



Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

TVORBA A HODNOTENIE POZNATKOV O VÝVOJI VLASTNOSTÍ PÔDNEHO KRYTU SR PRE EFEKTÍVNU OCHRANU PÔDY V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE

(priebežná správa za rok 2008)



Koordinátor výskumnej úlohy:
doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.

Bratislava, december 2008

Výskumný ústav pôdoznanectva a ochrany pôdy, Bratislava

**TVORBA A HODNOTENIE POZNATKOV O VÝVOJI
VLASTNOSTÍ PÔDNEHO KRYTU SR PRE
EFEKTÍVNU OCHRANU PÔDY
V POĽNOHOSPODÁRSKEJ KRAJINE**

(priebežná správa za rok 2008)

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

Bratislava, december 2008

TITULNÝ LIST

- Riešiteľské pracovisko:** Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy, Bratislava
- Štatutárny zástupca:** prof. RNDr. Pavol Bielek, DrSc.
- Názov kontraktu:**
- Názov výskumnej úlohy:** Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine
- Typ výskumnej úlohy:** priebežná za rok 2008
- Zodpovedný riešiteľ:** doc. 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./2008
- Ukončenie riešenia:** XII./2008

OBSAH

1. ÚVOD (J. Kobza).....	7
2. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POSTUPOV A PRIEBEHU RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA (J. Kobza).....	8
3. PRIEBEŽNÉ VÝSLEDKY RIEŠENIA ÚLOHY, ICH POROVNANIE S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A METODIKOU RIEŠENIA.....	11
3.1. Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (J. Kobza, J. Makovníková).....	11
3.2. Acidifikácia pôd (J. Makovníková).....	20
3.3. Salinizácia a sodifikácia pôd (R. Dodok).....	29
3.4. Kontaminácia pôd (K. Hrivňáková, Z. Bezáková).....	44
3.5. Obsah makro- a mikroelementov (J. Kobza).....	55
3.6. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty (G. Barančíková).....	65
3.7. Súčasný stav a vývoj kompaktie pôd (M. Širáň).....	83
3.8. Sledovanie erózie poľnohospodárskej pôdy na erózných transektoch (J. Styk).....	93
4. PLNENIE ÚLOH A UZNESENÍ Z POSLEDNEJ PRIEBEŽNEJ OPONENTÚRY (J. Kobza).....	109
5. NAVRHOVANÉ ZMENY V RIEŠENÍ ÚLOHY V POROVNANÍ S METODIKAMI A ICH ZDÔVODNENIE (J. Kobza).....	110
6. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA (J. Kobza).....	111
7. PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA (J. Kobza).....	112
8. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM (J. Kobza)	112
9. ZÁVER (J. Kobza).....	112

1. ÚVOD

Riešenie úlohy vyplýva zo schválenej výskumnej úlohy „Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine“ za účasti MP SR na obdobie rokov 2006 – 2009. Jej riešenie teda nadväzuje na riešenie z predchádzajúcich rokov 2006 a 2007.

Rok 2008 bol 2. rokom 4. monitorovacieho cyklu. V jeho 1. roku bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek v celej základnej monitorovacej sieti Slovenska, pričom v roku 2008 boli urobené analýzy v 6-tich skupinách pôd základnej siete tak, aby do ukončenia cyklu v roku 2011 boli urobené analýzy vo všetkých 24 skupinách pôd celej monitorovacej siete.

V roku 2008 boli analyzované a hodnotené nasledovné skupiny pôd:

- andozeme na vulkanitoch (TTP)
- kambizeme na vulkanitoch (TTP)
- kambizeme na vulkanitoch (OP)
- rendziny (TTP)
- rendziny (OP)
- černozeme na sprašiach (OP)

Z kľúčových lokalít boli hodnotené len tie, ktoré majú v danom roku príslušnosť k hodnoteným skupinám pôd. V roku 2008 bola hodnotená černozem kultizemná var. karbonátová na lokalite Voderady pri Trnave.

Tak ako každoročne, tak aj v roku 2008 bola realizovaná špeciálna sieť lokalít pre sledovanie salinizácie a sodifikácie pôd, ako aj pre sledovanie erózie pôd.

Keďže sa jedná o nový započatý cyklus monitorovania pôd, postupne prechádzame na nové analytické metódy, ktoré boli doporučené v rámci Tematickej stratégie pre ochranu pôdy v snahe lepšej implementácie výsledkov monitoringu pôd SR do európskych štruktúr.

2. STRUČNÁ CHARAKTERISTIKA POSTUPOV A PRIEBEHU RIEŠENIA ÚLOHY VÝSKUMU A VÝVOJA

2.1 Spôsob riešenia:

Riešenie úlohy je zamerané na zisťovanie najaktuálnejšieho stavu a vývoja poľnohospodárskych pôd Slovenska vo väzbe na spôsob ich využívania.

Riešenie úlohy bolo v roku 2008 realizované v rámci nasledovných odborných okruhov:

1. Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia

Riešenie zahŕňa niektoré teoretické problémy vyhodnocovania vývoja pôd, najmä pri implementácii nových analytických metód doporučených Európskou komisiou pre výkon európskeho monitoringu pôd. Súčasťou riešenia je aj vypracovanie multiplikatívnych empirických modelových vzťahov a funkcií pre stanovenie indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií pôdy pre hlavné pôdne typy Slovenska.

2. Acidifikácia pôd

Náplňou riešenia tejto časti je sledovanie stavu a vývoja indikátorov acidifikačných zmien, modelovanie potenciálnej zraniteľnosti pôd vzhľadom k acidifikácii a modelovanie vertikálnej a horizontálnej variability parametrov acidifikácie na vybranej kľúčovej lokalite.

3. Salinizácia a sodifikácia pôd

Monitoring vývoja solných pôd pokračoval aj v roku 2008 na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Intenzita procesov zasoľovania je sledovaná a hodnotená pomocou charakteristík vodného výluhu a nasýteného extraktu pôdy.

4. Kontaminácia pôd

Riešenie zahŕňa stanovenie a vyhodnotenie rizikových prvkov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska podľa pôdných typov, ktoré sa hodnotili v roku 2008.

5. Obsah makro- a mikroelementov

Súčasťou riešenia je stanovenie a hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja základných makroelementov (P, K) a mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

6. Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty

Riešenie spočíva v stanovení a hodnotení základných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov pôdnej organickej hmoty v poľnohospodárskych pôdach Slovenska

7. Súčasný stav a vývoj kompaktie pôd

Na základe stanovených základných fyzikálnych a hydrofyzikálnych vlastností ide o posúdenie stavu zhutnenia pôdy vo vzťahu k jeho limitom pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a jeho aktualizovanej verzie č. 219/2008 Z.z.

8. Hodnotenie vývoja vodnej erózie pôd

Cieľom tejto časti je sledovanie a vyhodnocovanie negatívneho vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny monitorovaných pôdnych parametrov (obsah humusu, pH, zrnitosť, fyzikálne vlastnosti a prístupný fosfor a draslík) na štyroch erózných transektoch (každý rok sa monitorujú 4 erózne transekty v 5-ročných monitorovacích cykloch). Súčasťou je taktiež stanovenie subrecentnej erózie (za posledných približne 40 rokov) na erózných transektoch na základe vyhodnotenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs) v jednotlivých častiach transektov.

2.2 Uskutočnené práce a aktivity na úlohe v roku 2008

1. Terénne práce

- bol uskutočnený odber pôdnych a rastlinných vzoriek z 21 kľúčových monitorovacích lokalít
- bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek zo špeciálnej siete lokalít (8) pre sledovanie salinizácie a sodifikácie pôd
- bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek zo štyroch transektov pre sledovanie vodnej erózie pôd
- súčasne boli pripravované a homogenizované pôdne vzorky z kľúčových lokalít, ako aj základnej monitorovacej siete pre ich analýzy

2. Analytické práce

- boli vykonané analýzy z kľúčových monitorovacích lokalít, zo špeciálnej siete lokalít pre hodnotenie salinizácie a sodifikácie pôd, ako aj z transektov pre sledovanie vodnej erózie pôd (z odberov v roku 2008)
- boli urobené analýzy z časti pôd základnej monitorovacej siete (ktoré boli plánované a hodnotené v roku 2008)

3. Databáza a vyhodnocovacie práce

V roku 2008 bola uskutočňovaná naďalej priebežná údržba a archivácia nameraných údajov do databázy. Súčasne bola vypracovaná publikácia – monografia o aktuálnom stave

a vývoji pôd za 3. monitorovací cyklus, ktorá je t.č. v tlači. Rokom 2008 začíname hodnotiť v poradí už 4. monitorovací cyklus, ktorého dielčie výsledky predkladáme už v tejto priebežnej správe.

2.3 Výstupy z riešenia úlohy za rok 2008

1. Monitoring pôd SR. Aktuálny stav a vývoj monitorovaných pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu. Publikácia (monografia) za 3. monitorovací cyklus (t.č. v tlači)
2. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. VÚPOP Bratislava, 2008, 58 s.
3. Hodnotenie zaťažených území pod vplyvom Mg-emisií (Jelšava – Lubeník a Hačava)
4. Odlišenie antropogénnej a geogénnej kontaminácie pôd (metodická príručka)
5. Hodnotenie sorpčnej kapacity humusu jednotlivých pôdných typov s využitím získaných poznatkov o chemickej štruktúre humínových kyselín
6. Metodická príručka pre sledovanie intenzity subrecentnej erózie poľnohospodárskych pôd vyhodnotením profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs)

Prvé dva výstupy už boli vypracované, ostatné sú v stave rozpracovanosti ako samostatné publikácie.

3. PRIEBEŽNÉ VÝSLEDKY RIEŠENIA ÚLOHY, ICH POROVNANIE S PLÁNOVANÝMI CIEĽMI A METODIKOU RIEŠENIA

3.1 Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia

Výkon monitorovacieho procesu spočíva v realizácii takého systému, ktorého pozorovacie stanovišťa poskytujú objektívny obraz o charaktere a vývoji pôd. Monitorovací systém pôd Slovenska tým, že je založený na **ekologickom princípe** (zahŕňa všetky hlavné pôdne predstavitele, geologické substráty, klimatické regióny, znečistené aj nekontaminované oblasti, oblasti ochrany vodných zdrojov, špeciálne kultúry – vinice, chmeľnice), môže poskytovať objektívne informácie podľa uvedených faktorov, ale aj podľa konkrétnych meraných parametrov, ktoré sa sledujú vo vzťahu ku konkrétnym ohrozeniam (threats to soil) tak, ako ich navrhuje EK pre výkon monitoringu pôd v členských krajinách EÚ.

Jedným z dôležitých faktorov zisťovania objektívneho vývoja sledovaných parametrov je používanie rovnakých metodických postupov vrátane jednotných analytických metód. Doterajšie metodické postupy sú realizované podľa záväzných metód rozborov pôd (Fiala et al., 1999). V zmysle Európskej stratégie pre ochranu pôdy – v časti Volume-V. Monitoring sa doporučuje používanie jednotných analytických metód (Van-Camp et al., 2004). Keďže v súčasnosti rozbiehame v poradí už 4. monitorovací cyklus, v snahe implementovať dosiahnuté výsledky v európskom kontexte, sme začali s aplikáciou uvedených doporučených analytických metód v našom monitorovacom systéme pôd. Tento krok nie je jednoduchý, naráža na určité špecifiká pri hodnotení pomerne širokého okruhu sledovaných parametrov pôdneho pokryvu Slovenska. Avšak i v tomto prípade existujú viaceré možnosti:

- ponechať pôvodné analytické metódy, už zaužívané v našom monitorovacom systéme pôd (podobne ako sa o to snaží Nemecko).
- aplikovať nové analytické metódy len v časti sledovaných parametrov pôd, najmä tam, kde je možné urobiť relevantný prepočet na pôvodne zaužívané metódy
- aplikovať nové analytické metódy pri všetkých sledovaných parametroch, avšak s rizikom, že pri niektorých doteraz hodnotených parametroch stratíme časovú kontinuitu, pričom sa budeme môcť zamerať len na skutkový stav
- dôležité je tiež zavádzanie nových metód pri parametroch pôdnych vlastností z hľadiska ich dynamiky, t.j. či tieto vlastnosti sa pravidelne monitorujú, alebo slúžia len na základnú, jednorázovú charakteristiku pôdnych monitorovacích lokalít

Ako najjednoduchšia sa javí samozrejme prvá možnosť, avšak s rizikom, že naše výsledky nebudú implementovateľné v európskom meradle, príp. len čiastočne. Totiž náš rozsah sledovaných parametrov je širší, ako doporučuje Európska komisia pre monitoring pôd, čo vychádza z komplexného hodnotenia pôd.

Aplikácii nových analytických metód predchádzalo ich testovanie na vybraných monitorovacích lokalitách a pôdach. Súčasne sme sa snažili rešpektovať aj náš Zákon č. 220/2004 Z.z., novelizovaný 219/2008 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy. Ide predovšetkým pri kontaminácii pôd zavedenie lúčavky kráľovskej. Keďže ide o určenie celkového (totálneho) obsahu rizikových prvkov, namerané hodnoty budú slúžiť skôr k jednorázovej charakteristike. Totiž cyklické opakovanie tohto extrakčného činidla v 5-ročných cykloch nemá svoje opodstatnenie. Pri nadlimitnom prekročení nameraných koncentrácií rizikových prvkov v lúčavke kráľovskej zavádzame v zmysle uvedeného zákona stanovenie bioprístupných foriem v extrakte $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ NH}_4\text{NO}_3$. Práve tieto formy sú zvlášť významné pri permanentnom monitorovaní pôd. Zmeny nastali tiež pri stanovení organického

uhlíka (Cox), kde namiesto mokrej cesty sme pristúpili k tzv. suchej ceste, ktorá sa v Európe i vo svete najviac používa. Na základe našich testovacích hodnotení, výsledky získané suchou cestou sú do značnej miery relevantné.

K určitej zmene sme pristúpili aj pri sledovaní obsahu prístupných živín – fosforu, draslíka a horčíka. Doteraz sme pri sledovaní a hodnotení prístupného fosforu používali metódu podľa Egnera, pri draslíku metódu podľa Schachtschabela a pri horčíku metódu podľa Mehlicha II. V súčasnosti pri uvedených prvkoch zavádzame metódu podľa Mehlicha III., ktorou meria aj ÚKSUP Bratislava v rámci Agrochemického skúšania pôd (ASP). Výkon ASP sa totiž vykonáva na základe Zákona o hnojivách č. 136/2000 Z.z. V znení neskorších predpisov je metodicky usmerňovaný Jednotnými pracovnými postupmi, ktoré vydáva Odbor agrochémie a výživy rastlín ÚKSUP Bratislava.

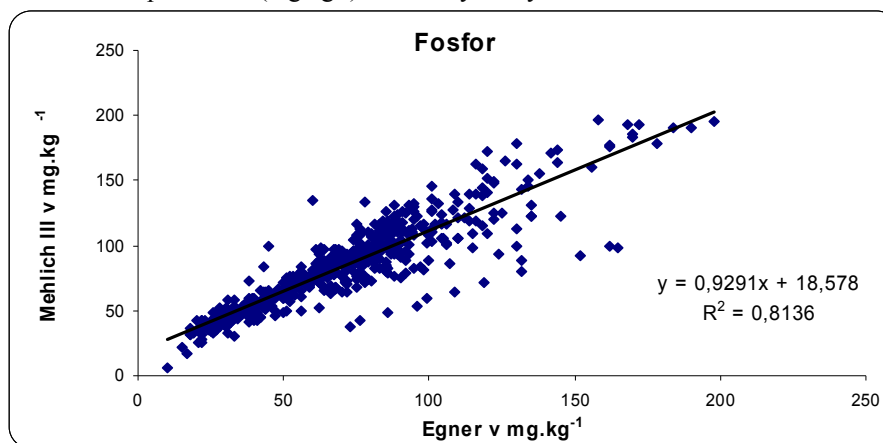
Na základe všetkých dostupných doterajších výsledkov stanovenia a hodnotenia prístupných živín pôvodnými metódami v rámci monitoringu pôd, ako aj ASP sme urobili porovnania rôznych metód stanovenia prístupných živín regresnou analýzou (Kobza, Gáborík, 2008) sú uvedené v tab. 1.

Tab. 1 Výsledky regresnej analýzy (jednoduchá lineárna regresia $y = mx + b$)

Prvok	Počet vzoriek	m	b	r^2
P (Egner)	595	0,9291	18,578	0,8136
K(Schachtschabel)	595	1,1376	28,982	0,8505
Mg (Mehlich II)	1200	0,983	4,5231	0,9475

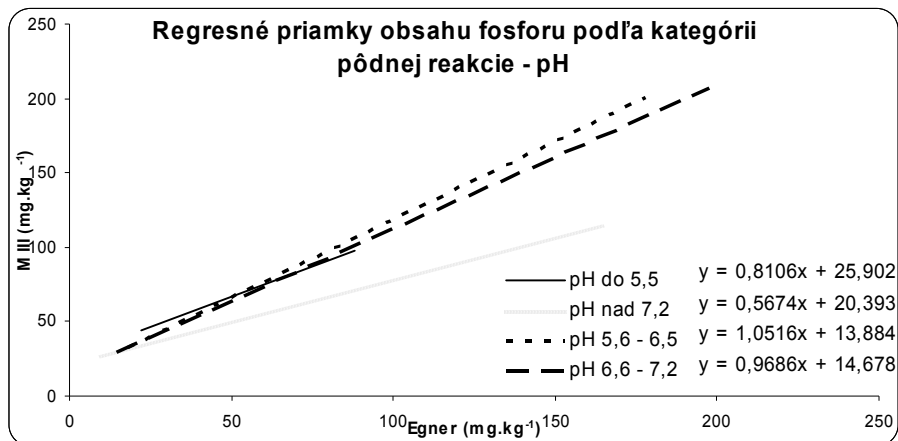
y – Mehlich III; x – Schachtschabel, Egner, Mehlich II;
 r^2 - koeficient determinácie

Obr. 1 Regresná závislosť pre fosfor (mg.kg^{-1}) stanovený rôznymi metódami



Regresná závislosť pre fosfor je znázornená na obr. 1. Pri štatistickom porovnávaní fosforu, stanoveného analytickými metódami Mehlich III. a Egner, namerané hodnoty ukazovali značnú variabilitu (obr. 1). Zo súboru vzoriek v počte 595 bola táto variabilita priamo závislá na hodnote pôdneho roztoku (pH). Regresné závislosti zohľadňujúce vplyv pH sú znázornené na obr. 2.

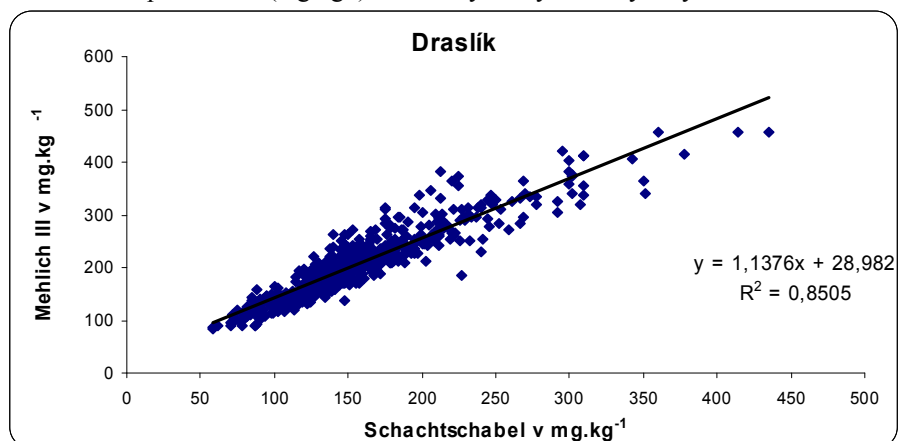
Obr. 2 Regresné priamky obsahu fosforu podľa kategórií pôdnej reakcie (mg.kg^{-1})



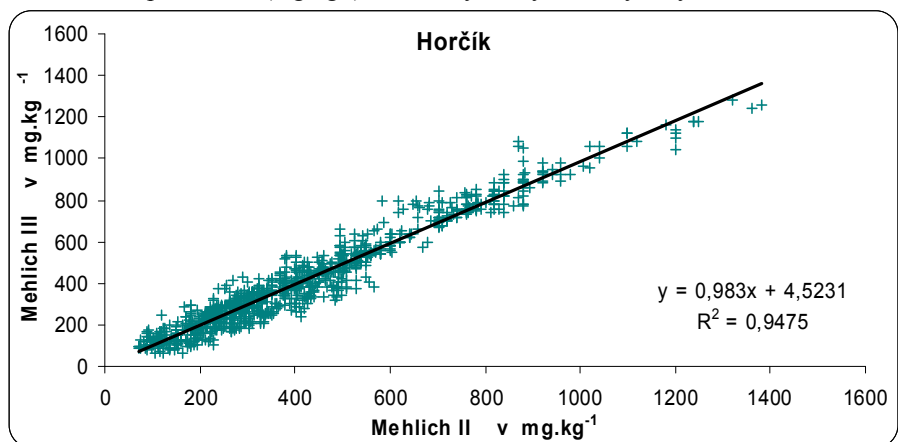
Tu sú uvedené aj rovnice na detailnejšie prepočítanie fosforu stanoveného týmito dvoma analytickými metódami.

Regresné závislosti pre draslík a horčík stanovených rôznymi analytickými metódami (doterajšími a novými) sú znázornené na obr. 3 a 4.

Obr. 3 Regresná závislosť pre draslík (mg.kg^{-1}) stanovený rôznymi analytickými metódami



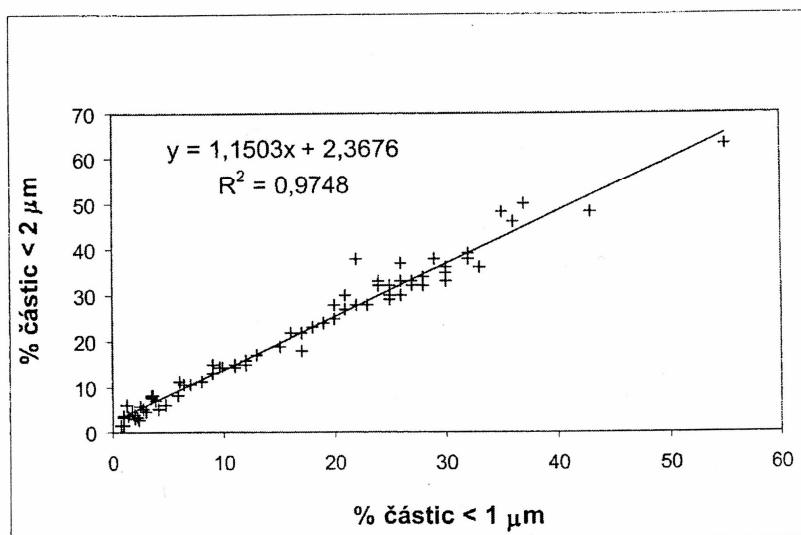
Obr. 4 Regresná závislosť pre horčík (mg.kg^{-1}) stanovený rôznymi analytickými metódami



Na základe uvedených regresii je možné pri monitorovaní prístupných živín novšou metódou použiť aj prepočet.

Podobne je možné použiť prepočet aj pri zrnitosti (obr. 5).

Obr. 5 Regresná závislosť pre obsah ílu v % (Němeček et al., 2001)



Na obr. 5 je znázornená regresná závislosť ílu v % podľa Nováka a FAO (Němeček, 2001). Táto regresia sa ukazuje ako vysoko preukazná.

Zavádzanie novších, resp. doporučených analytických metód Európskou komisiou pre monitoring pôd predstavuje systém postupných krokov, ktoré zahŕňajú ich overovanie s doteraz používanými metódami. Tiež závisia do značnej miery od konkrétnych vlastností pôd, to znamená, že navrhovaná metóda nemusí byť vždy relevantná pre celú škálu monitorovaných pôd. Inými slovami, niektoré analytické metódy môžu byť viac relevantné pre kyslé a mierne kyslé pôdy, iné viac pre neutrálne až alkalické pôdy. To je však predmetom ďalšieho výskumu. Napokon aj v Tematickej stratégii pre ochranu pôdy (Van-Camp et al., 2004) sa často pre konkrétny parameter doporučuje viacero metód.

Pri monitorovaní základných fyzikálnych vlastností pokračujeme aj v 4. monitorovacom cykle už v zaužívaných fyzikálnych analýzach (objemová hmotnosť, pórovitosť, max. kapilárna kapacita a pod.) z neporušených pôdnych vzoriek, odobraných pomocou fyzikálnych valčekov o objeme 100 cm³.

Funkcie pôdy, indikátory funkcií pôd (černozeď a čiernice)

Doran a Parkin (1994) definovali kvalitu pôdy ako "kapacitu pôdy fungovať v rámci ekosystému tak, aby sa trvalo udržala biologická produktivita, udržiavala kvalita životného prostredia a podporovalo zdravie rastlín a živočíchov" Kvalita pôdy vyjadruje schopnosť pôdy zabezpečovať v optimálnom rozsahu všetky funkcie pôdy pri konkrétnom spôsobe jej využitia.

Antropický prístup k hodnoteniu funkcií pôdy (Barančíková et al., 2000) vychádza z hľadiska trvalo udržateľného vývoja ľudskej spoločnosti i životného prostredia a delí funkcie pôdy na produkčné a mimoprodukčné, pričom mimoprodukčné funkcie môžeme rozdeliť na dve podskupiny - ekologické (funkcie pôd nevyhnutné pre prirodzenú činnosť ekosystému) a socio-ekonomické. K ekologickým funkciám patrí produkcia celkovej biomasy, filtračná, pufráčná a transformačná funkcia, génova rezerva, biologické stanovište a

asanačná funkcia. Vývoj indikátorov jednej z ekologických funkcií pôdy (filtračnej vzhľadom k vybraným anorganickým polutantom) je súčasťou monitoringu pôd (Makovníková, 2004). Filtračná funkcia je schopnosťou pôdy zachytávať cudzorodé látky, a následne ich akumulovať, a tým zabraňovať ich nežiadúcemu transportu do potravného reťazca a do podzemných vôd. Súbor indikátorov je utvorený na základe súčasného poznania pôdnych faktorov a procesov, ktoré ovplyvňujú distribúciu, akumuláciu a transport anorganických kontaminantov v pôde. Indikátory musia byť súčasťou existujúcej databázy ČMS- pôda a na základe výsledkov faktorovej analýzy majú priamy alebo nepriamy vplyv na sledované ekologické funkcie pôd.

Minimálny súbor indikátorov (filtračná funkcia pôd), ktoré sú súčasťou existujúcej databázy ČMS-pôda, je nasledovný: priamym indikátorom je mobilný obsah anorganických polutantov, k nepriamym indikátorom môžeme zaradiť hodnotu pôdnej reakcie, obsah a kvalitu organickej hmoty s väčším dôrazom na kvalitu organickej hmoty a hrúbku humusového horizontu (Makovníková, 2004). Jednotlivé indikátory ovplyvňujú filtračnú funkciu rôznou mierou. Akceptovateľný rozsah indikátora predstavuje určitý interval, v ktorom sa hodnota daného indikátora môže pohybovať, aby si pôda plne zabezpečovala svoje ekologické funkcie. Ak pôda nie je schopná plne zabezpečiť všetky svoje funkcie, dochádza k jej degradácii.

Černozeme a čiernice

Černozeme sú pôdy s molickým karbonátovým alebo silikátovým A-horizontom z nespevnených hornín, bohaté na organickú hmotu (viac než 2). medzi pôdy s molickým horizontom zaraďujeme aj čiernice. Tieto pôdy sú charakteristické vysokým obsahom prístupných živín (PaK), optimálnou hodnotou pH, výrazným obsahom humusu a priaznivou sorpčnou kapacitou, ako aj priaznivými fyzikálnymi vlastnosťami.

Filtračná funkcia černozemí je determinovaná hlbokým humusovým horizontom na pórovitom substráte, filtračná schopnosť čiernic, pokiaľ posudzujeme len humusový horizont, môže prevýšiť svojím rozsahom černoze vzhľadom na vyšší obsah humusu a väčšiu mocnosť humusového horizontu. Výnimku tvoria čiernice glejové s vysokou hladinou podzemných vôd (Demo et al., 1998). Černozeme a čiernice patria do kategórie pôd s veľmi vysokým potenciálom filtrácie/ imobilizácie (Makovníková a kol., 2007).

Akumulačná funkcia je ovplyvnená hlavne obsahom a kvalitou organickej hmoty a úzko súvisí s filtračnou aj pufrácnou funkciou pôd. Skupina molických pôd, ku ktorým patria aj černozeme a čiernice, má najvýraznejšie rozvinutú schopnosť akumulácie organickej hmoty. Černozeme a čiernice majú aj výbornú pufrácnú schopnosť a patria k rezistentným pôdam vzhľadom k acidifikácii. Tieto skupiny pôd majú relatívne slabo rozvinutú transportnú funkciu (Demo a kol., 1998).

Vývoj vybraných indikátorov ekologických funkcií pôd – černozeme a čiernice

Aktuálna hodnota pôdnej reakcie pH je priamym indikátorom acidifikácie pôd. Porovnanie vývoja hodnôt pôdnej reakcie v rámci rokov 1993 až 2002 potvrdzuje rezistentnosť týchto skupín pôd. V skupine černozemí je priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie v sledovaných odberových rokoch ustálená a jej zmeny sú len minimálne, podobne je to aj v skupine čiernic na karbonátových substrátoch. Mierne, avšak štatisticky nepreukazné, zníženie hodnôt aktívnej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine čiernic na nekarbonátových substrátoch.

Na základe získaných výsledkov kvantitatívneho hodnotenia POH (Cox) môžeme konštatovať zhodný trend na väčšine monitorovaných pôdnych skupín, t. j. mierny pokles

organického uhlíka ornice v prvom päťročnom cykle (1993-1997) a mierny nárast tohto parametra v druhom cykle (1997-2002), ktorým sa hodnoty organického uhlíka dostali na úroveň zistenú na začiatku monitoringu. Rozdiely v hodnotách Cox v podorničnom horizonte (35-45 cm) boli v priebehu monitoringu minimálne (Barančíková, 2006). V skupine černozezí a čiernic môžeme badať určité postupné zvyšovanie obsahu organického uhlíka po roku 2000 (Kobza a kol., 2009). V skupine černozezí a čiernic boli stanovené kvalitatívne parametre POH, a to hodnoty $C_{HK}/C_{FK} > 1$, pričom v priebehu sledovaného obdobia došlo v skupine černozezí k poklesu tejto hodnoty a naopak v skupine čiernic k miernemu nárastu (Kobza a kol., 2009).

Priamy indikátor filtračnej funkcie, prístupný obsah ťažkých kovov, nie je súčasťou databázy základnej siete, určité trendy však môžeme sledovať na základe zmien celkového obsahu týchto prvkov. Za sledované obdobie nedošlo v skupine černozezí a čiernic k štatisticky preukazným zmenám, v skupine čiernic sme zaznamenali mierne zvýšenie celkového obsahu kadmia a chrómu a mierny pokles obsahu arzénu (Kobza a kol., 2009). V skupinách pôd s tendenciou k zhutneniu dochádza ku kompaktii (Širáň, 2006), a tým aj k zhoršeniu filtračnej schopnosti pôdy. V skupine černozezí došlo k miernemu zlepšeniu. V skupine ľahké čiernice, aj keď patria k pôdam odolným voči zhutneniu, je viditeľný ich negatívny trend a hodnoty sa blížia ku kritickým hraniciam, fyzikálny stav stredne ťažkých čiernic je uspokojivý, v prípade ťažkých čiernic môžeme konštatovať pozitívny trend (Kobza a kol., 2009). Kumulácia rizík v týchto dvoch skupinách pôd je veľmi nízka (tab. 1).

Tab. 1 Kumulácia rizík v sledovaných skupinách pôd

Pôdny predstaviteľ ¹	funkcia			Kumulácia rizika
	pufračná	akumulačná	filtračná	
černozeze a černozeze degradované na sprašiach - OP	-	-	-	-
čiernice - OP	-	-	+	+

+ negatívny trend, - nezmenený stav

Ako materiál sme použili pôdne vzorky černozezí a čiernic (n = 9), využívané ako orné pôdy, odobraté v rámci základnej siete ČMS-P. Pestovaná plodina pšenica ozimná (*Triticum sativum*). V získaných pôdnych vzorkách bola stanovená pôdna reakcia, obsah a kvalita humusu, obsah výmenného vápnika (Fiala a kol., 1999), mobilné formy Cd a Pb podľa Zeiena a Brümmera (Zeien a Brümmer, 1989). V rastlinných vzorkách (nadzemná časť) bol stanovený celkový obsah Cd a Pb.

Modelové vzťahy pre indikátory zraniteľnosti černozezí a čiernic vzhľadom k filtračnej funkcii

Tab 2. Štatistické charakteristiky parametrov (odberový rok 2007)

Parameter	černozeze a čiernice		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/H ₂ O	7,89	6,89	8,34
pH/CaCl ₂	7,39	6,32	7,77
Cox v %	2,31	1,55	3,24
Q ₆ ⁴	4,12	3,70	5,02
Ca ²⁺ v cmol/kg	24,69	9,62	42,30
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0,006	0,001	0,009
obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹	0,079	0,028	0,155
obsah Cd v sušine v mg.kg ⁻¹	0,090	0,010	0,170
obsah Pb v sušine v mg.kg ⁻¹	0,336	0,010	1,048

Východiskový súbor parametrov je uvedený v tab.2. Hodnota pôdnej reakcie v sledovanej skupine pôd sa pohybuje v slabo alkalicknej oblasti, obsah organickej hmoty je stredný, kvalita organickej hmoty determinovaná farebným kvocientom Q^4_6 je v intervale v intervale od 3,70 do 5,02. Pôdne typy s tmavým molickým horizontom sú charakterizované stabilnou a dobre humifikovanou organickou hmotou. Celkové obsahy Cd (0,20- 0,65 mg.kg⁻¹ mg.kg⁻¹) ako aj celkové obsahy Pb (16,00 – 50,50 mg.kg⁻¹) na monitorovaných lokalitách ČMS-P, hodnotené v kontexte s frakciou < 0,01 mm, sú pod limitnou hodnotou podľa Zákona č. 220/2004. Sledovaná oblasť nie je geochemicky zaťažená kadmium ani olovom. Kritická hodnota mobilného obsahu Cd a Pb v pôde pre systém pôda – rastlina (hodnota 0,1 mg.kg⁻¹, Zákon č. 220/2004, príloha 2) je priamym indikátorom filtračnej funkcie pôdy vzhľadom k anorganickým kontaminantom. V sledovanom súbore pôd nedošlo k prekročeniu tejto hodnoty pre Cd, v dvoch prípadoch sme stanovili hodnotu mobilného Pb vyššiu ako 0,1 mg.kg⁻¹. Obsah Cd v sušine nadzemnej časti plodiny prekročil hodnotu 0,07 mg.kg⁻¹ (Vyhláška MZ SR č.2/1994, hodnota pre prípustný obsah Cd v cereáliách je 0,07 mg.kg⁻¹) v dvoch vzorkách. O niečo priaznivejšia je situácia v prípade Pb, kde došlo k prekročeniu limitnej hodnoty (1,0 mg.kg⁻¹) v jednom prípade. Keďže olovo, ktoré sa do rastliny dostáva z pôdy ostáva vo zvýšenej miere v koreňovom systéme rastlín, vyššie obsahy v nadzemnej časti rastliny sú pravdepodobne podmienené vstupmi olova do rastlín z ovzdušia, pričom na znečistení sa môže podieľať aj intenzita dopravy a blízkosť cestných ťahov.

Vo vzorkách černoze a čiernic (orné pôdy s pestovanou plodinou *Triticum sativum*) sme stanovili pomocou modelových vzťahov hodnoty kritických záťaží pre kadmium a olovo. Výsledky Spearmanovej korelačnej analýzy (tab. 3) (Meloun, Militký, 1994) ako aj teoretické predpoklady pre indikátory sme využili ako odrazové údaje pre tvorbu modelov s pomocou postupných viacnásobných lineárnych regresíi (kde linearita je chápaná z hľadiska parametrov a nie premenných (Makovníková, 2002)), zostupným krokovým dosadzovaním vypočítaných indikátorov. Vhodnosť použitého regresného modelu definuje index determinácie (tab. 4).

Tab. 3 Spearmanove korelačné koeficienty

Parameter	pH/H ₂ O	pH/CaCl ₂	Cox v %	Q ⁴ ₆	Ca ²⁺ v cmol/kg	Cdm	CdR	Pbm	PbR
pH/H ₂ O	1	0,85	0,10	-0,40	0,57	-0,20	-0,43	0,16	-0,87
pH/CaCl ₂	0,85	1	0,20	-0,37	0,75	-0,25	-0,57	0,11	-0,85
Cox v %	-0,10	0,20	1	0,10	0,28	0,37	0,52	0,23	-0,38
Q ⁴ ₆	-0,40	-0,37	0,10	1	-0,83	-0,32	-0,54	-0,58	-0,42
Ca ²⁺ v cmol/kg	0,57	0,75	0,28	-0,83	1	-0,24	-0,56	0,38	-0,63
Cdm	-0,20	-0,25	0,37	-0,32	-0,24	1	0,58	0,53	-0,34
CdR	-0,43	-0,57	0,52	-0,54	-0,56	0,58	1	0,38	0,34
Pbm	0,16	0,11	0,23	-0,58	-0,38	0,53	0,38	1	0,54
PbR	-0,87	-0,85	0,38	-0,42	-0,63	-0,34	0,34	0,54	1

Cdm, Pbm - mobilný obsah Cd, Pb - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

CdR, Pbr - obsah Cd, Pb, stanovený v nadzemnej časti rastliny

*štatisticky významný na hladine $\alpha = 0,05$

Štatisticky preukazný vzťah medzi mobilným obsahom Cd a hodnotou pôdnej reakcie (ako indikátora, ktorý riadi rozpustnosť a tým aj prístupnosť týchto prvkov v sorpčnom komplexe pôdy, ovplyvňuje sorpčné parametre sorbentov, ktorých selektivita ku sorpcii kovov je závislá od pH) dokumentujú viacerí autori (Alloway, 1995, Gupta, 1993, Zeien a Brümmer, 1989, Makovníková, 2002, Makovníková a kol., 2006). V sledovanom súbore sa tento vplyv nepotvrdil, dôvodom môže byť relatívne malý rozptyl hodnôt pôdnej reakcie v kontexte s veľmi nízkymi hodnotami mobilného obsahu kadmia aj olova. Štatisticky významný je vplyv pôdnej reakcie na celkový obsah Cd a Pb v rastline. Preukazný je aj vplyv kvality organickej hmoty na mobilný obsah olova, olovo patrí k prvkom so zvýšenou afinitou

práve k organickej hmote. Významný je kladný korelačný vzťah medzi mobilným obsahom Cd a Pb a obsahom týchto prvkov v rastline, preukazná je aj kompetitívna inhibícia Ca^{2+} na Cd a Pb pri príjme rastlinou.

Tab. 4 Multiplikatívne modely pre potenciálny odhad Cd, Pb v rastline

Multiplikatívny model	Index determinácie
$\text{Cdr} = 33,6775 \cdot \text{Cdm} + 0,001579 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2$	0,48
$\text{Pbr} = -4,333987 \cdot \text{Pbm} + 0,446 \cdot \text{pH}/\text{CaCl}_2 - 0,5898 \cdot Q_6^4$	0,87*

Cdm, Pbm - mobilný obsah Cd, Pb - I. frakcia SSE podľa Zeiena a Brummera

Cdr, Pbr - obsah Cd, Pb, stanovený v nadzemnej časti rastliny

*štatisticky významný na hladine $\alpha = 0,05$

Obsahy mobilného kadmia sú v celom súbore nižšie ako je stanovený limit, prekročenie limitnej hodnoty v sušine nadzemnej časti rastliny konkrétne nastalo pri kombinácii mobilného obsahu Cd vyššieho ako $0,008 \text{ mg.kg}^{-1}$ v kontexte s hodnotou výmennej pôdnej reakcie nižšou ako 6,32, napriek vyššiemu obsahu a dobrej kvalite pôdnej organickej hmoty. K prekročeniu limitnej hodnoty olova v sušine nadzemnej časti rastliny konkrétne nastalo pri kombinácii mobilného obsahu Pb vyššieho ako $0,060 \text{ mg.kg}^{-1}$ v kontexte s hodnotou výmennej pôdnej reakcie nižšou ako 7,26 napriek vyššiemu obsahu a dobrej kvalite pôdnej organickej hmoty.

Kritickú záťaž pre agroekosystém černoze a čiernic v kontexte pôda – rastlina zostupným krokovým dosadzovaním nemôžeme stanoviť pre nízke a nepreukazné korelácie medzi mobilným obsahom kadmia a olova v pôde a hodnotou pôdnej reakcie ako aj obsahom a kvalitou organickej hmoty.

Potenciál zraniteľnosti filtračnej funkcie černoze a čiernic

Černozeme a čiernice patria do kategórie pôd s veľmi vysokým potenciálom filtrácie/imobilizácie (Makovníková a kol., 2007) čo sa prejavilo aj v sledovanom súbore lokalít. V prípade kadmia nedošlo k prekročeniu kritickej hodnoty kadmia stanovenej pre systém pôda - rastlina, v prípade olova na dvoch sledovaných lokalít je obsah olova vyšší ako kritická hodnota $0,1 \text{ mg.kg}^{-1}$ (Zákon č. 220/2004, príloha 2). Pôda má schopnosť eliminovať kontaminanty, a to ich interakciou s anorganickými (ílové minerály) a organickými (humínové kyseliny) pôdnymi zložkami, čím sa znižuje ich horizontálny a vertikálny pohyb. Práve táto prirodzená tlmiača schopnosť pôdy (tzv. natural attenuation) je v skupine černoze a čiernic dobre rozvinutá. Napriek tomu došlo na dvoch lokalitách k prekročeniu limitnej hodnoty pre kadmium v sušine rastliny a na jednej lokalite limitnej hodnoty pre olovo, a teda aj tieto pôdy si vyžadujú pravidelné monitorovanie indikátorov ekologických funkcií týchto pôd.

Literatúra

- Alloway B.J., 1995: Heavy Metal in Soils. Springer, London 1995. pp: 368, ISBN 07514011986
- Barančíková, G., 2006: Monitoring obsahu a kvality organickej hmoty. In: Kobza, J. a kol.: Čiastkový monitorovací systém – pôda. Priebežná správa za rok 2006.
- Barančíková, G., Houšková, B., Ilavská, B., Juráni, B., Lazúr, R., Madaras, M., Torma, S., Demo, M. a kol., 1998: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s.

- Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994: Defining and assessing soil quality. In: Doran et al.: Defining soil quality for a sustainable environment. SSSA Spec. Publ. 35
- Fiala K. a kol., 1999: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Gupta, S.K., Vollmer, M.K, Krebs,R., 1996: The importance of mobilisable and pseudo total heavy metal fractions in soils for three level risk assessment. The Science of the Total Environment 1996,178 s.
- 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., Načiniaková , Z.,Pálka, B., Pavlenda, P., Schlosserová, J., Styk, J., Širáň, M., Tóthová , G., 2009: Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002 – 2006), VUPOP Bratislava, (v tlači)
- Makovníková, J., 2002: Limit values indicating vulnerability of environmental functions of Cambisols (Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí) Poľnohos., 48: 2002, 18-2.
- Makovníková, J., 2004: Limit values indicating vulnerability of ecological functions of soil in regard to heavy metals. Soil monitoring system Slovakia (Vývoj indikátorov zraniteľnosti environmentálnych funkcií pôd z pohľadu ťažkých kovov. Monitorovací systém – pôda). VÚPOP, Bratislava, 2004: 87-96.
- Makovníková, J., Barančíková, Dlapa, P, G., Dercova, K., 2006: Anorganické kontaminanty v pôdnom ekosystéme. Rewiev. Chemické listy 6/06
- Meloun, M., Militký, J., 1994: Statistické spracovanie experimentálných dat. Praha, 1994, 840s.
- MP SR, 2004: Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy z 10. marca 2004. In: Zbierka zákonov SR, čiastka 96 z 28. apríla 2004, MP SR Bratislava, s. 2278-2315
- MPSR, 2008: Zákon č. 219/2008 Z.z. (novelizovaná verzia predchádzajúceho zákona)
- Němeček, J. a kol. 2001: Taxonomický systém pôd České republiky. ČZU Praha 2001
- Širáň, M., 2006: Zhutnenie pôdy. In: Kobza, J. a kol.: Čiastkový monitorovací systém – Pôda, Priebežná správa za rok 2006
- Van Camp. L., Bujarrabal, B., Gentile, A-R., Jones, R.J.A., Montanarella, L., Olazabal, C. and Selvaradjou, S-K. 2004: Reports of the Technical Working Groups Established under the Thematic Strategy for Soil Protection. EUR 21319 EN/5, 872 pp. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Vyhláška MZ SR č.2/1994 Z.z., ktorou sa ustanovujú hygienické požiadavky na cudzorodé látky v požívatinách
- Zeien H., Brummer G.W., 1989: Chemische extractionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. Mitteil. DBG, 59, 1989

3.2. Acidifikácia pôd

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).

Acidifikácia (proces okyslenia pôdy) je odrazom pôsobenia vnútorných (pôdnych) a vonkajších faktorov (faktorov stanovišťa) a zároveň je nepriamym indikátorom tých procesov v agroekosystéme, ktoré sú determinované hodnotou pH. Acidifikácia je vratným procesom, dôsledky acidifikácie v agroekosystéme sú nevratné. Acidifikácia pôd patrí podľa zákona 220/2004 k degradačným procesom a každý vlastník poľnohospodárskej pôdy je povinný vykonávať agrotechnické opatrenia zamerané na zachovanie kvality pôdy a ochranu pred jej poškodením a degradáciou

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 a tým aj bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Makovníková, Kanianska, 1996, Kanianska, 2000, Makovníková, 2004).

Materiál a metóda

V pôdnych vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 4. (rok 2007) odberovom cykle z monitorovacích lokalít vybraných skupín pôd (1 - andozeme – TTP, 2 - kambizeme na vulkanitoch – TTP, 3 - kambizeme na vulkanitoch – OP, 4 – rendziny –TTP, 5 – rendziny – OP, 6 - černozeme a černozeme degradované na sprašiach – 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 (STN ISO 10390) a obsah výmenných bázických katiónov (Fiala a kol., 1999). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6,0 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova.

