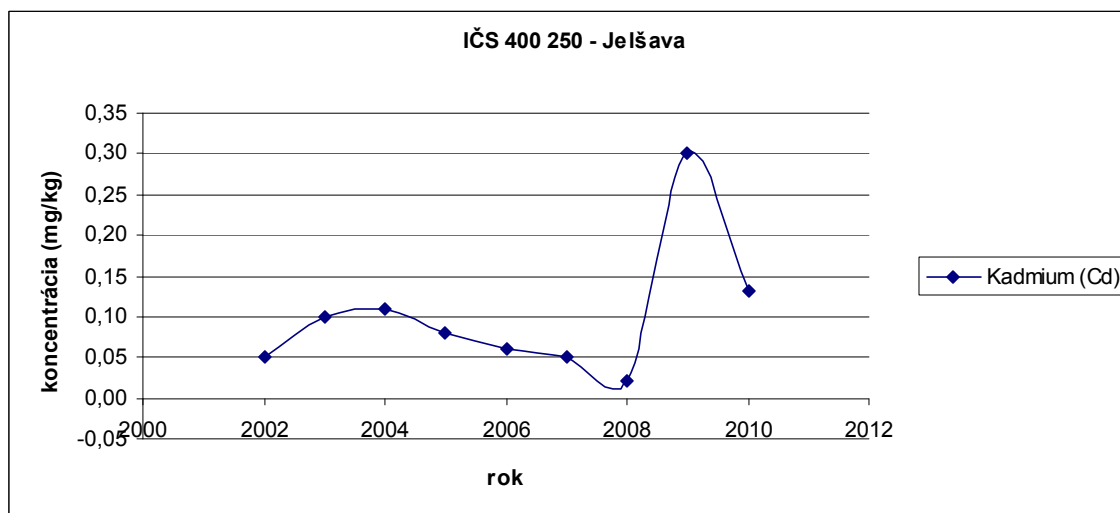
Obr. 26 Vývoj As, Co, Pb, Cu na lokalite – Jelšava



Obr. 27 Vývoj Zn, Cr, Ni na lokalite – Jelšava



Obr. 28 Vývoj Cd na lokalite Jelšava



Prezentované výsledky ukazujú na nasledovný charakter distribúcie rizikových prvkov v monitorovaných kľúčových lokalitách :

- nerovnomerný heterogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- odľahlá hodnota stanovenia

Na túto skutočnosť ukazuje najmä koeficient variability priemerného obsahu prvku. Musíme tu však pripustiť i vplyv odberových techník na správnosť analyzovaných údajov a stanovované koncentračné úrovne rizikových prvkov v pôde.

Záver

Kľúčové lokality sú súčasťou základnej monitorovacej siete a hodnotené rizikové prvky z hľadiska možnej kontaminácie pôd vo vybraných sondách sú informáciou o potenciálnom hygienickom poškodení.

Z nameraných výsledkov (tab. č. 5-12 a obr. 9-28) je možné konštatovať, že na analyzovaných kľúčových lokalitách nedochádza k štatisticky významnému posunu hygienického stavu, či k prekročeniu limitných hodnôt z hľadiska kontaminácie podľa Zákona 220/2004 .

Literatúra

MPSR, 2004. Zákon 220/2004 o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy

6.3 Obsah a vývoj makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach

6.3.1 Makroelementy

Fosfor

Obsah prístupných živín, a teda aj fosforu v pôdach závisí od genézy a vlastností pôd, ako aj od intenzity hnojenia. Prirodzené zásoby fosforu v našich pôdach sú nízke a pohybujú sa v rozpätí 0,02-0,04 % P, čo v inom agrochemickom vyjadrení predstavuje 200-400 mg P.kg⁻¹ (Mengel, 1965). V našich podmienkach sú taktiež prirodzené obsahy nízke. Pri prvom komplexnom pôdoznaleckom prieskume poľnohospodárskych pôd (1961-1970) bol obsah prístupného fosforu nízky, v ornici sa jeho obsah pohyboval v rozpätí 7,6-38,7 mg.kg⁻¹ (Kobza, Styk, 1997) – priemerne 22,3 mg.kg⁻¹ (stanoveného prístupného fosforu podľa Egnera). Touto metódou sme sledovali obsah prístupného fosforu aj v monitorovacej sieti pôd Slovenska, od 4. monitorovacieho cyklu (t.j. od roku 2007) sme začali hodnotiť obsah prístupného fosforu v pôdach podľa Mehlicha III. (túto formu analyzuje aj ÚKSUP v rámci ASP – agrochemického skúšania pôd). Prepočet obsahu prístupného fosforu podľa Egnera na Mehlicha III. je uvedený v publikácii Kobza, Gáborík, 2008. V tab. 1 je uvedené základné štatistické vyhodnotenie obsahu základných makroelementov (podľa Mehlicha III.) vo vybraných pôdach základnej monitorovacej siete pôd, ktoré sme analyzovali a hodnotili v roku 2010.

Tab. 1 Obsah makroelementov P,K,Mg (Mehlich III.) v ornici (0-10 cm) poľnohospodárskych pôd SR (4. monitorovací cyklus)

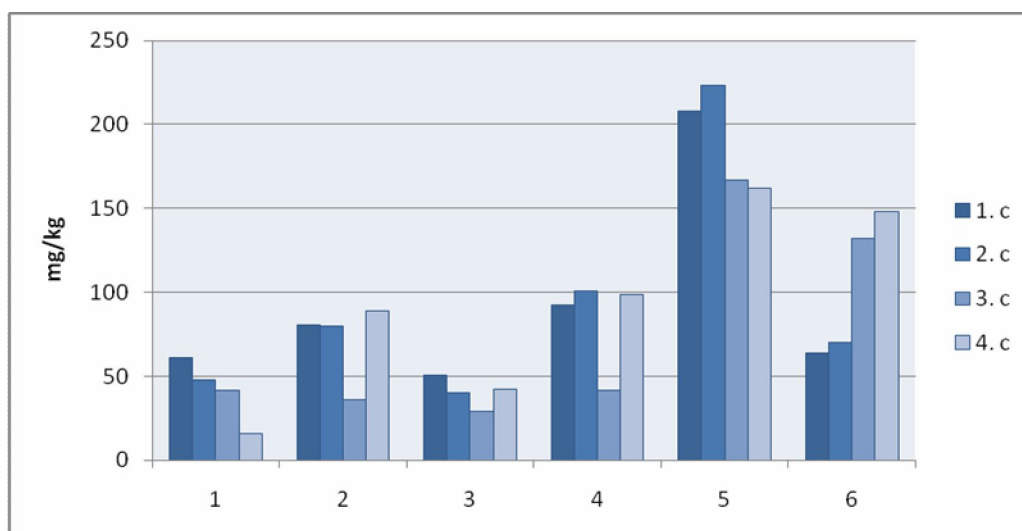
Pôdy	Druh pozemku	P (mg.kg ⁻¹)			K (mg.kg ⁻¹)			Mg (mg.kg ⁻¹)		
		Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
PZ+RNp	TTP	1,71	33,90	16,18	69,00	253,0	141,50	11,30	91,10	31,08
PG+LMg	OP	0,50	502,0	89,24	93,00	1040,0	218,78	55,00	988,0	249,05
PG+LMg	TTP	10,30	127,0	42,12	70,20	233,0	121,54	63,20	467,0	238,75
HM	OP	7,42	291,0	99,00	115,0	1007,0	289,12	111,0	638,0	282,37
RM ^c	OP	77,9	282,0	161,76	75,90	444,0	200,00	95,20	238,0	148,00
RM ^q	OP	208,0	279,0	248,33	30,70	224,0	139,23	47,90	126,0	76,33

PZ – podzol, RNp – ranker podzolový, PG – pseudoglej, LMg – Luvizem pseudoglejová, HM – Hnedozem, RM^c – regozem na karbonátových pieskoch, RM^q – regozem na nekarbonátových (silikátových) pieskoch, Xmin – minimálna hodnota, Xmax – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, TTP – trvalý trávny porast, OP – orná pôda

Obsah prístupného fosforu sa v hodnotených pôdach pohybuje priemerne v rozpätí 16,18-248,33 mg.kg⁻¹, čo je obsah nízky až veľmi vysoký pre prevládajúce zrnitostne stredne ťažké pôdy (Kobza, Gáborík, 2008). Široké rozpätie obsahu prístupného fosforu v hodnotených pôdach svedčí o výraznej variabilite tohto makroelementu. Všeobecne nižšie hodnoty prístupného fosforu boli zistené v pôdach pod trvalými trávnyimi porastami (TTP), vyššie hodnoty boli zistené na orných pôdach (OP), ako výsledok hnojenia.

Doterajší vývoj obsahu prístupného fosforu (podľa Mehlicha III.) vo vybraných pôdach je znázornený na obr. 1.

Obr. 1 Vývoj obsahu prístupného P (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – podzoly, 2 – luvizeme a pseudogleje (OP), 3 – luvizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedozeme (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Vývoj obsahu prístupného fosforu (obr. 1) je pomerne variabilný a to ako na orných pôdach, tak aj na pôdach pod TTP, kde sú priemerné hodnoty nižšie oproti orným pôdam. Pretrvávajúce vyššie hodnoty obsahu prístupného fosforu sú odrazom fosforečného hnojenia.

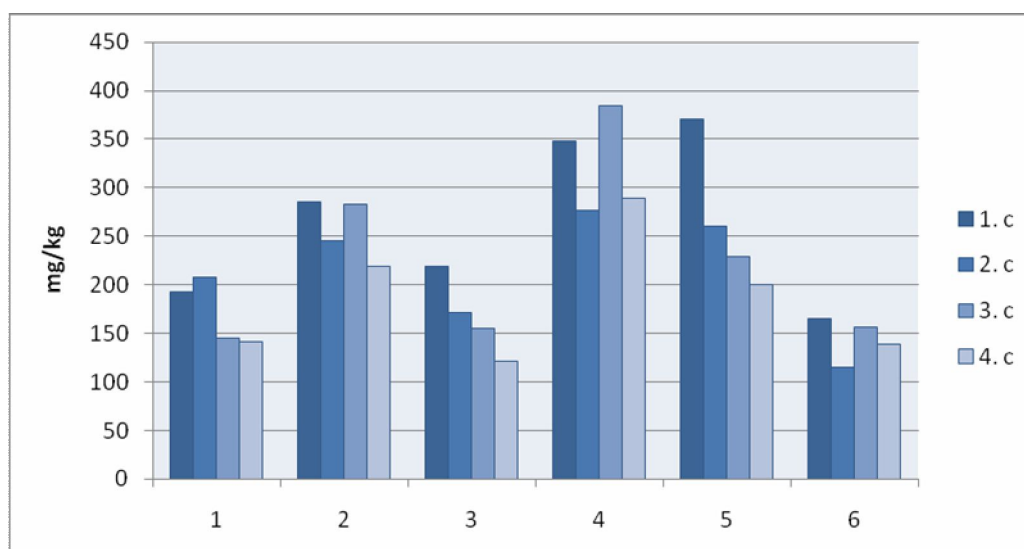
Draslík

Zásobenosť pôd draslíkom je oproti fosforu lepšia, čo pramení z pomerne dobrých prirodzených zdrojov minerálneho zloženia pôdy. Obsah prístupného draslíka v období Komplexného prieskumu poľnohospodárskych pôd sa pohyboval v rozpätí 64,4-129,1 mg.kg⁻¹ (priemerne 108 mg.K.kg⁻¹), čo sme už uviedli v predchádzajúcej práci (Kobza, Styk, 1997).

Obsah prístupného draslíka (Mehlich III.) sa v hodnotených pôdach pohybuje v rozpätí 121,5-289,1 mg.kg⁻¹, čo je obsah nízky až dobrý (Kobza, Gáborík, 2008). Nižšie hodnoty boli zistené na pôdach pod TTP, vyššie hodnoty boli zistené na orných pôdach. Najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka boli zistené na textúrne diferencovaných pôdach (luvizeme, pseudogleje, hnedozeme) ako vplyv K-hnojenia a znížená priepustnosť tohto prvku do hlbších častí pôdneho profilu (tab. 1).

Vývoj obsahu prístupného draslíka (obr. 2) na hodnotených pôdach prebieha v smere postupného znižovania jeho pôvodného obsahu, čo ukazuje na znižujúcu sa úroveň draselného hnojenia. Pri horských pôdach (podzoly) ide o prirodzený vývoj v obsahu prístupného draslíka, pretože na týchto pôdach sa ani v minulosti K-hnojenie nepraktizovalo.

Obr. 2 Vývoj obsahu prístupného K (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – podzoly, 2 – luvizeme a pseudogleje (OP), 3 – luvizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedomozeme (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Všeobecný pokles obsahu prístupného draslíka v hodnotených pôdach, ako aj v ostatných pôdach Slovenska je odrazom skutočnosti, že podľa zistení ÚKSUP-u v súčasnosti (priemer za posledných 5 rokov) sa dosahuje približne len 10 %-ná úroveň pri draselných hnojivách v porovnaní s ich spotrebou v 80-tych rokoch minulého storočia (Kobza, Gáborík, 2008).

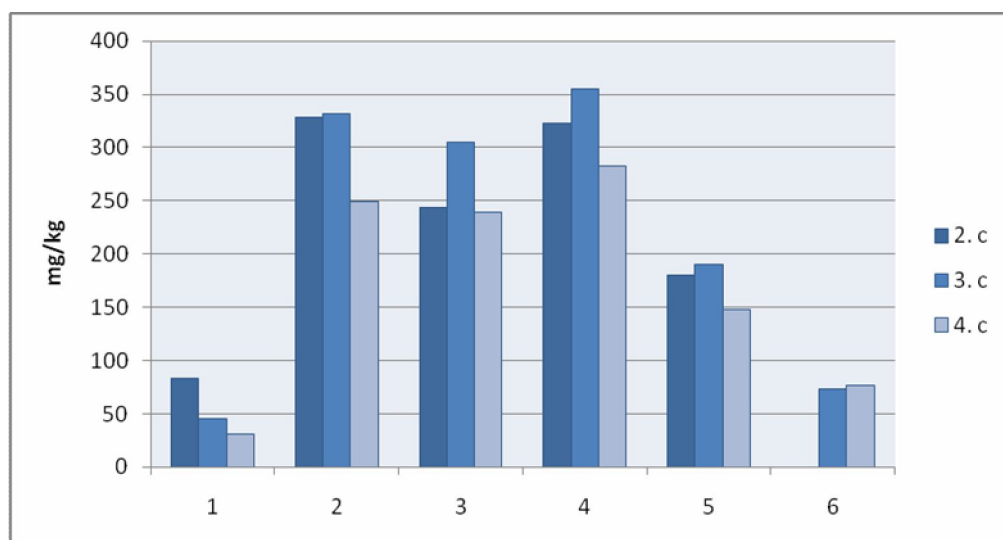
Horčík

Horčík považujeme za piatu hlavnú živinu vo výžive rastlín (Hrtánek, Kobza, 1980). Nachádza sa vo viacerých primárnych a pomerne dobre zvetrateľných mineráloch (olivín, serpentín, biotit), ale aj v sekundárnych mineráloch (smektity, chlorit, vermikulit). V karbonátových pôdach sa vyskytuje v uhličitanovej forme (MgCO_3 – magnezit, $\text{MgCO}_3 \cdot \text{CaCO}_3$ – dolomit). Horčík sledujeme v monitorovacej sieti pôd Slovenska len od 2. monitorovacieho cyklu, takže v tejto časti hodnotíme vybrané pôdy len za 2. až 4. monitorovací cyklus.

Obsah horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska je prevažne vyhovujúci až vysoký, čo sme už konštatovali v niektorých predchádzajúcich prácach (Kobza, Gáborík, 2008, Kobza a kol., 2009) s výnimkou podzolov a rankrov podzolových, kde je jeho obsah prirodzene nízky (priemerne $31,98 \text{ mg.kg}^{-1}$). V ostatných hodnotených pôdach sa priemerné hodnoty horčíka pohybujú v rozpätí $76,33\text{--}282,37 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 1), čo je obsah nízky (regozeme na viatych kremitých pieskoch) až vysoký. Možno teda konštatovať, že s výnimkou kyslých až veľmi kyslých pôd, horčík v našich pôdach nie je deficitným prvkom.

Vývoj obsahu horčíka v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 3.

Obr. 3 Vývoj obsahu prijateľného Mg (Mehlich III.) v ornici poľnohospodárskych pôd



1 – podzoly, 2 – luvizeme a pseudogleje (OP), 3 – luvizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedoze (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Keďže obsah prijateľného horčíka je skôr odrazom jeho prirodzenej zásobenosti, jeho vývoj za posledné obdobie je pomerne variabilný bez výraznejšieho trendu jeho zvýšenia, alebo poklesu. Jeho prirodzený obsah je prevažne dobrý až vysoký, a preto nie je potrebné dodávať do pôd horčík.

6.3.2 Mikroelementy

Med'

Med' je jedným z dôležitých mikroelementov, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát a špenát, ale aj repa cviklová, cibuľa a struková zelenina (Demo a kol., 2002).

Obsah mikroelementov v hodnotených pôdach je uvedený v tab. 2.

Tab. 2 Obsah mikroelementov Cu, Zn, Mn (DTPA) v ornici (0-10 cm) poľnohospodárskych pôd SR (4. monitorovací cyklus)

Pôdy	Druh pozemku	Cu (mg.kg ⁻¹)			Zn (mg.kg ⁻¹)			Mn (mg.kg ⁻¹)		
		Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
PZ+RNp	TTP	0,13	3,46	1,29	0,79	13,20	4,02	0,13	5,08	1,52
PG+LMg	OP	0,87	5,60	1,84	0,54	13,30	2,14	13,50	105,0	59,32
PG+LMg	TTP	0,61	2,47	1,55	0,94	5,00	2,49	27,10	181,0	93,26
HM	OP	1,03	23,20	3,12	0,39	7,78	1,19	9,48	126,0	59,58
RM ^c	OP	0,42	16,20	4,46	0,35	2,47	1,68	5,20	31,30	17,14
RM ^q	OP	0,70	1,02	0,85	1,11	2,88	1,89	15,10	32,60	25,06

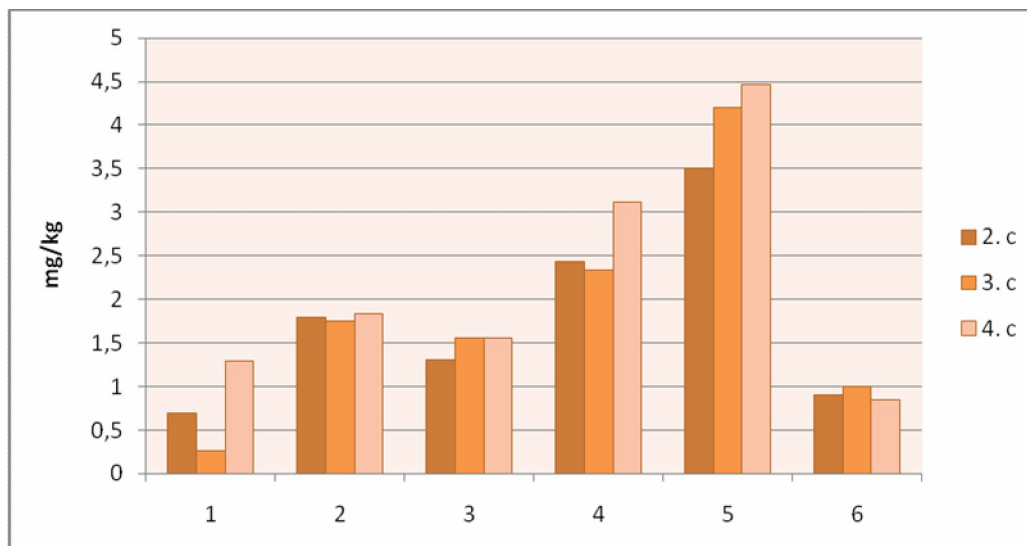
PZ – podzol, RNp – ranker podzolový, PG – pseudoglej, LMg – Luvizem pseudoglejová, HM – Hnedozem, RM^c – regozem na karbonátových pieskoch, RN^q – regozem na nekarbonátových (silikátových) pieskoch, Xmin – minimálna hodnota, Xmax – maximálna hodnota, X – aritmetický priemer, TTP – trvalý trávny porast, OP – orná pôda

Obsah medi (v extrakte DTPA) sa v hodnotených pôdach pohybuje priemerne v rozpätí 0,85-4,46 mg.kg⁻¹, čo je obsah stredný až vysoký (Kobza, Gáborík, 2008), čo len potvrdzuje, že hodnotené pôdy obsahujú dostatok tohto prvku. Lokálne vyššie Cu boli zistené

v oblasti výskytu tzv. geochemických anomálií, ako aj v niektorých viniciach (vplyv aplikácie med'natými prípravkami).

Vývoj obsahu medi v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 4.

Obr. 4 Vývoj obsahu Cu (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd SR



1 – podzoly, 2 – luvizeme a pseudogleje (OP), 3 – luvizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedomozeme (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Vývoj obsahu medi v hodnotených pôdach je mierne variabilný, pričom si udržiava strednú až vysokú zásobenosť týmto prvkom počas celého obdobia monitorovania pôd.

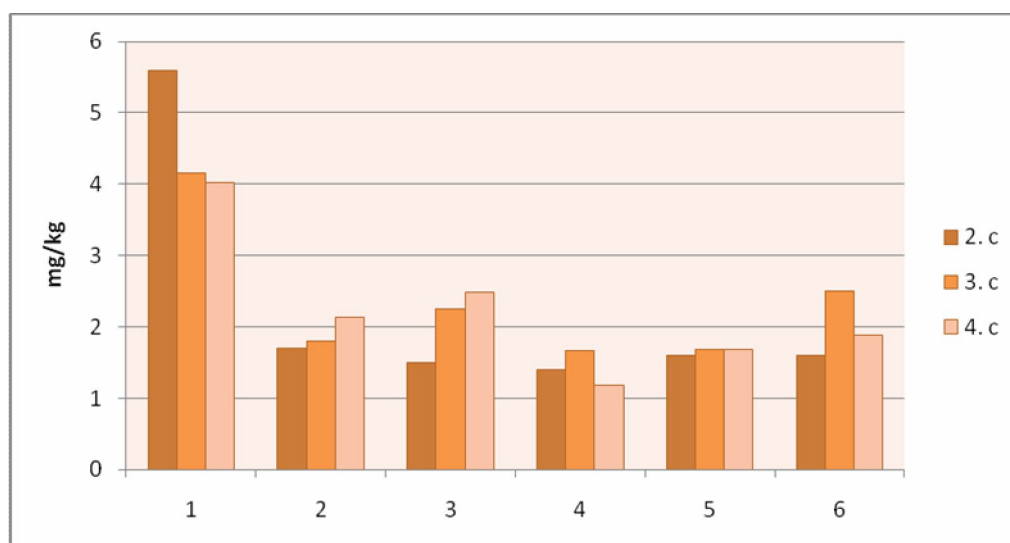
Zinok

Je aktivátorom a stabilizátorom enzýmov riadiacich metabolizmus rastlín. Ovplyvňuje spotrebu cukrov, oxidačné procesy a transformáciu aminokyselín. Pri jeho nedostatku sa znižuje syntéza RMK, bielkovín, škrobu a je porušená tvorba chlorofylu (Fecenko, Ložek, 2000).

Obsah zinku v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,19-4,02 mg.kg⁻¹, čo je obsah stredný až vysoký, podobne ako pri medi. Z uvedeného vyplýva, že med' ako mikroelement (zistený v extrakte DTPA) nie je v hodnotených pôdach deficitným prvkom.

Vývoj zinku v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 5.

Obr. 5 Vývoj obsahu Zn (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd SR



1 – podzoly, 2 – luvizeme a pseudogleje (OP), 3 – luvizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedozeme (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Vývoj obsahu zinku podobne ako pri medi je mierne variabilný. Počas sledovaného obdobia nedošlo k výraznejšiemu zvýšeniu ani zníženiu obsahu zinku ako mikroelementu (zisteného v extrakte DTPA) v hodnotených pôdach. Najvyšší obsah zinku bol zistený v podzolochoch (veľmi kyslé prevažne horské pôdy), čo súvisí s výskytom geochemických anomálií prevažne v horských metalických oblastiach.

Mangán

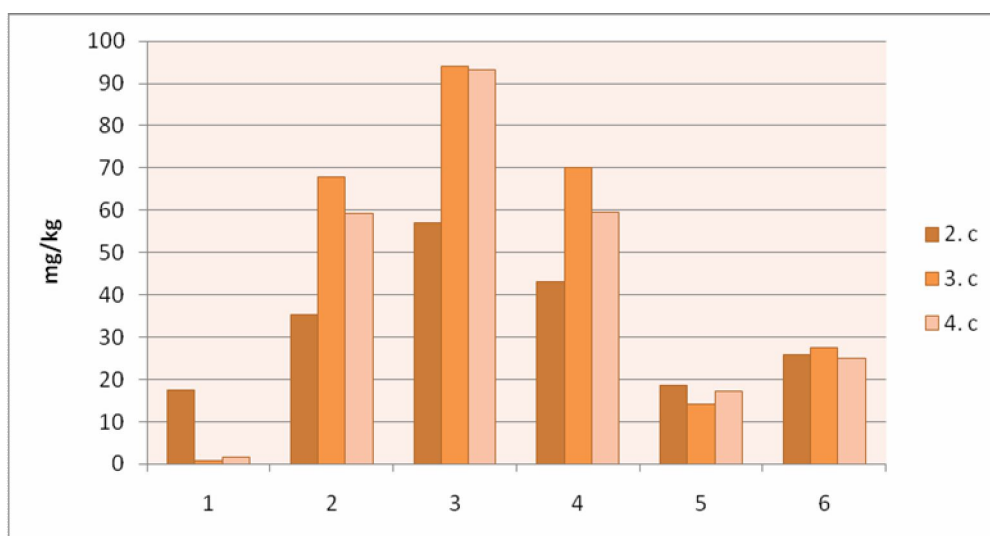
Na základe našich už predchádzajúcich zistení (Kobza a kol., 2009), ako aj zistení ÚKSUP-u možno potvrdiť, že mangánu je v našich pôdach relatívny dostatok. Prípadný nedostatok mangánu vzniká skôr nevhodnými stanovištnými podmienkami, ako jeho neprítomnosťou v pôde (Demo a kol., 2002).

Význam mangánu v rastlinách spočíva hlavne v aktivizovaní enzýmov, účasti pri fosforylačných reakciách a oxidačných a dekarboxilačných procesoch organických kyselín trikarbonátového cyklu. Jeho nedostatok sa prejavuje obmedzením tvorby chloroplastov, čím sa znižuje fotosyntéza, v dôsledku čoho je nižšia tvorba sacharidov a škrobu (Fecenko, Ložek, 2000).

Na základe výsledkov uvedených v tab. 1, obsah mangánu v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,52-93,26 mg.kg⁻¹ čo je obsah malý až stredný (Kobza, Gáborík, 2008). Najnižší obsah Mn bol zistený v podzolochoch, v ostatných pôdach prevláda jeho stredný obsah, čo sme už potvrdili aj v niektorých predchádzajúcich prácach (Kobza a kol., 2009, Kobza, Gáborík, 2008), to znamená, že ani tento mikroelement nie je v našich pôdach deficitným.

Vývoj obsahu mangánu je znázornený na obr. 6.

Obr. 6 Vývoj obsahu Mn (DTPA) v ornici poľnohospodárskych pôd SR



1 – podzoly, 2 – luzizeme a pseudogleje (OP), 3 – luzizeme a pseudogleje (TTP), 4 – hnedozeme (OP), 5 – regozeme var. karbonátové (OP), 6 – regozeme var. kyslé (OP), 1., 2., 3., 4. c – 1., 2., 3., 4. monitorovací cyklus

Obsah mangánu v hodnotených pôdach je v hodnotenom období viac-menej variabilný. Je odrazom prirodzenej variability, pretože Mn sa bežne do pôdy neaplikuje.

Záverom tejto časti môžeme konštatovať, že obsah uvedených mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v hodnotených pôdach je prevažne stredný až vysoký, čo len potvrdzuje celkovo dobrú zásobenosť pôd mikroelementami, i napriek tomu, že tieto sa do pôdy bežne neaplikujú.

Literatúra

- Demo, M., Hričovský, I., Bielek, P., Fehér, A., Frančáková, H., Ginterová, A., Hanáčková, E., Hroška, Š., Hronský, Š., Húska, D., Jureková, Z., Landa, Z., Pospíšil, R., Rehák, Š., Rózová, Z., Sýkorová, Z., Valšíková, M. 2002. Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve. SPU Nitra, 581 s.
- Fecenko, J., Ložek, O. 2000. Výživa a hnojenie poľných plodín. Nitra: SPU v Nitre a Šaľa: Duslo, a.s., 2000, 442 s. ISBN 80-7137-777-5.
- Hrtánek, B., Kobza, J. 1980. Vegetačná dynamika prijateľného horčika pod porastom kukurice v ornici hnedozeme a illimerizovanej pôdy oglejenej. Ved. práce VÚPVR č. 10, s. 93-106.
- Kobza, J., Styk, J. 1997. Phosphorus and potassium retrospective monitoring in main soils of Slovakia. Proceedings of SFRI Bratislava, 20/II., pp. 167-174.
- Kobza, J., Gáborík, Š. 2008. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 58 s. ISBN 978-80-89128-47-1.
- Kobza, J., Barančíková, G., Čumová, L., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková-Bezáková, Z., Pálka, B., Pavlenda, 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-P za obdobie rokov 2002-2006 (3. cyklus). VÚPOP Bratislava, 200 s. ISBN 978-80-89128-54-9.
- Mengel, K. 1965. Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. WEB, Gustav Fischer Verlag, Jena.

6.4 Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdnej organickej hmoty

Úvod

Jedným z najdôležitejších pôdných parametrov je množstvo a kvalita pôdnej organickej hmoty (POH). Základným kvantitatívnym parametrom POH je koncentrácia organického uhlíka v pôde (POC). Napriek nízkemu zastúpeniu POC, predovšetkým v intenzívne využívaných orných pôdach, tento parameter vo veľkej miere ovplyvňuje produkčnú funkciu pôdy ako aj mnohé chemické, biologické a fyzikálne procesy, ktoré v pôde prebiehajú. V súčasnom období je pôdny organický uhlík kľúčovým parametrom, na základe ktorého sa hodnotí kvalita pôdy (Brejda a kol., 2000). Vo všeobecnosti, každý pôdny typ v prirodzených podmienkach je pri dosiahnutí rovnovážneho stavu možné charakterizovať určitým intervalom obsahu POC. Tento rovnovážny stav môže byť narušený v dôsledku zmien vo využívaní pôdy, v hospodárení na pôde, respektíve v dôsledku klimatických zmien.

Jednou z možností zisťovania zmien obsahu pôdneho organického uhlíka je jeho monitoring, ktorý je súčasťou monitorovacích systémov a na rôznych úrovniach ho realizuje väčšina štátov európskej únie (Saby a kol., 2008). Na Slovensku sa zmeny v kvantitatívnych (POC, celkový dusík-Nt) ako aj kvalitatívnych (pomer uhlíka humínových a fulvo kyselín CHK/CFK, optický parameter Q46) parametrov POH v základnej monitorovacej sieti od roku 1993 monitorujú v 5 ročných monitorovacích intervaloch. Na vybraných kľúčových lokalitách sa obsah a kvalita POH monitoruje každoročne. Okrem základných kvalitatívnych parametrov POH (CHK/CFK, Q46) sa na kľúčových lokalitách všetkých pôdných typov izolujú humínové kyseliny (HK) a stanovuje sa ich kvalitatívne zloženie.

V súčasnosti sa v rámci EÚ veľký dôraz kladie na zachovanie vysokého obsahu POC prirodzených pôd ako sú lesné pôdy, rašeliniská, mokrade, vysokohorské pasienky, ktoré by mali byť chránené pred mineralizáciou. Naš monitoring je síce hlavne orientovaný na kultivované pôdy, ale ako základná sieť tak aj kľúčové lokality zahrňujú aj monitorovanie POH na časti prirodzených pôd (vysokohorské TTP). Ďalšia časť prirodzených pôd (lesné pôdy) je podchytená v lesnom monitoringu, ale zostáva tu ešte jedna skupina pôd (rašeliniská, mokrade), ktorým sa zatiaľ nevenovala pozornosť. Napriek pomerne malej ploche ich výskytu na Slovensku, uvedené lokality majú z hľadiska sequestrácie uhlíka nezastupiteľné miesto a z tohto dôvodu bude tejto skupine pôd venovaná náležitá pozornosť aj v našom monitorovacom systéme.

V predkladanej práci hodnotíme zmeny v množstve a kvalite POH pseudoglejov, hnedozemí, regozemí a na vysokohorských pôdach nad hornou hranicou lesa (podzoly, rankre, litozeme) v rámci základnej monitorovacej siete v časovom intervale 1993-2007. Zmeny POH sú uvedené aj na 4 kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme, regozeme a rankra v intervale 1994-2010 a detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín izolovaných z dvoch pseudoglejov, hnedozeme, regozeme a rankra na vybraných kľúčových lokalitách v priebehu monitorovacieho obdobia (1994-2009).

Osobitnou kapitolou tejto práce je základná charakteristika organickej hmoty dvoch typických predstaviteľov rozdielnych rašelinísk na Slovensku a to slatinového rašeliniska Belianske Lúky a vrchoviskového rašeliniska Suchá Hora.

Materiál a metódy

Monitorovacia sieť

V rámci základnej monitorovacej siete je hodnotenie pôdnej organickej hmoty realizované na orných pôdach (OP) a trvalých trávnych porastoch (TTP) týchto pôdnych skupín:

Podzoly, rankre a litozeme na kyslých substrátoch – vysokohorské polohy nad hornou hranicou lesa – PZ+RN+LI na TTP

Pseudogleje a luvizeme pseudoglejové na polygenetických sprašových hlinách – PG na OP

Pseudogleje na polygenetických sprašových hlinách – PG na TTP

Hnedozeme a hnedozeme pseudoglejové na sprašiach, resp. polygenetických hlinách-HM na OP

Regozeme na karbonátových viatych pieskoch – RM na OP

Regozeme na nekarbonátových viatych pieskoch – RMc na OP

V základnej monitorovacej sieti bol obsah pôdneho organického uhlíka – POC vo štvrtom monitorovacom cykle (rok odberu 2007) stanovený v hĺbkach: 0-10 a 35-45 cm. Obsah celkového dusíka Nt bol stanovený iba v hĺbke 0-10 cm. POC aj Nt boli stanovené suchou cestou na CN analyzátore (STN ISO 10694, 2001). V hĺbke 0-10 cm bolo stanovené aj frakčné zloženie humusu podľa Kononovej a Beľčikovej (Kobza, 1999). Na hodnotenie kvality humusu bol vybraný optický parameter - farebný kvocient Q46 (pomer absorbancií meraných v roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 465 a 650 nm). Obsah POC a Nt v orničnom horizonte ako aj základné kvalitatívne parametre humusu boli stanovené aj na piatich kľúčových lokalitách pseudogleja: Žiar nad Hronom, Koš, Jelšava, Liesek a Stakčín, na jednej kľúčovej lokalite hnedozeme – Malanta, regozeme – Moravský Ján a na vysokohorskej lokalite rankra - Chopok. Na dvoch kľúčových lokalitách pseudogleja: Liesek (332) a Stakčín (333) na hnedozemi (Malanta-334), regozemi (Moravský Ján-111) a rankri (Chopok-338) bola zrealizovaná aj izolácia humínových kyselín (HK) a stanovená detailná štruktúra HK na základe týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHN analýza), optický parameter E1%6, karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie ^{13}C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity - $\tilde{\square}$ Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v Záväzných metódach rozborov pôd (Kobza, 1999).

