

**Výskumný ústav pôdoznalectva 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 2007)**

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

Bratislava, december 2007

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 2007)

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

Bratislava, december 2007

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 2007
- Zodpovedný riešiteľ:** doc. Ing. Jozef Kobza, CSc.
- Riešiteľský kolektív:** RNDr. Gabriela Barančíková, CSc.
Mgr. Rastislav Dodok, PhD.
Ing. Katarína Hrivnáková
RNDr. Jarmila Makovníková, CSc.
Ing. Zuzana Načiniaková
Ing. Ján Styk, PhD.
Ing. Miloš Širáň, PhD.
- Začiatok riešenia:** I./2007
- Ukončenie riešenia:** XII./2007

OBSAH

1. Anotačný záznam (Kobza, J.)	9
2. Stručná charakteristika postupov a priebehu riešenia úlohy výskumu a vývoja (Kobza, J.)	11
3. Výsledky riešenia úlohy, ich porovnanie s plánovanými cieľmi a metodikou riešenia	15
3.1 Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy (Kobza, J.)	15
3.2 Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia (Kobza, J., Makovníková, J.)	17
3.3a Acidifikácia pôd (Makovníková, J.)	29
3.3b Alkalizácia pôd (Dodok, R.)	41
3.4 Difúzna kontaminácia pôd (Hrivnáková, K., Načiniaková, Z.)	55
3.5 Lokálna kontaminácia pôd (Kobza, J.)	97
3.6 Obsah makro- a mikroelementov (Kobza, J.)	103
3.7 Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty (Barančíková, G.)	111
3.8 Súčasný stav a vývoj kompaktie pôd (Širáň, M.)	125
3.9 Hodnotenie vývoja erózie pôd na záujmových lokalitách (erózných transektoch) (Styk, J.)	137
4. Plnenie úloh a uznesení z poslednej priebežnej oponentúry (Kobza, J.)	155
5. Navrhované zmeny v riešení úlohy v porovnaní s metodikami a ich zdôvodnenie (Kobza, J.)	155
6. Realizácia výsledkov riešenia (Kobza, J.)	156
7. Zoznam plánovaných výstupov v zostávajúcom čase riešenia (Kobza, J.)	156
8. Predpoklady vyriešenia úlohy v zostávajúcom čase riešenia (Kobza, J.)	157
9. Čerpanie finančných zdrojov a porovnanie s plánom (Kobza, J.)	158
10. Záver (Kobza, J.)	158

1. ANOTAČNÝ ZÁZNAM

Úloha je zameraná na riešenie teoretických a odborných problémov súvisiacich s tvorbou nových poznatkov o vývoji pôdneho krytu SR a jeho udržateľnom využití, ktoré sú podmienkou efektívneho využívania prírodných zdrojov pri eko-sociálnom rozvoji regiónov SR. Základom riešenia úlohy je výkon celoštátneho monitoringu pôd SR. Riešenie úlohy spočíva v hodnotení možných ohrození pôdy (v zmysle návrhu EK), ako je acidifikácia, alkalizácia a sodifikácia, kontaminácia pôd, pôdna organická hmota a úbytok prístupných živín, kompakcia a erózia pôd. Keďže v roku 2007 bol odberový rok monitoringu pôd, v tejto priebežnej správe sme sa zamerali na hodnotenie uvedených ohrození na príklade kľúčových lokalít.

Kľúčové slová: monitoring pôd, ochrana pôd, acidifikácia pôd, alkalizácia pôd, kontaminácia pôd, kompakcia pôd, erózia pôd

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

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 roku 2006.

2.1 Spôsob riešenia:

Riešenie úlohy zahŕňa nasledovné okruhy problémov:

- hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôdy v poľnohospodárskej krajine vo väzbe na spôsob jej využívania
- metódy hodnotenia zmien a trendov vývoja vlastností poľnohospodárskych pôd
- postupná priestorová identifikácia rizikových oblastí ochrany pôdy s ohľadom na jej vlastnosti, spôsob využívania a environmentálne limity
- strategické opatrenia pre zvýšenie efektívnosti ochrany pôdy v poľnohospodárskej krajine

Riešenie úlohy bolo v roku 2007 realizované prostredníctvom nasledovných odborných okruhov:

1. *Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa Európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy*

V tejto časti ide o postupné zavádzanie parametrov na základe výsledkov monitoringu pôd do tvorby legislatívy.

2. *Vývoj pôd a metódy jeho hodnotenia*

Riešenie zahŕňa niektoré teoretické problémy vyhodnocovania vývoja pôd, ako aj posúdenie indikátorov zraniteľnosti ekologických funkcií pôd a vývoj multiplikatívnych modelov indikátorov.

3. *Acidifikácia, alkalizácia a solodizácia pôd*

Pri acidifikácii je dôraz kladený na hodnotenie ekologického rizika toxicky pôsobiacich iónov s priamym prepojením na acidifikáciu, predovšetkým hliníka, ktorého bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie.

Intenzita procesov alkalizácie a zasoľovania je sledovaná a hodnotená pomocou charakteristík vodného výluhu a nasýteného extraktu pôdy.

4. *Difúzna kontaminácia pôd*

Riešenie zahŕňa stanovenie a vyhodnotenie rizikových látok v poľnohospodárskych pôdach SR s dôrazom na ich profilovú distribúciu.

5. *Lokálna kontaminácia*

Riešenie zahŕňa postupné vyhodnocovanie rizikových oblastí kontaminácie pôd, v tejto správe oblasti magnezitiek.

6. *Obsah makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach SR*

Súčasťou riešenia je stanovenie a vyhodnotenie základných makroelementov (najmä P a K) a mikroelementov (Cu, Zn, Mn) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska.

7. *Hodnotenie vývoja kvantitatívneho a kvalitatívneho zloženia humusu*

Riešenie spočíva v stanovení a hodnotení základných kvantitatívnych a kvalitatívnych parametrov pôdneho humusu v poľnohospodárskych pôdach SR.

8. *Hodnotenie vývoja kompaktie pôd*

Stanovenie a hodnotenie základných parametrov fyzikálnych vlastností pôdy v spojitosti s pôdnymi typmi a druhmi.

9. *Hodnotenie vývoja vodnej erózie pôd*

V rámci SR je hodnotených 20 transektov tak, že každoročne sú hodnotené 4 transekty, ktoré sa monitorujú v pravidelných 5-ročných cykloch. Vodná erózia je hodnotená na základe rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs , ako aj sledovania transportu niektorých dôležitých parametrov pôdy (pH, Cox, P, K).

Hodnotenie dosiahnutých výsledkov vodnej erózie pôd je realizované pomocou empirického modelu rovnice straty pôdnej hmoty (USLE) modifikovanej pre podmienky Slovenska v prostredí GIS na vyjadrenie ohrozenosti poľnohospodárskych pôd vodnou eróziou.

2.2 Uskutočnené práce a aktivity na úlohe v roku 2007

1. *Terénne práce*

- bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek z celej pôdnej monitorovacej siete Slovenska (318 lokalít)
- bol uskutočnený odber pôdnych a rastlinných vzoriek z 21 kľúčových lokalít
- bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek zo špec. siete lokalít (8) pre sledovanie alkalizácie a solodizácie pôd
- bol uskutočnený odber pôdnych vzoriek zo 4 transektov pre sledovanie vodnej erózie pôdy

2. *Analytické práce*

- boli vykonané analýzy z kľúčových monitorovacích lokalít, zo špeciálnej siete lokalít pre hodnotenie alkalizácie a solodizácie pôd, z transektov pre sledovanie erózie pôd (z odberov v roku 2007)
- boli robené analýzy z roku 2006 (zákl. sieť + kľúčové lokality) – dopĺňujúce analýzy

3. Databáza a vyhodnocovacie práce

V roku 2007 bola uskutočňovaná priebežná údržba a archivácia nameraných údajov do databázy. Súčasne boli spracované a vyhodnocované komplexné údaje za 3. monitorovací cyklus do samostatnej publikácie, ktorá sa v súčasnosti už finalizuje. Nové, tohtoročné údaje (začatý 4. monitorovací cyklus) sú zatiaľ hodnotené len v kľúčových monitorovacích lokalitách, pôdne vzorky z celej monitorovacej siete za 4. monitorovací cyklus budú analyzované a hodnotené postupne v nasledujúcich rokoch počas 5-ročného cyklu.

2.3 Výstupy z riešenia úlohy za rok 2007

1. Publikácia „Súčasný stav a vývoj pôd Slovenska“
Publikácia by mala vyjsť v roku 2008
2. Kobza, J., Bezák, P., Hrivňáková, K., Medveď, M., Náčiniaková, Z.: Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie poľnohospodárskych pôd a metodické postupy ich hodnotenia. VÚPOP Bratislava, 40 s. (vyšlo v septembri 2007)
3. Makovníková, J.: Využitie indikátorov pri identifikácii rizikových oblastí acidifikácie pôdy. VÚPOP Bratislava (október 2007)
4. Hodnotenie zaťaženého územia Žiarskej kotliny. Súčasný stav degradácie pôd a návrh na ich ochranu.
Tento materiál sa v súčasnosti spracováva, plánované vydanie v 1. polroku 2008.
5. Súčasný stav a vývoj obsahu makro- a mikroelementov v poľnohospodárskych pôdach SR.
Tento materiál je už v štádiu finalizácie. Plánované vydanie v 1. polroku 2008.
6. Možnosti modelovania množstva organického uhlíka v pôde na základe validácie modelu Roth C na vybraných lokalitách (metodika) – t.č. v stave rozpracovanosti.
7. Eliminácia (sekvestrácia C na poľnohospodárskych pôdach Slovenska (mapový výstup)
8. Styk, J., Pálka, B.: Potenciálna ohrozenosť poľnohospodárskych pôd SR vodnou eróziou. VÚPOP Bratislava

Všetky tieto uvedené výstupy, ktoré boli plánované v roku 2007 sú už buď spracované, alebo sú v štádiu finalizácie. Sú súčasťou tejto práce, ktoré významnou mierou rozširujú výskumnú problematiku úlohy riešenú v roku 2007.

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

3.1 Budovanie systému monitoringu pôd SR podľa európskej smernice monitoringu pôd a návrh legislatívnych dokumentov na ochranu pôdy

Kľúčové riešenie úlohy sa opiera o komplexný monitoring pôd Slovenska, preto by malo zohľadňovať aj základné atribúty najmä európskej smernice pre výkon monitoringu pôd. V decembri 2007 by mala byť predložená do európskeho parlamentu Smernica pre ochranu pôdy, ktorá by mala byť po jej schválení premietnutá do národných politík členských štátov EU. Po jej schválení by totiž každá členská krajina EU mala vyčleniť najneskôr do 8 rokov zaťažené územia. Tieto musia byť presne definované vo vzťahu ku konkrétnym, už predom uvedeným ohrozeniam. Tieto aktivity sme začali realizovať, kedy postupne budeme hodnotiť súčasný stav týchto území na Slovensku vo vzťahu k degradácii a regulačným opatreniam pre zabezpečenie ochrany pôdy. Prvým takýmto územím, ktoré hodnotíme formou samostatného výstupu – publikácie je práve Žiarska kotlina. Táto je hodnotená v rámci ohrozenia pôdy, navrhnutých EK pre monitoring pôd. V tejto správe predbežne z pohľadu kontaminácie pôd hodnotíme zaťažené územia našich magnezitiek (Jelšava-Lubeník a Hačava) z pohľadu súčasného stavu kontaminácie pôd, najmä horčíka (viď, časť Lokálna kontaminácia pôd).