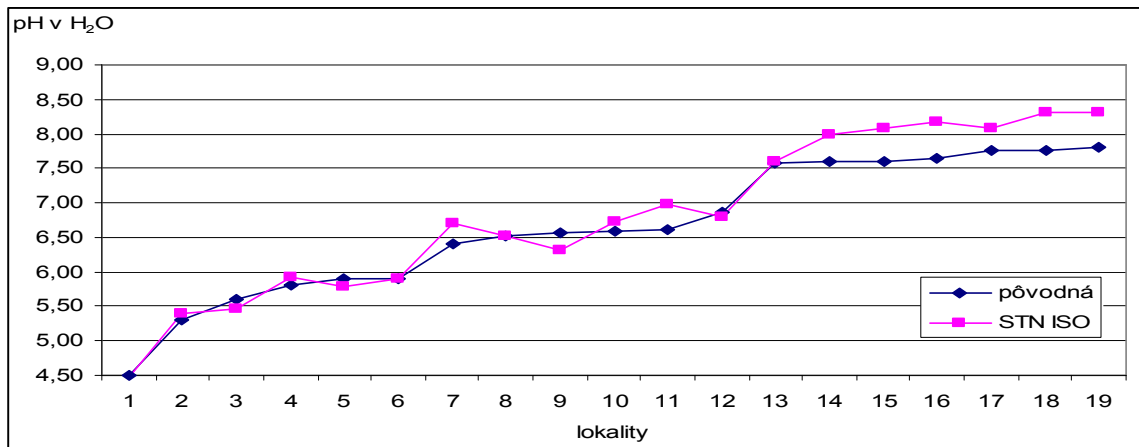
V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1994 - 2008 z kľúčových lokalít reprezentujúcich vybrané skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia (STN ISO 10390, Fiala a kol., 1999), aktívny hliník podľa Sokolova, hydrolytická kyslosť (Sotáková a kol., 1984) a obsah výmenných bázických katiónov. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

Porovnanie metód stanovenia pôdnej reakcie

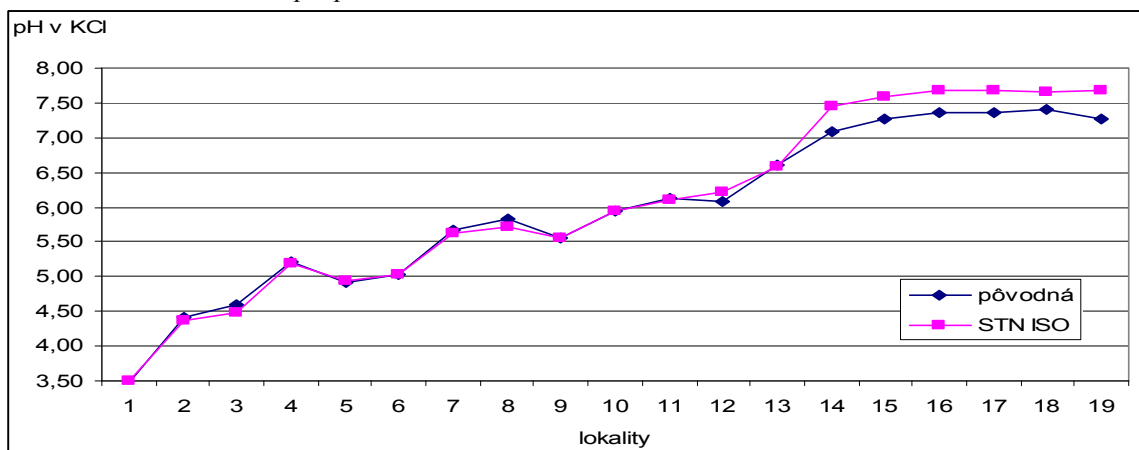
V súvislosti s prechodom z doteraz používaných interných metodík pre stanovenie pôdnej reakcie ČMS-P (Fiala a kol., 1999) na metodiky podľa ISO normy (STN ISO 10390) sme porovnali výsledky stanovení aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie na súbore kľúčových lokalít (19 vzoriek), ktoré reprezentujú širokú škálu pôdnych typov. Porovnanie hodnôt pôdnej reakcie stanovených pôvodnou internou metódou a metódou podľa STN ISO 10390 je na obr.1 -3. Metódy stanovenie pôdnej reakcie sa líšia v príprave suspenzie (pôvodná metóda používa hmotnostný návažok, STN ISO objemový návažok pôdy, mení sa pomer pôdy a vody, pôdy a roztoku KCl, pôdy a roztoku CaCl₂ ako aj pracovný postup pri príprave suspenzie). Prípustná chyba merania sa v prípade STN ISO 10390 pohybuje od 0,15 (pre pH < 7,0) do 0,40 (pre pH > 8,0). Stabilita tejto metódy je teda v rôznej oblasti pH rôzna, metóda

je stabilnejšia pre oblasť kyslú až neutrálnu, menej stabilná pre oblasť slabo alkalickú až alkalickú.

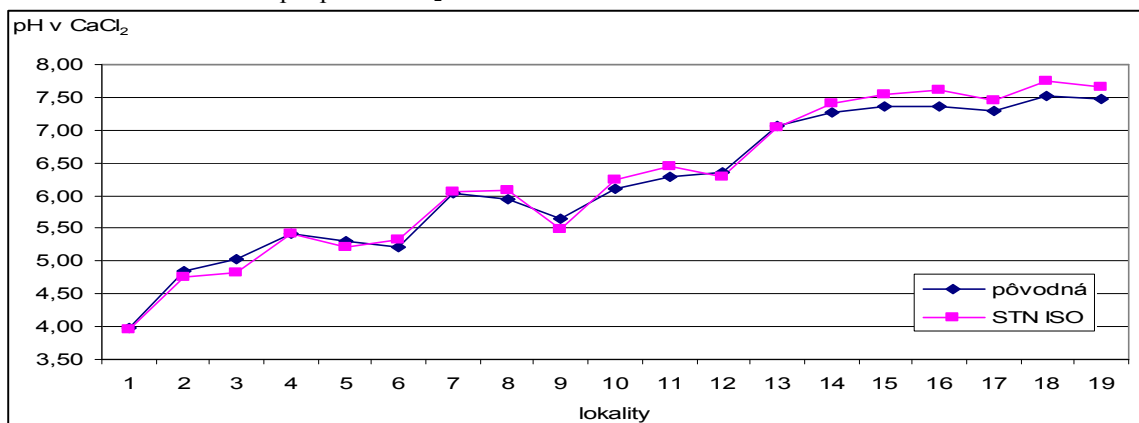
Obr. 1 Porovnanie metód pre pH v H₂O



Obr.2 1 Porovnanie metód pre pH v KCl



Obr. 3 Porovnanie metód pre pH v CaCl₂

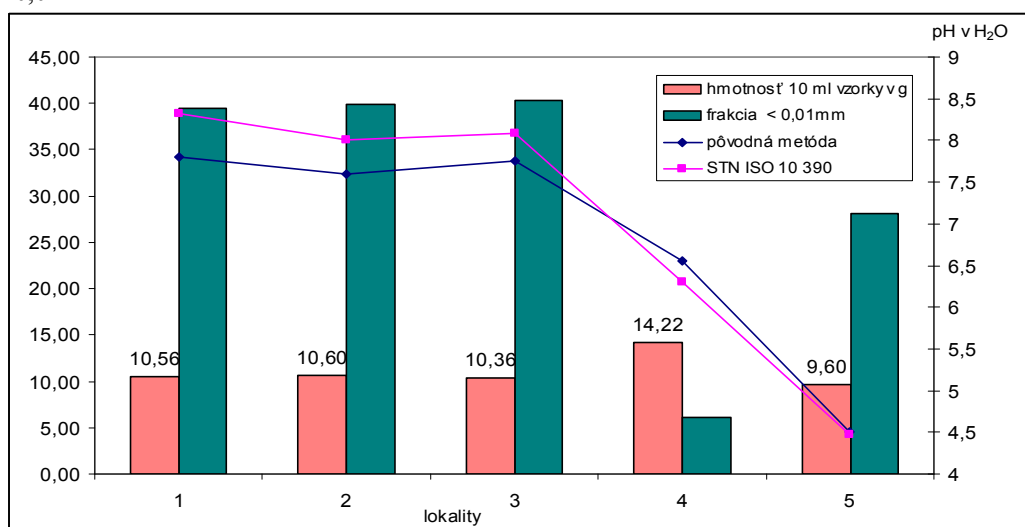


Hodnoty pôdnej reakcie stanovené podľa STN ISO 10 390 sú v priemere vyššie ako hodnoty pôdnej reakcie stanovené pôvodnou internou metódou, v prípade aktívnej pôdnej reakcie v priemere o 0,19 jednotiek, v prípade výmennej pôdnej reakcie v KCl o 0,15 a CaCl₂ o 0,11 jednotiek. Porovnateľné výsledky stanovené týmito metódami sú v časti spektra pH po hodnotu 7, pri hodnotách vyšších ako 7 sa výsledky líšia výraznejšie, pričom rozdiely sú

najvýraznejšie v prípade aktívnej pôdnej reakcie a to o 0,46 jednotiek, v prípade pH v KCl o 0,34 jednotiek a pH v CaCl₂ o 0,20 jednotiek.

Na obr.4 sú znázornené hodnoty aktívnej pôdnej reakcie podľa pôvodnej internej metódy a podľa STN ISO 10 390 v kontexte s hmotnosťou 10 ml objemovej navážky a hodnotou zrnitostnej frakcie < 0,01 mm na 5-tich vybraných kľúčových lokalitách. Výrazný rozdiel (pokles) vo frakcii < 0,01 mm sa prejavil nárastom hmotnosti objemovej navážky a zmenou medzi hodnotou nameranou pôvodnou internou metódou a hodnotou stanovenou podľa STN ISO 10 390, v tomto prípade je hodnota pH stanovená pôvodnou metódou vyššia v porovnaní s hodnotou stanovenou podľa ISO normy.

Obr. 4 Aktívna pôdna reakcia v kontexte s hmotnosťou 10 ml objemovej navážky a hodnotou zrnitostnej frakcie < 0,01 mm



V celej škále hodnôt pôdnej reakcie nie je možné hodnotiť vývoj acidifikácie na základe porovnania výsledkov dosiahnutých pôvodnou internou metódou a metódou stanovenia pH podľa STN ISO 10 390. Vývoj acidifikácie budeme hodnotiť v nasledujúcom cykle, v tomto cykle hodnotíme aktuálny stav pôdnej reakcie a vývoj acidifikácie na kľúčovej lokalite, kde stanovujeme pôdnu reakciu súbežne pôvodnou internou metódou aj STN ISO 10 390.

Výsledky a diskusia

1. Vyhodnotenie pôdnej reakcie 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 (2, 4, 5, 6), kde sme sledované parametre charakterizovali popisnou štatistikou normálneho rozdelenia (aritmetický priemer, minimálna a maximálna hodnota) (tab. 1), skupiny 1 a 2 sú pre nízku početnosť v skupine hodnotené len minimálnou a maximálnou hodnotou.

Hodnoty pôdnej reakcie stanovené podľa STN ISO 10 390.

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
andozeme - TTP	0-10	5,10	5,96	-	4,20	4,68	-	4,48	5,02	-
	20 - 30	5,18	5,98	-	4,20	4,60	-	4,49	4,67	-
	35-45	5,32	5,91	-	4,24	4,54	-	4,49	4,52	-
kambizeme na vulkanitoch - TTP	0-10	5,11	6,07	5,66	4,13	5,48	4,74	4,35	5,74	4,99
	20 - 30	5,32	6,31	5,82	4,30	5,49	4,76	4,68	5,79	5,11
	35-45	5,42	6,36	5,93	4,32	5,48	4,79	4,77	5,84	5,23
kambizeme na vulkanitoch - OP	0-10	6,14	6,16	-	5,22	5,33	-	5,45	5,57	-
	35-45	5,90	6,26	-	4,37	5,58	-	4,88	5,83	-
rendziny - TTP	0-10	5,57	8,10	7,27	4,39	7,51	6,47	4,97	7,48	6,64
	20 - 30	6,30	8,50	7,70	4,46	7,67	6,68	5,36	7,77	6,98
	35-45	6,20	8,56	7,88	5,32	7,71	6,90	5,47	7,81	7,10
rendziny - OP	0-10	7,81	8,13	7,97	7,30	7,54	7,41	7,29	7,50	7,38
	35-45	8,19	8,28	8,23	7,48	7,58	7,54	7,49	7,53	7,51
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	0-10	5,71	7,87	7,14	5,24	7,59	6,76	5,09	7,57	6,77
	35-45	5,59	8,11	7,39	4,77	7,59	6,87	5,16	7,73	7,01

¹Soil representative ²Depth of sample uptake ³arithmetic mean

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

Najvyššie hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine rendziny využívané ako orné pôdy. Rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové majú hodnotu pôdnej reakcie v slabo kyslej až slabo alkalickéj oblasti podľa stupňa vylúhovania karbonátov. Rozdiel priemernej hodnoty pôdnej reakcie v skupine rendzín využívaných ako trvalé trávne porasty oproti skupine pôd využívaných ako orné pôdy je 0,50 jednotiek. V skupine rendzín je vertikálny posun hodnôt pôdnej reakcie k alkalickéj oblasti so stúpajúcou hĺbkou odberu. Rendziny vďaka vysokému obsahu karbonátov v pôdnom profile a kvalitnej organickej hmote patria medzi rezistentné pôdy vzhľadom k acidifikácii (Bedrna, 1994, Demo a kol., 1998). Najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine kambizemí na vulkanitoch, ktoré sú využívané ako trvalý trávny porast a to vo všetkých hĺbkach. Hodnoty pôdnej reakcie v slabo kyslej až kyslej oblasti zhoršujú kvalitu týchto 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). Pufračná schopnosť kambizemí je pomerne heterogénna a závisí od pôdotvorného substrátu. Kambizeme na vulkanitoch patria k stredne (orné pôdy) až slabo rezistentným pôdam (trávne porasty). Intenzívny vplyv skultúrnenia sa prejavil na orných pôdach vyššími hodnotami pôdnej reakcie v orníčovom horizonte oproti pôdam, ktoré sú vyvinuté na tých istých substrátoch a sú využívané ako trvalé trávne porasty.

Vysoký rozptyl hodnôt aktívnej pôdnej reakcie je v skupine rendzín využívaných ako trvalý trávny porast (2,53 jednotiek) ako aj v skupine černozemí a černozemí degradovaných (2,16 jednotiek) využívaných ako orné pôdy.

Sorpčná schopnosť pôdy ako aj zloženie výmenných katiónov 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 (Makovníková, Barančíková, 2004). Zastúpenie výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pôdy v jednotlivých skupinách pôd je uvedené v tabuľke 2a, 2b.

Tab.2a Popisná štatistika výmenných katiónov 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
andozeme - TTP	0,074	0,083	-	0,180	0,270	-	14,300	18,700	-
kambizeme na vulkanitoch - TTP	0,021	0,204	0,071	0,040	1,580	0,586	2,310	21,060	11,643
kambizeme na vulkanitoch - OP	0,020	0,020	-	0,540	1,520	-	6,880	15,200	-
rendziny - TTP	0,023	0,097	0,054	0,190	1,750	0,634	5,110	67,840	30,105
rendziny - OP	0,027	0,078	0,045	0,340	1,760	0,916	12,900	30,370	19,410
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	0,001	0,379	0,065	0,300	1,800	0,870	9,880	27,630	19,781

Tab.2b Popisná štatistika výmenných katiónov v hĺbke 0 - 10 cm v roku 2007

Pôdny predstaviteľ ¹	Mg v cmol(p ⁺).kg ⁻¹			Ca ²⁺ /Mg ²⁺		
	Min	Max	X ²	Min	Max	X ²
andozeme - TTP	1,210	1,320	-	10,83	15,41	-
kambizeme na vulkanitoch - TTP	0,200	4,770	2,376	3,19	11,60	6,10
kambizeme na vulkanitoch - OP	1,460	1,630	-	4,22	10,40	-
rendziny - TTP	0,610	20,000	4,675	3,39	65,70	17,67
rendziny - OP	0,760	5,800	3,415	3,21	29,42	9,76
černozeme a černozeme degradované na sprašiach - OP	1,280	4,270	2,724	3,85	20,99	8,01

¹Soil representative ²arithmetic mean

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

Kvalitatívne a kvantitatívne zloženie výmenných katiónov v sorpčnom komplexe pôdy ovplyvňuje predovšetkým pufracnú funkciu pôdy, trofickú funkciu, štruktúru ako aj vodný a vzdušný režim pôdy (Hanes, 2002). Vo všetkých skupinách pôd je najväčším podielom v sorpčnom komplexe zastúpený Ca²⁺. Pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ sa pohybuje od 17,67 : 1 v skupine rendziny trvalý trávny porast po 6,10 : 1 v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trvalý trávny porast. Pomer katiónov Ca²⁺ : Mg²⁺ 4:1 až 6:1 uvádza Čurlík (2003) ako najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy. Priemerné zastúpenie výmenného vápnika v skupine kambizemí na vulkanitoch je 81 %, horčíka 14,97 %, draslíka 4 % a sodíka 0,03 %, v skupine rendziny (TTP) je vápnik zastúpený 86 %, horčík 11,98 %, draslík 2 % a sodík 0,02 %. V skupine rendzin sme stanovili aj pomerne vysoké maximálne hodnoty vápnika aj horčíka a to na lokalite Donovaly. Pre rendziny je typická jednostranná minerálna bohatosť a nadbytok Ca a Mg oproti K. V skupine černozemí a černozemí degradovaných predstavuje výmenný vápnik 83 %, horčík 13 %, draslík 3,99 % a sodík 0,01 % zo sumy výmenných katiónov. Medzi obsahom výmenného vápnika a hodnotou výmennej pôdnej reakcie pH v CaCl₂ sme stanovili štatisticky preukaznú závislosť s hodnotou korelačného koeficientu od 0,62 (skupina kambizeme na vulkanitoch, trvalý trávny porast) po 0,80 (skupina rendziny, orné pôdy).

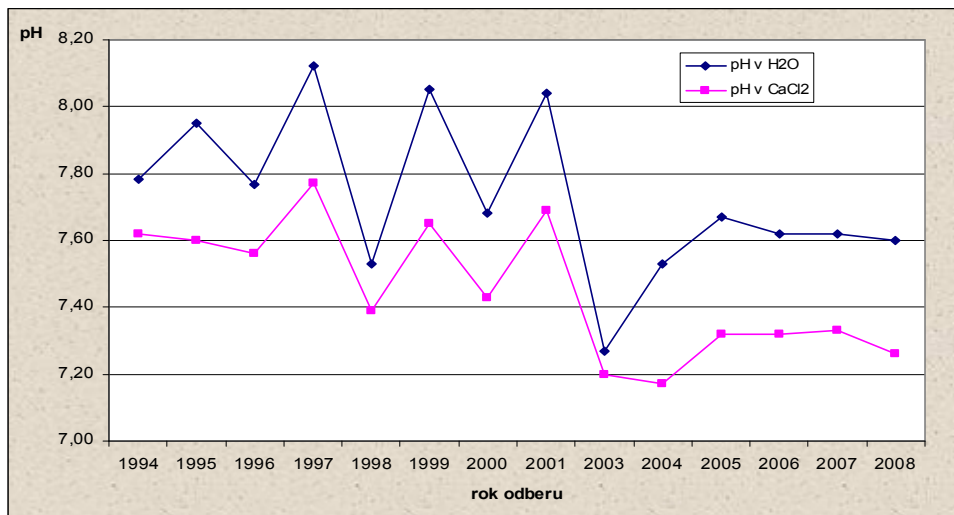
2. Vyhodnotenie pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách

Na kľúčových lokalitách s periodickým, každoročným monitorovaním pôdnej reakcie v rokoch 1994 až 2008 môžeme zaznamenať vývojové trendy podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd (od roku 2008 na kľúčových lokalitách analyzujeme pôdnu reakciu súbežne pôvodnou aj ISO metódou).

Černozeme vyvinuté na karbonátových substrátoch môžeme zaradiť k pôdnym typom rezistentným voči acidifikácii. Pufrujúci systém karbonátov sa prejavuje tlmením

acidifikačných tendencií, hodnota pôdnej reakcie v priebehu sledovaného obdobia v prípade černoze osciluje v intervale stanovenom chybou merania okolo pôvodnej hodnoty, od roku 2003 pozorujeme mierny pokles, ktorý však nie je štatisticky preukazný (obr. 5),

Obr. 5 Vývoj aktívnej a výmennej pôdnej reakcie na lokalite Voderady (pôvodná metóda)



Na kľúčových lokalitách sledujeme aj priestorovú variabilitu parametrov z piatich separátnych vzoriek odobraných z piatich odberových miest na danej lokalite (tab. 3). Na lokalite Voderady je variabilita aktívnej hodnoty pôdnej reakcie stanovená podľa STN 10 390 ako aj podľa pôvodnej internej metódy veľmi nízka.

Tab. 3 Priestorová variabilita aktívnej pôdnej reakcie pH v H₂O na kľúčovej lokalite Voderady v roku 2008 (STN ISO 10 390 a pôvodná interná metóda)

	minimum	maximum	priemer	smerodajná odchýlka	variálny koeficient
STN 10 390	7,88	8,01	7,94	0,0541	0,68 %
pôvodná interná metóda	7,55	7,62	7,60	0,0296	0,38 %

Na lokalite Voderady je prevládajúcim kationóm vápnik (81,9 %), najnižšie zastúpenie má sodík, menej ako 0,001 %. Pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ je 11,6 : 1, nie je to optimálny pomer (v rozmedzí 4:1 až 6:1 (Čurlík, 2003)), na tejto lokalite je prevaha vápnika a nižší obsah horčíka.

3. Vyhodnotenie stavu a vývoja aktívneho hliníka vo vybratých skupinách pôd

Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, tj. voľné katióny Al³⁺ a hydrolytické ióny hliníka Al(H₂O)₆³⁺. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H₂O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Rozpustnosť a tým aj prístupnosť hliníka exponenciálne narastá s klesajúcou hodnotou pôdnej reakcie. V skupine pôd kambizeme na vulkanitoch a rendziny, využívané ako trvalý trávny porast, je hodnota korelačného koeficientu medzi hodnotou aktívnej pôdnej reakcie v hĺbke 0 – 10 cm r = - 0,56, s hĺbkou táto hodnota stúpa, v hĺbke 35 – 45 cm je r = -0,70. Opačný trend je pri korelačných koeficientoch aktívneho Al a obsahu a kvality organickej hmoty v pôde, v hĺbke 0 – 10 cm je hodnota korelačného koeficientu medzi Al a obsahom Cox 0,40, medzi aktívnym Al a parametrom kvality humusu Q₆⁴ je to 0,55. S hĺbkou je vplyv organickej hmoty nižší a hodnota korelačného koeficientu klesá na 0,33. Zmenu vplyvu parametrov s hĺbkou uvádza vo svojej práci aj Mládková (Mládková a kol., 2004).

Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny Al bol nameraný len v pôdach s hodnotami pH/KCl < 6,00 (tab. 4).

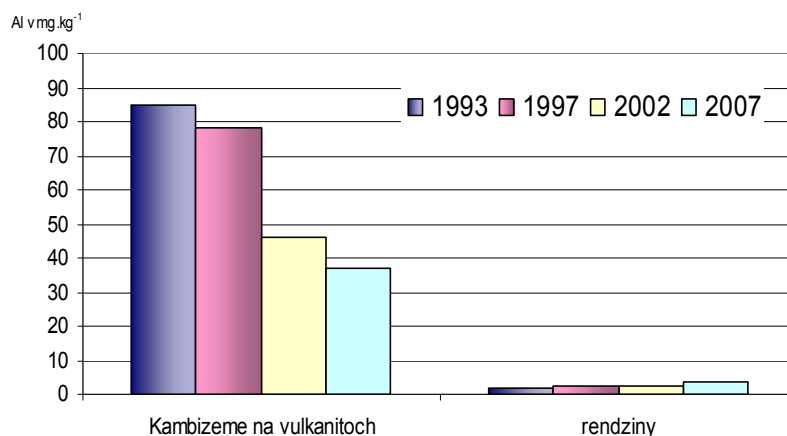
Tab. 4 Popisná štatistika aktívneho hliníka v hĺbke 0– 10 cm, 20 – 30 cm a 35 – 45 cm v odberovom roku 2007 (4. cyklus)

Pôdny predstaviteľ	Hĺbka odberu vzorky / cm/	Al v mg.kg ⁻¹			Al ³⁺ /Ca ²⁺		
		Min	Max	X ³	Min	Max	X ³
andozeme - TTP	0 – 10	7,23	81,95	-	0,597	12,30	-
	20 – 30	8,98	137,30	-	-	-	-
	35 – 45	7,22	185,90	-	-	-	-
kambizeme na vulkanitoch - TTP	0 – 10	1,03	152,10	36,76	0,05	43,29	8,71
	20 - 30	1,09	79,27	21,09	-	-	-
	35 – 45	1,19	82,62	18,36	-	-	-
rendziny - TTP	0 – 10	1,44	11,32	3,925	0,05	0,54	0,25
	20 - 30	1,12	8,12	4,620	-	-	-
	35 – 45	0,79	0,79	-	-	-	-

Obsah aktívneho hliníka (tab. 4) v hĺbke 0 - 10 cm sa v hodnotených skupinách pôd v roku 2007 pohyboval v rozsahu od 1,03 mg.kg-1 do 152,10 mg.kg-1. Najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm, a to 36,76 mg.kg-1 bol stanovený v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trávny porast. V skupine andozemí je výrazný vertikálny nárast obsahu aktívneho hliníka smerom do hĺbky. Pomer ekvivalentných množstiev výmenných katiónov 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 skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trávny porast došlo k výraznému prekročeniu tejto hodnoty v 75 % sledovaných lokalít, čo predstavuje aktívny hliníkový stres pre vegetáciu.

Zmeny v obsahu aktívneho hliníka v štyroch odberových rokoch v skupine pôd kambizeme a rendziny využívané ako trvalý trávny porast sú na obr. 6. Analytické stanovenie aktívneho hliníka je závislé na hodnote pôdnej reakcie (pH/KCl < 6), preto nie je možné stanoviť hliník pre tie isté lokality v každom odberovom roku, z tohto dôvodu ani nehodnotíme štatistickú preukaznosť zmien obsahu aktívneho hliníka. K zjavnému poklesu došlo v skupine kambizemí na vulkanitoch.

Obr. 6 Hodnoty aktívneho hliníka v kambizemiach na vulkanitoch a rendzinách využívaných ako trvalé trávne porasty v rokoch 1993, 1997, 2002 a 2007 (hĺbka 0-10 cm)



Positívny trend, zníženie priemerného obsahu aktívneho hliníka, pozorujeme v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trvalý trávny porast. Napriek tomuto pozitívnemu trendu, v tejto skupine pretrváva silný hliníkový stres, ktorý môže mať negatívny dopad na trvalý trávny porast.

Záver

- ❖ najvyššie hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine rendziny využívané ako orné pôdy, najnižšie priemerné hodnoty aktívnej aj výmennej pôdnej reakcie sme stanovili v skupine kambizemí na vulkanitoch, ktoré sú využívané ako trvalý trávny porast a to vo všetkých hĺbkach.
- ❖ v skupine rendzín je vertikálny posun hodnôt pôdnej reakcie k alkalickej oblasti so stúpajúcou hĺbkou odberu
- ❖ vo všetkých skupinách pôd je najväčším podielom v sorpčnom komplexe zastúpený Ca^{2+} , pomer $\text{Ca}^{2+} : \text{Mg}^{2+}$ sa pohybuje od 17,67 : 1 (v skupine rendziny trvalý trávny porast) po 6,10 : 1 (v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trvalý trávny porast)
- ❖ najvyšší priemerný obsah aktívneho hliníka v hĺbke 0 – 10 cm bol stanovený v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trávny porast.
- ❖ v skupine andozemí je výrazný vertikálny nárast obsahu aktívneho hliníka smerom do hĺbky
- ❖ pomer ekvivalentných množstiev výmenných kationov $\text{Al}^{3+}/\text{Ca}^{2+}$ indikuje stupeň degradácie pôdy vzhľadom k acidifikácii, v skupine kambizemí na vulkanitoch využívaných ako trávny porast došlo k výraznému prekročeniu limitnej hodnoty, čo predstavuje aktívny hliníkový stres pre vegetáciu
- ❖ skupina kambizemí na vulkanitoch využívané ako trávny porast je v rámci hodnotených skupín najohrozenejšou skupinou vzhľadom k acidifikácii a hliníkovému stresu
- ❖ pri obmedzení agrotechnických opatrení zameraných na optimalizáciu hodnôt pôdnej reakcie, môžeme v prípade kambizemí, využívaných ako orné pôdy, predpokladať pomalý pokles pôdnej reakcie na prirodzene kyslejších substrátoch

Literatúra

- Bedrna, Z.: Resistibility of Landscape to acidification. *Ekologia*, 13, 1994, str. 77-86
- 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 kol.: Pôdna reakcia a jej úprava, Suma print Bratislava, 2003, 250 s.
- Demo, M. a kol.: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s
- Grišina, L. A., Baranova, T.A.: Vplyv kyslých zrážok na vlastnosti pôd lesného ekosystému južnej tajgy. *Lesné pôdoznanectvo*, 10, 1990, 121-136
- Hanes, J., Poláček, Š.: Koloidná chémia pôdy, VUPOP Bratislava, 2002, 108 s. ISBN 80-85361-96-5
- Fiala K. a kol.: Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VUPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Johnston, A.E.: 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.: Acidifikácia pôd vplyvom kyslých atmosférických polutantov, Bratislava, 2000, 96s.

- Makovníková, J.: Acidifikačné trendy poľnohospodárskych pôd Slovenska. Stav a vývoj indikátorov acidifikácie. S Tretie pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z konferencie pôdoznalcov SR, Mojmirovce 22. - 24. jún, 2004. Societas pedologica slovacica, VÚPOP Bratislava, A4, CD ROM, ISBN: 80-89128-11-4
- Makovníková, J., Kanianska, R.: 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, str. 289-296
- Makovníková, J., Barančíková, G.: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. Agrochémia, č.3, 2004, str. 27-30
- 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, 365 - 373
- Mládková, L., Borůvka, L., Drábek.: 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
- Sotáková, S., Mucha, V., Brabcová, M., Slovík, R.: Rozbory chemických vlastností pôd. Návody na cvičenia z geológie a pôdoznalectva, Bratislava, Príroda, 1984, 181 s.

3.3. Salinizácia a sodifikácia pôd

Monitoring procesov salinizácie a sodifikácie v roku 2008 pokračoval na vybudovanej sieti stacionárnych monitorovacích lokalít. Sieť zahŕňa jednak slabo a stredne slaniskové a slancové pôdy, jednak typické 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 typický 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 černozečná hlboko slancová
400 178	Komárno-Hadovce	Čiernica kultizemná černozečná 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 jarných mesiacoch marec – máj. To umožňuje stanoviť ten obsah solí, ktorý zostal v pôde po jesenných, zimných a skorých jarných 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⁺, Ca²⁺ - plameňová fotometria

Mg²⁺ - atómová absorpčná spektrofotometria (AAS)

HCO₃⁻, CO₃²⁻ - titračne (0,05 M H₂SO₄)
 Elektrická vodivosť (EC) – konduktometricky
 pH – potenciometricky
 odparok – gravimetricky
 SO₄²⁻ - gravimetricky
 Cl⁻ - titračne podľa Mohra

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

Kritériá hodnotenia sol'ných pôd

Hodnotenie salinizácie pôd

Tab. 2 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

Tab. 3 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 2008 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem sol'ných procesov salinizácie i sodifikácie, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

Salinizácia pôd

Salinizácia ako proces akumulácie solí v pôdnom profile sme v roku 2008 zaznamenali na 7 z celkového počtu 8 monitorovaných pôd. Len na lokalite Iža bol celkový obsah solí vo všetkých pôdnych horizontoch menší ako limitná hodnota 0,10 % (tab. 4).

Tab. 4 Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2008

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Celkový obsah solí (%)
				cmol/kg								
Iža 400180	Akpc	0-10	7,3	0,00	0,00	5,10	0,02	0,32	0,12	0,03	0,01	0,08
	Akpc	15-25	7,4	0,00	0,00	0,08	0,02	0,34	0,13	0,04	0,02	0,08
	Amčc	30-40	7,4	0,00	0,00	0,04	0,03	0,29	0,12	0,04	0,01	0,07
	CGo	75-85	7,7	0,00	0,00	0,04	0,05	0,16	0,32	0,13	0,00	0,07
	CGo(Bn)	90-100	7,8	0,00	0,00	0,04	<0,02	0,11	0,24	0,14	0,01	0,05
Zemné 400179	Akpc	0-10	7,5	0,00	0,00	0,04	0,03	0,42	0,08	0,07	0,03	0,16
	Akpc	10-20	7,7	0,00	0,00	0,03	0,03	0,42	0,08	0,10	0,02	0,15
	A/CGo(Bn)	45-55	7,9	0,00	0,00	0,05	0,10	0,31	0,06	0,29	0,00	0,11
	CGro(Bn)	65-75	7,9	0,00	0,00	0,12	0,14	0,28	0,06	0,33	0,00	0,11
	CGr(Bn)	100-110	7,7	0,00	0,00	0,14	0,08	0,23	0,04	0,12	0,01	0,07
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	7,6	0,00	0,01	0,03	<0,02	0,39	0,07	0,02	0,04	0,10
	Akpc	10-20	7,7	0,00	0,00	<0,025	<0,02	0,38	0,07	0,01	0,03	0,09
	Amčc	40-50	7,8	0,00	0,00	0,04	<0,02	0,34	0,08	0,03	0,01	0,08
	A/CGo	65-75	7,8	0,00	0,00	0,04	0,12	0,30	0,14	0,05	0,01	0,07
	CGroc(Bn)	90-100	7,7	0,00	0,00	0,09	0,74	0,64	0,32	0,12	0,01	0,17
	CGroc(Bn)	100-110	7,8	0,00	0,00	0,10	0,72	0,54	0,31	0,13	0,01	0,15
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	7,7	0,00	0,00	<0,025	<0,02	0,30	0,08	0,04	0,03	0,09
	Akpc	10-20	7,8	0,00	0,00	<0,025	<0,02	0,33	0,09	0,08	0,03	0,10
	A/CGoc(Bn)	40-45	7,9	0,00	0,00	<0,025	0,03	0,28	0,11	0,15	0,01	0,08
	CGoc(Bn)	50-65	7,9	0,00	0,00	0,05	0,12	0,21	0,12	0,26	0,01	0,07
CGoc(Bn)	100-110	7,9	0,00	0,00	0,75	1,17	0,45	0,67	1,09	0,01	0,23	
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	7,4	0,00	0,00	0,03	0,03	0,27	0,08	0,01	0,13	0,05
	Akpc	10-20	7,5	0,00	0,00	<0,025	<0,02	0,27	0,08	0,02	0,15	0,10
	A/CGoc(Bn)	40-50	7,6	0,00	0,00	0,04	0,02	0,29	0,09	0,06	0,03	0,07
	CGroc(Bn)	55-60	7,7	0,00	0,00	0,12	0,15	0,30	0,13	0,18	0,01	0,06
	CGroc(Bn)	70-80	7,8	0,00	0,00	0,20	0,43	0,38	0,24	0,30	0,01	0,15
CGroc(Bn)	100-110	7,7	0,00	0,00	0,24	0,39	0,35	0,22	0,26	0,00	0,14	
Kamenín 400138	Ame	0-10	8,0	0,00	0,01	0,11	0,12	0,08	0,02	2,54	0,05	0,32
	Ame	10-20	9,3	-	-	0,11	0,41	0,10	0,01	3,36	0,12	0,68
	Ame	20-30	9,4	-	-	0,17	0,83	0,16	0,09	5,88	0,26	1,14
	Ame	40-50	9,4	-	-	0,34	1,48	0,17	0,09	6,32	0,15	1,04
	Bn	60-70	9,0	-	-	0,31	0,53	0,07	0,01	4,23	0,13	0,54
	Bn	80-90	8,8	0,00	0,01	0,31	0,34	0,03	0,01	3,31	0,06	0,39
Bn	100-110	8,2	0,00	0,00	0,16	0,12	0,21	0,04	0,97	0,02	0,16	
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	6,8	0,00	0,50	0,05	0,04	0,12	0,05	0,11	0,04	0,08
	Akp	20-30	6,9	0,00	0,41	0,06	0,04	0,09	0,05	0,10	0,02	0,07
	Aoe	35-45	7,3	0,00	0,49	0,06	0,03	0,06	0,02	0,26	0,11	0,08
	Bn	50-60	7,6	0,00	0,80	0,03	0,01	0,10	0,11	0,26	0,02	0,06
	Bn	70-80	8,0	0,00	0,90	0,03	0,04	0,06	0,09	0,54	0,03	0,09
	Bn	120-130	8,3	0,00	1,30	0,04	0,10	0,04	0,02	1,11	0,06	0,18
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	9,1	-	-	0,01	0,24	0,04	0,00	4,48	0,01	0,61
	AoGo	10-20	9,0	-	-	0,01	0,40	0,08	0,01	5,34	0,02	0,76
	AoGo	20-30	8,9	-	-	0,05	0,59	0,09	0,01	5,74	0,03	0,79
	Gro	35-45	9,1	-	-	0,02	0,48	0,09	0,01	5,49	0,03	1,87
	Gro	55-65	8,6	-	-	0,35	1,26	0,11	0,01	7,08	0,03	1,15
Gro	75-85	8,8	-	-	0,08	0,59	0,06	0,01	4,59	0,02	0,63	

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných 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 Gabčíkovo, Zemné, Komárno-Hadovce, Zlatná na Ostrove a Malé Raškovce.

Vysoký (0,36-0,70 %) až extrémne vysoký (nad 0,71 %) obsah solí majú pôdy lokality Kamenín a lokality Žiar nad Hronom, kde sú tieto soli antropogénneho pôvodu.

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach potvrdzuje slabú salinizáciu (200-400 mS.m⁻¹) v podpovrchových horizontoch (90-110 cm) lokality Gabčíkovo a v povrchovom horizonte lokality Kamenín a stredne silnú salinizáciu v podpovrchovom horizonte (100-110 cm) lokality Zlatná na Ostrove (536 mS.m⁻¹ - tab. 5) .

Tab. 5 Rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2008

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg mmol.l ⁻¹	Ca	SAR	ESP %
Iža 400180	Akpc	0-10	79	0,03	0,16	0,31	0,02	1,5
	Akpc	15-25	79	0,03	0,15	0,31	0,02	1,4
	Amčc	30-40	63	0,03	0,13	0,24	0,02	1,7
	CGo	75-85	83	0,11	0,29	0,11	0,07	5,4
	CGo(Bn)	90-100	81	0,20	0,27	0,09	0,15	8,0
Zemné 400179	Akpc	0-10	73	0,05	0,10	0,34	0,03	2,5
	Akpc	10-20	64	0,07	0,07	0,29	0,05	3,9
	A/CGo(Bn)	45-55	81	0,22	0,07	0,24	0,17	8,5
	CGo(Bn)	65-75	89	0,34	0,07	0,22	0,28	9,9
	CGr(Bn)	100-110	111	0,30	0,11	0,33	0,20	8,9
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	62	0,02	0,09	0,29	0,01	0,8
	Akpc	10-20	62	0,01	0,09	0,30	0,01	0,5
	Amčc	40-50	55	0,03	0,09	0,24	0,02	1,6
	A/CGo	65-75	71	0,05	0,15	0,24	0,04	3,1
	CGroc(Bn)	90-100	212	0,18	0,57	0,84	0,07	5,2
	CGroc(Bn)	100-110	218	0,22	0,62	0,83	0,08	5,7
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	63	0,04	0,14	0,27	0,03	2,3
	Akpc	10-20	68	0,06	0,14	0,28	0,04	3,3
	A/CGoc(Bn)	40-45	58	0,14	0,12	0,19	0,12	7,1
	CGoc(Bn)	50-65	82	0,31	0,13	0,17	0,25	9,7
	CGoc(Bn)	100-110	536	2,12	2,19	1,11	0,52	12,2
Komárno Hadovce 400178	Akpc	0-10	75	0,02	0,14	0,30	0,01	1,0
	Akpc	10-20	77	0,02	0,14	0,31	0,02	1,1
	A/CGoc(Bn)	40-50	73	0,07	0,11	0,29	0,05	3,8
	CGroc(Bn)	55-60	111	0,22	0,19	0,34	0,13	7,5
	CGroc(Bn)	70-80	172	0,36	0,41	0,48	0,17	8,4
	CGroc(Bn)	100-110	192	0,34	0,43	0,55	0,15	8,1
Kamenín 400138	Ame	0-10	286	3,28	0,12	0,14	2,91	6,6
	Ame	10-20	-	3,97	0,06	0,21	3,41	8,0
	Ame	20-30	-	5,03	0,08	0,42	3,17	7,3
	Ame	40-50	-	6,05	0,20	0,28	3,89	9,3
	Bn	60-70	-	2,50	0,01	0,02	6,16	15,1
	Bn	80-90	-	1,86	0,01	0,02	4,58	11,1
	Bn	100-110	123	1,00	0,07	0,05	1,30	2,3
Malé Raškovce 400229	Akp	0-10	65	0,08	0,12	0,25	0,06	4,7
	Akp	20-30	60	0,08	0,13	0,21	0,06	4,9
	Aoe	35-45	43	0,11	0,10	0,10	0,12	7,1
	Bn	50-60	47	0,14	0,11	0,08	0,14	7,9
	Bn	70-80	51	0,35	0,07	0,04	0,47	11,5
	Bn	120-130	59	0,55	0,01	0,01	1,51	2,8

SAR – sodíkový adsorpčný pomer

ESP – obsah výmenného sodíka

Charakter salinizácie indikovaný obsahom iónov Cl⁻ a SO₄²⁻ (tab. 4) potvrdzuje, že prebiehajúca salinizácia je chlorido-sulfátová. Výskyt oboch týchto iónov spolu so sodíkom (Na⁺) v stredných a substrátových horizontoch nasvedčuje, že proces salinizácie prebieha od spodných vrstiev k povrchu pôdy.

Vývoj salinizácie

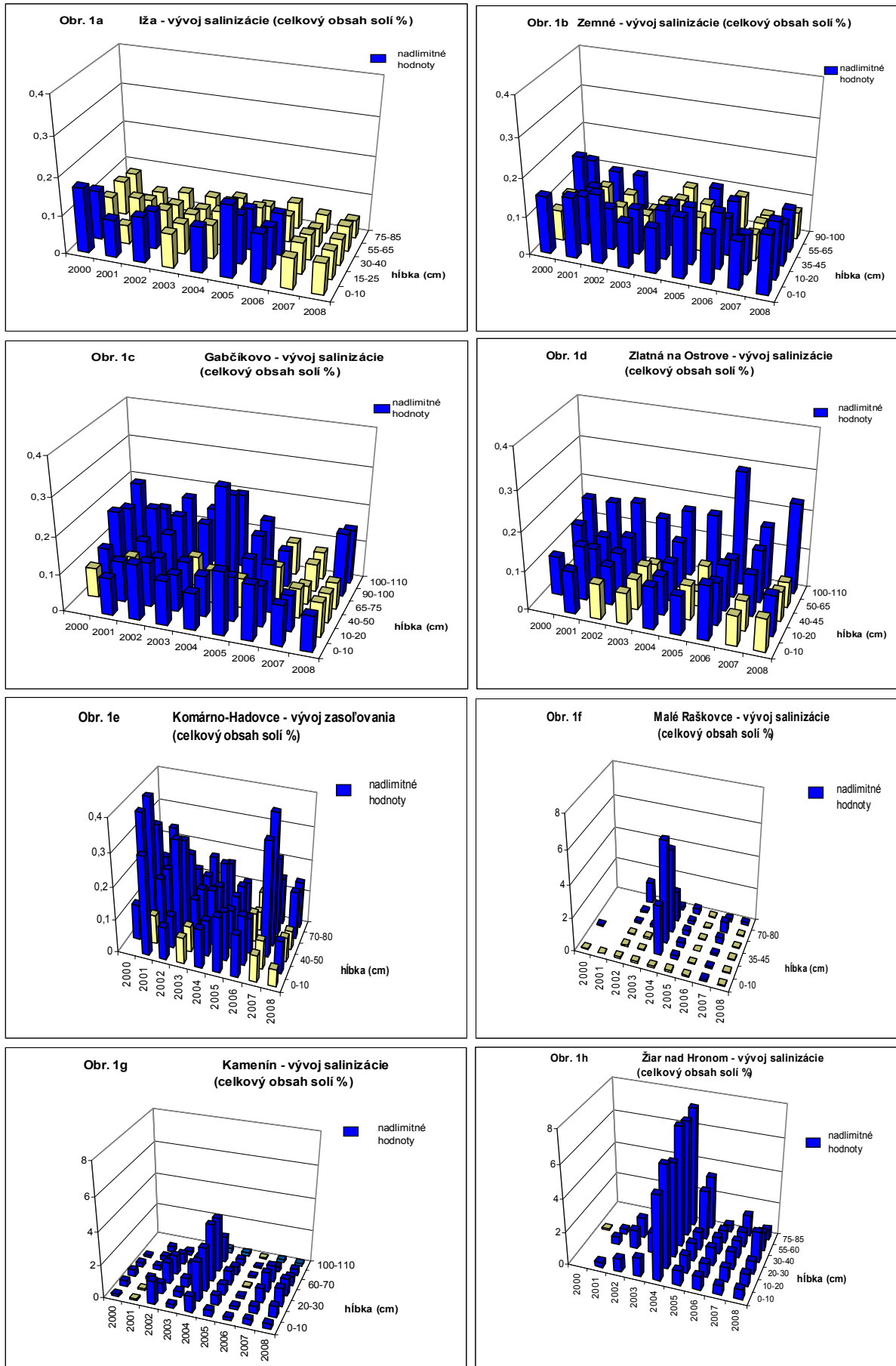
V priebehu posledných deviatich rokov (2000 – 2008) sme vo vývoji salinizácie pôd nezaznamenali preukazné zmeny. Celkový obsah solí v pôdach s počiatčným štádiom salinizácie (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch mierne prevyšuje hornú hranicu slabej salinizácie (0,15 %; tab.6, obr.1a-g).