Odber vzoriek a pôdne analýzy na rašeliniskách

Po rekognoskácii terénu boli vybraté miesta odberu vzoriek tak, aby charakterizovali profil rašeliniska v jeho vnútri, pôdny profil medzi rašeliniskom a poľnohospodárskou pôdou a pôdny profil priľahlej poľnohospodárskej pôdy. Pri výbere lokalizácie sondy bol nápomocný rastlinný vegetačný kryt. Poľnohospodárska pôda mimo rašeliniska je v lokalite Suchá hora, ale aj v širšom okolí zastúpená pôdnym predstaviteľom pseudoglej modálny, zrnitostne piesočnatohlinitý až hlinitý, 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 modálna, zrnitostne hlinitá 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(morfologických) 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 vykopaní zaplnený bočnou vodou. Vzorky z podložia boli preto odobraté za pomoci pôdoznaleckého vrtáka.

V jednotlivých hĺbkach oboch rašelinísk sa sledoval obsah organického uhlíka (OC) a celkový dusík (Nt). Obsah organického uhlíka sa prepočítaval na organickú hmotu koeficientom 1,724.

Výsledky a diskusia

Hodnotenie súčasného stavu a vývojového trendu pseudoglejov, hnadozemí, regozemí a vysokohorských pôd základnej siete (porovnanie I. – IV. monitorovacieho cyklu, 1997-2007)

Pseudogleje vznikajú na zamokrených zväčša znížených plochách predovšetkým na strednom a východnom Slovensku a ich rozloha je okolo 7,6%. Patria medzi produkčné orné pôdy až menej produkčné trvalé trávne porasty (Bielek a kol., 1998). Priemerná koncentrácia pôdneho organického uhlíka v prvej hĺbke orných pôd PG je 1,45% (Tabuľka 1). Iba na troch z 37 sledovaných pseudoglejov na OP sa ich koncentrácia nachádzala pod 1%, čo je limitná hodnota POC pre tento pôdny typ. Hodnota POC na trvalých trávnych porastoch tohto pôdneho typu je podstatne vyššia a dosahuje hodnotu 2,96% (Tabuľka 1), teda dvojnásobok hodnoty POC na orných pôdach. Uvedené konštatovanie je v súlade s literatúrnymi údajmi, nakoľko pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov, 2000). Guo a Gifford (2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles POC až 59 %, čo je v súlade s našimi hodnotami, nakoľko hodnota POC u pseudoglejoch na OP predstavuje iba 49% z hodnoty POC tohto pôdneho typu na TTP.

Tab. 1 Hodnoty POC (%) vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	Xmin	Xmax	X
PZ+RN+LI TTP: Podzoly, rankre podzolové a litozeme	TTP	0-10	5,7	23,1	13,1
		35-45	1,6	7,5	4,5
PG+LM TTP: Pseudogleje a Luvizeme	TTP	0-10	1,4	4,0	2,96
		35-45	0,15	0,76	0,42
PG+LM OP: Pseudogleje a Luvizeme	OP	0-10	0,66	3,0	1,45
		35-45	0,22	1,97	0,59
HM OP: Hnadozeme	OP	0-10	0,7	1,95	1,4
		35-45	0,5	1,24	0,64
RMc OP: Regozeme na karbonátových pieskoch	OP	0-10	0,62	1,81	1,14
		35-45	0,07	0,45	0,26
RM OP: Regozeme na nekarbonátových pieskoch	OP	0-10	0,58	0,99	0,81
		35-45	0,13	0,37	0,21

Ako je zrejmé z hodnôt v tabuľke 1, rozdiel POC v podorničnom horizonte medzi OP a TTP pseudoglejov je zanedbateľný. Je potrebné tiež poznamenať, že predovšetkým v prípade TTP je hodnota POC v podorničnom horizonte pseudoglejov 7 x nižšia ako v ornici a o niečo nižšia v porovnaní s OP (Tab. 1).

Jednými z najviac využívaných pôd v poľnohospodárskej výrobe na Slovensku sú hnadozeme. Ich produkčný potenciál sa pohybuje v rozpätí 34-90 bodov a predovšetkým orné

pôdy sú vysoko produkčné. Po čierniciach a černozeiach sú našimi najúrodnejšími pôdami, ich celková výmera na Slovensku je takmer 13% a nachádzajú sa predovšetkým v západnej časti našej krajiny (Bielek a kol., 1998). Priemerná hodnota POC hnedozemí v orničnom horizonte je podobná ako v prípade pseudoglejov na OP (Tabuľka 1). Koncentrácia pôdneho organického uhlíka v podorničnom horizonte je podstatne nižšia v porovnaní s POC v ornici, ale zo všetkým uvádzaných poľnohospodársky využívaných pôd, je podorničná hodnota POC hnedozemí najvyššia (Tab. 1).

Regozeme patria medzi málo úrodné pôdy, ktorých bodová hodnota sa pohybuje v rozpätí 40-45 bodov. Ich zastúpenie medzi poľnohospodársky využívanými pôdami je veľmi nízke, zaberajú iba 2,6% (Bielek a kol., 1998). Nakoľko sú to pôdy so slabou akumuláciou humusu koncentrácia POC predovšetkým v prípade regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch je veľmi nízka. Spomedzi všetkých sledovaných pôdnych skupín koncentrácia POC tohto pôdneho typu sa dlhodobo drží na veľmi nízkej úrovni (Barančíková, 2009). V súčasnosti priemerná hodnota POC regozemí na nekarbonátových viatych pieskoch je 0,81% (Tabuľka 1). Na všetkých sledovaných lokalitách tejto pôdnej skupiny hodnota POC nedosiahla limitnú hodnotu orných pôd, ktorou je 1% POC. Priemerná hodnota POC regozemí na karbonátových pieskoch je o niečo vyššia 1,14%, čo nepatrne presahuje limitnú hodnotu tohto pôdneho parametra pre orné pôdy. Podobne ako v prípade orničného horizontu, aj v podorničnom horizonte je koncentrácia POC regozemí na nekarbonátových pieskoch extrémne nízka (Tab. 1).

Podzoly, rankre a litozeme z hľadiska typologicko-produkčnej kategórie sú nevhodné pre agrosystémy (Bielek a kol., 1998). Uvedené pôdne typy sú predovšetkým lesné pôdy a v rámci základne monitorovacej siete sú ich odberové miesta lokalizované vo vysokohorských polohách nad hornou hranicou lesa. Priemerná hodnota POC tejto pôdnej skupiny je veľmi vysoká, je však potrebné povedať, že z hľadiska koncentrácie POC je to extrémne heterogénna pôdna skupina, ktorej rozsah POC sa pohybuje v rozpätí 5,7-23,1% (Tab. 1).

Pôdna organická hmota je najväčšou zásobárňou živín. POH obsahuje viac ako 95% jedného z najdôležitejších biogénnych prvkov dusíka, z celkového množstva dusíka v pôdnom prostredí (Baldock a Nelson, 1999). V súlade s týmto konštatovaním hodnoty celkového dusíka sú v úzkej korelácii s hodnotami pôdneho organického uhlíka, čo vyjadruje významná lineárna korelácia vypočítaná medzi priemernými hodnotami N_t a POC hodnotených pôdnych skupín ($r=0,99$ pre $n=6$). Z uvedeného vyplýva, že najvyššia priemerná hodnota celkového dusíka bola zistená v prípade vysokohorských pôd nad hornou hranicou lesa, podzolov, rankrov a litozemí a najnižšia v prípade regozemí na nekarbonátových pieskoch (Tab. 2). Podobne ako u pôdneho organického uhlíka, hodnota celkového dusíka je v prípade rovnakého pôdneho typu vyššia na trvalých trávnych porastoch a nižšia na orných pôdach (Tab. 2).

Tab. 2 Hodnoty Nt (mg/kg) a C/N vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	N			C/N		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
PZ+RN+LI	TTP	0-10	3710	14140	8650	12	19.77	15.04
PG+LM	TTP	0-10	1620	4010	2800	8.62	17.12	10.73
PG+LM OP	OP	0-10	1431	3693	1934	7.78	10.3	8.59
HM OP	OP	0-10	1140	3150	1659	6.12	9.79	8.35
RMc OP	OP	0-10	760	1550	1170	8.21	11.52	9.56
RM OP	OP	0-10	590	930	800	9.83	10.65	10.11

Jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu je pomer pôdneho organického uhlíka a celkového dusíka (C/N), ktorým sa hodnotí zásobenosť pôdnej organickej hmoty dusíkom (Sotáková, 1982). Čím je hodnota C/N nižšia, tým je zásobenosť POH dusíkom vyššia. Ako je možné vidieť v tabuľke 2, najvyššia hodnota pomeru C/N, charakterizujúca veľmi nízku zásobu dusíka je v pôdnej organickej hmote podzolov, rankrov a litozemí nad hornou hranicou lesa. Najvyššou zásobou dusíka v POH disponujú orné pôdy hnedozemí a pseudoglejov (Tab. 2). Z hodnôt C/N v tabuľke 2 ďalej vyplýva, že v prípade rovnakého pôdneho typu, disponujú vyššou zásobou dusíka orné pôdy, zásobenosť POH dusíkom u trvalých trávnych porastoch toho istého pôdneho typu je nižšia.

V dôsledku intenzívneho obrábania orných pôd dochádza k značnej mineralizácii pôdneho organického uhlíka a rozdiely v hodnotách POC medzi rozdielnymi pôdnymi typmi sa stierajú. Väčšie rozdiely medzi pôdnymi typmi u orných pôd je možné nájsť v prípade kvalitatívnych parametrov POH, ktoré vo väčšej miere ako hodnoty pôdneho organického uhlíka odrážajú genézu pôdneho typu. Jedným zo základných kvalitatívnych parametrov pôdneho humusu je pomer uhlíka humínových a fulvo kyselín CHK/CFK. Čím je hodnota tohto parametra vyššia, tým je vyššia aj kvalita pôdnej organickej hmoty. Kvalitný humus je charakteristický prevládáním humínových kyselín nad fulvokyselinami, teda hodnota $CHK/CFK > 1$. Kvalitatívne parametre POH v tomto cykle boli zatiaľ sledované iba na pseudoglejoch a hnedozemiach. Ako je možné vidieť z hodnôt v tabuľke 3, najvyššia hodnota pomeru CHK/CFK bola zistená v prípade hnedozemí, avšak aj na tomto pôdnom type prevládajú labilnejšie fulvokyseliny nad stálejšími humínovými kyselinami. Na orných pôdach pseudoglejov a luvizemí bola zistená nižšia hodnota tohto parametra ako u hnedozemí, ale pri porovnaní OP a TTP pseudoglejov vidíme, že hodnota pomeru CHK/CFK je vyššia na orných pôdach v porovnaní s TTP (Tab. 3)

Tab. 3. Hodnoty pomeru CHK/FK a optického parametra Q46 vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

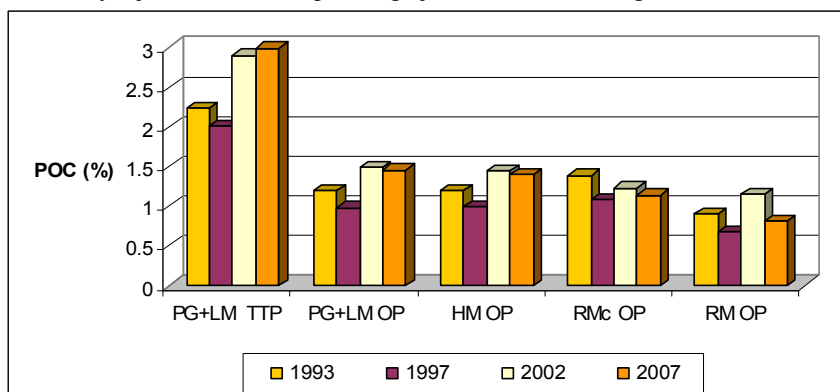
pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	CHK/FK			Q46		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
PG+LM	TTP	0-10	0.29	0.74	0.44	5.62	7.28	6.46
PG+LM OP	OP	0-10	0.25	0.95	0.52	4.18	7.45	5.67
HM OP	OP	0-10	0.38	1.25	0.83	4.00	6.83	5.14

Ďalším dôležitým kvalitatívnym parametrom POH je optický parameter Q46, ktorý vyjadruje pomer absorpcií meraných v roztoku humínových kyselín pri vlnových dĺžkach 465 a 650 nm. Na základe uvedeného parametra môžeme v hrubých rysoch posúdiť stálosť, resp. stupeň zrelosti pôdnej organickej hmoty. Čím je tento parameter nižší, tým viac v pôdnej organickej hmote prevládajú stálejšie aromatické štruktúry. Ako vidíme z hodnôt v tabuľke 3, hnedozeme disponujú nižšou hodnotou tohto parametra ako orné pôdy pseudoglejov, teda POH hnedozemí je v porovnaní so pseudoglejmi stálejšia. Je však potrebné poznamenať, že v porovnaní s ostatnými pôdnymi typmi, predovšetkým čiernic a černozezí je hodnota Q46 hnedozemí pomerne vysoká z čoho vyplýva, že čiernice a černozeze majú vyzretejšiu a stálejšiu pôdnu organickú hmotu ako hnedozeme (Barančíková, 2009). Hodnoty optického parametra sú v prípade TTP toho istého pôdneho typu (pseudoglejov) vyššie ako na orných pôdach (Tab. 3). Na základe nameraných hodnôt oboch kvalitatívnych parametrov je zrejmé, že vyzretejším a stálejším humusom disponujú hnedozeme v porovnaní so pseudoglejmi.

Počas 15 ročného monitorovacieho obdobia boli pri kvantitatívnych i kvalitatívnych parametroch zistené určité zmeny. Ako je možné vidieť na obr. 1, najnižšie hodnoty pôdneho organického uhlíka boli zistené v druhom monitorovacom cykle, v roku 1997.

Príčin poklesu obsahu organického uhlíka môže byť viacero, napr. intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Schnitzer a kol. 2006), hlboká orba (Dou a Hons, 2006), nesprávny oševný postup (Machado a kol. 2006) resp. nedostatočný prísun kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol. 2000). V slovenskom poľnohospodárstve došlo po roku 1989 k pomerne prudkému znižovaniu produkcie maštalného hnoja a úroveň hospodárenia s pôdnou organickou hmotou bola obmedzovaná aj poklesom úrod poľnohospodárskych plodín a s tým súvisiacim nižším prísunom rastlinných zvyškov do pôdy (Jurčová, 1996).

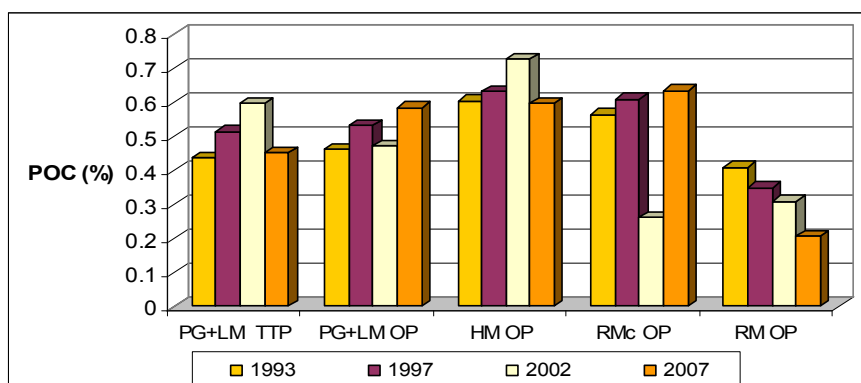
Obr. 1 Vývoj POC v ornici pseudoglejov, hnedozemí a regozemí v monitorovacom období 1993 – 2007



V ďalších sledovaných obdobiach hodnoty POC na pseudoglejoch a hnedozemiach vzrástli, avšak v prípade regozemí môžeme pozorovať určitý klesajúci trend v množstve pôdneho organického uhlíka (Obr. 1). Postupné znižovanie koncentrácie POC je alarmujúce predovšetkým v prípade regozemí na nekarbonátových pieskoch, kde hodnoty POC okrem tretieho monitorovacieho cyklu sa pohybujú pod limitnou hodnotou, ktorá je doporučená pre orné pôdy.

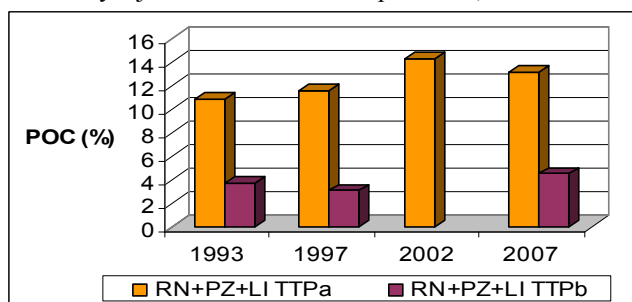
V podorničnom horizonte na pseudoglejoch, hnedozemiach i regozemiach na karbonátových sedimentoch majú hodnoty pôdneho organického uhlíka kolísavý trend. Negatívne hodnotíme dlhodobý postupný pokles pôdneho organického uhlíka v podorničnom horizonte predovšetkým u regozemí na nekarbonátových pieskoch (Obr. 2)

Obr. 2 Vývoj POC v podorničnom horizonte pseudoglejov, hnedozemí a regozemí v monitorovacom období 1993 – 2007



Postupný nepatrný nárast hodnôt POC bol zaznamenaný v ornici podzolov, rankrov a litozemí v období rokov 1993-2002. V zatiaľ poslednom odbere bol zistený slabý pokles tohto parametra (Obr.3). V prípade podorničného horizontu, bola najvyššia hodnota POC zaznamenaná v poslednom monitorovacom cykle (Obr.3). Ako už bolo vyššie spomenuté pre uvedené pôdne typy je charakteristická vysoká priestorová variabilita v hodnotách pôdneho organického uhlíka, ktorá môže ovplyvňovať aj časovú variabilitu v hodnotách POC na týchto pôdnych typoch.

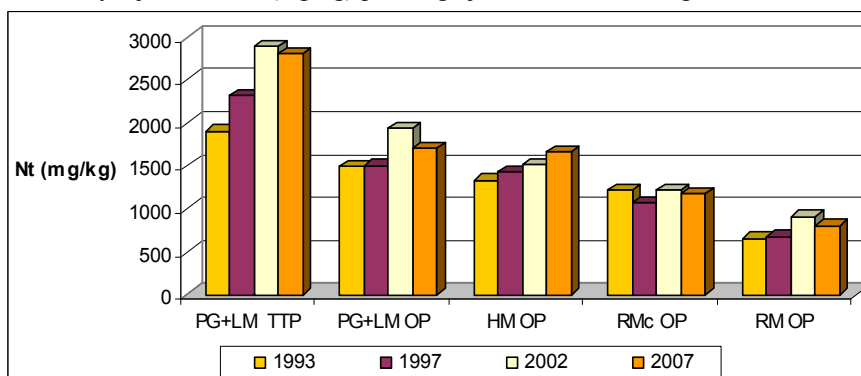
Obr. 3 Vývoj POC v I. a III. hĺbke podzolov, rankrov a litozemí.



I. hĺbka , b - II-hĺbka

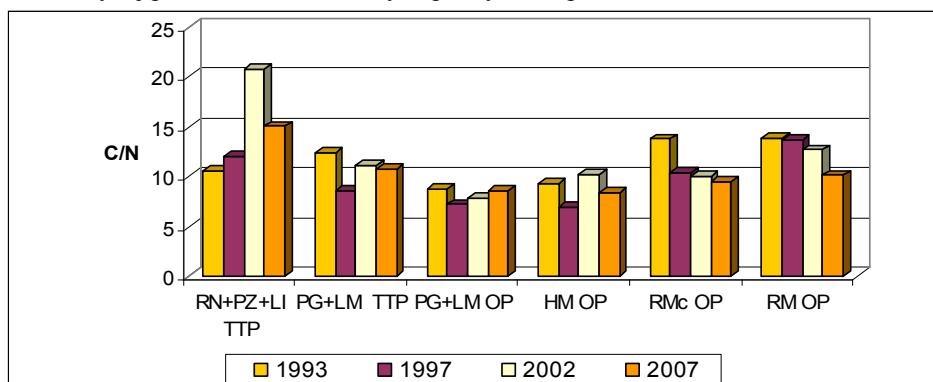
Vývoj obsahu celkového dusíka má podobne ako v prípade POC kolísavý charakter. Postupný nárast hodnôt Nt môžeme pozorovať na pseudoglejoch na TTP a veľmi slabý rastúci trend je badateľný aj v prípade hnedozemí na OP (Obr. 4). Podobne ako v prípade POC najnižšie hodnoty Nt sa dlhodobo udržujú na regozemiach na nekarbonátových pieskoch (Obr. 4).

Obr. 4 Vývoj obsahu Nt (mg/kg) pseudoglejov, hnedozemí a regozemí v monitorovacom období 1993 – 2007



Najvyššie hodnoty C/N, teda najnižšia zásobenosť POH dusíkom je charakteristická pre podzoly, rankre a litozeme na TTP predovšetkým v posledných dvoch monitorovacích obdobiach (obr. 5). Hodnoty C/N vyššie ako 10 sa dlhodobo udržuujú na TTP pseudoglejoch a OP regozemí na nekarbonátových pieskoch (Obr.5). V prípade regozemí je viditeľný aj nepatrný postupný pokles tohto parametra. Dlhodobo sa pomer C/N udrzuje pod hodnotou 10 v prípade orných pôd pseudoglejov a hnedozemí (Obr.5).

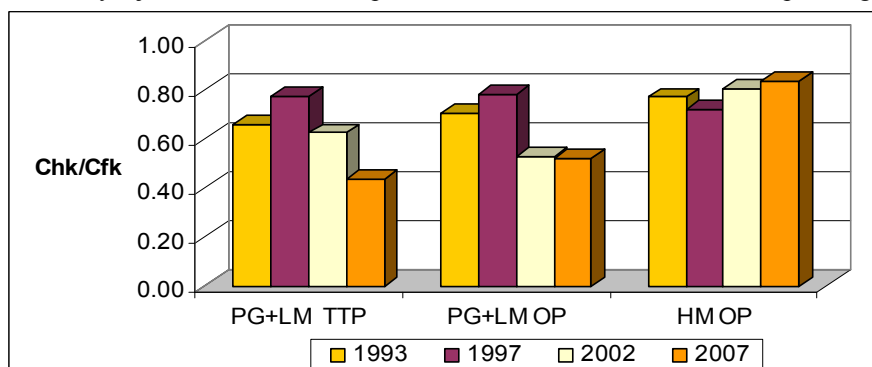
Obr. 5 Vývoj pomeru C/N sledovaných pôdných skupín v monitorovacom období 1993 – 2007



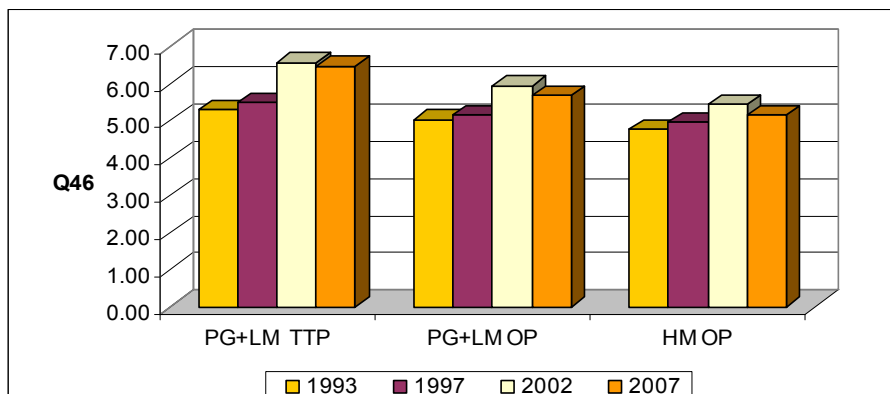
Hodnoty kvalitatívneho parametra CHK/FK na pseudoglejoch v druhej polovici monitorovacieho obdobia sa značne znížili, v prípade hnedozemí je tento parameter pomerne stály a jeho zmeny sú minimálne (Obr. 6).

Presne opačný trend ako v prípade pomeru uhlíka HK a FK bol zaznamenaný vo vývoji optického parametra Q46. Na pseudoglejoch hodnoty tohto parametra v druhej polovici monitorovacieho obdobia stúpili, na hnedozemiach má tento parameter ustálený charakter počas celého monitorovacieho obdobia (Obr. 7). Zmeny v oboch kvalitatívnych parametroch (pokles CHK/FK a nárast Q46) na pseudoglejoch v priebehu monitorovacieho obdobia vzájomne súvisia a poukazujú na zlabilnenie štruktúr POH. Hodnoty oboch kvalitatívnych parametrov hnedozemí boli v priebehu celého monitorovacieho obdobia bez výraznejších zmien, teda kvalita POH na tomto pôdnom type sa v sledovanom období výraznejšie nezmenila.

Obr. 6 Vývoj hodnôt CHK/FK v priebehu monitorovacieho obdobia na pseudoglejoch a hnedozemiach



Obr. 7 Vývoj hodnôt Q46 v priebehu monitorovacieho obdobia na pseudoglejoch a hnedozemiach

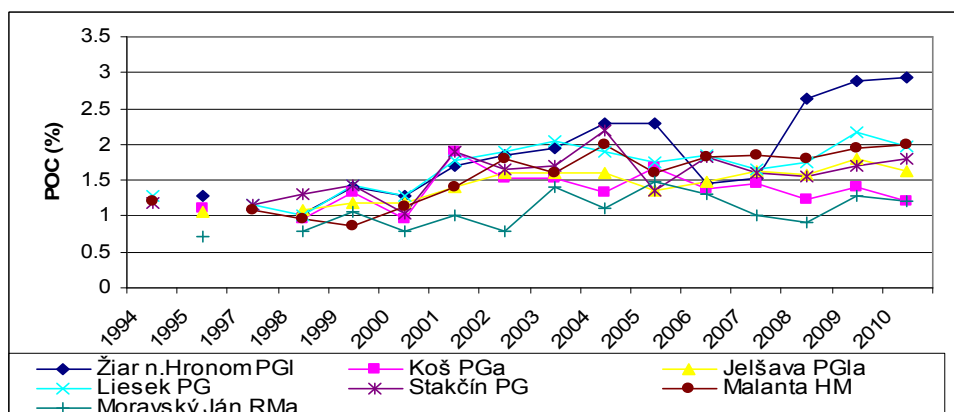


Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme, regozeme a rankra (1994-2010)

V rámci kľúčových lokalít sa nachádza päť lokalít pseudoglejov: Žiar nad Hronom, Koš, Jelšava, Liesek a Stakčín, jedna lokalita hnedozeme – Malanta, regozeme – Moravský Ján a rankra – Chopok. Nakoľko na rankri sú hodnoty POC a Nt v porovnaní s ostatnými hodnotenými pôdnymi typmi veľmi vysoké, hodnoty POH tejto lokality uvádzame v tabuľke 4, zmeny parametrov POH na ostatných kľúčových lokalitách v grafoch.

Všetky hodnotené kľúčové lokality uvedené na obr. 8 boli na začiatku monitorovacieho obdobia orné pôdy. V posledných približne 10 rokov sa niektoré z nich (Žiar nad Hronom, Liesek a Moravský Ján) zatravnili. Uvedená skutočnosť sa odzrkadlila vo zvýšení pôdneho organického uhlíka predovšetkým na lokalite Žiar nad Hronom. Na tejto lokalite sme v posledných troch rokoch zaznamenali pomerne prudké zvýšenie POC (Obr. 8). Na ostatných sledovaných lokalitách sa hodnoty POC pohybujú v rozpätí 1-2 %, čo je charakteristická hodnota POC pre orné pôdy. V priebehu monitorovacieho obdobia majú hodnoty tohto parametra kolísavú tendenciu. Mierny nárast POC v poslednom období okrem lokality Žiar nad Hronom je viditeľný aj na lokalite, Liesek čo zrejme súvisí so zmenou OP na TTP (obr.8). Najnižšia hodnota POC bola v priebehu celého monitorovacieho obdobia zaznamenaná na regozemi (lokalita Moravský Ján), čo je typické pre tento pôdny typ ako bolo uvedené pri hodnotení jednotlivých pôdnych typov základnej monitorovacej siete. Napriek tomu, že táto lokalita poslednom období nie je využívaná ako orná pôda, podstatné zvýšenie pôdneho organického uhlíka na nej zaznamenané nebolo (Obr. 8). Hodnoty POC na rankri sú extrémne vysoké s výraznou variabilitou (Tab. 4).

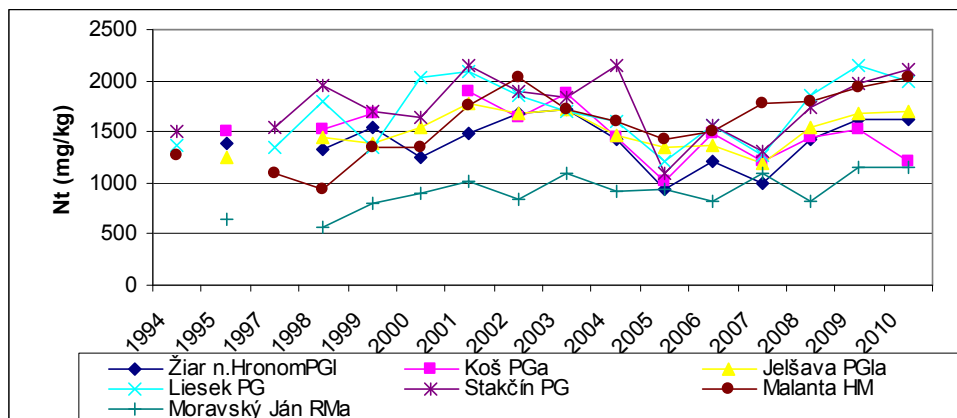
Obr. 8 Vývoj POC na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme a regozeme v monitorovacom období 1994 – 2010



Tab. 4 Hodnoty základných parametrov POH na rankri (lokalita Chopok)

	POC (%)	CHK/CFK	Q46	Nt (mg/kg)	C/N
RN/1998	8.51	0.49	5.39	7521	11.31
RN/1999	8.85	0.72	5.56	8869	9.98
RN/2000	13	0.66	6.29	11676	11.13
RN/2001	25.06			12699	19.73
RN/2002	21.7	0.78	6.4	11897	18.24
RN/2007	11.2	0.67	6.75	7692	14.50

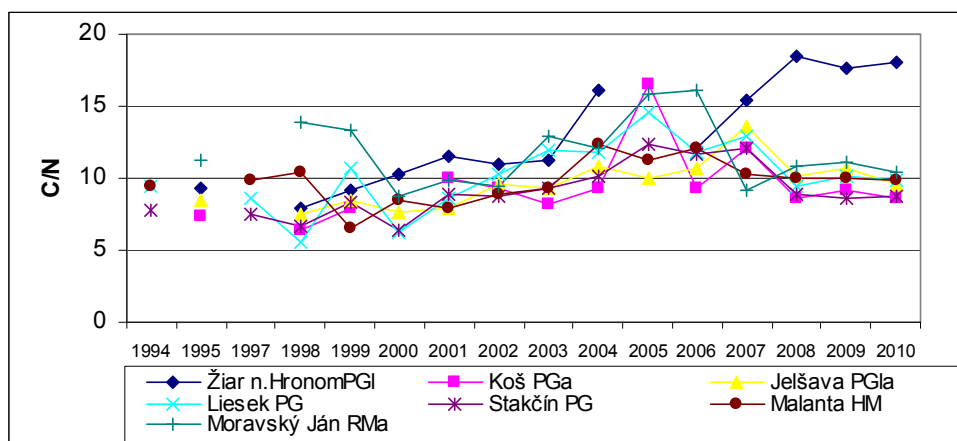
Zmeny v hodnotách celkového dusíka sú v súlade so zmenami POC, čo potvrdzuje vysoká hodnota korelačného koeficientu zistená medzi hodnotami POC a Nt ($r=0,93^{**}$, $n=106$) všetkých sledovaných kľúčových lokalít v priebehu celého monitorovacieho obdobia. V súlade s hodnotami POC, najnižšie hodnoty Nt boli v priebehu celého monitorovacieho obdobia zistené na regozemi (Obr. 9). Podobne ako v prípade POC hodnoty Nt majú kolísavý charakter. Postupný nárast celkového dusíka je v poslednom období badateľný predovšetkým na pseudoglejoch (Liesek, Stakčín) a hnedozemi (Malanta) (Obr. 9).

Obr. 9 Vývoj Nt (mg/kg) na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme a regozeme v monitorovacom období 1994 – 2010

Aj na rankri lokality Chopok, najvyššie hodnoty Nt boli zaznamenané pri najvyšších hodnotách POC (Obr. 4).

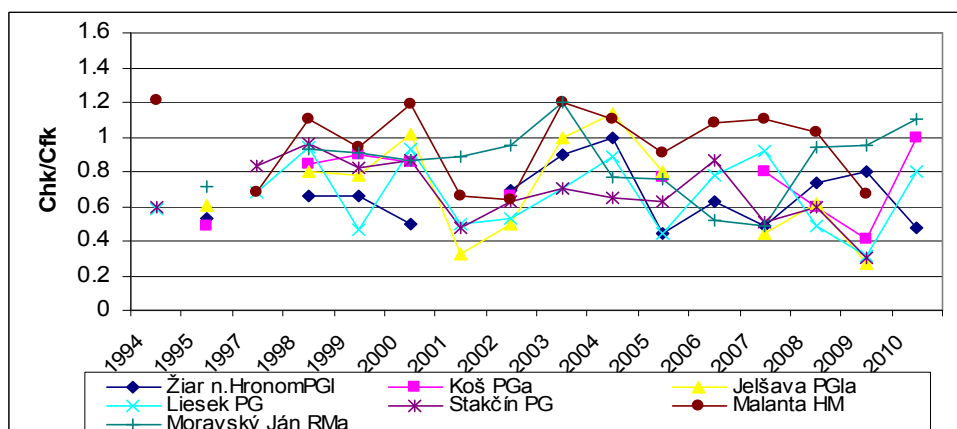
Zásobenosť POH dusíkom na väčšine sledovaných lokalít, nakoľko sa jedná o orné pôdy, predovšetkým na začiatku a konci monitorovacieho obdobia je dobrá až stredná ($C/N=6-11$), avšak na lokalite Žiar nad Hronom, ktorá je v posledných 10 rokoch TTP, a na ktorej bolo v poslednom období zaznamenané aj zvýšenie POC bolo zistené zvýšenie tohto parametra, teda extrémne nízka zásoba dusíka (Obr. 10). Vysoké hodnoty C/N predovšetkým v poslednom období, charakterizujúce nízku zásobu Nt v POH boli namerané aj na rankri (Tab. 4).