Taktiež treba spomenúť schválenú smernicu INSPIRE 2007/2/EC, ktorá predstavuje právny rámec pre vytvorenie a prevádzkovanie infraštruktúry priestorových informácií v Európe. Táto iniciatíva vznikla za účelom formulovania, implementácie, monitorovania a vyhodnocovania politík spoločenstva na všetkých úrovniach a poskytovania verejných informácií najmä v súvislosti s ochranou životného prostredia, a teda aj pôdy. **Hlavným cieľom** tejto smernice je zaistiť všetkým dotknutým užívateľom prístup k údajom o životnom prostredí a súvisiacich témach poskytovaných údajovými zdrojmi v SR a ostatných členských štátoch EU. Pozostáva z troch základných etáp:

1. Prípravná – táto etapa prebehla už v rokoch 2004-2006
2. Transpozičná – je naplánovaná na obdobie rokov 2007-2009 (Prebratie Smernice INSPIRE 2007/2/EC do národnej legislatívy SR)
3. Implementačná – od roku 2010 (Aplikácie Smernice INSPIRE 2007/2/EC do reálnej praxe).

Gestorom implementácie smernice je MŽP SR (www.sazp.sk/inspire).

V súčasnosti sa taktiež buduje tzv. Európsky Zdieľaný environmentálny informačný systém (Shared Environment Information System – SEIS), ktorý je spoločnou iniciatívou Európskej komisie (EK) a Európskej environmentálnej agentúry (EEA) so sídlom v Kodani v snahe vytvoriť s členskými štátmi integrovaný a trvalý informačný systém v Európe, ktorý by:

- zvýšil kvalitu a prístupnosť informácií potrebných pre navrhovanie a uplatňovanie environmentálnej politiky v Európe
- znížil administratívnu záťaž členských štátov a inštitúcií EÚ a zmodernizoval reporting
- podporil rozvoj informačných služieb a aplikácií, ktoré môžu všetci využívať a profitovať z nich, okrem iného aj zvýšením prístupnosti a väčšou operatívnosťou

Informácia a prezentácia z návštevy zástupcov EEA na Slovensku z dôvodu vytvárania európskeho SEIS, ktorá sa uskutočnila 27. novembra 2007 v Bratislave, sú sprístupnené na web stránke SAZP (v slovenskom jazyku):

<http://www.sazp.sk/public/index/go.php?id=1325>

Ako vyplynulo z koordinačnej rady monitoringu životného prostredia, ktorá sa konala pod gesciou MŽP SR v Modre v dňoch 4.- 5. decembra 2007, bude potrebné v rámci jednotlivých čiastkových monitorovacích systémov (ČMS) zabezpečiť:

- prepojenie (vytvorenie linky), kontrolu a aktualizáciu obsahu a funkčnosti web stránok ČMS, ako aj stránky ISM (www.enviroportal.sk/ism) v snahe zvýšiť informačnú hodnotu a oživenie web stránky monitoringu životného prostredia, a teda aj pôdy. Zároveň pôjde o zabezpečenie obojsmerného toku informácií.

PÔDA ↔ ŽP

- aktualizáciu kontaktov
- poskytovanie údajov z monitoringu pre web aplikácie vytvorené pre jednotlivé ČMS
- posielanie ročných správ z jednotlivých ČMS v pdf

Zároveň každoročne (do 31.3) sa pripravuje Správa o realizácii monitoringu životného prostredia na základe dosiahnutých údajov a informácií za predchádzajúci rok (v tomto prípade do 31.3.2008 za rok 2007).

V rámci už spomínanej prípravy **Európskej Smernice na ochranu pôdy, dňa 20. decembra 2007 zasadala európska rada** pre jej schválenie. V prípade pozitívneho výsledku (v čase písania tejto správy sme výsledok pracovného jednanja ešte nepoznali) sa zintenzívni proces ochrany pôdy vo všetkých členských krajinách EÚ, teda aj u nás. Pôjde predovšetkým o sprehl'adnenie aktivít pri pohybe s pôdou a taktiež najmä postupné vyčleňovanie senzitivných a zaťažených oblastí. V určitom predstihu bola kolektívom pracovníkov VÚPOP Bratislava vypracovaná, schválená a v septembri 2007 aj vydaná publikácia: Kobza, J., Bezák, P., Hrivňáková, K., Medved', M., Náčiniaková, Z.: Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie poľnohospodárskych pôd a metodické postupy ich hodnotenia.

Potreba takéhoto riešenia rezultuje aj z viacerých ďalších významných európskych dokumentov (EU/COM (2002) 179 final), ako aj Tematickej stratégie ochrany pôdy, ktorá bola schválená Európskym parlamentom v septembri 2006. Súčasne je tu aj potreba nadväznosti na náš doteraz platný Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, kde správna integrácia zákona (najmä § 8 – ochrana poľnohospodárskej pôdy pred rizikovými látkami) pri určovaní limitných hodnôt rizikových látok v pôde a zhodnotení rizík zo znečistenia poľnohospodárskej pôdy musí byť založená na jednotlivých kritériách a metodických postupoch tak, aby sa zabránilo možnosti nesprávneho zatriedenia pôd, a tým aj nesprávnemu priradeniu limitných hodnôt rizikových látok. Zabráni sa tým možným špekuláciám pri záberoch pôdy na iné účely.

Tvorba správnej legislatívy pri zhodnocovaní a ochrane životného prostredia, a teda aj pôdy má kľúčové postavenie. Ako členská krajina EU sme povinní implementovať dôležité direktívy a smernice do tvorby a ochrany ŽP a pôdy, ktorá tu má špecifické postavenie. K tomu je potrebné poznať aktuálny stav našich pôd, čo môžeme dosiahnuť len jednotným systémom monitorovania pôd na Slovensku a zabezpečovaním jeho ďalšej realizácie, čo už bolo napokon odobrené aj ministrom ŽP v roku 2005, a to schválenou Koncepciou aktualizácie a racionalizácie environmentálneho monitoringu.

3.2 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 ja 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.

Pri hodnotení vývoja pôd a ich vlastností si treba uvedomiť, že monitoring pôd predstavuje systematické sledovanie premenných veličín v pôde, a to v priestore a čase. Dôležitú úlohu tu zohráva početnosť nameraných údajov, ako aj ich lokalizácia v priestore. Taktiež dôležitú úlohu tu zohráva aj variabilita a heterogenita nameraných údajov, ktorá je rozdielna pri rôznych parametroch, ako aj pri rôznych pôdach. Významný je tiež charakter zmien, totiž či ide o nesystematické (náhodné) zmeny, alebo systematické (periodické) zmeny.

1. Nesystematické (náhodné) zmeny

Tieto zmeny sa vyskytujú len v náhodnej priestorovej a časovej distribúcii. Sem možno zaradiť:

- početné krátkodobé zmeny (napr. denný priebeh vlhkosti pôdy v závislosti od zrážok, denný priebeh teploty pôdy, aktuálna mikrobiálna aktivita a pod.)
- niektoré strednodobé zmeny (napr. vlhkosť režim)
- čiastočne i niektoré dlhodobé zmeny
- prevažná časť zmien ovplyvnená činnosťou človeka (kultivácia, agrotechnika, meliorácie a pod.)

Modelovanie takýchto zmien je často značne obtiažne, často až nemožné (Arnold et al., 1990).

2. Systematické (pravidelne periodické, cyklické) zmeny

Tieto zmeny sú prevažne vzťahované k cyklickým zmenám pedogénnych faktorov (napr. klíma a jej sezónnosť, úhrn zrážok v určitých klimatických zónach, sezónna fluktuácia hladiny vodných tokov a hladiny podzemných vôd, vegetačný kryt a jeho rotácia a pod.). Frekvencia cyklických zmien môže variovať rádo od niekoľkých hodín až po niekoľko rokov. Môže ísť o krátkodobé zmeny, ale aj o zmeny dlhodobejšieho charakteru (sezónne zmeny pôdnych režimov, prirodzené zmeny pôdnej organickej hmoty a prístupných živín, sezónna a ročná fluktuácia hladiny podzemnej vody a pod.).

Spoločnou črtou týchto zmien je, že po ukončení monitorovacieho cyklu, zaznamenaná (nameraná) hodnota daného parametra je tá istá, alebo podobná ako bola iníciaľna (východzia) hodnota na začiatku sledovaného obdobia (cyklu). **Z tohto dôvodu dobre známe cyklické zmeny môžu byť pomerne dobre predikované s vysokou pravdepodobnosťou preukaznosti.**

Okrem členenia na nesystematické a systematické (pravidelné) zmeny, niektorí autori (Arnold et al., 1990) zaraďujú možné zmeny pôd do 5-tich nasledovných kategórií:

- ireverzibilné (nevratné) zmeny, ako napr. vodná a vetrová erózia, soliflukcia, fyzikálne a chemické zvetrávanie
- mierne reverzibilné (vratné) zmeny (napr. vývoj diagnostických pôdnych horizontov s ich charakteristickou sekvenciou, rozklad pôdnej organickej hmoty a pod.)
- stredne reverzibilné zmeny (deštrukcia a rozpad pôdnych agregátov, obsah výmenného Al^{3+} , vylúhovanie)
- prevažne reverzibilné zmeny (kompakcia pôd, akumulácia solí v zrnitostne ľahkých pôdach, kationová výmenná kapacita, fixácia P a K v hlinitých pôdach)
- reverzibilné (vratné) zmeny (teplota pôdy, redox podmienky, zmeny v zastúpení pôdneho vzduchu)

Charakter zmien sa premieta aj do základných charakteristík variability, ktorú môžu sledované parametre vykazovať.

Charakteristiky variability

Ak majú dva súbory rovnaké stredné hodnoty, nemusia byť ešte identické. Variabilita hodnôt znaku môže byť v súboroch rôzna. Medzi základné charakteristiky variability zaradíme:

- **Variačné rozpätie (R)** – je definované ako rozdiel medzi minimálnou a maximálnou hodnotou štatistického znaku

$$R = X_{\max} - X_{\min}$$

- **Priemerná odchýlka (d)** – počítame ju ako aritmetický priemer absolútnych hodnôt všetkých odchýlok hodnôt od priemeru

$$d = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x}) \quad - \text{pre netriedené údaje}$$

$$d = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x}) \cdot n_i \quad - \text{pre triedené údaje}$$

- **Rozptyl (disperzia) (S_x^2)**

Je to najčastejšie používaná miera variability. Počítame ju ako aritmetický priemer štvorcov odchýlok hodnôt znaku od aritmetického priemeru. Rozptyl je teda druhý centrálny moment hodnôt štatistického znaku X.