Tab. 6 Vývoj salinizácie – celkový obsah solí

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

Poznámka: údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty

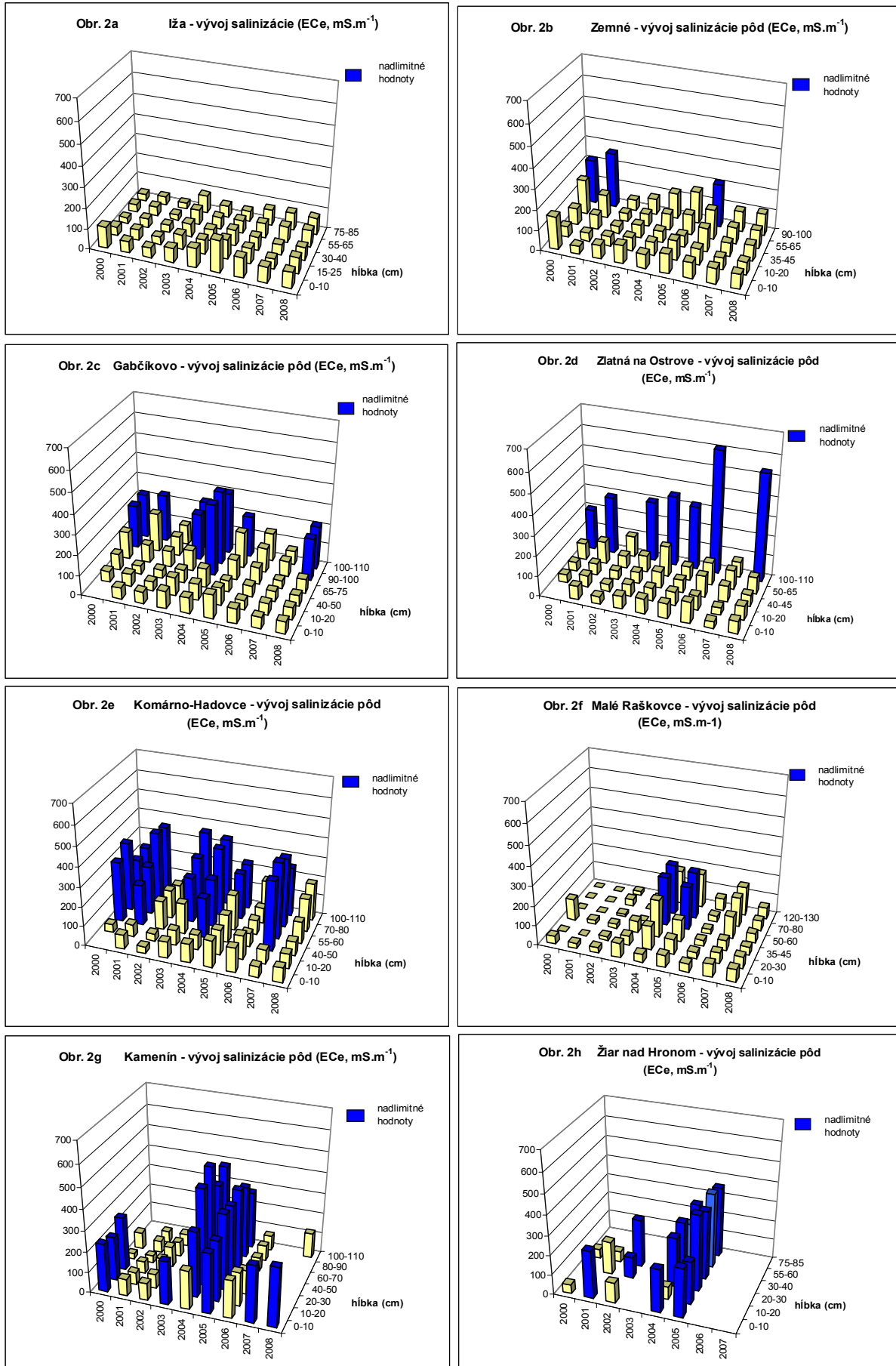
Obr. 1 Vývoj salinizácie - celkový obsah solí %



Tab. 7 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
Iža 400180	Akpc	0-10	106	57	49	71	95	158	99	77	79
	Akpc	15-25	43	51	38	72	71	95	76	50	79
	Amčc	30-40	29	45	36	65	58	79	66	52	63
	CGo	55-65	38	47	26	74	57	64	72	77	83
	CGo(Bn)	75-85	34	39	28	87	55	51	81	84	81
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10		57	60	87	80	119	75	57	62
	Akpc	10-20	53	63	46	92	83	86	48	57	62
	A/CGo(Bn)	40-50	79	43	43	66	96	58	55	51	55
	CGro(Bn)	65-75	136	92	80	105	357	101	85	41	71
	CGr(Bn)	90-100	218	195	97	233	365	182	121	76	212
	Akpc	100-110	223	238	99	241	305	205	141	68	218
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	67	38	65	75	75	107	35	63
	Amčc	10-20	40	58	36	59	64	67	72	36	68
	A/CGo	40-45	43	60	45	60	84	64	108	80	58
	CGroc(Bn)	50-65	83	115	62	84	152	69	113	96	82
	CGroc(Bn)	100-110	207	291	105	304	352	320	611	78	536
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	73	34	85	97	139	126	55	75
	Akpc	10-20	42	63	37	79	79	128	123	73	77
	A/CGoc(Bn)	40-50	309	212	149	156	208	141	70	360	73
	CGoc(Bn)	55-60	355	252	147	233	244	186	75	394	111
	CGoc(Bn)	70-80	214	375	117	284	351	239	80	358	172
	Akpc	100-110	227	355	68	362	346	234	164	255	192
Zemné 400179	Akpc	0-10	164	39	68	92	71	98	81	77	73
	A/CGoc(Bn)	10-20	52	43	48	65	65	98	81	60	64
	CGroc(Bn)	35-45	85	73	37	66	57	58	116	67	81
	CGroc(Bn)	55-65	171	115	43	62	82	102	147	81	89
	CGroc(Bn)	90-100	218	273	53	80	129	158	215	101	111
Kamenín 400138	Ame	0-10	232	83	84	210	186	288	182	273	286
	Ame	10-20	212	59	71	-	316	293	164	-	-
	Ame	20-30	257	57	92	-	466	367	117	-	-
	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	-	-
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	39	26	27	74	42	62	44	66	65
	Akp	20-30	-	-	20	47	121	77	34	57	60
	Akp	35-45	109	22	22	61	194	113	30	53	43
	Aoe	50-60	-	-	13	-	251	221	24	114	47
	Bn	70-80	-	-	34	-	259	242	33	151	51
	Bn	120-130	-	-	21	-	174	178	65	149	59
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	46	241	103	-	219	247	-	-	-
	AoGo	10-20	-	-	-	-	66	215	-	-	-
	AoGo	20-30	-	167	106	-	251	387	-	-	-
	Gro	30-45	46	57	244	-	273	348	-	-	-
	Gro	55-65	-	-	-	-	207	382	-	-	-
	Gro	70-85	-	-	-	-	254	359	-	-	-

Obr. 2 Vývoj salinizácie - Ece, mS.m⁻¹



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 %).

Elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) celkom nekoreluje s obsahom solí (tab. 5, obr. 2a-g). V pôdach lokalít z nízkym obsahom solí (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) a v lokalite Malé Raškovce 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 a Žiar nad Hronom) hodnota ECe kolíše v intervale 200 – 400 mS.m^{-1} a indikuje slabú salinizáciu.

Z údajov tab.6 ďalej vyplýva veľká priestorová a horizontálna variabilita nameraných hodnôt obsahu solí a elektrickej vodivosti. Tento jav je u nás pre vývoj a rozšírenie soľných pôd typický.

Sodifikácia pôd

Sodifikácia pôd ako proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex monitorovaných pôd v r. 2008 je porovnateľný s predchádzajúcimi rokmi.

Nízky obsah výmenného sodíka ($\text{ESP} < 5 \%$) sa zachoval v povrchových horizontoch všetkých monitorovaných lokalít s výnimkou slanica lokality Kamenín (tab. 5). V spodnejších horizontoch týchto lokalít a v celom pôdnom profile lokality Kamenín indikuje obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-15 % slabú až strednú sodifikáciu.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora sodifikácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu všetkých pôd a horizontov (tab. 4 - $\text{pH} > 7,7$). Veľmi silnú alkalickú reakciu ($\text{pH} > 8,5$) majú profily lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom.

Vývoj sodifikácie pôd

Vývoj sodifikácie pôd za obdobie posledných 9 rokov (2000-2008) 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 ($\text{ESP} 5-10 \%$) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomné v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,6 m - takzvaná hlboká sodifikácia, na stanovišti Zemné je už pod ornice 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 v slancoch lokalít Malé Raškovce a Kamenín, ako aj v antropogénne zasolenej pôde lokality Žiar nad Hronom.

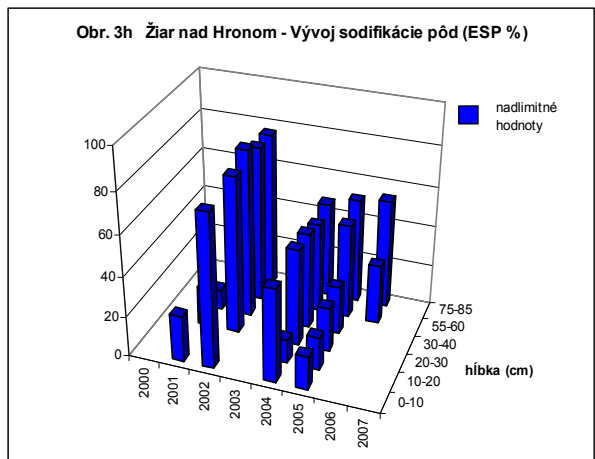
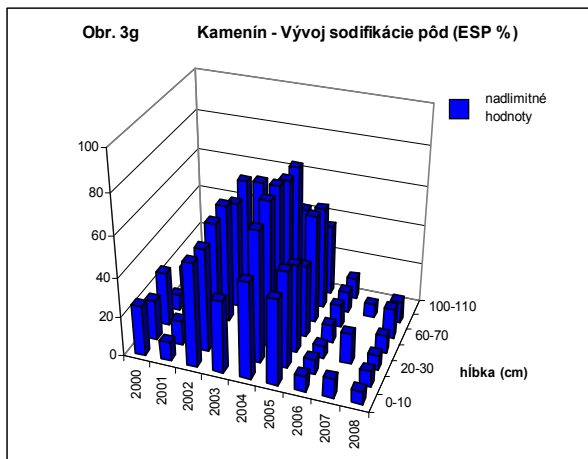
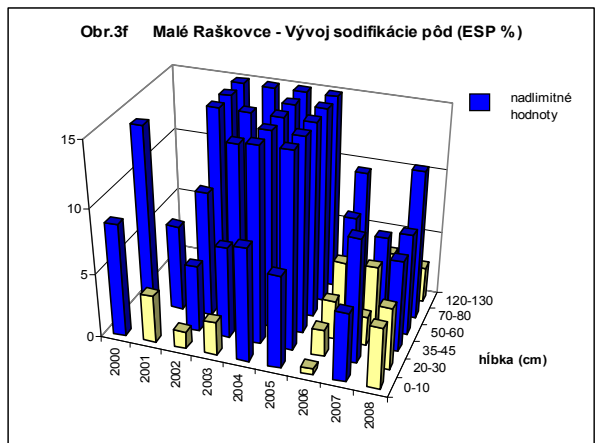
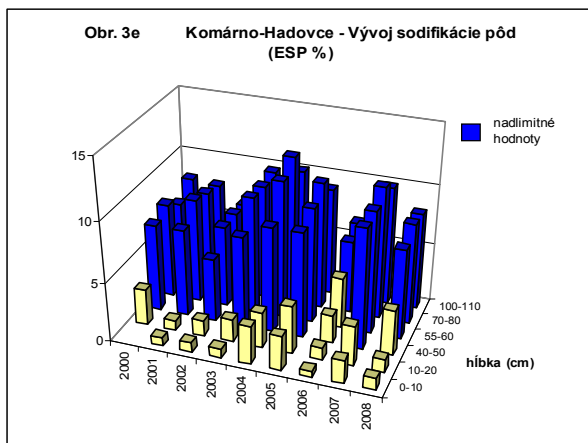
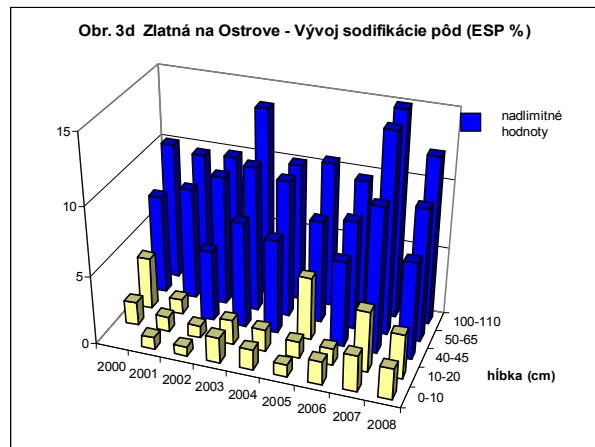
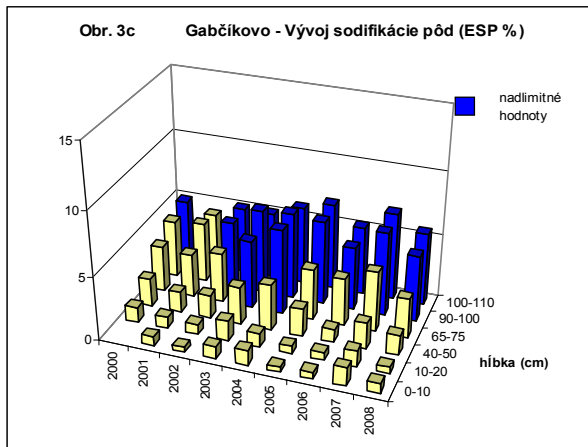
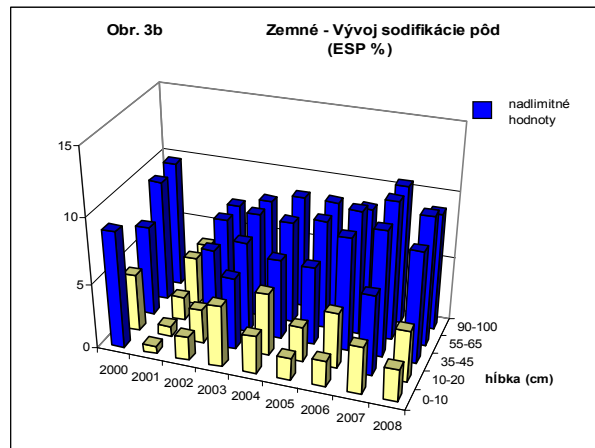
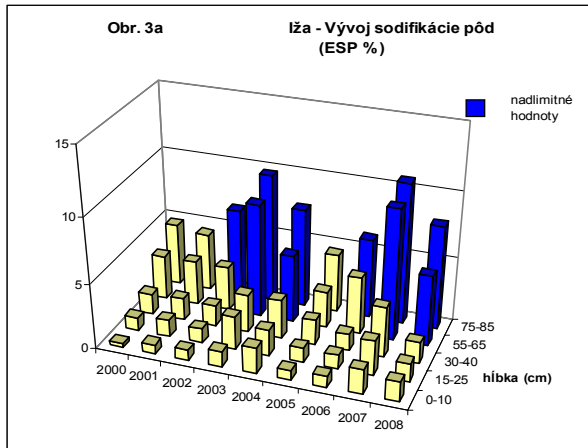
Sodifikácia pôd definovaná pôdnou reakciou $\text{pH} > 7,3$ je zhrnutá v tab. 9 a obr. 4a-g. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je alkalická a silno alkalická ($\text{pH} 7,3-10$). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnou reakciu.

Tab. 8 Vývoj sodifikácie – obsah výmenného sodíka (ESP)

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Obsah výmenného sodíka (%)								
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Iža 400180	Akpc	0-10	0,3	0,7	0,8	1,2	2,0	0,8	0,9	1,9	1,5
	Akpc	15-25	1,0	1,3	1,1	2,5	2,0	1,1	1,1	2,7	1,4
	Amčc	30-40	1,6	1,7	1,6	2,9	3,0	1,9	1,3	3,9	1,7
	CGo	55-65	3,4	3,4	3,4	8,7	5,2	2,8	4,4	10,0	5,4
	CGo(Bn)	75-85	4,8	4,4	6,7	9,8	7,6	4,5	6,1	10,8	8,0
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	-	0,7	0,4	1,0	1,2	0,4	0,5	1,4	0,8
	Akpc	10-20	1,2	0,9	0,8	1,6	1,1	0,6	0,6	1,3	0,5
	A/CGo(Bn)	40-50	2,2	1,6	1,8	2,9	3,6	2,2	1,1	2,1	1,6
	CGro(Bn)	65-75	3,6	3,4	3,9	5,4	6,7	4	3,7	4,7	3,1
	CGr(Bn)	90-100	4,5	4,7	5,2	6,6	6,8	6,6	5,0	6,6	5,2
	Akpc	100-110	5,0	4,3	5,2	5,2	6,1	6,8	5,4	6,9	5,7
Zlatná na Ostrove 400172	Akpc	0-10	-	0,9	0,7	1,9	1,5	0,9	1,7	2,6	2,3
	Amčc	10-20	1,7	1,1	0,9	1,8	1,6	1,2	1,2	4,4	3,3
	A/CGo	40-45	3,8	1,1	5,2	7,7	6,9	4,6	6,2	10,5	7,1
	CGroc(Bn)	50-65	7,3	8,2	9,5	10,6	10,0	7,5	7,9	14,5	9,7
	CGroc(Bn)	100-110	10,1	9,7	9,9	13,7	10,1	10,6	9,7	16,1	12,2
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	-	0,7	0,8	0,8	3,2	2,9	0,5	2,0	1,0
	Akpc	10-20	3,0	0,8	1,3	1,9	3,0	4	1,0	3,4	1,1
	A/CGoc(Bn)	40-50	7,3	7,3	5,3	7,6	8,8	8,8	2,4	10,1	3,8
	CGoc(Bn)	55-60	7,9	8,7	6,8	9,7	11,4	9,6	4,2	10,2	7,5
	CGoc(Bn)	70-80	6,9	8,2	6,8	9,5	12,3	10,6	6,1	11,0	8,4
	Akpc	100-110	8,0	7,8	6,5	9,7	10,1	9	6,5	9,9	8,1
Zemné 400179	Akpc	0-10	8,9	0,6	1,8	4,7	2,9	1,7	2,0	3,6	2,5
	A/CGoc(Bn)	10-20	4,4	0,8	2,6	5,5	4,8	2,7	4,3	6,1	3,9
	CGroc(Bn)	35-45	6,9	1,8	6,0	7,0	6,1	6	8,7	9,6	8,5
	CGroc(Bn)	55-65	9,3	3,7	7,2	8,0	7,8	8,3	9,5	10,6	9,9
	CGroc(Bn)	90-100	9,7	3,6	7,2	7,9	8,6	8,6	8,5	10,6	8,9
Kamenín 400138	Ame	0-10	25,1	9,8	52,0	36,2	48,1	42,9	8,0	9,7	6,6
	Ame	10-20	20,1	12,4	51,6	-	65,5	48,6	7,5	-	8,0
	Ame	20-30	26,9	10,1	57,0	-	72,6	44,3	6,2	15,6	7,3
	Ame	40-50	8,0	12,1	59,1	-	73,2	36,4	8,9	-	9,3
	Bn	60-70	14,7	9,1	53,5	66,4	69,5	54,4	11,4	-	15,1
	Bn	80-90	-	6,3	58,8	-	69,9	51,4	10,8	6,9	11,1
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	8,8	3,7	1,3	2,6	8,8	7,2	0,5	5,3	4,7
	Akp	20-30	-	-	5,2	7,1	39,5	28,5	2,1	9,6	4,9
	Akp	35-45	14	6,7	9,7	13,7	50,4	31	3,0	2,3	7,1
	Aoe	50-60	-	-	16,4	23,5	53,9	38,2	4,8	4,9	7,9
	Bn	70-80	-	-	24,8	-	49,4	31,9	7,1	6,0	11,5
	Bn	120-130	-	-	34,7	38,9	34,6	37,1	9,6	3,6	2,8
Žiar nad Hronom 400063	AoGo	0-10	-	22,9	75,6	-	46,3	16,5	-	-	-
	AoGo	10-20	-	-	-	-	11,8	16,4	-	-	-
	AoGo	20-30	-	19,3	77,2	-	47,9	22	-	-	-
	Gro	30-45	-	10,0	82,9	-	47,4	23,8	-	-	-
	Gro	55-65	-	-	77,0	-	44,4	46,9	29,6	-	-
	Gro	70-85	-	-	76,8	-	47,4	51,9	54,2	-	-

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Obr. 3 Vývoj sodifikácie pôd - ESP %



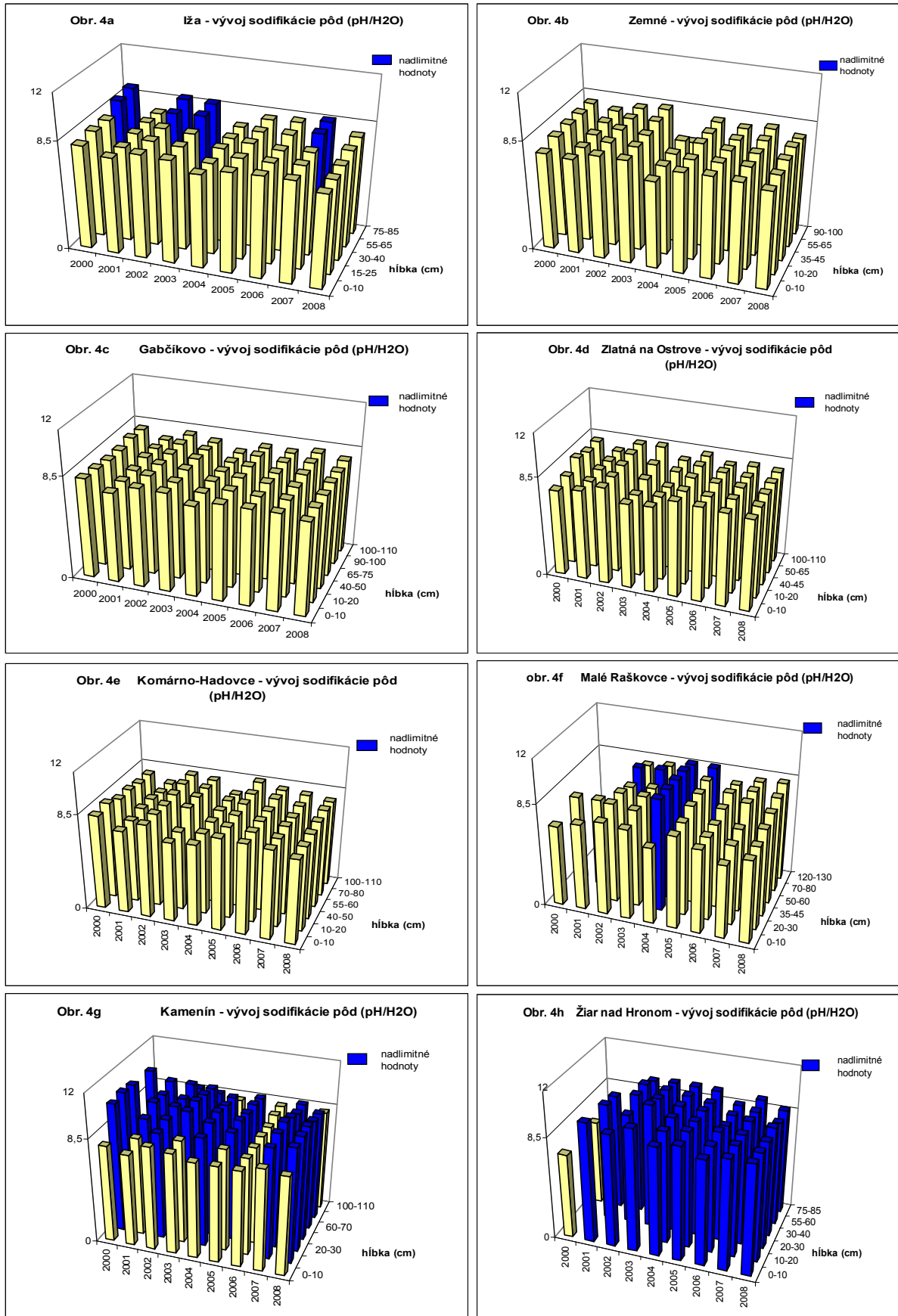
Tab. 9 Vývoj sodifikácie - pH/H₂O

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O (%)								
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Iža 400180	Akpc	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	7,3	7,8	7,9	7,9	7,3
	Akpc	15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	7,2	7,9	7,9	8,1	7,4
	Amčc	30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	7,4	8,1	7,9	8,1	7,4
	CGo	55-65	9,0	7,6	8,6	8,7	7,3	8,1	8,2	8,6	7,7
	CGo(Bn)	75-85	9,2	7,5	8,9	8,8	7,3	8,2	8,3	8,6	7,8
Gabčíkovo 400176	Akpc	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1	7,4	7,9	7,9	7,9	7,6
	Akpc	10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	7,5	8,0	7,9	8,0	7,7
	A/CGo(Bn)	40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	7,5	8,1	8,0	8,0	7,8
	CGro(Bn)	65-75	7,9	7,6	8,2	8,1	7,4	8,1	7,9	8,1	7,8
	CGr(Bn)	90-100	8,1	7,5	8,2	8,0	7,3	8,1	7,9	8,1	7,7
	Akpc	100-110	8,0	7,4	8,1	7,8	7,2	7,9	7,8	8,1	7,8
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
	Amčc	10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	7,2	8,0	7,9	8,0	7,8
	A/CGo	40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	7,1	8,2	8,1	8,0	7,9
	CGroc(Bn)	50-65	8,0	7,5	8,4	7,8	7,5	8,3	8,1	8,0	7,9
	CGroc(Bn)	100-110	8,1	7,5	8,4	8,5	7,6	8,3	7,8	8,0	7,9
Komárno - Hadovce 400178	Akpc	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,9	7,4
	Akpc	10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,8	7,5
	A/CGoc(Bn)	40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	7,3	8,2	8,0	7,9	7,6
	CGoc(Bn)	55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	7,4	8,3	8,0	7,7	7,7
	CGoc(Bn)	70-80	7,8	7,2	8,3	8,2	7,4	8,3	8,2	7,9	7,8
	Akpc	100-110	7,8	7,2	8,3	8,1	7,1	8,5	8,1	8,0	7,7
Zemné 400179	Akpc	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	6,8	7,8	7,9	7,8	7,5
	A/CGoc(Bn)	10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	7,0	7,8	7,9	8,0	7,7
	CGroc(Bn)	35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	7,0	8,1	7,9	8,0	7,9
	CGroc(Bn)	55-65	8,0	7,6	8,2	8,3	7,1	8,0	7,8	8,1	7,9
	CGroc(Bn)	90-100	8,0	7,7	8,2	8,4	6,1	8,0	7,8	8,1	7,7
Kamenín 400138	Ame	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	7,8	7,8	7,8	8,3	8,0
	Ame	10-20	10,4	8,0	8,7	8,4	8,9	8,3	7,9	9,0	9,3
	Ame	20-30	10,6	8,8	9,0	9,9	9,3	8,8	7,9	9,3	9,4
	Ame	40-50	10,5	9,4	9,3	10,0	9,4	9,0	8,0	9,4	9,4
	Bn	60-70	-	9,3	9,2	9,8	9,2	8,8	8,0	9,1	9,0
	Bn	80-90	10,3	9,7	9,7	9,6	9,1	8,8	8,2	8,6	8,8
Malé Raškovce 400229	Bn	0-10	6,6	7,1	7,6	7,4	6,3	7,6	6,9	6,0	6,8
	Akp	20-30	-	-	8,2	8,0	9,2	7,7	6,9	6,6	6,9
	Akp	35-45	7,2	7,3	8,2	8,2	9,1	8,1	6,9	6,9	7,3
	Aoe	50-60	-	-	7,8	8,0	9,0	8,2	7,3	8,1	7,6
	Bn	70-80	-	-	8,6	8,7	8,9	8,4	7,7	8,2	8,0
	Bn	120-130	-	-	8,0	8,2	8,6	8,6	7,5	8,1	8,3
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
	AoGo	10-20	-	-	-	-	9,3	9,6	8,8	9,2	9,0
	AoGo	20-30	-	9,6	9,1	10,2	9,5	9,5	9,0	9,1	8,9
	Gro	30-45	7,0	9,5	9,9	9,9	9,6	9,5	8,6	9,3	9,1
	Gro	55-65	-	-	10,0	9,8	9,6	9,3	8,6	9,2	8,6
	Gro	70-85	-	-	9,5	9,6	9,6	9,5	8,6	9,3	8,8

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Pôdna reakcia v intervale pH 7,3-8,5 je stredne až silno alkalická a potvrdzuje nadbytok solí vápnika (Ca²⁺), 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.

Obr. 4 Vývoj sodifikácie - pH/H₂O



Veľmi silná alkalická pôdna reakcia ($\text{pH} > 8,5$) 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 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 2008 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 2008 (tab. 10) 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 na väčšine monitorovaných lokalít, len na lokalite Komárno-Hadovce presiahla jej hodnota kritickú hranicu 200 mS.m^{-1} . Celkový obsah solí (RL_2) dosiahol rizikové hodnoty nad 1000 mg.l^{-1} na lokalitách Kamenín a Zlatná na Ostrove.

Obsah jednotlivých iónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možnej salinizácie pôd. Vyššie zastúpenie aniónov Cl^- vytvára podmienky pre rozvoj chloridosulfátovej salinizácie. Riziko rozvoja sódovej salinizácie v lokalite Komárno-Hadovce signalizuje zvýšený obsah iónov sodíka ($> 250 \text{ mg.l}^{-1}$).

Tab. 10 Chemické vlastnosti podzemných vôd významné pre vznik a vývoj soľných pôd v roku 2008

Lokalita	mesiac merania	pH	EC	RL ₁	RL ₂	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SAR
			mS.m ⁻¹	mg.l ⁻¹										
Iža	V	8,3	149	1057	904	<3,0	513,0	77,9	285,0	144,0	63,1	115,0	2,8	2,01
400180	X	7,6	145	987	904	<3,0	532,0	93,0	262,0	135,0	61,2	123,0	1,9	2,20
Zemné	V	8,3	137	1095	812	<3,0	442,0	126,0	234,0	200,0	34,8	47,8	1,4	0,82
400179	X	7,4	141	1032	671	<3,0	523,0	128,0	133,0	211,0	40,4	43,3	1,5	0,72
Gabčíkovo	V	8,3	79	682	442	<3,0	<3,00	32,6	199,0	128,0	27,2	9,0	1,9	0,19
400176	X	7,5	77	593	354	<3,	252,0	31,6	178,0	107,0	32,4	10,1	3,0	0,22
Zlatná na Ostrove	V	8,3	178	1217	1051	<3,0	722,0	93,8	290,0	123,0	43,3	249,0	2,3	4,92
400177	X	7,6	181	1228	1088	<3,0	698,0	122,1	273,0	127,0	49,4	245,0	2,2	4,67
Komárno-Hadovce	V	8,1	192	1180	1022	<3,0	945,0	91,5	277,0	129,0	58,9	263,0	2,2	4,81
400178	X	7,4	201	1343	1057	<3,0	894,0	123,0	300,0	137,0	68,9	265,0	2,2	4,61

EC - elektrická vodivosť

SAR - sodíkový adsorpčný pomer

RL₁ - rozpustné látky pri vysušení 105 °C

RL₂ - rozpustné látky pri žíhaní 600 °C

Záver

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2008 a ich analýza sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Na monitorovanom území súčasne prebieha salinizácia aj sodifikácia, pričom sodifikácia je výraznejšia a dominantná. Významne to potvrdzujú hodnoty ESP nad 10 % namerané v roku 2008 v slabo slancových pôdach. Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa sodifikácie na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja soľných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd (tab. 10) je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom vyššie hodnoty elektrickej vodivosti ($>200 \text{ mS}\cdot\text{m}^{-1}$), vysoká mineralizácia podzemných vôd ($>1000 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), vysoký obsah sodíka (Na^+ , $>250 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) a vysoký obsah hydrogénuhličitanových iónov (HCO_3^- , $>500 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), ktoré indikuje reálne podmienky pre vznik sódovej salinizácie.

Literatúra

Fulajtár, E., 1996: Prognóza zasol'ovania pôd Podunajskej roviny. VÚPU, Bratislava, 1996

Hraško, J. a kol., 1962: Rozbory pôd. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava, 1962

Sotáková, S., a kol., 1988: Návody na cvičenie z pôdoznanectva, Příroda, Bratislava, 1988

Valla, M., a kol., 1983: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha, 1983

3.4. Kontaminácia pôd

V roku 2008 boli spracované a analyzované pôdne vzorky odobraté v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007). V novembri 2008 boli ukončené chemické analýzy monitorovaných pôd pre skupiny Andozeme (TTP), Kambizeme (TTP aj OP), Rendziny, Pararendziny, Litozeme karbonátové (TTP), a Černozeme (OP).

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 (X_{min} - minimálna hodnota, X_{max} - maximálna hodnota, X_p - priemerná hodnota) za 4. odberový cyklus skupín monitorovaných pôd:

1. ANDOZEME (TTP) – S2
2. KAMBIZEME (TTP) – S3
3. KAMBIZEME (OP) – S4
4. RENDZINY, PARARENDZINY a LITIZEME KARBONÁTOVÉ (TTP) – S11
5. RENDZINY (OP) – S12
6. ČERNOZEME a ČERNOZEME HNEDOZEMNÉ NA SPRAŠIACH (prevažne OP) - S16

Dosiahnuté výsledky

1. Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja kontaminácie pôd v základnej sieti

Obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené lokality za sledované obdobie sú uvedené v tab. 2-4. V zmysle naplnenia Z. z. 220/2004 sa pri prekročení limitnej hodnoty vzorky analyzovali vo výluhu $1 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ dusičnanu amónneho, na zistenie kritickej hodnoty vo vzťahu rastlina – pôda (tab.1).

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 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 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		
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		
Chrómov (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

Poznámka: Uvedené údaje platia pre pôdne vzorky získané na orných pôdach z hornej vrstvy hrúbky 0,2 m vysušenej na vzduchu do konštantnej hmotnosti, * ak $\text{pH}(\text{KCl})$ je menšie ako 6, ** ak $\text{pH}(\text{KCl})$ je menšie ako 5

Vyhodnotenie súčasného hygienického stavu ČMS - pôda pre analyzované skupiny pôd andozemí, kambizemí, rendzín a černoziem za 4. odberový cyklus (odber v roku 2007)

Arzén

Priemerná hodnota arzénu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 1,2 do 13,3 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu As je 28,8 mg/kg pre hĺbku 0-10cm a skupinu pôd S11- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 2).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 0,07 do 0,48 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cd je 1,87 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S11- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 2).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 8,6 do 16,7 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Co je 25,3 mg/kg pre hĺbku 35-45cm skupina S3 - kambizeme OP (tab. 2).

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
S2	TTP	0-10	2,9	3,8	3,4	0,45	0,50	0,48	11,3	17,7	14,5
		35-45	1,2	1,3	1,2	0,01	0,22	0,11	12,9	17,8	15,4
S3	TTP	0-10	2,0	15,0	6,8	0,14	0,64	0,32	5,8	24,5	14,6
		35-45	1,5	10,2	4,6	0,01	0,17	0,07	6,9	25,3	16,7
S4	OP	0-10	2,0	18,8	7,9	0,16	0,28	0,21	7,9	18,1	11,7
		35-45	2,0	17,0	8,6	0,02	0,13	0,07	10,4	15,8	13,0
S11	TTP	0-10	2,3	28,8	13,3	0,11	1,87	0,62	1,1	24,0	12,7
		35-45	5,4	16,5	10,8	0,12	0,55	0,30	9,1	22,5	12,5
S12	OP	0-10	5,5	24,2	12,7	0,10	0,78	0,41	3,8	22,0	10,0
		35-45	5,6	20,7	12,7	0,06	0,65	0,27	2,9	19,2	8,9
S16	Prevažne OP	0-10	6,6	14,9	9,5	0,03	0,38	0,18	6,6	10,9	8,8
		35-45	4,5	14,4	9,1	0,01	0,48	0,14	5,4	12,4	8,6

Chróm

Priemerná hodnota chrómu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 24,5 do 61,8 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cr je 108,8 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S11-- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 3).

Meď

Priemerná hodnota medi v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 19,0 do 45,3 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Cu je 108,1 mg/kg pre hĺbku 35-45cm skupina S11-- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 3)

Nikel

Priemerná hodnota niklu v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 9,2 do 56,7 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Ni je 136,1 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S11 -- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 3)

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
S2	TTP	0-10	23,2	33,2	28,2	30,9	59,6	45,3	10,9	14,5	12,7
		35-45	25,9	30,8	28,3	30,6	47,7	39,1	12,8	15,7	14,2
S3	TTP	0-10	10,8	56,5	35,1	18,1	51,6	29,6	0,2	28,3	12,4
		35-45	12,0	58,2	34,7	11,2	55,9	29,4	0,3	30,3	13,9
S4	OP	0-10	17,2	34,0	24,5	15,5	30,4	23,2	4,4	13,3	9,2
		35-45	15,4	45,9	28,0	12,8	28,3	19,0	4,0	17,6	10,6
S11	TTP	0-10	7,8	108,8	59,9	6,3	86,7	34,6	6,1	136,1	47,2
		35-45	43,8	75,7	61,8	18,9	108,1	41,1	32,9	81,1	56,7
S12	OP	0-10	30,8	76,2	45,8	11,1	37,5	22,6	13,0	72,7	31,7
		35-45	26,5	77,7	46,8	6,9	36,7	19,5	10,9	73,9	31,9
S16	Prevažne OP	0-10	35,7	53,2	45,6	15,0	37,2	21,6	22,9	31,5	27,8
		35-45	32,5	62,5	46,0	12,1	39,1	20,0	22,1	32,8	28,4

Olovo

Priemerná hodnota olova v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 13,5 do 61,1 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Pb je 108,2 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S11-- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 4).

Zinok

Priemerná hodnota zinku v pôdnom profile sa pohybuje pre jednotlivé skupiny a odberové hĺbky v rozpätí od 63,7 do 134,1 mg/kg. Maximálna hodnota obsahu Zn je 199,8 mg/kg pre hĺbku 0-10cm skupina S11- rendziny, pararendziny a litozeme karbonátové (tab. 4)

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

Skupina	Kultúra	Hĺbka odberu	Pb			Zn		
			Xmin	Xmax	Xp	Xmin	Xmax	Xp
S2	TTP	0-10	26,0	96,2	61,1	110,3	157,9	134,1
		35-45	12,8	14,9	13,9	94,3	111,6	103,0
S3	TTP	0-10	16,3	52,3	31,9	81,8	112,4	100,6
		35-45	9,9	21,9	15,2	49,4	129,7	88,0
S4	OP	0-10	13,6	45,7	24,8	58,1	124,9	80,2
		35-45	9,4	31,7	15,4	45,7	115,3	67,4
S11	TTP	0-10	12,8	108,2	43,4	25,5	199,8	116,3
		35-45	15,6	27,5	20,0	55,5	100,4	77,5
S12	OP	0-10	15,7	35,2	22,1	48,5	133,9	76,5
		35-45	7,4	34,1	18,2	21,2	135,0	67,2
S16	Prevažne OP	0-10	9,4	22,3	16,8	50,4	112,0	66,5
		35-45	7,9	19,5	13,5	41,0	129,2	63,7

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

Tab. 6 Obsah prekročených rizikových prvkov stanovených vo výluhu 1mol. dm⁻³ dusičnanu amónneho, na zistenie kritickej hodnoty vo vzťahu rastlina - pôda. (tab.č.2).

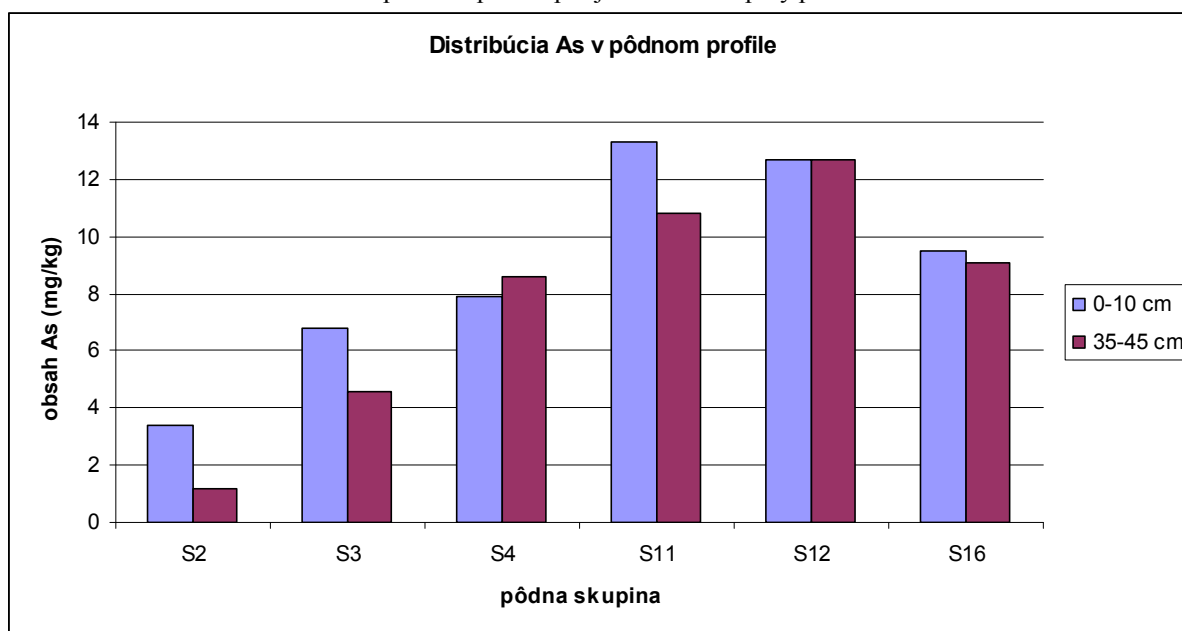
Skupina	Cd	Zn
S-2	mg/kg	
obsah	<0,001	2,2

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

Arzén

Obsah arzénu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je obsah arzénu pre skupinu S4 mierne vyšší oproti hĺbke 0-10 cm (obr. 1), čo je možné zdôvodniť aj nižším pH v KCl, (pôda je kyslá) poukazuje to na vertikálnu migráciu As smerom do hlbších polôh pôdného profilu.

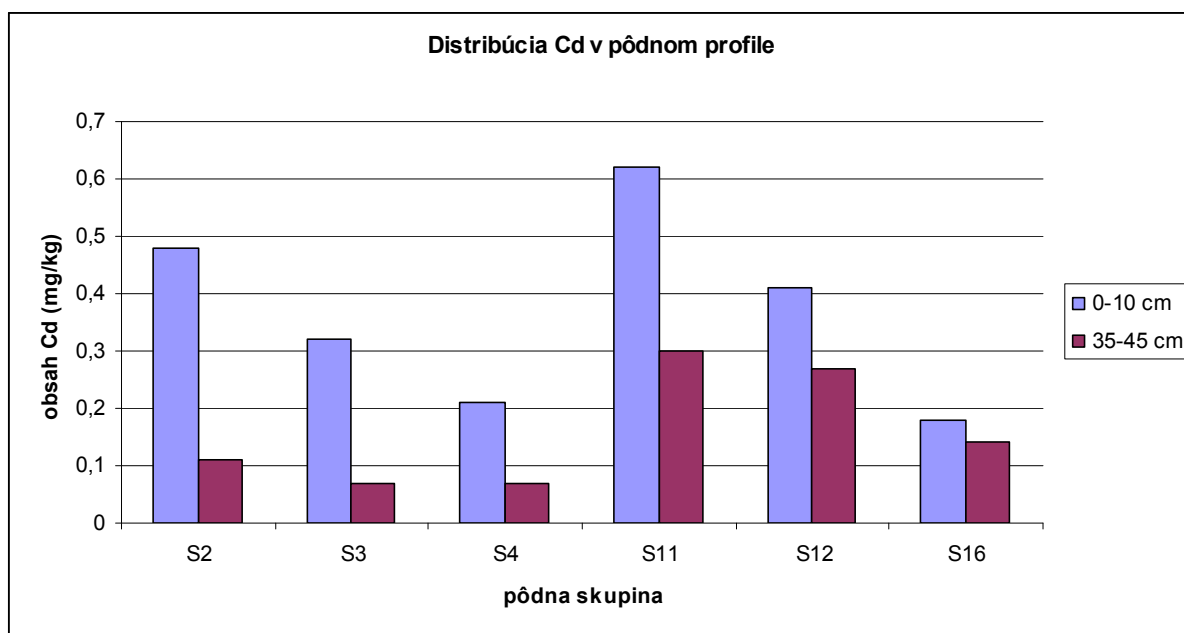
Obr. 1 Porovnanie distribúcie As v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kadmium

Obsah kadmia pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm sa nachádza menší obsah kadmia ako vo vrchnom profile.