Obr. 10 Vývoj parametra C/N na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme a regozeme v monitorovacom období 1994 – 2010



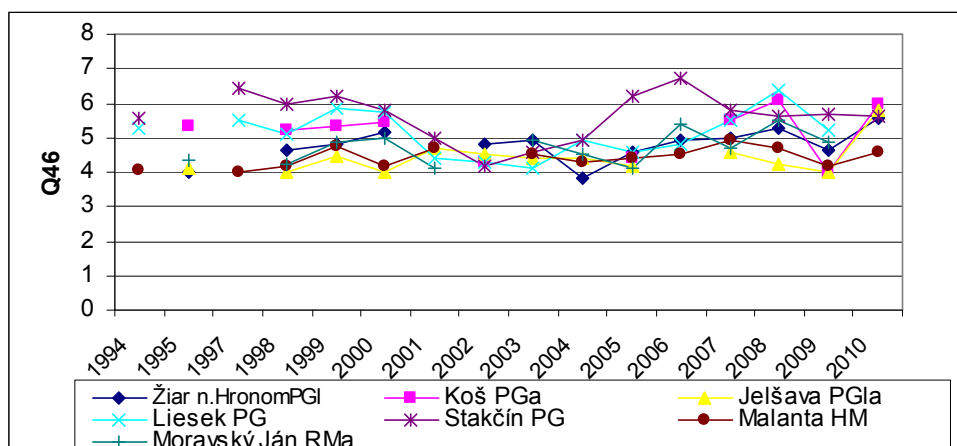
Hodnoty kvalitatívneho parametra CHK/CFK sú na väčšine kľúčových lokalít v priebehu celého monitorovacieho obdobia nižšie ako jedna (Obr. 11). Prevládanie fulvo kyselín nad humínovými kyselinami je charakteristické pre pseudogleje, teda aj pre 5 sledovaných kľúčových lokalít PG, podobne ako pre rankre (Tabuľka 4). Hodnoty CHK/CFK vyššie ako jedna, teda prevládanie HK nad FK boli zaznamenané iba na lokalite Malanta (hnedozem) a v niektorých rokoch aj na regozemi (Moravský Ján). Priemerné hodnoty tohto parametra v priebehu celého monitorovacieho obdobia sú podstatne vyššie ako na pseudoglejoch a pohybujú sa 0,97 na hnedozemi a 0,86 na regozemi. V priebehu monitoringu mali hodnoty tohto kvalitatívneho parametra značne kolísavý charakter.

Obr. 11 Vývoj parametra CHK/CFK na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme a regozeme v monitorovacom období 1994 – 2010



Hodnoty ďalšieho kvalitatívneho parametra POH, optického parametra Q46 sa v priebehu monitorovacieho obdobia pohybujú v rozpätí 4-6. Najnižšie hodnoty tohto parametra boli zaznamenané v prípade hnedozeme a čiastočne aj regozeme, čo charakterizuje stabilnejšiu POH na týchto lokalitách ako v prípade pseudoglejov, ktorých hodnoty sú podstatne vyššie (Obr. 12). Vysoké hodnoty Q46 boli v priebehu celého monitorovacieho obdobia zaznamenané aj na sledovanom rankri (Tab. 4). V priebehu monitorovacieho obdobia mali optické hodnoty, podobne ako ostatné sledované parametre, značne kolísavý trend (Obr. 11, Tab. 4)

Obr. 12 Vývoj optického parametra Q46 na kľúčových lokalitách pseudoglejov, hnedozeme a regozeme v monitorovacom období 1994 – 2010



Vysoké hodnoty optického parametra a nízke hodnoty pomeru uhlíka HK a FK sú charakteristické pre značne labilnú a málo vyzretú POH pseudoglejov a rankrov. Nižšie hodnoty Q46 a vyššie hodnoty CHK/CFK sú typické pre stálejšiu a kvalitnejšiu POH hnedozeme a regozeme.

Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách pseudoglejov na lokalitách Liesek (332) a Stakčín (333), hnedozeme Malanta (334), regozeme Moravský Ján (111) a rankra na Chopku (338) v priebehu rokov 1994-2009

V dôsledku nízkych hodnôt v množstve pôdneho organického uhlíka predovšetkým na orných pôdach vzrastá úloha kvality POH, ktorá môže pri viacerých procesoch (inaktivácia kontaminantov, transformácia organických polutantov) zohrávať dôležitejšiu úlohu ako jej celkové množstvo. Najvýznamnejšie miesto medzi frakciami humusu majú humínové kyseliny. Pre poznanie úlohy kvality POH v pôdnych procesoch je vhodné izolovať humínové kyseliny a monitorovaním ich základných chemických parametrov sledovať humifikačné, resp. mineralizačné trendy POH. Z uvedeného dôvodu sa na vybraných kľúčových lokalitách v trojročných monitorovacích cykloch izolujú HK a zmeny ich chemickej štruktúry sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-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. Ako je zrejmé z tabuľky 5 najnižšími hodnotami uhlíka a najvyššími hodnotami vodíka, teda najmenej kvalitnou POH disponujú rankre. O niečo vyššie hodnoty C a nižšie hodnoty N boli zistené u pseudoglejov a regozeme a relatívne najvyššou hodnotou uhlíka a najnižšou hodnotou dusíka zo sledovaných lokalít disponujú hnedozeme na Malante (Tab. 5). Je potrebné poznamenať, že v porovnaní s elementárnym zložením čiernic a černozemí (Barančíková, 2009) je kvalita POH na týchto pôdnych typoch podstatne nižšia. V priebehu monitorovacieho obdobia sa hodnoty elementárneho zloženia menili veľmi málo.

Tab. 4 Vývoj hodnôt základných parametrov chemickej štruktúry humínových kyselín pseudoglejov, hnedozeme, regozeme a rankera

lokalita/rok	C	H	Car	alfa	E1%6	COOH
332/94	41.58	40.09	34.05	40.48	13.66	2.78
332/97	40.98	40.61	34.35	43.25	13.00	2.98
332/00	40.44	39.82	33.02	42.10	14.00	2.91
332/03	42.20	38.53	35.10	43.70	16.90	3.29
332/06	39.39	40.64	31.67	38.01	18.60	2.87
332/09	40.07	39.61	36.69	43.38	19.27	3.05
333/94	39.67	42.30	33.48	41.12	7.00	2.41
333/97	39.83	41.33	35.39	41.01	7.00	2.21
333/00	38.43	41.03	33.05	42.00	11.00	2.88
333/03	41.72	38.65	33.03	41.60	8.50	2.72
333/06	39.76	40.13	32.31	37.40	14.20	2.63
333/09	41.54	39.34	32.98	36.67	13.10	2.56
334/94	43.41	36.16	33.28	50.09	13.76	2.38
334/97	40.55	39.31	41.24	50.09	9.50	2.98
334/00	41.31	38.80	33.95	43.10	14.00	3.23
334/03	43.76	35.58	37.99	47.30	16.80	2.99
334/06	39.91	39.43	34.89	40.60	18.70	2.94
334/09	42.76	38.30	41.39	46.72	17.28	3.22
111/95	42.60	37.25	38.60	48.03	22.00	3.62
111/98	41.70	38.30	39.00	46.14	21.00	3.42
111/01	42.14	36.96	34.90	42.90	13.00	2.36
111/04	40.30	40.10	38.96	48.63	14.30	
111/07	42.56	36.36	30.12	35.70	22.60	2.25
338/95	38.70	42.56	26.80	34.42	13.50	2.76
338/98	36.92	43.75	24.57	32.38	10.80	2.19
338/01	39.79	40.36	30.70	41.40	17.00	2.75

C, H - hodnoty uhlíka a vodíka elementárnej analýzy v atómových %

Car - % aromatického uhlíka

□ - stupeň aromaticity (%)

E1%6 - extincia nameraná v 1% roztoku HK pri vlnovej dĺžke 600 nm

COOH – karboxylová kyslosť (meq /1g HK)

Ďalším dôležitým parametrom pri hodnotení kvality humínových kyselín je optický parameter E1%6, ktorý reprezentuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter E1%6 Kumada nazýva stupeň humifikácie (Kumada, 1987). Nízke hodnoty E1%6 indikujú slabo humifikovateľnú pôdnu organickú hmotu. Veľmi nízke hodnoty tohto parametra boli namerané na začiatku monitorovacieho obdobia na HK pseudogleja Stakčín, ďalšie hodnoty tohto parametra boli vyššie. Podstatný rozdiel medzi hodnotami E1%6 a ďalším dôležitým parametrom kvality HK, množstvom karboxylových skupín, medzi sledovanými lokalitami nebol zistený (Tabuľka 4). Uvedené hodnoty optického parametra i COOH sú nízke a indikujú menej kvalitnú POH. Na porovnanie, hodnoty E1%6 černoze sa pohybujú nad 30 a COOH okolo hodnoty 5 meq/1 g HK (Barančíková, 2009).

Veľkým prínosom pri štúdiu štruktúry humínových kyselín je stanovenie spektier nukleárna magnetická rezonancia uhlíka ¹³C, ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (Mathers a kol. 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 $\square$. Na sledovaných lokalitách najnižšie hodnoty aromatického uhlíka a teda aj najnižší stupeň aromaticity, charakterizujúci vyzretosť humínových kyselín bol stanovený na rankri. Vyššími hodnotami parametrov ^{13}C NMR spektier disponujú pseudogleje a relatívne najvyššie hodnoty stupňa aromaticity boli stanovené na začiatku monitorovacieho obdobia na hnedozemi a regozemi (Tab. 5). V priebehu monitorovacieho obdobia bolo zaznamenané postupné znižovanie stupňa aromaticity predovšetkým na pseudogleji na lokalite Stakčín (333), hnedozemi (334) a regozemi (111) (Tab. 5). Postupné znižovanie hodnoty $\square$, ktorá charakterizuje vyzretosť HK môže indikovať postupné zlabilnenie štruktúr pôdnej organickej hmoty na týchto lokalitách.

Hodnotenie množstva a kvality pôdnej organickej hmoty v období 1993-2010

V rámci základnej monitorovacej siete hodnotíme v tejto práci zmeny v množstve a kvalite POH na pseudoglejoch, hnedozemiach, regozemiach a pôdach vysokohorských polôh (rankre, podzoly a litozeme).

Spomedzi všetkých hodnotených pôdnych typov najnižšie hodnoty pôdneho organického uhlíka sú charakteristické pre regozeme, predovšetkým na nekarbonátových viatych pieskoch. V prípade tejto pôdnej skupiny hodnoty POC v priebehu monitorovacieho obdobia sú dlhodobo nižšie ako limitná hodnota POC pre orné pôdy 1%. Hodnoty orných pôd ostatných pôdnych typov v priebehu monitoringu kolíšu v rozmedzí 1-1,5%, čo je charakteristické pre intenzívne využívané orné pôdy. Hodnoty POC na TTP v rámci rovnakého pôdneho typu sú vyššie ako na OP. Najvyššie hodnoty POC boli zaznamenané na vysokohorských pôdach rankrov, podzolov a litozemí.

Zmeny v hodnotách celkového dusíka boli minimálne, postupný veľmi mierny nárast tohto parametra môžeme pozorovať na hnedozemiach.

Najvyššie hodnoty kvalitatívneho parametra CHK/CFK boli zaznamenané na hnedozemiach, ktoré sa udržiavajú na relatívne rovnakej úrovni v priebehu celého monitorovacieho obdobia. Podstatne nižšie hodnoty tohto parametra predovšetkým v posledných monitorovacích obdobiach boli zaznamenané na pseudoglejoch. Zmeny v hodnotách ďalšieho kvalitatívneho parametra Q46 v prípade hnedozemí podobne ako hodnotách CHK/CFK boli v priebehu monitoringu minimálne. Postupný nárast hodnôt tohto parametra v priebehu sledovaného obdobia bol zistený na pseudoglejoch. Na základe zmien v kvalitatívnych parametroch môže konštatovať postupné zlabilňovanie pôdnej organickej hmoty predovšetkým na pseudoglejoch.

Hodnoty obsahu a predovšetkým kvality POH sledované na vybraných kľúčových lokalitách pseudoglejov, rankra, hnedozeme a regozeme sa nachádzajú v intervaloch pre daný pôdny typ a v priebehu monitorovacieho obdobia mali značne kolísavý charakter.

Podobne aj hodnoty chemickej štruktúry humínových kyselín sú úzko späté s pôdnym typom. Aj zmeny v týchto parametroch mali značne kolísavý charakter, ale v poslednom období sú badateľné určité trendy (znižovanie stupňa aromatizácie) predovšetkým na hnedozemi, regozemi a pseudogleji na lokalite Stakčín, ktoré môžu indikovať zlabilnenie štruktúry HK

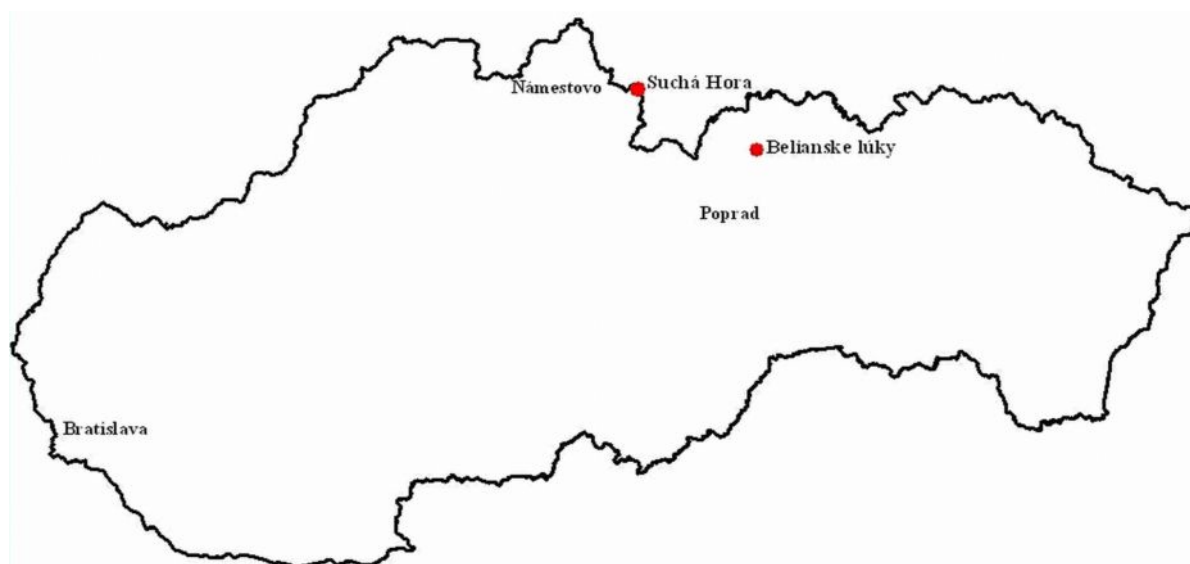
Porovnanie chemických parametrov dvoch vybraných rašelinísk na Slovensku

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). Napriek tomu, že rašeliniská na Slovensku nezaberajú veľkú plochu, celkový počet rašelinísk sa odhaduje na 25 963 ha (Michalko a kol., 1986), ich význam z hľadiska ekologických funkcií ďaleko presahuje ich reálnu rozlohu. Najvýznamnejšie kritérium na rozdelenie rašelinísk je spôsob ich vyživovania, ktorý môže byť ombotrofný alebo minerotrofný. Ombotrofné rašeliniská sú zásobované iba zrážkovou vodou, ktorá vytvára mokraďové podmienky a je zdrojom živín. Takéto rašeliniská nazývame vrchoviská. Minetrofné rašeliniská sú zásobované podzemnou a povrchovou vodou, ktorá prináša minerálne látky a takéto rašeliniská nazývame slatiny (Viceníková, 2000). Na Slovensku je najväčšou prameniskovou slatinou prírodná rezervácia Belianske Lúky (Stanová, 2000).

Rašelinisko 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 rašelinisko národnou prírodnou rezerváciou. Belianské lúky sú posledným väčším nevyťažným rašeliniskom v regióne Spiša a zároveň najväčším slatinným rašeliniskom na území Slovenska (cca 100 ha). Rašelinisko Belianské lúky je charakterizované ako vápenaté slatinné rašelinisko (Gojdičová, 2000).

Obr. 13 Lokalizácia rašelinísk



Plošne najrozsiahlejšie rašeliniská v typickej forme sa zachovali na Hornej Orave, kde zaberajú plochu viac ako 800 ha. Fragmentom ojedinelého rašeliniska vrchoviskového typu na Slovensku je prírodná rezervácia Rudné pri Suchej Hore v oblasti Hornej Oravy. Ide o jedinečné rašelinisko nielen u nás, ale v rámci celej strednej Európy, čo potvrdzuje výskyt vzácnych druhov fauny a flóry. Lokalita Rudník sa nachádza v katastri obce Suchá Hora a uvedené rašelinisko je charakterizované ako rašelinisko vrchoviskového typu poznačené povrchovou ťažbou (Obr. 1). Leží v nadmorskej výške 740 m. n. m. (Trnka, 2000).

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 (OH). Podstatne nižšie množstvo organickej hmoty, 50% obsahuje slatinné rašelinisko Belianske Lúky (Tabuľka 5,6). Medzi sledovanými rašeliniskami boli podstatné rozdiely v obsahu organického uhlíka zistené aj v jednotlivých odoberaných 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 (Tab. 5).

Tab. 5 Hodnoty organického uhlíka (OC), celkového dusíka (Nt) a pomeru C/N na rašelinisku, medzi rašeliniskom a pôdou a na pôde lokality Suchá Hora

označenie	hlbka (cm)	OC (%)	OH (%)	Nt (mg/kg)	C/N
SH R	0-10	43.57	75.11	14300	30.47
SH R	15-25	37.03	63.84	14500	25.57
SH R	35-45	44.43	76.60	12000	37
SH R	95-103	1.47	2.53	900	16.3
SH medzi	5-10	18.48	31.86	8400	22
SH pôda	3-13	2.66	4.59	2300	11.6

SH R – rašelinisko Suchá Hora

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 20-30 cm bolo zistené iba 27,6 % organickej hmoty a v hĺbke 110-120 cm množstvo organickej hmoty bolo iba 3,7% (Tabuľka 6).

Tab. 6 Hodnoty organického uhlíka (OC), celkového dusíka (Nt) a pomeru C/N na rašelinisku, medzi rašeliniskom a pôdou a na pôde lokality Belianske Lúky

označenie	hlbka (cm)	OC (%)	OH (%)	Nt (mg/kg)	C/N
BL R	5-15	28.87	49.77	20200	14.3
BL R	20-30	15.96	27.52	0.92	17.4
BL R	110-120	2.12	3.65	0.197	10.8
BL medzi	10-20	7.06	12.17	7300	9.7
BL pôda	10-20	5.36	9.25	5300	10.1

BL R – rašelinisko Belianske Lúky

V prechode medzi rašeliniskom a pôdou obsah OC v prípade lokality Suchá Hora predstavoval približne polovicu z obsahu organického uhlíka rašeliniska (Tab. 5) a v prípade lokality Belianske Lúky na prechode medzi rašeliniskom a pôdou bolo zistené iba štvrtinové množstvo OC v porovnaní s lokalitou vo vnútri rašeliniska (Tabuľka 6). Najnižšie množstvo organického uhlíka na oboch lokalitách bolo stanovené na pôdach v blízkosti rašelinísk, pričom na lokalite Belianske Lúky bola hodnota pôdneho organického uhlíka 2 x vyššia ako v prípade lokality Suchá Hora, napriek tomu, že rašelinisko Suchá Hora obsahuje podstatne vyššie množstvo OC ako slatinné rašelinisko Belianske Lúky (Tab. 5,6).

Na rozdiel od organického uhlíka koncentrácia celkového dusíka (Nt) bola v povrchovom horizonte slatinného rašeliniska Belianske Lúky podstatne vyššia v porovnaní s vrchoviskom na Suhej Hore (Tab. 5,6).

Uvedené hodnoty Nt sú v súlade s literárnymi údajmi, nakoľko podľa Davisa 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, čo naznačuje extrémne nízku zásobu dusíka v organickej hmote (Tabuľka. 5). 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 Suhej Hore (Tabuľka 6) 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.

Hodnotenie stavu organickej hmoty na rašelinách

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 stav organickej hmoty, nakoľko v dôsledku prebiehajúcich klimatických zmien, predovšetkým zvyšujúcej sa teploty, môžeme očakávať postupné mineralizačné trendy na týchto lokalitách. V uvedenej práci podávame porovnanie základných kvantitatívnych (OC, Nt) a jedného kvalitatívneho (C/N) parametra organickej hmoty slatinného rašeliniska Belianske Lúky a vrchoviskového rašeliniska Suchá Hora. Získané výsledky poukazujú na výrazne rozdiely v sledovaných parametroch, predovšetkým podstatne vyššiu zásobu organickej hmoty na vrchoviskovom rašelinisku Suchá Hora v porovnaní so slatinným rašeliniskom Belianske Lúky.

Literatúra

- Baldock, J.A., Nelson, P.N., 1999, Soil Organic Matter. In: Handbook of Soil Science. (Ed. Sumner, M.E.), str. B25-B84.
- Barančíková, G., 2009: Monitoring kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu. In: Kobza, J., Barančíková, G., Čumová, L., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková-Bezáková, Z., Pálka, B., Pavlenda, P., Styk, J., Širáň, M., Tóthová, G.: Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Bratislava, str. 55 – 79, ISBN 978-80-89128-54-9
- Bayer, C., Martin-Neto, L., Mielniczuk, J., Ceretta, A., 2000: Effect of no-till cropping systems on soil organic matter in a sandy clay loam Acrisol from Southern Brazil monitored by electron spin resonance and nuclear magnetic resonance. Soil & Tillage Research, vol. 53, str. 95-104.
- Bielek, P., Šurina, B., Ilavská, B., Vilček, J., 1998: Naše pôdy. Výskumný ústav pôdnej úrodnosti, Bratislava, 80 pp.
- Brejda, J.J., Moortman, T.B., Karlen, D.L., Dao, T.H., 2000: Identification of regional soil quality factors and Indicators: I. Central and Southern High Plains. Soil. Sci. Soc. Am.J. vol.64, str. 2115-2124.
- Davis, R.B., Anderson, D.S. 1991. The eccentric bogs of Maine: A rare wetland type in the United States. Technical Bulletin 46, Maine Agricultural Experimental Station, 1991. University of Maine.
- Dou, F., Hons, F.M., 2006: Tillage and nitrogen effects on soil organic matter fractions in wheat-based systems. Soil Sci. Soc. Am. J., vol. 70, str. 1896-1905.
- Gojdičová, E., 2000: Chránené rašeliniská v Prešovskom kraji. In: Stanová, V. (ed.). Rašeliniská Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 2000, s. 87-93. ISBN 80-967471-9-3.
- Guo L. B., Gifford R. M., 2002: Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis." Global Change Biology, 8, str. 345-360.
- Chukov, S. N., 2000: Study by ¹³C – NMR spectroscopy of humus acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS, Toulouse, str. 81-84.
- Jurčová, O., 2000: Ako sme zahumusovali naše orné pôdy. Roľnícke Noviny (7.12.2000)

- Kobza, J., Barančíková, G., Brečková, V., Búrik, V., Houšková, B., Fiala, K., Chomaničová, A., Litavec, T., Makovníková, J., Matúšková, L., Pechová, B., Váradiová, D., 1999: Čiastkový monitorovací systém –Pôda: Záväzné metódy. Bratislava, str. 95-110
- Kumada, K., 1987.: Chemistry of soil organic matter. Tokyo, Elsevier, str. 17-30.
- Machado, S., Rhinhart, K., Petrie, S., 2006: J. Environ. Qual., vol. 35, str. 1548-1553.
- Mathers, N.J., Mao, X.A., Xu, Z.H., Saffigna, P.G., Berners-Price, S.J., Perera, M.C.S.: Recent advances in the application of ^{13}C and ^{15}N NMR spectroscopy to soil organic matter studies. Aust. J. Soil Res., 2000, vol. 38, str. 769-787
- Michalko., J., Berta, J., Magic, D. 1986. Geobotanická mapa ČSSR. Slovenská socialistická republika. Bratislava, 168 pp. + mapové prílohy
- Saby, N.A., Bellamy, P.H., Morvan, X., Arrouays, D., Jones, R.J.A., Verheijen, F.G.A., Kibblewhite, M.G., Verdoodt, A., Bereny Uveges, J., Fredenschus, A., Simota, C., 2008: European soil-monitoring networks be able to detect changes in topsoil organic carbon content? Global Change Biology, vol. 14, str. 2432-2442
- Schnitzer, M., McArthur, D.F.E., Schulten, H.-R., Kozak, L.M., Huang, P.M., 2006: Long-term cultivation effects on the quantity and quality of organic matter in selected Canadian prairie soils. Geoderma, vol. 130, str. 141-156.
- Sotáková, S., 1982: Organická hmota a úrodnosť pôdy. Bratislava, Príroda, 234 str.
- STU ISO 10694, 2001. Stanovenie organického a celkového uhlíka po suchom spaľovaní. SÚTN, Bratislava, pp.12.
- Stanová, V. (ed.). Rašeliniská Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 2000, s. 3-9. ISBN 80-967471-9-3.
- Viceníková, 2000. Ekologická charakteristika a klasifikácia vrchovísk. In: STANOVÁ, V. (ed.). Rašeliniská Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 2000, s. 11-15. ISBN 80-967471-9-3.
- Trnka, R. 2000. Ochrana biodiverzity rašelinísk v Chránenej krajinskej oblasti Horná Orava. In: Stanová, V. (ed.). Rašeliniská Slovenska. DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, 2000, s. 51-58. ISBN 80-967471-9-3.

6.5 Hodnotenie vývoja kompaktie pôd

Úvod

Kompakcia pôdy patrí medzi hlavné ohrozenia pôdy (Eckelmann a kol. 2006). V praxi je však často podceňovaný jej dosah na pôdu pre jej povahu. Je to totiž prevažne skrytý (veľa prejazdov je zahladených, prekrytých pripojeným náradím) a postupný (kumulatívny vplyv všetkých prejazdov) proces. V závislosti od miery záťaže a poveternostných príp. pôdnych podmienok v čase pracovných úkonov dosahuje pôda určitý rovnovážny stav (od posledného kyprenia asi za 7- 10 rokov), ktorý sa s ďalšími prejazdami nemení pri zachovaní daných podmienok (Lhotský, 2000). Kompakcia je síce vratný proces, no svojou autoregulačnou schopnosťou si tento nepriaznivý stav pôda upraví len sčasti, aj to v prevažnej miere iba v povrchových vrstvách a navyše to dlho trvá (Zrubec, 1998). Pritom používanie dnes tak veľmi potrebnej výkonnej mechanizácie nevyhnutnej z hľadiska udržania konkurencieschopnosti podnikov v trhovej ekonomike, no na druhej strane i patrične ťažkej, zasahuje pri nedodržaní optimálnych podmienok (preventívnych opatrení - Kobza a kol. 2005) bez problémov do hĺbky 40 až 60 cm. Podceňovaním dosahu kompaktie si môže poľnohospodár vážne narušiť rentabilitu pestovania plodín. Zhutnená pôda je veľmi zraniteľná najmä v extrémnych poveternostných podmienkach, tak v obdobiach sucha, kedy sa efekt zhutnenia znásobí, ako i v obdobiach vlhka a intenzívnych atmosférických zrážok, keď pôda zadrží len časť vody, pričom zvyšná odtieká po jej povrchu a zúčastňuje sa procesu erózie (povrchový zmyv, záplavy). Táto časť správy je zameraná na hodnotenie fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností vybraných pôd Slovenska vzhľadom na limity zhutnenia, ktoré sa pre jednotlivé pôdne druhy líšia vo svojich hodnotách.

Materiál a metódy

V prvej časti príspevku sú hodnotené výsledky štvrtého odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. *základnej siete* (odoberané len na orných pôdach), týkajúce sa týchto pôdnych typov – *pseudogleje (PG)*, *hnedozeme (HM)* a *regozeme na karbonátových i nekarbonátových substrátoch (RM)*. Odbery vzoriek v rámci štvrtého cyklu boli uskutočnené v roku 2007. Prvý cyklus odberu sa realizoval v roku 1993, druhý v roku 1997, tretí v roku 2002. Výsledky posledného cyklu sú vyhodnotené štatisticky a porovnané s hodnotami príslušných parametrov zistených v predchádzajúcich odberoch. V rámci uvedených štyroch odberových cyklov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov daných pôdnych typov.

V druhej časti príspevku sú hodnotené fyzikálne vlastnosti z každoročne odoberaných *klúčových lokalít*. V rámci vyššie uvedených pôdnych typov pripadajú do úvahy tieto lokality:

Žiar n./Hronom	- Pseudoglej kultizemný (PGI), stredne ťažká, hlinitá
Koš	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Jelšava	- Pseudoglej luvizemný kultizemný (PGla), stredne ťažká, hlinitá
Liesek	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Stakčín	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Malanta	- Hnedozem kultizemná (HMa), stredne ťažká, hlinitá
Moravský Ján	- Regozem kultizemná (RMa), ľahká, piesčitá

Sledované fyzikálne parametre z odberov z tzv. *základnej siete* i *klúčových lokalít* sú zamerané na hodnotenie základných fyzikálnych vlastností pôdy, ktoré sa stanovujú z Kopeckého valčekov o objeme 100 cm³. Vzorky sa odoberajú len v rámci orných pôd a to z ornice (0- 0,10 m) a podornice (0,30-0,40 m).

Pri vyhodnocovaní výsledkov bola použitá metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd zo základnej siete a z kľúčových lokalít bolo urobené vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy (klasifikačná stupnica zemín podľa Nováka) v zmysle zákona 220/2004 Z. z. ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (tab.1).

Tab.1 Limity zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona 220/2004 Z.z.

Pôdna vlastnosť	Pôdny druh ¹					
	IL	IV, IH	H	PH	HP	P
Objemová hmotnosť p_d (g.cm ⁻³)	>1,35	>1,40	>1,45	>1,55	>1,60	>1,70
Pórovitosť P_c (obj. %)	< 48	< 47	< 45	< 42	< 40	< 38
Minimálna vzdušná kapacita VzK (obj. %)	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10
Maximálna kapilárna kapacita MKK (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-
Retenčná vodná kapacita RVK (obj. %)	>35	>35	>35	-	-	-

¹ **Pôdny druh:** **IL** – íl, **IV** – ílovitá, **IH** – ílovito-hlinitá, **H** – hlinitá, **PH** – piesčito-hlinitá, **HP** – hlinito-piesčitá, **P** – piesčitá

Výsledky a diskusia

1. Vyhodnotenie súčasného stavu a trendu vývoja fyzikálnych vlastností predmetných pôdných typov zo základnej monitorovacej siete

1.1 Vyhodnotenie súčasného stavu zo 4. odberového cyklu

Sledované pôdne typy sú zastúpené ľahkými, piesčitými, stredne ťažkými piesčito-hlinitými až hlinitými a ťažkými, ílovito-hlinitými pôdami. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu (tab. 1), bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia.

Ľahké pôdne druhy v rámci daných pôdných typov

Piesčité pôdy

Piesčité pôdy patria všeobecne z hľadiska zhutnenia medzi najodolnejšie pôdy. Nie je to spôsobené nižšími hodnotami sledovaných parametrov, tie sú naopak často vyššie ako pri iných pôdných druhoch, ale menej prísnyimi hranicami limitov zhutnenia. Totiž tieto pôdy si i pri týchto vyšších hodnotách objemovej hmotnosti zachovávajú dostatočnú prevzdušnosť (VzK), čo vyhovuje požiadavkám rastlín. Nedostatkom týchto pôd je nízka vododržnosť (nižšie hodnoty MKK - tab.2). V poslednom odberovom cykle boli tieto pôdy v priemerných hodnotách pod limitmi zhutnenia. K prekročeniu došlo len na niekoľkých lokalitách v rámci podornice.

Tab. 2 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – ľahká, piesčitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	p_d	P_C	P_N	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
Regozeme (RM) <i>piesčité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,44	45,6	23,2	28,2	17,4
		x_{min}	1,32	38,8	6,6	21,1	8,1
		x_{max}	1,61	49,5	38,7	32,8	28,4
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,64	38,6	18,2	26,8	11,8
		x_{min}	1,53	34,8	8,4	24,1	10,6
		x_{max}	1,74	43,6	36,3	31,6	12,8

Vysvetlivky: RM – regozem, p_d – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita, $\bar{x}$ – aritm. priemer, x_{min} (max) – minimum (maximum)

Stredne ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

V tejto časti sú hodnotené piesčito-hlinité a hlinité pôdy.

Piesčito-hlinité pôdy

V danej zrnitostnej kategórii majú zastúpenie pseudogleje a hnedozeme (tab.3). Ornice predmetných zastúpených pôdnych typov sú na základe priemerov sledovaných parametrov v poslednom odberovom cykle v dobrom fyzikálnom stave. Výnimkou sú len minimá VzK pri pseudoglejoch.

Nepriaznivejší stav je v podornici, keď väčšina parametrov svojimi krajnými hodnotami (maximá objemovej hmotnosti a MKK, minimá pri P_C) je za hranicami zhutnenia. Horšie sú na tom hnedozeme, ktoré sú už i svojimi priemernými hodnotami tesne nad limitom.

Tab. 3 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – stredne ťažká, piesčito-hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	p_d	P_C	P_N	MKK	VzK
			$g \cdot cm^{-3}$	objemové %			
PG na polygenetických sprašových hlinách <i>piesčito-hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,34	49,0	9,8	35,9	13,1
		x_{min}	1,21	44,4	5,0	33,2	7,5
		x_{max}	1,45	53,6	12,0	37,4	16,2
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,53	42,3	5,4	34,8	7,5
		x_{min}	1,46	40,0	2,7	31,4	5,2
		x_{max}	1,58	44,2	10,6	38,8	12,9
HM na sprašiach, prip. polygenetických sprašových hlinách <i>piesčito-hlinité</i>	0-0,10 m	$\bar{x}$	1,38	48,5	13,3	31,8	16,7
		x_{min}	1,26	45,0	12,6	29,6	15,5
		x_{max}	1,50	52,0	14,1	34,1	17,9
	0,30-0,40 m	$\bar{x}$	1,57	41,3	5,4	33,7	7,6
		x_{min}	1,54	40,8	4,7	31,5	6,6
		x_{max}	1,60	42,0	6,4	35,3	9,3

Vysvetlivky: PG – pseudoglej, HM – hnedozem, p_d – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita, $\bar{x}$ – aritm. priemer, x_{min} (max) – minimum (maximum)

Hlinité pôdy

V rámci hlinitých pôd sú opäť hodnotené pseudogleje a hnedozeme. Podľa priemerov sledovaných parametrov (tab.4) sú ornice v poriadku, krajné hodnoty však nasvedčujú, že niektoré lokality z hodnotených súborov prekračujú hodnotu limitu. Hodnoty z podornice

ukazujú na zhutnenie už i podľa priemerných hodnôt všetkých sledovaných pôdných charakteristík.

Tab. 4 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – stredne ťažká, hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P_d	P_C	P_N	MKK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %			
PG na polygenetických sprašových hlinách <i>hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,38	47,8	15,4	36,0	11,7
		x _{min}	1,23	43,3	6,2	30,9	7,0
		x _{max}	1,52	54,0	44,7	41,0	17,4
	0,30-0,40 m	x	1,55	42,1	12,7	34,8	7,3
		x _{min}	1,33	37,6	1,9	31,0	2,5
		x _{max}	1,68	49,9	39,7	38,8	14,5
HM na sprašiach, prip. polygenetických sprašových hlinách <i>hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,42	46,7	9,7	34,6	12,1
		x _{min}	1,28	39,2	2,3	31,0	4,6
		x _{max}	1,63	52,0	17,2	38,5	19,9
	0,30-0,40 m	x	1,55	42,3	9,5	33,9	8,3
		x _{min}	1,40	35,0	2,8	29,2	3,6
		x _{max}	1,76	47,9	37,2	39,0	11,2

Vysvetlivky ako v tab. 3

Ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdných typov

Zastúpené sú ílovito-hlinitými pôdami.

Ílovito-hlinité pôdy

Pseudogleje a hnedozeme sú zastúpené aj v rámci ílovito-hlinitých pôd. V porovnaní s predchádzajúcimi hlinitými predstaviteľmi je fyzikálny stav ornice pri oboch pôdných typoch veľmi podobný, keď pri orniciach bol prekročený limit v krajných hodnotách sledovaných parametrov a pri podorniciach aj v stredných. Výnimkou je len mierne prekročenie kritických hodnôt už aj podľa priemerov v rámci ornice hnedozemí.