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \quad - \text{pre netriedené údaje}$$

$$S_x^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^m (x_i - \bar{x})^2 \cdot n_i \quad - \text{pre triedené údaje}$$

- **Smerodajná odchýlka (Sx)**

Definovaná je ako druhá odmocnina z rozptylu.

$$Sx = \sqrt{S^2x}$$

- **Variačný koeficient (Vx)**, ako podiel smerodajnej odchýlky a aritmetického priemeru

$$Vx = \frac{Sx}{x}$$

Testy štatistických hypotéz

Porovnávanie dvoch výberov

1. môžeme použiť parametrické testy zhody (testujeme hypotézu signifikantného rozdielu medzi dvoma súbormi)
medzi najpoužívanejšie testy zaraďujeme:
 - F-test pre párové hodnoty (je vhodný pre súbory s počtom údajov vyšším ako 7)
 - t-test pre párové hodnoty (je vhodný pre súbory s počtom údajov vyšším ako 7)
 - Lordov test (je vhodný pre súbory s počtom údajov nižším ako 7)
 - Moorov test (je vhodný pre súbory s počtom údajov nižším ako 7), príp. ďalšie
2. môžeme použiť neparametrické testy zhody, ktoré nevyžadujú splnenie podmienok normality rozdelenia
 - Kolmogorov-Smirnov test pre párové hodnoty, ak $n_1, n_2 > 40$ alebo $n_1 = n_2 \leq 40$
 - Wilcoxonov poradový (ranks) test pre párové hodnoty je vhodný pre súbory s počtom údajov vyšším ako 25

Hodnotenie závislosti parametrov

1. **Regresná závislosť** (pre pevné hodnoty nezávislého parametra existuje určité pravdepodobnostné rozloženie závislého parametra)

Pri regresnej závislosti je nevyhnutné splnenie nasledovných predpokladov:

1. **predpoklad:** regresný model je lineárny pre parametre a aditívny pre chyby (t.j. chyby majú normálne rozdelenie s konštantným rozptylom a sú vzájomne nekorelované)
2. **predpoklad:** hodnoty závislého parametra nie sú kolineárne

Miera závislosti parametrov je popísaná regresným modelom (lineárny, exponenciálny, multipliatívny, alebo reciprokový) s **hodnotou korelačného koeficientu r**, alebo vyjadrená **koeficientom determinácie** (vyjadruje % bodov, ktoré vyhovujú danému regresnému modelu).

2. Vzájomný vzťah viacerých parametrov vyjadruje korelačná matica s hodnotami korelačných koeficientov, ktoré popisujú mieru vzájomnej lineárnej závislosti medzi jednotlivými premennými.

- pri existencii odľahlých hodnôt je vhodnejší neparametrický koeficient korelácie (robustný) – napr. **Spearmanov korelačný koeficient**

3. Faktorová analýza – umožňuje posúdiť mieru vplyvu jednotlivých parametrov na hodnotu vysvetľovaného parametra

4. Predikcia – odhad časového vývoja sledovaných parametrov

Predikcia v časových radoch má zmysel za predpokladu, že sa nezmenia vonkajšie podmienky pôsobiace na vývoj časových radov (tzv. princíp „ceteris paribus“).

Možné je využiť nasledovné postupy:

- 1. exponenciálne vyrovnávanie časových radov**, ktoré predpokladá trendovú funkciu s rôznymi parametrami v rôznych častiach časových radov (napr. Brownove, Wintersove, Holtove exponenciálne vyrovnanie)
- 2. analýza trendu** – modeluje trend jednou matematickou funkciou v celom rozsahu časového radu
- 3. polynomickeá aproximácia** – odhad parametrov pomocou polynomickeých modelov (napr. Čebyševov odhad)

Minimálny počet údajov pri predikcii časového trendu je 8 meraní. pri hodnotení kľúčových monitorovacích lokalít v tejto správe je toto kritérium splnené. Meranie v kľúčových monitorovacích lokalitách prebieha každoročne od roku 1994.

V predchádzajúcej časti sme uviedli, že monitorovanie je proces, ktorý prebieha aj v priestore. I keď pôdna monitorovacia sieť je pomerne riedka na priestorové interpretácie (príp. len v malých mierkach), ide však o prvú záchytnú sieť odhalenia negatívnych ohrození pôdy v zmysle návrhu EK. Pri detailizácii indikovaných území je potrebné monitorovaciu sieť zahustiť so zohľadnením ekologických faktorov v súlade s pripravovanou už spomínanou európskou Smernicou pre ochranu pôdy. Tu už je možné robiť priestorové interpretácie v prostredí GIS.

Náročnosť modelovania je prirodzene závislá od množstva vstupných dát a zvolenej modelovacej metódy. Pre modelovanie v oblasti pedológie (ale aj geológie a pod.) je možné použiť niekoľko osvedčených metód. Všetky však riešia v podstate rovnakú situáciu, ktorú možno definovať nasledovne: v určitej záujmovej oblasti (napr. senzitivna oblasť) máme veľmi nepravidelne rozmiestnených niekoľko lokalít (sond) $G_1 - G_9$, v ktorých sú známe (napr. po analýze odobratej vzorky) hodnoty sledovanej veličiny $g_1 - g_9$. Úlohou je poskytnúť čo najlepší odhad hodnoty sledovanej veličiny v ľubovoľnom mieste záujmovej plochy (napr. v lokalite B) na základe niekoľkých známych hodnôt.

Základné interpolačné metódy používané v GIS

Blišťan (2005) uvádza nasledovné základné interpolačné metódy používané v GIS:

- trojuholníková metóda (lineárna interpolácia)

Táto metóda poskytuje odhad neznámej hodnoty pomocou lineárnej závislosti. Lineárnym útvarom je v trojrozmernom priestore rovina. Rovina z je daná rovnicou:

$$z = a \cdot x + b \cdot y + c$$

Rovnica roviny obsahuje tri koeficienty. To znamená, že pre určenie ľubovoľnej roviny (t.j. určenie jej koeficientov a , b , c) sú potrebné tri známe body, napr. $G_1 = [x_1 \ y_1 \ z_1]$, $G_2 = [x_2 \ y_2 \ z_2]$, $G_3 = [x_3 \ y_3 \ z_3]$. Pre ne musí platiť:

$$z_1 = a \cdot x_1 + b \cdot y_1 + c$$

$$z_2 = a \cdot x_2 + b \cdot y_2 + c$$

$$z_3 = a \cdot x_3 + b \cdot y_3 + c$$

- metóda inverznej vzdialenosti (IDS)

Oproti lineárnej interpolácii je táto metóda matematicky o niečo náročnejšia. Často sa aplikuje hlavne pri riešení náročnejších geologických i pedologických úloh, alebo pri modelovaní zložitejších terénnych tvarov, pretože oproti predchádzajúcej metóde zohľadňuje do istej miery aj nepravidelnosť priestorovej distribúcie sledovaného javu.

- metóda krigingu

Je jednou z často používaných metód pre získavanie spoľahlivých lokálnych, ale aj globálnych odhadov sledovaných veličín. Jej úlohou je poskytnúť čo najlepší odhad hodnoty sledovanej veličiny v ľubovoľnom mieste záujmovej plochy alebo telesa, a to na základe skupiny známych hodnôt.

Pre krigovanie platí vzťah:

$$T^* = \frac{\sum_{i=1}^n w_i g_i}{1}$$

kde: T^* - odhadovaná hodnota v konkrétnom bode B

g_i - známa hodnota sledovanej veličiny v i -tom bode (vzorka)

w_i - váha pozorovania v i -tom bode

Spracovanie pedologických informácií, ako aj modelovanie pedologických objektov a javov v GIS prináša so sebou niekoľko vážnych problémov. Totiž správna a efektívna analýza komplexného systému si vyžaduje pomerne širokú škálu špecifických a doplňujúcich dát (napr. presná lokalizácia údajov v reálnych 3 D súradniciach, častá premenlivosť pedologických objektov a javov v priestore a čase a pod.).

Tradičné a aj u nás zaužívané technológie GIS sú zamerané predovšetkým na správu a manažment dvojrozmerných údajov. V takýchto systémoch (napr. ArcInfo, ArcView) je možné vytvárať pomerne širokú škálu účelových máp, čo už využívame pri zhodnocovaní

senzitívnych oblastí na území Slovenska v súlade s pripravovanou Európskou Smernicou pre ochranu pôdy, a to na báze monitoringu pôd SR.

Súčasťou monitoringu pôd je aj **vývoj indikátorov vybraných ekologických funkcií pôdy**. V nasledovnej časti uvádzame ich hodnotenie na príklade najrozšírejších pôdných predstaviteľov (kambizeme, fluvizeme a pseudogleje) s využitím faktorovej analýzy dát.

Funkcie pôdy, indikátory funkcií pôd

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 a kol. 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, pufracia a transformačná funkcia, génova rezerva, biologické stanovište a asanačná funkcia. Ekologické funkcie sú priamo späté so všetkými biologickými, chemickými a fyzikálnymi procesmi prebiehajúcimi v pôde. Vývoj indikátorov vybraných ekologických funkcií pôdy je súčasťou monitoringu pôd (Makovníková, 2004).

Indikátory pôdnej kvality môžu byť vo všeobecnosti definované ako tie pôdne vlastnosti a procesy, ktoré majú najväčšiu citlivosť k zmenám pôdných funkcií (Andrews a kol. 2004). Jednou zo základných mimoprodukčných, ekologických funkcií pôdy je filtračná funkcia. Juráni (1998) definuje filtračnú funkciu pôd ako schopnosť zadržať rôzne látky, väčšinou cudzorodé a zabrániť im dosiahnutie a kontaminovanie podzemných vôd alebo vstup do potravného reťazca. Filtračná funkcia pôd znamená schopnosť pôd zadržať (imobilizovať) látky v pôdnom profile ako aj akumulovať v pôdnom profile. Imobilizácia aj akumulácia sa pri našom hodnotení týka anorganických polutantov.

Kontaminácia pôd súvisí predovšetkým s filtračnou (anorganické a organické kontaminanty) a transformačnou (organické kontaminanty) funkciou pôd. Stanovenie indikátorov filtračnej funkcie pôd je špecifický problém vzhľadom na konkrétnu skupinu kontaminantov, ktoré sa výrazne odlišujú svojimi fyzikálno - chemickými vlastnosťami.

Anorganické polutanty, hlavne ťažké kovy, majú veľký ekologický význam, daný ich ekotoxicitou a schopnosťou akumulácie, zvýraznený ich nedegradovateľnosťou. Znečistená pôda sa stáva zdrojom znečistenia ostatných zložiek životného prostredia včítane potravného reťazca. Toxicitu ťažkých kovov je nevyhnutné hodnotiť z hľadiska ich formy a koncentrácie v pôde, pretože všetky ťažké kovy, aj esenciálne, pôsobia pri prekročení koncentrácie špecifickej pre kov a organizmus, toxicky (Gupta a kol. 1996, Zeien, Brummer, 1989, Adriano 2001, Makovníková a kol., 2006).

Indikátory zraniteľnosti filtračnej funkcie pôd vzhľadom na skupinu kontaminantov - ťažké kovy, zahŕňujú parametre, vzájomné korelácie týchto parametrov, ako aj pomerné vzťahy týchto parametrov, ktoré majú vzťah k distribúcii ťažkých kovov v pôde, k ich potenciálnemu prieniku do potravného reťazca a do podzemných vôd. Jednotlivé parametre sa môžu pri hodnotení vzájomne substituovať, ako aj kvalitatívne vyjadrovať pomocou matematických vzťahov. Pri stanovení minimálneho súboru indikátorov sme vychádzali z nasledovných podmienok: indikátory musia byť súčasťou existujúcej databázy ČMS- pôda a na základe výsledkov faktorovej analýzy majú priamy alebo nepriamy vplyv na sledované ekologické funkcie pôd.

Faktorovou analýzou môžeme vstupné premenné vyjadriť ako kombináciu spoločných faktorov a chybového faktora. Faktorovú analýzu sme aplikovali na súbor vytvorený z kľúčových lokalít, ktorý predstavuje širokú škálu pôdných typov s využitím ako orné pôdy aj ako trvalé trávne porasty. Súbor indikátorov je utvorený na základe súčasného poznania pôdných faktorov a procesov, ktoré ovplyvňujú distribúciu, akumuláciu a transport anorganických kontaminantov v pôde.

Priamym indikátorom filtračnej funkcie pôd (imobilizácie) je prístupný obsah ťažkých kovov (výluh v NH_4NO_3 1. frakcia podľa Zeiena a Brummera (1989)), ktorý na základe doterajších poznatkov ovplyvňuje hodnota pôdnej reakcie, kationová výmenná kapacita pôdy, obsah a kvalita organickej hmoty, hrúbka humusového horizontu, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm ako aj celková pórovitosť pôdy. Výsledky faktorovej analýzy vzhľadom na filtračnú funkciu pre indikátory, ktoré sú súčasťou databázy kľúčových lokalít ČMS-pôda, sú uvedené v tabuľke 1.