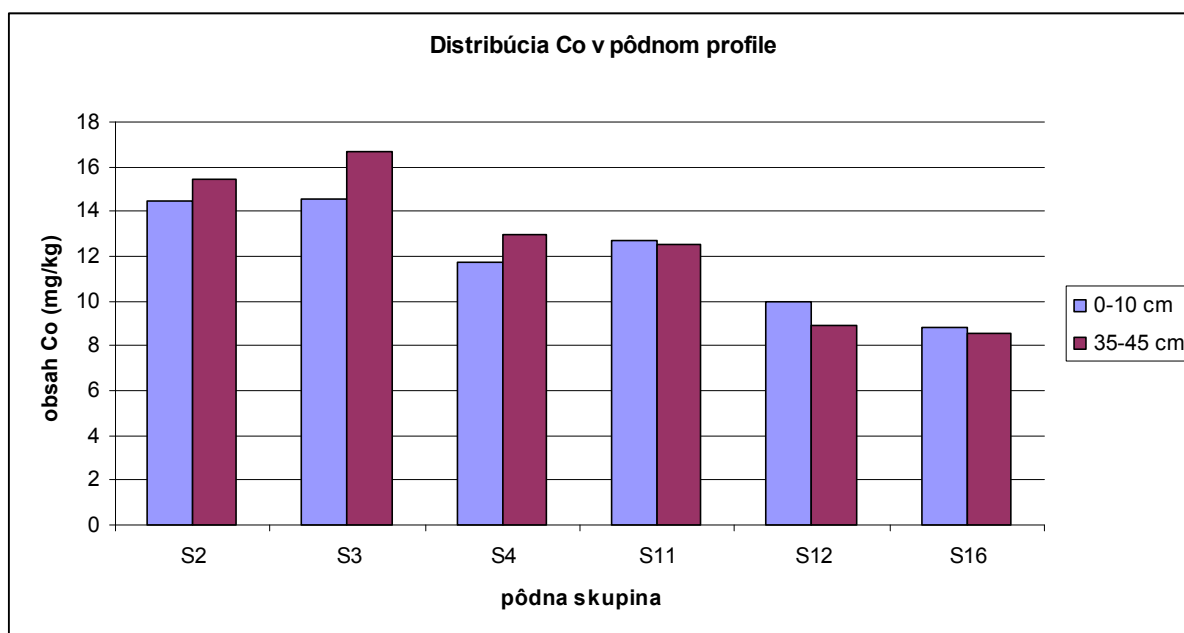
Obr. 2 Porovnanie distribúcie Cd v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Kobalt

Obsah kobaltu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je mierne vyšší obsah kobaltu, pre skupinu S2, S3, S4, čo poukazuje na vertikálnu migráciu Co smerom do hlbších polôh pôdneho profilu (obr. 3).

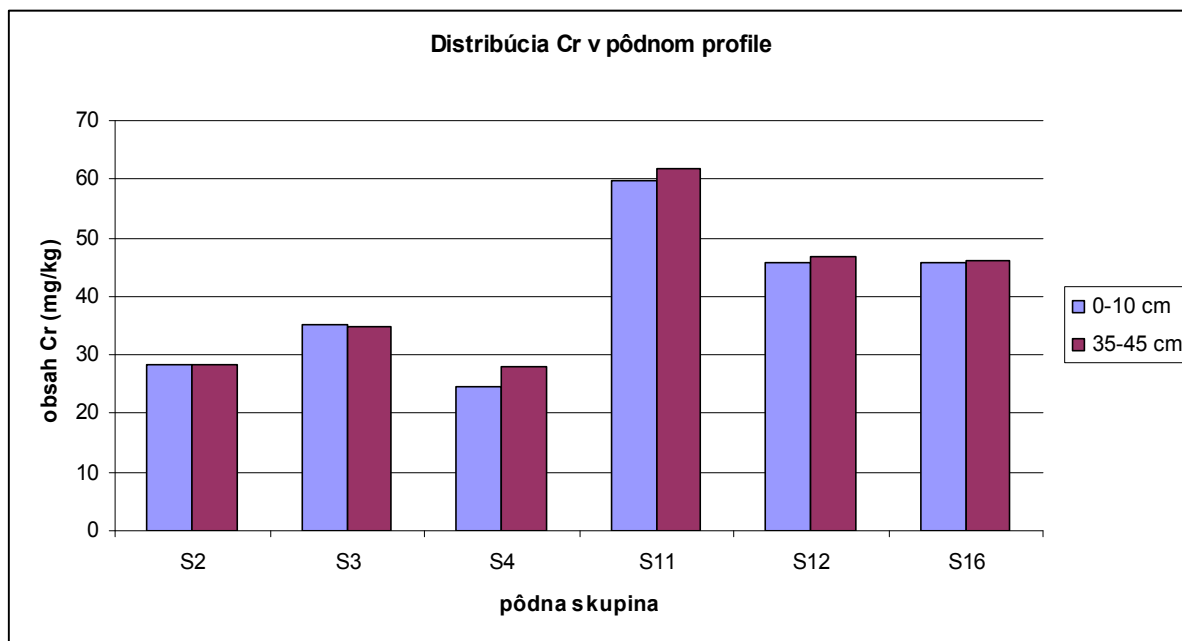
Obr. 3 Porovnanie distribúcie Co v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Chróm

Obsah chrómu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že obidva horizonty majú približne rovnaký obsah chrómu (obr. 4).

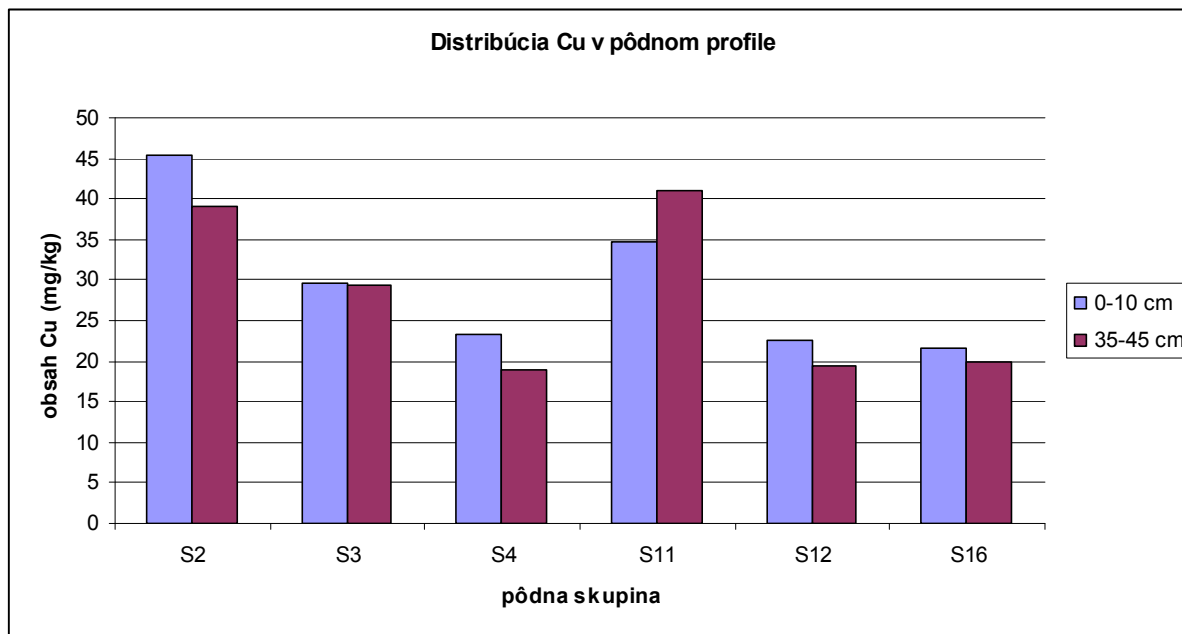
Obr. 4 Porovnanie distribúcie Cr v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Med'

Obsah medi pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 35-45 cm je nižší obsah medi oproti A – horizontu. Jedine v skupine S 11 v hĺbke 35-45 cm bol zaznamenaný vyšší obsah medi (obr. 5).

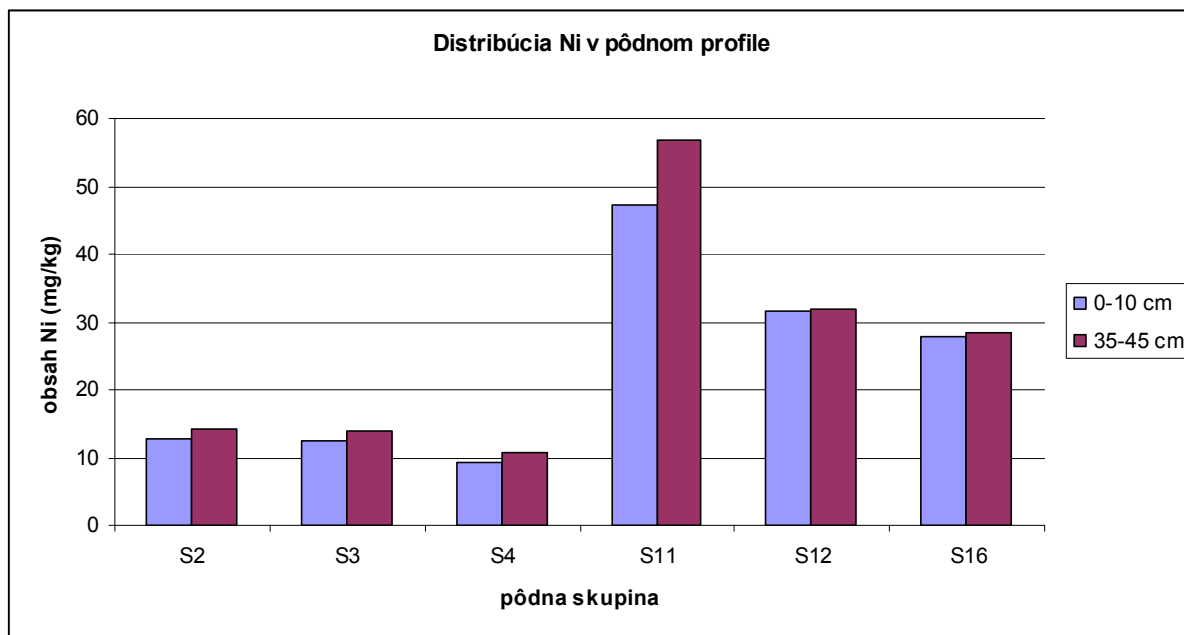
Obr. 5 Porovnanie distribúcie Cu v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Nikel

Obsah niklu pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že A-aj C-horizont majú približne rovnaké obsahy niklu okrem skupiny S11, kde došlo pravdepodobne k vertikálnej migrácii (obr. 6).

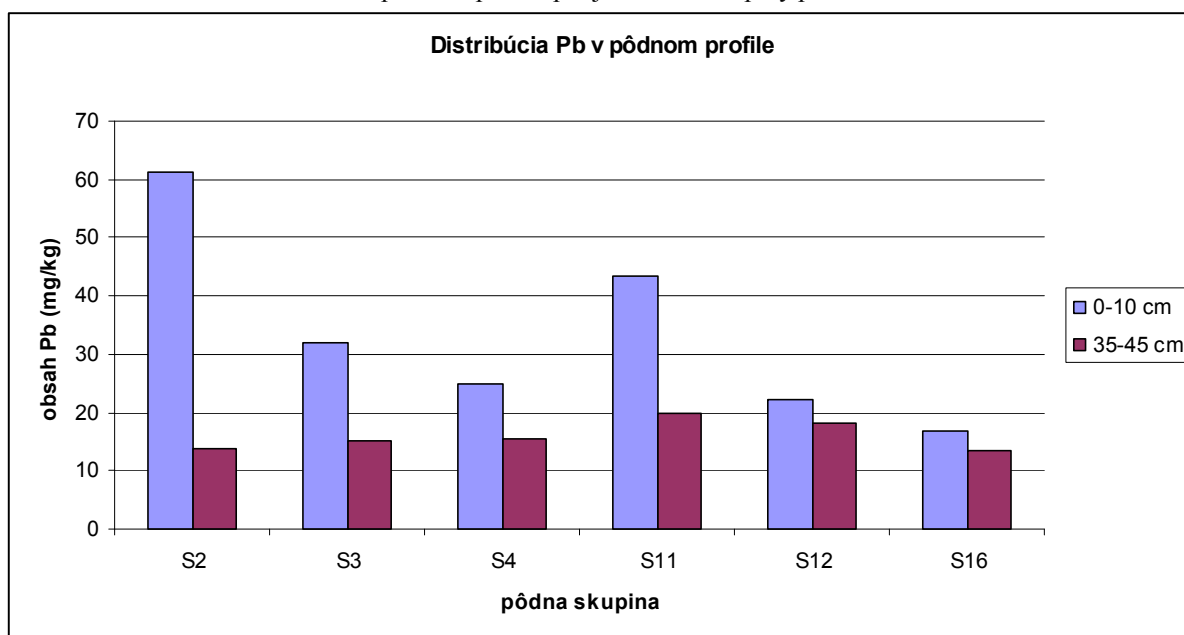
Obr. 6 Porovnanie distribúcie Ni v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Olovo

Obsah olova pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 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).

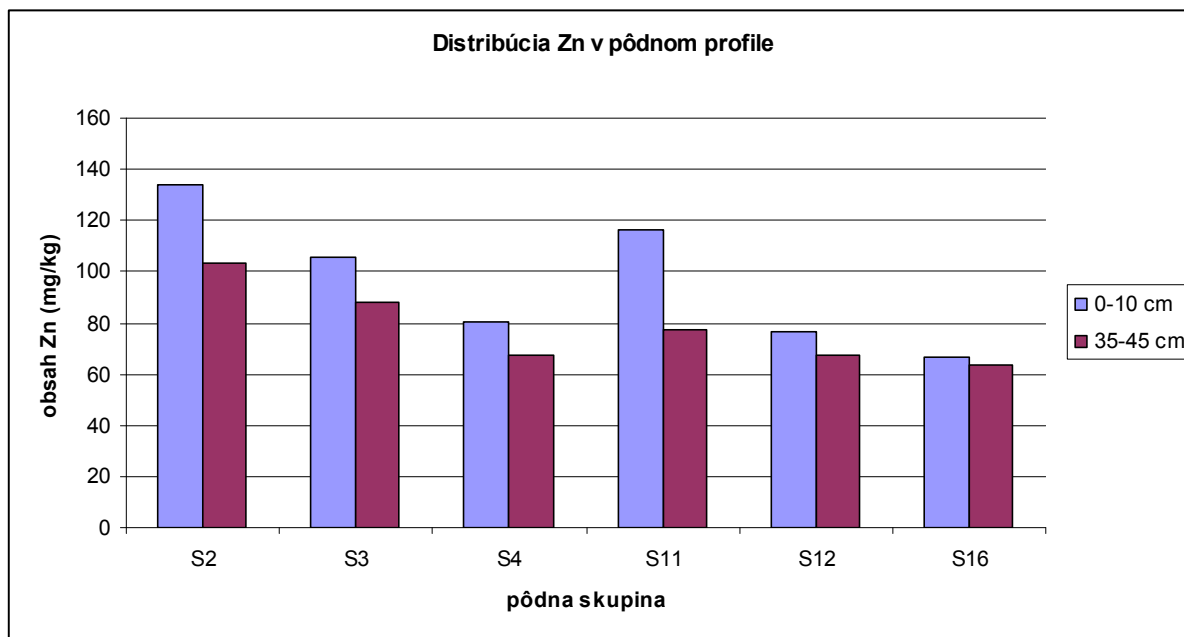
Obr. 7 Porovnanie distribúcie Pb v pôdnom profile pre jednotlivé skupiny pôd



Zinok

Obsah zinku pre jednotlivé skupiny analyzovaných pôd *andozemí, kambizemí, rendzín a černoze* - S2, S3, S4, S11, S12 a S16 nového odberového cyklu (rok odberu 2007) ukazuje, že v hĺbke 0-10cm sa nachádza vyšší obsah zinku ako v hĺbke 35-45 cm (obr. 8).

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



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

Monitorované skupiny pôd majú veľmi vysoký obsah Cd (tab.2), kde priemerný obsah Cd je na hranici hygienického limitu (hĺbka 0-10cm).

Na analyzovaných kambizemiach TTP bol prekročený limit obsahu zinku a kadmia po rozklade v lúčavke kráľovskej a následne bola stanovená kritická hodnota vo vzťahu rastlina-pôda, vo výluhu $1\text{mol}\cdot\text{dm}^{-3}$ dusičnanu amónneho, kde je možné skonštatovať, že aj táto kritická hodnota pre prvok zinok bola prekročená (tab. 6).

Obsah ostatných sledovaných rizikových prvkov je z hľadiska hygienického stavu vyhovujúci.

Pretože v 4. odberovom cykle (rok odberu 2007) sa prvýkrát 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.

2. Hodnotenie kontaminácie pôd na príklade kľúčovej lokality

V roku 2008 bola odobraná, spracovaná, analyzovaná a vyhodnotená pôdna vzorka kľúčovej lokality Voderady (400 114) zo základnej siete ČMS – pôda.

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

Stručná charakteristika monitorovanej sondy

Voderady (400 114) - na monitorovanom mieste je vyvinutá černozem kultizemná, var. karbonátová na spraši.

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 určenej kľúčovej lokalite za rok 2008.

Vyhodnotenie vybranej kľúčovej lokality za rok 2008

Vo vybranej kľúčovej lokalite Voderady sme sledovali zmenu obsahu určených rizikových prvkov v hĺbke odberu 0-10cm a v hĺbke 35-45 cm za časové obdobie 2002 až 2008 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 – 2008.

Tab. 7 Základná popisná štatistika na lokalite Voderady za roky 2002 – 2008

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Priemerný obsah	8,77	0,24	8,59	42,66	22,88	26,04	17,14	66,99
Smerodajná odchýlka	0,33	0,06	1,35	3,83	2,07	1,56	3,25	4,7
Koeficient variability %	3,8	25,4	15,7	9,0	9,0	6,0	19,0	7,0
Minimálna hodnota	8,29	0,13	6,65	35,57	19,85	23,0	12,5	57,5
Maximálna hodnota	9,43	0,35	10,14	47,59	27,6	29,24	25,76	76,3

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 8,77 mg/kg a pohybuje sa od 8,29 do 9,43 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 3,8% (tab. 7 a obr. 9).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 0,24 mg/kg a pohybuje sa od 0,13 do 0,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 25,4% (tab. 7 a obr. 11).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 8,59 mg/kg a pohybuje sa od 6,65 do 10,14 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,7% (tab. 7 a obr. 9).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 42,66 mg/kg a pohybuje sa od 35,57 do 47,59 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,0% (tab. 7 a obr. 10).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 22,88 mg/kg a pohybuje sa od 19,85 do 27,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,0% (tab. 7 a obr. 10).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 26,04 mg/kg a pohybuje sa od 23,0 do 29,24 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,0% (tab. 7 a obr. 10).

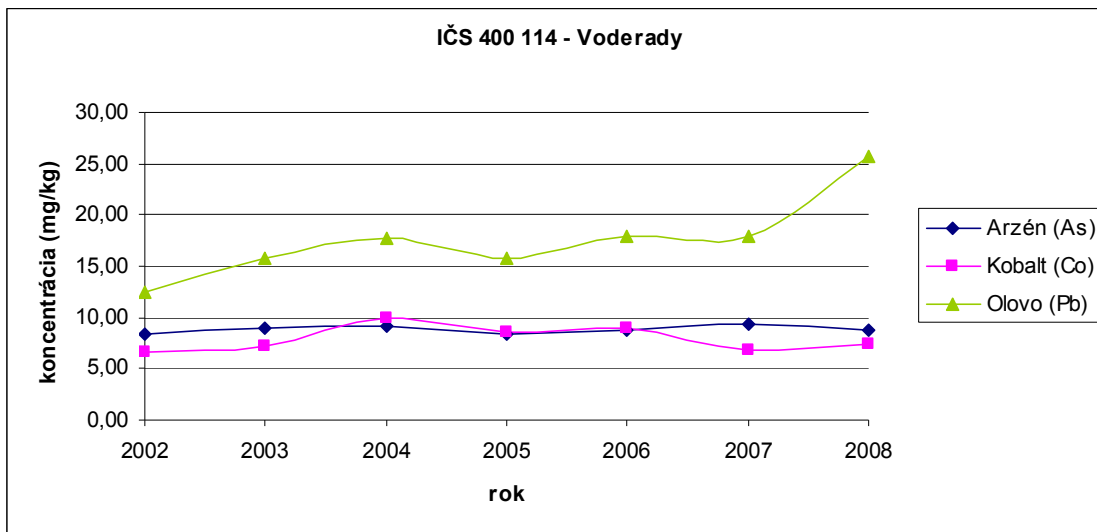
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 2002 – 2008 je 17,14 mg/kg a pohybuje sa od 12,5 do 25,76 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19,0% (tab. 7 a obr. 9).

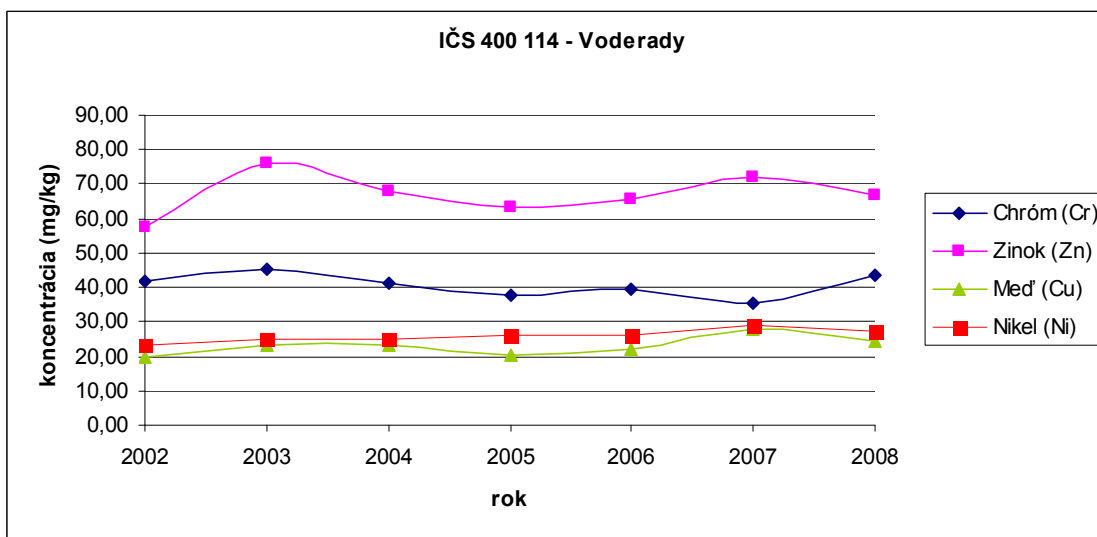
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 2002 - 2008 je 66,99 mg/kg a pohybuje sa od 57,5 do 76,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7% (tab. 7 a obr. 10).

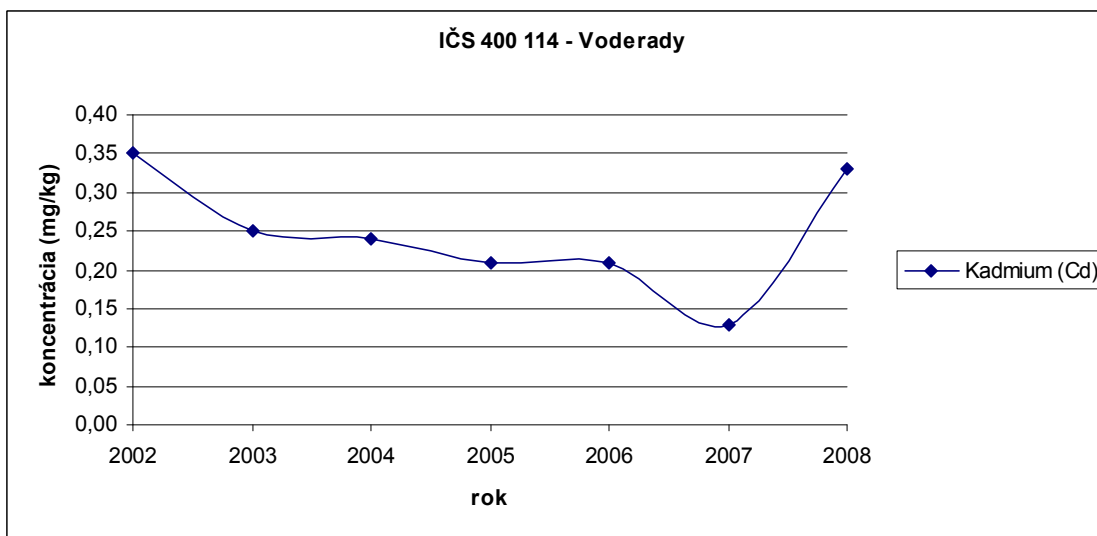
Obr. 9



Obr. 10



Obr. 11



Prezentované výsledky ukazujú na nasledovný charakter distribúcie rizikových prvkov v monitorovanej kľúčovej lokalite:

- nerovnomerný heterogénny výskyt rizikového prvku v pôdnom profile
- rovnomerný homogénny 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.

Na sledovanej kľúčovej lokalite Voderady je možné zaregistrovať aj zvýšený obsah kadmia a olova vo vzťahu k predchádzajúcim hodnotám v iných sledovaných rokoch, čo je možné pripísať aj pravdepodobnému použitiu fosforečných hnojív s vyšším obsahom kadmia. Aj napriek zaznamenanému nárastu kadmia v sledovanej lokalite, nedošlo k prekročeniu hygienického limitu podľa ustanovení Zákona 220/2004.

3.5. Obsah makro- a mikroelementov

3.5.1 Makroelementy

Fosfor

Obsah makroelementov, a teda aj fosforu v pôdach je hlavne výsledkom intenzity hnojenia a vlastností pôd. Prirodzené zásoby fosforu v 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 fosforu 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 a Styk, 1997) – priemerne 22,3 mg.kg⁻¹ (stanoveného prístupného fosforu podľa Egnera). Neskôr, najmä vplyvom dlhodobého systematického hnojenia často vysokými dávkami priemyselných hnojív (najmä 70-té a 80-té roky minulého storočia) došlo v ornici poľnohospodárskych pôd k výraznému zvyšovaniu obsahu prístupných živín – pri fosfore až takmer o 200 %. Po zmene ekonomicko-hospodárskych podmienok na začiatku 90-tych rokov minulého storočia došlo k výraznému znižovaniu dávok priemyselných hnojív (z asi 230 kg č.ž. NPK až na 40 – 60 kg č.ž. NPK na 1 ha). Preto jedným z hlavných okruhov dotýkajúcich sa pôdnej úrodnosti je aj pravidelné sledovanie obsahu prístupných živín.

Čo sa týka fosforu, doteraz – t.j. prvé 3 cykly monitorovania pôd sme tento sledovali a analyzovali jeho prístupnú formu podľa Egnera. V zmysle návrhu – resp. doporučenia EK pre monitoring pôd, sme v započatom 4. cykle začali hodnotiť jeho prístupnú formu podľa Mehlicha III. (túto formu analyzuje a sleduje aj ÚKSUP v rámci ASP – agrochemického skúšania pôd). Súčasne sme v roku 2008 spolu s ÚKSUP-om Bratislava – Regionálnym odborom vo Zvolene vydali publikáciu, ktorá hodnotí aj prechod doteraz používaných metód na doporučenú metódu podľa Mehlicha III. (Kobza a Gáborík, 2008).

V tab. 1 je uvedené základné štatistické vyhodnotenie obsahu základných makroelementov (podľa Mehlicha III.) v základnej monitorovacej sieti pôd, ktoré sme analyzovali a hodnotili v roku 2008.

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

Pôdy	Druh pozemku	P			K			Mg		
		X _{min.}	X _{max.}	X	X _{min.}	X _{max.}	X	X _{min.}	X _{max.}	X
KM na vulk.	TTP	20,0	90,3	41,4	53,3	480,0	221,3	77,0	510,0	279,0
KM na vulk.	OP	20,0	148,0	79,2	64,4	445,0	208,1	119,0	264,0	178,7
RA	TTP	15,0	112,0	39,9	85,0	465,0	222,5	103,0	2006,0	581,7
RA	OP	36,3	205,0	119,4	152,0	471,0	286,3	123,0	797,0	515,3
ČM	OP	32,1	506,0	116,4	143,0	596,0	261,4	204,0	599,0	371,3

Xmin. – min. hodnota, Xmax. – max. hodnota, X – aritmetický priemer

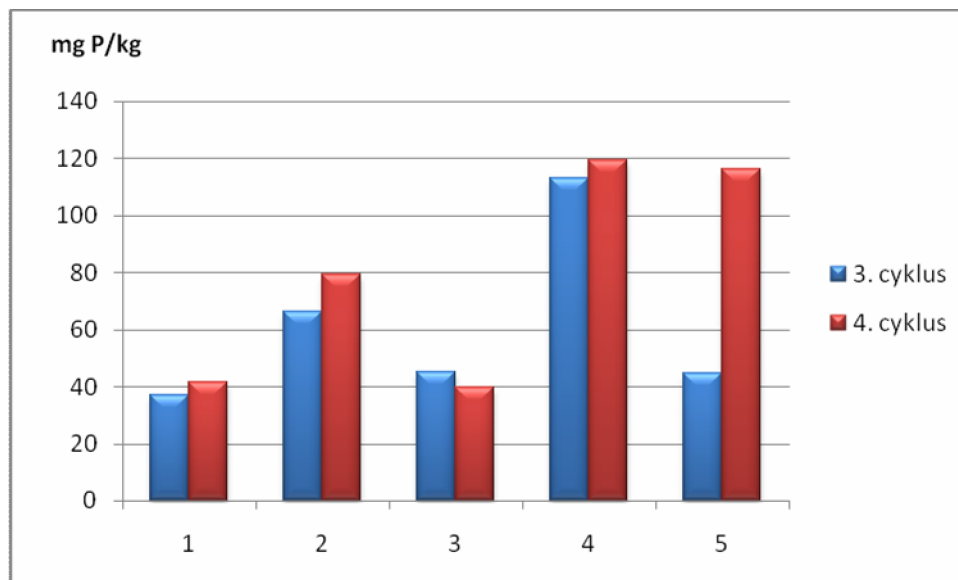
Obsah prístupného fosforu (podľa kritérií pre Mehlicha III., uvedených v publikácii Kobza a Gáborík, 2008) sa v hodnotených pôdach pohybuje priemerne v rozpätí 39,9 – 119,4 mg.kg⁻¹, čo je obsah nízky až dobrý (pre stredne ťažké pôdy). Najnižšie hodnoty prístupného fosforu boli zistené na hodnotených pôdach pod trvalými trávnyimi porastami, kde úroveň hnojenia aj v minulosti bola pomerne nízka.

Tab. 2 Obsah príst. živín (P, K, Mg) v ornici (0-10 cm) poľnohosp. pôd za 3. monitor. cyklus (mg.kg^{-1})

Pôdy	Druh pozemku	Namerané			Prepočítané na Mehlich III.		
		P (Egner)	K (Schacht.)	Mg (Mehlich II.)	P	K	Mg
Kambizeme na vulkanitoch	TTP	19,7	156,6	385,2	36,9	207,1	383,1
Kambizeme na vulkanitoch	OP	51,3	199,6	217,7	66,2	256,0	218,5
Rendziny	TTP	28,4	166,5	402,0	44,9	218,4	399,6
Rendziny	OP	101,5	209,8	591,8	112,9	267,6	586,2
Černozeme	OP	28,1	257,8	391,2	44,7	322,2	389,0

V rámci prechodu na novú analytickú metódu (Egner → Mehlich III.), v tab. 2 sme sa pokúsili prepočítať doteraz namerané hodnoty podľa Egnera v 3. monitorovacom cykle na hodnoty podľa Mehlich III. (podľa prepočtu uvedenom v publikácii Kobza a Gáborík, 2008). Takto sme sa zároveň pokúsili o porovnanie predchádzajúceho 3. cyklu s novým 4. monitorovacím cyklom graficky (obr. 1).

Obr. 1 Vývoj obsahu príst.P (Mehlich III) v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)



1 – Kambizeme na vulkanitoch (TTP), 2 – Kambizeme na vulkanitoch (OP), 3 – Rendziny (TTP), 4 – Rendziny (OP), 5 – Černozeme (OP)

Znázornený vývoj obsahu prístupného fosforu sa nevyvíja z doterajšieho hodnotenia (od 1. cyklu monitorovania pôd), ktorý je hodnotený v publikácii za 3. monitorovací cyklus (Kobza a kol., 2009). Dosiahnuté hodnoty sú pomerne skôr opticky variabilné, neprekračujú však doteraz zistenú variabilitu v čase.

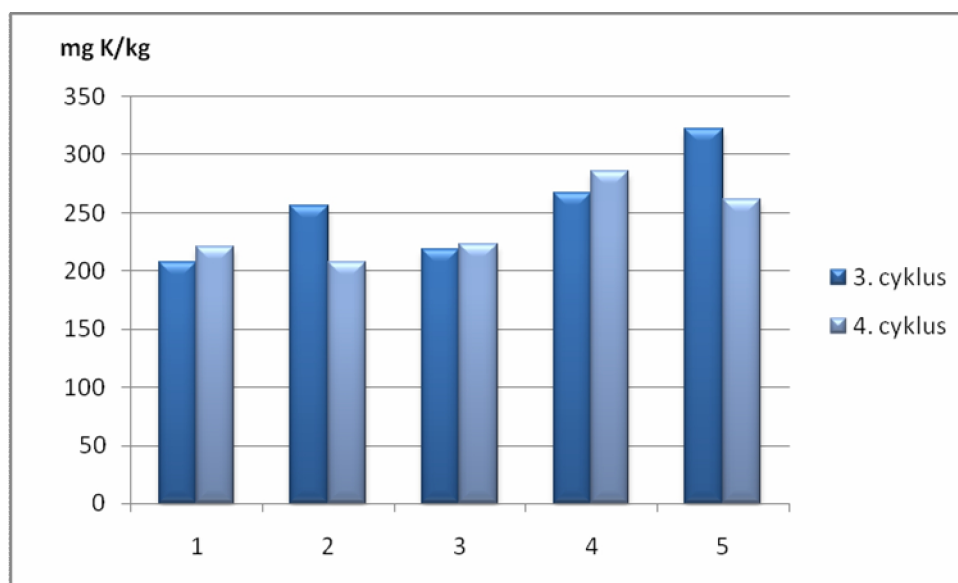
Draslík

Je známe, že zásobenosť našich pôd draslíkom je oproti fosforu lepšia, čo pramení z pomerne dobrých prirodzených zdrojov minerálneho zloženia pôdy. Na začiatku monitorovania pôd Slovenska (začiatkom 90-tych rokov) sa obsah prístupného draslíka v ornici poľnohospodárskych pôd pohyboval prevažne v rozpätí $150 - 300 \text{ mg.kg}^{-1}$, ktorý predstavoval strednú až vysokú zásobu tohto prvku v poľnohospodárskych pôdach. Neskôr

vplyvom už spomínaného znižovania dávok priemyselných hnojív, a teda aj K-hnojív, dochádza aj pri draslíku k jeho poklesu v poľnohospodárskych pôdach.

Obsah prístupného draslíka (Mehlich III.) v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 208,1 – 286,3 mg.kg⁻¹ (tab. 1), čo je obsah dobrý (pre stredne ťažké pôdy). Keďže prvé 3 monitorovacie cykly sme prístupný draslík stanovovali podľa Schachtschabela, výsledky z predchádzajúceho 3. cyklu sme prepočítali na Mehlicha III., podľa už zisteného prepočtu (Kobza a Gáborík, 2008). Prepočítané hodnoty prístupného draslíka sú uvedené už v predchádzajúcej tab. 2. To nám umožnilo porovnať vývoj prístupného draslíka na hodnotených pôdach za posledné obdobie (3. a 4. monitorovací cyklus) – viď obr. 2.

Obr. 2 Vývoj obsahu príst. K (Mehlich III) v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)



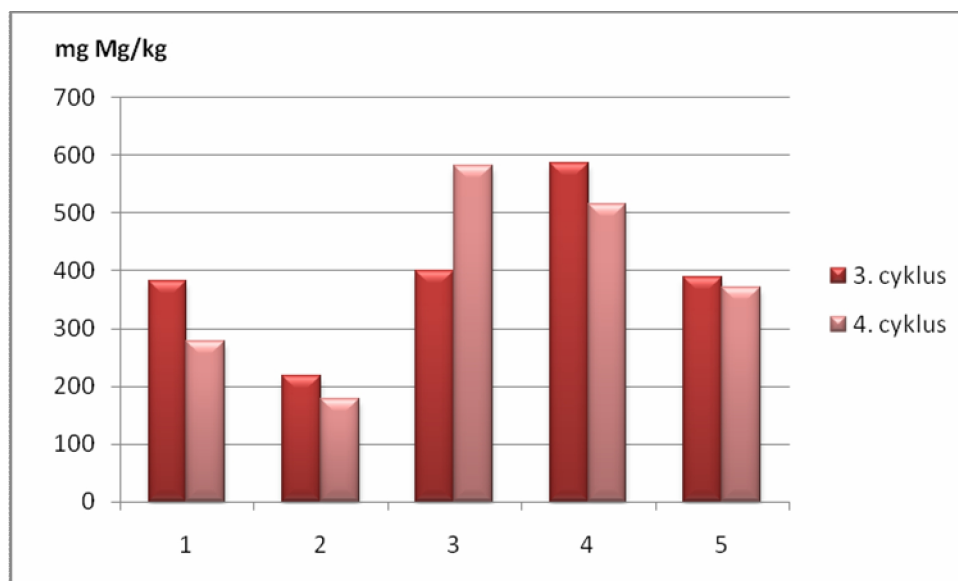
V zistenom vývoji prístupného draslíka za posledné obdobie neboli zistené výraznejšie rozdiely v hodnotených pôdach. Tieto neprekračujú priestorovú variabilitu monitorovacích lokalít v hodnotenom parametri.

Horčík

Obsah horčíka v poľnohospodárskych pôdach Slovenska nie je deficitný, čo sme konštatovali už v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2009). Hodnoty prístupného horčíka (Mehlich III) v nami hodnotených pôdach sa pohybujú v rozpätí 178 – 581,7 mg.kg⁻¹ (tab. 1), čo je obsah dobrý až veľmi vysoký (Kobza a Gáborík, 2008) a čím sa potvrdilo už predchádzajúce konštatovanie.

V predchádzajúcich monitorovacích cykloch bol horčík analyzovaný podľa Mehlicha II. V započatom 4. monitorovacom cykle sme prešli na metódu podľa Mehlicha III. V tab. 2 je uvedený prepočet z pôvodnej metódy (Mehlich II.) na metódu Mehlich III. z výsledkov z predchádzajúceho 3. monitorovacieho cyklu (tab. 2). Prepočet bol urobený podľa už vypočítaného vzťahu uvedeného v publikácii Kobza a Gáborík (2008). Na základe prepočtu bol znázornený vývoj obsahu prístupného horčíka za posledné obdobie (3. a 4. monitorovací cyklus) – obr. 3.

Obr. 3 Vývoj obsahu príst. Mg (Mehlich III) v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)



Zistené hodnoty sú mierne variabilné, nedošlo tu k výraznejšej zmene v obsahu tohto prvku. Pomerne vysoké hodnoty prístupného horčíka len potvrdzujú už predchádzajúce zistenia v sieti monitoringu pôd Slovenska.

3.5.2 Mikroelementy

Meď

Mikroelementy sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. K dôležitým mikroelementom patrí aj meď, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov.

Obsah medi (v extrakte DTPA) v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí 1,04 – 1,97 mg.kg⁻¹ (tab. 3), čo je obsah stredný.

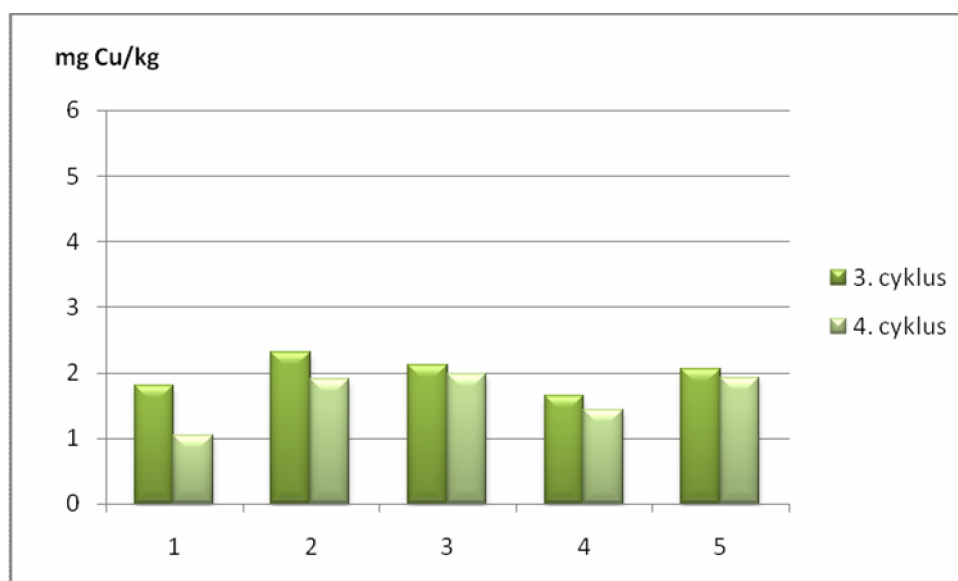
Tab. 3 Obsah mikroelementov Cu, Zn a Mn (v extrakte DTPA) v ornici (0-10 cm) poľnohosp. pôd SR (4. monitorovací cyklus)

Pôdy	Druh pozemky	Cu			Zn			Mn		
		X _{min.}	X _{max.}	X	X _{min.}	X _{max.}	X	X _{min.}	X _{max.}	X
KM na vulk.	TTP	0,33	2,21	1,04	1,47	2,24	1,88	9,01	74,78	30,45
KM na vulk.	OP	0,61	4,56	1,90	1,73	2,43	2,06	17,22	31,27	25,24
RA	TTP	0,99	3,10	1,97	0,35	24,87	4,06	10,83	126,88	33,41
RA	OP	0,47	2,60	1,44	0,86	4,27	2,83	7,32	15,44	10,87
ČM	OP	0,81	7,75	1,93	0,15	2,60	1,28	6,74	75,11	23,38

X_{min.} – min. hodnota, X_{max.} – max. hodnota, X – aritmetický priemer

Vývoj obsahu medi za posledné obdobie (porovnanie 3. a 4. monitorovacieho cyklu) je v smere jeho mierneho zníženia, úbytky sú však v priemere minimálne (obr. 4).

Obr. 4 Vývoj obsahu Cu v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)

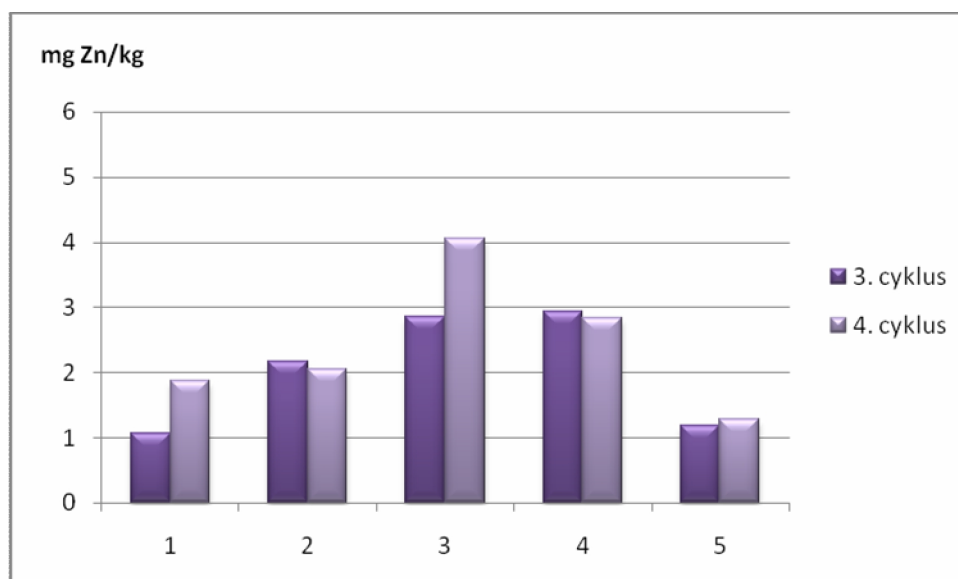


K podobným zisteniam sme dospeli aj v priebehu doterajšieho monitoringu pôd, kde bolo potvrdená v priemere dobrá zásobenosť našich pôd meďou, pričom určité menšie rozdiely medzi cyklami boli len optické, štatisticky prevažne nepreukazné (Kobza a kol., 2009).

Zinok

K dôležitým mikroelementom patrí aj zinok. Jeho obsah v hodnotených pôdach sa pohybuje v rozpätí $1,28 - 4,06 \text{ mg.kg}^{-1}$ (tab. 3), čo je podľa kritérií ÚKSUP-u (1993) obsah stredný až vysoký. Uvedené rozpätie sa nachádza v rámci zisteného rozsahu zinku v poľnohospodárskych pôdach Slovenska ($1,07 - 4,77 \text{ mg.kg}^{-1}$) – Kobza a kol., 2009. Potvrdila sa dobrá zásobenosť poľnohospodárskych pôd Slovenska zinkom. Vývoj zinku v hodnotených pôdach Slovenska je znázornený na obr. 5.

Obr. 5 Vývoj obsahu Zn v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)



Vývoj obsahu zinku je mierne variabilný a odráža prirodzenú zásobenosť našich pôd týmto prvkom. Rozdiel priemerných hodnôt za jednotlivé pôdne predstavitel v doterajšom sledovaní medzi jednotlivými monitorovacími cyklami bol prevažne nepreukazný, čo sa potvrdilo i v súčasnom hodnotení.

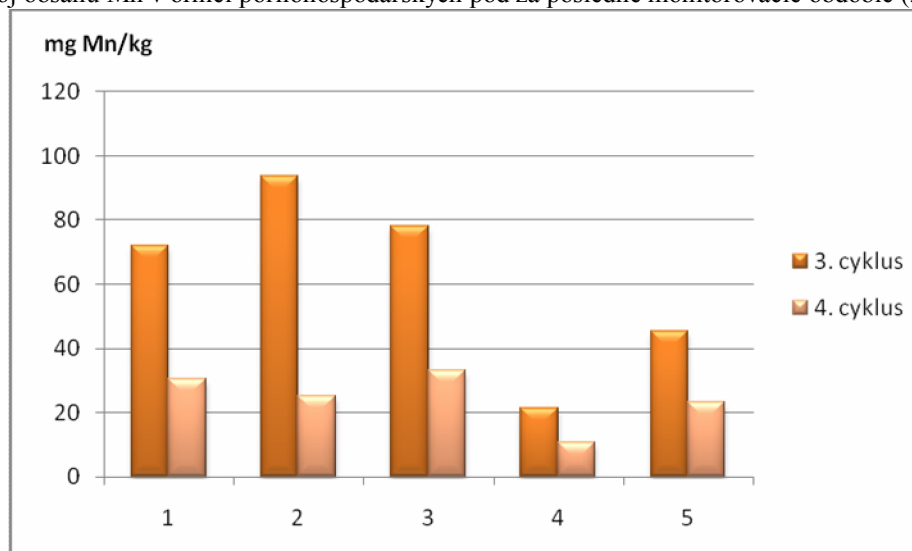
Mangán

Je všeobecne známe, 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).