Tab. 5 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – ťažká, ílovito-hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	P_d	P_C	P_N	MKK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %			
PG na polygenetických sprašových hlinách <i>ílovito-hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,31	50,5	15,5	35,6	15,0
		x _{min}	1,18	42,5	3,6	30,5	6,1
		x _{max}	1,52	55,8	46,0	41,1	25,1
	0,30-0,40 m	x	1,51	43,3	7,5	36,8	6,5
		x _{min}	1,20	34,6	1,6	30,0	2,9
		x _{max}	1,68	52,9	40,1	41,0	11,9
HM na sprašiach, prip. polygenetických sprašových hlinách <i>ílovito-hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,31	51,0	12,4	35,9	15,1
		x _{min}	1,18	44,9	0,2	28,5	3,7
		x _{max}	1,46	56,0	23,7	43,0	26,7
	0,30-0,40 m	x	1,61	39,8	3,5	35,0	4,8
		x _{min}	1,50	33,2	2,2	29,5	3,5
		x _{max}	1,74	44,2	5,6	40,7	6,7

Vysvetlivky ako v tab. 3

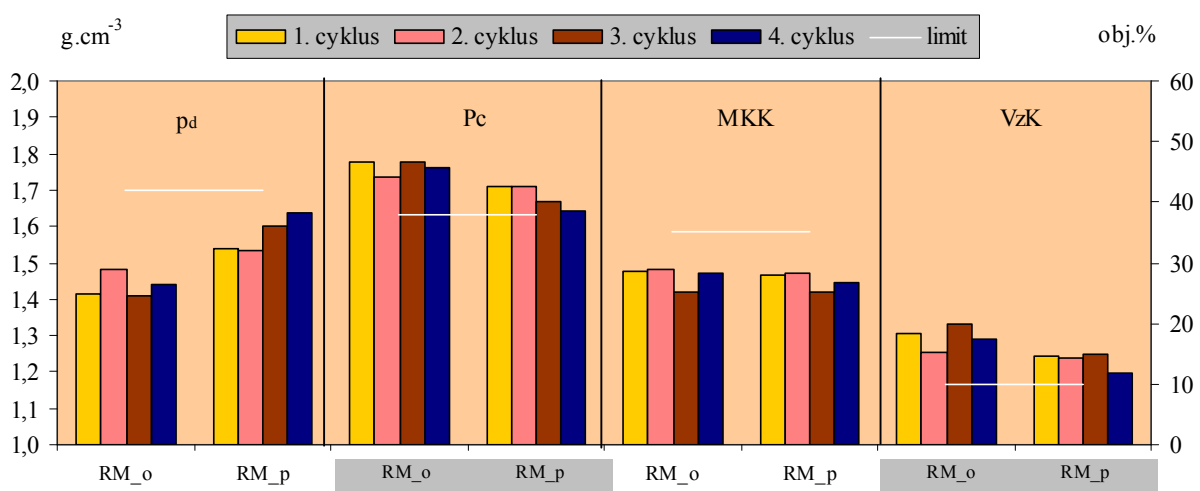
1.2 Vyhodnotenie vývojového trendu sledovaných pôdných typov v základnej sieti za 4 odberové cykly (1993, 1997, 2002, 2007)

Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav predmetných pôd z ich stavom v predchádzajúcich odberových cykloch (obr. 1 až 4), môžeme pozorovať určitý trend.

Piesčité pôdy

Odolnosť piesčitých pôd je na obr.1 potvrdená aj hodnotami s predchádzajúcich odberových cyklov. Zreteľný mierne stúpajúci trend pri objemovej hmotnosti a klesajúci pri ostatných parametroch (zhoršovanie fyzikálneho stavu pôdy) bol zaznamenaný len v rámci podornice.

Obr. 1 Základné fyzikálne vlastnosti ornice a podornice piesčitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky:

RM_o – regozeme, ornica

RM_p – regozeme, podornica

1., 2., 3., 4. cyklus – odberové cykly v základnej sieti
v rokoch 1993, 1997, 2002, 2007

p_d – objemová hmotnosť (g.cm⁻³)

Pc – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

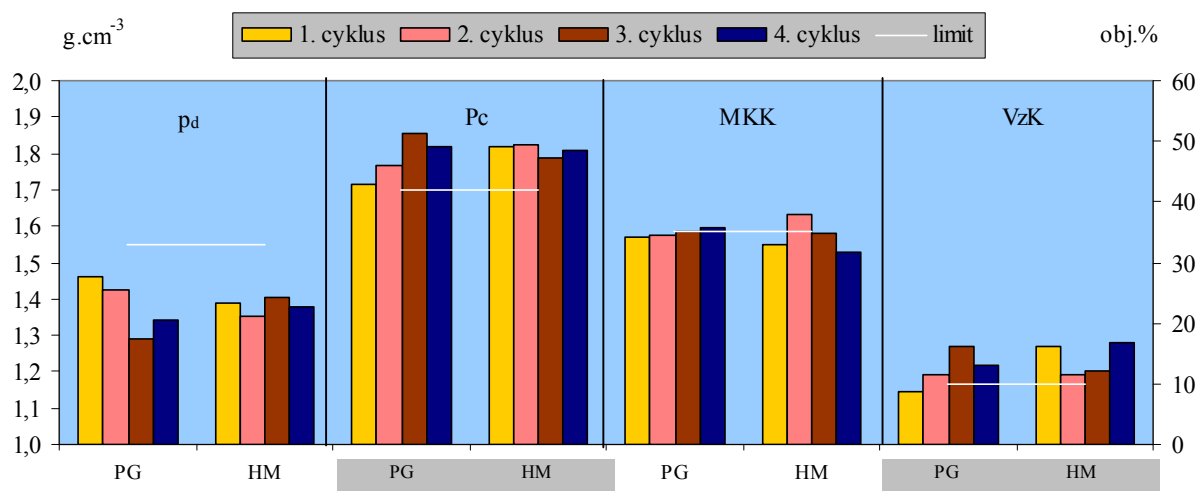
limit – kritická hodnota zhutnenia

VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

Piesčito-hlinité pôdy

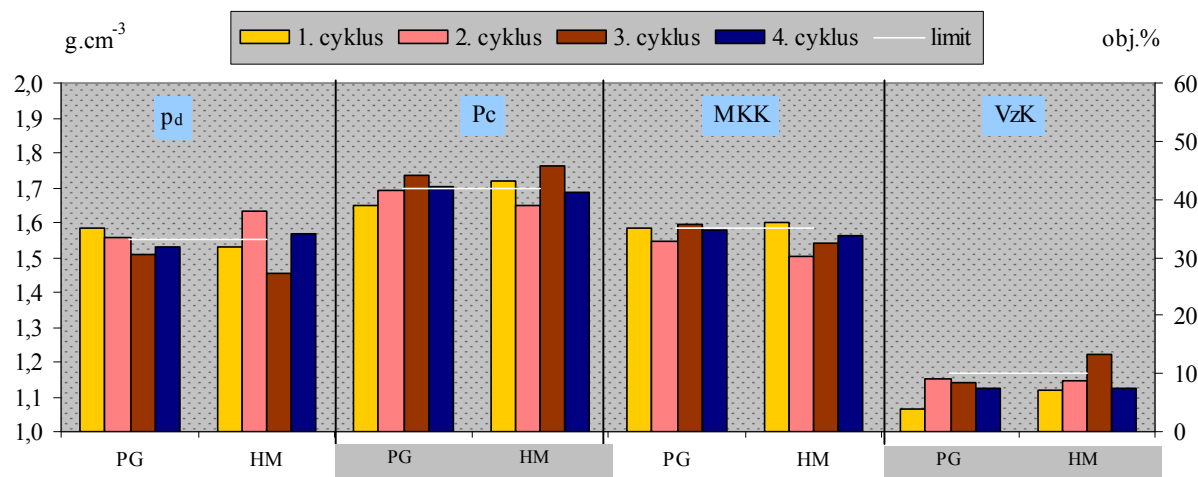
V rámci tohto pôdného druhu došlo v poslednom cykle k miernemu zhoršeniu fyzikálneho stavu pri oboch pôdach s výnimkou ornice hnedozemí. Výraznejší klesajúci trend bol zistený u pseudoglejov. Hodnoty pri hnedozemiach kolíšu striedavo okolo jednej úrovne. Celkovo stav podorníc tohto pôdného druhu sa pohybuje okolo limitu.

Obr. 2 Základné fyzikálne vlastnosti ornice piesčito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky: PG - pseudogleje, HM - hnedomze, ostatné ako pri obr. 1

Obr. 3 Základné fyzikálne vlastnosti podornice piesčito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja

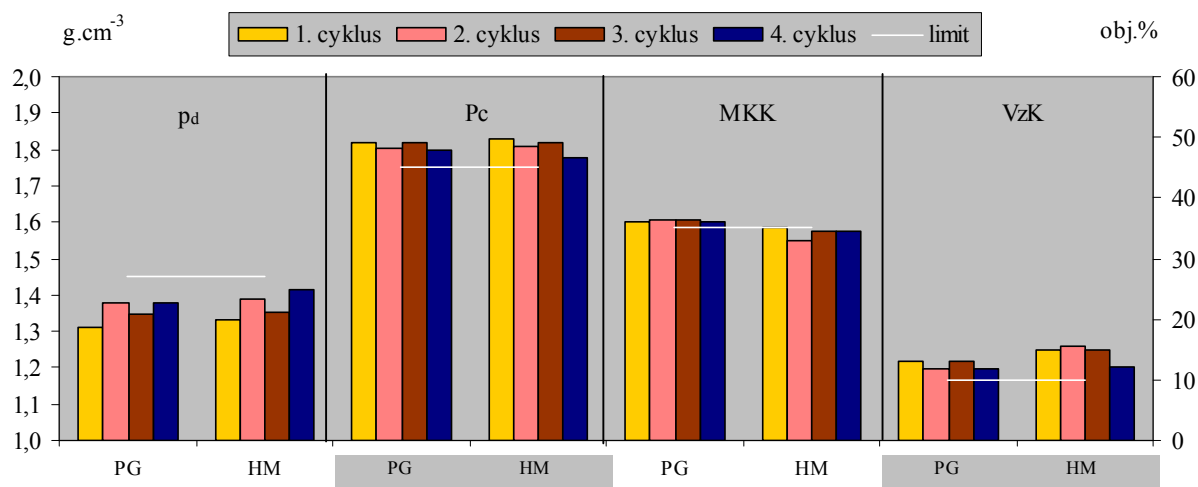


Vysvetlivky ako pri obr. 2

Hlinité pôdy

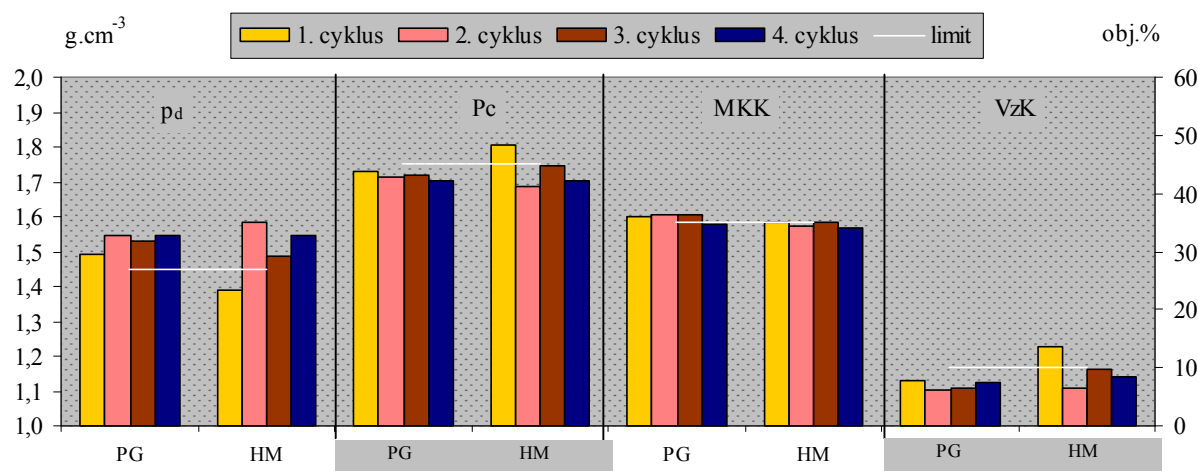
Sú to naše najrozšírenejšie pôdy a s najoptimálnejšou textúrou. Pri oboch zástupcoch došlo k zhoršeniu fyzikálneho stavu pôdy oproti predchádzajúcemu cyklu (obr.4). Aj napriek rozkolísaným hodnotám možno skonštatovať mierne negatívny trend (nárast zhutnenia) pri oboch pôdných typoch v celom ich profile.

Obr. 4 Základné fyzikálne vlastnosti ornice hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako pri obr. 2

Obr. 5 Základné fyzikálne vlastnosti podornice hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja

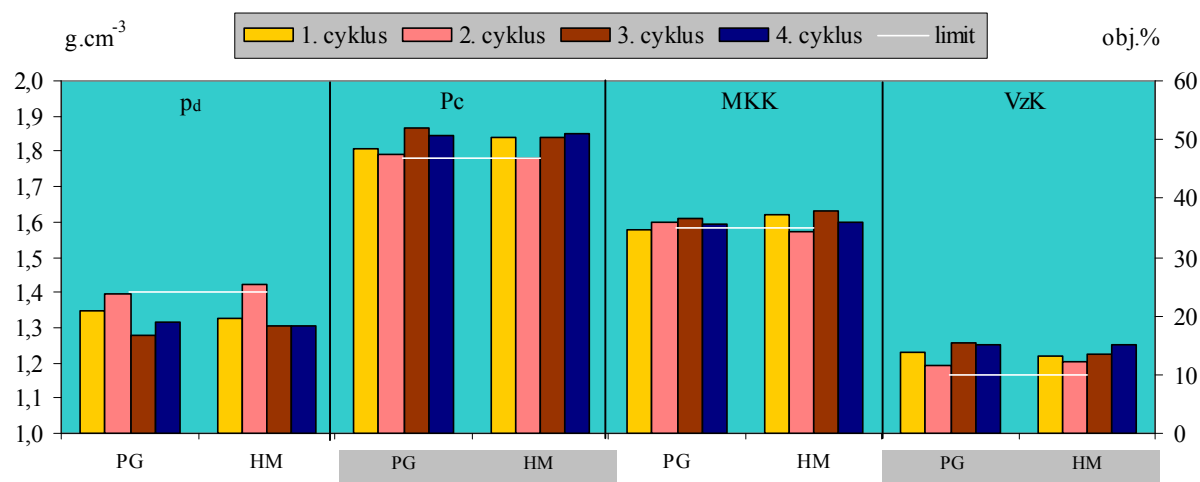


Vysvetlivky ako pri obr. 2

Ílovito-hlinité pôdy

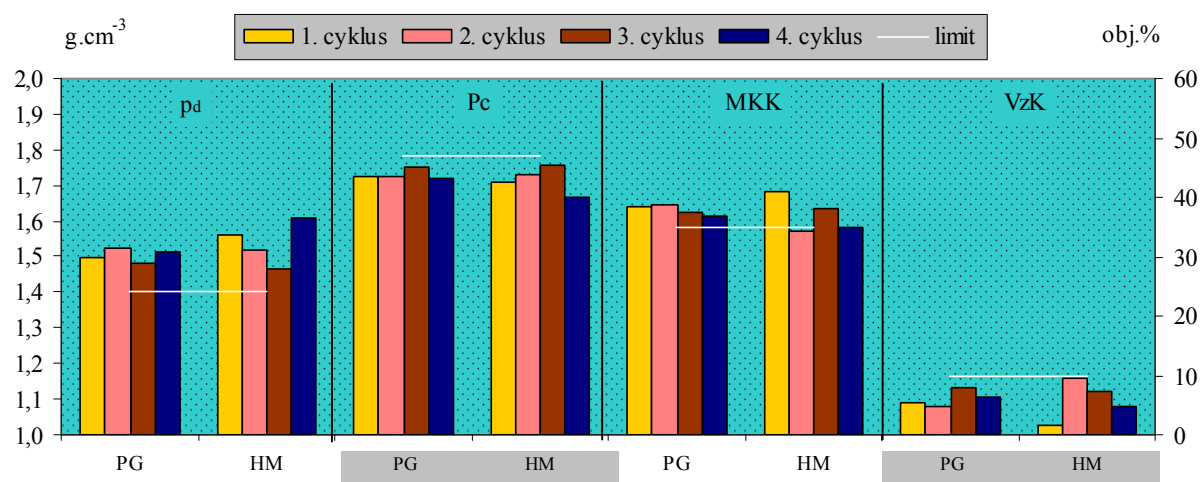
Patrí medzi naše druhé plošne najrozšírenejšie pôdy. V porovnaní z hlinitými pôdami ílovité obsahujú viac kapilárnych pórov, čo sa prejavilo na vyššej maximálnej kapilárnej kapacite a nižšej minimálnej vzdušnej kapacite. Podobne ako pri hlinitých pôdných druhoch bolo oproti predchádzajúcemu cyklu zistené zhoršenie stavu sledovaných fyzikálnych vlastností pri oboch zástupcoch v celom profile (mimo ornice HM - stagnácia). Tieto hodnoty sú však medzi cyklami značne rozkolísané, a preto nie je možné jednoznačne hovoriť o nejakom trende, skôr o určitej stagnácii stavu.

Obr. 6 Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) ílovito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako pri obr. 2

Obr. 7 Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) ílovito-hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako pri obr. 2

2. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností podornice v rámci kľúčových lokalít

V tejto časti správy je detailnejšie zhodnotený fyzikálny stav pseudoglejov (zastúpené lokalitami Žiar nad Hronom, Koš, Jelšava, Liesek a Stakčín), hnedozeme na spraši (lokalita Malanta) a regozeme na viatych pieskoch (lokalita Moravský Ján), ktoré sú zástupcami v rámci sledovaných pôdných typov z 1. časti. Dôraz pri vyhodnocovaní je kladený na podornicu, ktorá je viac náchylná na zhutnenie, keďže je mimo bežných agrotechnických kypriacich opatrení. Každoročné odbery na týchto lokalitách umožňujú získanie údajov ovplyvnených pestovateľskými technológiami viacerých poľnohospodárskych plodín na tej istej pôde počas viacerých rokov, na rozdiel od údajov zo základnej siete, ktoré sú získané síce v rámci jedného roka, no z viacerých lokalít s rôznymi pestovateľskými technológiami.

Tab. 6 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na jednotlivých kľúčových lokalitách – aktuálny stav za rok 2010

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	ρ_a	P_C	MKK	VzK
			g.cm^{-3}	objemové %		
Žiar n./Hr PGI hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,53	42,5	36,6	5,8
		$x_{\min}$	1,49	39,2	35,2	4,0
		$x_{\max}$	1,62	43,8	38,4	7,1
		$v_x \%$	3,4	4,6	3,1	21,8
Koš PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,57	40,7	36,0	4,7
		$x_{\min}$	1,51	38,9	34,9	2,6
		$x_{\max}$	1,62	42,9	37,2	7,5
		$v_x \%$	2,5	3,7	2,5	40,2
Jelšava PGla hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,48	44,8	37,6	7,2
		$x_{\min}$	1,44	42,9	36,8	5,5
		$x_{\max}$	1,53	46,3	38,4	8,6
		$v_x \%$	2,4	2,9	1,5	17,5
Liesek PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,56	42,9	33,9	9,0
		$x_{\min}$	1,51	41,4	32,5	6,5
		$x_{\max}$	1,61	44,8	34,9	11,8
		$v_x \%$	2,5	3,7	3,2	22,0
Stakčín PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,56	42,0	39,0	3,0
		$x_{\min}$	1,47	37,0	34,7	2,3
		$x_{\max}$	1,69	45,2	42,4	5,7
		$v_x \%$	6,4	8,8	8,3	51,7
Malanta HMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,53	42,2	35,2	7,0
		$x_{\min}$	1,49	40,4	34,4	4,8
		$x_{\max}$	1,58	43,9	36,1	9,1
		$v_x \%$	2,7	3,7	1,9	23,3
Moravský Ján RMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,68	36,5	22,3	14,3
		$x_{\min}$	1,59	33,0	17,1	10,2
		$x_{\max}$	1,77	39,8	27,6	22,1
		$v_x \%$	4,5	7,9	17,2	32,8

Vysvetlivky ako v tab. 3

V prípade kompaktie pôdy treba brať do úvahy pôsobenie viacerých pôdnych charakteristík ako sú zrnitosť, obsah organickej hmoty (Hlušičková, Lhotský 1994, Houšková 2002, Makovníková a kol., 2005a, 2005b Širáň 2004, 2005, Heuscher, Brandt, Jardine 2005, Makovníková a kol., 2007), príp. obsah karbonátov.

Predmetné pseudogleje a hnedozeme sú pôdy stredne ťažké, hlinité, s výnimkou regozeme na viatych pieskoch (ľahká, piesčitá), s nízkym (regozem) až stredným (pseudogleje, hnedozeme) obsahom humusu v ornici a nízkym až veľmi nízkym obsahom v podornici (Barančíková, 2002), s pH v oblasti slabo kyslej (väčšina), neutrálnej (lokalita Koš) až slabo alkalické (Jelšava - Makovníková, 2002). Na lokalitách Žiar nad Hronom, Jelšava, Liesek a Moravský Ján sú trvalé trávne porasty TTP, príp. úhor, pričom tieto sú v Liesku spásané a lokalita Koš, Stakčín a Malanta sú na ornej pôde, teda boli každoročne kyprené v hĺbke orby, t.j. tzv. konvenčným spôsobom.

Tab. 7 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na jednotlivých kľúčových lokalitách v sledovanom období (1995-2010)

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	ρ_a	ρ_c	MKK	VzK
			g.cm^{-3}	objemové %		
Žiar n./Hr PGI hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,50	43,5	36,3	7,2
		$x_{\min}$	1,33	38,6	34,8	2,6
		$x_{\max}$	1,64	49,4	37,9	12,6
		v_x %	6,6	8,2	2,6	42,7
Koš PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,53	42,9	36,7	6,1
		$x_{\min}$	1,44	39,8	34,3	3,9
		$x_{\max}$	1,62	47,3	38,2	9,4
		v_x %	3,5	4,9	3,5	31,7
Jelšava PGla hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,48	44,8	36,1	8,1
		$x_{\min}$	1,30	41,4	33,3	2,7
		$x_{\max}$	1,57	51,1	39,2	13,3
		v_x %	5,8	6,9	4,9	44,4
Liesek PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,54	42,4	34,8	7,6
		$x_{\min}$	1,42	35,4	33,2	1,4
		$x_{\max}$	1,70	46,7	38,9	10,7
		v_x %	5,0	6,8	4,4	34,7
Stakčín PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,52	43,9	37,9	6,0
		$x_{\min}$	1,35	38,4	33,5	3,0
		$x_{\max}$	1,66	49,8	40,6	12,5
		v_x %	4,9	6,4	5,6	40,6
Malanta HMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,54	42,4	34,2	8,2
		$x_{\min}$	1,46	40,2	31,8	4,6
		$x_{\max}$	1,61	45,1	35,9	12,3
		v_x %	3,2	4,2	3,4	25,5
Moravský Ján RMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,66	37,6	22,0	15,5
		$x_{\min}$	1,48	34,2	17,7	10,8
		$x_{\max}$	1,74	44,5	25,1	20,2
		v_x %	4,2	7,4	11,4	20,3

Vysvetlivky ako v tab. 3

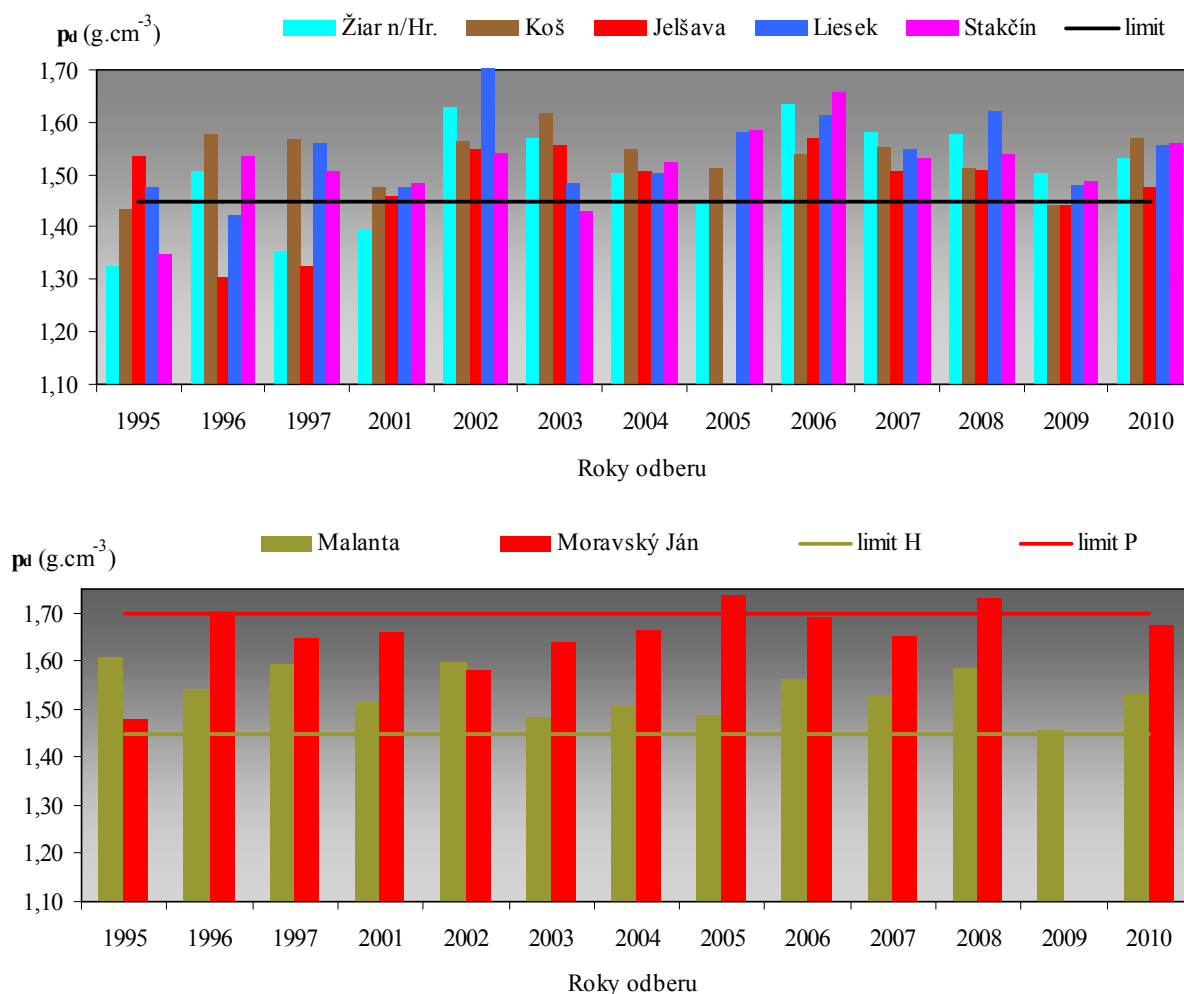
Čo sa týka aktuálnych údajov fyzikálnych vlastností pôdy za posledný rok 2010 (tab.6) možno konštatovať, že jedine podornica regozeme na lokalite Moravský Ján bola podľa priemerov tesne pod limitom. Relatívne najlepšie z hlinitých pôd z hľadiska kompaktie podornice bola na tom lokalita v Jelšave, pravdepodobne i vďaka nahromadeným úletom z magnezitových závodov, ktoré svojou chemickou povahou napomáhajú stabilizácii pôdnej štruktúry.

V prípade priemerov z celého sledovaného obdobia (hodnotených 13 rokov v rámci obdobia 1995-2010; tab.7, obr.8 a 9) sú podľa objemovej hmotnosti aj celkovej pórovitosti (priemer za celé obdobie) zhutnené podornice na všetkých lokalitách okrem lokality Moravský Ján na regozemi. To isté platí aj pri doplnkových parametroch MKK a VzK (s výnimkou MKK na lokalitách Liesek a Malanta - hodnoty tesne pod limitom, obr.10 a 11). Treba však počítať s tým, že pri výpočte priemerných údajov dochádza k určitým skresleniam. Podľa hodnôt objemovej hmotnosti pôdy (obr.7) ako aj celkovej pórovitosti (obr.6) a minimálnej vzdušnej kapacity bola kompaktia zaregistrovaná v Moravskom Jáne v 17 % prípadov (prítom VzK v 0 %), v Žiari nad Hronom v 69 %, v Jelšave v 75 %, v Koši a Stakčíne na 85 %, v Lieseku na 92 % a najviac v Malante, ktorá mala trvale zhutnenú podornicu (100 % prípadov). Podrobnejšie štúdie (Lhotský a kol. 1984) pripúšťajú pri VzK i

nižší limit 8 % pre krmoviny, v tom prípade by sa hodnotenie v prípade týchto plodín podstatne zlepšilo.

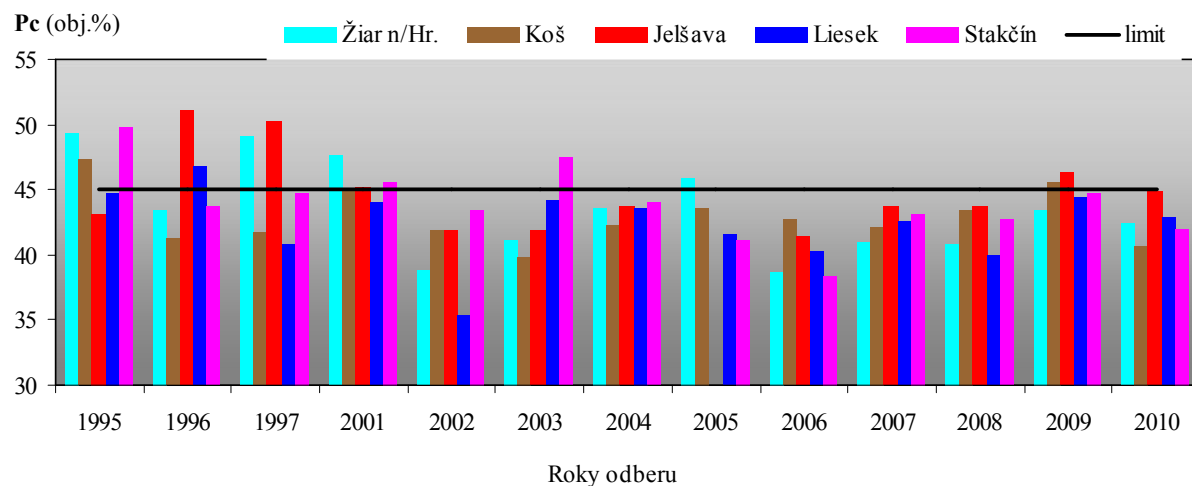
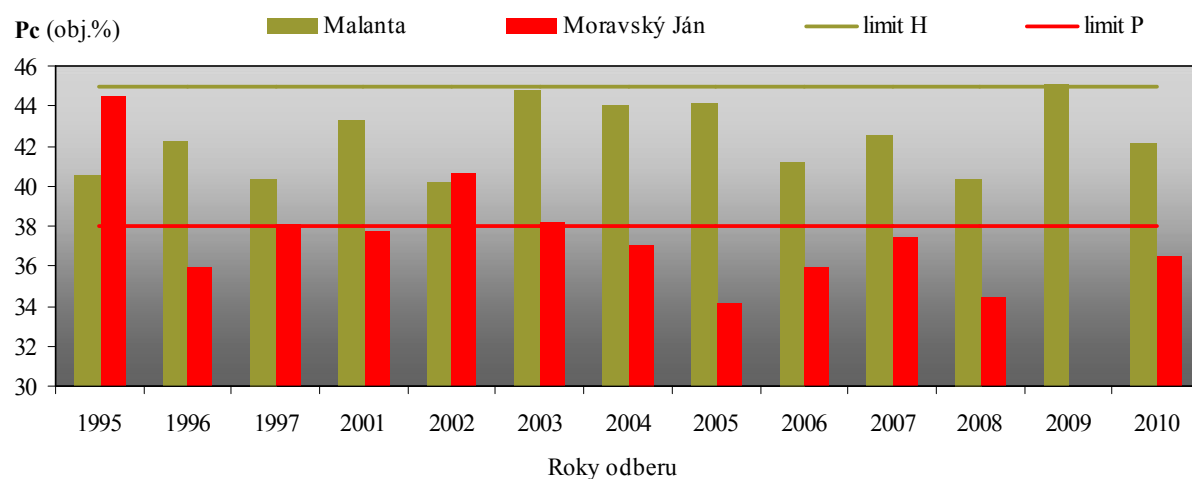
Možno konštatovať, že hodnotenia sledovaných pôd v rámci kľúčových lokalít v podstate potvrdzujú výsledky príslušných pôdnych typov a druhov z prvej časti správy, kde boli vyhodnotené síce len v hlavných odberových cykloch (každých 5 rokov), no zato na viacerých lokalitách, pričom sú tu zohľadnené rôzne plodiny, klíma, príp. heterogenita pôdnych vlastností na území SR.