Tab. 1 Faktorová analýza dát vzhľadom na imobilizáciu - filtračnú funkciu (Varimax rotácia faktorov)

Parameter	Faktorové záťaž priamych indikátorov filtračnej funkcie			
	Cd mobilná frakcia	Pb mobilná frakcia	Cu mobilná frakcia	Zn mobilná frakcia
pH v CaCl_2	-0,878	-0,792	0,854	-0,806
Cox v %	0,769	0,802	-0,686	0,733
Q46	0,884	0,894	-0,909	0,902
obsah íl.častíc v%	-0,480	-0,540	-0,561	-0,276
hrúbka hum. horizontu	-0,648	-0,649	0,675	-0,662
celková pórovitosť	-0,578	-0,531	0,578	-0,586
KVK	0,063	0,071	0,005	0,078
Faktor 1 kumulatívne %	74	68,2	65,2	68,6
Faktor 2 kumulatívne %	86	81,5	78,6	81,7
Faktor 3 kumulatívne %	93	90,7	89,1	88,4

Na základe faktorovej analýzy môžeme stanoviť minimálny súbor indikátorov (filtračná funkcia pôd), ktoré sú súčasťou existujúcej databázy ČMS-pôda: priamym indikátorom je mobilný obsah anorganických kontaminantov, predovšetkým ťažkých kovov, k nepriamym indikátorom môžeme zaradiť hodnotu pôdnej reakcie, obsah a kvalitu organickej hmoty s väčším dôrazom na kvalitu organickej hmoty a hrúbku humusového horizontu.

Mobilné obsahy anorganických polutantov, ťažkých kovov, nie sú zatiaľ súčasťou databázy základných sond (len databázy kľúčových lokalít). Ako priamy indikátor filtračnej funkcie pre anorganické kontaminanty v celej sieti môžeme použiť len celkové obsahy týchto prvkov v pôde (Fiala, 1999). Celkový obsah, na základe doterajších poznatkov, ovplyvňuje hrúbka humusového horizontu, obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, pôdna reakcia, obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm, pôdotvorný substrát ako aj antropogénne zaťaženie pôdy anorganickými látkami. Výsledky faktorovej analýzy pre indikátory, ktoré sú súčasťou databázy kľúčových lokalít, sú uvedené v tabuľke 2.

Minimálny súbor indikátorov, ktoré majú vplyv na celkový obsah anorganických kontaminantov zahrňuje: priamy indikátor, ktorým je celkový obsah ťažkých kovov a nepriame indikátory, a to obsah a kvalita organickej hmoty, hodnotu pôdnej reakcie a hrúbku humusového horizontu.

Tab. 2 Faktorová analýza dát vzhľadom k akumulácii ťažkých kovov (Varimax rotácia faktorov)

Parameter	Faktorové záťažové priamych indikátorov akumuláčnej funkcie			
	Cd celkový obsah	Pb celkový obsah	Cu celkový obsah	Zn celkový obsah
hrúbka hum. horizontu	-0,758	-0,706	0,769	-0,762
Cox v %	0,699	0,756	-0,695	0,698
Q ⁺ ₆	0,910	0,910	-0,914	0,912
obsah íl. častíc	-0,005	0,029	-0,048	0,006
pH v CaCl ₂	-0,837	-0,797	0,824	-0,834
Faktor 1 kumulatívne %	62,7	73,5	75,1	75,0
Faktor 2 kumulatívne %	77,8	86,7	87,0	87,9

Na základe faktorovej analýzy aplikovanej na súbor kľúčových lokalít a na základe súčasného poznania pôdných procesov a faktorov, ktoré ovplyvňujú filtračnú funkciu pôdy vzhľadom na anorganické kontaminanty sme zvolili nasledovný minimálny akceptovateľný súbor indikátorov: priame indikátory – mobilný obsah ťažkých kovov (priateľný rastlinou, možný transfér v rámci pôdneho profilu), alebo celkový akumulovaný obsah ťažkých kovov v kontexte s hodnotou pôdnej reakcie a nepriame indikátory – obsah a kvalita organickej hmoty v pôde, hrúbka humusového horizontu, celková pórovitosť a obsah ílových častíc menších ako 0,01 mm. 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 zabezpečovať všetky svoje funkcie, dochádza k jej degradácii.

Špecifické intervaly pre indikátory sme v tretom monitorovacom cykle stanovili pre skupinu kambizemí vyvinutých na flyši, kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach, skupinu fluvizemí a pseudoglejov.

Kambizeme (vyvinuté na flyšovom substráte, tab.3) sú lokalizované v oblastiach s rôznou emisnou záťažou regiónu Kysuce. Namerané depozície síry v regióne Kysuce sa pohybujú v intervale od 1,66 do 1,75 keq/ha/r a depozície dusíka od 0,51 do 0,54 keq/ha/r (Závodský a kol., 1996). Pestovanou plodinou v roku odberu vzoriek bol ovos siaty (*Avena sativa*).

Tab.3 Štatistické charakteristiky sledovaného súboru pôd v hĺbke 0-10 cm

Parameter	Aritmetický priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl ₂	4,92	3,75	5,60
Cox v %	1,54	0,91	2,38
Q ⁺ ₆	5,21	4,09	6,45
KVK (mmol/kg)	151,12	119,70	212,10
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0,33	0,081	1,043
obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹	0,132	0,012	0,646
obsah Cd v sušine (zrna) v mg.kg ⁻¹	0,150	0,015	0,456
obsah Pb v sušine (zrna) v mg.kg ⁻¹	0,510	0,179	1,122

Kambizeme z oblasti Banská Bystrica a Brezno (tab.4), ktoré sú vyvinuté **na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach** a využívajú sa ako trvalé trávne porasty. Podľa klimatologickej klasifikácie patrí lokalita v rámci Slovenska do mierne vlhkej až vlhkej oblasti s chladnou zimou. Na znečistenie ovzdušia a následne ďalších zložiek životného prostredia – pôdy, vody, biosféry má vplyv ťažký, chemický priemysel aj cementáreň. Tuhými látkami najviac znečisťujú životné prostredie Petrochema Dubová š.p., Stredoslovenská Cementáreň Banská Bystrica a.s., ktorá je v súčasnosti už v likvidácii (MŽP SR, 2005). Najväčšími zdrojmi SO₂ sú Petrochema Dubová a.s., Biotika Slovenská Ľupča

a.s., Železiarne Podbrezová a.s. a najväčšími zdrojmi NO_x sú Železiarne Podbrezová a.s., Biotika Slovenská Ľupča a.s.. Cementáreň spaľovaním nekvalitného uhlia s vysokým obsahom rizikových prvkov, hlavne Cd zaťažila značnú časť intravilánu mesta Banskej Bystrice ako aj príslušný extravilán. V odpadovom prachu z cementárne sa nachádzalo napr. až 342 mg.kg⁻¹ Cd a 841 mg.kg⁻¹ Zn, čo sú hodnoty vysoko za hranicou toxicity týchto elementov. Na znečistení oblasti s NO_x sa podieľa aj intenzita dopravy, cestný ťah stred - východ Slovenska. Kritické zaťaženie skutočnou aciditou miestami prekračuje 4 keq.ha⁻¹.r⁻¹. Časť sledovaných lokalít leží v zaťaženej oblasti a časť v oblasti, ktorá je potenciálne nezaťažená.

Tab 4. Štatistické charakteristiky sledovaného súboru pôd v hĺbke 0-10 cm

Parameter	Priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl ₂	5,42	4,16	7,06
Cox v %	3,55	2,31	5,85
Q ₆ ⁴	6,67	5,01	7,66
Ca ²⁺ v cmol ⁺ /kg	12,50	3,75	29,30
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0,042	0,002	0,103
obsah Cd v sušine v mg.kg ⁻¹	0,236	0,045	0,494

Fluvizeme v Horehronskom podolí (tab.5) sa nachádzajú v nive rieky Hron. Pestovanou plodinou v roku odberu vzoriek bola kukurica (*Zea mays*). Znečistenie rieky Hron mikropolutantmi kolíše od stupňa I. až po stupeň IV (MŽP SR, 2005), Hron je recipientom odpadových vôd zo strojárskych a drevárskych podnikov, z potravinárstva a tiež z rafinárskeho spracovania ropy. Na vysokej úrovni znečistenia v tejto oblasti sa podieľa aj vysoká intenzita dopravy. Vzhľadom na prírodné pomery v interakcii s ľudskými aktivitami patrí táto oblasť k oblastiam zaťaženým acidifikačno-metalickou záťažou. Kritické zaťaženie aciditou predstavuje 4 keq.ha⁻¹.rok⁻¹ (Závodský a kol., 1996). Táto oblasť patrí k senzitívnym oblastiam, ktoré si vyžadujú monitorovanie pôdnych indikátorov.

Tab. 5 Štatistické charakteristiky sledovaného súboru pôd v hĺbke 0-10 cm

Parameter	Fluvizeme		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl ₂	6,71	5,99	7,20
Cox v %	3,18	2,12	4,50
Ca ²⁺ v cmol/kg	11,88	4,00	18,99
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0.008	0.005	0.015
obsah mobilného Pb v mg.kg ⁻¹	0.072	0.021	0.224

Pseudogleje boli hodnotené v oblasti Zvolenskej kotliny, prevažne v štvoruholníku medzi obcami Lieskovec, Zvolenská Slatina, Dúbravy a Zolná a v blízkosti obce Kováčová pri Zvolene. Pseudogleje sú vyvinuté na neogénnych sedimentoch, využívané sú ako orné pôdy, pestovaná plodina v roku odberu bola pšenica (*Triticum sativum*). Kritické zaťaženie aciditou predstavuje 4 keq.ha⁻¹.rok⁻¹ (Závodský a kol., 1996), v sledovanej oblasti nie je emisné antropogénne zaťaženie ťažkými kovmi.

Tab. 6 Štatistické charakteristiky sledovaného súboru pôd v hĺbke 0-10 cm

Parameter	pseudogleje		
	Priemer	Minimum	Maximum
pH/CaCl ₂	5,65	4,94	6,27
Cox v %	1,57	1,08	2,34
Q ₆ ⁴	5,28	4,01	6,83
Ca ²⁺ v cmol/kg	6,76	2,03	10,97
obsah mobilného Cd v mg.kg ⁻¹	0,015	0,001	0,030
obsah mobilného Zn v mg.kg ⁻¹	0,047	0,001	0,125
obsah Cd v zrne pšenice v mg.kg ⁻¹	0,021	0,006	0,055
obsah Zn v zrne pšenice v mg.kg ⁻¹	32,57	23,144	40,882

Potenciál zraniteľnosti filtračnej funkcie

Potenciál zraniteľnosti kambizemí

Kambizeme vyvinuté na flyšových substrátoch patria k pôdam so strednou zraniteľnosťou. Antropogénne zaťaženie pôdy v regióne Kysuce sa vyznačuje vysokou potenciálnou prístupnosťou zaťažujúcich látok vnášaných do pôdy, ako aj potenciálnym zakyslením povrchu agregátov. Pri dosiahnutí kritického zaťaženia pôdy je v prípade kambizemí vyvinutých na flyši nevyhnutné aplikovať vhodnú kombináciu agrotechnických a melioračných opatrení. Melioračné vápnenie, schopné čiastočne demobilizovať ťažké kovy, je potrebné kombinovať s pestovaním vhodných plodín pre zaťažené územia, menej citlivých k príjmu ťažkých kovov (Makovníková, 2002). Limitné hodnoty pre polutanty sú stanovené na základe prekročenia ich prípustného obsahu v zrne ovsa siateho.