V tab. 3 je uvedený priemerný obsah mangánu v hodnotených pôdach, ktorý sa pohybuje v rozpätí 10,87 – 33,41 mg.kg⁻¹, čo je obsah stredný. Podobne ako pri predchádzajúcich mikroelementoch nebol zistený deficitný obsah ani pri tomto prvku.

Vývoj obsahu zinku v hodnotených pôdach je znázornený na obr. 6.

Obr. 6 Vývoj obsahu Mn v ornici poľnohospodárskych pôd za posledné monitorovacie obdobie (3. a 4. cyklus)



I keď v hodnotených pôdach bolo zistené zníženie obsahu mangánu, jeho obsah je stále stredný. Zrejme to bude spôsobené, ako sme už konštatovali v predchádzajúcej časti skôr stanovištnými podmienkami, ako jeho koncentráciou v pôde.

3.5.3 Súčasný stav a vývoj makro- a mikroelementov na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Voderady pri Trnave (černozem kultizemná, var. karbonátová)

Kľúčové monitorovacie lokality nám slúžia na otestovanie nových metód, ako aj na určenie priestorovej variability. V tejto časti uvádzame aktuálny stav makro- a mikroelementov na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Voderady pri Trnave, ktorá sa nachádza na černozemi kultizemnej, var. karbonátovej. Táto spomedzi všetkých kľúčových monitorovacích lokalít (21) je len jedna, ktorá sa nachádza v rámci hodnotených skupín pôd v roku 2008. Ako je už známe, monitorovacia plocha je kruhového tvaru o polomere $r = 10$ m a celkovej ploche 314 m². Z tejto plochy sa odoberá z ornice 5 separátnych pôdnych vzoriek v tvare veľkého písmena Z.

V tejto časti uvádzame jednak priestorovú variabilitu makro- a mikroelementov s ohľadom na ich doterajší vývoj na danej lokalite spolu s prevodom na novú analytickú metódu podľa Mehlicha III.

Makroelementy – fosfor a draslík

V tab. 4 sú uvedené základné štatistické ukazovatele doterajšieho vývoja prístupného fosforu a draslíka na už uvedenej kľúčovej monitorovacej lokalite (Voderady).

Tab. 4 Základné štatistické ukazovatele časovej variability príst. fosforu podľa Egnera a príst. draslíka podľa Schachtschabela za obdobie 1994 – 2007 na kľúč. monitor. lokalite

Monitorovacia lokalita (pôda)	príst. P (mg.kg ⁻¹)					príst. K (mg.kg ⁻¹)			
	n	X _{min.}	X _{max.}	X	V	X _{min.}	X _{max.}	X	V
Voderady (ČMa ^c)	14	1,2	331,0	136,5	0,68	147,0	960,7	348,2	0,89

n – početnosť, x_{min.} – min. hodnota, x_{max.} – max. hodnota, x – aritmetický priemer, V – variačný koeficient

V doterajšom vývoji (1994 – 2007) boli analyzované základné makroelementy – fosfor podľa Egnera a draslík podľa Schachtschabela. Obsah prístupného fosforu a draslíka bol na danej lokalite v doterajšom vývoji priemerne vysoký, jedná sa o intenzívne obhospodarovanú, kultivovanú pôdu. Draslík vykazoval o niečo vyššiu variabilitu (zrejme vplyv nerovnomerného K- hnojenia) oproti fosforu.

V roku 2008 sme prešli na novú analytickú metódu stanovenia základných makroelementov – podľa Mehlicha III. V tab. 5 sú uvedené základné štatistické charakteristiky priestorovej variability obsahu prístupného fosforu a draslíka na danej kľúčovej monitorovacej lokalite (Voderady) stanovených už podľa Mehlicha III. Priestorová variabilita uvedených prvkov je výrazne nižšia ako pri hodnotení ich variability v čase. Obsah prístupného fosforu (Mehlich III.) je na danej lokalite veľmi vysoký a obsah prístupného draslíka (Mehlich III.) je taktiež veľmi vysoký (Kobza a Gáborík, 2008).

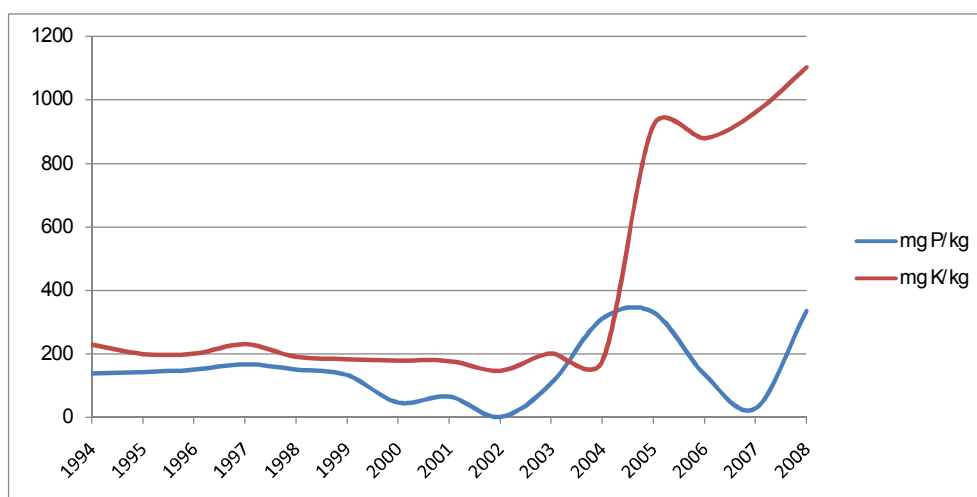
Tab. 5 Základné štatistické charakteristiky priestorovej variability príst. fosforu a draslíka (Mehlich III.) monitorovacej lokality v r. 2008

Monitorovacia lokalita (pôda)	príst. P (mg.kg ⁻¹)						príst. K (mg.kg ⁻¹)				
	n	X _{min.}	X _{max.}	X ₁	X ₂	V	X _{min.}	X _{max.}	X ₁	X ₂	V
Voderady (ČMa ^c)	5	295,0	394,0	326,4	334,9	0,12	1184,0	1411,0	1284,2	1103,4	0,09

n – početnosť, x_{min.} – min. hodnota, x_{max.} – max. hodnota, x₁ – aritmetický priemer (Mehlich III), x₂ – aritmetický priemer prepočítaný podľa Egnera, V – variačný koeficient

Súčasne namerané hodnoty obsahu prístupného fosforu a draslíka (Mehlich III.) sme prepočítali podľa už predom vy kalkulovaného vzťahu (Kobza a Gáborík, 2008) na hodnoty fosforu podľa Egnera a hodnoty draslíka podľa Schachtschabela (tab. 5 – hodnoty X₁ a X₂). Prepočítané hodnoty za rok 2008 sme tak použili na zobrazenie doterajšieho vývoja základných makroelementov – fosforu a draslíka podľa doteraz používaných metód (obr. 7).

Obr. 7 Vývoj obsahu príst. P a K – Voderady pri Trnave



Zaznamenali sme tak výrazné zvýšenie najmä draslíka na danej lokalite v poslednom období (po roku 2004), čo je spôsobené zrejme výraznejším hnojením, najmä draselnými hnojivami.

Mikroelementy – meď, zinok, mangán

Mikroelementy sa vyznačujú tým, že ich nedostatok, ako aj prebytok v pôde v rozpustnej forme pôsobí škodlivo. Obsah mikroelementov v pôde závisí od mineralogického zloženia. Mikroelementy Cu, Zn a Mn boli stanovené v extrakte DTPA.

V tab. 6 sú uvedené základné štatistické charakteristiky sledovaných mikroelementov.

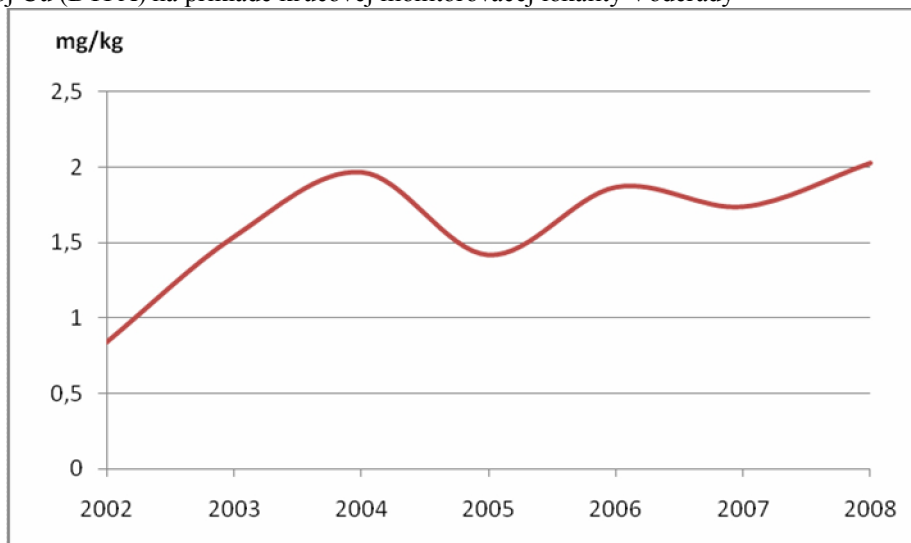
Tab. 6 Základné štatistické charakteristiky priestorovej variability mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v extrakte DTPA monitorovacej lokality Voderady (ČMa^c) v r. 2008

Mikroelementy	Základné štatistické ukazovatele (mg.kg ⁻¹)				
	n	X _{min.}	X _{max.}	X	V
Cu	5	1,84	2,35	2,03	0,09
Zn	5	2,65	3,40	2,99	0,11
Mn	5	25,20	42,40	29,82	0,24

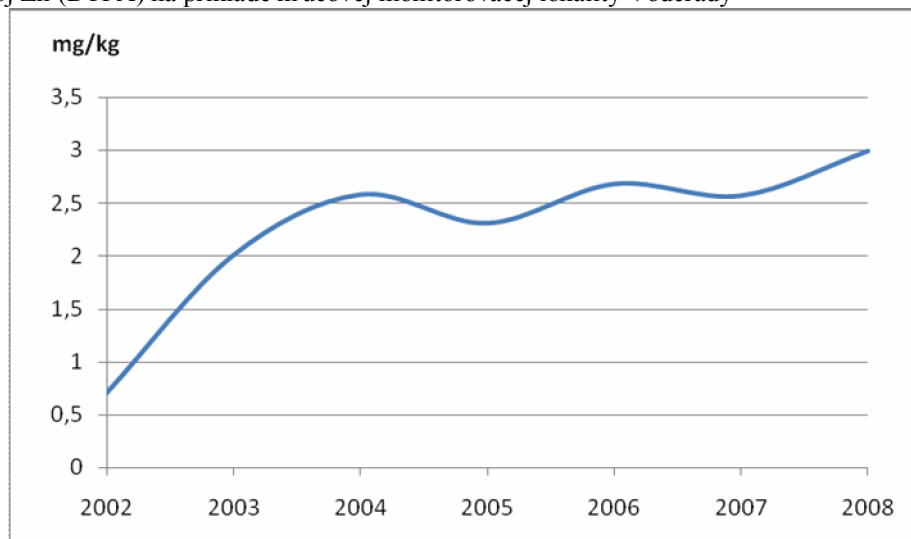
Zistený obsah medi a mangánu je stredný, obsah zinku je vysoký. Potvrdila sa celkovo dobrá zásobenosť mikroelementami, čo sme už konštatovali aj pri iných pôdach v predchádzajúcej časti. Najnižšia priestorová variabilita bola zistená pri medi, o niečo vyššia variabilita sa pohybovala pri zinku a mangáne.

Na obr. 8 – 10 je uvedený vývoj Cu, Zn a Mn na uvedenej kľúčovej monitorovacej lokalite (Voderady).

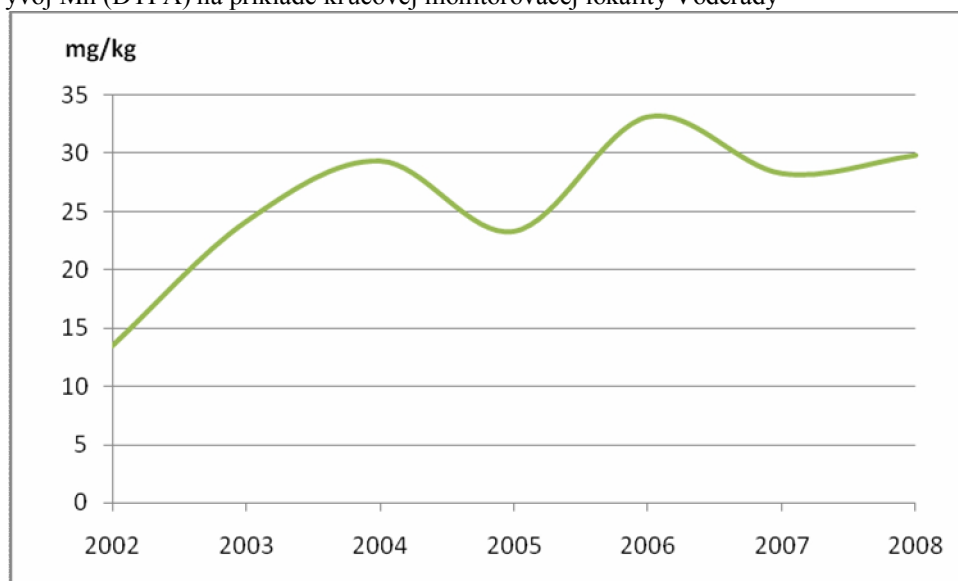
Obr. 8 Vývoj Cu (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Voderady



Obr. 9 Vývoj Zn (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Voderady



Obr. 10 Vývoj Mn (DTPA) na príklade kľúčovej monitorovacej lokality Voderady



Vývoj medi za posledné obdobie je pomerne variabilný, je tu však trend jeho mierneho zvyšovania. Podobný trend je aj pri zinku a mangáne i napriek tomu, že tieto prvky sa do pôdy neaplikovali, vylúčiť možno aj znos týchto prvkov z ovzdušia. Jedná sa o ornú pôdu (zvýšený efekt zriedovania koncentrácie prvkov orbou). Lokalita sa nachádza mimo priemyselných aglomerácií.

Uvedená skutočnosť len potvrdzuje už naše predchádzajúce zistenia v celej monitorovacej sieti pôd Slovenska, kde sledované mikroelementy v priemere nevykazujú deficit, čo dokumentuje stále dobrú zásobenosť našich pôd uvedenými mikroelementami.

Literatúra

- Demo, M., Hričovský, I., Bielek, P. akol. 2002: Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve. SPU Nitra, 581 s.
- Kobza, J., Styk, J. 1997: Phosphorus and potassium retrospective monitoring in main soils of Slovakia. In: Ved. práce VÚPÚ Bratislava, č. 20/II., 1997, 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. a kol. 2009: Monitoring pôd SR. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd ako podklad k ich ochrane a ďalšiemu využívaniu (2002-2006). VÚPOP Bratislava, 196 s. (t.č. v tlači)
- Mengel, K. 1965: Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze. WEB, Gustav Fischer Verlag, Jena

3.6 Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty

Pôdna organická hmota (POH) reprezentuje viac ako 95% celkového uhlíka akumulovaného v pastvinách a trvalých trávnych porastoch a takmer 100% celkového uhlíka akumulovaného v orných pôdach (Stolbovoy a Montanarella, 2008). POH je jedným z najdôležitejších parametrov pôdnej kvality, nakoľko vo veľkej miere ovplyvňuje všetky biologické, chemické, ale aj fyzikálne pôdne procesy. Ovplyvňuje nie len úrodovornú schopnosť pôdy, ale aj mimoprodukčné, predovšetkým environmentálne pôdne funkcie a je súčasťou všetkých minimálnych súboroch indikátorov komplexne hodnotiacich kvalitu pôdy na základe pôdných funkcií (Gregorich a kol., 1994, Harris a kol., 1996, Brejda a kol., 2000). V súčasnosti, v dôsledku klimatických zmien a intenzívnych zmien vo využívaní pôdy sa zásoba organického uhlíka v pôdach (POC) pomerne rýchlo mení a na komplexnú charakteristiku stavu POC sa zavádzajú tzv. Indikátory stavu pôdneho organického uhlíka – Soil Organic Carbon Status Indicators (SOCSI), ktoré sú kombináciou statických (maximálna, minimálna a aktuálna hodnota POC) a dynamických (rýchlosť zmien POC) pôdných charakteristík (Stolbovoy a Montanarella, 2008). Hodnoty SOCSI sa dajú zistiť z výsledkov projektu Monitoring pôdy, ktorým sa od roku 1993 pravidelne monitoruje aj obsah a kvalita pôdnej organickej hmoty. Okrem základnej monitorovacej siete, kde sa obsah a kvalita POH monitoruje v 5ročných intervaloch, na vybraných kľúčových lokalitách, ktoré charakterizujú hlavné pôdne typy poľnohospodárskych pôd Slovenska sa pôdna organická hmota monitoruje v pravidelných ročných intervaloch.

V predkladanej správe uvádzame výsledky predovšetkým statických charakteristík SOCSI, na základe ktorých sa však dajú odhadnúť aj ich dynamické parametre na andozemiach, rendzinách, černozemiach a kambizemiach na vulkanitoch v základnej sieti a tiež na kľúčových lokalitách, ktoré zodpovedajú hodnoteným pôdnym skupinám. V správe je tiež uvedený vývoj kvalitatívnych parametrov POH (Chk/Cfk, Q^4_6) na hodnotených skupinách pôdných typoch ako aj zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černozeme.

Materiál a metódy

V rámci základnej monitorovacej siete je hodnotenie POH realizované na týchto pôdných skupinách:

- 1 – Andozeme na TTP
- 2 – Rendziny na OP a TTP
- 3 – Černozeme na OP
- 4 – Kambizeme na vulkanitoch na OP a TTP

V základnej monitorovacej sieti bol obsah pôdneho organického uhlíka – POC, ako aj celkového dusíka Nt v štvrtom monitorovacom cykle stanovený v hĺbkach: 0-10 a 35-45 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 Belčikovej (Kobza, 1999). Na hodnotenie kvality humusu boli vybrané parametre - Chk/Cfk (pomer uhlíka humínových a fulvokyselín) a farebný kvocient Q^4_6 (pomer absorpcií 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 troch kľúčových lokalitách: Sitno – andozem, Donovaly – rendzina a Voderady – černozem. Na týchto kľúčových lokalitách 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 $E^{1\%}_6$, karboxylová kyslost HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie ^{13}C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity - α . Izolácia humínových kyselín ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v Záväzných metódach rozborov pôd (Kobza, 1999).

Zmena analytického stanovenia organického uhlíka a celkového dusíka v pôde

Od začiatku monitorovacieho obdobia v r. 1993 až do roku 2007 sa pôdny organický uhlík stanovoval „mokrou cestou“ (oxidáciou pôdy chrómsírovou zmesou) podľa Ťurina v modifikácii Nikitina (Kobza, 1999). Tento spôsob, ktorý je modifikáciou klasickej Walkey-Blackovej metódy (1964) stanovuje v závislosti od pôdneho typu a druhu cca 75-85 % z celkového POC. Od tohto roku (2008) sa zaviedlo stanovenie POC „suchou cestou“ (spálenie pôdy v prúde kyslíka pri vysokej teplote – CN analyzátor). Táto metóda (STN ISO 10694) stanovuje všetok organický uhlík, ktorý sa v pôde nachádza. Pri porovnaní hodnôt POC stanovených „mokrou“ a „suchou“ boli v súlade s literatúrou (Makovníková a Barančíková, 2004, Pansu a Gautheyrou, 2006, Lettens a kol., 2007) zistené vyššie hodnoty POC stanovené suchou cestou. V súbore vybraných pôdnych vzoriek kľúčových lokalít (n=21) reprezentovali hodnoty POC stanovené podľa Ťurina 82 – 108 % (počet vzoriek s hodnotou vyššou ako 100% = 4) z hodnoty POC stanovenej na CN analyzátore, v prípade súboru vybraných pôdnych vzoriek základnej monitorovacej siete (n = 37), ktoré sa hodnotia tohto roku sa hodnoty POC stanovené podľa Ťurina pohybovali v rozpätí 70 – 108 % z hodnoty POC stanovenej na CN analyzátore (počet vzoriek s hodnotou vyššou ako 100 % = 8). V priemere v uvedených súboroch bola hodnota POC stanovená mokrou cestou cca o 10 % nižšia ako suchou cestou. Rozpätie rozdielov jednotlivých pôdnych vzoriek medzi oboma metódami predstavuje takmer 40 %, v závislosti od pôdneho typu a druhu a preto nie je možné použiť jednotný koeficient, ktorým by sme mohli prepočítať hodnoty stanovené podľa Ťurina na hodnoty stanovené na CN analyzátore.

Aj v prípade stanovenia celkového dusíka sú hodnoty N_t stanovené destilačnou Kjeldalovou metódou vo všeobecnosti nižšie ako hodnoty stanovené na CN analyzátore (N_t podľa Kjeldala boli v rozsahu 83 – 103 % (počet vzoriek s hodnotou vyššou ako 100 % = 4, n=13) v porovnaní s hodnotami N_t na CN analyzátore.

Na základe uvedených výsledkov vidíme, že štatistické porovnanie výsledkov stanovenia POC a N_t pre párové hodnoty nie je možné použiť a preto v tejto práci nie je uvedené. Vyššie uvedené výsledky tiež naznačujú, že priemerné hodnoty POC i N_t v prípade dostatočne veľkých súborov stanovené dvoma rozdielnymi metódami sa vzájomne líšia cca o 10 %, takže pri porovnaní priemerných hodnôt týchto parametrov, ktoré využívame pri porovnaní zmien POC resp. N_t medzi jednotlivými odbermi v rámci jednej pôdnej skupiny je potrebné to zohľadniť.

Výsledky a diskusia

1. Hodnotenie súčasného stavu a vývojového trendu vybraných skupín základnej siete (porovnanie I. – IV. monitorovacieho cyklu, 1993-2007)

Černozeme reprezentujú cca 14 % poľnohospodárskeho pôdneho fondu, čo predstavuje najväčšiu plochu z hodnotených pôdnych typov a patria medzi najproduktnejšie až stredne produktné pôdy. Nachádzajú sa v najsuchších a najteplejších oblastiach nížin. Druhou najpočetnejšou skupinou z hodnotených pôdnych typov sú rendziny (cca 5% PPF), ktoré sú rozšírené predovšetkým v horských oblastiach a reprezentujú produktné orné pôdy

až málo produkčné trvalé trávne porasty (Bielek a kol., 1998). Kambizeme sú naše najrozšírenejšie pôdy, z celkovej výmery PPF predstavujú cca 27 %, ale hodnotená skupina kambizemí na vulkanitoch zaberá iba určité percento z celkovej výmery kambizemí. Andozeme sú predovšetkým lesné pôdy, ich plošné zastúpenie v poľnohospodárskom pôdnom fonde je veľmi nízke; sú to predovšetkým vysokohorské pasienky.

Priemerné hodnoty POC v orničnom horizonte orných pôd hodnotených pôdnych typov sú pomerne nízke a pohybujú sa v rozsahu 1,3 – 2,7 % POC, čo je charakteristické pre väčšinu orných pôd na Slovensku. Hodnoty POC na trvalých trávnych porastoch tých istých pôdnych typov (kambizeme, rendziny) sú podstatne vyššie (POC na OP predstavuje cca 50% z hodnoty POC na TTP (tab. 1)). Uvedené konštatovanie je v súlade s mnohými literatúrnymi údajmi. Chukov napríklad uvádza, že pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orničnom horizonte (Chukov 2000). Podobne aj Schnitzer zistil, že dlhodobé intenzívne obrábanie pôdy výrazne znižuje celkovú zásobu POH, čo sa odráža na znížení množstva POC (Schnitzer a kol., 2005). Guo a Gifford (2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles pôdneho organického uhlíka až 59 %. Podstatne nižšie hodnoty POC na orných pôdach ako na TTP v rámci rovnakého pôdneho typu boli v priebehu monitorovania zistené aj u nás (Linkeš a kol., 1997, Barančíková, 2002). Zo sledovaných pôdnych typov najvyššími hodnotami POC v oboch sledovaných horizontoch disponujú andozeme na TTP (tab. 1).

V hĺbke 35-45 cm sú hodnoty organického uhlíka podstatne nižšie v porovnaní s orničným horizontom a viac sa v tomto horizonte odrážajú rozdiely medzi pôdnymi typmi. Pri porovnaní obsahu POC v orničnom a podorničnom horizonte sa v podorničnom horizonte najviac znížila jeho hodnota u rendzín a najmenej u černozemí (tab. 1). Rozdiely medzi obsahom POC v podorničnom horizonte OP a TTP sú nepatrné (tab. 1).

Hodnoty celkového dusíka namerané na hodnotených lokalitách úzko korelujú s hodnotami POC ($R = 0,99$, $n=53$). Podobne ako v prípade POC priemerná hodnota Nt na TTP je podstatne vyššia ako na OP. Najvyššia hodnota Nt zo všetkých sledovaných pôdnych typov je rovnako ako v prípade POC na andozemiach (tab. 2). Zásobenosť organickej hmoty dusíkom sa hodnotí na základe pomeru C/N (Sotáková, 1982), pričom čím nižšia je hodnota C/N, tým je zásoba dusíka v POH vyššia. Priemerné hodnoty pomeru C/N, ktorý je jedným z hlavných ukazovateľov kvality humusu (Sotáková, 1982) a zároveň môže byť aj dobrým indikátorom dynamiky pôdnej kvality (Franzluebbers, 2002), sú v prípade sledovaných pôdnych skupín pomerne vyrovnané a pohybujú v rozmedzí od 8 do 12, čo predstavuje strednú zásobu dusíka v pôdnej organickej hmote (tab. 2). Relatívne najnižšie hodnoty C/N (menej ako 10) boli zistené na orných pôdach černozemí a rendzín.

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

Pôdny typ	Druh pozemku	hĺbka (cm)	Xmin	Xmax	X
ČM	OP	0-10	0,93	2,76	1,85
		35-45	0,15	2,32	1,19
KM vul.	OP	0-10	1,66	3,91	2,49
		35-45	0,42	1,13	0,73
KM vul.	TTP	0-10	1,42	4,47	3,49
		35-45	0,34	1,76	1,01
RA	OP	0-10	1,43	3,19	2,22
		35-45	0,31	2,63	1,09
RA	TTP	0-10	1,31	14,25	4,14
		35-45	0,37	2,36	0,93
AM	TTP	0-10	-	-	9,11
		35-45	-	-	3,12

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

Pôdny typ	Druh pozemku	hĺbka (cm)	N _t			C/N		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
CM	OP	0-10	1250	2670	1979	7,43	11,66	9,28
KM vulk.	OP	0-10	1780	3390	2405	9,26	11,54	10,14
KM vulk.	TTP	0-10	1640	4620	3350	8,65	12,22	10,45
RA	OP	0-10	1850	3510	2452	7,75	9,66	8,95
RA	TTP	0-10	1300	1470	4443	7,88	11,64	9,32
AM	TTP	0-10	-	-	7630	-	-	12,16

Kvalitatívne parametre pôdnej organickej hmoty na orných pôdach vo väčšej miere odrážajú genézu pôdneho typu ako hodnoty pôdneho organického uhlíka. Základným kvalitatívnym parametrom je pomer humínových a fulvo kyselín (Chk/Cfk). Prevládanie humínových nad fulvokyselinami je charakteristické pre vyzretejšiu, viac humifikovanú pôdnu organickú hmotu (Sotáková, 1982). Hodnoty Chk/Cfk vyššie ako 1 boli zistené iba v prípade černoziemí a rendzín na orných pôdach a na andozemiach trvalých trávnych porastoch. Hodnoty Chk/Cfk nižšie ako 1 boli stanovené na kambizemiach na vulkanitoch (OP, TTP) a na rendzinách trvalých trávnych porastov (tab. 3). Uvedené hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre tieto pôdne typy a sú v súlade s predchádzajúcimi údajmi Chk/Cfk na hodnotených pôdnych typoch (Linkeš a kol., 1997).

Dalším dôležitým kvalitatívnym parametrom je optický kvocient Q^4_6 , pričom nižšie hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre stabilnejšiu POH (Sotáková, 1982). V súlade s týmto tvrdením, najnižšie hodnoty Q^4_6 boli zistené na černoziemach a andozemiach a najvyššie na rendzinách predovšetkým na TTP (tab. 3). Pokiaľ černozeme a hodnotené andozeme sú charakterizované stabilnou a dobre humifikovanou organickou hmotou u rendzín prevládajú menej stabilné štruktúry, ktoré sú schopné rýchlejšie sa mineralizovať. Z kvalitatívneho hľadiska POH černozieme a andozeme reprezentujú najlepšiu, I. kategóriu poľnohospodárskych pôd na Slovensku a rendziny ako aj kambizeme na TTP môžeme z tohto pohľadu zaradiť do najhoršej III. kategórie (Barančíková, 2008).

Tab. 3 Hodnoty kvalitatívnych parametrov Chk/Cfk a Q^4_6 vo 4. monitorovacom cykle na hodnotených pôdnych typoch. Rok odberu: 2007

pôdny typ	kultúra	hĺbka (cm)	Chk/Cfk			Q^4_6		
			Xmin	Xmax	X	Xmin	Xmax	X
CM	OP	0-10	0,67	4,14	1,89	3,71	4,69	4,21
KM vulk.	OP	0-10	0,65	0,96	0,82	4,08	5,04	4,58
KM vulk.	TTP	0-10	0,45	0,76	0,61	4,36	5,6	5,16
RA	OP	0-10	0,49	0,85	0,69	4,53	5,71	5,14
RA	TTP	0-10	0,47	2,93	0,83	4,51	7,37	5,79
AM	TTP	0-10	-	-	1,39	-	-	4

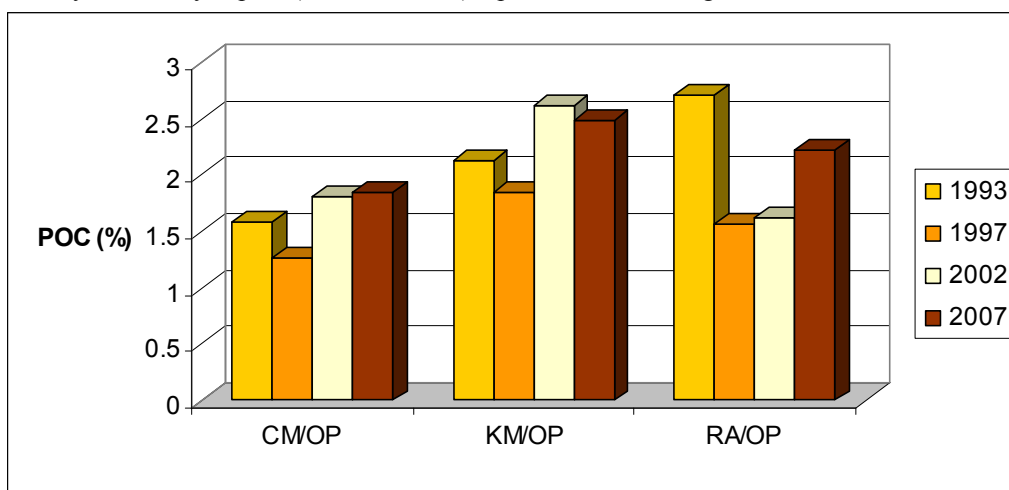
Počas zatiaľ 15 ročného monitorovacieho obdobia došlo ako v prípade obsahu POC a N_t, tak aj u základných kvalitatívnych parametrov (Chk/Cfk, Q^4_6) k určitým zmenám. Nakoľko sa v poslednom monitorovacom cykle POC a N_t stanovovali odlišnou metódou, ktorej výsledky nie sú identické s predchádzajúcou metódou (viď vyššie), nie je porovnanie hodnôt POC a N_t v poslednom odbere s hodnotami v predchádzajúcich odberov štatisticky možné. Pri porovnávaní jednotlivých cykloch je potrebné to mať na zreteli.

Na orných pôdach bola najnižšia hodnota POC zaznamenaná v r. 1997 v prvom 5 – ročnom cykle. V ďalšom období sa hodnota pôdneho organického uhlíka zvýšila a na orných pôdach černoziemí a kambizemí na vulkanitoch je v poslednom období (odbery 2002 a 2007) takmer identická (obr. 1). Najvyššia hodnota POC u rendzín na OP bola na začiatku

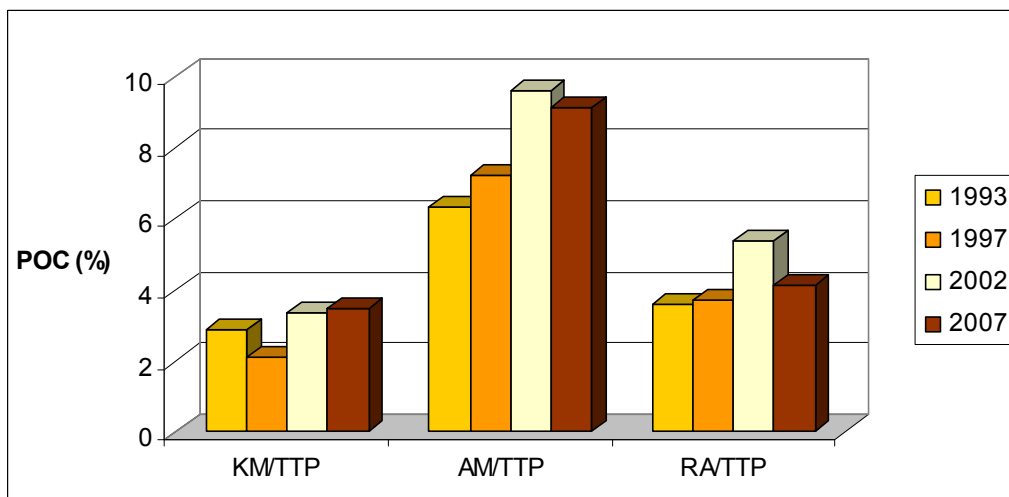
monitorovacieho obdobia; v ďalších dvoch odberoch pomerne značne klesla, ale v zatiaľ poslednom odbere opäť stúpla, nedosiahla však počiatočnú hodnotu POC na tomto pôdnom type. Môžeme však konštatovať, že hodnoty POC u všetkých sledovaných typov orných pôd sa udržiavajú nad ich limitnými hodnotami (Barančíková, 2008).

Príčin poklesu obsahu organického uhlíka môže byť viacero, napr. intenzívne konvenčné obrábanie pôdy (Schnitzer a kol., 2006), hlboká orba (Dou a Hons, 2006, Caurasano a kol., 2006), nesprávny oševný postup (Machado a kol., 2006), nedostatočný prísun kvalitnej organickej hmoty (Bayer a kol., 2000) a aplikácia minerálnych živín (Ševcova, 2003). 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 Hodnoty POC orných pôd (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



Obr. 2 Hodnoty POC TTP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

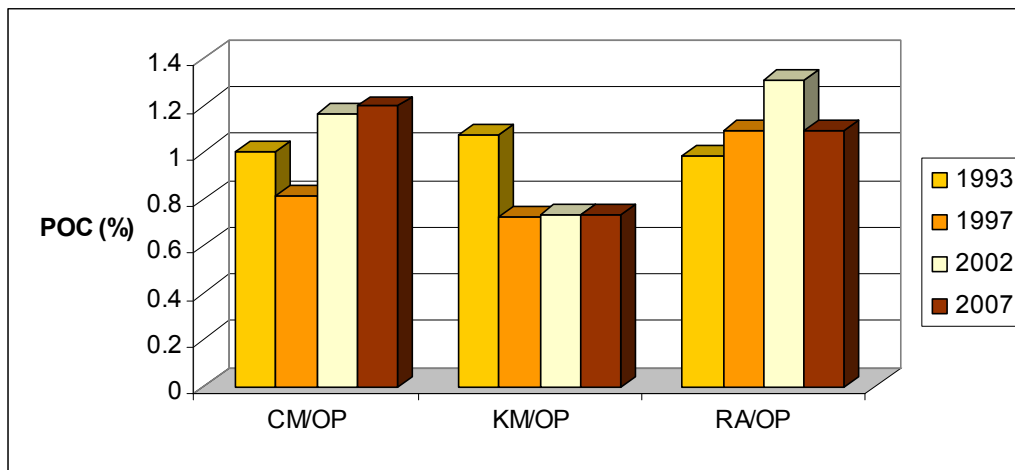


Po roku 1997 sa situácia v slovenskom poľnohospodárstve čiastočne stabilizovala a koncom 90-tych rokov ako jedna z priorít štátnej dotačnej politiky bolo realizované tiež zvyšovanie obsahu organických látok v pôde prostredníctvom organického hnojenia (Jurčová, 2000), resp. zvyšujúci sa podiel orných pôd, na ktorých sa aplikuje minimálne obrábanie pôdy, čoho dôsledkom môže byť aj nárast a následné stabilizovanie obsahu POC v sledovaných pôdných skupinách orných pôd.

Na TTP KM v a RA je hodnota POC pomerne vyrovnaná a na andozemiach po 10 - ročnom náraste obsahu organického uhlíka sa v poslednom období tiež stabilizovala (obr. 2).

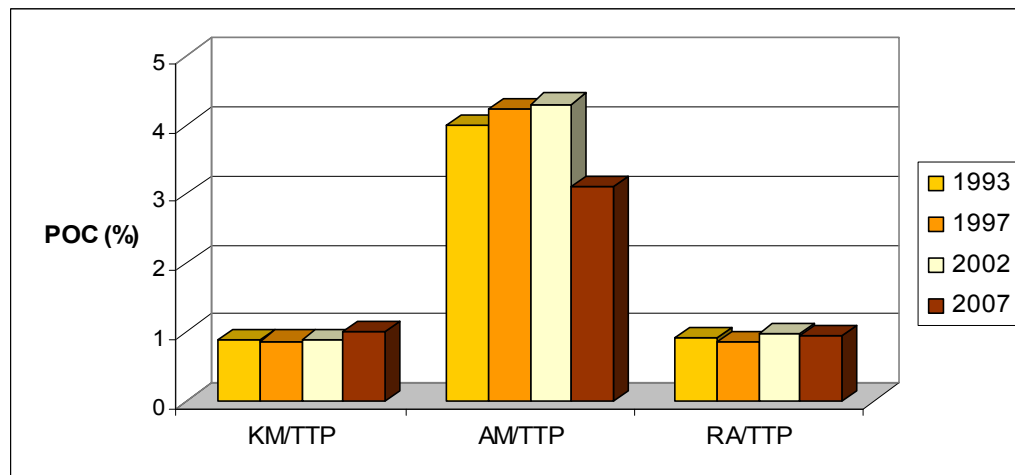
Hodnoty POC na ČM a RA orných pôd v podorničnom horizonte sú pomerne vyrovnané a pohybujú sa okolo 1 %. K poklesu POC došlo v druhom odbere na OP kambizemí na vulkanitoch. Od tohto obdobia sa obsah organického uhlíka v podornici KM na vulkanitoch udrzuje na veľmi nízkej úrovni cca 0,7 %.

Obr. 3 Hodnoty POC OP (hĺbka 35-45 cm) v priebehu monitoringu



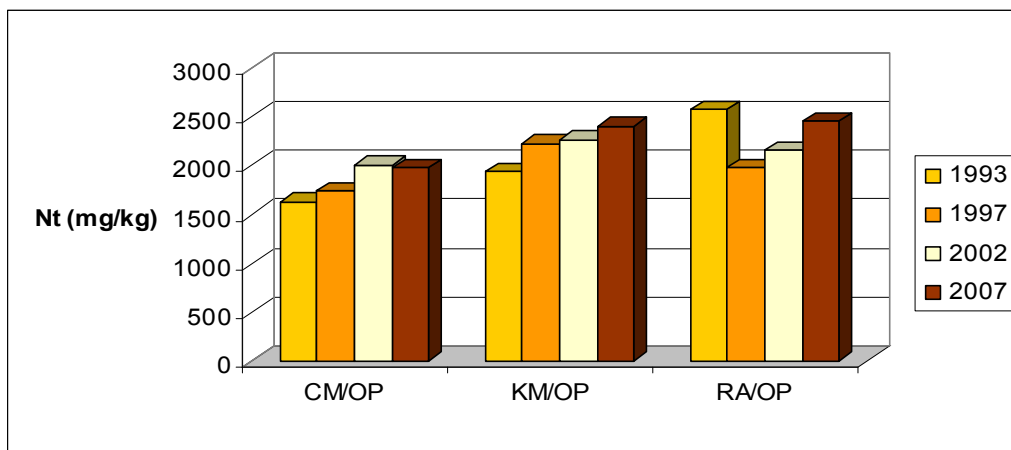
Na veľmi nízkej úrovni sa hodnoty POC v podorničnom horizonte udrzujú na TTP kambizemí na vulkanitoch a rendzinách. Na andozemiach bola v predchádzajúcich cykloch hodnota organického uhlíka pomerne vyrovnaná, v poslednom období však na tomto pôdnom type došlo k pomerne výraznému zníženiu hodnoty POC v hĺbke 35-45 cm.

Obr. 4 Hodnoty POC TTP (hĺbka 35-45 cm) v priebehu monitoringu

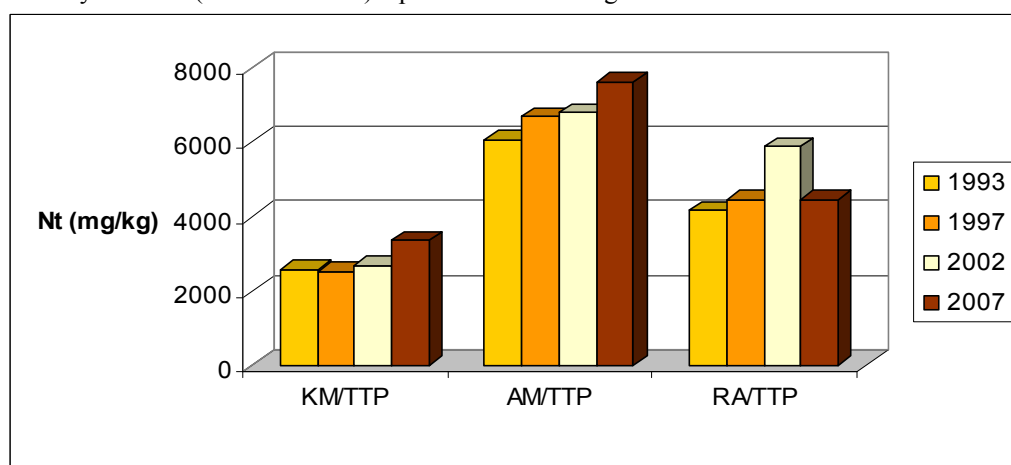


Hodnoty celkového dusíka na orných pôdach černoze, kambizemí na vulkanitoch (OP aj TTP) ako aj na andozemiach majú v priebehu monitoringu vzostupný trend (obr. 5, 6). Na rendzinách (OP, TTP) je obsah Nt v priebehu monitorovacieho obdobia pomerne kolísavý ale v poslednom odbere sú priemerné hodnoty Nt na tomto pôdnom type takmer identické s počiatočnými hodnotami celkového dusíka (obr. 5,6).

Obr. 5 Hodnoty Nt OP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

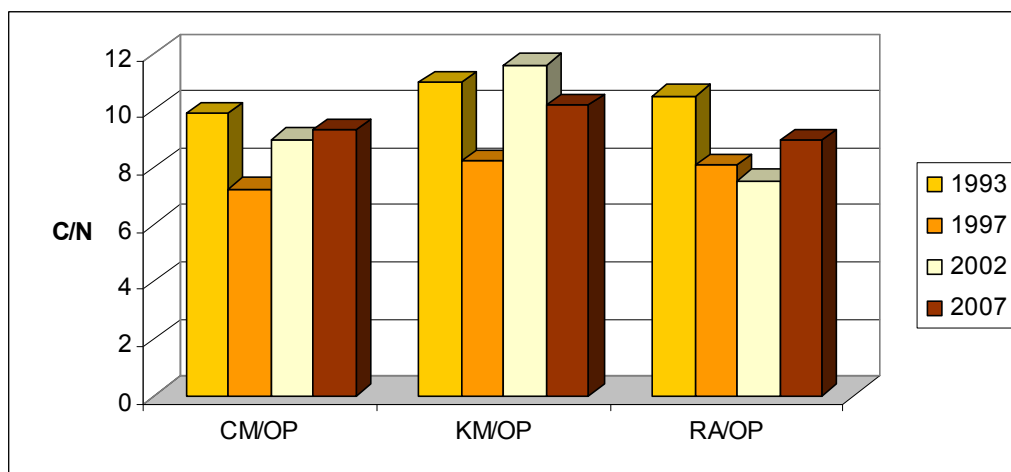


Obr. 6 Hodnoty Nt TTP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

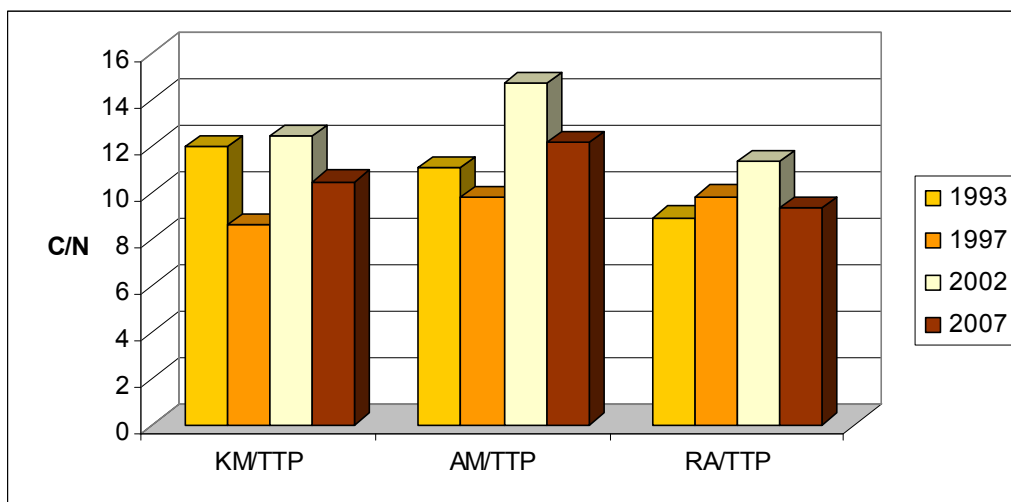


Hodnoty pomeru C/N, ktorý indikuje zásobenosť pôdnej organickej hmoty dusíkom má v priebehu monitorovacieho obdobia na sledovaných pôdnych typoch ako orných pôd tak aj TTP pomerne kolísavý charakter. Hodnoty tohto parametra sa pohybujú od 8 do 14, pričom najnižšie sú černoziach a rendzinách a relatívne najvyššie, predovšetkým v poslednom období na andozemiach (obr. 7, 8).