Obr. 8 Objemová hmotnosť (pd) podornice hodnotených kľúčových lokalít



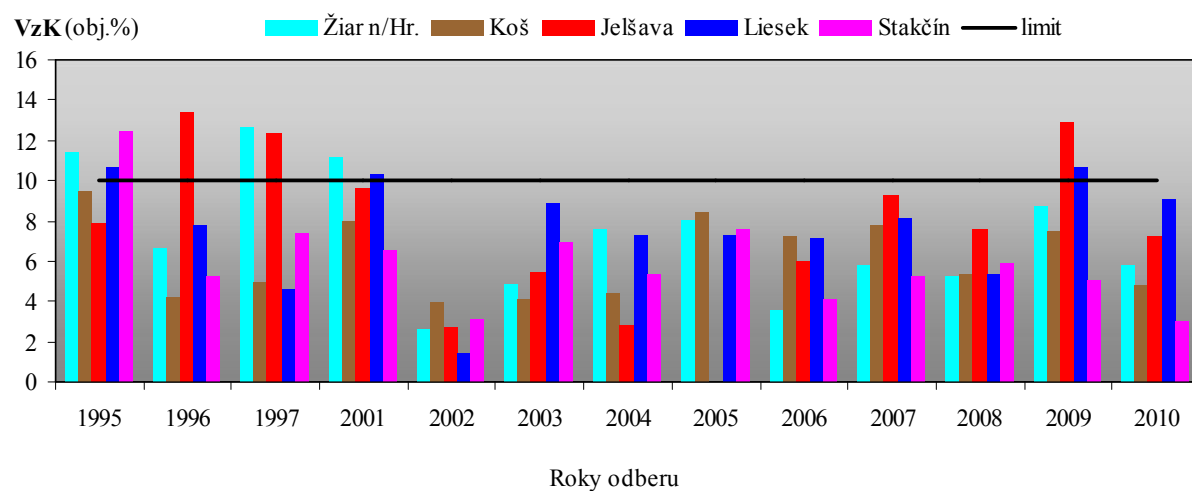
Vysvetlivky: **limit H** - limit pre hlinité pôdy, **limit P** - limit pre piesčité pôdy

Obr. 9 Celková pórovitosť (Pc) podornice hodnotených kľúčových lokalít

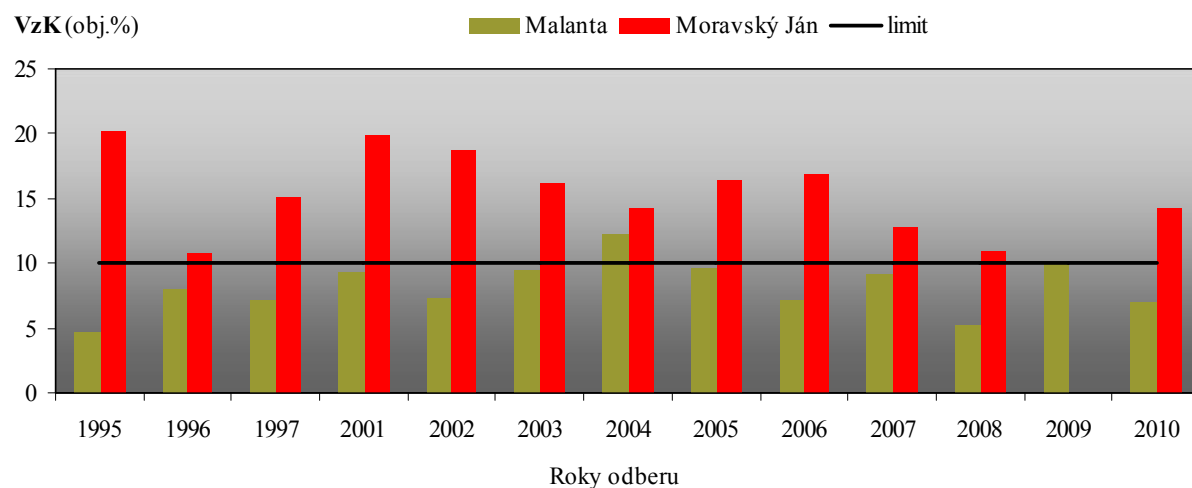


Vysvetlivky: **limit H** - limit pre hlinité pôdy, **limit P** - limit pre piesčité pôdy

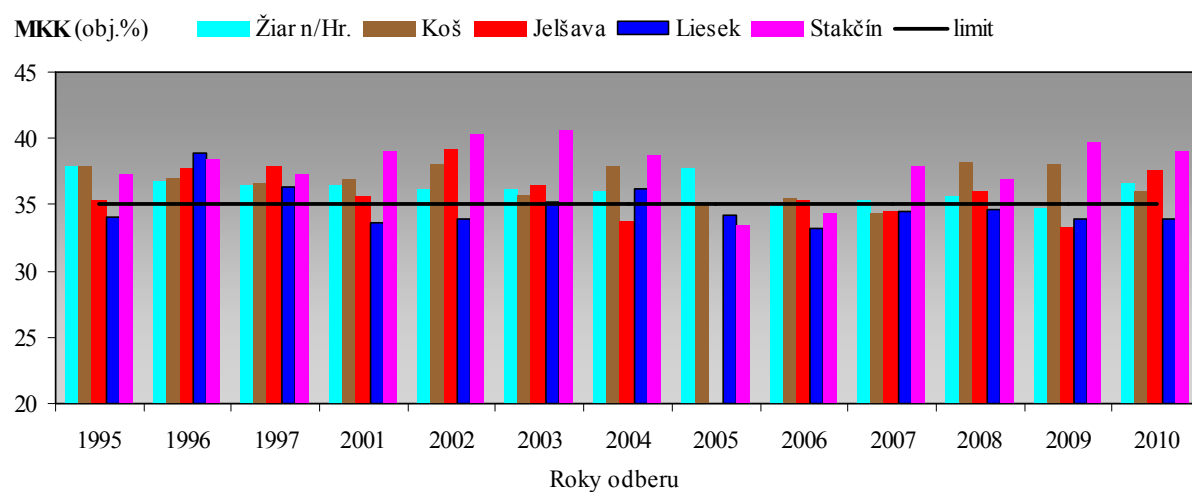
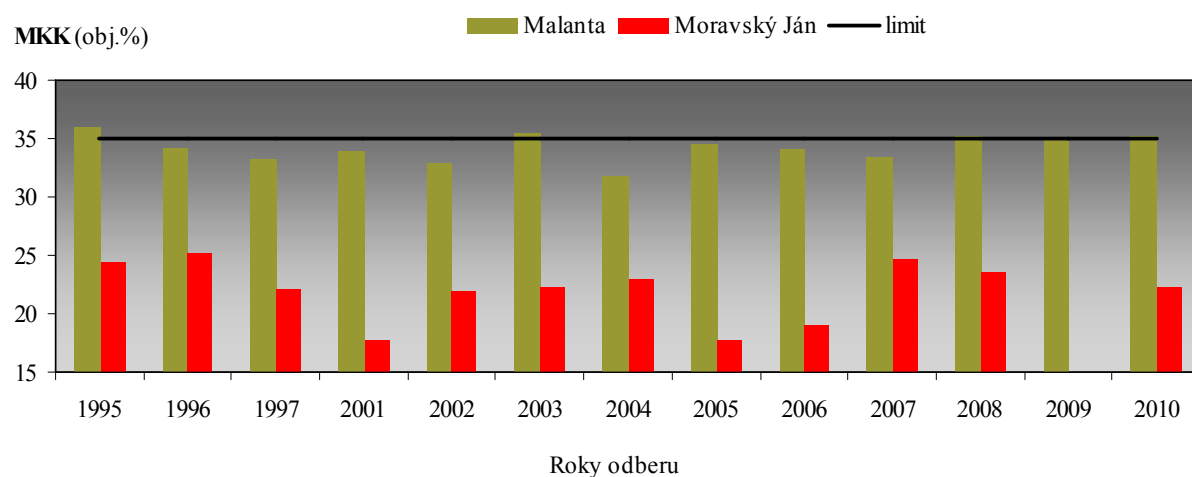
Obr. 10 Vzdušná kapacita (VzK) podornice hodnotených kľúčových lokalít



Obr. 10 Vzdušná kapacita (VzK) podornice hodnotených kľúčových lokalít - pokračovanie



Obr. 11 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice hodnotených kľúčových lokalít



Záver

Ak zhrnieme výsledky a ich hodnotenia fyzikálny stav sledovaných pôd bol najviac ovplyvnený predovšetkým zrnitosným zložením pôdy (pôdnym druhom) a zhoršoval sa v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam. Z hodnotených pôd voči kompaktii sú najviac odolné ľahké regozeme, nasledujú piesočnato-hlinité, resp. hlinité pseudogleje a hnedozeme a k najmenej odolným patria ílovito-hlinité pseudogleje a hnedozeme.

Z hľadiska pôdných typov hnedozeme dosahujú väčšiu mieru zhutnenia, čo je pravdepodobne v dôsledku ich intenzívnejšieho využívania.

V prípade vývoja kompaktie na sledovaných pôdných typoch došlo prevažne k zhoršeniu fyzikálneho stavu v poslednom odberovom cykle v porovnaní s predchádzajúcim s výnimkou ornice ílovito-hlinitých (stagnácia) a piesčito-hlinitých (zlepšenie) hnedozemí. Zreteľnejší mierny negatívny trend bol zaznamenaný v podornici piesčitých regozemí a v prípade hlinitých pseudoglejov a hnedozemí v celom ich profile. Naopak pozitívny trend bol zistený len pri piesčito-hlinitých pseudoglejoch (v celom sledovanom profile pôdy).

Údaje z kľúčových lokalít poukazujú hlavne na vplyv pestovateľských technológií uplatňovaných pri pestovaní určitých plodín na kompaktiu pôdy, keďže základné pôdne parametre sa nemenia a poskytujú informácie aj o stave kompaktie mimo hlavných odberových cyklov.

Výsledky z kľúčových lokalít týkajúce sa stredne ťažkých, hlinitých kambizemí (každoročný odber z vybraných lokalít) potvrdzujú zistenia o kambizemiach hodnotených v rámci základnej siete.

Zoznam použitej literatúry

- Barančíková, G., 2002: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 54-73
- 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
- Heuscher, A. S., Brandt, C. C., Jardine, M. P., 2005: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. Soil Sci. Soc. of America Journal 69, 2005, s. 51-56
- Hlušíčková, J., Lhotský, J., 1994: Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. Metodika ÚVTIZ, Praha, 1994, 40 s.
- Houšková, B., 2002: Vývoj fyzikálních vlastností poľnohospodárskych pôd. In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 131-141
- Kobza, J., Barančíková, G., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M., Vojtáš, J., 2005: Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR, VÚPOP Bratislava, 2005, 24 s.
- Lhotský, J., Váchal, J., Ehrlich, P., 1984: Soustava opatření ke zúrodňování zhutnělých zemědělských půd. Metodika pro praxi, ÚVTIZ, Praha, 1984, 39 s.
- Lhotský, J., 2000: Zhutňování půd a opatření proti němu. Studijní zpráva-rostlinná výroba, č. 7, ÚZPI, Praha, 2000, 63 s.
- Makovníková, J., 2002: In: Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus), VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 21-32

- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., 2005a: Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území. In: Štvrté pôdoznalecké dni v SR: zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR [CD ROM]. Čingov: VÚPOP – SPS Bratislava, 2005a. s. 220-225
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M., 2005b: Rezistencia vybraných pôdných typov na modelovom území Banská Bystrica. In: zborník prednášok. Bratislava: Pedologická sekcia SSPLPVV SAV, 2005, s. 70-72
- Makovníková, J., Širáň, M., Pálka, B., 2007: Statický model objemovej hmotnosti pôdy a jeho aplikácia v záujmovom území Banská Bystrica. In: Agrochémia, roč. 47, 2007, č. 2. s. 18-21
- Širáň, M., 2004: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku, 22.-24. jún 2004, poster, Mojmirovce, 2004
- Širáň, M., 2005c: Spatial variability of some physical properties on arable soils of different texture with regard to soil compaction. In: Proceeding (Vedecké práce), no. 27, VÚPOP Bratislava, 2005, s.139-146
- Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004
- Zrubec, F., 1998: Metodika zúrodnenia zhutnených pôd. Bratislava: VUPOP, 1998. 40 s.

Vývoj rezistivného obrazu pôdy na vybraných lokalitách v priebehu rokov 2009 a 2010

Možnosti využitia geofyzikálnych metód pri prieskume pôdy sme overovali na troch lokalitách (Zvolenské Nemce, Liesek a Tomášovce pri Lučenci – v príspevku sa zameriavame najmä na lokalitu Zvolenské Nemce). Všetky tri lokality sú obhospodarované ako trvalé trávne porasty, na všetkých sa nachádzajú textúrne diferencované pôdy s hydromorfnými znakmi (pseudoglej luvizemný a luvizem pseudoglejová).

Vlhkosť pôdy, resp. jej ostatné fyzikálne parametre (objemová hmotnosť, hydraulická vodivosť, atď.) sú významnými ukazovateľmi z pohľadu nastupujúcich extrémnych klimatických pomerov, resp. z pohľadu ochrany poľnohospodárskej pôdy pred degradačnými procesmi (erózia, kompakcia, kontaminácia pôd a podzemných vôd) (HOUŠKOVÁ 2000, ŠIRÁŇ 2009). Potreba skúmania týchto vlastností v širšom priestorovom aj časovom kontexte si vyžaduje inovácie v metodickom prístupe. Jednou z možností sú geofyzikálne metódy (napr. elektrická rezistivná tomografia – ERT), ktoré svojím nedeštruktúrnym prístupom umožňujú pomerne nenáročný prieskum pôdneho prostredia spolu s jeho substrátom z pôdneho povrchu. Tomografický prístup znamená rekonštrukciu vnútorného obrazu skúmaného prostredia z meranej odozvy pôdy na určité vlnenie alebo prúdenie (VLČEK, SEGETH 2008).

Na lokalite Zvolenské Nemce sme v jarnom, na zrážky bohatom období (máj 2010), vykonali podrobný odber pôdnych vzoriek na gravimetrické určenie vlhkosti pôdy kvôli zhodnoteniu vplyvu vlhkosti na pôdnu rezistivitu (tab. 1). V rámci 9,3 m dlhého rezistivného profilu sme odobrali vzorky z piatich sond do hĺbky 80 cm, s hĺbkovým rozstupom 10 cm. Pozitívny výsledok sme získali len pre priemerné hodnoty vlhkosti a rezistivity z jednotlivých sond. Tento fakt potvrdzuje poznatky z literatúry (napr. MICHOT *et al.* 2001, POZDNIÁKOVÁ 1999), kde sa uvádza, že vzťah závislosti vlhkosti a rezistivity exponenciálne klesá, t. j. pokiaľ sa vlhkosť blíži plnému nasýteniu, jej vplyv na priebeh rezistivity je nízky. Metóda elektrickej rezistivnej tomografie teda dokáže zachytiť len výraznejšie priestorové alebo časové rozdiely vlhkosti pôdy (obr. 2, 3). Pri relatívne vyrovnanom a vysokom obsahu vody v pôde nám umožňuje sledovať iné fyzikálne parametre pôdy: zrnitosť, objemovú hmotnosť, pórovitosť. Vzťahom spomenutých parametrov a pôdnej rezistivity sa zaoberali viacerí autori (WERBAN 2005, LESMES, FRIEDMAN 2005, GAJDOŠ 2007). Metóda nám síce neponúka presné zistenie týchto veličín, ale na základe korelačných vzťahov môžeme predpokladať ich priebeh a variabilitu v rámci skúmaného územia, za predpokladu kalibrácie metódy bodovými deštruktívnymi meraniami.

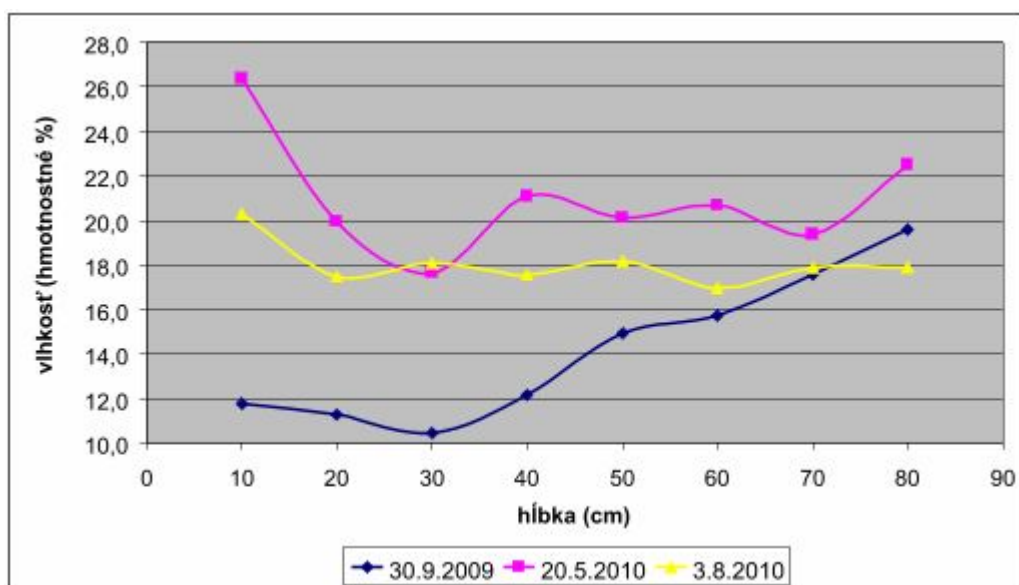


Obr. 1 Lokalita Zvolenské Nemce

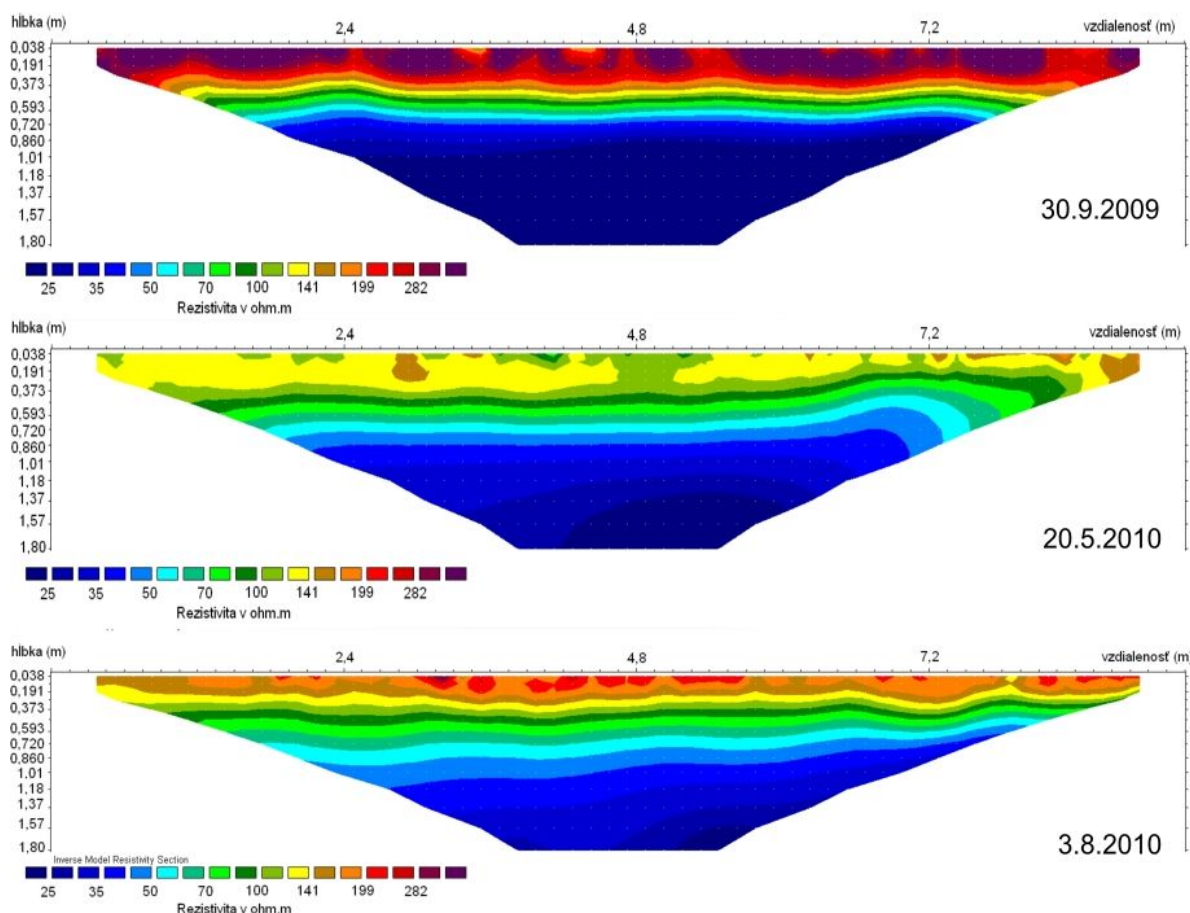
Tab. 1 Priestorová variabilita pôdnej vlhkosti zisťovaná gravimetricky a pomocou rezistívnej tomografie na lokalite Zvolenské Nemce. Závislosť sme zistili len pre väčšie vlhkosťné rozdiely, charakterizované priermi z jednotlivých odberových sond.

hĺbka (cm)	Vlhkosť pôdy v hm. %					Korel. koef.
	1	2	3	4	5	
0-10	18.25	20.83	16.98	18.81	26.38	
10-20	16.68	18.20	16.95	20.81	19.94	
20-30	14.76	17.16	16.43	18.72	17.64	
30-40	16.33	17.31	14.69	12.35	21.08	
40-50	15.92	15.41	16.68	18.69	20.12	
50-60	13.84	17.01	14.26	18.23	20.68	
60-70	15.09	17.26	13.27	18.99	19.36	
70-80	12.70	17.63	14.11	18.75	22.49	
Priemer vlhkosti	15.45	17.60	15.42	18.17	20.96	
Priemer rezistivity (ohm.m)	95.19	93.08	98.97	91.67	76.28	-0.95

Priebeh rezistívnych meraní na jednotlivých lokalitách je vďaka príbuznosti pôd podobný, klimatické, najmä vlhkosťné charakteristiky lokalít spôsobujú, že pôdna rezistivita medzi jednotlivými odberovými termínmi najmenej kolíše v Liesku a najviac pri Tomášovciach. Viacnásobná regresná analýza nám odhaľuje prevládajúci vplyv vlhkosti na priebeh rezistivity v suchších obdobiach (napr. jeseň 2009) a v suchších klimatických podmienkach (Tomášovce pri Lučenci, Zvolenské Nemce) a na druhej strane prevládajúci vplyv iných fyzikálnych parametrov (objemovej hmotnosti, zrnitosti, pórovitosti) v obdobiach bohatých na zrážky (celé vegetačné obdobie 2010), resp. vo vlhkých klimatických podmienkach (Liesek na Orave). Metóda elektrickej rezistívnej tomografie sa teda javí ako vhodný nástroj pre priestorovo kontinuálny prieskum fyzikálnych vlastností pôdy nedeštruktúrnym spôsobom najmä v obdobiach bohatých na zrážky.



Obr. 2 Časová variabilita pôdnej vlhkosti na lokalite Zvolenské Nemce zachytená gravimetricky v rôznych termínoch. Vzorky pôdy boli odoberané do hĺbky 0,8 m, každých 10cm. Súčasne sme na lokalite merali aj pôdnu rezistivitu (obr. 3).



Obr. 3 Časová variabilita pôdnej vlhkosti na lokalite Zvolenské Nemce zachytená prostredníctvom ERT – suchá jeseň 2009 a extrémne vlhká jar, resp. leto 2010 – čím suchšia pôda, tým vyššia rezistivita. Merania boli prevedené do rovnakej rezistívnej škály kvôli lepšej porovnateľnosti.

Literatúra

- Gajdoš, V., 2007: Elektrické vlastnosti hornín. KAEG PriF UK, Manuskript, Bratislava.
- Houšková, B., 2000: Použitie pedotransferových funkcií na výpočet hydrofyzikálnych charakteristík pôdy. Edícia Pedo-disertationes, VÚPOP, Bratislava, 72 pp.
- Lesmes, D. P., Friedman, S. P., 2005: Relationships between the electrical and hydrogeological properties of rocks and soils. In: RUBIN, Y., HUBBARD, S. S., 2005: Hydrogeophysics. Springer, The Netherlands. 523 pp.
- Michot, D., Dorigny, A., Benderitter, Y., 2001: Determination of direction and corn roots-induced drying in an irrigated Beauce Calcisol, using electrical resistivity measurements. Earth and Planetary Sciences 332, p. 29–36.
- Pozdniakova, L., 1999: Electrical properties of soils. Dissertation thesis. Laramie, WY. 138 pp.
- Širáň, M., 2009: Kompakcia poľnohospodárskych pôd a jej vývoj. In: KOBZA *et al.*, 2009: Monitoring pôd SR. VÚPOP Bratislava, 200 pp.
- Vlček, V., Segeth, K., 2008: Matematika dokonale ukrytá v počítačové tomografii. Pokroky matematiky, fyziky a astronómie, 53, no. 3, p. 199–210.
- Werban, U., 2005: Geophysikalische Erfassung von Feuchte- und Substratheterogenitäten im Boden auf unterschiedlichen Skalen. Dissertation thesis, Kiel, 119 pp.

6.6 Hodnotenie vývoja erózie pôd

Úvod

Erózia pôdy je svojou podstatou prirodzený proces negatívne vplývajúci (z pohľadu poľnohospodárstva) na znižovanie produkčnej schopnosti pôdy (pokles úrodnosti), ale v konečnom dôsledku môže byť hlavnou príčinou znižovania celkového potenciálu územia a zhoršovania kvality života v ňom (zanášanie vodných zdrojov splaveninami, kontaminácia pôdy, eutrofizácia atď.). Dlhodobo ju zaraďujeme k významným degradačným rizikám negatívne vplývajúcim na environmentálne funkcie pôdy.

Hoci je v súčasnej dobe v platnosti zákon o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (220/2004 Z.z.) kde ochrana pôdy pred eróziou je jedna z jeho dôležitých súčastí, dochádza vplyvom neuváženej činnosti človeka k jej výraznej akcelerácii. Intenzifikácia poľnohospodárskej výroby, ktorá je ovplyvnená podmienkami trhu sa zameriava na dosahovanie vyšších hektárových výnosov, avšak protierózna ochrana pôdy je väčšinou zabezpečená v nedostatočnej miere. Neriešenie problematiky erózie vedie až k nevratným (ireverzibilným) negatívnym zmenám základných pôdných parametrov.

Nedostatok informácií týkajúcich sa intenzity a plošnej distribúcie pôdnej erózie má za následok nedostatočné využívanie vhodných protieróznych opatrení, ktoré znižujú, alebo udržiavajú intenzitu erózie pôdy v medziach limitných hodnôt (220/2004 Z.z.).

Monitoring erózie pôdy sa dlhodobo vykonáva v rámci 20-tich záujmových lokalít (erózných transektov), ktoré sú rozmiestnené na prevládajúcich pôdných typoch Slovenska. Sledovanie erózie z pohľadu jej intenzity a negatívneho vplyvu na zmeny pôdných parametrov má význam pre predikciu jej účinku na hlavných pôdných typoch, ako aj pre výber a realizáciu vhodných protieróznych opatrení v konkrétnych pôdno-klimatických a reliéfnych podmienkach monitorovacej lokality.

Ciele riešenia pre rok 2010

- monitoring vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných pôdných parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a draslík) na štyroch erózných transektoch, ktoré sú charakterizované radom troch sond lokalizovaných po spádnicí svahu v priestore (priestorová diferenciácia) a v čase (časová dynamika počas päťročného odberového cyklu)
- stanovenie intenzity recentnej erózie (za posledných približne 40 rokov) na erózných transektoch na základe vyhodnotenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs) v jednotlivých častiach transektov
- modelovanie vodnej erózie na poľnohospodárskych pôdach využitím empirického modelu univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)

Materiál a metódy

Druhý päťročný cyklus monitorovania erózie pôdy pokračoval v roku 2010 na transektoch pri Novákoch, Trstenej, Koliňanoch (okr. Nitra) a Detve. Na záujmové lokality, ktoré boli už v minulosti charakterizované z pohľadu intenzity erózie a priestorovej variability monitorovaných pôdných parametrov, sme sa vrátili po piatich rokoch. Na základe porovnania výsledkov z oboch cyklov monitorovania sme získali informácie o vplyve erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných vlastností pôdneho krytu (pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P a K, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti) v čase (časová variabilita) a v priestore (priestorová heterogenita)

Všetky erózne transekty monitorované v tomto roku sa nachádzali na orných pôdach. Z pohľadu intenzity zrážok, erodovateľnosti pôdy, svahovitosti sú lokalizované v erózne senzitivných oblastiach Slovenska.

Na každom transekte sa nachádzajú tri pedologické sondy, ktoré sú lokalizované po spádnici svahu, teda v smere najväčšieho vplyvu povrchového odtoku na pôdu. Vrcholová, eróziou minimálne ovplyvnená časť svahu je charakterizovaná referenčnou sondou, erózna časť transektu eróznou sondou a úpätie svahu kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty je charakterizované akumuláčnou sondou.

Z pôdných profilov jednotlivých pedologických sond boli odobraté pôdne vzorky na analýzy vplyvu erózie na kvantitatívne zmeny fyzikálnych vlastností (objemová hmotnosť, pórovitosť, KN, MKK, RVK), obsahu humusu (Cox x 1,724, mokrý spôsob metóda Ľurin, modifikácia Nikitin), prístupného fosforu (Égner), prístupného draslíka (Schachtschabel), pH/KCl (0,2 mol.dm⁻³ KCl), zrnitostné zloženie (FAO) (v priestore a v čase). Sledované pôdne parametre boli stanovené podľa štandardných analytických metód (Fiala a kol., 1999) v laboratóriách VÚPOP Bratislava. Preferované hĺbky odberu boli 0-10, 25-30, 30-35, 35-40, 40-45 cm.

Eróziu pôdy v období s významnou intenzifikáciou poľnohospodárskej výroby sledujeme metódou, ktorá využíva rádioaktívny izotop ¹³⁷Cs ako značkovací prvok. V roku 1963 bol zaznamenaný najväčší spád tohto rádioaktívneho izotopu (Walling, Quine, 1993). Táto metóda využíva schopnosť izotopu cézia pevne sa viazať na pôdne častice. Pri transporte a následnom akumulovaní pôdnej hmoty dochádza aj k transportu a akumulovaniu izotopu cézia. Podrobnejšie sa vo svojich prácach touto metódou v podmienkach Slovenska zaoberali Linkeš, Lehotský, Stankoviansky (1992), Slávik a kol. (2000), Fulajtár, Janský (2001), Styk (2007). Analýzy pôdných vzoriek na rádioaktívny izotop cézia (¹³⁷Cs) boli urobené využitím polovodičového gamaspektrometrického systému vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave.

Pre vyčíslenie potenciálnej a aktuálnej priemernej ročnej straty pôdy (t/ha/rok) v rámci konkrétnych erózných transektov bol použitý empirický model Univerzálnej rovnice straty pôdy (Wischmeier, Smith, 1978):

$$A = R.K.L.S.C.P$$

A – priemerná ročná strata pôdy v tonách z hektára (t/ha /rok)

R – erózna účinnosť dažďa

K – erodovateľnosť pôdy

L – vplyv dĺžky svahu

S – vplyv svahovitosti

C – vplyv rastlinného pokryvu

P – spôsob obhospodarovania

Dosiahnuté výsledky

Transekt pri Novákoch

Erózný transekt je lokalizovaný juhovýchodne od chemického závodu Nováky v pomerne členitom reliéfe Hornonitrianskej kotliny (klimatický región teplý, mierne vlhký s miernou zimou s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm) (Hrnčiarová a kol., 2002). Záujmové územie je charakteristické stredne ťažkými prachovito-hlinitými až prachovito-ílovito-hlinitými hlbokými pôdami, ktoré vznikli prevažne na deluviálnych polygenetických hlinách. Monitorovaný úsek sa nachádza na ornej pôde kde sa v tomto roku pestovala pšenica

letná forma ozimná, jeho dĺžka je 740 m a svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8° do 11°. Celý sledovaný úsek je charakteristický pseudoglejom kultizemným (Šály a kol., 2000), rozdiel je len v mocnosti profilu (najmä hĺbke humusového horizontu). Na plošine (referenčná časť) a na svahu (erózna časť) je hĺbka humusového horizontu 0,25 m a v akumuláčnej časti (tu dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty) je humusový horizont hlboký 0,47 m.

V konkrétnych pôdno-klimatických a reliéfnych podmienkach záujmovej lokality sme použili empirickú rovnicu USLE (Univerzálna rovnica straty pôdnej hmoty). Vypočítali sme numerické hodnoty potenciálnej a aktuálnej straty pôdy z plochy jedného hektára za obdobie jedného roka. V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzala pšenica letná forma ozimná.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 14,92 \quad K - 0,38 \quad L - 5,78 \quad S - 2,88$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 94,37 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (pšenica letná forma ozimná):

$$R - 14,92 \quad K - 0,38 \quad L - 5,78 \quad S - 2,88 \quad C - 0,11 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = 10,38 \text{ t/ha/rok}$$

Vypočítaná hodnota potenciálnej erózie (94,37 t/ha/rok) kedy sa nezohľadňuje rastlinný pokryv a spôsob obhospodarovania, niekoľkonásobne prekračuje limit stanovený zákonom 220/2004 Z.z o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (pre hlboké pôdy – 30 t/ha/rok). Pôdu na monitorovanom úseku zaraďujeme z pohľadu potenciálnej erózie do kategórie erodovanosti: extrémna.

Ak sme pri výpočte brali do úvahy aj pestovanú rastlinu (aktuálna erózia) došlo k zníženiu intenzity erózie na 10,38 t/ha/rok čo však stále zaraďuje túto pôdu do kategóriu erodovanosti: vysoká. V porovnaní s potenciálnou eróziou ide o oveľa nižšiu hodnotu, ale aj napriek dobrému protieróznemu účinku obilnín je táto hodnota straty pôdy príliš vysoká. K výraznejšiemu zníženiu intenzity erózie dôjde až kombináciou vhodnej plodiny a protieróznej agrotechniky. Vlastník, alebo užívateľ pôdy by mal v tomto prípade využívať účinnú protieróznú ochranu pôdy aplikovaním ochranných agrotechnických opatrení v zhode so zákonom č. 220/2004, § 5, odstavce 2.

Profilová distribúcia izotopu ^{137}Cs v jednotlivých častiach erózneho transektu potvrdzuje dlhodobý negatívny vplyv eróžno-akumulačných procesov na pôdu (vysoké hodnoty cézia boli namerané až do hĺbky 0,45 m pôdneho profilu akumuláčnej časti svahu). V referenčnej a eróznej časti svahu sme zaznamenali klasickú schému profilového rozšírenia cézia, kedy sa tento izotop nachádza iba v orničnom horizonte (0-0,25 m) a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti.

Tab. 1 Profilová distribúcia ^{137}Cs v jednotlivých častiach transektu pri Novákoch

Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-10 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	5,5	0,5	0,3	-	-
svah	4,6	0,7	0,6	-	-
báza	3,9	6,1	5,1	5,9	0,5

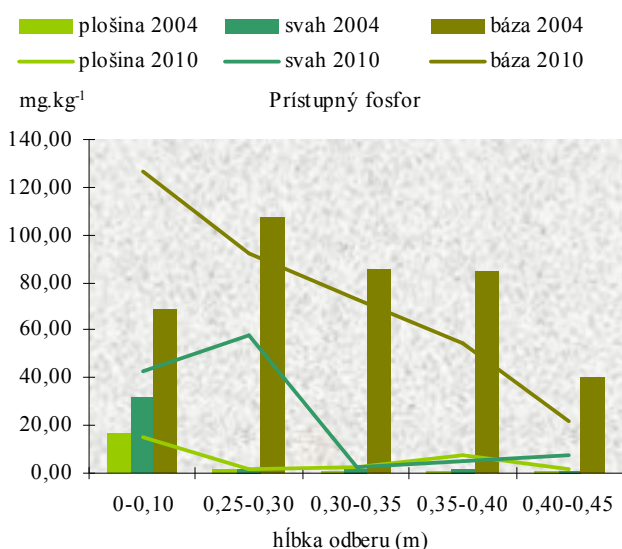
V roku 1963 bola zaznamenaná najvyššia intenzita rádioaktívneho spádu preto priemerná strata (resp. akumulácia) pôdnej hmoty sa posudzuje za obdobie približne 47

rokov. Je posudzovaná na základe rozdielu hĺbky ešte merateľnej koncentrácie cézia v pôdnych profiloch sond akumuláčnej (báza) a referenčnej (plošina) časti transektu. V tomto prípade sa jedná o vrstvu s mocnosťou 200 mm. Za uvedené obdobie sa v báze svahu priemerne ročne akumulovala vrstva pôdy s hrúbkou 4,3 mm. Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ($1,41 \text{ g.cm}^{-3}$) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty $60,63 \text{ t/ha}$. Prítomnosť intenzívne prebiehajúcich eróznio-akumulačných procesov potvrdila aj táto metóda.

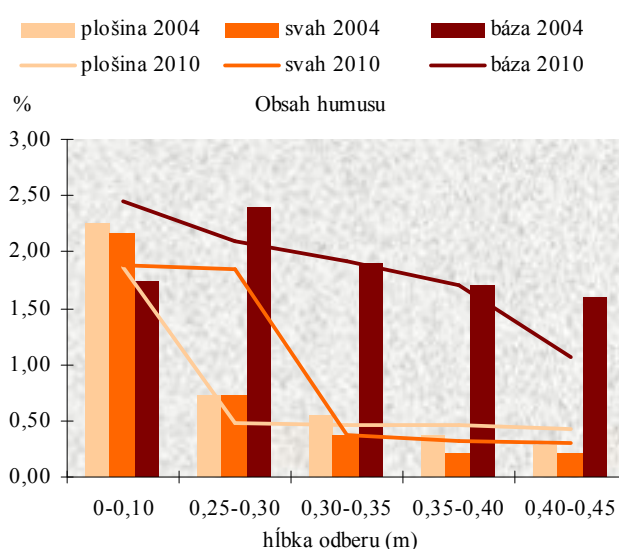
Negatívny vplyv erózie pôdy na kvantitatívne zmeny pôdnych parametrov sa prejavil významnou priestorovou heterogenitou prístupného fosforu a humusu, ktoré sú dostatočne pevne viazané na jemný podiel pôdnej hmoty a pri jej translokácii v rámci svahu sa premiestňujú spolu s ňou. Túto skutočnosť potvrdzuje aj profilová distribúcia obsahu prístupného fosforu a humusu v jednotlivých častiach erózneho transektu kedy sú ich obsahy na plošine a eróznej časti svahu výrazne nižšie v porovnaní s akumulácnou kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty. Tu sú ich obsahy merateľné ešte aj v hĺbke $0,45 \text{ m}$ (obr. 1, 2).