Kambizeme však predstavujú veľmi heterogénnu skupinu pôd (Demo a kol., 1998). Filtračnú schopnosť kambizemí determinuje hrúbka a zloženie kambického horizontu ako aj obsah skeletu. Akumulácia polutantov je ovplyvnená obsahom a kvalitou organickej hmoty, v skupinách s vyšším obsahom skeletu je obmedzená schopnosť akumulácie vody, vyšší obsah skeletu je charakteristický pri kambizemiach na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach (10 – 40 obj. %). Kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach z oblasti Banská Bystrica a Brezno, využívané ako trvalé trávne porasty, sa vyznačujú nižšou retenčnou schopnosťou. Pri antropogénnom zaťažení týchto pôd, dochádza k ohrozeniu ich filtračnej funkcie vzhľadom na ťažké kovy. Antropogénne zaťažené pôdy s prirodzene nižšou retenčnou schopnosťou napriek potenciálne nízkej hodnote celkového obsahu kadmia si vyžadujú zvýšenú mieru pozornosti, zameranú práve na mobilné obsahy tohto prvku a na systém pôda-rastlina. Pri stanovení limitných hodnôt sme vychádzali z reálneho stavu pôdnych indikátorov v sledovanom súbore kambizemí. Limitné hodnoty pre Cd sú stanovené na základe prekročenia prípustného obsahu Cd v sušine tráv.

Potenciál zraniteľnosti fluvizemí

V prípade kadmia nedošlo k prekročeniu kritickej hodnoty stanovenej pre systém pôda - rastlina, v prípade olova na 30 % sledovaných lokalít je obsah olova vyšší ako kritická hodnota 0,1 mg.kg⁻¹ (Zákon č. 220/2004, príloha 2). Prevažne antropogénne vnášané olovo nie je dostatočne viazané pôdnymi komponentami a dochádza k prekročeniu kritickej hodnoty prístupného olova, ktoré môže kontaminovať rastlinnú produkciu prípadne znečisťovať podzemnú vodu. 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 tlmiaca schopnosť pôdy (tzv. natural attenuation) je vo fluvizemiach napriek strednému obsahu organickej hmoty a hodnotám pôdnej reakcie v slabo kyslej až neutrálnej oblasti nepostačujúca a dochádza

v prípade olova k ohrozeniu agroekosystému. Fluvizeme v nive rieky Hron patria k zaťaženým pôdam, ktoré si vyžadujú pravidelné monitorovanie indikátorov ekologických funkcií týchto pôd.

Potenciál zraniteľnosti pseudoglejov

Do filtračnej funkcie pseudoglejov sa zapája len humusový a prípadne i eluviálny hydromorfný horizont, pôdna voda sa po dosiahnutí nepriepustných vrstiev pohybuje laterálne po svahu, čo môže byť zdrojom akumulácie antropogénne vnášaných ťažkých kovov v ornícovom horizonte. Pseudogleje lokalizované v oblasti Zvolenskej kotliny patria k pôdam, ktoré nie sú zaťažené geochemickou kontamináciou ani imisným antropogénnym spádom. Napriek tomu došlo k prekročeniu prípustnej hodnoty pre obsah Cd v zrne pšenice. Pri zaťažení týchto pôd, vzhľadom na ich nižšiu prirodzenú retenčnú schopnosť, je reálny predpoklad ohrozenia ich filtračnej funkcie vzhľadom na ťažké kovy.

Porovnanie limitných hodnôt indikátorov pre Cd a Pb

Na základe Spearmanovej korelačnej analýzy (Makovníková, 2002, Makovníková, 2004) sme determinovali limitné hodnoty indikátorov (na základe viacnásobných lineárnych regresí, kde linearita je chápaná z hľadiska parametrov a nie premenných (Makovníková, 2002)), zostupným krokovým dosadzovaním už vypočítaných indikátorov pre skupinu kambizemí vyvinutých na flyši, kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach, skupinu fluvizemí a pseudoglejov. V tab. 7 sú uvedené limitné hodnoty základných indikátorov pre hodnotenie filtračnej funkcie vzhľadom na kadmium a olovo.

Tab. 7 Intervaly limitných hodnôt indikátorov pre Cd a Pb pre kambizeme, fluvizeme a pseudogleje

Indikátor	Kambizeme na flyši OP		Fluvizeme OP		Pseudogleje OP		Kambizeme na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach TTP
	Cd	Pb	Cd	Pb	Cd	Zn	Cd
mobilný obsah v mg.kg ⁻¹	viac ako 0,10	viac ako 0,10	viac ako 0,10	viac ako 0,1	viac ako 0,06	viac ako 2,00	viac ako 0,10
pH/CaCl ₂	nižšia ako 5,47	nižšia ako 3,75	nižšia ako 5,47	nižšia ako 6,40	nižšia ako 4,95	nižšia ako 6,27	nižšia ako 5,08
Cox v %	menej ako 1,23	menej ako 2,75	menej ako 1,59	menej ako 1,99	menej ako 2,1	menej ako 1,45	menej ako 3,10
Ca ²⁺ v cmol.kg ⁻¹	-	-	menej ako 4,35	menej ako 6,79	menej ako 2,6	menej ako 10,38	menej ako 9,96

Mobilný obsah kadmia vyšší ako 0,10 mg.kg⁻¹ v prípade kambizemí a fluvizemí odpovedá limitnej hodnote pre rizikové prvky vo vzťahu pôda – rastlina podľa zákona č. 220 Z.z. /2004. V skupine pseudoglejov však už nižšia hodnota mobilného obsahu kadmia, ale v kontexte s nižšou hodnotou pH v CaCl₂, indikuje narušenie filtračnej funkcie týchto pôd. V kambizemiach na flyši a fluvizemiach dochádza k narušeniu filtračnej funkcie už pri limitnej hodnote pH v CaCl₂ 5,47. Napriek rovnakej limitnej hodnote mobilného obsahu kadmia, v skupine kambizemí na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach dochádza k narušeniu filtračnej funkcie až pri nižšej hodnote pôdnej reakcie. Z tab. 9 je zrejmé, že limitné hodnoty indikátorov je nevyhnutné hodnotiť komplexne, hodnotiť je potrebné celkovú agregáciu indikátorov, pretože práve vtedy môže dôjsť k degradácii pôdy.

Literatúra

- Adriano D.C.: Trace elements in terrestrial environments. Springer Verlag, 2001, New York
- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 2004: The soil management assessment framework. *SoilSci. Soc. A., J.*, 68, 1945-1962
- Arnold, R. w. et al.: Global soil change. Edited and printed in Budapest, 1990, 110 pp.
- Barančíková, G., Houšková, B., Ilavská, B., Juráni, B., Lazúr, R., Madaras, M., Torma, S., Vilček, J., 2000: Význam a hodnotenie mimoprodukčných funkcií pôd. III Informačný materiál, VÚPOP, Prešov, 60 str
- Bielek P. : Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. In : Demo M. a kol Nitra, 1998, 302s.
- Blišťan, P.: Priestorové modelovanie geologických objektov a javov v prostredí GIS systémov. *Acta Montanistica Slovaca*, roč. 10 (2005), č.3, 296-299
- Bujnovský R., Juráni B.: Kvalita pôdy - jej vymedzenie a hodnotenie, VÚPOP Bratislava, 1999, 42s.
- Demo, M. a kol.,1: Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra, 1998, 302 s
- Doran, J.W. a 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.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.
- Gupta, S.K., Vollmer, M.K, Krebs, R.: 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
- Juráni B.: Ochrana agrochemických a ekologických vlastností pôd. In. Ochrana pôdy výzva pre budúcnosť. Zborník referátov z vedeckej konferencie, Tále 1996, str. 79 - 82
- Juráni, J.: Mimoprodukčné funkcie pôdy, 1998, 69-98. In: Demo a kol. : Usporiadanie a využívanie pôdy v poľnohospodárskej krajine. Nitra.
- Koshin, F. a kol.: STATGRAPHICS aneb statistika pro každého, Grada, 1992
- Makovníková, J. - Kanianska, R.: Chráňme pôdu, je zraniteľná! Naše pole, 1, 2000, s.19
- Makovníková, J.: Limit values indicating vulnerability of environmental functions of Cambisols (Indikátory zraniteľnosti environmentálnych funkcií kambizemí) *Poľnohos.*, 48: 2002, 18-2. Makovníková, J.: 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.: *Statistické spracování experimentálních dat*. Praha, 1994, 840s.
- Reisenauer, R.: *Metody matematické statistiky a jejich aplikacev technice*. SNTL, 1970, 240 s.
- Závodský, D a kol.: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. *Acid Rain research. report* 37, 1996, 74 pp
- Zeien H., Brummer G.W.: Chemische extraktionen zur Bestimmung von Schwermetallbindungsformen in Boden. *Mitteil. DBG*, 59, 1989
- MŽP SR, Správa o stave ŽP SR, SAŽP, 2005, 252 s.
- MP SR, Zákon o ochrane pôdy, č. 220 z roku 2004

3.3a Acidifikácia pôd

Degradačný proces acidifikácie pôd je determinovaný pôdnymi indikátormi a to priamymi a nepriamymi a vonkajšími faktormi – faktormi stanovišťa. Pri vnútorných indikátoroch dochádza ku kombinácii procesov, ktoré acidifikáciu podporujú (kyslá materská hornina, produkcia kyselín, živé organizmy, redox procesy, nitrifikácia, vyluhovanie pôd vplyvom zrážok) s faktormi determinujúcimi pufráciu pôdy, pomocou ktorej sa pôda môže vyrovnat' (do určitej miery) s acidifikačnou záťažou.

Priamym indikátorom stavu acidifikácie pôdy je hodnota pôdnej reakcie - faktor intenzity (analytické stanovenie pôdnej reakcie priamo indikuje stav a vývoj procesu acidifikácie) a pomer ekvivalentných množstiev výmenných katiónov Al^{3+}/Ca^{2+} . Kritická hladina pomeru Al^{3+}/Ca^{2+} pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990).

Acidifikácia prebieha v prírodných podmienkach vplyvom pôdotvorných procesov a je to pomalý proces (Čurlík a kol., 2003), rýchlejšie ovplyvňujú proces acidifikácie antropogénne zdroje. Acidifikácia pôd patrí podľa zákona č. 220/2004 Z.z. k degradačným procesom. 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 bioprístupnosť je vnútorne regulovaná v prevažnej miere hodnotou pôdnej reakcie (Makovníková, Kanianska, 1996).