Obr. 7 Hodnoty C/Nt OP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

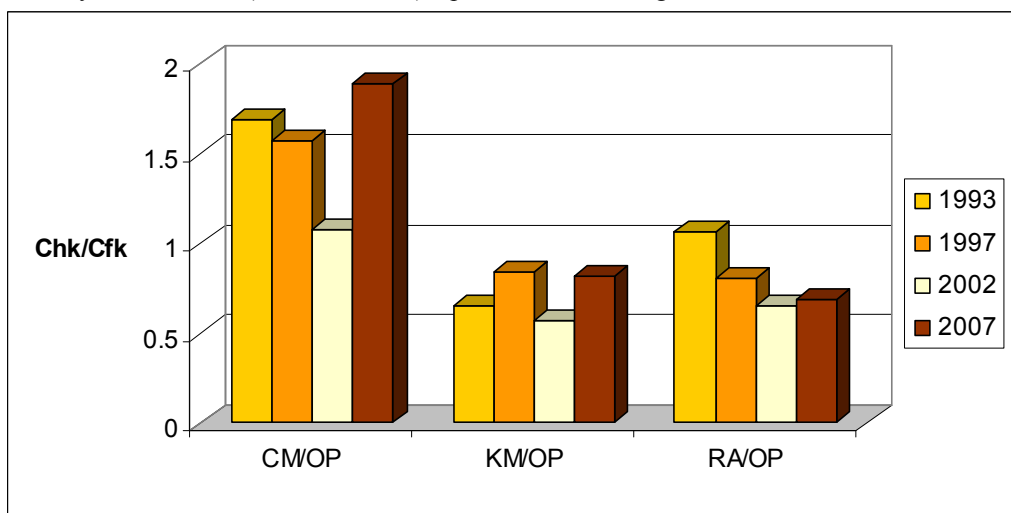


Obr. 8 Hodnoty C/Nt TTP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

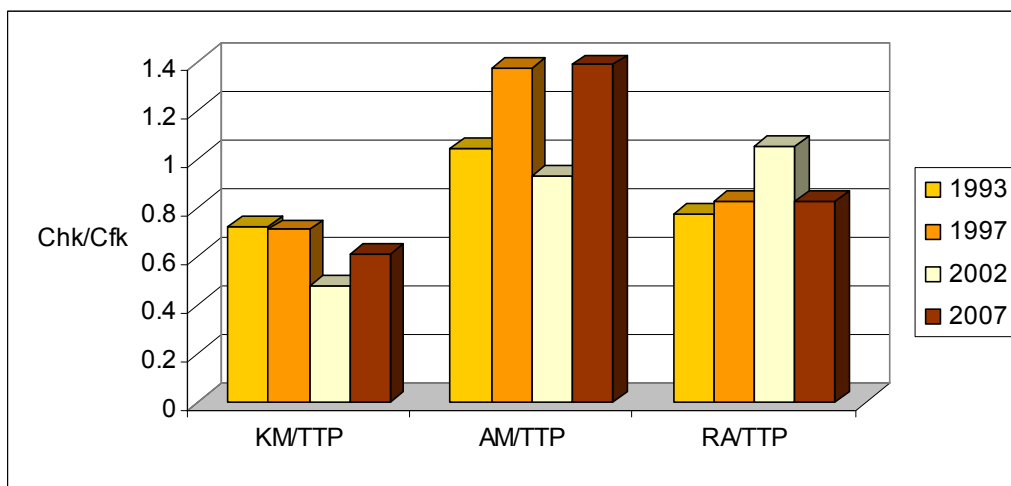


V priebehu monitorovacieho obdobia sme zaznamenali aj zmeny v základných kvalitatívnych parametroch pôdnej organickej hmoty a to pomeru uhlíka humínových a fulvokyselín Chk/Cfk a optického parametra Q^4_6 . Najvyššími hodnotami pomeru Chk/Cfk disponujú černoze a andozeme, ktorých hodnoty tohto parametra sú v priebehu celého monitorovacieho obdobia vyššie ako 1, čo indikuje vyzretejšiu a kvalitnejšiu POH. Hodnoty Chk/Cfk rendzín sú nižšie ako 1 a na orných pôdach RA počas monitorovacieho obdobia postupne klesajú, čo môže indikovať nárast labilnejších štruktúr POH a celkové zhoršenie kvality organickej hmoty na tomto pôdnom type. Najnižšie hodnoty tohto parametra a tým aj najmenej kvalitná POH je charakteristická pre kambizeme na vulkanitoch, ktoré sa počas celého monitorovacieho obdobia udržujú pod 0,8 (obr. 9,10).

Obr. 9 Hodnoty Chk/Cfk OP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

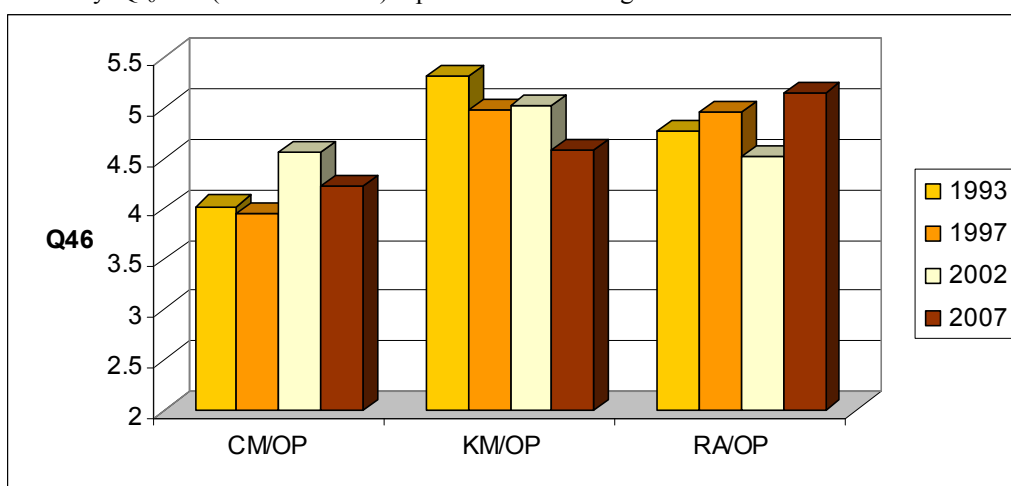


Obr. 10 Hodnoty Chk/Cfk TTP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu

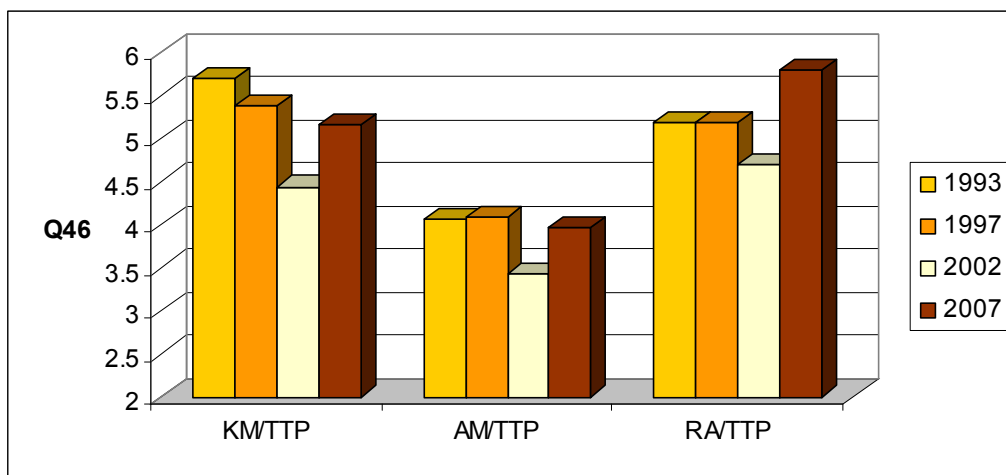


Ďalším základným kvalitatívnym parametrom POH je optický parameter Q^4_6 . V súlade s našimi predchádzajúcimi prácami (Sotáková, 2002, Linkeš a kol., 1997, Barančíková, 2002) ako aj literatúrnymi údajmi, najnižšími hodnotami tohto parametra a teda relatívne stabilnou a kvalitnou POH disponujú černoze a andozeme, ktorých hodnoty Q^4_6 sa v priebehu celého monitorovacieho obdobia udržujú na hodnote okolo 4. Vyššie hodnoty Q^4_6 sú charakteristické pre rendziny (na TTP vyššie ako na OP). V poslednom monitorovacom cykle hodnoty optického parametra u tohto pôdneho typu na OP a TTP stúpili (obr. 11-12) čo môže indikovať zhoršenie kvality POH nárastom labilnejších rýchlejšie sa mineralizujúcich štruktúr. Spomedzi hodnotených pôdnych typov najvyššími hodnotami Q^4_6 a teda relatívne najhoršou POH disponujú kambizeme na vulkanitoch, predovšetkým na TTP. V priebehu monitorovacieho obdobia môžeme pozorovať postupné znižovanie Q^4_6 na tomto pôdnom type (obr. 11-12).

Obr. 11 Hodnoty Q^4_6 OP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



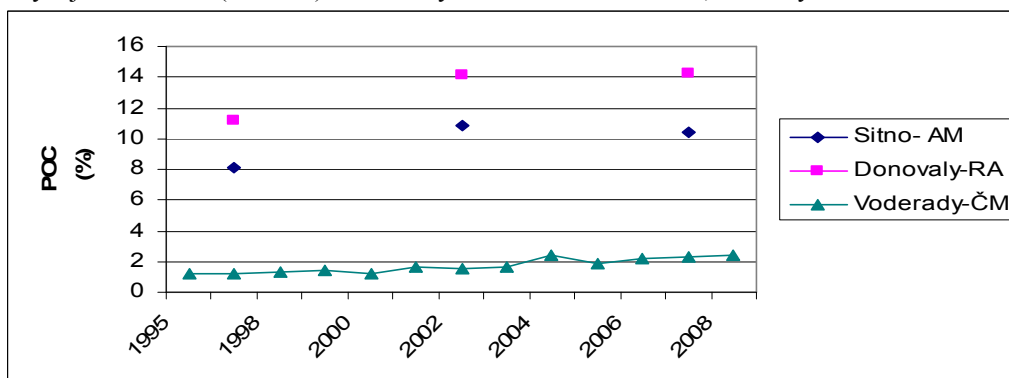
Obr. 12 Hodnoty Q_6^4 TTP (hĺbka 0-10 cm) v priebehu monitoringu



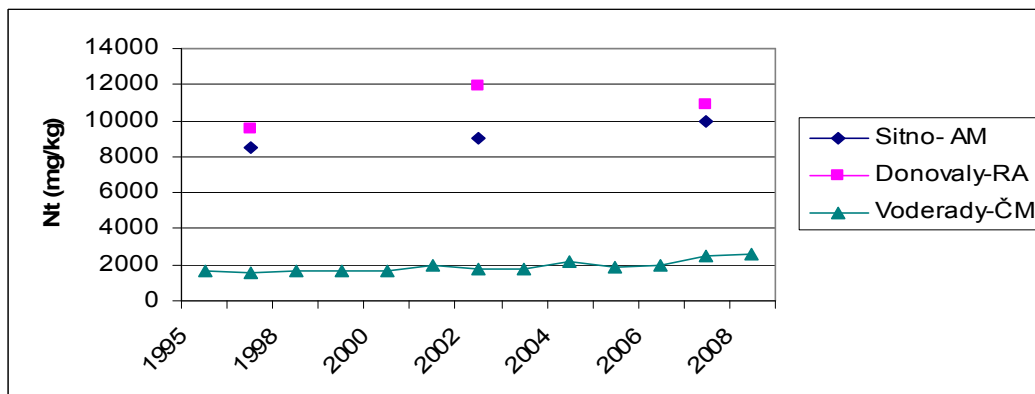
2. Zmeny základných parametrov obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze (1995-2008).

Z hodnotených kľúčových lokalít je obsah organického uhlíka najbohatší na rendzine, ktorá sa nachádza na vysokohorskej lúke na Donovaloch, veľmi vysoký je tiež na andozemi na TTP (Sitno). Zo sledovaných lokalít je najnižší obsah POC na ornej pôde černoze na lokalite Voderady. V prvej polovici monitorovacieho obdobia sa obsah POC na černoze pohyboval okolo 1,5 %, v druhej polovici sa obsah POC na tejto lokalite nepatrne zvýšil a v súčasnosti sa pohybuje okolo 2% (obr. 13). Kľúčové lokality na rendzine a andozemi sa monitorujú iba v 5-ročných cykloch. Po prvom monitorovacom cykle sa obsah POC na týchto lokalitách o niečo zvýšil, v súčasnosti ostáva na nezmenenej úrovni (obr. 13).

Obr. 13 Vývoj hodnôt Cox (0-10 cm) na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze



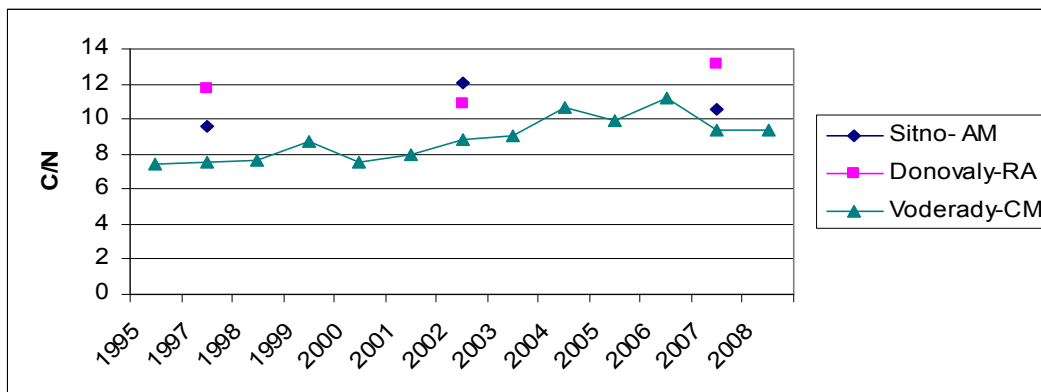
Obr. 14 Vývoj hodnôt Nt (0-10 cm) na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze



Ako bolo vyššie povedané, hodnoty celkového dusíka úzko korelujú s hodnotami pôdneho organického uhlíka a teda aj hodnoty a vývoj Nt na hodnotených kľúčových lokalitách sú v súlade s hodnotami POC, teda najvyššia hodnota Nt je na rendzine, vysoká je tiež na andozemi a najnižšia na ornej pôde černoze (obr. 14).

Na základe hodnôt pomeru C/N je najlepšia zásobenosť pôd dusíkom na ornej pôde černoze (hodnoty C/N <10), na TTP andozeme a rendziny sú hodnoty tohto parametra vyššie a teda v porovnaní s černoze je zásobenosť týchto pôd nižšia a vývoj pomeru C/N ma kolísavý charakter (obr. 15).

Obr. 15 Vývoj pomeru C/N (0-10 cm) na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze



Hodnoty základných kvalitatívnych parametrov na hodnotených kľúčových lokalitách sú v súlade s priemernými hodnotami Chk/Cfk, resp. Q_6^4 týchto pôdnych typov základnej monitorovacej siete. Hodnoty pomeru uhlíka humínových a fulvokyselín na černoze sa v priebehu celého monitorovacieho obdobia pohybujú v rozpätí od 1 do 1,5 čo poukazuje na prevládanie stabilnejších HK v POH černoze (obr. 16) a zaraďuje tak túto lokalitu do I. kategórie pôd z hľadiska kvality POH (Barančíková, 2007). Hodnoty Chk/Cfk na andozemi sa pohybujú okolo 0,8 na hodnotenej rendzine sú hodnoty tohto parametra najnižšie a v priebehu celého monitorovacieho obdobia sa pohybujú okolo 0,5. Na tejto lokalite v pôdnej organickej hmote výrazne prevládajú labilnejšie fulvokyseliny nad stabilnejšími humínovými kyselinami (obr. 16).

Aj hodnoty ďalšieho kvalitatívneho parametra, farebného kvocientu Q_6^4 odrážajú genézu daného pôdneho typu a kvalitu jeho organickej hmoty.

Obr. 16 Vývoj pomeru Chk/Cfk (0-10 cm) na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze



Z uvedeného dôvodu sú hodnoty optického parametra najnižšie na černoze a v priebehu celého monitorovacieho obdobia sa pohybujú okolo hodnoty 4 (obr. 17). Pomerne

nízke a stále sú hodnoty Q_6^4 aj na hodnotenej andozemi, čo potvrdzuje stabilnejšiu POH na týchto pôdnych typoch. Výrazne vyššie sú hodnoty optického parametra na hodnotenej rendzine a v priebehu monitorovacieho obdobia sa pohybujú v rozpätí 6-7, čo poukazuje na výrazne labilnú štruktúru pôdnej organickej hmoty na tejto lokalite (obr. 17) a zaraďuje tak túto lokalitu do III. kategórie z hľadiska kvality pôdnej organickej hmoty.

Obr. 17 Vývoj optického parametra Q_6^4 (0-10 cm) na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze



3. Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách andozeme, rendziny a černoze (1995-2007).

Pri nízkych hodnotách pôdneho organického uhlíka predovšetkým na orných pôdach zohráva mimoriadne dôležitú úlohu pri ovplyvňovaní viacerých ekologických funkcií pôdy (inaktivácia kontaminantov, transformácia organických polutantov) kvalitatívne zloženie pôdnej organickej hmoty. Tri základné frakcie POH v pôde reprezentujú humínové kyseliny, fulvokyseliny a humíny. HK však patria medzi najdôležitejšie frakcie humifikovanej POH, pretože na rozdiel od FK a humínu, ktoré s podieľajú 9, resp. 8 % na celkovom kolobehu uhlíka, podiel humínových kyselín je až 16 % (Doane a kol., 2003). Základný kvalitatívny parameter HK, farebný kvocient, ktorý je súčasťou stanovenia kvalitatívnych parametrov POH základnej monitorovacej siete sa na kľúčových lokalitách dopĺňa detailným sledovaním chemického zloženia HK. Chemická štruktúra a zloženie HK závisí na pôdnom type a niektoré jej parametre môžu byť veľmi užitočné pri klasifikácii pôd do špecifických taxonomických jednotiek (Wegner a kol., 1999).

Z uvedeného dôvodu sa na vybraných kľúčových lokalitách v trojročných monitorovacích cykloch izolujú humínové kyseliny a zmeny ich chemickej štruktúry sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-chemických parametrov.

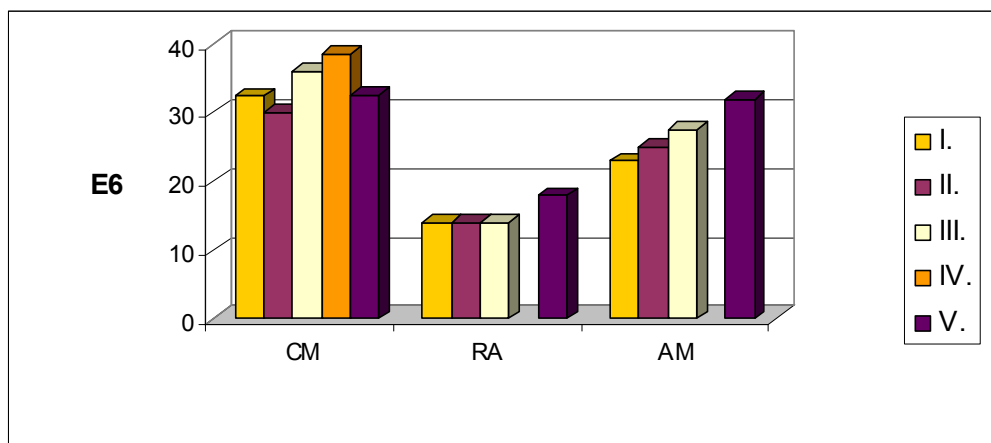
Základným chemickým parametrom pri sledovaní štruktúry HK je elementárna C, H, N, O analýza, ktorá odráža charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie zastúpenie uhlíka a nižšie zastúpenie vodíka je charakteristické pre HK s vyšším humifikačným stupňom. Zo sledovaných HK najvyššia hodnota uhlíka a najnižšia hodnota vodíka bola zaznamenaná na černoze, na andozemi bolo zistené nižšie zastúpenie C a vyššie H. Najnižšie hodnoty uhlíka a najvyššie hodnoty vodíka v priebehu celého sledovaného obdobia boli zistené na rendzine (tab. 4), čo indikuje relatívne vysokú humifikáciu POH na černoze a málo vyzretý, surový humus na rendzine. Dôležité sú aj pomery atómových % jednotlivých prvkov navzájom, medzi ktorými dominantnú úlohu má pomer H/C. Nízka hodnota pomeru H/C naznačuje vysokú stabilitu a stupeň kondenzácie HK a tým aj vyšší humifikačný stupeň POH (Rosel a kol., 1989). Výrazne nižšími hodnotami H/C disponujú černoze a andozeme v porovnaní s HK rendziny, u ktorých sa hodnoty tohto parametra pohybujú nad 1 (tab. 4). V priebehu monitorovacieho obdobia určité zmeny pozorujeme aj v hodnotách elementárnej analýzy.

Značné zníženie zastúpenia uhlíka a zvýšenie % humusu v zatiaľ poslednom odbere na černozemi indikujú zlabilnenie štruktúry humínových kyselín. Môže to byť spôsobené zvýšením dodávky organickej hmoty na tejto lokalite, nakoľko v r. 2006 bolo zaznamenaná značne vysoká hodnota Cox a aj vysoká hodnota pomeru HK/FK (obr. 1, 3). Ako uvádza Schnitzer (Schnitzer a kol., 2006) a Perez (Perez a kol., 2004) inkorporáciou rastlinných zvyškov sa zvyšuje zastúpenie alifatických štruktúr a zlabilňuje sa štruktúra POH, tvorbou mladých málo vyzretých HK. Potvrďuje je to aj významná korelácia ($R=0,87$, $n=35$), ktorá bola zistená medzi pomerom H/C a Calif.

Tab. 4 Hodnoty elementárnej analýzy (atóm.%) a vybrané parametre ^{13}C NMR (%)

pôdny typ	C	H	O	N	H/C	Calif	Car
ČM/94	47,60	31,63	17,92	2,85	0,665	30,04	41,75
ČM/97	48,55	28,67	19,26	3,52	0,591	33,89	50,81
ČM/00	47,22	31,96	17,64	3,19	0,677	29,2	46,55
ČM/03	49,17	29,34	18,19	3,29	0,598	30,49	48,1
ČM/06	43,05	35,85	17,53	3,56	0,664	40,96	40
RA/95	39,4	40,34	3,7	16,55	1,024	53,59	27,08
RA/98	39,3	40,3	3,12	17,3	1,026	45,12	29,86
RA/01	41,59	36,47	3,6	18,33	0,877	43,1	31,6
RA/07	39,64	39,08	3,51	17,77	1,01	57,48	25,6
AM/95	43,4	34,39	3,1	19,12	0,793	34,54	41,25
AM/98	42,3	33,5	2,9	21,3	0,792	40,78	33,62
AM/01	42,46	35,38	3,24	18,93	0,833	41,2	35,2
AM/07	45,72	30,01	3,63	20,64	0,656	44,66	35,1

Obr. 18 Vývoj hodnôt optického parametra $E^{1\%}_6$



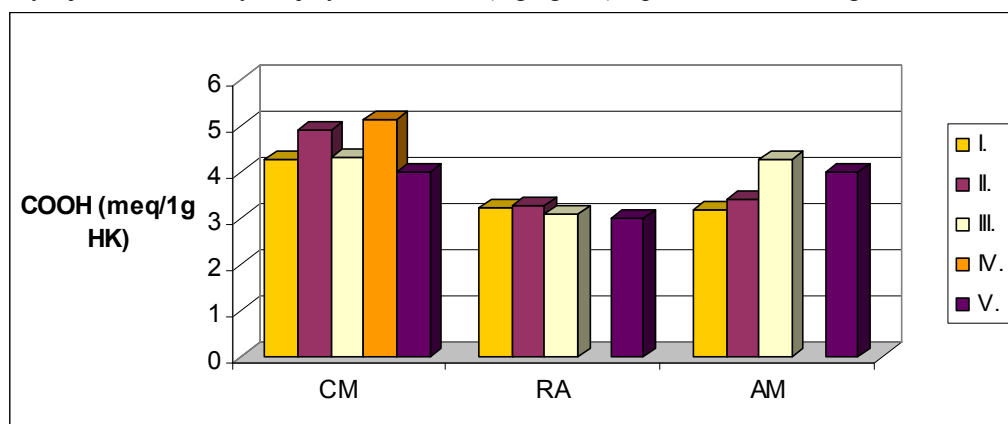
I. – V. jednotlivé odbery v priebehu monitorovania

Veľký prínos pri poznávaní chemickej podstaty HK predstavujú spektrálne metódy vo viditeľnej oblasti spektra. Kumada (1987) na hodnotenie optických vlastností doporučuje optický parameter $E^{1\%}_6$, ktorý predstavuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada nazýva stupeň humifikácie, nakoľko $E^{1\%}_6$, nepriamo, podobne ako parameter H/C odráža stupeň kondenzácie aromatického jadra HK. Čím sú hodnoty optického parametra vyššie, tým vyšší je stupeň aromaticity HK. Ako vidíme na obr. 18 nízke hodnoty $E^{1\%}_6$ sú charakteristické pre vysokohorské pôdy rendziny. Hodnota tohto optického parametra na andozemi je vyššia a najvyššie hodnoty dosahuje stupeň humifikácie na černozemi. Rozdiel v hodnotách $E^{1\%}_6$ je v priebehu monitoringu minimálny a

sledované HK si udržiujú hodnoty tohto parametra charakteristické pre daný pôdny typ. Vzostupný trend týchto hodnôt bol zaznamenaný na andozemi.

Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality HK je obsah karboxylových funkčných skupín, nakoľko proces humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou alifatických reťazcov HK (Ševcova a Sidorina, 1988). Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzrejšiu POH s vyšším stupňom humifikácie (Rossel a kol., 1989). V súlade s hodnotami elementárneho zloženia a optickým parametrom najvyššie hodnoty COOH boli zaznamenané na černozemi a pomerne vysokým obsahom COOH disponuje aj andozem (obr.19). Nízke hodnoty COOH skupín sú charakteristické pre vysokohorské pôdy rendzín. V priebehu monitorovacieho obdobia mali hodnoty COOH na černozemi kolísavý charakter, na rendzine sa udržiavali na veľmi nízkych hodnotách a na andozemi môžeme pozorovať nepatrné zvýšenie karboxylových skupín v posledných dvoch odberoch (obr.19).

Obr. 19 Vývoj hodnôt karboxylovej kyslosti COOH (mg/1g HK) v priebehu monitoringu

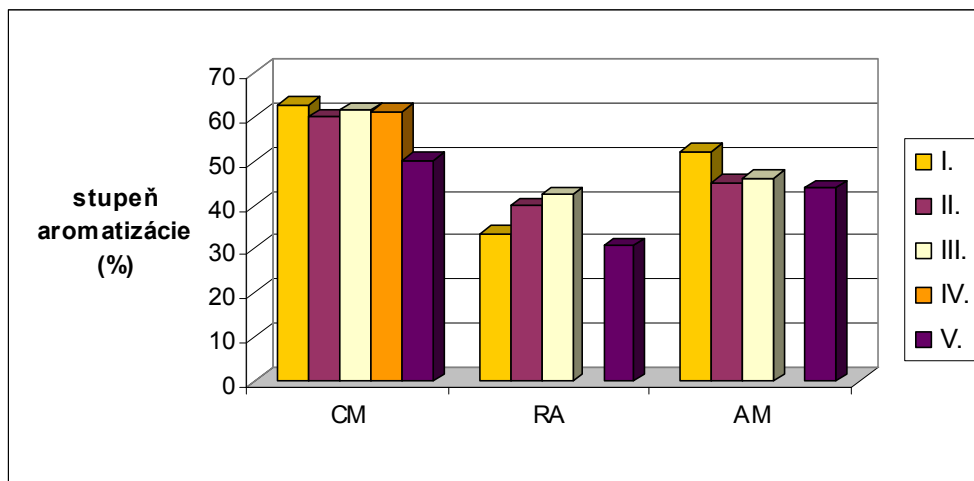


Jednou z najčastejšie využívaných metód pri detailnom sledovaní štruktúry HK je nukleárna magnetická rezonancia uhlíka ^{13}C , ktorá umožňuje kvantitatívne stanovenie jednotlivých typov uhlíka v štruktúre pôdnej organickej hmoty (Mathers a kol., 2000). ^{13}C NMR sa veľmi často využíva pri detailnom štúdiu štruktúry pôdnej organickej hmoty rôznych pôdnych typoch, pri rozkladných procesoch, ktoré v pôde pri mineralizácii/humifikácii pôdnej organickej hmoty prebiehajú, pri podzolizačných procesoch tropických podzolov a spolu s ^{15}N NMR tiež pri sledovaní pri sledovaní dôležitej stabilnej frakcie POH – čierneho uhlíka a dusíka (Hertkorn a kol., 2002, Leifeld a Kogel-Knaber, 2005, Perez a kol., 2006, Bardy a kol., 2008, Knicker a kol., 2008). Podrobne je prínos ^{13}C NMR uvedený v jednej z našich súčasných prác (Barančíková a kol., 2008).

Z parametrov ^{13}C NMR spektier je z hľadiska chemickej štruktúry HK najdôležitejšie percentuálne zastúpenie alifatického (Calif) a aromatického uhlíka (Car), z ktorých sa stanovuje stupeň aromaticity α . Relatívne najnižšími hodnotami alifatického uhlíka disponujú černozem vysoké zastúpenie alifatických štruktúr je charakteristické predovšetkým pre vysokohorské pôdy rendziny, (tab. 4). Dominancia alifatických štruktúr je charakteristická pre mladé málo vyzreté štruktúry HK (Preston a kol. 1994, Chen a Pawluk, 1995, Olk a kol., 1995). Podiel aromatického uhlíka dominuje predovšetkým u černozeme, a jeho najnižšie hodnoty boli zistené predovšetkým na vysokohorských rendzinách, (tab. 2). Ako uvádza Gonzáles-Peréz (Gonzáles-Peréz a kol., 2007) neobrábané pôdy vykazujú nižšie percento Car ako orné pôdy, čo je v súlade aj s našimi výsledkami. V dôsledku relatívne vysokého zastúpenia aromatických štruktúr a nízkeho zastúpenia Calif, hodnoty stupňa aromatizácie α sú najvyššie v prípade černozeme, najnižšie hodnoty sú charakteristické pre vysokohorské pôdy s vysokým obsahom Cox, čo je charakteristické aj pre nami sledovanú rendzinu (obr. 20).

V zatiaľ poslednom odbere monitorovacieho obdobia sa značne zvýšil podiel alifatických štruktúr na úkor Car, čo sa odrazilo na znížení percenta aromaticity predovšetkým na vysokohorskej rendzine (obr. 20, tab. 4). Uvedený trend aj keď v menšej intenzite bol zaznamenaný aj na andozemi. Značná zmena v jednotlivých frakciách uhlíka bola v priebehu sledovania zistená aj na černoze (obr. 20, tab. 4). V uplynulom období bol podiel Car na tejto lokalite pomerne vysoký a Calif nízky, čo je charakteristické pre intenzívne využívané pôdy s nízkym obsahom uhlíka (González-Peréz, 2007).

Obr. 20 Vývoj hodnôt stupňa aromatizácie HK v priebehu monitoringu.



V zatiaľ poslednom odbere je však evidentné zvýšenie alifatických a zníženie aromatických štruktúr na tejto lokalite, čo indikuje zlabilnenie štruktúry HK a je v súlade so zmenami hodnôt ostatných chemických parametrov HK. Môže to byť spôsobené zvýšením celkového organického uhlíka a zvýšením zastúpenia humínových kyselín v POH, nakoľko hodnoty týchto základných kvalitatívnych parametrov POH nadobúdajú v danom období (rok odberu 2006) najvyššie hodnoty (obr. 15,16). Ako uvádza Peréz (Peréz a kol., 2004) uvedený trend je charakteristický aj pre inkorporáciu rastlinných zvyškov, čo vyššie uvedené zmeny potvrdzujú.

Záver

V predkladanej práci hodnotíme kvantitatívne a kvalitatívne zmeny pôdnej organickej hmoty na štyroch pôdnych typoch (černoze na OP, rendziny a kambizeme na vulkanitoch na OP a TTP, andozeme na TTP) prvých troch 5-ročných monitorovacích cykloch základnej monitorovacej siete (obdobie rokov 1993-2007). V práci sú tiež detailne zhodnotené zmeny POC a základných kvalitatívnych parametroch na troch kľúčových lokalitách: černoze na OP a rendziny a andozeme na TTP. Na týchto lokalitách sa pravidelne monitorujú aj zmeny v chemickej štruktúre HK, ktoré sú tiež zhodnotené.

Na základe získaných výsledkov jedného zo základných indikátorov SOCSI, priemerných hodnôt obsahu organického uhlíka môžeme konštatovať, že po poklese POC v prvej polovici 90-tych rokov sa v nasledujúcich rokoch obsah POC na hodnotených pôdnych typov stabilizoval. Zmeny v hodnotách POC v podorničnom horizonte (35-45 cm) predovšetkým na TTP ale aj OP boli v priebehu monitoringu minimálne. Negatívne môžeme hodnotiť veľmi nízku hodnotu organického uhlíka (0,7 %), ktorá sa dlhodobo udržuje v podorničnom horizonte na orných pôdach kambizemí na vulkanitoch. Na základe týchto výsledkov je nevyhnutné apelovať na dodržiavanie vyrovnanej bilancie organickej hmoty na

orných pôdach, teda pravidelný a dostatočný vstup organického uhlíka, jednak z rastlinných a koreňových zvyškov (vhodný oševný postup) ale aj pravidelné dodávky kvalitných organických hnojív.

Zmeny v hodnotách celkového dusíka sú korelovateľné s hodnotami POC a v priebehu monitorovacieho obdobia boli minimálne.

Z kvalitatívneho hľadiska sa dlhodobo udržuje najkvalitnejšia pôdna organická hmota na černozeiach a najmenej kvalitná, charakterizovaná vysokými hodnotami surového humusu predovšetkým na vysokohorských rendzinách.

Hodnoty vybraných parametrov na sledovanie detailných zmien v chemickej štruktúre humínových kyselín, sa v priebehu monitorovacieho obdobia na hodnotených pôdnych typov udržiavali v rozmedziach charakteristických pre daný pôdny typ a potvrdzujú najmenej kvalitnú pôdnu organickú hmotu na vysokohorských rendzinách a najzreľšiu na černozeiach, aj keď v poslednom období na sledovanej černozei sme zaznamenali zlabilnenie štruktúry humínových kyselín.

Literatúra

- Barančíková, G., 2002: Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty. In: Kobza, J. et al.: Monitoring pôd Slovenskej republiky (Soil monitoring of Slovak republic). Bratislava: VÚPOP, str. 54-73
- Barančíková, G., 2007: Kategorizacja gleb uzytkowanych rolniczo na podstawie zawartosci i jakosci materii organicznej. In: Rola materii organicznej w srodowisku. Gonet, S.S., Markiewicz, M. (eds.). Polskie Towarzystwo Substancji Humusowych, 2007, Torun, str. 47-60, ISBN 83-919331-6-4.
- Barančíková, G., 2008: Aplikácia nukleárnej magnetickej rezonancie pri štúdiu pôdnej organickej hmoty. Chem. Listy, vol. 102, str. 1100 – 1106
- Bardy, M., Derenne, S., Fritsch, E., Allard, T., Bonhomme, C., Benedetti, M., do Nascimento, N., 2008: Multi-scale study of thje evolution of organic mater, during the podzolisation of laterites in the upper Amazon basin. In: Eurosoil, 2008. Book of Abstract, Blum, W.H., Geryabek, M.H. (eds.). Vienna, 2008, ISBN: 978-3-902382-05-04, str. 8.
- 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 (Our soils). Soil Fertility Research Institute, 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.
- Causarano, H.J., Franzluebbers, A.J., Reeves, D.W., Shaw, J.N., 2006: Soil organic carbon sequestration in cotton production systems of the southeastern united states. J. Environ. Qual., vol. 35, str. 1374-1383.
- Doane, T.A., Devevre, O.C., Horwáth, W.R., 2003: Short-term soil carbon dynamics of humic fractions in low-input and organic cropping systems. Geoderma, vol. 114, str. 319-33
- 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.

- Franzluebbers, A.J.: Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till. Res.*, 2002, vol. 66, str. 95-106
- Gregorich, E.G., Carter, M.R., Angers, D.A., Monreal, C.M., Ellert, B.H., 1994: Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. *Can. J. Soil Sci.*, vol. 74, str. 367-385.
- Guo L. B., Gifford R. M., 2002. Soil carbon stocks and land use change: a meta analysis." *Global Change Biology*, 8: 345-360.
- González-Peréz, M., Milory, D.M.B.P., Colnago, L.A., Martin-Neto, L., Melo, W.J., 2007.: A laser-induced fluorescence spectroscopic study of organic matter in Brazilian Oxisol under different tillage systems. *Geoderma*, vol. 138, str. 20-24.
- Harris, R.F., Karlen, D.L., Mulla, D.J., 1996: A conceptual framework for assessment and management of soil quality and health. In: Doran, J.W., Jones A.J. (eds.) *Methods for Assessing Soil Quality*, SSSA Spec. Publ. No. 49, str. 61-82.
- Hertkorn, N., Permin, A., Perminova, I., Kovalevskii, D., Yudov, M., Petrosyan, V., Kettrup, A., 2002: Comparative analysis of partial structures of peat humic and fulvic acid using one- and two-dimensional nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J. Environ. Quality*, vol. 31, str. 375-387.
- Chen, Z., Pawluk, S., 1995: Structural variations of humic acids in two soils of Alberta Mollisols. *Geoderma*, str. 173-193.
- Chukov, S. N.: Study by ^{13}C – NMR spectroscopy of humic acids molecular parameters in anthropogenically disturbed soils. In: *Proceedings of 10th International Meeting of the IHSS*, Toulouse, 2000, str. 81-84.
- Jurčová, O.: Treba skončiť s korisníckym vzťahom k živiteľke. *Roľnícke noviny*, BESEDA, (6.11.1996), str. 1-6.
- Jurčová, O.: Ako sme zahumusovali naše orné pôdy. *Roľnícke Noviny* (7.12.2000)
- Knicker, H., González-Villa, F.J., González-Vázquez, R., Almendros, G., 2008: Black nitrogen – an important fraction of the stable soil organic matter pool. In: *Eurosoil, 2008. Book of Abstract*, Blum, W.H., Geryabek, M.H. (eds.). Vienna, 2008, ISBN: 978-3-902382-05-04, str. 8.
- 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: Závazné metódy. Bratislava, str. 95-110
- Kumada, K.: *Chemistry of soil organic matter*. Tokyo, Elsevier, 1987, str. 17-30.
- Leifeld, J., Kogel-Knabner, I., 2005: Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different land-use? *Geoderma*, vol. 124, str. 143-155.
- Letters, S., De Vos, B., Quataert, P., van Wesemael, B., Muys, B., van Orshoven, J., 2007: *European Journal of Soil Science*, vol. 58, str. 1244-1253
- Linkeš, V., Kobza, J., Švec, M., Ilka, P., Pavlenda, P., Barančíková, G., Matúšková, L., 1997: *Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav monitorovacích vlastností pôd 1992-1996*. VÚPÚ Bratislava, str. 80-90.
- 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
- Makovníková, J., Barančíková, G., 2004: Vybrané indikátory trofickej funkcie kambizemí vyvinutých na flyši. *Agrochémia*, vol. 44, str. 27-30.
- 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

- Olk, D.C., Cassman, K.G., Fan, T.W.M., 1995: Characterization of two humic acids fractions from a calcareous vermiculitic soil: implications for the humification process. *Geoderma*, vol. 65, str. 195-208.
- Pansu, M., Gautheryou, J., 2006: Handbook of soil analysis. Springer Berlin, Heidelberg, New York, str. 327 – 370, ISBN3-340-31210-2
- Peréz, G.M., Martin-Neto, L., Saab, S.C., Novotny, E.H., Milori, D.M.B.P., Bagnato, V.S., Colnago, L.A., Melo, W.J., Knicker, H., 2004: Characterization of humic acids from a Brazilian Oxisol under different tillage system by EPR, ¹³C NMR, FTIR and fluorescence spectroscopy. *Geoderma*, vol. 118, str. 181-180.
- Peréz, G.M., Torrado, P.V., Martin-Neto, L., Colnago, L.A., Milori, D.M.P.B., Gomes, F.H., Otero, X.L., 2006: Characterization of humic acids in tropical spodosols by ¹³C NMR spectroscopy. In: F.H. Frimmel, G. Abbt-Braun (eds.) *Humic substances- Linking structure to functions*, Proceedings of the 13th meeting of the IHSS, Karlsruhe, str.149-152.
- Rosell, R.A., Andriulo, A.E., Schnitzer, M., Crespo, M.B., Miglierina, A.M.: Humic acids properties of an Argiudoll soil under two tillage systems. *Sci. Tot. Envir.* Vol. 81/82, 1989, str. 391-400.
- 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.
- Stolbovoy, V., Montanarella, L., 2008: Application of Soil organic carbon status indicators for policy-decision making in the EU. In: *Threats to soil quality in Europe* (eds. Toth, G., Montanarella, L., Rusco, E. JRC Scientific and Technical Reports, str. 87-99, ISBN 978-92-79-09529-0.
- STU ISO 10694, 2001. Stanovenie organického a celkového uhlíka po suchom spaľovaní. SÚTN, Bratislava, pp.12.
- Ševcova, L.K., Sidorina, S.J., 1988: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije charakteristiky gumusovych kyslot. *Počvovedenije*, č.6, str. 130-136.
- Ševcova, L., Romanenko, V., Sirotenko, O., Smith, P., Smith, J.U., Leech, P., Kanzyvaa, S., Rodionova, V.: Effect of natural and agricultural factors on long-term soil organic matter dynamics in arable soddy-podzolic soil-modeling and observation. *Geoderma*, 2003, vol. 116, str. 165-189
- Wegner, K., Grzelakowska, A., Gonet, S.S., Pempkowiak, J., 1999: Parameters of humic acids as diagnostic features of the soils. *Humic Substances in Ecosystems* 3, str. 117-124.

3.7 Súčasný stav a vývoj kompaktie pôd

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 zahľadených pripojeným náradím) a postupný (kumulatívny vplyv všetkých prejazdov) proces. V závislosti od miery záťaže a poveternostných príp. pôdných podmienok v čase pracovných úkonov dosahuje pôda určitý rovnovážny stav, ktorý sa s ďalšími prejazdmi nemení (pri zachovaní daných podmienok). Pri používaní dnes tak veľmi potrebnej výkonnej mechanizácii, no i patrične ťažkej, je bez určitých preventívnych opatrení (Kobza a kol., 2005) náročné dosiahnuť fyzikálny stav pôdy pod limitmi zhutnenia. K podceňovaniu dosahu kompaktie zvädza aj fakt, že je to relatívne vratný proces, no treba dodať, že aj so zvýšenými nákladmi už pri bežných kypriacich zásahoch v rámci ornice, nehovoriac o tých v podornici. Zanedbávanie fyzikálneho stavu pôdy z hľadiska zhutnenia pôdy môže pri nepriaznivom počasí podporiť riziko erózie v dôsledku zníženej retenčnej schopnosti pôdy a následnému povrchovému odtoku. 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 správy sú hodnotené výsledky štvrtého odberového cyklu monitoringu fyzikálnych vlastností pôd Slovenska v rámci tzv. *základnej siete* (odoberané len na orných pôdach), týkajúce sa týchto pôdných typov – *kambizeme na vulkanitoch (KM)*, *rendziny (RA)* a *černozeme (ČM)*. 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 2007. 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 pôdných typov.

V druhej časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti z každoročne odoberaných *klúčových lokalít*. V rámci vyššie uvedených pôdných typov pripadá do úvahy len jedna lokalita:

Voderady pri Trnave - Černozem kultizemná (ČMa^c), stredne ťažká, hlinitá

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 *klúčových 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					
	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: **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

Vyhodnotenie súčasného stavu zo 4. odberového cyklu

Sledované pôdne typy sú zastúpené stredne ťažkými hlinitými a ťažkými, ílovito-hlinitými pôdami. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia.

Hlinité pôdy

V danej zrnitostnej kategórii majú zastúpenie všetky sledované pôdne typy (tab.2), pričom najviac lokalít je hodnotených v rámci černoze, preto tieto výsledky sú najreprezentatívnejšie. Naopak v ostatných dvoch skupinách dochádza k poklesu počtu hodnotených lokalít z každým odberovým cyklom, keďže tieto pôdy ako menej úrodné

Tab. 2 Štvrtý odberový cyklus (rok 2007) – stredne ťažká, hlinitá pôda.