Časová dynamika zmien (za obdobie 2004 až 2010) sa prejavila v hĺbke $0-0,10 \text{ m}$ akumuláčnej časti svahu zvýšením obsahu fosforu a humusu (v porovnaní s rokom 2004), pričom v ostatných častiach sledovaného úseku došlo k ich úbytku. Je to spôsobené prebiehajúcimi eróznio-akumulačnými procesmi, proti ktorým treba tomto prípade využívať odporúčané protierózne opatrenia (napr. rozdelenie veľkého honu na viac menších, protierózne oševné postupy atď.).

Obr. 1



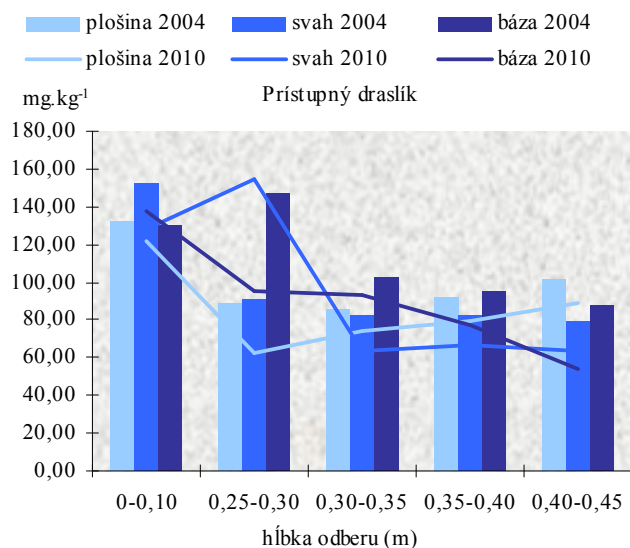
Obr. 2



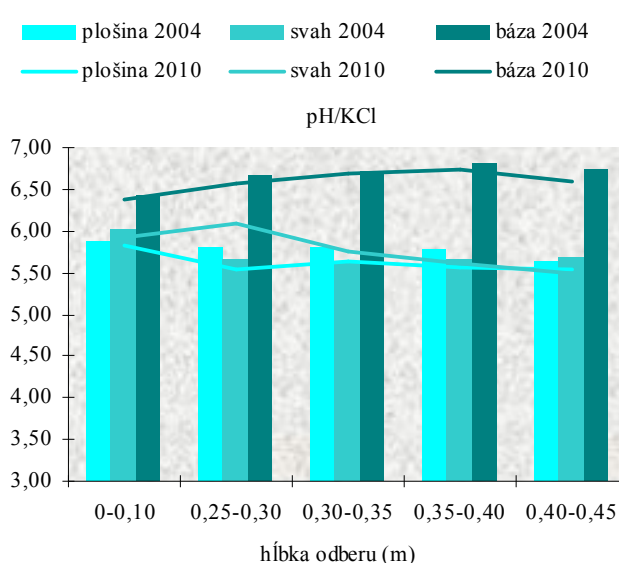
Výraznejšie zmeny v priestorovej distribúcii prístupného draslíka v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí katény neboli pozorované (obr. 3), nakoľko sa draslík na rozdiel od fosforu (ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy) môže nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu v relatívne vysokých koncentráciách. Vplyv erózie na časovú dynamiku tohto parametra nie je významný.

Pôdna reakcia sa v rámci jednotlivých pôdnych profilov referenčnej a eróznej časti svahu významne nemení a zaraďuje túto pôdu do kategórie slabo kyslá (obr. 4). Jej zvýšenie na hodnoty nad $6,5$ (kategória neutrálna) sme zaznamenali v celom vzorkovanom profile akumuláčnej časti monitorovaného úseku čo môžeme pripísať akumulácii splavených častí ornice z eróznej časti transektu. Významnejšie zmeny hodnôt pH v čase neboli pozorované.

Obr. 3



Obr. 4



V rámci celého sledovaného úseku prevláda stredne ťažká pôda pričom dominuje pôdny druh prachovito-hlinitá a prachovito-ílovito-hlinitá. Charakteristické pre tento pôdny druh je výrazné zastúpenie frakcie prachu (tab. 2). Vplyv erózie sa prejavil vyšším podielom prachovej frakcie a nižším zastúpením frakcie ílu v celom vzorkovanom pôdnom profile bázy svahu v porovnaní s ostatnými časťami sledovaného územia. V báze svahu dochádza k akumulácii zrnitostne ľahšej pretransportovanej pôdnej hmoty (prachové častice) pochádzajúcej z ornice eróznej časti svahu.

Tab. 2 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Novákoch

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	
plošina	0-0,10	26,29	60,56	13,15	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	28,83	59,93	11,24	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	30,04	52,98	16,98	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	30,38	55,48	14,14	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	33,20	55,61	11,19	prachovito-ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	32,03	57,66	10,31	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	30,44	57,18	12,38	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	27,63	62,72	9,65	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	26,72	62,34	10,94	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	26,15	62,49	11,36	prachovito-hlinitá
báza	0-0,10	19,40	65,20	15,40	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	18,03	67,20	14,77	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	16,82	67,51	15,67	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	16,74	66,26	17,00	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	17,12	70,13	12,75	prachovito-hlinitá

Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti prekračujúce limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy (>1,45 g.cm⁻³ pri celkovej pórovitosti < 45 obj.%) boli zaznamenané v podornici referenčnej a eróznej časti transektu (tab. 3). V kombinácii s relatívne nízkou pórovitosťou je podornica v týchto častiach svahu utlačená (Kosil, 1973). V báze svahu je

podornica kyprá čo je spôsobené akumuláciou pôdných častíc (najmä prachová frakcia) vplyvom eróznno-akumulačných procesov.

Tab. 3 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Novákoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm-3)		PO (obj. %)	
		2004	2010	2004	2010
plošina	0-0,10	1,56	1,43	37,64	46,30
	0,30-0,35	1,55	1,55	42,87	43,18
svah	0-0,10	1,41	1,45	47,56	45,98
	0,30-0,35	1,50	1,59	45,43	41,24
báza	0-0,10	1,32	1,41	50,45	47,17
	0,30-0,35	1,40	1,41	48,33	47,32

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Trstenej

Záujmová lokalita sa nachádza juhovýchodne od mesta Trstená v členitom reliéfe Oravskej kotliny v klimatickom regióne mierne chladnom s priemerným ročným úhrnom zrážok 850 mm (Hrnčiarová a kol., 2002). Sledované územie je charakteristické stredne ťažkými hlinitými, piesčito-hlinitými stredne hlbokými až hlbokými pôdami, ktoré sa vyvinuli na zvetralinách flyšových hornín predovšetkým pieskovcov. Transekt je lokalizovaný na ornej pôde na svahu so sklonom 7° až 10° pričom jeho dĺžka je 370 m. V odberovom roku sa v eróznej a akumulačnej časti pestovala trávna miešanka a vo vrcholovej časti sa nachádzal ovos. V rámci celého monitorovaného úseku sa vyskytuje pôdny subtyp kambizem pseudoglejová (Šály a kol., 2000). V jednotlivých častiach transektu sa líši len mocnosťou humusového horizontu (referenčný profil – 0,30 m, eróznny profil – 0,25 m, akumulačný profil – 0,55 m). Už z tohto je zrejma výrazná akumulácia pretransportovaných pôdných častíc v báze svahu.

V konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme využitím modelu USLE vypočítali potenciálnu a aktuálnu stratu pôdnej hmoty (trávna miešanka):

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 23,13 \quad K - 0,25 \quad L - 4,08 \quad S - 2,41$$

$$Ap = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{56,86 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (trávna miešanka):

$$R - 23,13 \quad K - 0,25 \quad L - 4,08 \quad S - 2,41 \quad C - 0,02 \quad P - 1$$

$$Aa = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{1,14 \text{ t/ha/rok}}$$

Aj v tomto prípade vypočítané hodnoty potenciálnej zaraďujú pôdu záujmovej lokality kategórie extrémnej erodovanosti nakoľko prekračujú limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok). Je to výsledok pôdno-klimatických a reliéfných charakteristík monitorovaného územia.

Pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (trávna miešanka) je pokles hodnoty aktuálnej erózie na 1,14 t/ha/rok veľmi výrazný čo pripisujeme vynikajúcemu protieróznemu účinku trávnych miešaniek

Na základe vypočítanej hodnoty potenciálnej straty pôdy, ktorá prekračuje eróznny limit (220/2004 Z.z.) mal by vlastník, alebo užívateľ pôdy (podobne ako v prípade záujmovej

lokality pri Novákoch) postupovať na tomto hone v zmysle zákona o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy aby nedošlo k ďalšej degradácii pôdy eróziou.

Prítomnosť pôdnej erózie na transekte potvrdzuje aj profilová distribúcia izotopu cézia v rámci jeho jednotlivých častí. Klasická schéma profilového rozšírenia cézia bola zaznamenaná v referenčnej a eróznej časti lokality (^{137}Cs sa nachádza iba v orbou premiešanom horizonte). V báze svahu (báza) kde dochádza k akumulácii pôdnej hmoty sme merateľnú koncentráciu ^{137}Cs stanovili až do hĺbky 0,50 m (tab. 4) čo korešponduje aj s hrúbkou humusového horizontu

Tab. 4 Profilová distribúcia ^{137}Cs v jednotlivých častiach transektu pri Trstenej

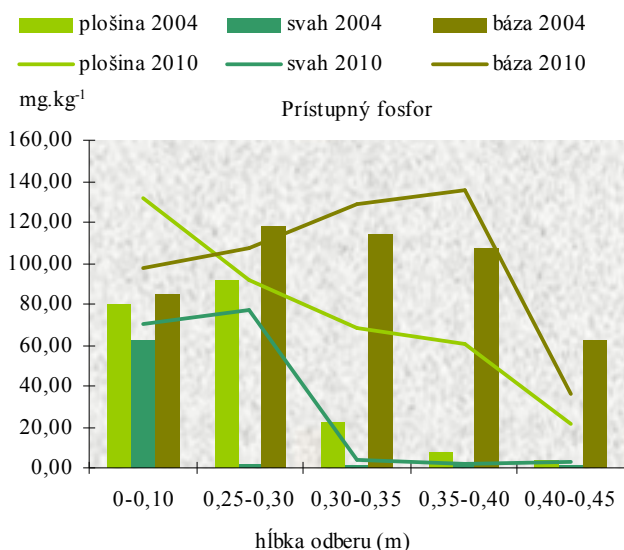
Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-10 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	8,5	2,9	0,8	-	
svah	7,2	0,2	0,8	-	
báza	8,3	8,0	7,8	4,4	1,9

Recentnú eróziu posudzujeme na základe rozdielu hĺbky výskytu ešte merateľnej koncentrácie ^{137}Cs v profiloch sond akumulácie (báza) a referenčnej (plošina) časti záujmovej lokality. Za obdobie cca 47 rokov bola pretransportovaná vrstva pôdy, ktorá vytvorila v báze svahu hrúbku 150 mm, z čoho vyplýva že priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty bola v tejto časti svahu vo výške vrstvy 3,19 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti (1,40 g.cm⁻³) to predstavuje 44,66 t/ha/rok. Priemerná ročná hodnota akumulácie pôdnej hmoty v báze svahu za obdobie približne 47 rokov prekračuje limit straty pôdy (220/2004 Z.z.) a potvrdzuje prítomnosť recentnej erózie v tejto záujmovej lokalite.

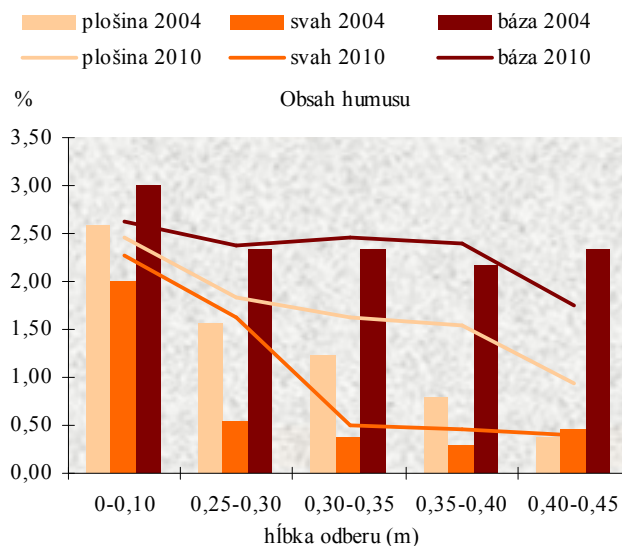
Výrazné zmeny obsahov prístupného fosforu a humusu v rámci monitorovaných častí transektu ako aj v rámci jednotlivých pôdnych profilov (priestorová heterogenita) sú výsledkom dlhodobého intenzívneho pôsobenia eróznno-akumulačných procesov na pôdu v tejto lokalite. V báze erózneho transektu kde dochádza k akumulácii pretransportovanej pôdnej hmoty zo svahu sú obsahy fosforu a humusu ešte aj v hĺbke 0,45 m niekoľkonásobne vyššie ako v rovnakej hĺbke pôdneho profilu referenčnej a eróznej časti (obr. 5, 6).

Časová dynamika zmien (za obdobie 2004 až 2010) sa výraznejšie prejavila len v prípade prístupného fosforu, kde vo všetkých častiach transektu došlo k zvýšeniu jeho obsahov. Plošné zvýšenie obsahu fosforu v ornici môže byť primárne ovplyvnené používaním priemyselných hnojív a nie vplyvom erózie.

Obr. 5

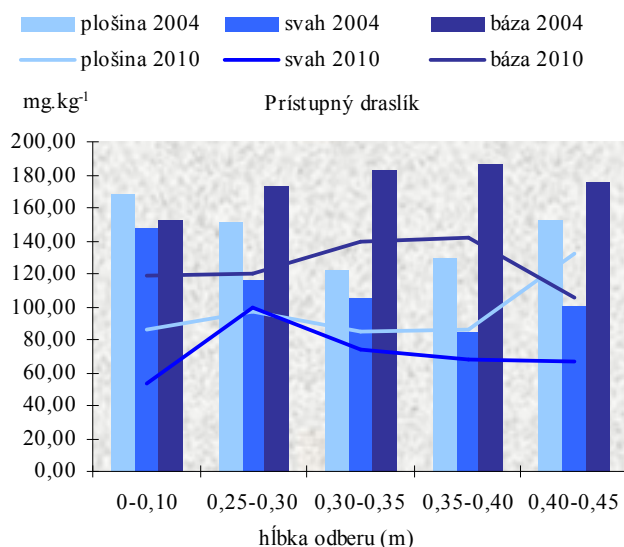


Obr. 6

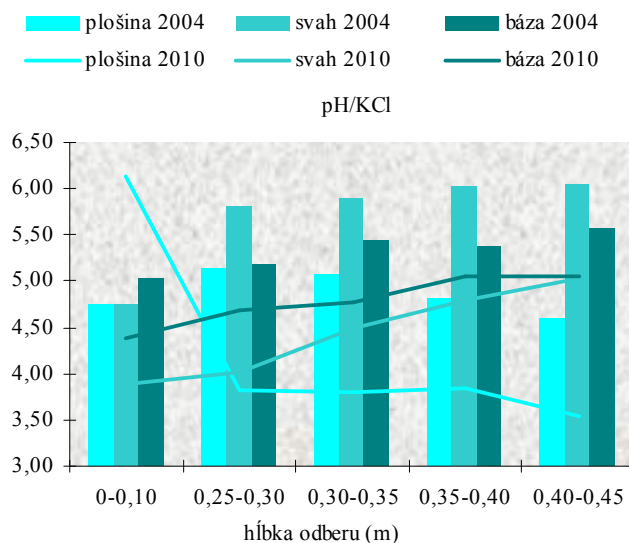


Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka sa prejavili predovšetkým znížením jeho koncentrácie v profile eróznej časti a naopak vyššie hodnoty sme namerali v celom vzorkovanom profile akumuláčnej časti (obr. 7). Spolu s uvoľnenými pôdnymi časticami dochádza k jeho transportu a následnej akumulácii v svahových depresiách. Za obdobie rokov 2004 až 2010 (časová dynamika) došlo k plošnému zníženiu obsahov draslíka v rámci celého sledovaného územia, čo môže byť spôsobené jeho spotrebou poľnohospodárskymi rastlinami. Hodnotami pôdnej reakcie sa pôda celého transektu zaraďuje do kategórie kyslá čo je ovplyvnené jej genézou na zvetralinách flyšu. Vplyv erózie na zmeny pH nie je významný. Výrazne zvýšená hodnota pH v hĺbke 0-0,10 m nameraná v roku 2010 v referenčnej časti záujmovej lokality môže ísť na vrub chybnéj analýzy nakoľko v hĺbke 0,25 m je už hodnota pH oveľa nižšia (obr. 8).

Obr. 7



Obr. 8



Pôda na transekte je stredne ťažká, hlinitá a piesčito-hlinitá. Vznikla na zvetralinách flyšu (predovšetkým pieskovcov) z čoho vyplýva aj vyšší podiel pieskových (0,05 – 2,0 mm), prachových (0,002 – 0,05 mm) a nižší podiel ílových (<0,002 mm) častíc. Vplyv erózie na priestorovú heterogenitu jednotlivých zrnitostných frakcií nie je významný nakoľko vo všetkých pôdných profiloch sledovaných častí erózneho transektu dominuje piesková a prachová frakcia (tab. 5)

V eróznej časti monitorovaného územia sme v ornici aj v podornici stanovili hodnotu objemovej hmotnosti prekračujúcu limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy (>1,45 g.cm⁻³ pri celkovej pórovitosti < 45 obj.%) (tab. 6). V ostatných častiach erózneho transektu sú (na základe objemovej hmotnosti a pórovitosti) vytvorené optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (Hanes a kol., 1996) pre rast a vývoj rastlín. Vplyv erózie pôdy na zmenu fyzikálnych vlastností v priestore je v tomto prípade nevýznamný.

Tab. 5 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Trstenej

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	15,60	36,15	48,26	hlinitá
	0,25-0,30	16,93	34,05	49,02	hlinitá
	0,30-0,35	18,48	36,40	45,12	hlinitá
	0,35-0,40	19,99	36,85	43,15	hlinitá
	0,40-0,45	35,55	41,06	23,38	ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	18,24	32,82	48,93	hlinitá
	0,25-0,30	17,85	34,15	48,00	hlinitá
	0,30-0,35	18,44	33,08	48,48	hlinitá
	0,35-0,40	17,45	32,69	49,86	hlinitá
	0,40-0,45	17,13	23,37	59,50	piesčito-hlinitá
báza	0-0,10	14,34	29,78	55,89	piesčito-hlinitá
	0,25-0,30	13,50	34,51	51,99	piesčito-hlinitá
	0,30-0,35	18,81	29,82	51,38	hlinitá
	0,35-0,40	15,15	34,00	50,85	hlinitá
	0,40-0,45	14,69	35,92	49,39	hlinitá

Tab. 6 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Trstenej

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm-3)		PO (obj. %)	
		2004	2010	2004	2010
plošina	0-0,10	1,32	1,27	50,34	52,63
	0,30-0,35	1,63	1,60	40,43	40,55
svah	0-0,10	1,55	1,60	40,20	40,28
	0,30-0,35	1,61	1,57	41,27	41,63
báza	0-0,10	1,35	1,40	49,06	47,56
	0,30-0,35	1,51	1,61	44,39	39,73

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Koliňanoch

Erózný transekt sme umiestnili severovýchodne od obce Koliňany (okres Nitra) v mierne členitom reliéfe Podunajskej pahorkatiny (klimatický región teplý mierne vlhký s miernou zimou s priemerným ročným úhrnom zrážok 650 mm) (Hrnčiarová a kol., 2002). Monitorovaný úsek sa nachádza na svahu so sklonom 10° -12° pričom jeho dĺžka je 300 m. Celá monitorovaná oblasť je charakteristická ťažkými prachovito-ílovito-hlinitými pôdami väčšinou hnedozemného typu, ktoré vznikli na polygenetických hlinách. Na celom sledovanom úseku sa nachádza hlboká hnedozem kultizemná (Šály a kol., 2000), ktorá sa v rámci transektu líši len mocnosťou humusového horizontu (referenčný profil – 0,30 m, erózný profil – 0,30 m, akumulčný profil – 0,60 m). Podobne ako v prípade transektu pri Trstenej už na základe hrúbky humusového horizontu v báze svahu vidíme že tu prebieha dlhodobá akumulácia pretransportovaných pôdnych častíc z eróznej časti svahu.

V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzala pšenica letná forma ozimná. Pre konkrétne pôdno-klimatické a reliéfné podmienky záujmovej lokality sme využitím modelu USLE vypočítali potenciálnu a aktuálnu stratu pôdnej hmoty:

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 28,62 \quad K - 0,30 \quad L - 3,68 \quad S - 3,40$$
$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 107,42 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (pšenica letná forma ozimná):

$$R - 28,62 \quad K - 0,30 \quad L - 3,68 \quad S - 3,40 \quad C - 0,11 \quad P - 1$$
$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = 11,81 \text{ t/ha/rok}$$

Hodnota potenciálnej erózie (107,42 t/ha/rok) vysoko prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok) a pôdu záujmovej lokality zaraďuje do kategórie extrémnej erodovanosti. Extrémne vysoká hodnota potenciálnej erózie je odrazom relatívne vysokých hodnôt jednotlivých erózných faktorov čo je spôsobené pôdno-klimatickými a reliéfnymi charakteristikami záujmového územia.

Aj pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (pšenica letná forma ozimná) vo výpočte je pokles straty pôdy na 11,81 t/ha/rok pomerne vysoké číslo (vysoká erodovanosť). Avšak v porovnaní s potenciálnou eróziou ide o oveľa nižšiu hodnotu. Zníženiu intenzity erózie dosiahneme kombináciou vhodnej pestovanej plodiny a protieróznej agrotechniky. V zhode so zákonom č. 220/2004 by mal užívateľ pôdy využívať účinnú protieróznú ochranu pôdy aplikovaním odporúčaných ochranných agrotechnických opatrení.

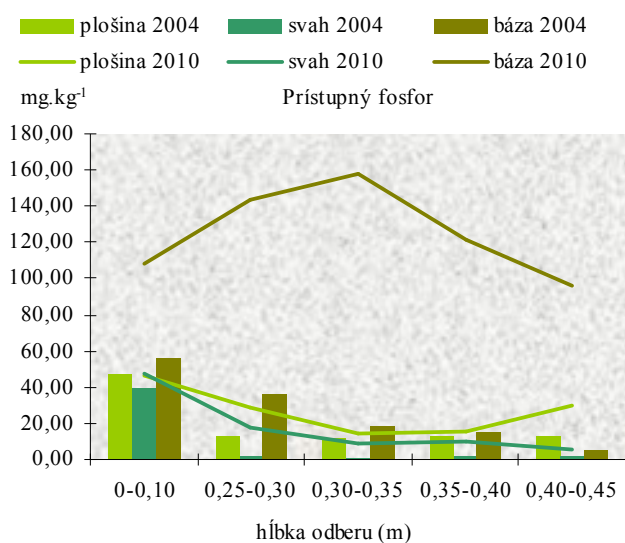
Porovnaním aktivity ^{137}Cs v pôdných profiloch akumuláčnej a referenčnej časti erózneho transektu sme zistili, že za obdobie od jeho najväčšieho spádu pribudla každoročne v báze hrubá vrstva pôdy s mocnosťou 2,13 mm (tab. 7). Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice akumuláčnej časti transektu (1,27 g.cm⁻³) získame hodnotu priemernej ročnej akumulácie pôdy, ktorá je v tomto prípade 27,05 ton z hektára plochy. Je to hodnota, ktorá vypovedá o prítomnosti recentnej erózie za obdobie približne 47 rokov.

Tab. 7 Profilová distribúcia ^{137}Cs v jednotlivých častiach transektu pri Koliňanoch

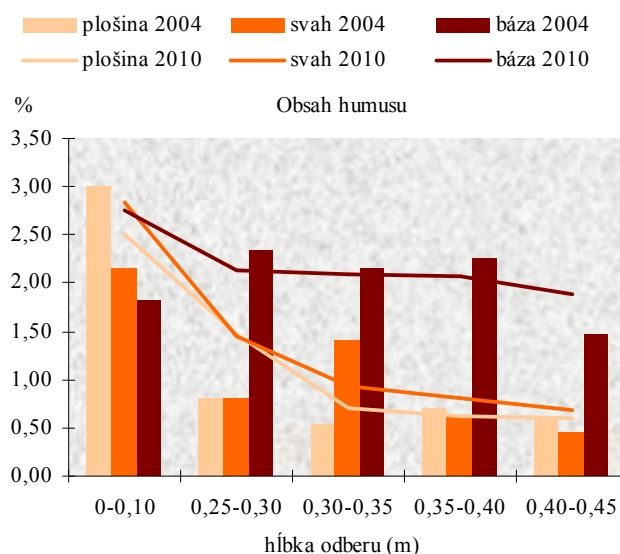
Transekt	137Cs (Bq.kg-1)				
	0-0,10 m	0,30-0,35m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	19,4	0,7	0,7	-	
svah	24,0	0,6	0,5	-	
báza	17,6	18,8	0,6	-	

Vplyv eróžno-akumulačných procesov sa prejavil priestorovou distribúciou prístupného fosforu a humusu v pôdných profiloch jednotlivých častí záujmovej lokality. Najvyššie hodnoty sme zaznamenali v rámci celého vzorkovaného pôdneho profilu v akumuláčnej časti transektu kde dochádza k akumulovaniu povrchovým odtokom pretransportovanej pôdnej hmoty (obr. 9, 10). Relatívne vysoké obsahy humusu sme namerali až do hĺbky 0,45 m. Čo sa týka časovej dynamiky zmien došlo v porovnaní s rokom 2004 k výraznému zvýšeniu obsahu prístupného fosforu v ornici aj podornici bázy svahu, čo môže byť výsledok intenzívnej eróznej činnosti v sledovanom období, pretože pri aplikácii anorganických hnojív by došlo k zvýšeniu obsahu fosforu plošne na celej lokalite. Časová dynamika zmien obsahov humusu bola nevýznamná.

Obr. 9



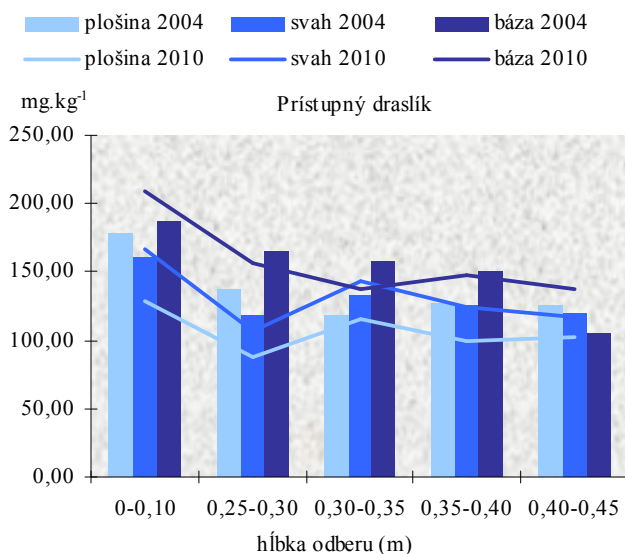
Obr. 10



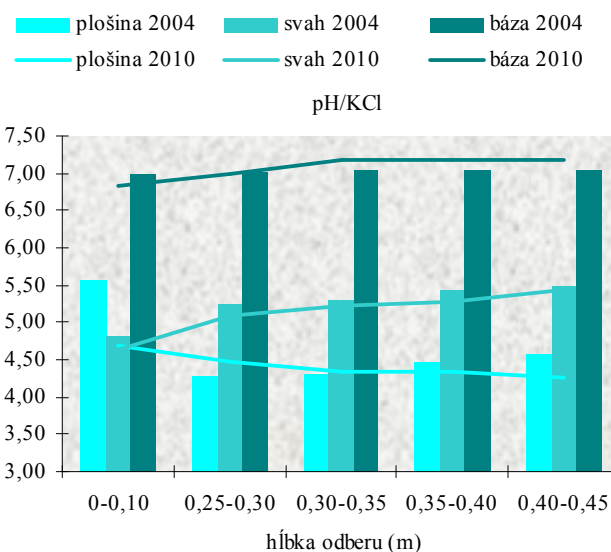
Najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka sme namerali v celom vzorkovanom profile akumuláčnej časti svahu kde dochádza k sedimentovaniu pretransportovaných pôdnych častíc (obr. 11). Spolu s uvoľnenou pôdnou hmotou dochádza aj k transportu a následnej akumulácii tohto makroprvku v svahových depresiách. K výraznejším zmenám v obsahoch za obdobie rokov 2004 až 2010 nedošlo.

Priebeh pôdnej reakcie v rámci erózneho transektu je významne ovplyvnený prebiehajúcou eróziou. V referenčnej časti a na svahu sme namerali oveľa nižšie hodnoty ako v báze. Je to spôsobené zmyvom vrchnejších častí pôdneho profilu, pričom sa na povrch dostáva kyslejšie podložie (polygenetické hliny). Je predpoklad, že podložie obsahuje ílový minerál kaolinit, ktorý sa považuje za tuhú kyselinu. Vyššie hodnoty pH/KCl v báze transektu sú výsledkom akumulácie splavených častí ornice (obr. 12).

Obr. 11



Obr. 12



Pre celú monitorovanú lokalitu je charakteristická ťažká, prachovito-ílovito-hlinitá pôda, ktorá vznikla na ťažkých polygenetických hlinách z čoho vyplýva aj vyšší podiel ílovej (<0,002 mm) a prachovej (0,002 – 0,05 mm) frakcie a nižší obsah pieskových (0,05 – 2,0 mm) častíc v pôdnom profile. Na plošine a v eróziu ovplyvnenej časti dominujú v celom pôdnom profile ílové a prachové frakcie (tab. 8), pričom v akumuláčnej časti je podiel frakcie prachu nižší a zvyšuje sa podiel jemného piesku. Vysoké zastúpenie frakcií ílu a prachu v eróznej, ale aj referenčnej časti svahu potvrdzujú skutočnosť, že odnosom vrchných vrstiev pôdy sa na povrch dostáva zrnitostne ťažšie podložie, ktoré sa prioráva k ornici.

Tab. 8 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Koliňanoch

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	23,97	61,86	14,17	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	28,65	61,29	10,05	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	34,27	56,14	9,60	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	31,42	62,59	5,99	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	29,91	55,92	14,17	prachovito-ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	27,35	58,32	14,32	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	29,81	60,31	9,88	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	33,17	53,81	13,02	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	35,10	51,53	13,37	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	35,11	53,25	11,64	prachovito-ílovito-hlinitá
báza	0-0,10	27,02	54,33	18,65	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	29,86	55,02	15,13	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	26,92	55,65	17,43	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	27,50	55,34	17,16	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	27,71	57,15	15,14	prachovito-ílovito-hlinitá

Vyšší podiel ílovej a prachovej frakcie v pôde sa prejavil vyššou objemovou hmotnosťou podornice vo všetkých častiach monitorovaného územia, ktorá vyššia ako je limit zhutnenia pôdy stanovený pre pôdny druh hlinité pôdy (>1,45 g.cm⁻³ pri celkovej pórovitosti < 45 obj.%). Na základe klasifikácie pôd podľa pórovitosti (Kosil, 1973) sa podornica v rámci erózneho transektu zaraďuje do kategórie utlačená.

Tab. 9 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Koliňanoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2004	2010	2004	2010
plošina	0-0,10	1,52	1,36	43,27	49,12
	0,30-0,35	1,53	1,49	44,96	45,20
svah	0-0,10	1,42	1,30	47,41	51,29
	0,30-0,35	1,48	1,53	46,09	43,52
báza	0-0,10	1,57	1,27	42,20	52,35
	0,30-0,35	1,58	1,56	42,45	42,15

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Detve

Záujmová lokalita sa nachádza severovýchodne od Detvy v členitom reliéfe vulkanického pohoria Poľana (klimatický región mierne teplý, mierne vlhký, pahorkatinový až vrchovinový s priemerným ročným úhrnom zrážok 750 mm) (Hrnčiarová a kol., 2002).

Pôdy sú tu stredne ťažké (hlinité), stredne hlboké až hlboké. Vyvinuli sa na zvetralinách vulkanických hornín. Celý sledovaný úsek je charakteristický pôdnym typom kambizem pričom v akumuláčnej a eróznej časti je subtyp kultizemný, pseudoglejový a v referenčnej časti je subtyp kultizemný (Šály a kol., 2000). Pribeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) - 0,28 m, svah (erózná časť) - 0,22 m, akumulčná časť - 0,60 m. Erózný transekt sa nachádza na ornej pôde (kukurica na siláž), jeho dĺžka je 390 m a svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 10° do 12°.

V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzal jarný jačmeň. Využitím empirickej rovnice USLE sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu stratu pôdnej hmoty:

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 31,08 \quad K - 0,32 \quad L - 4,20 \quad S - 3,40$$

$$Ap = R \cdot K \cdot L \cdot S = 142,02 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (jarný jačmeň):

$$R - 31,08 \quad K - 0,32 \quad L - 4,20 \quad S - 3,40 \quad C - 0,14 \quad P - 1$$

$$Aa = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = 19,88 \text{ t/ha/rok}$$

Vypočítaná hodnota potenciálnej erózie niekoľkonásobne prekračuje limit straty pôdy uvedený v zákone č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok). Pôda záujmovej lokality je potenciálne extrémne ohrozená vodnou eróziou (kategória erodovanosti: extrémna). Aj pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým je jarný jačmeň forma vypočítaná hodnota aktuálnej erózie je aj napriek dobrému protieróznemu účinku obilnín stále vysoká 19,88 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). Intenzitu erózie v daných podmienkach lokality znížime kombináciou pestovania plodín s dobrým protieróznym účinkom s aplikovaním vhodných protieróznych opatrení v zhode so zákonom 220/2004.

Schéma profilovej distribúcie ¹³⁷Cs v jednotlivých častiach záujmovej lokality potvrdzuje prítomnosť intenzívnej erózie. V referenčnej a eróznej časti svahu sa tento izotop nachádza iba v ornici (0-0,30 m) a pod ňou sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti. V akumuláčnej časti transektu bola ešte v hĺbke 0,50 m nameraná merateľná hodnota ¹³⁷Cs, čo potvrdzuje akumuláciu pôdnych častíc pretransportovaných vplyvom vodnej erózie z eróznej časti svahu (tab. 10)

Tab. 10 Profilová distribúcia ¹³⁷Cs v jednotlivých častiach transektu pri Detve

Transekt	137Cs (Bq.kg-1)				
	0-0,10 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	15,2	1,5	-	-	-
svah	11,7	0,6	-	-	-
báza	12,3	11,0	7,7	4,3	0,9

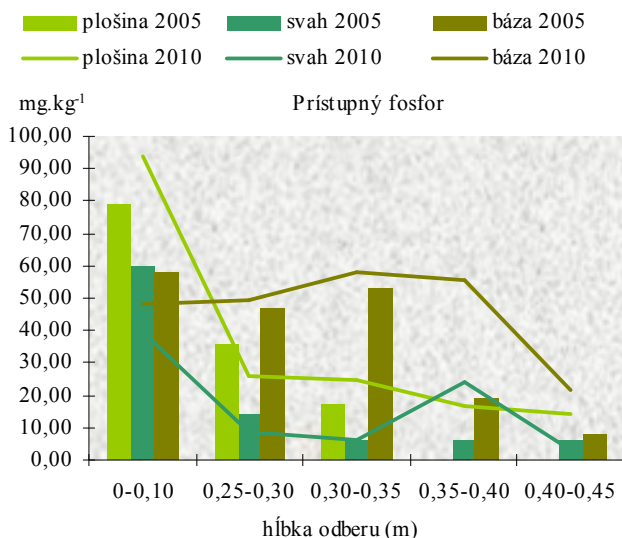
Rozdiel hĺbky merateľnej koncentrácie izotopu cézia v pôdnych profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu predstavuje vrstvu pôdy hrubú približne 150 mm čo v prepočte za obdobie od najväčšieho spádu cézia predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdy v hrúbke 3,19 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,31 g.cm-3) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 41,79 t/ha (extrémna erózia). Hodnota recentnej erózie potvrdzuje prítomnosť dlhodobu intenzívne prebiehajúcich eróznno-akumulačných procesov.