Materiál a metóda

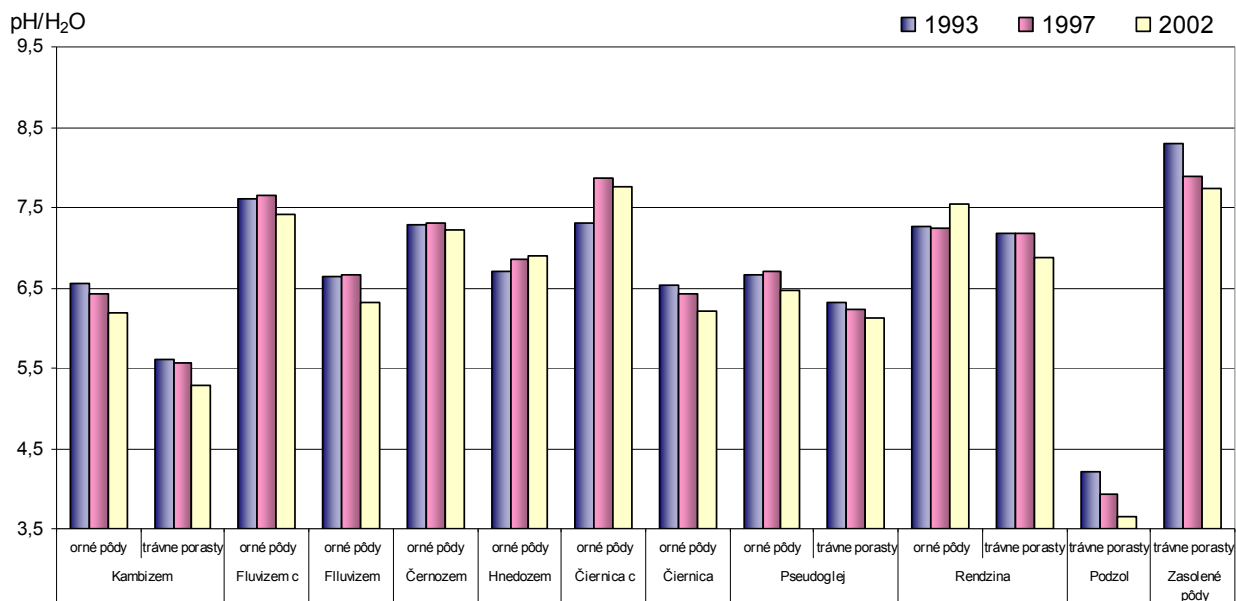
V pôdnych vzorkách základnej siete ČMS-P odobraných v 1. (rok 1993), 2. (rok 1997) a 3. (rok 2002) odberovom cykle z monitorovacích lokalít, v prípade orných pôd (OP) z hĺbok 0 - 10 cm a 35 - 45 cm, v prípade trvalých trávnych porastov (TTP) 0 - 10 cm, 20 - 30 cm a 35 - 45 cm bola stanovená aktívna pôdna reakcia, výmenná pôdna reakcia (roztokom neutrálnej soli KCl a $CaCl_2$) potenciometricky a obsah výmenných bázičných katiónov (Fiala, 1999). Vo vzorkách s hodnotou pH v KCl nižšou ako 6 bol stanovený aktívny Al podľa Sokolova. V pôdnych vzorkách odobraných v rokoch 1994 - 2007 z kľúčových lokalít reprezentujúcich vybrané skupiny pôd bola stanovená aktívna a výmenná pôdna reakcia, aktívny hliník podľa Sokolova, hydrolytická kyslosť (Sotáková a kol., 1984) a obsah výmenných bázičných katiónov. Štatistické spracovanie a vyhodnotenie výsledkov bolo realizované v programe STATGRAPHIC 5.0.

Výsledky a diskusia

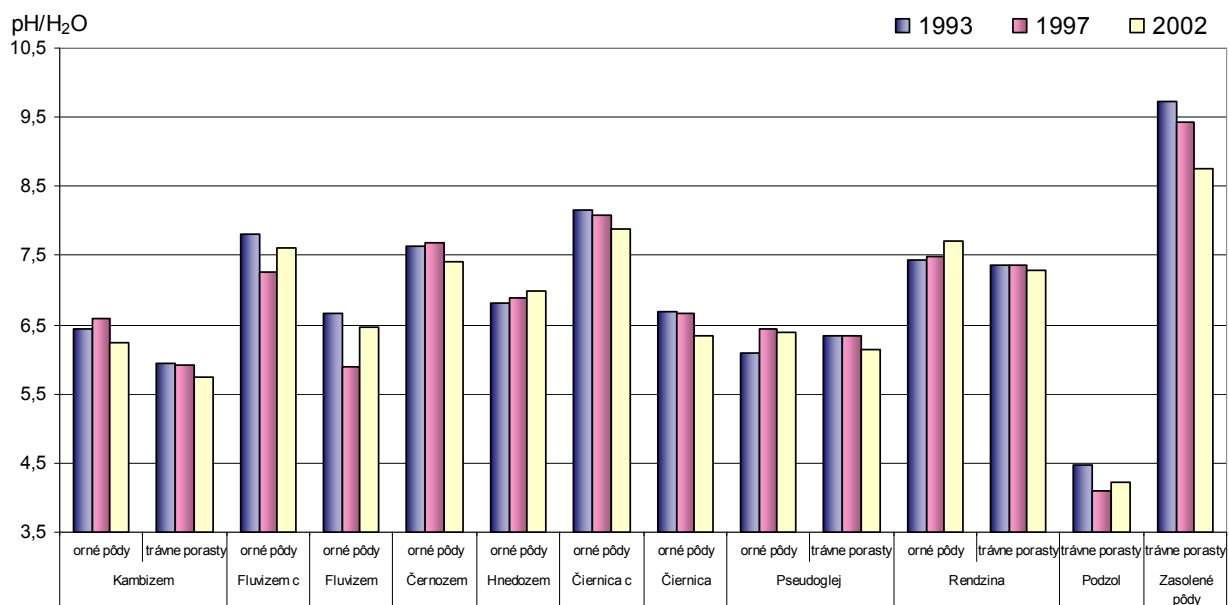
1. Vyhodnotenie vývoja pôdnej reakcie vo vybraných skupinách pôd zo základnej siete

Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v hlavných pôdnych typoch pôd SR v jednotlivých cykloch monitoringu pôd, hodnotené vzhľadom na druh pozemku (orné pôdy – OP a trvalé trávne porasty – TTP), sú uvedené na obr.1 a 2.

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



Obr. 2 Hodnoty pH v H₂O v hlavných skupinách pôd v rokoch 1993, 1997 a 2002 (hĺbka 35-45 cm)



Vysvetlivky. Fluvizem c – fluvizeme vyvinuté na karbonátových fluvialných sedimentoch, Fluvizem - fluvizeme vyvinuté na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, Čiernica c – čiernice vyvinuté na karbonátových fluvialných sedimentoch, Čiernica – čiernice vyvinuté na nekarbonátových fluvialných sedimentoch

Preukaznosť zmien vyjadrenú na grafoch štatisticky hodnotí Studentov t-test pre párované hodnoty pre pH v H₂O v r. 1993, 1997 a 2002 a to v hĺbke 0 -10 cm a 35 – 45 cm (tab. 1). Zmeny pôdnej reakcie v roku 1993 a 2002 ako aj 1997 a 2002 pre párované hodnoty nie sú štatisticky preukazné. Najväčší pokles priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v sledovanom období v hĺbke 0 – 10 cm sme zaznamenali v skupine podzoly, rankre a litozeme a to o 0,55 jednotiek, v skupine fluvizemí na nekarbonátových fluvialných sedimentoch o 0,34 jednotiek a v skupine kambizemí využívaných ako orné pôdy o 0,38 jednotiek. Celkovo došlo k zníženiu priemernej hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v 9-tich skupinách pôd v rámci 12-tich hodnotených skupín pôd. Tieto výsledky upozorňujú na znepokojivý trend vo vývoji slabo kyslých pôd, ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu

(Makovníková, 2004). Je to predovšetkým dôsledok zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Kyslé a slabo kyslé pôdy, potenciálne ohrozené acidifikáciou, tvoria 47 % z výmery poľnohospodársky využívaných pôd.

Tab. 1 Studentov t-est pre párované hodnoty -pH v H₂O v r. 1993, 1997 a 2002 – Students t-test of pH/H₂O in 1993 and 1997 years

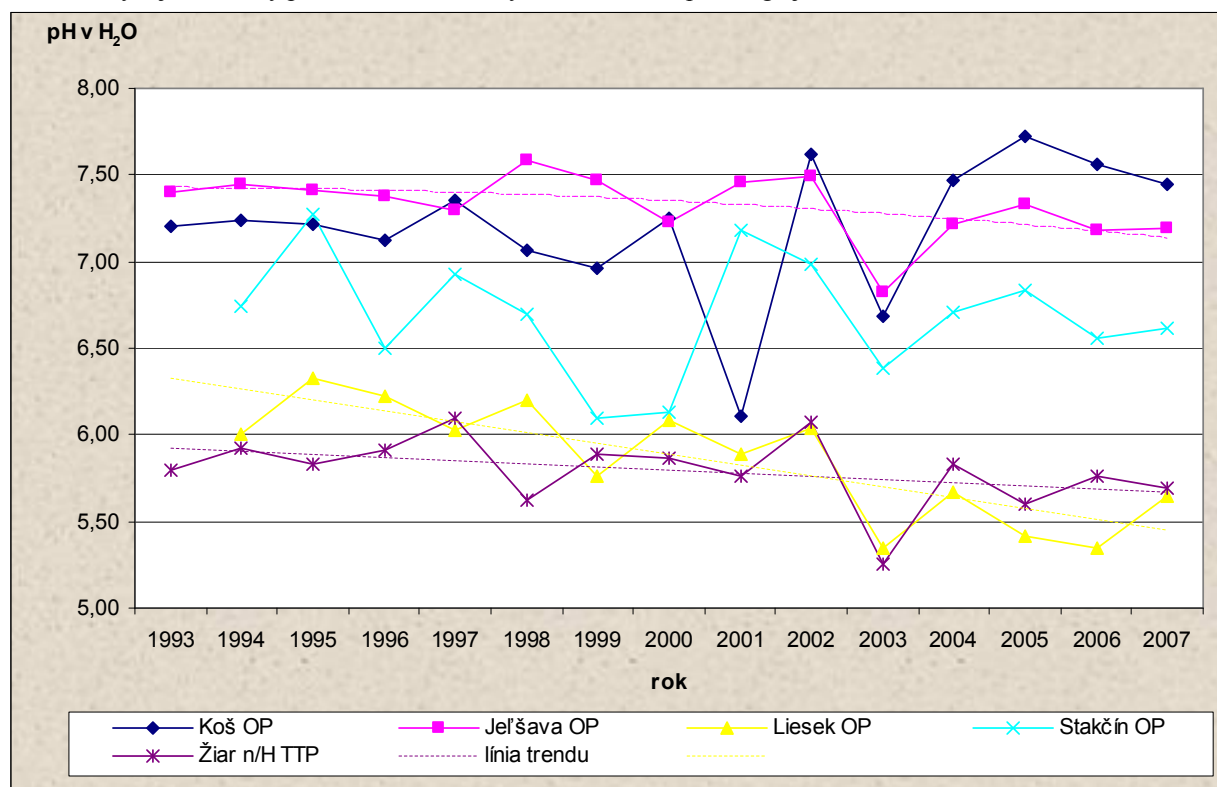
t kritérium pre hlavné skupiny pôd													
testované obdobie	hlbka (cm)	KM-OP	KM-TTP	FM ¹ -OP	FM ² -OP	ČM-OP	HM-OP	ČA ¹ -OP	ČA ² -OP	PG-OP	PG-TTP	RA-OP	RA-TTP
I. a III. cyklus	0 - 10	0,09	4,3.10 ⁻⁸	6.10 ⁻³	0,12	0,62	0,25	0,1.10 ⁻²	0,3.10 ⁻²	0,02	0,63	0,05	0,11
	35 - 45	0,74	1,6.10 ⁻⁶	1,7.10 ⁻⁴	0,37	0,04	0,23	5,9.10 ⁻⁵	5.10 ⁻³	0,01	0,95	0,15	0,39
II. a III. cyklus	0 - 10	0,08	1,40	4,7.10 ⁻⁵	0,15	0,54	0,90	0,13	6.10 ⁻⁴	0,01	0,16	0,02	3,3.10 ⁻⁵
	35 - 45	0,12	1,8.10 ⁻⁸	3,4.10 ⁻⁶	0,09	0,56	0,69	2.10 ⁻³	0,01	0,46	0,32	0,55	0,01