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	p_d g.cm ⁻³	P_c	P_N	MKK	VzK
				objemové %			
KM na vulkanitoch <i>hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,28	51,27	10,23	38,45	12,82
		x_{min}	1,23	49,45	8,93	37,33	9,87
		x_{max}	1,34	53,09	11,53	39,58	15,76
RA <i>hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,41	47,30	8,55	36,74	10,57
		x_{min}	1,38	45,76	4,66	33,48	5,63
		x_{max}	1,44	48,41	10,77	40,14	14,24
	0,30-0,40 m	x	1,47	44,41	6,43	36,60	7,81
		x_{min}	1,43	42,54	4,98	32,65	5,73
		x_{max}	1,51	46,29	7,87	40,56	9,89
ČM na sprašiach <i>hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,34	49,21	10,03	35,64	13,58
		x_{min}	1,17	42,91	3,17	32,32	5,30
		x_{max}	1,55	55,28	16,47	39,67	20,61
	0,30-0,40 m	x	1,44	45,91	7,60	35,91	10,00
		x_{min}	1,15	39,82	1,77	31,75	3,17
		x_{max}	1,62	56,58	18,87	41,44	23,41

Vysvetlivky: KM – kambizem na vulkanitoch, RA - rendzina, ČM - černoze, p_d – objemová hmotnosť, MKK – maximálna kapilárna kapacita, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), VzK – minimálna vzdušná kapacita, x – aritm. priemer, x_{min} (x_{max}) – minimum (maximum)

a skeletnaté sú často zatrávňované a nevyužívajú sa ako orné pôdy. Výsledky z nich môžu slúžiť len ako príklad stavu fyzikálnych vlastností na týchto pôdach. Ornice predmetných hlinitých pôdných typov sú na základe priemerov sledovaných parametrov v poslednom odberovom cykle v dobrom fyzikálnom stave. ČM síce svojimi krajnými hodnotami (maximá pri objemovej hmotnosti a MKK, minimá pri P_c a VzK) prekračujú limity zhutnenia, no je to len na 20 % z počtu hodnotených lokalít. Pri podorniciach je situácia horšia pre RA i ČM (pri KM na vulkanitoch chýbajú údaje pre ich vyššiu skeletnatosť). Kým RA sú zhutnené už podľa priemerných hodnôt sledovaných parametrov, ČM len podľa krajných, no na 35 % lokalít.

Ílovito-hlinité pôdy

V rámci ílovito-hlinitých pôd sú hodnotené ČM, RA i KM na vulkanitoch, no tieto skupiny pôd sú všetky málopočetné (tab.3). Ornice majú v dobrom fyzikálnom stave. Opačný stav je pri podorniciach, ktoré sú už strednými hodnotami v kritickom intervale pri RA i ČM.

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

Pôdny typ	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	ρ_d g.cm ⁻³	P_c	P_N	MKK	VzK
				objemové %			
KM na vulkanitoch <i>ílovito-hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,34	49,45	8,93	39,58	9,87
		x_{min}	-	-	-	-	-
		x_{max}	-	-	-	-	-
RA <i>ílovito-hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,17	56,86	19,00	33,66	23,20
		x_{min}	-	-	-	-	-
		x_{max}	-	-	-	-	-
	0,30-0,40 m	x	1,47	46,32	7,41	37,27	9,05
		x_{min}	-	-	-	-	-
		x_{max}	-	-	-	-	-
ČM na sprašiach <i>ílovito-hlinité</i>	0-0,10 m	x	1,27	52,08	11,99	35,60	16,48
		x_{min}	1,17	48,88	8,86	34,67	12,36
		x_{max}	1,36	55,28	15,12	36,52	20,61
	0,30-0,40 m	x	1,49	44,35	9,97	32,70	11,65
		x_{min}	1,37	39,82	6,50	31,75	8,07
		x_{max}	1,62	48,89	13,43	33,65	15,24

Vysvetlivky ako v tab. 2

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

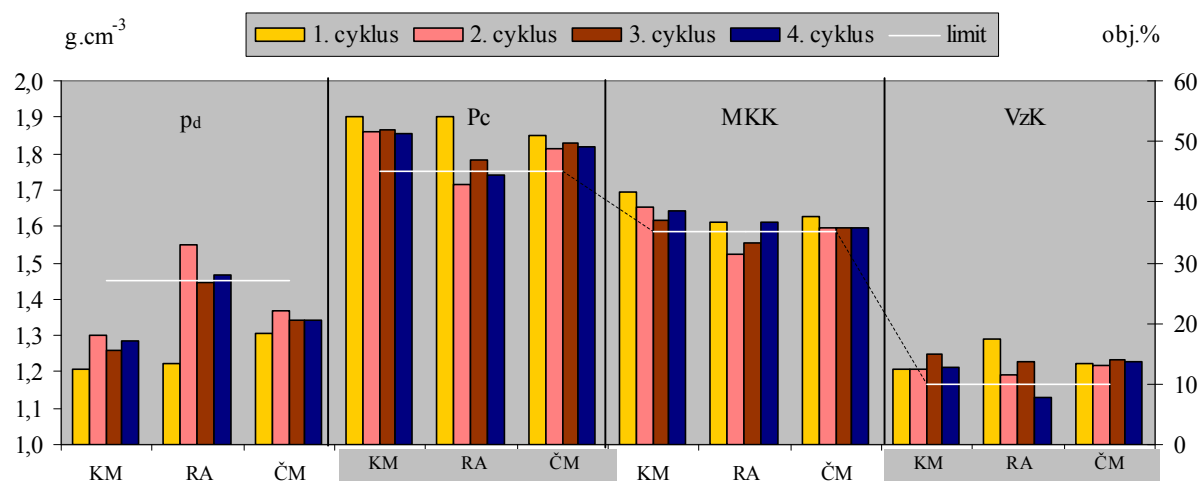
Ak porovnáme aktuálny fyzikálny stav predmetných pôd z ich stavom v predchádzajúcich odberových cykloch (obr. 1 až 4), môžeme pozorovať určitý trend. Na daných grafoch možno pozorovať, že najmenšími výkyvmi medzi cyklami sa vyznačujú stredne ťažké hlinité ČM, v rámci ktorých je hodnotený najväčší počet lokalít.

Hlinité pôdy

Sú to naše najrozšírenejšie pôdy a s najoptimálnejšou textúrou, pričom sa môžu v závislosti od iných pôdných vlastností (obsah skeletu, organickej hmoty) od seba značne líšiť. Z hodnotených pôdných typov sa ČM vyznačujú vyšším obsahom kvalitnej organickej hmoty i v hlbších vrstvách, v podornici, kým RA a KM na vulkanitoch vyššou skeletnosťou

stúpajúcou v smere do hĺbky. V rámci pravidelne kyprenej ornice je fyzikálny stav sledovaných pôd pomerne priaznivý s výnimkou RA v 2. a 4. cykle odberu. Oproti poslednému cyklu došlo pri KM na vulkanitoch a RA k miernemu zhoršeniu, no ČM ostávajú na rovnakej úrovni. V podornici je situácia horšia, keď hodnoty sledovaných parametrov pôdy sa priblížili k limitom zhutnenia a v piatich prípadoch boli aj prekročené (3. cyklus KM na vulkanitoch, 2.-4. cyklus RA, 2. cyklus ČM). Celkovo v celom pôdnom profile aj období monitorovania najpriaznivejšie hodnoty boli zaznamenané pri KM na vulkanitoch a najhoršie pri RA. ČM napriek najpriaznivejším pôdnym vlastnostiam v rámci našich pôd si pri ich intenzívnom využívaní len ťažko zachovávajú optimálny fyzikálny stav, najmä v podornici.

Obr. 1 Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky:

KM – kambizeme na vulkanitoch

RA – rendziny

ČM – černoze

limit – kritická hodnota zhutnenia

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

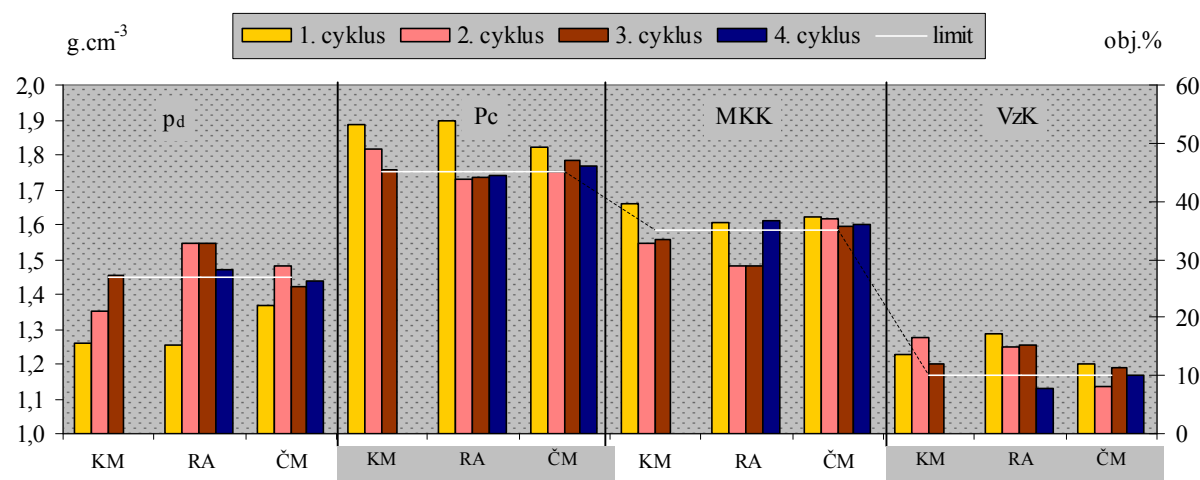
pd – objemová hmotnosť (g.cm⁻³)

Pc – celková pórovitosť (%)

MKK – maxim. kapilárna kapacita (%)

VzK – minimálna vzdušná kapacita (%)

Obr. 2 Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) hlinitých pôdných druhov v rámci daných pôdných typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja

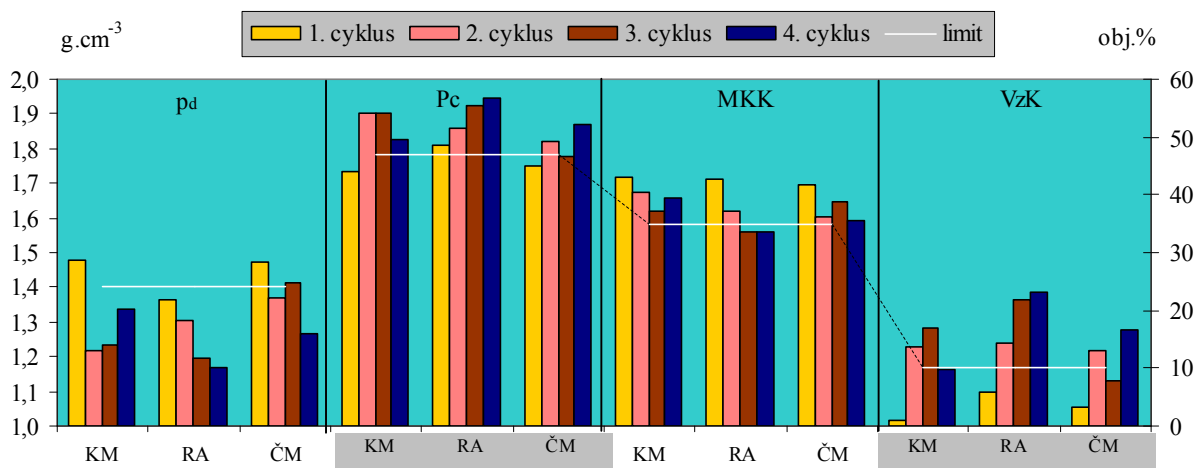


Vysvetlivky ako pri obr. 1

Ílovito-hlinité pôdy

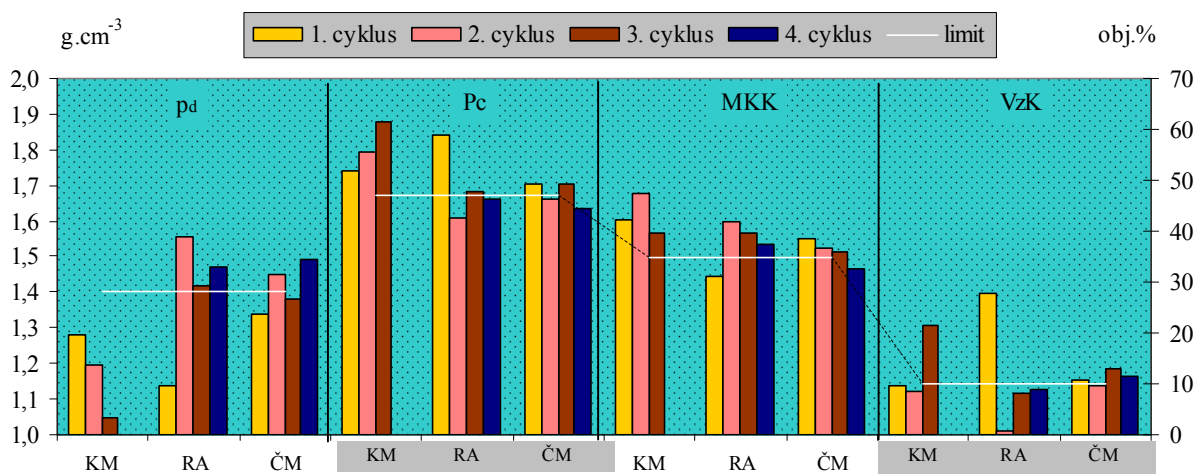
Patria síce medzi naše druhé najrozšírenejšie pôdy, no predmetné pôdne typy s touto textúrou sú zastúpené malým počtom lokalít, a teda aj výsledky možno považovať za málo reprezentatívne, čo sa nakoniec prejavilo aj na značne rozkolísaných hodnotách sledovaných pôdnych charakteristík, a môžu slúžiť len ako príklad stavu fyzikálnych vlastností na týchto pôdach. Z hľadiska celého pôdneho profilu ornice vykazujú lepší fyzikálny stav. Zhutnené boli 3 prípadoch (ČM v 1. a 3. cykle, KM na vulkanitoch v 1. cykle), kým v podornici v 5 prípadoch (RA v 2.- 4. cykle, ČM v 2. a 4.). Bolo zaznamenané zlepšenie fyzikálneho stavu v 4. cykle oproti predchádzajúcim pri ČM a RA, a zhoršenie pri KM na vulkanitoch v rámci ornice a zhoršenie pri ČM a RA v podornici. V porovnaní z hlinitými pôdami obsahujú viac kapilárnych pórov, čo sa prejavilo na vyššej maximálnej kapilárnej kapacite a nižšej minimálnej vzdušnej kapacite.

Obr. 3 Základné fyzikálne vlastnosti ornice (0-0,10 m) ílovito-hlinitých pôdnych druhov v rámci daných pôdnych typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v obr. 1

Obr. 4 Základné fyzikálne vlastnosti podornice (0,30-0,40 m) ílovito-hlinitých pôdnych druhov v rámci daných pôdnych typov v jednotlivých odberových cykloch a trend ich vývoja



Vysvetlivky ako v obr. 1

2. Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností podornice v rámci kľúčových lokalít.

V tejto časti správy je detailnejšie zhodnotený fyzikálny stav černoze na spráši vo Voderadoch, ktorá je jediným zástupcom v rámci sledovaných pôdnych typov z 1. časti. Dôraz pri vyhodnocovaní je síce kladený na podornicu, ktorá je viac náchylná na zhutnenie, keďže je mimo bežných agrotechnických kypriacich opatrení, no pre porovnanie uvádzame aj hodnoty fyzikálnych parametrov v rámci ornice. 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.

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

Černozem na lokalite Voderady vznikla na spráši. Ide o pôdu stredne ťažkú, hlinitú, so stredným obsahom kvalitného humusu v ornici a nízkym obsahom v podornici (čo je pomerne malý pokles v smere do hĺbky v rámci našich pôd - Barančíková 2002), s pH v oblasti slabo alkalické až neutrálnej (Makovníková 2002). V tab.4 uvádzame aj plodiny, ktoré tu boli pestované v jednotlivých rokoch.

Tab. 4 Prehľad plodín pestovaných v jednotlivých rokoch na hlinitej černozemi - lokalita Voderady

Rok odberu	pestovaná plodina
1995	kukurica na zrno
1996	kukurica na zrno
1997	pšenica letná, f. ozimná
2001	kukurica na zrno
2002	pšenica letná, f. ozimná
2003	jačmeň siaty, f. jarná
2004	pšenica letná, f. ozimná
2005	pšenica letná, f. ozimná
2006	repka ozimná
2007	pšenica letná, f. ozimná
2008	pšenica letná, f. ozimná

Čo sa týka aktuálnych údajov fyzikálnych vlastností pôdy za posledný rok 2008 (tab.5) možno konštatovať, že ornica je podľa všetkých sledovaných parametrov v dobrom fyzikálnom stave s výnimkou MKK, ktorá je mierne nad limitom, no táto skutočnosť je charakteristická pre túto pôdu v celom období monitorovania i v celej sledovanej hĺbke pôdy (tab. 6, obr. 7 – ornica - 78 % prípadov prekračujúcich limit, podornica - 73 %). Podornica je podľa objemovej hmotnosti a celkovej pórovitosti pod limitmi, no podľa MKK a VzK prekračuje hranice zhutnenia (tab. 5).

V prípade celého sledovaného obdobia (tab.6) ornica aj podornica sú mimo kritického intervalu okrem už spomínaného mierneho prekročenia pri MKK. Stálejšie hodnoty s menšími výkyvmi (nižšie hodnoty variačných koeficientov – tab. 6) boli zaznamenané v podornici oproti ornici. Podľa hodnôt objemovej hmotnosti pôdy (obr. 5) ako aj celkovej pórovitosti (obr.6) bola kompaktia zaregistrovaná v 33 % prípadov v ornici a v 18 % v podornici. Čo sa týka pomocného parametra VzK (obr. 8) tu je situácia negatívnejšia, ak berieme do úvahy priemernú hodnotu limitu 10 % (ornica i podornica – 55 % prípadov zhutnenia). Podrobnejšie štúdie (Lhotský a kol., 1984) pripúšťajú i nižší limit 8 % pre krmoviny, v tom prípade by sa hodnotenie podstatne zlepšilo (ornica – 22 %, podornica – 18

%). Vyšší podiel prekročení limitov v ornici môže byť skreslené, keďže z nej bolo k dispozícii menší počet údajov (údaje z prvých dvoch rokov chýbajú).

Možno konštatovať, že hodnotenia hlinitej černoze v rámci kľúčovej lokality Voderady v podstate potvrdzujú výsledky hlinitých černozeí 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 pôdných vlastností na území SR.

Tab. 5 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na kľúčovej lokalite Voderady – aktuálny stav za rok 2008

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	ρ_d g.cm^{-3}	P_C	MKK	VzK
				objemové %		
Voderady ČMa na spraši hlinitá	0-0,10 m	x	1,15	56,39	37,95	18,44
		x_{\min}	1,09	53,63	35,57	14,68
		x_{\max}	1,22	58,53	39,33	22,96
		v_x %	5,75	4,45	5,45	22,71
	0,30-0,40 m	x	1,39	47,33	39,68	7,65
		x_{\min}	1,35	44,61	38,34	5,30
		x_{\max}	1,46	48,58	41,53	9,45
		v_x %	3,08	3,43	3,05	23,39

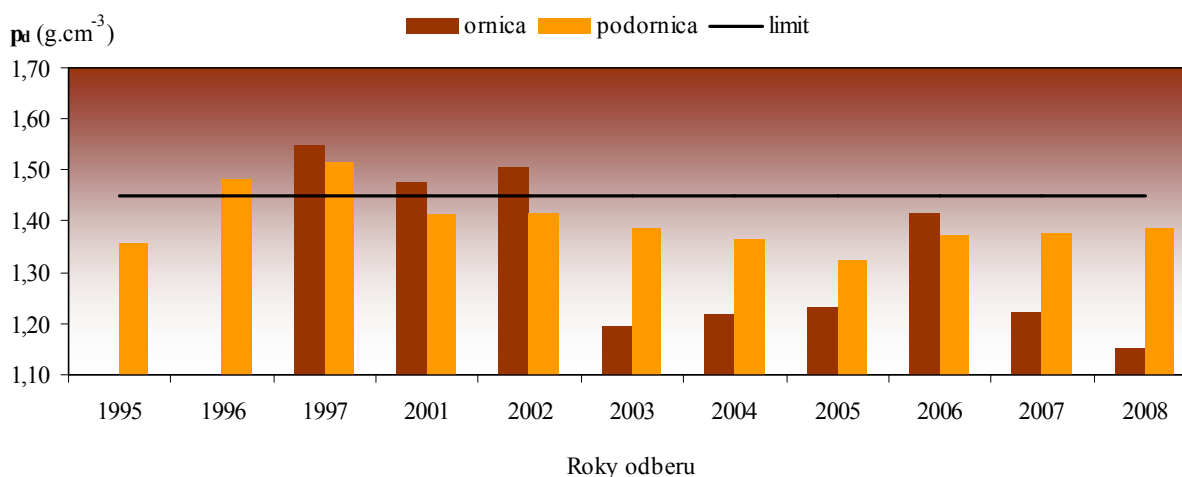
Vysvetlivky ako v tab. 2

Tab. 6 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na kľúčovej lokalite Voderady v celom sledovanom období od začiatku monitorovania (1995-2008)

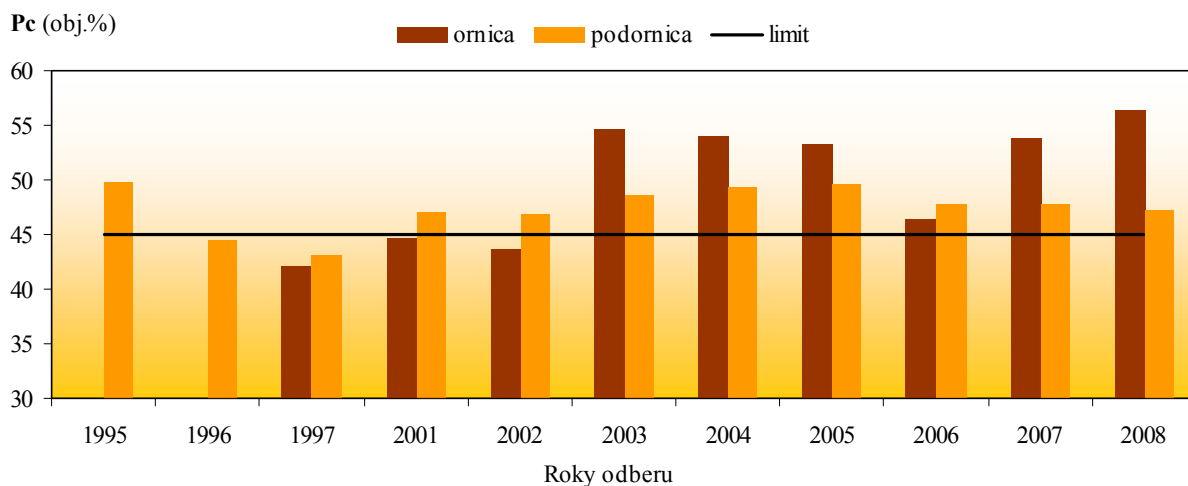
Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veličina	ρ_d g.cm^{-3}	P_C	MKK	VzK
				objemové %		
Voderady ČMa na spraši hlinitá	0-0,10 m	x	1,33	49,87	37,52	12,34
		x_{\min}	1,15	42,15	33,86	7,20
		x_{\max}	1,55	56,39	45,27	19,69
		v_x %	11,65	11,13	8,79	43,66
	0,30-0,40 m	x	1,40	47,44	37,22	10,23
		x_{\min}	1,33	43,16	34,33	7,64
		x_{\max}	1,52	49,83	41,48	13,79
		v_x %	3,98	4,37	6,22	20,88

Vysvetlivky ako v tab. 2

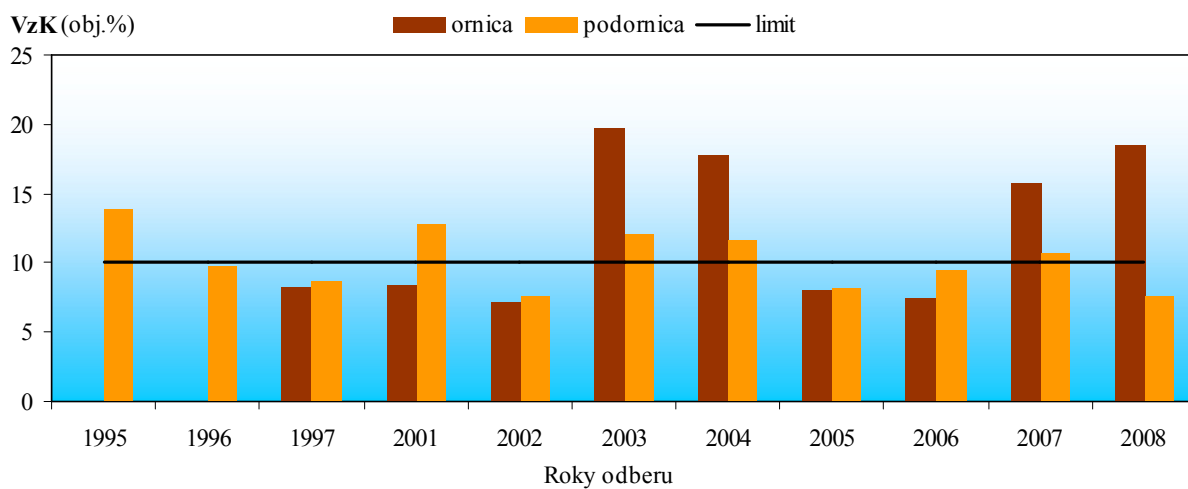
Obr. 5 Objemová hmotnosť (ρ_d) ornice a podornice hlinitej černoze kultizemnej



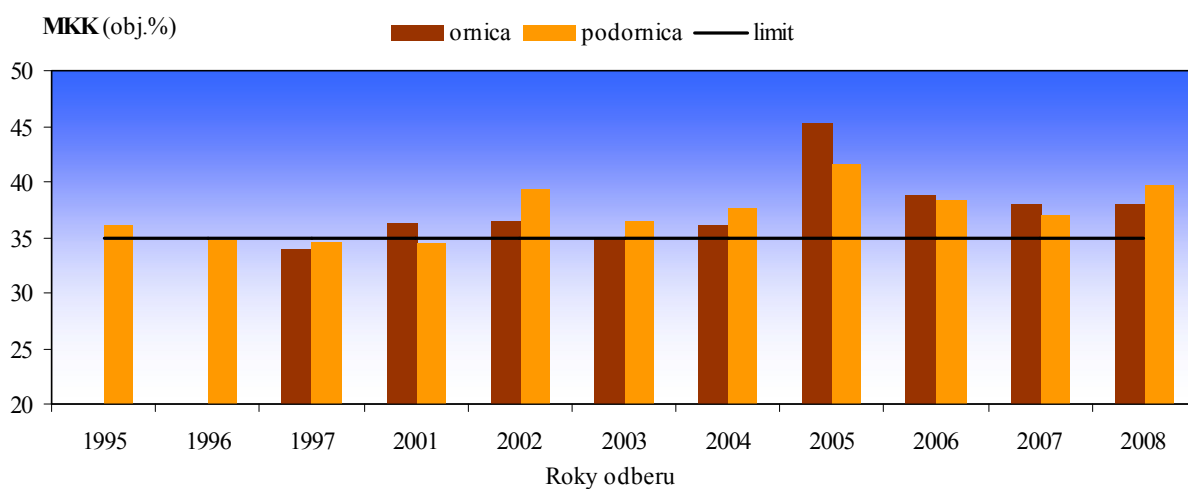
Obr. 6 Celková pórovitosť (Pc) ornice a podornice hlinitej černoze kultizemnej



Obr. 7 Minimálna vzdušná kapacita (VzK) ornice a podornice hlinitej černoze kultizemnej



Obr. 8 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) ornice a podornice hlinitej černoze kultizemnej



Záver

Stav fyzikálnych vlastností sledovaných pôd v poslednom cykle bol priaznivejší pri hlinitých pôdach v porovnaní s ílovito-hlinitými. V rámci stredne ťažkých, hlinitých pôd v najlepšom fyzikálnom stave sú kambizeme na vulkanitoch, naopak v najhoršom rendziny. Černoze napriek najoptimálnejším pôdnym vlastnostiam z našich pôd kvôli ich intenzívnemu využívaniu si len ťažko zachovávajú dobrý fyzikálny stav, hlavne v podornici.

Čo sa týka ťažkých, ílovito-hlinitých pôd najpriaznivejšie hodnoty fyzikálnych vlastností si udržiavajú opäť kambizeme na vulkanitoch, nasledujú rendziny a relatívne najhoršie sú na tom černoze.

V prípade vývoja kompaktie na sledovaných pôdných typoch došlo k zhoršeniu fyzikálneho stavu v poslednom odberovom cykle v porovnaní s predchádzajúcim pri kambizemiach na vulkanitoch, v ornici stredne ťažkých rendzín a v podorniciach ťažkých rendzín i černoze.

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 týkajúce sa stredne ťažkej, hlinitej černoze z kľúčovej lokality Voderady (každoročný odber z vybraných lokalít) potvrdzujú zistenia o černoze hodnotených v rámci základnej siete.

Literatúra

- 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 fyzikálnych 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 zúrodnování zhutnělých zemědělských půd. Metodika pro praxi, ÚVTIZ, Praha, 1984, 39 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

- Širáň, M., 2004: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku, 22.-24. jún 2004, poster, Mojmirovce, 2004
- MPSR, 2004: Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004

3.8 Sledovanie erózie poľnohospodárskej pôdy na erózných transektoch

Podľa definície je erózia pôdy vo všeobecnosti chápaná ako odnos vrchných vrstiev zemskej kôry fyzikálnymi silami ako sú dážď, tečúca voda, vietor, ľad, gravitácia a inými prirodzenými alebo antropogénnymi činiteľmi, ktoré uvoľňujú, premiestňujú a akumulujú pôdny a geologický materiál (Eckelmann et al., 2006).

Výsledkom negatívneho vplyvu vody na pôdu (dažďové kvapky, povrchový odtok) je vodná erózia, ktorá sa prejavuje uvoľnením a následným transportom pôdných častíc (na ktorých sú fixované živiny a organická hmota) z erózných častí svahov do svahových depresí. Dochádza k znižovaniu hĺbky pôdneho profilu (predovšetkým biologicky aktívnej humusovej vrstvy pôdy), úbytku organickej hmoty a živín a rovnako aj zhoršovaniu pôdnej štruktúry.

Charakteristika monitorovaných záujmových lokalít z pohľadu intenzity vodnej erózie a negatívneho vplyvu erózie na zmeny úrodných pôdných parametrov má význam predovšetkým pri predikcii erózneho účinku na pôdu, ako aj pri výbere a realizácii vhodných protieróznych opatrení v konkrétnych podmienkach monitorovacej lokality.

Ciele riešenia v roku 2008

- monitoring vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny sledovaných pôdných parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a draslík) na vybraných erózných transektoch (Bartošovce, Smolinské, Ulič, Kečovo) v priestore (priestorová variabilita) a v čase (časová dynamika)
- sledovanie intenzity recentnej erózie na erózných transektoch na vyhodnotení profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs) v jednotlivých častiach transektov
- kvantifikácia potenciálnej a aktuálnej priemernej ročnej straty pôdy na erózných transektoch využitím erózneho modelu Univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)

Materiál a metódy

V roku 2008 sme začali druhý rok nového cyklus sledovania vodnej erózie v konkrétnych pôdno-klimatických podmienkach záujmových lokalít. Po viacerých rokoch sme sa vrátili na erózne transekty, ktoré sme už v minulosti charakterizovali z pohľadu priestorovej variability monitorovaných pôdných parametrov. Na základe porovnania výsledkov z dvoch cyklov monitorovania získame informácie o časovej variabilite (vývoji) sledovaných vlastností pôdneho krytu (pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P a K, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti).

Erózne transekty (Bartošovce, Smolinské, Ulič, Kečovo) sa nachádzajú na orných pôdach (okrem transektu pri Kečove, ktorý je na TTP) v erózne senzitivných oblastiach (z pohľadu intenzity zrážok, erodovateľnosti pôdy, svahovitosti atď.).

Eróznym transektom (katéna) je charakterizovaný radom sond lokalizovaných po spádnicu svahu, teda v smere najväčšieho vplyvu povrchového odtoku na pôdu. Súčasťou každého transektu je:

- vrcholová (eróziou minimálne ovplyvnená) časť svahu - referenčná sonda
- svah na ktorom možno predpokladať intenzívnu eróziu - erózna sonda
- úpätie svahu (báza) kde dochádza k akumulácii translokovanej pôdnej hmoty - akumulačná sonda

Monitorované pôdne parametre (pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P - Égner a K – Schachtschabel, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti) sa stanovovali podľa štandardných analytických metód (Fiala et al., 1999) v laboratóriách VÚPOP Bratislava.

Metódou využívajúcou rádioaktívny izotop ^{137}Cs ako značkovací prvok sledujeme intenzitu vplyvu eróznno-akumulačných procesov za obdobie približne 45 rokov (recentná erózia). V roku 1963 bola zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu (Walling, Quine, 1993). Spomínaná metóda využíva schopnosť ^{137}Cs pevne sa viazať na jemný koloidný podiel pôdy a 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 et al. (2000), Fulajtár, Janský (2001), Styk (2007). Analýzy pôdných vzoriek na rádioaktívny izotop cézia (^{137}Cs) boli urobené vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave polovodičovým gamaspektrometrickým systémom.

Na kvantifikáciu potenciálnej a aktuálnej priemernej ročnej straty pôdy na erózných transektoch sme využili eróznny 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 (erozivita dažďa)

K – protierózna odolnosť pôdy (erodovateľnosť pôdy)

L – vplyv dĺžky svahu

S – vplyv svahovitosti

C – vplyv rastlinného pokryvu

P – spôsob obhospodarovania

Dosiahnuté výsledky

Transekt pri Bartošovciach

Eróznny transekt sa nachádza na ornej pôde v členitom reliéfe Ondavskej vrchoviny pri obci Bartošovce. V regióne prevládajú stredne ťažké pôdy kambizemného typu, ktoré sa vyvinuli na svahovinách a prolúviálnych nánosoch obsahujúcich flyšový materiál. Dĺžka transektu je 140 metrov, pričom jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8 do 12°. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 650 mm (Hrnčiarová et al., 2002). Na celej ploche transektu sa nachádza kambizem pseudoglejová, kultizemná (Šály et al., 2000), a plodina pestovaná na ňom bola d'atelinotrávna miešanka.

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30m, svah (erózna časť) – Akp: 0,30m, akumulačná časť (báza) – Akp: 0,28m; Ao: 0,40m

V konkrétnych podmienkach monitorovaného územia sme využili empirický model Univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty. Výsledkom bolo numerické vyjadrenie potenciálnej a aktuálnej straty pôdy z plochy jedného hektára za obdobie jedného roka. V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzala d'atelino-trávna miešanka.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 22,43 \quad K - 0,35 \quad L - 2,53 \quad S - 2,89$$
$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = 57,40 \text{ t/ha/rok}$$

Aktuálna strata pôdy (d'atelino-trávna miešanka):

$$R - 22,43 \quad K - 0,35 \quad L - 2,53 \quad S - 2,89 \quad C - 0,015 \quad P - 1$$
$$Aa = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = \mathbf{0,86 \text{ t/ha/rok}}$$

Potenciálna ročná strata pôdy z hektára predstavuje v podmienkach záujmovej lokality 57,40 ton. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok). Pôdu na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej erózie zaradujeme do kategórie erodovanosti: extrémna.

Výrazný pokles hodnoty aktuálnej erózie na 0,86 t/ha/rok sme zaznamenali pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu (d'atelino-trávna miešanka). Jedná sa o kategóriu erodovanosti: žiadna, alebo nízka. V porovnaní s potenciálnou eróziou ide o oveľa nižšiu hodnotu, čo je ovplyvnené vysokým protieróznym účinkom tráv a d'atelinovín.

Na základe profilovej aktivity cézia môžeme konštatovať, že v rámci transektu prebiehajú eróznno-akumulačné procesy (akumulácia cézia ešte aj v hĺbke 45 cm v báze svahu). Klasickú schému distribúcie cézia kedy sa tento izotop nachádza iba v ornicovom orbou premiešanom horizonte a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti sme zaznamenali na plošine a v eróznej časti svahu. Hodnoty cézia v pôdnom profile bázy svahu sú viac než desaťnásobne vyššie ako v iných častiach eróznej katény. Je to výsledok translokácie pôdy z eróznej časti svahu a jej následnej akumulácii v báze svahu.

Tab. 1 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Bartošovciach

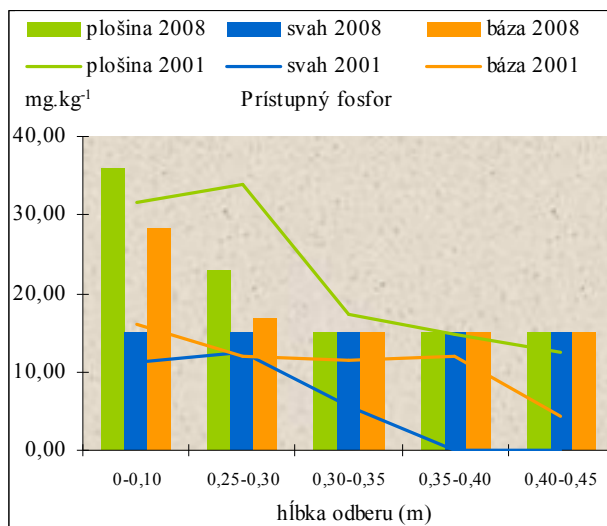
Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0,20-0,25 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	0,35	<0,2	-	-	-
svah	0,5	-	-	-	-
báza	8,0	9,1	2,02	1,93	<0,58

Stanovené hodnoty izotopu cézia podávajú informáciu o priebehu erózie za posledných približne 45 rokov. V roku 1963 bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu. Priemerná strata (resp. akumulácia) pôdnej hmoty za uvedené obdobie je posudzovaná na základe rozdielu hĺbky jeho merateľnej koncentrácie v pôdnych profiloch sond akumuláčnej (báza) a referenčnej (plošina) časti transektu. V tomto prípade sa jedná o vrstvu hrubú 150 mm (v priemere za rok 3,3 mm). Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,50 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty 49,50 t/ha (recentná erózia).

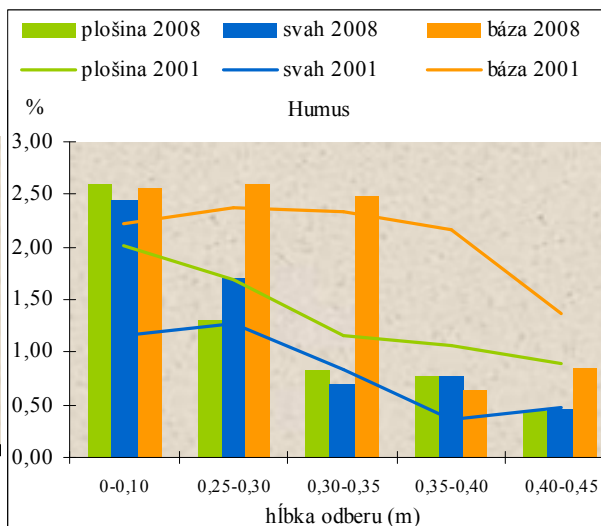
Hodnoty prístupného fosforu zaradujú pôdu na monitorovanom transekte do kategórie s malou zásobou tohto prvku. Pri jeho nízkych hodnotách v pôde (pravdepodobne pôda nebola hnojená dlhšie obdobie) na ploche celého transektu je vcelku problematické zhodnotiť vplyv vodnej erózie na jeho bilanciu (obr. 1). Obsahy fosforu v pôde sú limitované intenzitou hnojenia ako aj spotrebou rastlinami pričom rozdielne rastlinné druhy rôznou intenzitou odčerpávajú fosfor z pôdy.

Vplyv vodnej erózie na pôdu sa prejavil v priestorovej distribúcii humusu v pôde. Najvyššie hodnoty humusu boli namerané do hĺbky 0,35 m v báze svahu (akumulovanie pôdnych častíc) pričom v časti svahu ovplyvnenej vodnou eróziou boli jeho obsahy podstatne nižšie (strata pôdnej hmoty). Časová dynamika zmien sa prejavila miernym nárastom obsahu humusu v ornici eróznej časti transektu (obr. 2).

Obr. 1



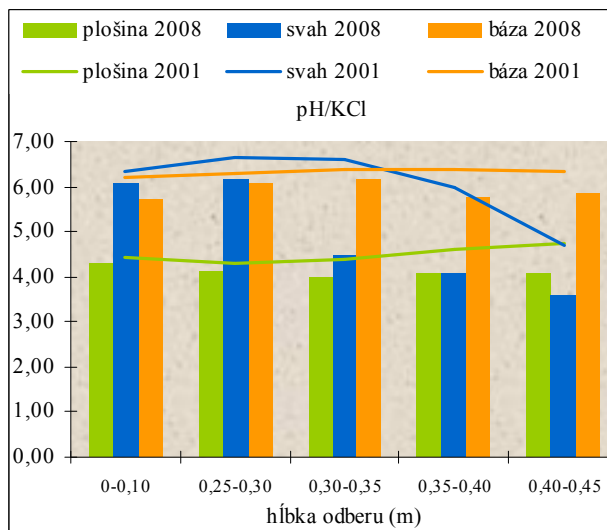
Obr. 2



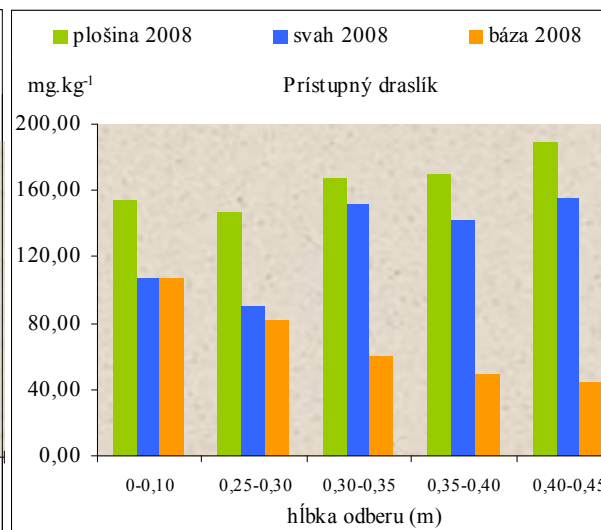
Pôdna reakcia sa menila len v priestore, zmeny v čase boli nevýrazné. Výrazne nižšie hodnoty boli namerané v podornici vrcholovej a eróznej časti transektu, čo je výsledkom vplyvu pôdotvorného substrátu, ktorý sa činnosťou vodnej erózie v rámci pôdneho profilu posúva vyššie smerom k ornici (obr. 3).

Priestorová distribúcia draslíka v pôdnych profiloch na transekte neodráža vplyv vodnej erózie na kvantitatívne zmeny tohto pôdneho parametra. V akumuláčnej časti svahu kde sme predpokladali jeho najvyššie koncentrácie v profile boli jeho hodnoty najnižšie (obr.4).

Obr. 3



Obr. 4



Vodná erózia významne ovplyvnila zastúpenie jednotlivých zrnitostných kategórií v rámci pôdnych profilov častí monitorovaného územia. V referenčnej časti je ornica prachovito-hlinitá a podornica je hlinitá. V eróziou ovplyvnenej časti svahu výrazne stúpol podiel ílu v podornici (prachovito-ílovitá) ako výsledok straty častíc jemného piesku a prachu (pričom sa na povrch dostalo zrnitostne ťažšie podložie), ktoré sa akumulovali v báze svahu (tab. 2).

Tab. 2 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Bartošovciach

Transekt	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	14,86	57,24	27,90	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	19,37	51,36	29,27	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	25,89	43,24	30,87	hlinitá
	0,35-0,40	26,06	45,61	28,33	hlinitá
	0,40-0,45	28,52	43,03	28,45	ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	21,57	47,62	30,81	hlinitá
	0,25-0,30	21,44	48,53	30,02	hlinitá
	0,30-0,35	46,19	47,71	6,10	prachovito-ílovitá
	0,35-0,40	44,08	48,56	7,36	prachovito-ílovitá
	0,40-0,45	46,21	48,56	5,23	prachovito-ílovitá
báza	0-0,10	22,82	47,98	29,20	hlinitá
	0,25-0,30	20,02	53,89	26,09	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	18,16	54,31	27,53	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	18,35	48,65	33,00	hlinitá
	0,40-0,45	16,99	55,04	27,97	prachovito-hlinitá

Objemovou hmotnosťou a pórovitosťou sa pôda ornice aj podornice v eróznej a kumulačnej časti transektu zaraďuje do kategórie zhutnená nakoľko spomínané fyzikálne vlastnosti prekračujú hodnoty, ktoré sa vzťahujú k limitom zhutnenia pôdy pre pôdny druh hlinitá (zákon 220/2004 Z.z.). Pôdy nevytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes et al., 1996). Zmena v čase je nevýznamná.

Tab. 3 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Bartošovciach

Transekt	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2008	2001	2008
plošina	0-0,10	1,42	1,37	45,90	47,41
	0,30-0,35	1,55	1,53	40,81	44,21
svah	0-0,10	1,54	1,53	43,05	43,10
	0,30-0,35	1,60	1,61	36,43	41,53
báza	0-0,10	1,43	1,50	45,15	43,29
	0,30-0,35	1,50	1,65	42,30	38,07

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Smolinskom

Chvojnická pahorkatina (proluviálno-eolická nížinná pahorkatina), je charakteristická predovšetkým výskytom typických viatych pieskov, ale nachádzajú sa tam aj miesta kde sa nachádzajú spraoidné sedimenty (piesčitá spraš). Na spomínaných substrátoch vznikali pôdy hnedozemného, regozemného a černozemného typu. Monitorovaný erózný transekt sa nachádza v tej časti pahorkatiny, kde sa vyskytujú sprašové substráty, a preto sa na celom sledovanom úseku nachádza stredne ťažká regozem kultizemná (varieta: karbonátová). Hodnota priemerného ročného úhrnu zrážok je v tejto lokalite 550 mm. Dĺžka transektu je 197 metrov a jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 8 do 12°.

Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – Akp: 0,30m, erózný profil – Akp: 0,22m, akumulčný profil – Akp:0,30m; Ao: 0,40m).

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

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 15,32 \quad K - 0,22 \quad L - 2,98 \quad S - 2,89$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{29,02 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (ozimná pšenica):

$$R R - 15,32 \quad K - 0,22 \quad L - 2,98 \quad S - 2,89 \quad C - 0,11 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{3,19 \text{ t/ha/rok}}$$

Z vypočítaných numerických hodnôt vidíme, že potenciálna erózia je na hranici limitu stanoveného zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda – 30 t/ha/rok). V prípade aktuálnej erózie, keď sa zohľadní aj pestovaná plodina (pšenica letná, f. ozimná), hodnota klesne na úroveň približne 3 tony (kategória erodovanosti: žiadna, alebo nízka).

Merateľná aktivita rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile akumuláčnej časti eróznej katény bola zaznamenaná do hĺbky 0,45 m. V referenčnej a eróznej časti transektu sú jeho koncentrácie na rozhraní ornice a podornice prakticky na hranici merateľnosti. Je to spôsobené vplyvom vodnej erózie, výsledkom čoho je strata pôdnych častíc zo svahu a ich následná akumulácia v báze transektu (tab. 4).