Pomerne výrazná priestorová heterogenita obsahov fosforu a humusu v pôdnych profiloch jednotlivých častí erózneho transektu je výsledkom negatívneho vplyvu eróznno-

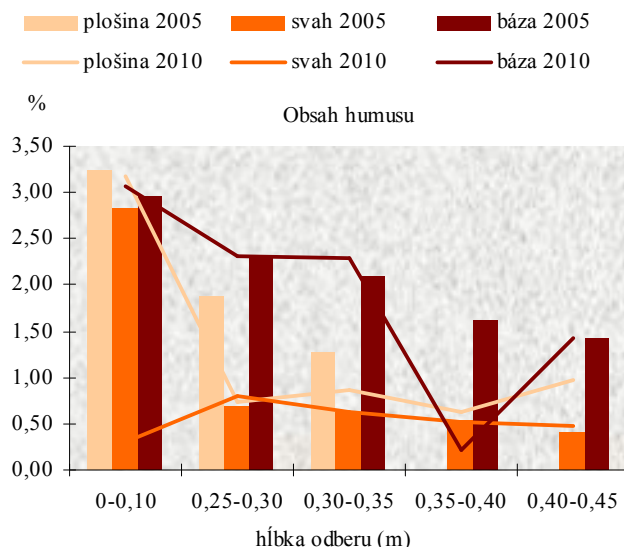
akumulačných procesov v tejto lokalite. V profilových priebehoch prístupného fosforu a humusu je viditeľné, že v eróznej časti svahu sú ich obsahy v podornici (0,30-0,35 m) v porovnaní s bázou svahu (akumulačná časť) niekoľkonásobne nižšie. Obsah humusu v akumuláčnej časti je ešte v hĺbke 0,40-0,45 m relatívne vysoký (obr. 13, 14).

Časová dynamika zmien sa výraznejšie prejavila v ornici eróznej časti svahu kedy v prípade prístupného fosforu aj humusu došlo za sledované obdobie rokov 2005 až 2010 k viditeľnému poklesu ich obsahov. V tomto období musela na transekte prebiehať intenzívna erózia, výsledkom ktorej bolo pretransportovanie pôdných častíc z eróznej časti a ich následná akumulácia v báze transektu.

Obr. 13

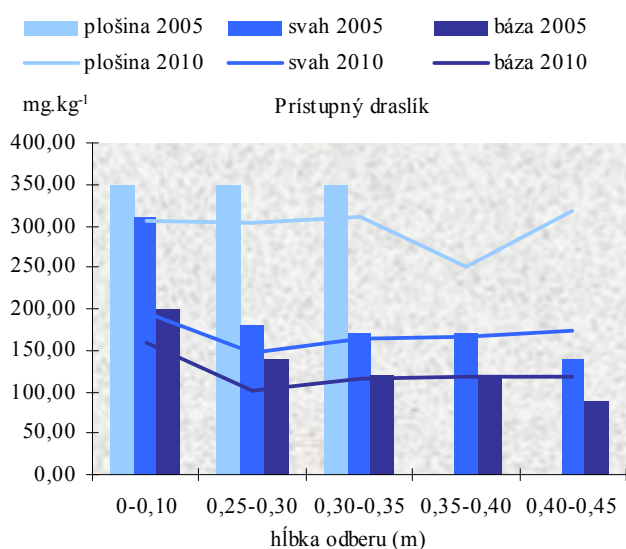


Obr. 14

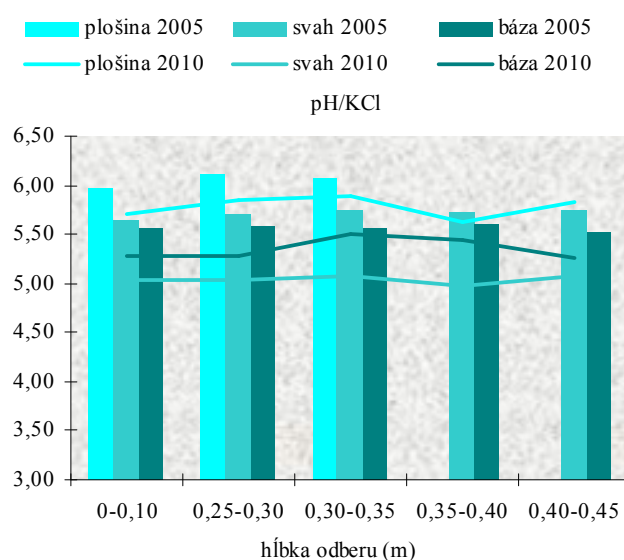


Vplyv erózie na priestorovú distribúciu prístupného draslíka sa hodnotí nie celkom jednoducho, nakoľko draslík je na rozdiel od fosforu, ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy sa môže nachádzať aj v hlbších častiach pôdného profilu. Profilová distribúcia prístupného draslíka v rámci jednotlivých častí katény je zaujímavá z hľadiska referenčného profilu kde sú jeho obsahy výrazne vyššie v porovnaní s eróznou a akumulácnou časťou (obr. 4). Vývoj tohto makroprvku v čase (časová dynamika) potvrdil vysoké obsahy draslíka v celom vzorkovanom profile referenčnej časti svahu (obr. 15).

Obr. 15



Obr. 16



Na základe hodnôt výmennej pôdnej reakcie z roku 2005 sa pôda na celom sledovanom transekte zaraďuje do kategórie slabo kyslá. V odberovom roku 2010 sme zaznamenali pokles pH v eróznej časti záujmovej lokality. Vplyvom intenzívnej erózie došlo k zmyvu vrchných vrstiev pôdy pričom sa na povrch dostáva kyslejšie podložie (obr. 16).

Na celom sledovanom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká (hlinitá) pôda, ktorej genéza prebehla na zvetralinách vulkanických hornín (predovšetkým andezitov) čo ovplyvnilo zastúpenie zrnitostných frakcií pôdy. V pôdnych profiloch jednotlivých častí sledovaného územia sme zaznamenali prevahu prachovej (0,002-0,05 mm) a pieskovej (0,05-2,0 mm) zrnitostnej frakcie. Na základe pomerne homogénneho zastúpenia všetkých zrnitostných frakcií v celom pôdnom profile sledovaných častí transektu môžeme konštatovať, že výraznejší vplyv vodnej erózie na transport jednotlivých frakcií nie je pozorovaný (tab. 11)

Tab. 11 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Detve

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)			
		< 0,002 mm íl	0,002-0,05 mm prach	0,05-2,0 mm jemný piesok	pôdny druh
plošina	0-0,10	19,62	29,66	50,72	hlinitá
	0,25-0,30	17,40	26,41	56,20	piesčito-hlinitá
	0,30-0,35	15,94	26,72	57,33	piesčito-hlinitá
	0,35-0,40	14,46	34,00	51,54	hlinitá
	0,40-0,45	17,93	30,99	51,08	hlinitá
svah	0-0,10	19,92	40,71	39,36	hlinitá
	0,25-0,30	19,49	31,39	49,12	hlinitá
	0,30-0,35	19,43	29,95	50,62	hlinitá
	0,35-0,40	22,79	27,10	50,11	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	24,28	23,54	52,18	piesčito-ílovito-hlinitá
báza	0-0,10	18,38	46,43	35,18	hlinitá
	0,25-0,30	20,14	48,84	31,02	hlinitá
	0,30-0,35	19,71	37,33	42,96	hlinitá
	0,35-0,40	18,64	47,07	34,30	hlinitá
	0,40-0,45	19,43	45,42	35,15	hlinitá

Objemovou hmotnosťou a pórovitosťou ornice sa pôda na lokalite zaraďuje medzi pôdy, ktoré vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu. Zmeny objemovej hmotnosti nie sú v rámci transektu výrazné (tab. 12). Podobne je to aj s celkovou pórovitosťou, ktorá sa v rámci jednotlivých častí záujmovej lokality mení len nepatrne. Podľa Kosila (1973) sa ornica na základe celkovej pórovitosti zaraďuje do kategórie mierne utlačená.

Tab. 12 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Detve

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm-3)		PO (obj. %)	
		2005	2010	2005	2010
plošina	0-0,10	1,23	1,25	52,34	51,91
	0,30-0,35	-	1,11	-	57,79
svah	0-0,10	1,23	1,35	52,65	47,71
	0,30-0,35	1,38	1,47	46,56	44,34
báza	0-0,10	1,30	1,31	50,25	50,38
	0,30-0,35	1,45	1,48	44,90	44,30

PO - celková pórovitosť

Záver

Na záujmových lokalitách Nováky, Trstená, Koliňany a Detva sme v zhode s cieľmi riešenej čiastkovej úlohy monitorovali vplyv erózie na pôdu a jej základné parametre v priestore (priestorová diferenciácia) a v čase (časová dynamika). Využívali sme nasledovné metódy:

- a) metódu stanovenia intenzity recentnej erózie využitím rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs (ako značkovacieho prvku), ktorého priestorovú distribúciu stanovujeme v pôdnych profiloch sond lokalizovaných po spádnicí erózneho transektu
- b) metódu sledovania kvantitatívnych zmien vybraných pôdnych parametrov (obsah humusu, prístupného fosforu a draslíka, zrnitostné zloženie, pH/KCl, fyzikálne vlastnosti) v priestore a čase
- c) metódu výpočtu potenciálnej a aktuálnej straty pôdy podľa rovnice USLE

Využitím univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE) v konkrétnych pôdno-klimatických a reliéfnych podmienkach záujmových lokalít sme vypočítali vysoké hodnoty, ktoré potvrdzujú prítomnosť intenzívnej eróžno-akumulačnej činnosti. Intenzita pôdnej erózie je v jednotlivých lokalitách rôzna (v závislosti od reliéfu územia, pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok, pôdneho typu atď.). Vo všetkých prípadoch hodnoty potenciálnej erózie (pri výpočte sa nezohľadňuje ochranný vplyv rastlinného pokryvu) vysoko prekračovali erózne limity uvedené v zákone 220/2004 Z.z. Pri tak vysokých hodnotách intenzity potenciálnej erózie dochádza ešte aj pri zohľadnení pestovanej plodiny (aktuálna erózia) k významným stratám pôdnej hmoty. V prípade erózných transektov pri Novákoch, Koliňanoch a Detve ani vysiate hustosiate obilniny (ktoré majú dostatočnú protieróznú účinnosť) nedokážu znížiť intenzitu erózie na úroveň strednej erodovanosti. Vo všetkých týchto prípadoch je erodovanosť vysoká. Intenzita erózie v daných podmienkach lokalít môže byť znížená iba v kombinácii pestovania plodín s dobrým protieróznym účinkom s aplikovaním vhodných protierózných opatrení v zhode so zákonom 220/2004.

Zhodnotením priestorovej variability izotopu ^{137}Cs v rámci pôdnych profilov jednotlivých častí erózných transektov môžeme konštatovať, že na všetkých sledovaných lokalitách dlhodobو pôsobia eróžno-akumulačné procesy (recentná erózia). Recentná erózia prebieha na monitorovaných územiach v posledných dekádach, teda v období s najväčšou intenzifikáciou poľnohospodárstva. Hodnoty priemernej ročnej straty pôdnej hmoty (resp. akumulácie v báze svahu), sú v porovnaní s hodnotami aktuálnej erózie vo všetkých prípadoch výrazne vyššie nakoľko si musíme uvedomiť, že sa jedná o eróziu za obdobie približne 47 rokov. Počas tohto časového úseku môže byť intenzita erózie jeden rok extrémna, ale na druhý rok (v závislosti od pestovanej plodiny, použitej agrotechniky, množstva a intenzity zrážok atď.) môže, výrazne poklesnúť až na minimálnu hodnotu.

Pôdne parametre prístupný fosfor a humus sa zaraďujú k vhodným indikátorom sledovania vplyvu eróžno-akumulačných procesov na pôdu nakoľko sú pomerne pevne fixované na povrchy jemného koloidného podielu pôdy a pri odnose a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii. Dlhodobou prítomnosťou pôdnej erózie na sledovaných lokalitách dochádza k výraznému poklesu ich obsahov v pôde erózných častí svahov a naopak k ich akumulácii a zvyšovaniu obsahov v pôdnych profiloch akumulčných častí (báza svahu). Takéto kvantitatívne zmeny prístupného fosforu a humusu v priestore (priestorová diferenciácia) sme zaznamenali na všetkých monitorovaných erózných transektoch.

Časová dynamika zmien obsahov fosforu a humusu za obdobie 2004 až 2010 sa prejavila len na transektoch pri Novákoch a Koliňanoch kedy v akumuláčnej časti svahu (báza) došlo k ich viditeľnému zvýšeniu (v porovnaní s rokom 2004), pričom v ostatných častiach sledovaného úseku došlo k ich úbytkom. Je to výsledok intenzívne prebiehajúcich

erózne-akumulačných procesov v tomto období. Plošné zvýšenie obsahu fosforu v ornici na celom sledovanom území transektu pri Trstenej môže byť primárne ovplyvnené plošným používaním priemyselných hnojív a nie vplyvom erózie.

Kvantitatívne zmeny obsahu prístupného draslíka v priestore (priestorová distribúcia) a čase (časová dynamika) v rámci pôdných profilov sme zaznamenali len v prípade erózných transektov pri Trstenej a Koliňanoch. V celom vzorkovanom profile eróznej časti svahu boli (v porovnaní s referenčnou časťou svahu) namerané nižšie obsahy a naopak vyššie koncentrácie sme namerali v pôdnom profile akumulačnej časti. Draslík (na rozdiel od fosforu) sa môže nachádzať aj v hlbších častiach pôdného profilu preto sa ťažšie hodnotí jeho úbytok resp. akumulácia. Za obdobie rokov 2004 až 2010 (časová dynamika) došlo k plošnému zníženiu jeho obsahov v rámci transektu pri Trstenej, čo môže byť spôsobené priamom tejto makroživiny poľnohospodárskymi rastlinami a nedodávaním draslíka do pôdy vo forme anorganického hnojiva.

Priestorové zmeny hodnôt pôdnej reakcie sme zaznamenali na transektoch pri Novákoch a Koliňanoch kde v bázach svahov dochádza k akumulácii pôdnej hmoty z ornícových horizontov erózných častí svahov. Výsledkom sú vyššie hodnoty pH/KCl v porovnaní s eróznymi časťami transektov, kde na povrch vystupuje (vplyvom straty pôdy a následným priorávaním) kyslejšie podložie tvorené v týchto prípadoch polygenetickými hlinami. Zmeny tohto parametra v čase boli nevýznamné.

Vplyv erózie pôdy na zastúpenie na jednotlivých zrnitostných kategórií sa významnejšie prejavil na transektoch pri Novákoch a Koliňanoch, kedy v erózných častiach svahov dominujú zrnitostné frakcie, ktoré sú väčšinovo zastúpené v spodnejších častiach pôdných profilov (ílová frakcia). Pôda sa vyvinula na zrnitostne ťažších polygenetických hlinách a odnosom vrchných vrstiev pôdy z erózných častí svahu sa dostáva na povrch zrnitostne ťažšie podložie, čo zákonite vedie k zvýšeniu obsahu ílovej frakcie už vo vrchných častiach pôdných profilov.

Objemová hmotnosť a pórovitosť ornice na všetkých sledovaných transektoch neprekračuje limity zhutnenia pôdy stanovený pre jednotlivé pôdne druhy (220/2004 Z.z.) a vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti a nižšie hodnoty pórovitosti v podornici všetkých monitorovaných lokalít čo je výsledkom nepreorávania týchto častí pôdných profilov.

Záverom môžeme konštatovať (v zhode s cieľmi riešenej čiastkovej úlohy), že na všetkých monitorovaných lokalitách, ktoré sme vyhodnocovali v tomto roku (Nováky, Trstená, Koliňany, Detva) dlhodobo prebiehajú intenzívne erózne-akumulačné procesy, čo potvrdzujú aj analýzy rádioaktívneho izotopu cézia ako aj výpočet priemernej straty pôdy podľa rovnice USLE. Erózia pôdy sa negatívne prejavuje na priestorových zmenách predovšetkým prístupného fosforu, humusu a pôdnej reakcie kedy v erózných častiach transektov sme zaznamenali významné zníženie obsahov týchto parametrov v pôdných profiloch (v prípade pH došlo k zníženiu hodnôt pôdnej reakcie). Výpočtom aktuálnej erózie sme zistili, že ani vysiate hustosiate obilniny, ktoré majú dostatočnú protieróznú účinnosť, nedokážu znížiť intenzitu erózie na požadovanú úroveň. V zhode so zákonom o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy (220/2004 Z.z) je nevyhnutné v daných podmienkach lokalít okrem pestovania plodín s dobrým protieróznym účinkom využívať aj účinnú protieróznú ochranu uvedenú v spomínanom zákone.

Použitá literatúra

- Fiala, K. a kol., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- Fulajtár, E., Janský, L., 2001: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.
- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J., 1996: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Hrnčiarová, T. a kol., 2002.: Atlas krajiny Slovenskej republiky (Landscape atlas of the Slovak Republic). Bratislava: Ministry of Environment of the Slovak Rep., 2002, 344 p. ISBN 80-88833-27-2
- Kosil, V. a kol., 1973: Půdoznalství I. II. SPN Praha, 1973
- Linkeš, V., Lehotský, M., Stankoviansky, M., 1992: Príspevok k poznaniu vývoja vodnej erózie pôd na pahorkatinách Podunajskej nížiny s využitím ¹³⁷Cs. Vedecké práce č. 17. VÚPÚ Bratislava, 1992, s. 111-120
- MPSR: Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov
- Slávik, O., den Besten, J.W., Cebecauer, T., Fulajtár, E., Hofierka, J., Horňák, M., Lehotský, M., van der Perk, M., Šúri, M., Walling, D.E., Wielinga, A., Zhang, Y.S., 2000: Radiocaesium redistribution in the Mochovce catchment, Slovakia. In: Perk M., et al.: Spatial redistribution of radionuclides within catchments: Development of GIS-based models for decision support systems. Final Report. Spartacus, EC Contract No. IC15-CT98-0215 Utrecht Centre for Environmental and Landscape Dynamics (UCEL) Faculty of Geographical Sciences Utrecht University, 2000, 93-125.
- Styk, J., 2007: Indication of erosive-accumulative processes intensity at using ¹³⁷Cs profile distribution on selected soil transect. Agriculture (Poľnohospodárstvo), Journal for agriculture sciences, 53, 2007 (1), Istia Nitra, p. 23-30
- Šály, R., a kol. 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s., ISBN – 80-85361-70-1
- Walling, D.E., Quine, T.A., 1993: Use of caesium-137 as a tracer of erosion an sedimentation. Handbook for the application of the caesium-137 technique. UK Overseas Development Administration Research Scheme R4579, University of Exeter, 1993
- Wischmeier, W.H., Smith, D.D., 1978: Predicting rainfall erosion losses – Guide to conservation planning, Agricultural Handbook 537, USDA, 1978

6.7 Hodnotenie zmien a trendov vlastností pôd využívaných na energetické účely

Jeden z hlavných nástrojov, ktoré majú do viesť EÚ k naplneniu jej troch základných cieľov energetickej politiky - konkurencieschopnosti, trvaloudržateľnosti a bezpečnosti dodávok energií - predstavujú v súčasnosti obnoviteľné zdroje energie (OZE). Využívanie obnoviteľných zdrojov energie má veľký význam nielen v oblasti ochrany životného prostredia, ale aj v oblasti ekonomickej a strategickej, a to potenciálom zníženia energetických nosičov, ktoré predstavujú v súčasnosti 90 % celkovej spotreby (Kriššák a i., 2006) Odpoveďou na environmentálne výzvy je záväzok EÚ „20-20-20“, teda do roku 2020 znížiť mieru produkcie emisií CO₂ o 20 percent v porovnaní s rokom 1990, zvýšiť podiel obnoviteľných zdrojov na energetickej skladbe na 20 percent a znížiť celkovú primárnu spotrebu energií rovnako o 20 percent. Cieľová hodnota pre zvýšenie OZE pre SR je 14 % (EPaR, 2009). Podpora pestovania energetických plodín je uvedená aj v uzneseniach vlády SR a s ich pestovaním sa počíta aj v schválenom Akčnom pláne využívania biomasy na roky 2008 – 2013 a v prijatom koncepčnom materiáli Dlhodobá stratégia využívania poľnohospodárskych a nepoľnohospodárskych plodín na priemyselné účely. Vzhľadom na jej technický potenciál sa predpokladá významné zvýšenie využívania biomasy (najmä na výrobu tepla) zo súčasného stavu 16 PJ na 66 PJ v roku 2020. K primárnej funkcii poľnohospodárstva, ktorou je zabezpečenie výživy ľudí pribúda nová, ktorou je využívanie poľnohospodárskych výstupov pre energetické účely. Táto funkcia poľnohospodárstva je integrovaná v spracovaných výhladoch a prognózach ďalšieho rozvoja poľnohospodárstva, stáva sa súčasťou koncepčných, strategických a legislatívnych nástrojov štátu a EÚ. V súčasnosti biomasa pokrýva asi 4 % z celkovej energetickej potreby EÚ, aby došlo k naplneniu európskych cieľov a záväzkov týkajúcich sa využívania obnoviteľných zdrojov energie, tento podiel by sa mal do roku 2030 zvýšiť na 12 %.

Vo Vízii vývoja Slovenskej republiky do roku 2020, vypracovanej Prognostickým ústavom SAV, autori predkladajú víziu multifunkčného poľnohospodárstva a jeho perspektívne tendencie, ako je tzv. zelený priemysel, ktorý bude v rastúcej miere využívať poľnohospodárske suroviny na nepotravinárske účely. Pôjde o využitie biomasy na energetické a iné rôznorodé využitie, čím sa udomácní exploatacia obnoviteľných zdrojov, a to aj ako vážny príspevok k ochrane i skvalitneniu životného prostredia a krajiny. Využívanie biomasy na energetické účely ovplyvní poľnohospodársku pôdu nielen po kvantitatívnej ale aj po kvalitatívnej stránke. Po zbere plodín na energetické účely je nevyhnutné dodávať do pôdy organickú hmotu, či už vo forme zapracovaných koreňov, strniska a odrolu z rastlín počas zberu ale aj hmotu vo forme zeleného hnojenia zo stratových zŕn, ktoré za priaznivých poveternostných podmienok vyklíčia. Táto organická hmota sa takto stane časťou náhrady napr. za pozberanú slamu určenú na energetické využitie.

Pestovanie plodín na energetické účely môže mať vplyv nielen na chemizmus pôdy, ale aj na jej fyzikálne vlastnosti, ako aj na proces erózie. Pôdna organická hmota, ktorej základnou zložkou je organický uhlík, je dôležitým faktorom pre tvorbu pôdnej štruktúry a stabilných agregátov, ovplyvňuje infiltračnú schopnosť pôdy, slúži ako pufrálny systém pri stabilizácii hodnôt pôdnej reakcie a ako energetický zdroj pre pôdne mikroorganizmy. Negatívny vplyv na chemizmus a fyzikálne vlastnosti pôdy môže viesť k znižovaniu produkčnej schopnosti pôdy. Mnohé poľnohospodárske plodiny využívané na účely energetiky, napríklad cukrová repa, nemajú dostatočný protierózný efekt a je potrebné ich striedanie s plodinami, ktoré takýto vplyv majú. Spôsob využívania biomasy ako aj spôsob a miera pestovania energetických plodín nesmie viesť k degradácii pôdy. Preto je dôležité poznať životný cyklus biomasy v kontexte so všetkými zložkami agroekosystému.

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné

prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu. Preto sú nevyhnutné metodické nástroje regulujúce väzby medzi ekonomickým rozvojom a spotrebou prírodných zdrojov, ku ktorým patrí aj pôda. V súčasnosti však nie je metodicky podložený spôsob kontroly kvality pôdy po ukončení pestovania rýchlorastúcich drevín po uskutočnení spätnej rekultivácie. Pri pestovaní rýchlorastúcich drevín môže dôjsť k značným zmenám vlastností pôdy, a to vplyvom rastúcich drevín na živinový potenciál, na vodný režim pôdy, pod zemou sa vytvára veľká hmota koreňového systému, môže dôjsť ku kompácii pôdy, zmene fyzikálnych vlastností (fyzikálne vlastnosti pôdy, vplyv rozsiahleho koreňového systému.). Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

Cieľom riešenia čiastkovej úlohy bude sledovanie stavu a vývoja indikátorov kvality pôdy využívanej na energetické účely, t.j. na pestovanie energetických plodín a na využívanie biomassy na energetické účely.

Materiál a metóda

V súčasnej literatúre je možné nájsť rôzne definície pôdnej kvality, ale najčastejšie citovaná je Karlenova (Karlen et al. 1997) definícia, ktorá definuje kvalitu pôdy ako jej schopnosť vykonávať funkcie pri konkrétnom spôsobe využitia. Stanovenie kvality pôdy odráža biologické, chemické a fyzikálne vlastnosti, procesy a ich interakcie (Karlen et al. 2001). Kvalita akejkoľvek pôdy závisí z časti na prirodzenom pôdnom zložení (prirodzená pôdna kvalita), ktoré je funkciou pôdotvorných faktorov (napr. materská hornina), ale tiež na zmenách v dôsledku využívania pôdy človekom (dynamická pôdna kvalita) (Pierce & Larson 1993).

Expertné modely hodnotenia kvality pôdy vyvinuté na VÚPOP (Makovníková et al. 2007, Bujnovský et al. 2009), hodnotenia jej jednotlivých funkcií, budú východiskom pre vytvorenie metodiky kontroly kvality pôdy v prípade jej nepoľnohospodárskeho využitia. Expertné modely hodnotenia kvality pôdy vyvinuté na VÚPOP vychádzajú z definícií kvality pôdy na základe jej funkcií. Nakoľko kvalitu pôdy resp. jej zmeny nemožno vyjadriť na základe všetkých pôdných vlastností je nevyhnutné stanoviť minimálny súbor indikátorov. Minimálny súbor indikátorov (MDS) je najmenší možný rozsah pôdných indikátorov, spĺňajúcich kritériá indikátorov, ktorý dostatočne zabezpečuje hodnotenie kvality pôdy z hľadiska jednotlivých funkcií pôdy. Minimálny súbor indikátorov zahŕňa tak indikátory pôdy ako aj indikátory prostredia, ktoré ovplyvňujú konkrétnu hodnotenú funkciu.

Pri stanovení vplyvu pestovania rýchlorastúcich drevín na kvalitu pôdy sa najprv zadefinujú rozhodujúce pôdne funkcie podľa Karlenu (Karlen et al. 2006), následne bude vybraný MDS na základe expertných modelov vytvorených na VÚPOP a zvolené indikátory sa budú sledovať počas trvania jedného rastového a zberového cyklu rýchlorastúcich drevín. Okrem produkčnej funkcie sa zameriame na akumuláciu, filtračnú a transportnú funkciu a funkciu zachovania biodiverzity. Z hľadiska ochrany hydrosféry a rastlinnej produkcie patrí práve schopnosť pôdy filtrovať potenciálne rizikové prvky k najdôležitejším funkciám pôdy (Demo et al. 1998). Naším cieľom je determinovať minimálny súbor indikátorov kvality pôdy pri využívaní poľnohospodárskej pôdy na pestovanie rýchlorastúcich drevín a stanoviť limitné intervaly jednotlivých indikátorov z hľadiska kontroly a ochrany kvality pôdy.

Monitorovanie vybraných dynamických indikátorov kvality pôdy (indikátorov produkčnej funkcie - makro- a mikroživiny, obsah a kvalita orgnickej hmoty v pôde, indikátory kompaktie, celkový dusík, indikátorov pufrácie funkcie – hodnoty pH (aktívnej a výmennej) a filtračnej funkcie – potenciál anorganických polutantov a potenciál sorpcie pôdy) bude prebiehať v špeciálnej sieti lokalít na pôdach, využívaných na energetické účely. Monitoring bude prebiehať na lokalitách, ktoré sa využívajú na pestovanie rýchlorastúcich

drevín, na lokalitách, ktoré sa využívajú na pestovanie energetických plodín (napr. repka olejná) a na lokalitách, z ktorých sa zberá trávna biomasa na energetické účely.

V roku 2010 sme sa zamerali na výber lokalít určených na pestovanie rýchlorastúcich drevín, charakteristiku lokality a odber primárnych vzoriek.

Výsledky a diskusia

Monitorovacia lokalita je kruhového tvaru o polomere 10 m a celkovej ploche 314 m². (Fiala a i., 1999) Každá monitorovacia plocha je v strede charakterizovaná pedologickou sondou. Stredy monitorovacích lokalít sú geodeticky zamerané a zdokumentované súradnicami X, Y vo WGS. Pôdne vzorky sme odobrali z hĺbky: 0-10 cm, 20-30 cm, 35-45 cm a zo substrátu. Kľúčové monitorovacie lokality slúžia pre monitorovanie pôd v 1-ročných intervaloch aj so zohľadnením malopriestorovej variability parametrov pôd v rámci lokality, preto sa odber vzoriek uskutočnil nielen zo stredu monitorovacej lokality (vzorka č. 1), ale aj zo štyroch ďalších miest v tvare písmena Z, pričom vzorka č. 1 sa nachádza v strede písmena. Pôdne vzorky sa odoberajú tak, aby nedošlo k zmiešaniu dvoch rozdielnych pôdnych horizontov. Ojedinele sa totiž môže v uvedených rozpätiach nachádzať ostrá hranica medzi pôdnymi horizontami. V takýchto prípadoch sa hĺbka odberu posúva pod alebo nad hranicu medzi horizontami. Okrem odberu pôdnych vzoriek na chemický rozbor sme odobrali aj fyzikálne valce o objeme 100 cm³, 2 valčeky z hĺbky 0-10 cm a 2 valčeky z hĺbky 30-35 cm.

Pre sledovanie zmien kvality pôdy určenej na pestovanie rýchlorastúcich drevín sme vybrali dve plochy lokalizované v oblasti Záhorskej nížiny. Lokality reprezentujú pôdne typy, ktoré v kategórii skupín pôd vhodných na pestovanie rýchlorastúcich drevín (podľa Metodického usmernenia MP SR č. 3187/2007-430 sú to skupiny kvality pôdy 6 -9) majú najvyššie zastúpenie (Gonda a i., 2010). Ide o plochu vyčlenenú na pestovanie rýchlorastúcich drevín s ešte nezaloženým porastom, lokalita Vývrat a plochu, na ktorej je už 3-ročný porast rýchlorastúcej vrbky pestovanej na energetické účely, lokalita Kuchyňa.

Lokalita Vývrat, kambizem modálna



Lokalita Vývrat sa nachádza v mierne teplej a mierne vlhkej klimatickej oblasti. Patrí k stredne ťažkým pôdam, hlinitým. Do roku 1970 sa využívala ako orná pôda, neskôr ako trvalý trávny porast. Plocha je pripravená na výsadbu jelše pestovanej na energetické účely. Obsah skeletu v pôde sa výrazne zvyšuje s hĺbkou, a to od 15 % v hĺbke 0 – 10 cm do 80 % v hĺbke 35 – 45 cm.

Lokalita Kuchyňa, čiernica modálna na nekarbonátových substrátoch



Lokalita Kuchyňa sa nachádza v teplej pahorkatinovej klimatickej oblasti. Patrí k stredne ťažkým pôdam, hlinitým. V čase odberu vzoriek tu bol dvojročný porast vrbí pestovanej na energetické účely. Obsah skeletu v pôde sa výrazne zvyšuje s hĺbkou, a to od 5 % v hĺbke 0 – 10 cm do 80 % v hĺbke 35 – 45 cm.

Fyzikálne vlastnosti

V tabuľke 1 a 2 sú štatistické parametre základných fyzikálnych vlastností pôdy z lokality Vývrat a lokality Kuchyňa v hĺbke 0 – 10 cm a 35 – 45 cm.