Vysvetlivky: FM¹ - Fluvizem na karbonátových fluvialných sedimentoch, FM² - Fluvizem na nekarbonátových fluvialných sedimentoch, ČA¹ - Čiernica na karbonátových fluvialných sedimentoch, ČA² - Čiernica na nekarbonátových fluvialných sedimentoch

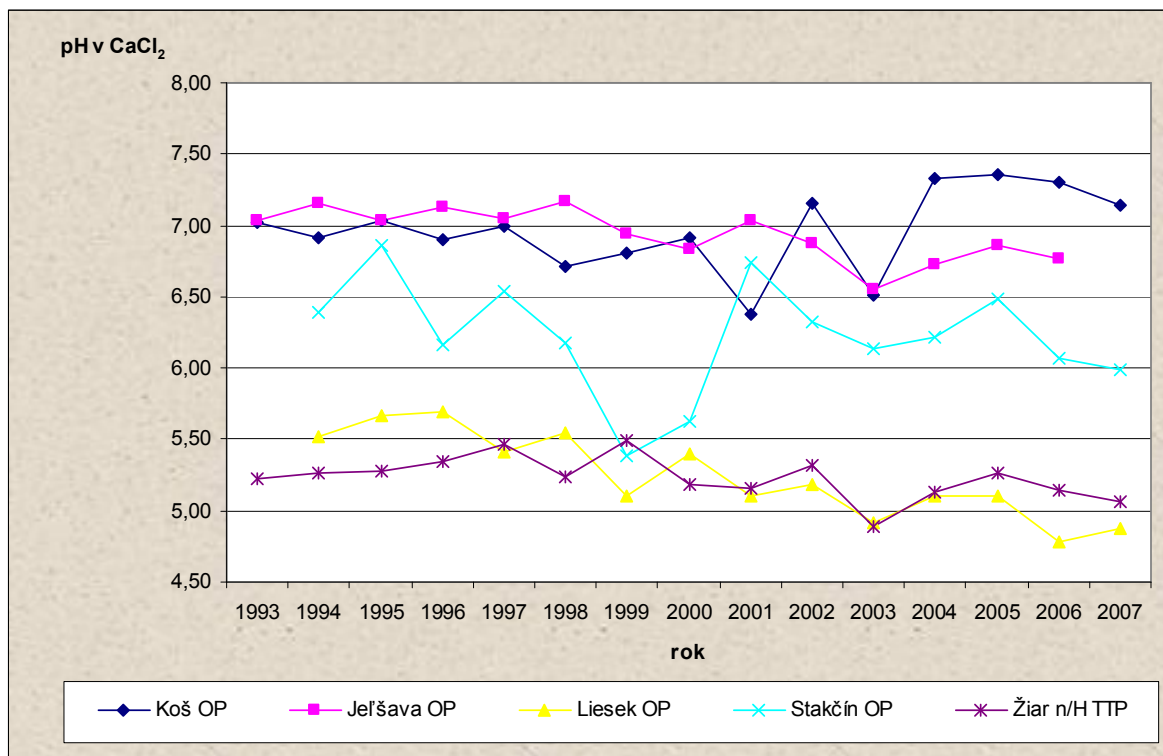
2. Vyhodnotenie pôdnej reakcie na kľúčových lokalitách

V rokoch 1993, 1997 a 2002 nie sú v sledovaných skupinách pôd štatisticky preukazné rozdiely. Na kľúčových lokalitách s periodickým, každoročným monitorovaním pôdnej reakcie v rokoch 1994 až 2007 však môžeme zaznamenať určité vývojové trendy podmienené kapacitou a potenciálom pufrujúceho systému sledovaných pôd.

Obr. 3a Vývojové trendy pH v H₂O na kľúčových lokalitách – pseudogleje a luvizeme

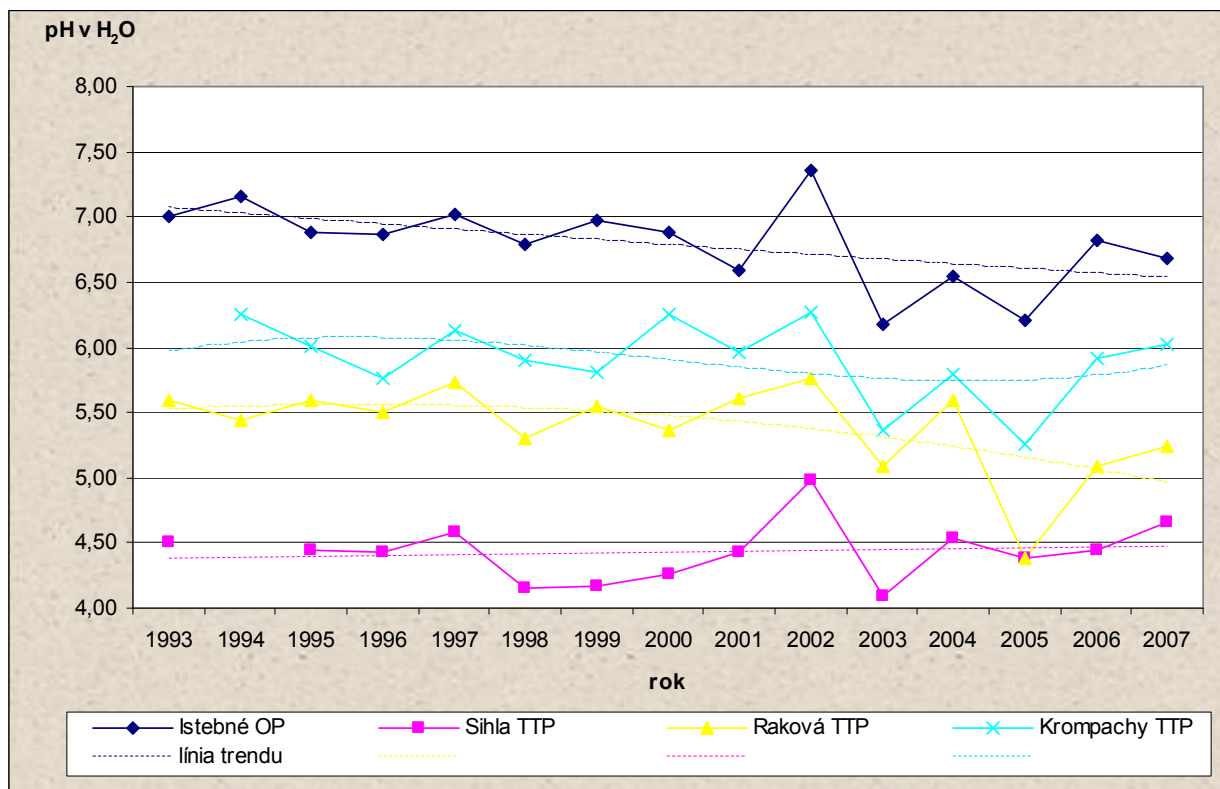


Obr. 3b Vývojové trendy pH v CaCl₂ na kľúčových lokalitách – pseudogleje a luvizeme

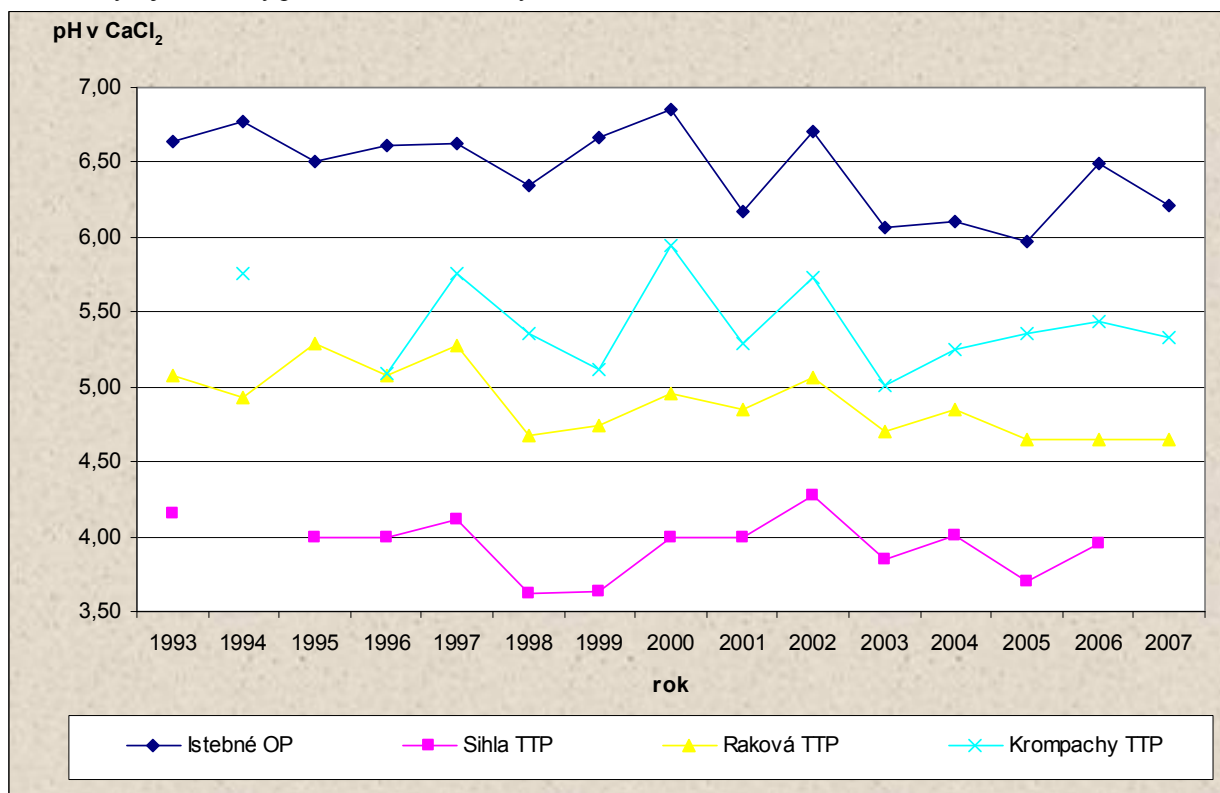


Pseudogleje (obr.3a,b) môžeme zaradiť do skupiny stredne rezistentných pôd voči acidifikácii, ich pufracnú schopnosť ovplyvňuje predovšetkým nadbytok pôdnej vody (Demo a kol., 1998). Lokality Koš, Jelšava, Stakčín a Liesek sa využívajú ako orné pôdy, lokalita Žiar n/H (luvizem pseudoglejová) sa využíva ako trvalý trávny porast. Priebeh hodnôt pôdnej reakcie na orných pôdach v sledovanom období je výrazne rozkolísaný, ovplyvnený agrotechnickými postupmi. Nepriaznivý trend smerom k zakysleniu môžeme pozorovať na lokalite Liesek, ktorá sa nachádza v oblasti s vysokými depozíciami síry a dusíka (Závodský a kol., 1996), mierny acidifikačný trend na lokalite Jelšava (pôda vyvinutá na nekarbonátových substrátoch). Hodnoty aktívnej pôdnej reakcie v porovnaní s výmennou pôdnou reakciou sú reaktívnejšie vzhľadom k zmenám a pohybujú sa v širšom intervale.