Tab. 4 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch transektu pri Smolinskom

Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0,20-0,25 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	4,8	0,86	<0,53	-	-
svah	7,3	7,50	<0,58	-	-
báza	7,08	7,00	3,70	0,41	<0,29

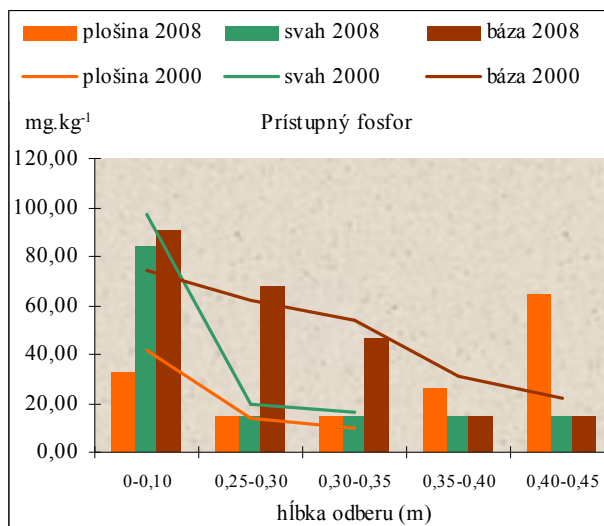
Vyššia koncentrácia cézia v ornici eróznej časti v porovnaní s koncentráciou na vrchole svahu indikuje možnosť vplyvu orbovej erózie v tejto časti transektu. S pribúdajúcou hĺbkou aktivita cézia výrazne klesá a je na prahu merateľnosti.

Za obdobie cca 45 rokov bola pretransportovaná vrstva pôdy v hrúbke 100 mm (priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty je vo výške vrstvy 2,22 mm). Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,36 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdy 30,19 t/ha.

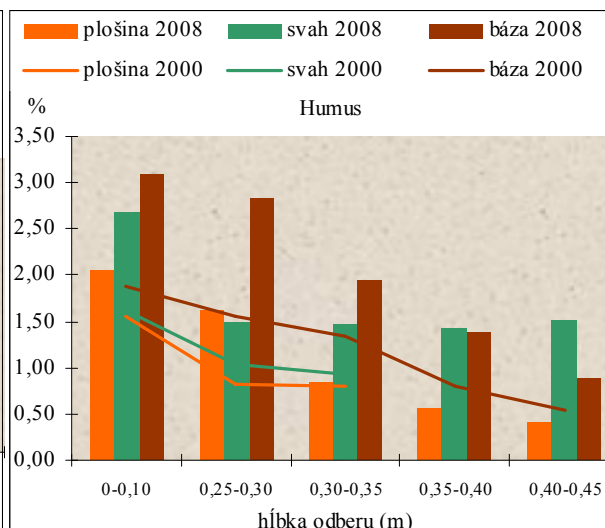
Na základe zhodnotenia výsledkov analýz monitorovaných pôdnych parametrov môžeme konštatovať, vodnou eróziou je intenzívne ovplyvnená už aj vrcholová časť transektu. Obsah prístupného fosforu a humusu je v tomto bode sledovaného úseku najnižší (obr. 5, 6), pričom s narastajúcou hĺbkou ich hodnoty klesajú. Časť transektu nachádzajúca sa na vrchole svahu je pravdepodobne intenzívne ovplyvnená tzv. eróziou z orania (nižšie obsahy humusu a fosforu na vrchole svahu). V báze katény sa prejavujú procesy akumulácie, čo potvrdzuje najvyšší obsah humusu a pomerne vysoký obsah fosforu aj vo väčších hĺbkach pôdneho profilu.

Časová dynamika zmien sa prejavila len v prípade humusu, kedy sme zaznamenali jeho nárast vo všetkých častiach eróznej katény. Je to spôsobené buď používaním organických hnojív, alebo zaorávaním pozberových zvyškov do pôdy v minulosti.

Obr. 5



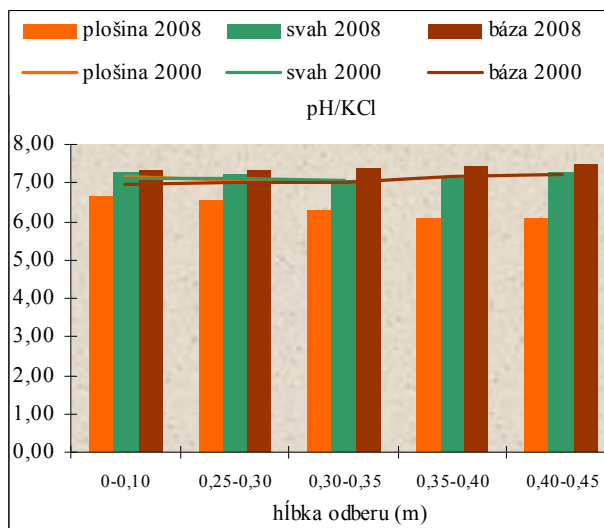
Obr. 6



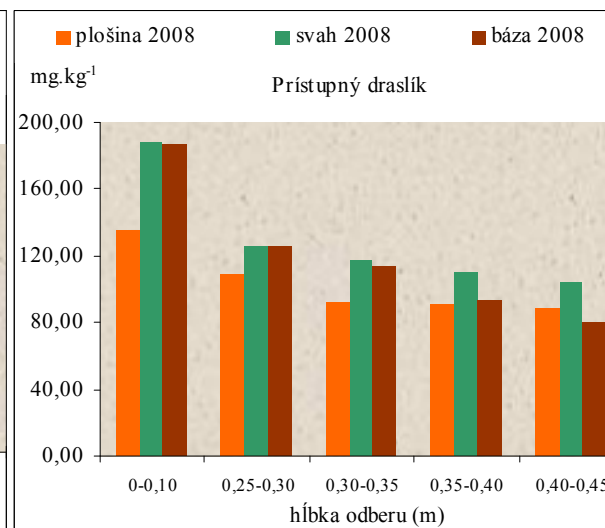
Vplyv vodnej erózie na zmeny pôdnej reakcie sme na transekte nezaznamenali. V priebehu transektu sa pH pôdy mení len nevýrazne a väčšinou sa pohybuje okolo hodnoty 7, nakoľko pôda vznikla na karbonátovom substráte (piesčitá spraš). Časová dynamika zmien pôdnej reakcie nebola na tejto lokalite významná.

Podobne ako v prípade ostatných sledovaných parametrov aj priebeh grafu profilovej distribúcie prístupného draslíka na eróznom transekte nasvedčuje tomu, že eróziou je ovplyvnená už aj referenčná časť transektu (graf 8.).

Obr. 7



Obr. 8



Na celom eróznom transekte sa nachádza stredne ťažká pôda. Pôdny profil referenčnej časti je charakterizovaný pôdnym druhom hlinitá pričom v porovnaní so svahom a bázou svahu je tu vyšší podiel frakcie jemného piesku. V eróziu ovplyvnenej a akumuláčnej časti dominuje v celom pôdnom profile prachová frakcia (tab. 5). Vplyv erózie na zastúpenie jednotlivých frakcií pôdnej zrnitosti nie je taký signifikantný ako v prípade transektu pri Bartošovciach.

Tab. 5 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Smolinskom

Transekt	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	26,86	39,48	33,66	hlinitá
	0,25-0,30	26,34	39,47	34,19	hlinitá
	0,30-0,35	24,50	37,74	37,76	hlinitá
	0,35-0,40	24,17	40,45	35,38	hlinitá
	0,40-0,45	24,36	43,44	32,20	hlinitá
svah	0-0,10	34,49	42,85	22,65	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	33,60	44,16	22,24	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	31,28	46,95	21,77	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	27,91	46,70	25,39	ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	26,70	47,88	25,42	hlinitá
báza	0-0,10	28,08	43,54	28,38	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	27,04	44,64	28,32	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	27,65	42,81	29,54	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	26,82	43,43	29,75	hlinitá
	0,40-0,45	26,05	42,42	31,53	hlinitá

Ornica na celom monitorovanom úseku svojimi základnými fyzikálnymi vlastnosťami vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes et al., 1996), naopak podornica vo všetkých častiach erózneho transektu prekračuje limitné hodnoty objemovej hmotnosti zhutnenej poľnohospodárskej pôdy stanovené pre pôdny druh ílovito-hlinitá a hlinitá (zákon 220/2004 Z.z.). Je to výsledok nepreorávania tejto časti pôdneho profilu. Dynamika zmien v čase je nevýrazná.

Tab. 6 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Smolinskom

Transekt	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2000	2008	2000	2008
plošina	0-0,10	1,27	1,30	52,72	50,84
	0,30-0,35	1,48	1,58	45,13	40,43
svah	0-0,10	1,26	1,26	53,83	53,02
	0,30-0,35	1,55	1,63	42,93	39,93
báza	0-0,10	1,30	1,36	51,55	49,35
	0,30-0,35	1,61	1,56	40,30	42,21

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Uličí

Erózný transekt sa nachádza v členitom reliéfe flyšovej pahorkatiny Bukovských vrchov na svahu, ktorý má dĺžku 160 m a sklon 10-12°. Pôdy záujmovej lokality sú väčšinou stredne ťažké (hlinité), kambizemného a pseudoglejového typu. Vo vrcholovej časti transektu a v jeho báze sa nachádza pseudoglej kultizemný a na svahu kambizem pseudoglejová, kultizemná. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 800 mm.

Priebeh hĺbky humusového horizontu v rámci transektu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,33 m, svah (erózna časť) - Akp 0,26, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,37 m; Ao1: 0,65 m; Ao2: 1,00 m. V tomto odberovom roku sa na transekte nachádzala kukurica na zrno.

V konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu priemernú ročnú stratu pôdnej hmoty:

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 23,11 \quad K - 0,36 \quad L - 2,69 \quad S - 3,40$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{76,09 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno):

$$R - 23,11 \quad K - 0,36 \quad L - 2,69 \quad S - 3,40 \quad C - 0,61 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{46,41 \text{ t/ha/rok}}$$

Vypočítané hodnoty potenciálnej a aktuálnej erózie v oboch prípadoch prekračujú limit pre stratu pôdy uvedený v zákone č. 220/2004. Pôdu na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej aj aktuálnej erózie zaradujeme do kategórie erodovanosti: extrémna. Aj pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým je kukurica na zrno, hodnota straty pôdy neklesla pod povolený limit.

V tabuľke 7 môžeme vidieť klasickú schému distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnych profiloch eróziou ovplyvnenej lokality, kedy sa tento prvok nachádza v referenčnej a eróznej časti svahu len v ornici a v akumuláčnej časti sme jeho merateľné koncentrácie stanovili až do hĺbky 0,50 m. Je to výsledok vodnej erózie dlhodobo prebiehajúcej na záujmovej lokalite.

Tab. 7 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch transektu pri Uliči (TTP)

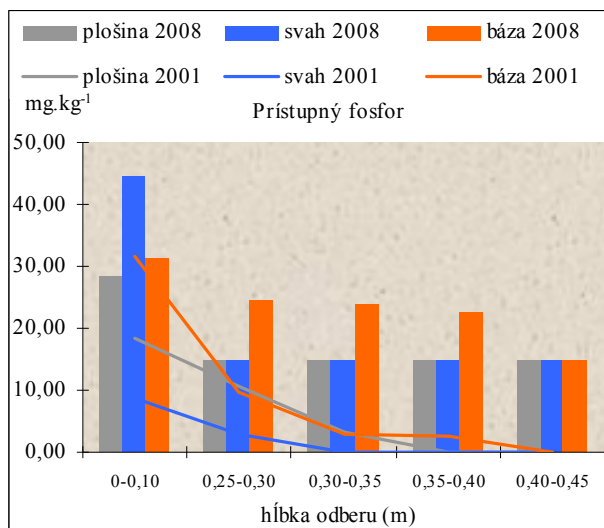
Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	7,31	0,56	<0,28	-	-
svah	7,41	0,58	-	-	-
báza	11,9	11,2	10,6	0,75	0,58

Porovnaním aktivity ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality sme zistili, že za obdobie cca 45 rokov pribudla v báze transektu približne 150 mm hrubá vrstva pôdy čo značí, že priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty v báze svahu za obdobie datované od najväčšieho spádu cézia je 3,33 mm. Zohľadnením aktuálnej objemovej hmotnosti ornice akumuláčnej časti transektu (1,39 g.cm⁻³) získame hodnotu priemernej ročnej akumulácie pôdy, ktorá je 46,2 ton z hektára plochy.

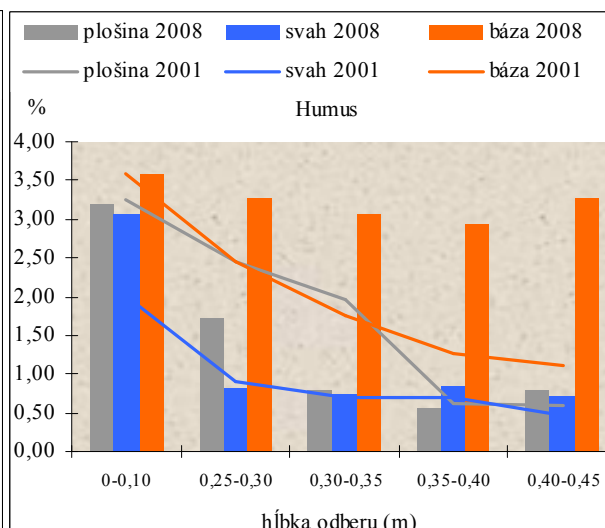
Priestorová distribúcia humusu v pôdnych profiloch erózneho transektu potvrdzuje prítomnosť intenzívnej vodnej erózie čo dokladujú aj výsledky aktivity cézia. Najvyššie hodnoty obsahu humusu v rámci celého pôdneho profilu boli namerané v akumuláčnej časti transektu. Naopak v eróznej časti, kde by sa mal vplyv vodnej erózie prejavovať najviac, boli hodnoty obsahu humusu a prístupného fosforu najnižšie (obr. 10). V porovnaní s rokom 2001 nedošlo v ornici na celom transekte takmer k žiadnym zmenám. K zvýšeniu obsahu humusu došlo len v podornici bázy svahu.

Pôda záujmovej lokality je chudobná na prístupný fosfor a pri jeho nízkych hodnotách v pôde (pôda nebola pravdepodobne hnojená dlhšie obdobie) je problematické zhodnotiť vplyv vodnej erózie na jeho bilanciu (obr. 9). Fosfor v pôde je ovplyvnený predovšetkým intenzitou hnojenia a spotrebou rastlinami (rozdielne rastlinné druhy rôznou intenzitou odčerpávajú fosfor z pôdy).

Obr. 9



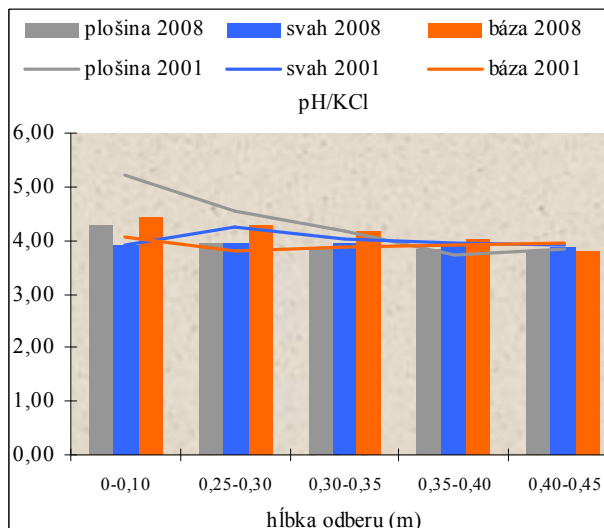
Obr. 10



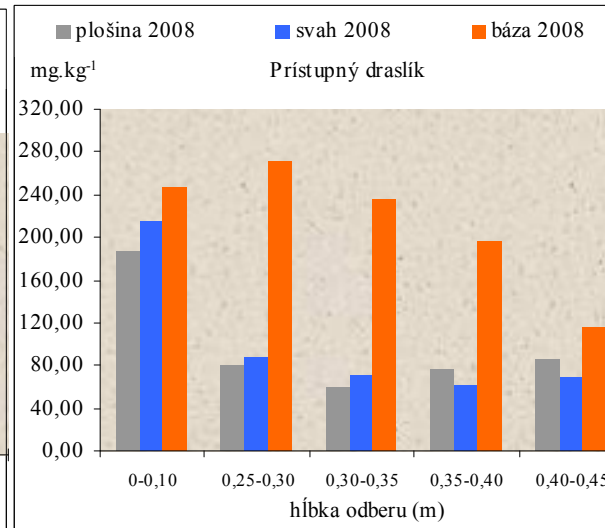
Nízkymi hodnotami pôdnej reakcie sa pôda na monitorovanom transekte zaraďuje medzi extrémne kyslú. Acidita pôdy je spôsobená pôdotvorným substrátom na ktorom sa pôda vyvinula (flyš). Pribeh pôdnej reakcie je praktický rovnaký v rámci celého pôdneho profilu vo všetkých sledovaných častiach svahu pričom sa nemení ani časová dynamika dynamika zmien (obr. 11).

V tomto prípade sa vplyv vodnej erózie prejavil aj priestorovou variabilitou draslíka v pôdnych profiloch monitorovaných častí eróznej katény. Najvyššie hodnoty boli namerané v akumuláčnej časti svahu, naopak v eróznej časti transektu sú hodnoty výrazne nižšie, pričom s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajú. Odnosom pôdnej hmoty dochádza aj k transportu draslíka a následnej akumulácii v akumuláčnej časti transektu (obr. 12).

Obr. 11



Obr. 12



Na eróznom transekte sa vyvinula stredne ťažká pôda pričom dominuje pôdny druh prachovito-hlinitá prakticky vo všetkých častiach jednotlivých pôdnych profilov (výrazné zastúpenie frakcie prachu) (tab. 8). Vplyv erózie na distribúciu jednotlivých frakcií pôdnej zrnitosti nie je výrazný.

Tab. 8 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Uliči

Transekt	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	22,16	65,63	12,21	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	23,47	65,20	11,33	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	30,33	61,10	8,57	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	38,08	58,44	3,48	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	38,50	57,63	3,87	prachovito-ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	23,60	61,41	14,99	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	23,32	62,38	14,30	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	22,65	61,83	15,52	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	24,02	57,76	18,22	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	26,61	40,47	32,92	hlinitá
báza	0-0,10	14,26	57,12	28,62	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	14,87	66,71	18,42	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	14,78	68,86	16,36	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	15,68	69,55	14,77	prachovito-hlinitá
	0,40-0,45	13,66	74,61	11,73	prachovito-hlinitá

Pôda je charakteristická vysokým zastúpením prachovej frakcie. Objemová hmotnosť a pórovitosť ornice sa v rámci celého erózneho transektu výrazne nemení pričom o málo vyššie hodnoty sme stanovili v eróznej časti svahu (tab. 9). Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti a zároveň nižšie hodnoty pórovitosti podornice v sledovaných častiach záujmového územia sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu (prekročenie limitných hodnoty objemovej hmotnosti a pórovitosti vzťahujúcej sa k zhutneniu pôdy pre pôdny druh hlinitá).

Tab. 9 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Uliči

Transekt	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť [†] (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2008	2001	2008
plošina	0-0,10	1,25	1,23	51,64	53,24
	0,30-0,35	1,38	1,58	48,42	40,28
svah	0-0,10	1,30	1,48	49,75	44,01
	0,30-0,35	1,43	1,47	45,45	44,97
báza	0-0,10	1,21	1,39	53,71	46,39
	0,30-0,35	1,38	1,41	47,28	45,67

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Kečove

Slovenský kras je charakteristický členitým reliéfom a práve tu v blízkosti jaskyne Domica sa nachádza erózný transekt. Vo vrcholovej časti sa nachádzala pšenica letná, forma ozimná, v svahovej a akumuláčnej časti bol druh pozemku trvalý trávny porast, pričom v minulosti aj tieto časti transektu sa intenzívne poľnohospodársky obrábali. Transekt má dĺžku 154 m a svahovitosť transektu sa pohybuje od 10 do 12°. Celá záujmová lokalita je charakteristická stredne ťažkou kambizemou pseudoglejovou. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 600 mm.

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30 m, svah (erózna časť) – Ao: 0,30m, akumuláčna časť (báza) – Ao: 0,35m;

Využitím empirického modelu USLE sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu ročnú stratu pôdy z plochy jedného hektára.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 27,64 \quad K - 0,29 \quad L - 2,64 \quad S - 3,40$$
$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{71,94 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (trvalý trávny porast):

$$R - 27,64 \quad K - 0,29 \quad L - 2,64 \quad S - 3,40 \quad C - 0,005 \quad P - 1$$
$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = \mathbf{0,36 \text{ t/ha/rok}}$$

Na základe vypočítaných numerických hodnôt môžeme konštatovať, že pôda záujmovej lokality je potenciálne extrémne ohrozená vodnou eróziou. Hodnoty straty pôdy (potenciálna) vysoko prekračujú limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok). Pokles hodnoty aktuálnej erózie na 0,36 t/ha/rok sme zaznamenali pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým bol trvalý trávny porast. V porovnaní s potenciálnou eróziou ide o oveľa nižšiu hodnotu čo je ovplyvnené vysokým protieróznym účinkom trávnych porastov.

Aktivita rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs pôdných profiloch dokumentuje prítomnosť vplyvu vodnej erózie na pôdu záujmovej lokality. Merateľná koncentrácia cézia bola nameraná v pôdnom profile akumuláčnej časti transektu do hĺbky 0,50 m. Koncentrácia cézia v profile tejto časti eróznej katény bola približne dvakrát vyššia ako v profiloch eróznej a vrcholovej časti svahu.

Tab. 10 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdných profiloch transektu pri Kečove

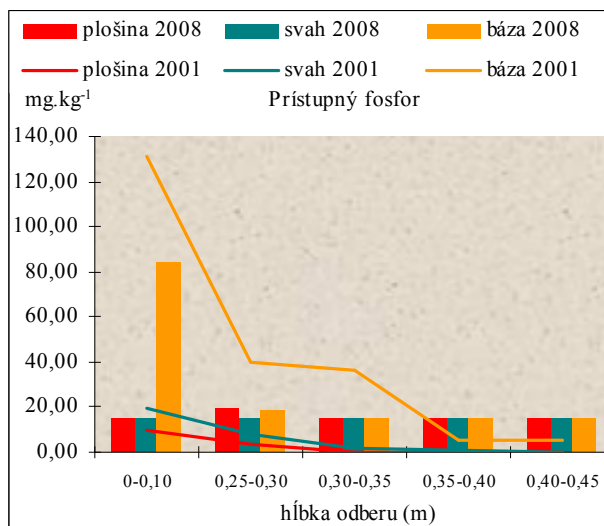
Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0,20-0,25 m	0,30-0,35 m	0,35-0,40 m	0,40-0,45 m	0,45-0,50 m
plošina	4,3	0,6	0,5	-	-
svah	3,8	1,1	-	-	-
báza	7,4	3,8	0,74	0,82	<0,58

Rozdiel hĺbky merateľnej koncentrácie izotopu cézia v pôdných profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu predstavuje vrstvu pôdy hrubú približne 100 mm čo v prepočte za obdobie približne 45 rokov činí priemernú ročnú akumuláciu pôdy 2,22 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,23 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 27,30 t/ha.

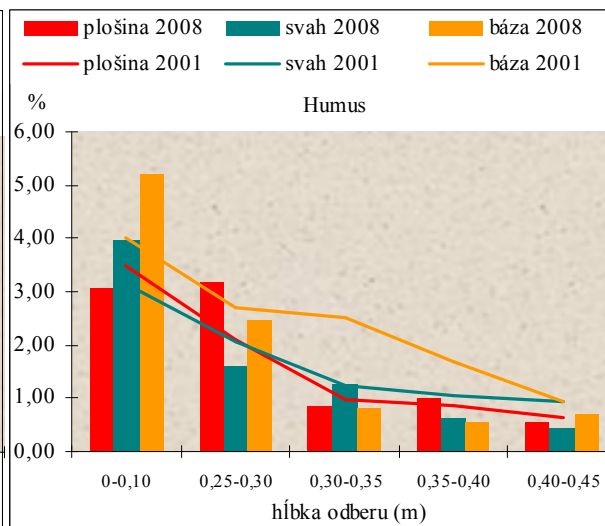
Podobne ako v prípade transektu pri Uličí tak aj na tejto monitorovanej lokalite boli namerané extrémne nízke hodnoty prístupného fosforu v referenčnej a svahovej časti, a preto je pôda zaradená do kategórie s nízkym obsahom tohto makroprvku (obr. 13). Výrazne vyšší obsah fosforu sme zaznamenali v báze svahu čo je výsledkom akumulácie pôdnej hmoty v čase keď sa na transekte nachádzala orná pôda (prebiehala tu intenzívna poľnohospodárska činnosť). V tomto prípade je však zaujímavá aj časová dynamika zmien v obsahu prístupného fosforu za obdobie rokov 2001-2008 kedy v roku 2008 v ornici akumuláčnej časti svahu došlo k výraznému zníženiu jeho obsahu. Je to spôsobené najmä dlhodobým nepoužívaním hnojív pričom dochádza k jeho spotrebe trávny porastom.

Prítomnosť procesov vodnej erózie (najmä v minulosti) potvrdzuje aj priestorová diferenciácia humusu v rámci transektu. Jeho najvyššie obsahy boli namerané v akumuláčnej časti svahu (obr. 14). Na základe zhodnotenia časovej dynamiky zmien môžeme konštatovať, že vo vrchnej vrstve sa obsah humusu zvýšil čo je výsledkom dlhodobého prísunu odumretej organickej hmoty z tráv do pôdy.

Obr. 13



Obr. 14

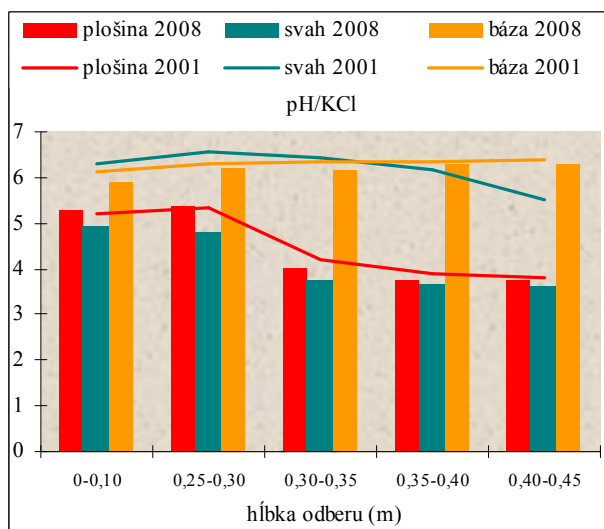


Pôdotvorným substrátom, ktorý dal základ vzniku pôdy nachádzajúcej sa v monitorovanej lokalite sú zvetraliny neogénnych sedimentov. Substrát ovplyvňuje pôdnu reakciu v referenčnej a eróznej časti transektu, ktorá zaraďuje pôdu do kategórie kyslá. V akumuláčnej časti má pH vyššie hodnoty čo je spôsobené akumuláciou pôdnej hmoty a tým pádom znížením vplyvu substrátu na pôdnu reakciu.

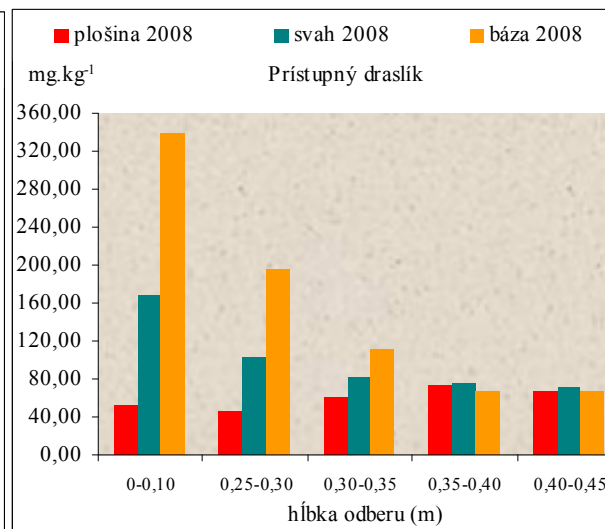
Za obdobie rokov 2001 až 2008 výraznejšie poklesla hodnota pH v celom profile eróznej časti svahu čo môže byť spôsobené pôdotvorným substrátom, ktorý sa vplyvom straty pôdnej hmoty dostáva vyššie na povrch.

Možný vplyv vodnej erózie v minulosti sa prejavil na priestorovej diferenciácii draslíka v pôdnych profiloch čoho výsledkom sú najvyššie hodnoty tohto makroprvku v pôdnom profile akumuláčnej časti svahu. Transportom pôdnej hmoty dochádzalo aj k transportu draslíka a jeho následnej kumulácii v báze monitorovanej lokality (obr. 16).

Obr. 15



Obr. 16



Zastúpenie jednotlivých zrnitostných kategórií v rámci pôdnych profilov častí monitorovaného územia je pravdepodobne výsledkom vplyvu vodnej erózie z obdobia keď sa pôda poľnohospodársky využívala. Ornica referenčnej časti je stredne ťažká (prachovito-hlinitá) pričom podornica ťažká (prachovito ílovitá). V eróziu ovplyvnenej časti transektu

došlo k strate pôdnej hmoty následkom čoho sa na povrch dostalo zrnitostne ťažšie podložie (stúpol podiel ílu v prakticky v celom profile (prachovito-ílovito-hlinitá, hlinitá). Pretransportovaná pôdna hmota sa akumulovala v báze, kde sa zvýšil podiel predovšetkým prachovej a pieskovej frakcie (stredne ťažká pôda v rámci celého transektu).

Tab. 11 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Kečove

Transekt	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	22,21	59,46	18,33	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	23,00	59,13	17,87	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	37,50	46,11	16,39	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	49,10	41,09	9,81	prachovito-ílovitá
	0,40-0,45	44,26	33,62	22,12	ílovitá
svah	0-0,10	29,64	55,09	15,27	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	38,54	48,92	12,54	prachovito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	55,36	38,70	5,94	ílovitá
	0,35-0,40	56,12	36,86	7,02	ílovitá
	0,40-0,45	57,29	35,97	6,74	ílovitá
báza	0-0,10	15,33	68,35	16,32	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	18,81	63,75	17,44	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	16,07	48,31	35,62	hlinitá
	0,35-0,40	13,48	39,35	47,17	hlinitá
	0,40-0,45	18,39	37,57	44,04	hlinitá

Vplyv vodnej erózie na zmeny základných fyzikálnych vlastností vrchnej vrstvy pôdy v priestore a čase je nevýrazný. Humusová vrstva má podobnú objemovú hmotnosť aj celkovú pórovitosť vo všetkých častiach monitorovaného územia (tab. 12) a vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes et al., 1996). Dynamika zmien základných fyzikálnych vlastností za obdobie rokov 2001 a 2008 je nevýznamná.

Tab. 12 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Kečove

Transekt	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2008	2001	2008
plošina	0-0,10	1,35	1,30	49,40	51,47
	0,30-0,35	1,48	1,51	44,95	44,80
svah	0-0,10	1,42	1,33	46,12	49,81
	0,30-0,35	1,45	1,43	47,34	48,89
báza	0-0,10	1,14	1,23	54,30	52,67
	0,30-0,35	1,34	1,52	51,20	43,51

PO - celková pórovitosť

Záver

V zhode s cieľmi čiastkovej úlohy sme v konkrétnych pôdno-klimatických podmienkach monitorovaných erózných transektov Bartošovce, Smolinské, Ulič a Kečovo sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na priestorovú diferenciáciu a časovú dynamiku významných pôdnych parametrov.

Výsledky z výpočtu potenciálnej erózie využitím predikčného erózneho modelu USLE potvrdzujú vo všetkých prípadoch prekročenie limitov straty pôdnej hmoty uvedených v zákone 220/2004 Z.z. Pri zohľadnení konkrétnej pestovanej plodiny (aktuálna erózia) hodnoty straty pôdy poklesnú v závislosti od jej protierózneho účinku. Potvrdila sa dobrá protierózna účinnosť trvalých tráv (Kečovo), d'atelino-trávnej miešanky (Bartošovce) a ozimnej pšenice (Smolinské) kedy hodnoty vypočítanej aktuálnej erózie výrazne klesli pod limit.

Priestorová aktivita ^{137}Cs v pôdnych profiloch jednotlivých častí erózných transektov potvrdzuje prítomnosť recentnej erózie vo všetkých prípadoch. Jedná sa o eróziu prebiehajúcu na konkrétnych lokalitách za posledné dekády. Na základe výpočtov sme dosiahli hodnoty priemernej ročnej straty pôdnej hmoty (resp. akumulácie v báze svahu), ktoré sú v porovnaní s aktuálnou eróziou v troch prípadoch (Bartošovce, Smolinské, Kečovo) výrazne vyššie a v jednom prípade (Ulič) takmer zhodné. Musíme si však uvedomiť, že sa jedná o priemer za obdobie približne 45 rokov kedy erózia môže byť jeden rok extrémna, ale na druhý rok môže v závislosti od pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok výrazne poklesnúť.

Prístupný fosfor a humus sú vnímané ako vhodné indikátory sledovania vplyvu vodnej erózie na pôdu nakoľko sú relatívne pevne naviazané na povrchy jemného podielu pôdy. V dôsledku odnosu a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii. Schéma priestorovej distribúcie prístupného fosforu, ktorá potvrdzuje prítomnosť vodnej erózie (kedy dochádza k výraznému poklesu ich obsahov v pôde eróznej časti a naopak k ich akumulácii v pôdnom profile bázy svahu) bola zaznamenaná len v prípade transektov Smolinské a Kečovo. Na ostatných lokalitách z dôvodu veľmi nízkych hodnôt fosforu v pôde táto schéma neplatí. Vplyv vodnej erózie na priestorovú diferenciáciu humusu sme zaznamenali na všetkých monitorovaných transektoch. Nižšie hodnoty humusu a fosforu namerané v referenčnej časti transektu Smolinské (v porovnaní s eróznou a akumuláčnou časťou) dokumentujú prítomnosť orbovej erózie na vrchole svahu.

Časová dynamika zmien za obdobie 2001 – 2008 sa prejavila predovšetkým zvýšením obsahu humusu v orniciach transektov Bartošovce a Smolinské a v humusovej vrstve transektu Kečovo. Je to spôsobené buď používaním organických hnojív, alebo zaorávaním pozberových zvyškov do pôdy v minulosti a v prípade Kečova je to výsledkom dlhodobého prísunu odumretej organickej hmoty z tráv do pôdy.

Vo všetkých prípadoch je pôdna reakcia ovplyvnená pôdotvorným substrátom na ktorom pôda vznikla. Výraznejší vplyv vodnej erózie na priestorové zmeny pôdnej reakcie sa prejavil len v prípade transektu pri Bartošovciach. Podornica vrcholovej a eróznej časti transektu mala výraznejšie nižšie hodnoty v porovnaní s akumuláčnou časťou transektu. Je to spôsobené vplyvom pôdotvorného substrátu, ktorý sa činnosťou vodnej erózie v rámci pôdneho profilu posúva vyššie smerom k ornici. Na ostatných transektoch sa hodnoty pH pohybujú len v malom rozpätí. Za obdobie rokov 2001 až 2008 (časová dynamika zmien) výraznejšie poklesla hodnota pH pôdy (v celom profile eróznej časti svahu) len na transekte pri Kečove. Prejavil sa vplyv pôdotvorného substrátu, ktorý sa vplyvom straty pôdnej hmoty dostáva vyššie na povrch.

Kvantitatívne zmeny prístupného draslíka v pôdnych profiloch záujmových lokalít sme pozorovali len v prípade transektov pri Uliči a Kečove, kde profilový priebeh tohto makroprvku nasvedčuje o možnom vplyve vodnej erózie na jeho priestorovú distribúciu.

Vodná erózia významnejšie ovplyvnila zastúpenie jednotlivých zrnitostných kategórií v rámci pôdnych profilov častí monitorovaného územia v prípade transektov pri Bartošovciach a Kečove. V eróziu ovplyvnenej časti svahu výrazne stúpol podiel ílu v podornici ako výsledok straty častíc jemného piesku a prachu, pričom sa na povrch dostalo zrnitostne ťažšie podložie.

Fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť a pórovitosť) ornice sa v rámci väčšiny záujmových lokalít (okrem transektu pri Bartošovciach) výrazne nemenia a vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu. Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti (a nižšie hodnoty pórovitosti) v podornici jednotlivých častí erózných transektov sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu a akumulácie ílovej frakcie pôdy.

Literatúra

- Eckelman, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carre, F., Houšková, B., Jones, R.J.A., Kibblewhite, M.G., Kozák, J., Le Bas, C., Tóth, T., Várallyay, G., Yli Halla, M., Zupan, M., 2006: Common Criteria for Risk Area Identification according to Soil Threats. European Soil Bureau Research Report No.20, EUR 22185 EN, Office for Official Publication of the European Communities, Luxembourg, 2006, 94 pp
- Fiala, K. et al., 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.
- Kolektív autorov, 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
- 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., Bedrna, Z., Bublinc, E., Čurlík, J., Fulajtár, E., Gregor, J., Hanes, J., Juráni, B., Kukla, J., Račko, J., Sobocká, J., Šurina, B., 2000: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. 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 and 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

4. PLNENIE ÚLOH A UZNESENÍ Z POSLEDNEJ PRIEBEŽNEJ OPONENTÚRY

Priebežná oponentúra úlohy „Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine“ sa uskutočnila dňa 1. apríla 2008 pri VÚPOP Bratislava za účasti zástupcu MP SR Ing. Tomáša Šimútha, ktorý bol zároveň aj predsedom oponentskej rady. Priebežná oponentúra mala nasledovný program:

- úvodná informácia o projekte (koordinátor úlohy doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.)
- posudky oponentov (prof. Ing. Bohdan Juráni, CSc., doc. Ing. Juraj Chlpík, PhD., Ing. Karol Kováč, CSc.)
- odpovede na posudky oponentov (koordinátor úlohy, resp. riešitelia)
- stanoviská členov oponentskej rady
- doplňujúce odpovede (koordinátor úlohy, resp. riešitelia)
- diskusia
- závery oponentskej rady

Oponentská rada konštatovala, že zameranie výskumnej úlohy vychádza z materiálu „Návrh rezortných úloh výskumu a vývoja na roky 2006 – 2009“ schváleným Poradou vedenia ministra. Ďalej bolo konštatované, že predložená správa bola po formálnej a vecnej stránke v súlade s uvedeným materiálom a riešenie projektu prebieha v súlade so schváleným VČH.

Oponentská rada súčasne schválila správu pre priebežnú oponentúru s drobnými pripomienkami a doporučila ďalšie pokračovanie riešenia výskumnej úlohy podľa schváleného VČH.

Oponentská rada zároveň uložila koordináčnemu pracovisku:

- zapracovať do riešenia úlohy výskumu a vývoja formálne i ďalšie akceptovateľné vecné pripomienky oponentov členov oponentskej rady
- dopracovať kapitolu 7 o plánované realizačné výstupy na roky 2008 a 2009
- skompletizovať dokumentáciu z priebežnej oponentúry vrátane podrobného záznamu a tieto predložiť MP SR
- podľa osobitných pokynov Oddelenia výskumu a vzdelávania MP SR vypracovať podklady o riešení úlohy výskumu a vývoja do celoštátneho IS VVP

Oponentská rada taktiež odporučila koordináčnemu pracovisku publikovať dosiahnuté výsledky a získané nové poznatky a zabezpečiť ich využitie v praxi.

Záverom tejto časti možno prehlásiť, že všetky požiadavky a odporúčania Oponentskej rady boli splnené.

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

Riešenie úlohy pokračuje podľa schváleného východzieho projektu na roky 2006 – 2009. Sú tu obsiahnuté všetky ťažiskové problémy, ktoré sa dotýkajú konkrétnych ohrození pôdy v zmysle návrhu EK pre monitoring pôd. Oproti minulému roku sme vypustili časť „Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd“, pretože tento návrh o ktorom sme sa už zmieňovali, bol už viac-menej implementovaný do nášho systému monitoringu pôd a už sa realizuje v novom 4. monitorovacom cykle pôd (najmä nové doporučené analytické metódy). Ďalšou časťou, ktorú sme v tejto správe vypustili je tzv. lokálna kontaminácia pôd. Táto sa hodnotí samostatne v rámci samostatných publikácií (každý rok hodnotíme komplexne podľa jednotlivých ohrození pôd jedno senzitivne územie Slovenska). V súčasnosti vychádza v našom edičnom stredisku (VÚPOP Bratislava) publikácia Kobza a kol., pod názvom „Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitivneho územia Žiarskej kotliny s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení“. Taktiež pripravujeme do tlače v tomto roku komplexné zhodnotenie území našich magnezitiek, a to Jelšava-Lubeník a Hačava (aktuálny stav). Iné zmeny v riešení nepredpokladáme, i keď v pravom slova zmysle sa nejedná o zmeny, pretože neboli vypustené z riešenia, zostávajú predmetom v rámci riešenia tvorby samostatných výstupov, ktoré sú súčasťou projektu.

6. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

V súlade so Zákonom č. 220/2004 Z.z. a jeho novelizáciou pod č. 219/2008 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, predmetom celonárodného záujmu by mala byť ochrana vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy v takom rozsahu, aby sa zachovala jej biologická rozmanitosť. Práve permanentné monitorovanie priebehu zmien vlastností poľnohospodárskej pôdy, rozhodujúcich z hľadiska jej najmä mimoprodukčných funkcií tu má kľúčové postavenie. Ako sme už uviedli v predchádzajúcej časti, súčasťou riešenia je aktuálny stav a vývoj dôležitých vlastností pôd podľa ich ohrozenia (kontaminácia pôd, acidifikácia, salinizácia a sodifikácia pôd, úbytok pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, 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 VÚPOP Bratislava, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. V roku 2008 boli vypracované, resp. sa pripravujú nasledovné realizačné výstupy:

- v tlači je už pripravená publikácia hodnotenia aktuálneho stavu a vývoja pôd SR za 3. monitorovací cyklus
- práve vychádza (v čase oponentúry tejto správy už pravdepodobne bude expedovaná z nášho Edičného strediska pri VÚPOP Bratislava) samostatná publikácia: Komplexné zhodnotenie aktuálneho stavu senzitívneho územia Žiarskej kotliny s dopadom na riešenie pôdoochranných opatrení

Zároveň v stave rozpracovanosti sú ďalšie nasledovné výstupy:

- komplexné zhodnotenie senzitívnych území Jelšava-Lubeník a Hačava (príprava publikácie)
- hodnotenie sorpčnej kapacity humusu jednotlivých pôdnych typov s využitím získaných poznatkov o chemickej štruktúre humínových kyselín
- odlišenie antropogénnej a geogénnej kontaminácie pôd
- metodická príručka pre sledovanie intenzity recentnej erózie poľnohospodárskych pôd vyhodnotením profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs)

Svojím charakterom sa jedná o závažné materiály, obsahom a rozsahom budú spracované vo forme samostatných materiálov – publikácií.

Navyše po vstupe SR do spoločenstva krajín EÚ sa získané výsledky dostávajú do nových, širších, medzinárodných dimenzií, čím sa ich spoločenská hodnota ešte zvyšuje. Svedčí o tom aj zvyšujúci sa medzinárodný dopyt po dôležitých informáciách o aktuálnom stave a vývoji pôd Slovenska so zámerom ich prepojenia do európskych štruktúr a databáz, čo napokon vyplýva aj z nášho členstva v EÚ.

7. PREDPOKLADY VYRIEŠENIA ÚLOHY V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA

Predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v plánovanom termíne závisia od pridelených finančných prostriedkov, ktoré sú nevyhnutné pre realizáciu tejto úlohy v ďalšom roku riešenia (2009) a boli schválené úvodnou oponentúrou úlohy dňa 15.3.2006. 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 odborné erudovaný pracovný tím riešiteľov, ktorí sa na realizácii tejto úlohy podieľajú.

8. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Čerpanie finančných zdrojov na úlohe v roku 2008 a porovnanie s plánom je uvedené v nasledovnej tabuľke 1.

Tab. 1 Čerpanie finančných zdrojov v tis. Sk a v tis. eurách k 31.12.2008 a ich porovnanie s plánom

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2008					
	Bežné		Kapitálové		Spolu	
	Sk	€	Sk	€	Sk	€
Plán	8000.-	265,513	-	-	8000.-	265,513
Skutočnosť	8000.-	265,513	-	-	8000.-	265,513

Finančné prostriedky v roku 2008 boli vyčerpané v súlade s plánom.

9. ZÁVER

Rok 2008 bol druhým rokom 4. cyklu monitorovania pôd Slovenska. V tomto roku bolo analyzovaných prvých 6 skupín pôd základnej monitorovacej siete (andezeme, kambizeme na vulkanitoch – TTP a OP, rendziny – TTP a OP, černoze). Dosiagnuté a zhodnotené výsledky sú uvedené v tejto správe, podobne ako aj výsledky z časti kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré sa nachádzajú na uvedených a hodnotených pôdach základnej siete v roku 2008 (Voderady – ČMa^c, Donovaly – RA_K, Sitno – AMm).

V 4. monitorovacom cykle prechádzame na nové analytické metódy (doporučené Európskou komisiou pre monitoring pôd). Výsledky, ktoré hodnotíme v tejto správe boli predom testované a overené na rôznych pôdach Slovenska tak, aby bol prechod na nové metódy a doterajšie hodnotenie kompatibilný, a teda aj použiteľný pri interpretácii v širšom európskom meradle. Dosiagnuté a hodnotené výsledky nadväzujú na doterajší trend sledovaných vlastností pôd Slovenska. Ako najvariabilnejšie v čase sa ukazuje obsah makroelementov – najmä fosforu a draslíka, ale aj horčíka, obsah pôdnej organickej hmoty, vplyv erózie a pod. Komplexné doterajšie hodnotenie pôd Slovenska bolo už spracované podľa jednotlivých ohrození pôdy a pripravená publikácia vyjde v najbližšej dobe v Edičnom stredisku pri VÚPOP Bratislava.

Koordinátor úlohy a riešiteľský kolektív touto cestou ďakujú rezortu MP SR a vedeniu VÚPOP v Bratislave za vytvorenie podmienok pre riešenie tejto výskumnej úlohy v roku 2008.