Tab. 1 Štatistické parametre v hĺbke 0 – 10 cm

parameter	lokalita Vývrat			lokalita Kuchyňa		
	min	max	x	min	max	x
objemová hmotnosť v g.cm ⁻³	1,50	1,57	1,536	1,44	1,57	1,510
merná hmotnosť v g.cm ⁻³	2,61	2,61	2,61	2,63	2,63	2,63
vlhkosť v % objemu	21,98	31,33	28,056	19,12	25,96	23,658
nekapilárna pórovitosť v % objemu	5,36	10,30	7,80	8,64	13,32	11,07
celková pórovitosť v % objemu	39,71	42,60	41,117	40,28	45,33	42,582
maximálna kapilárna kapacita v % objemu	29,39	35,24	32,105	30,63	30,89	30,778
VzK – minimálna vzdušná kapacita v % objemu	6,34	11,08	9,010	9,40	14,51	11,804

min – minimum, max – maximum, x – aritmetický priemer

Tab. 2 Štatistické parametre v hĺbke 35 – 45 cm

parameter	lokalita Vývrät			lokalita Kuchyňa		
	min	max	x	min	max	x
objemová hmotnosť v g.cm ⁻³	1,65	1,81	1,737	1,60	1,610	1,604
merná hmotnosť v g.cm ⁻³	2,63	2,63	2,63	2,65	2,65	2,65
vlhkosť v % objemu	23,12	26,77	24,168	26,38	27,38	27,04
nekapilárna pórovitosť v % objemu	6,30	8,70	7,540	7,32	9,02	8,103
celková pórovitosť v % objemu	31,22	37,22	33,92	39,30	39,63	39,451
maximálna kapilárna kapacita v % objemu	22,77	27,11	25,26	29,31	31,03	30,382
minimálna vzdušná kapacita v % objemu	7,45	10,11	8,666	8,60	9,71	9,069

Agrochemická charakteristika lokalít

V tabuľke 3, 4 a 5 sú štatistické parametre agrochemických vlastností pôdy z lokality Vývrät a lokality Kuchyňa v hĺbke 0 – 10 cm, 20 – 30 cm a 35 – 45 cm

Tab. 3 Štatistické parametre v hĺbke 0 – 10 cm

parameter		lokalita Vývrät			lokalita Kuchyňa		
		min	max	x	min	max	x
pH v H ₂ O		5,51	6,15	5,80	5,62	5,91	5,81
pH v KCl		5,05	5,63	5,29	5,03	5,40	5,21
pH v CaCl ₂		4,98	5,78	5,31	5,03	5,36	5,23
výmenné kationy v cmol(p+).kg ⁻¹	Na ⁺	0,136	0,162	0,140	0,142	0,160	0,150
	K ⁺	0,410	0,820	0,558	0,380	0,570	0,506
	Ca ²⁺	4,810	14,700	8,460	9,390	13,000	11,230
	Mg ²⁺	0,340	1,120	0,616	0,690	1,020	0,890
Cox v %		1,76	2,24	1,97	2,19	2,32	2,25
Nt mg.kg ⁻¹		0,176	0,224	0,195	0,206	0,224	0,213
makroživiny v mg.kg ⁻¹	P	27,60	74,90	43,70	57,40	117,00	85,34
(Mehlich III.)	K	77,10	141,00	109,82	110,00	163,00	141,40
stopové prvky v rastlinách v mg.kg ⁻¹	Mg	50,70	145,00	79,78	92,70	134,00	114,40
	Cd		0,275			7,154	
	Pb		1,110			0,370	
	Cu		22,000			20,900	
	Zn		26,800			250,000	
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹	As	0,620	12,200	7,060	8,530	10,500	9,150
(celkový obsah)	Cd	0,237	0,610	0,369	0,943	1,185	1,050
	Co	5,000	13,600	7,940	8,560	14,000	11,060
	Cr	28,400	62,200	39,440	49,000	74,500	61,060
	Cu	7,650	21,900	12,490	35,300	41,800	37,980
	Ni	12,600	32,700	19,160	26,500	63,200	49,400
	Pb	6,310	29,600	17,440	9,350	17,900	12,630
	Zn	41,900	95,900	39,400	199,000	224,000	212,200
	Hg	0,057	0,073	0,065	0,039	0,050	0,043

Tab. 4 Štatistické parametre v hĺbke 20 – 30 cm

parameter		lokalita Vývrät			lokalita Kuchyňa		
		min	max	x	min	max	x
pH v H ₂ O		5,58	6,28	5,98	5,68	5,92	5,84
pH v KCl		5,03	5,70	5,42	5,08	5,34	5,26
pH v CaCl ₂		5,01	5,88	5,49	5,13	5,43	5,33
Cox v %		1,21	1,39	1,42	2,03	2,26	2,16
Nt mg.kg ⁻¹		0,125	0,199	0,147	0,193	0,218	0,207
makroživiny v mg.kg ⁻¹	P	15,30	67,60	37,76	54,60	94,30	73,88
	K	52,70	125,00	77,30	82,90	134,00	108,78
(Mehlich III.)	Mg	31,40	138,00	65,56	89,80	135,00	114,16
	As	4,530	11,900	6,780	9,220	11,400	10,080
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹	Cd	0,267	0,449	0,320	0,796	0,987	0,898
	Co	5,000	11,900	7,080	13,700	10,500	14,900
(celkový obsah)		Cr	29,400	67,400	41,600	51,200	55,280
		Cu	7,000	22,300	12,080	38,500	44,400
		Ni	11,500	34,500	19,260	53,200	69,500
		Pb	10,000	25,000	15,140	12,500	22,4000
		Zn	41,400	99,400	58,940	224,000	281,000
		Hg	0,056	0,109	0,073	0,039	0,045
							0,042

Tab. 5 Štatistické parametre v hĺbke 35 – 45 cm

parameter		lokalita Vývrät			lokalita Kuchyňa		
		min	max	x	min	max	x
pH v H ₂ O		5,79	6,29	6,07	5,80	6,16	5,99
pH v KCl		5,10	5,76	5,48	5,21	5,52	5,38
pH v CaCl ₂		5,14	5,92	5,57	5,31	5,68	5,50
Cox v %		0,82	1,41	1,09	1,79	2,31	2,07
Nt mg.kg ⁻¹		0,090	0,146	0,116	0,170	0,218	0,197
makroživiny v mg.kg ⁻¹	P	17,00	45,60	28,22	35,30	70,00	49,68
	K	47,00	136,00	73,72	78,90	106,00	88,90
(Mehlich III.)	Mg	30,80	80,30	74,14	119,00	158,00	134,20
	As	2,800	13,100	7,08	9,100	10,300	9,700
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹	Cd	0,208	0,360	0,278	0,693	0,822	0,777
	Co	5,000	11,300	6,523	13,700	16,500	14,460
(celkový obsah)		Cr	25,200	70,500	40,860	55,200	59,000
		Cu	0,200	25,200	11,942	40,000	45,100
		Ni	11,500	37,800	19,640	60,300	71,300
		Pb	4,120	39,400	13,680	19,600	21,400
		Zn	37,600	106,000	59,740	232,000	288,000
		Hg	0,049	0,074	0,056	0,034	0,042
							0,037

Tab. 6 Štatistické parametre v substráte

parameter		lokalita Vývrat	lokalita Kuchyňa
pH v H ₂ O		6,47	6,27
pH v KCl		5,24	5,60
pH v CaCl ₂		5,97	5,87
Cox v %		0,235	1,465
HK/FK			
Nt mg.kg ⁻¹		0,043	0,142
stopové prvky v pôde v mg.kg ⁻¹ (celkový obsah)	As	13,100	12,600
	Cd	0,161	0,686
	Co	8,170	13,700
	Cr	77,100	59,300
	Cu	25,200	47,800
	Ni	37,200	82,400
	Pb	9,340	20,400
	Zn	88,600	343,000
	Hg	0,101	0,038

Lokalita Vývrat patrí k pôdam so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie, predovšetkým v hĺbke 0 – 10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabo kyslej oblasti. Stredný obsah organickej hmoty nižšej kvality spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne až slabo rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (Makovníková, 2007).

Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah As je podlimitný a miene stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm a smerom k substrátu výrazne klesá, čo indikuje potenciálny antropogénny pôvod tohto prvku, nedosahuje však limitnú hodnotu. Obsah Co je podlimitný, bez výrazných profilových trendov, obsah Cr výrazne stúpa s hĺbkou a v substráte už prekračuje limitnú hodnotu. Obsahy Cu, Ni, Zn aj Hg sú podlimitné v celom profile s miernym stúpaním s rastúcou hĺbkou. Opačný trend má obsah Pb, ktorý je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm, avšak neprekračuje limitnú hodnotu.

Lokalita Kuchyňa patrí k pôdam so slabo kyslou až kyslou hodnotou pôdnej reakcie, predovšetkým v hĺbke 0 – 10 cm, pričom hodnota pôdnej reakcie len mierne stúpa s rastúcou hĺbkou odberu a aj v substráte patrí do slabo kyslej oblasti. Vyšší obsah organickej hmoty nižšej kvality v celom profile spolu s hodnotou pôdnej reakcie a stredným obsahom prístupných živín zaraďujú túto lokalitu k stredne rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii (Makovníková, 2007).

Celkový obsah anorganických polutantov na danej lokalite sme hodnotili v súlade so zákonom 220/2004 Z.z. Obsah As je podlimitný a miene stúpa smerom k substrátu. Obsah Cd je najvyšší v hĺbke 0 – 10 cm a smerom k substrátu klesá, výrazne však prekračuje limitnú hodnotu v hĺbke 0 – 10 cm, 20 – 30 cm aj 35 – 45 cm, lokalita Kuchyňa patrí medzi kontaminované lokality. Obsah Co je bez výrazných profilových trendov, avšak v hĺbke 20 – 30 cm a 35 – 45 cm je obsah tohto prvku nad limitnou hodnotou stanovenou pre tento prvok. Obsah Cr je bez výrazných profilových trendov. Obsahy Cu, Pb aj Hg sú podlimitné v celom profile s miernym stúpaním s rastúcou hĺbkou. Opačný trend pozorujeme v prípade Ni a Zn, ktoré v celom profile výrazne prekračujú nadlimitné hodnoty.

Hodnota pH v slabo kyslej až kyslej oblasti, stredný obsah organickej hmoty v pôde spolu s celkovým obsahom anorganických polutantov radia lokalitu Vývrat k pôdam so strednou kategóriou schopnosti pôd imobilizovať anorganické polutanty a lokalitu Kuchyňa k pôdam so strednou až nízkou kategóriou pôd imobilizovať anorganické polutanty. Nižšia schopnosť imobilizácie spolu s akumulácnou schopnosťou vŕby sa na tejto lokalite výrazne prejavila vysokými obsahmi Cd a Zn v rastlinách

Záver

Cieľom trvalo udržateľného rozvoja spojeného s efektívnym využívaním prírodných zdrojov je zabezpečiť, aby využívanie prírodných zdrojov a s tým súvisiaci dopad na životné prostredie, teda aj na kvalitu pôdy, nepresiahol únosnú kapacitu. Pre sledovanie zmien kvality pôdy určenej na pestovanie rýchlorastúcich drevín sme v prvom roku monitorovania vybrali, zamerali a komplexne charakterizovali dve plochy lokalizované v oblasti Záhorskej nížiny. Lokality reprezentujú pôdne typy, ktoré v kategórii skupín pôd vhodných na pestovanie rýchlorastúcich drevín majú najvyššie zastúpenie. Ide o plochu vyčlenenú na pestovanie rýchlorastúcich drevín s ešte nezaloženým porastom, lokalita Vývrat a plochu, na ktorej je už 3- ročný porast rýchlorastúcej vrby pestovanej na energetické účely, lokalita Kuchyňa.

Hodnotenie indikátorov kvality pôdy pri novom spôsobe využívania poľnohospodárskych pôd je nevyhnutnou súčasťou ich správneho využívania na energetické účely.

Literatúra

- Bujnovský R. , Balkovič J. , Barančíková G. , Makovníková J., Vilček J., 2009: Hodnotenie a oceňovanie ekologických funkcií poľnohospodárskych pôd Slovenska. VÚPOP Bratislava, 72 s., ISBN 978-80-89128-56-3
- Demo M. et al., 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra : SPU, 1998, 302 s. ISBN 80-7137-525-X.
- Fiala K. a kol., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 139 s., ISBN 80-85361-55-8
- Gonda, L., Abrham, Z., Andert, D., Gaduš, J., Gušťaříková, T., Kanianska, R., Kizeková, M., Kúnsky, M., Makovníková, J., Mališ, J., Obrcianová, D., Pepich, Š.: 2010: „ Poľnohospodárska biomasa – obnoviteľný prírodný zdroj. CVRV Piešťany a SAŽP Banská Bystrica, 2010, 118 str., ISBN 978-80-89128-54-9
- Karlen, D.L. - Mausbach, M.J. - Doran, J.W. - Cline, R.G. - Harris, R.F. - Schuman, G.E. 1997. Soil quality: A concept, definition, and framework for evaluation. In *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61, 1997, p. 4-10.
- Karlen, D.L., Andrews, S.S., Doran, J.W., 2001: Soil Quality: Current concepts and applications. *Advances in Agronomy*, 74, 40str.
- Karlen, D.L., Hurley, e.G., Andrews, S.S., Cambardella, C.A., Meek, D.W., Duffy, M.D., Mallarino, A.P., 2006: Crop rotation effects on soil quality at three northern corn/soybean belt locations. *Agron. J.*, 98, 484-495
- Kriššák P. – Jandačka, J. – Malcho, M.: Legislatíva a podporné mechanizmy súvisiace s energetickým využitím biomasy v SR. In: Biomasa ako zdroj energie, 6. – 7. 2006, Ostravica, ČR, str. 24-32, ISBN 80-248-1180-0
- Makovníková, J. - Barančíková, G. - Pálka, B. 2007. Approach to the assessment of transport risk of inorganic pollutants based on the immobilisation capability of soil. In *Plant, Soil and Environment*, vol.53, 2007, č. 8, s.365 - 373
- Makovníková J., 2007: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. Bratislava : VÚPOP, 2007, 30 s. ISBN 978-80-89128-37-2.
- Pierce F., Lal R., 1991: Soil management in the 21st century. In *Lal, F.J. - Pierce, F.J. (eds.), Soil management for sustainability*. Ankeny : Soil Water Conserv. Soc., 1991, p. 175-180.

- Pierce F., Larson W., 1993: Developing criteria to evaluate sustainable land management. In *Kimble, J.M. (ed), Utilization of soil survey information for sustainable land use. Proc. 8th Int. Soil Management Workshop*. Lincoln : USDA-SCS, National Soil Surv. Center, 1993, p. 7-14.
- Akčný plán využívania biomasy na roky 2008-2013. Bratislava : MPSR SR, 2008, 21s. [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete: <http://www.land.gov.sk/sk/index.php?navID=2&navID2=2&sID=26&id=1214>
- Úradný vestník Európskej únie. *Smernica Európskeho parlamentu a Rady 2009/28/ES, z 23. apríla 2009 o podpore využívania energie z obnoviteľných zdrojov energie a o zmene a doplnení a následnom zrušení smerníc 2001/77/ES a 2003/30/ES*. [on-line] [cit.2010-04-06]. Dostupné na internete: <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:140:0016:0062:sk:PDF>
- Zákon o pôde č.220 (2004). Zbierka zákonov, 220/2004, 2290-2292

6.8 Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja poľnohospodársky spustnuých pôd

V tejto časti venujeme určitý priestor pôdam, ktoré sú skôr na okraji záujmu, najmä čo do poľnohospodárskeho využívania, avšak z hľadiska ochrany životného prostredia predsa len zohrávajú významnú úlohu. Tzv. „spustnutie“ môže mať rôzny pôvod. Buď sa jedná o dlhodobo kontaminované pôdy, ktoré sa v minulosti využívali najmä salašníckym spôsobom (niektoré vysokohorské polohy, napr. hole Nízkych Tatier), taktiež pôdy v oblastiach, ktoré museli byť vysídlené z dôvodu výstavby vodných diel, aby nedošlo k znečisťovaniu nádrží s pitnou vodou. Taktiež sem zaradujeme pôdy, kde došlo k zmene druhu pozemku, či už vplyvom neefektívnosti doterajšieho využívania (najmä vzdialenejšie pozemky), vplyvom zmeny vlastníckych vzťahov a pod. I keď dôvodov na spustnutie pôd môže byť viac, v tejto časti uvádzame na príklade vybraných lokalít dopad spustnutia na zmenu a vývoj základných pôdnych vlastností pôd. I keď hlavným zámerom pre rok 2010 bol výber takýchto lokalít, v určitom predstihu podávame určitý obraz o súčasnom stave a príp. zmene niektorých dôležitých parametrov vlastností pôd vplyvom ich spustnutia na vybraných lokalitách.

6.8.1 Spustnuté pôdy vplyvom dlhodobého znečisťovania pôd (na príklade Žiarskej kotliny)

Príklad spustnutej pôdy v okolí hlinikárne v Žiarskej kotline je znázornený na obr. 1

Obr. 1 Spustnutá pôda v okolí hlinikárne Žiar N/H



Lokalita je výrazne sekundárne zasolená, a to vplyvom v minulosti porušenia starého drenážneho systému a prieniku alkalických tekutých odpadov do okolia. Tekuté alkalické odpady sa dostávali z porušených nádrží cez starý drenážny systém najmä vo vlhkých ročných obdobiach na povrch pôdy a čiastočne zriedené infiltráciou z povrchu kontaminovali pôdy. Preto sa najviac deštruované pôdy nachádzajú v mikropresiách. Základné parametre zasolenia tejto lokality sú uvedené v tab. 1

Tab. 1 Vývoj celkového obsahu solí a pôdnej reakcie na spustnutej lokalite v Žiari nad Hronom

Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí (%)				pH/H₂O			
	2007	2008	2009	2010	2007	2008	2009	2010
0-10	0,57	0,61	0,04	0,40	9,1	9,1	8,6	7,8
10-20	0,90	0,76	0,28	0,36	9,2	9,0	8,6	8,3
20-30	1,10	0,79	0,69	0,83	9,1	8,9	8,3	8,5
30-45	1,06	1,87	0,81	1,07	9,3	9,1	8,0	8,2
55-65	0,93	1,15	0,61	0,68	9,2	8,6	7,6	8,2
75-85	1,31	0,63	0,37	0,48	-	-	-	-

Všetky uvedené parametre dokumentujú výrazný stupeň zasolenia. Vysoké hodnoty sodíka pôsobia veľmi nepriaznivo aj na fyzikálne vlastnosti pôdy, najmä na znižovanie priepustnosti pôdy pre vodu a na peptizáciu pôdnych agregátov sodíkom. Pôda má veľmi málo rastlinám prístupnej vody, za sucha tvrdne, za mokra sa zabahňuje, a tým je veľmi ťažko obrábateľná. V tomto prípade sa jedná o spustnutú pôdu, ktorá sa už dlhšiu dobu poľnohospodársky nevyužíva, i keď pred založením hlinikárne v Žiari nad Hronom (r. 1953) sa jednalo o orné, intenzívne obhospodarované pôdy.

V nasledovnej časti uvádzame pôvodné vlastnosti (Linkeš, 1986) v minulosti poľnohospodársky využívanéj – ornej pôdy (v súčasnosti spustnutej).

pH/KCl:	5,8 – 6,3
ESP:	0,39 – 0,93 %
SAR:	0,04 – 0,06
ECe:	112 – 236 mS.m ⁻¹
odparok:	0,06 – 0,12 %
obsah humusu:	2,2 – 3,6 %

Uvedená charakteristika lokality je ešte z roku 1961, kedy tieto pôdy ešte neboli zasolené a kontaminované. Na základe porovnania uvedených tabuliek možno konštatovať, že počas 40-50 rokov došlo k výraznej degradácii pôdy, a teda aj jej spustnutiu (pretože tieto pôdy svojimi vlastnosťami nepredstavujú vhodné stanovište ani pre najmenej náročné plodiny).

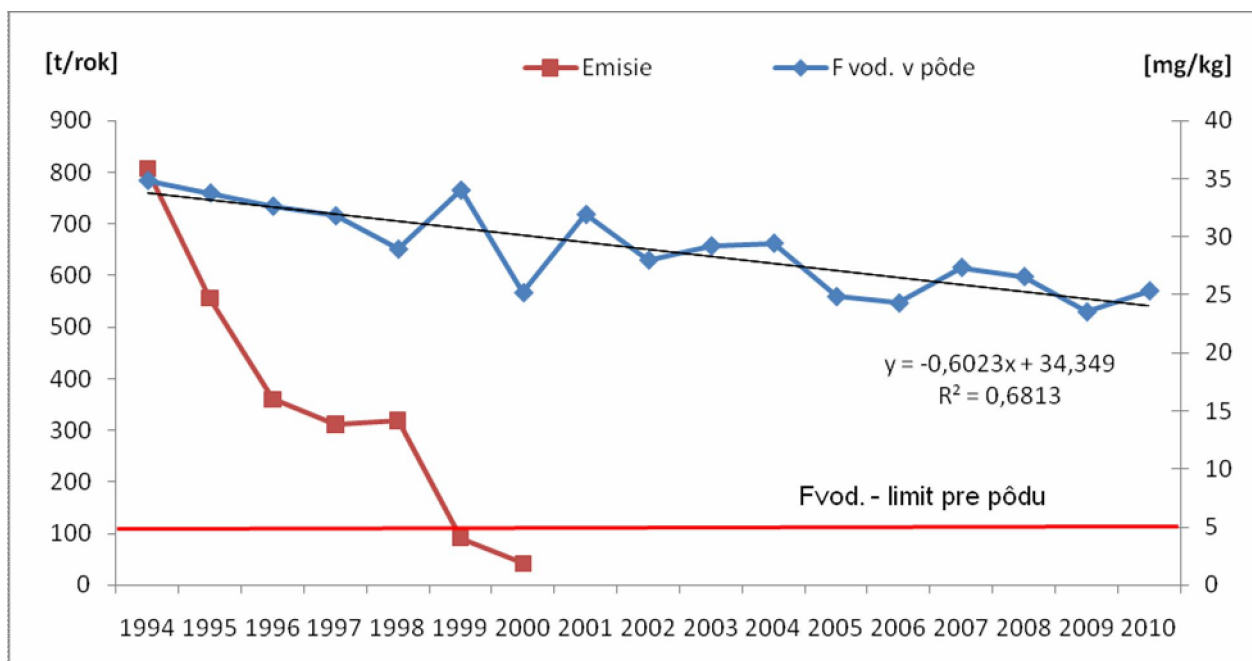
Oblasť Žiarskej kotliny sa spomína predovšetkým v súvislosti s fluórom, ktorý počas výroby hliníka emitoval do ovzdušia, ako aj do okolitého prostredia. Na nasledujúcom obrázku 2 je spustnutá pôda v k.ú. Horné Opatovce (pri Žiari nad Hronom), ktorá je od roku 1994 poľnohospodársky nevyužívaná (predtým orná pôda), a to práve vplyvom vysokej koncentrácie fluóru v pôde.

Obr. 2 Lokalita spustnutej pôdy oproti hlinikárni v Žiari nad Hronom (pseudoglej luvizemný)



Napriek tomu, že emisná situácia sa po roku 1990 značne zlepšila, najmä po roku 2000, kedy vplyvom modernizácie technológie výroby je už táto v norme, obsah fluóru v pôde v najviac zaťaženej zóne (Horné Opatovce) je ešte stále vysoký. Vidieť to na nasledovnom obrázku 3.

Obr. 3 Vývoj fluóru na spustnutej lokalite oproti hlinikárni v Žiari nad Hronom (pseudoglej luvizemný)



Výsledkom i keď veľmi mierne sa zlepšujúcej situácie fluóru v pôde, avšak pri jeho stále vysokých hodnotách v pôde (5-násobok platného hygienického limitu) je spustnutá pôda v súčasnosti poľnohospodársky nevyužívaná.

6.8.2 Spustnuté pôdy vplyvom primárneho zasol'ovania pôd

Tu bola vybraná lokalita na Východoslovenskej rovine (Malé Raškovce), ktorá bola v minulosti poľnohospodársky využívaná.

Obr. 4 Spustnutá primárne zasolená pôda – Malé Raškovce (Východoslovenská rovina)



V tomto prípade dochádzalo k postupnému zasol'ovaniu pôd vplyvom prevládajúceho výparného režimu pôd, vysokej hladiny podzemnej vody a jej pomerne silnej mineralizácie. Výsledkom sú menej priaznivé vlastnosti pôd pre ich poľnohospodárske využívanie. Základné parametre vybranej lokality takto spustnutej pôdy sú uvedené v tab. 2.

Tab. 2 Vlastnosti spustnutej primárne zasolenej pôdy (Malé Raškovce)

Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí (%)	ESP (%)	SAR	ECe (mS.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

Uvedená lokalita na rozdiel od predchádzajúcej zasolenej lokality (Žiarska kotlina) môže slúžiť skôr pre ochranu halofytnej flóry a fauny.

6.8.3 Spustnuté pôdy po zániku niektorých viníc

Špecifické postavenie majú tie spustnuté pôdy, ktoré sa rozširujú na mieste niekdajších viníc. Úbytok plôch viníc je všeobecne známy, tieto však často zostávajú bez ďalšieho poľnohospodárskeho využívania. Keďže sa jednalo o špeciálne plodiny s osobitnou agrotechnikou a výživou, bude zaujímavé sledovať ďalší vývoj vlastností takýchto spustnutých pôd. V tejto súvislosti sme vybrali takúto monitorovaciu lokalitu (Sása, okr. Galanta) na čiernici kultizemnej var. karbonátovej. I keď ide o dosť netypickú pôdu pre pestovanie viniča hroznorodého, v praxi najmä v minulosti, ale aj v súčasnosti nachádzame viacero podobných prípadov (napr. pestovanie viniča hroznorodého v Orechovej v okrese Michalovce pri ukrajinskej hranici na pseudogleji).

Doterajší vývoj základných pôdných parametrov na danej lokalite je uvedený v nasledovnej tabuľke 3.

Tab. 3 Vývoj vlastností spustnutej pôdy po vinici (Sása, ČA^a)

Monitorovací cyklus							
1. cyklus (1993 – 1997)				3. cyklus (2002 – 2006)			
Parametre							
pH/KCl	P(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	Humus %	pH/KCl	P(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	Humus %
7,57	63,80	312,24	3,12	6,85	36,23	358,88	2,46

Na základe dosiahnutých výsledkov na danej lokalite došlo za pomerne krátke časové obdobie k zníženiu hodnoty pôdnej reakcie, zníženiu obsahu prístupného fosforu a zníženiu obsahu humusu. Súčasná lokalita je v súčasnosti nevyužívaná zaburinená poľnohospodárska pôda. Na začiatku monitorovania išlo o rodiacu vinicu.

6.8.4 Spustnuté pôdy v dôsledku vysídlenia, resp. migrácie obyvateľstva

Fenomén pustnutia pôd sa prejavuje aj v regiónoch a lokalitách, kde došlo v minulosti k vysídleniu, resp. vplyvom výstavby vodných diel na pitnú vodu, a tým zamedzeniu ich znečisťovania. Taktiež v dôsledku postupnej migrácie obyvateľstva z vidieckych oblastí do miest, ako aj prirodzeného úbytku pôvodného obyvateľstva dochádza k pustnutiu pôd, kde súkromne hospodáriaci roľníci obhospodarovali úzke pruhy pozemkov a v súčasnosti tieto pozemky zarastajú burinou, samonáletmi drevín a kríkov.

V rámci uvedených foriem pustnutia pôvodne poľnohospodársky využívaných pozemkov boli vybrané 2 lokality v okolí vodného diela s pitnou vodou Starina, a to lokality Starina a Ruské. Jedná sa v oboch prípadoch o kambizem na flyšových substrátoch.

Obr. 5, 6 Spustnuté pôdy Starina a Ruské



Doterajší vývoj základných pôdných parametrov na uvedených lokalitách je uvedený v nasledovnej tabuľke 4.

Tab. 4 Vývoj vlastností spustnutých pôd vplyvom vysídlenia

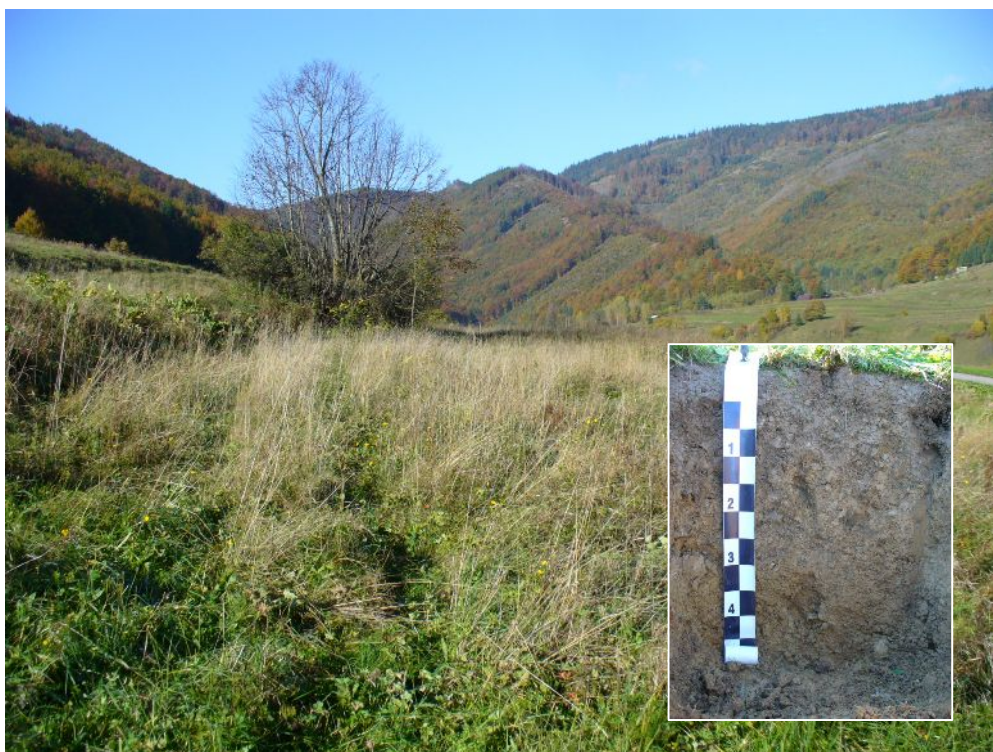
Lokalita	Monitorovací cyklus							
	1. cyklus (1993 – 1997)				3. cyklus (2002 – 2006)			
	Parametre							
	pH/KCl	P(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	Humus %	pH/KCl	P(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	K(Mehlich III.) mg.kg ⁻¹	Humus %
Starina (KM)	5,09	26,01	205,31	4,45	4,31	27,87	159,80	4,63
Ruské (KM)	4,80	29,03	213,27	5,93	3,67	27,87	264,57	10,38

KM – kambizem

V tejto časti hodnotíme vývoj základných vlastností pôd v okolí vodného diela Starina, a to na vybraných lokalitách v katastrálnych územiach Starina a Ruské, v súčasnosti už neexistujúcich obcí. Spádové obce patrili do povodia Stariny, a preto boli v záujme udržania kvality pitnej vody v nádrži Starina presídlené. Okolité pozemky boli väčšinou využívané drobnými roľníkmi, pričom ešte v súčasnosti sa zachovali zvyšky úzkych terás (políčok), ktoré sa využívali na pestovanie poľnohospodárskych plodín (zemiaky, ovos, zelenina). V súčasnosti sa tu zachovali ešte torzá starých ovocných stromov. Pozemky drobných roľníkov ani v minulosti nepatrili k intenzívne využívaným pôdam, o čom svedčí nízky obsah prístupných živín, najmä fosforu s nízkou úrovňou vápnenia (pôdna reakcia je kyslá až veľmi kyslá) – paleogénny flyš s prevahou pieskovcov. Vyšší obsah humusu zodpovedá pôdam pod trvalými trávnyimi porastami, pričom jeho obsah sa v poslednom období ešte zvýšil (vyraznejšie zapojený trávny porast so značným prekorením).

S fenoménom postupného pustnutia pôd sa stretávame vo viacerých oblastiach Slovenska aj v dôsledku postupnej migrácie obyvateľstva z vidieka do miest a zhoršovania demografickej štruktúry týchto oblastí. Ako jeden z príkladov bola vybraná lokalita v Osrblí na kambizemi.

Obr. 7 Spustnutá pôda na súkromných pozemkoch (terasách) - Osrblie



Typický príklad opustených úzkych terás, ktoré boli v minulosti využívané miestnym obyvateľstvom. V roku 2010 bola otvorená pôdna sonda, odobrané pôdne vzorky, ktoré budú analyzované a vyhodnotené. Táto lokalita tak obohatí sieť vybraných lokalít spustnutých pôd na základe kategorizácie ich postupného pustnutia, i keď v niektorých prípadoch nevylučujeme, že môže ísť o proces dočasný.

V tejto časti sme sa pokúsili na niektorých príkladoch poukázať na fenomén pustnutia pôd pôvodne poľnohospodársky využívaných s dopadom na zmenu ich základných pôdnych vlastností. Keďže v súčasnosti na Slovensku evidujeme takmer 500 tis. ha spustnutých pôd, bude potrebné aj v budúcnosti takýmto pôdam sa i naďalej venovať a ich monitorovať.

Literatúra

- Kobza, J. 2001. Vývoj spustnutých pôd. Ved. práce VÚPOP Bratislava, č. 24, 2001, s. 33-38. ISBN 80-85361-95-7.
- Kobza, J., Barančíková, G., Dodok, R., Hrivňáková, K., Makovníková, J., Náčiniaková-Bezáková, Z., Pálka, B., Styk, J., Širáň, M. 2009. Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Žiarskej kotliny s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení. VÚPOP Bratislava, 2009, 86 s. ISBN 978-80-89128-53-2.
- Linkeš, V. 1986. Vznik sekundárnych slancov v okolí deponií odpadov z výroby hliníka. Poľnohospodárstvo, roč. 32, 4. 5, 1986, s. 430-437.

7. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA A TVORBA VÝSTUPOV

Vstupom SR do EÚ sme sa stali súčasťou Európskej pôdnej politiky. Jej úsilím je mobilizovať a akcelerovať všetky Európske výskumné a vedecké kapacity zaoberajúce sa pôdou, jej postavením, úlohou a funkciami v životnom prostredí s dôrazom na jej ochranu v snahe zachovať ju v udržateľnom stave aj pre budúce generácie. To znamená, že problém riešenia nespočíva len v mechanickom zaznamenávaní získaných údajov v jednotlivých časových radoch, ale spočíva predovšetkým v jeho výskumnom a vedeckom chápaní úlohy pôdy v životnom prostredí. Pri realizácii výsledkov riešenia vychádzame preto z konkrétnych ohrození pôdy (v súlade s európskou stratégiou monitorovania pôd), ako sú kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, vývoj kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia pôdneho humusu, kompakcia a erózia pôd.

Získané poznatky z riešenia úlohy sú podkladom pre tvorbu realizačných výstupov – metodík, publikácií a doporučení, ktoré využíva Pôdna služba zriadená na základe Zákona 220/2004 Z.z. pri Výskumnom ústave pôdoznanectva a ochrany pôdy, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. V roku 2010 boli vypracované nasledovné realizačné výstupy:

- bola vypracovaná a vydaná publikácia: Kobza, J. a kol. 2010. „Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivných území vplyvu magnezitových závodov (Jelšava-Lubeník a Hačava) s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení“, VÚPOP Bratislava, 94 s. ISBN 978-80-89128-77-8
- bola vypracovaná a vydaná publikácia: Kobza, J. a kol. 2010. „Monitoring pôd Slovenska“, VÚPOP Bratislava, 40 s. ISBN 978-80-89128-73-0
- boli vypracované Jednotné pracovné metódy rozborov pôd (finalizácia odbornej publikácie do tlače)
- bol vypracovaný materiál „Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivného územia Horná Nitra s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení“ (finalizácia do tlače)
- priebežne bola vypracovaná a zdokonaľovaná databáza monitorovacej siete pôd Slovenska (v súčinnosti so SAŽP v Banskej Bystrici)

Svojím charakterom sa jedná o závažné a obsiahle materiály, hodnotiace najaktuálnejší stav a vývoj našich pôd, pričom získané poznatky sú využiteľné v decíznej sfére, v rôznych rezortoch a odvetviach národného hospodárstva, vo vede a univerzitách najmä environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú odbornú verejnosť, a to nielen unás, ale aj v rámci EÚ. Svedčí o tom aj zvyšujúci sa medzinárodný dopyt po dôležitých informáciách o aktuálnom stave a vývoji pôd Slovenska so zámerom ich postupného prepojenia do európskych štruktúr a databáz, čo napokon vyplýva aj z nášho členstva v EÚ.

8. PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA

Predpoklady úspešného riešenia úlohy v ďalších rokoch (podľa projektu 2010-2012) závisia od pridelených finančných prostriedkov, ktoré sú nevyhnutné pre realizáciu tejto úlohy. Za predpokladu, že finančné prostriedky budú v plánovanom rozsahu (bez ich krátenia), existujú reálne predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v požadovanom termíne, o čom svedčí aj odborne erudovaný pracovný tím riešiteľov, ktorí sa na realizácii tejto úlohy podieľajú. V opačnom prípade by to ovplyvnilo plánovaný rozsah riešenia.

9. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Plánované finančné prostriedky pre rok 2010 boli vyčerpané v súlade s Vykonávacím plánom (133 516.- €).

10. ZÁVER A PRÍNOS VÝSLEDKOV PRE VEDU A PRAX

V predkladanej správe za rok 2010 sme sa zamerali na hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja základných pôdných parametrov pre nasledovné pôdne predstavitel: podzoly, pseudogleje a luvizeme pseudoglejové, hnedozeme a regozeme pri zohľadnení druhu pozemkov (orná pôda, trvalé trávne porasty). Dosiahnuté a hodnotené výsledky nadväzujú na doterajší trend sledovaných vlastností pôd Slovenska. Ako najvariabilnejšie v čase sa ukazuje obsah pôdnej organickej hmoty, obsah makroelementov – fosforu a draslíka, vývoj kompaktie a erózia pôd.

Získané výsledky a poznatky z riešenia úlohy sú podkladom pre tvorbu realizačných výstupov – metodík, publikácií, doporučení, ktoré využíva Pôdna služba zriadená na základe Zákona 220/2004 Z.z. pri VÚPOP Bratislava, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. Dosiahnuté výsledky sú taktiež významné v decíznej sfére, ako aj v rezortoch a odvetviach národného hospodárstva, vo vede a univerzitách najmä environmentálneho zamerania, ako aj pre širokú odbornú verejnosť ako v rámci SR, tak aj v rámci EÚ pri uplatňovaní environmentálnej politiky v Európe.