Obr. 4a Vývojové trendy pH v H₂O na kľúčových lokalitách – kambizeme



Obr. 4b Vývojové trendy pH v CaCl₂ na kľúčových lokalitách - kambizeme



Kambizeme (obr.4a,b) sú vyvinuté na rôznych typoch substrátov, čo primárne determinuje aj ich rôznu náchylnosť k acidifikácii (Demo a kol., 1998). Stav a vývoj

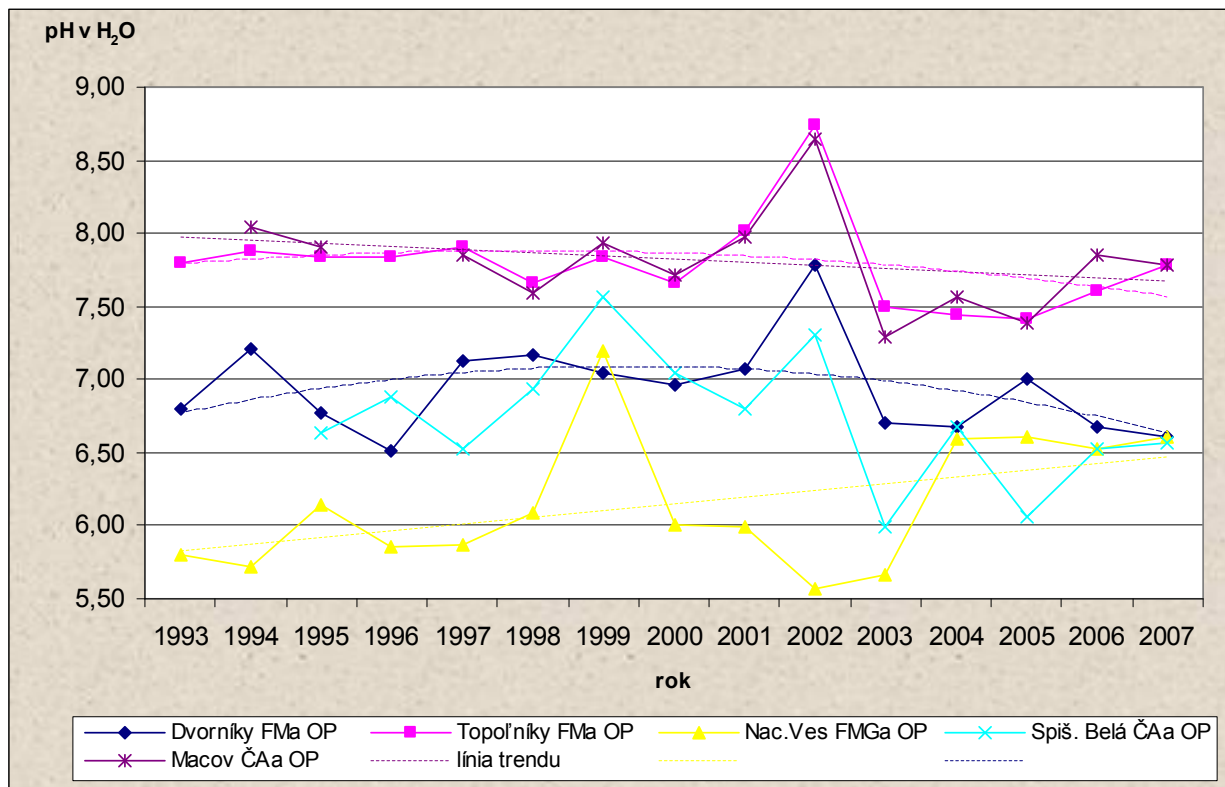
pufračnej funkcie vzhľadom k acidifikácii indikuje hodnota pôdnej reakcie a aktívny puфраčný systém v kontexte s acidifikačnou záťažou.

V skupine kambizemí došlo v období I., II. a III. cyklu k postupnému zníženiu hodnoty pôdnej reakcie (obr.1), čo je v súlade s trendom vo vývoji slabo kyslých pôd, ku ktorým patrí značná časť kambizemí, a ktorý má od roku 1995 stúpajúcu tendenciu. Je to predovšetkým dôsledkom zníženia aplikácie agrotechnických opatrení zameraných na úpravu pôdnej reakcie kyslých a slabo kyslých pôd. Negatívny trend vo vývoji acidifikácie v skupinách pôd s puфраjúcimi systémom hliníka sa môže prejaviť výrazným znížením dostupnosti živín, vyplavovaním živín, narušením pôdnej štruktúry, znížením biologickej aktivity pôdy ako aj znížením retenčnej schopnosti pôd s negatívnym dopadom na kvalitu pestovaných plodín. Pri hodnote aktívnej pôdnej reakcie v roku 2002 nižšej ako 6,5 už dochádza k prekročeniu limitných hodnôt pH pre jednotlivé ťažké kovy v systéme pôda - rastlina (Makovníková, 2000) a k výraznému zvýšeniu prístupnosti anorganických kontaminantov.

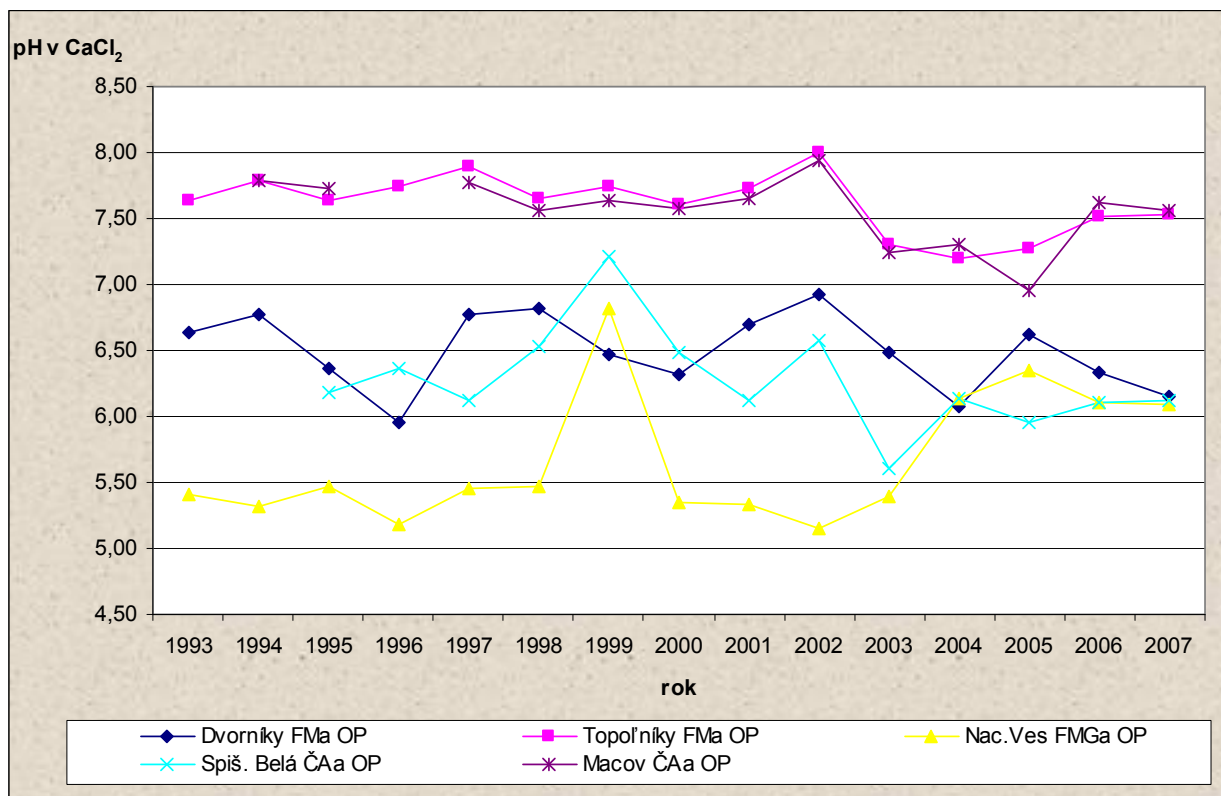
Na puфраčnú funkciu pozitívne vplýva väčšia hrúbka humusového horizontu, negatívny vplyv má vyšší obsah skeletu predovšetkým v kambizemiach na kyslých substrátoch.

Kambizeme vyvinuté na flyši, s dominantnými puфраjúcimi systémami silikátov až výmenných kationov, využívané ako orná pôda (lokalita Istebné) a ako trávny porast (lokalita Raková) vykazujú v priebehu sledovaného obdobia trend k zakysleniu. Kambizeme, využívané ako trvalý trávny porast (lokalita Krompachy a Sihla), vyvinuté na kyslých substrátoch, oscilujú s menšími výkyvmi okolo pôvodne stanovenej hodnoty.

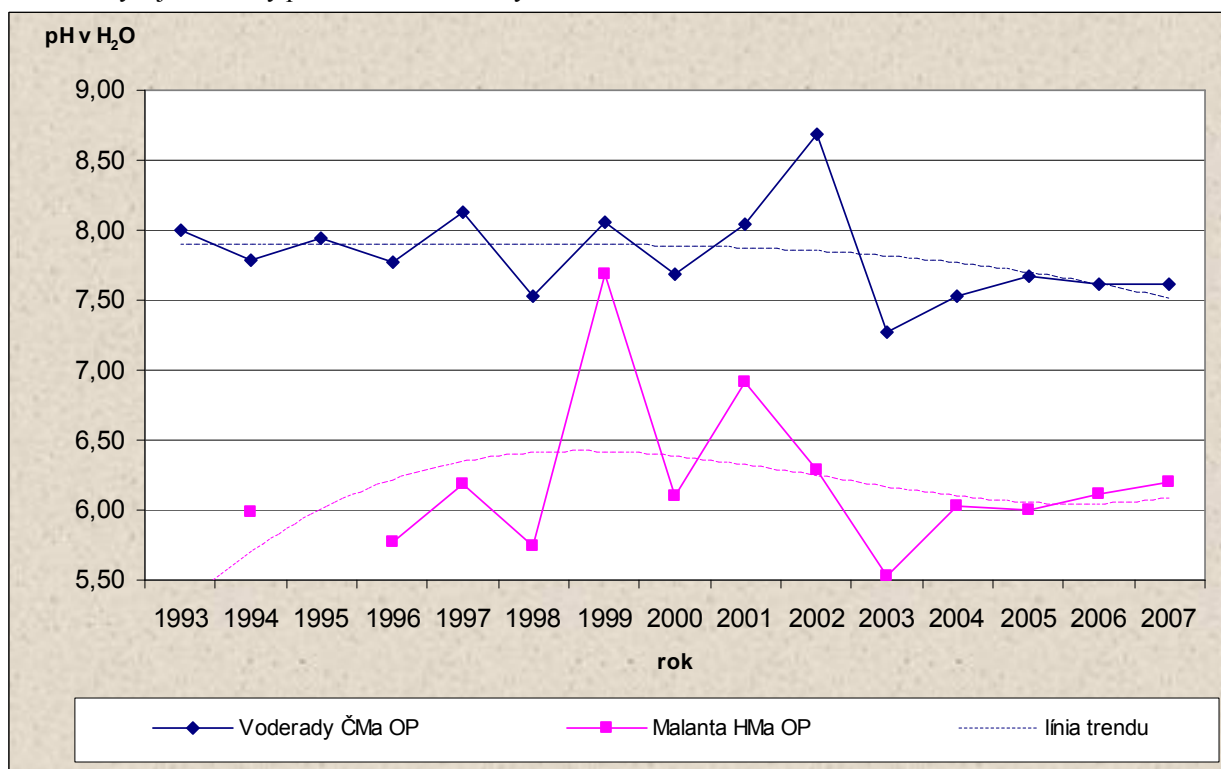
Obr. 5a Vývojové trendy pH v H₂O na kľúčových lokalitách- čiernice a fluvizeme



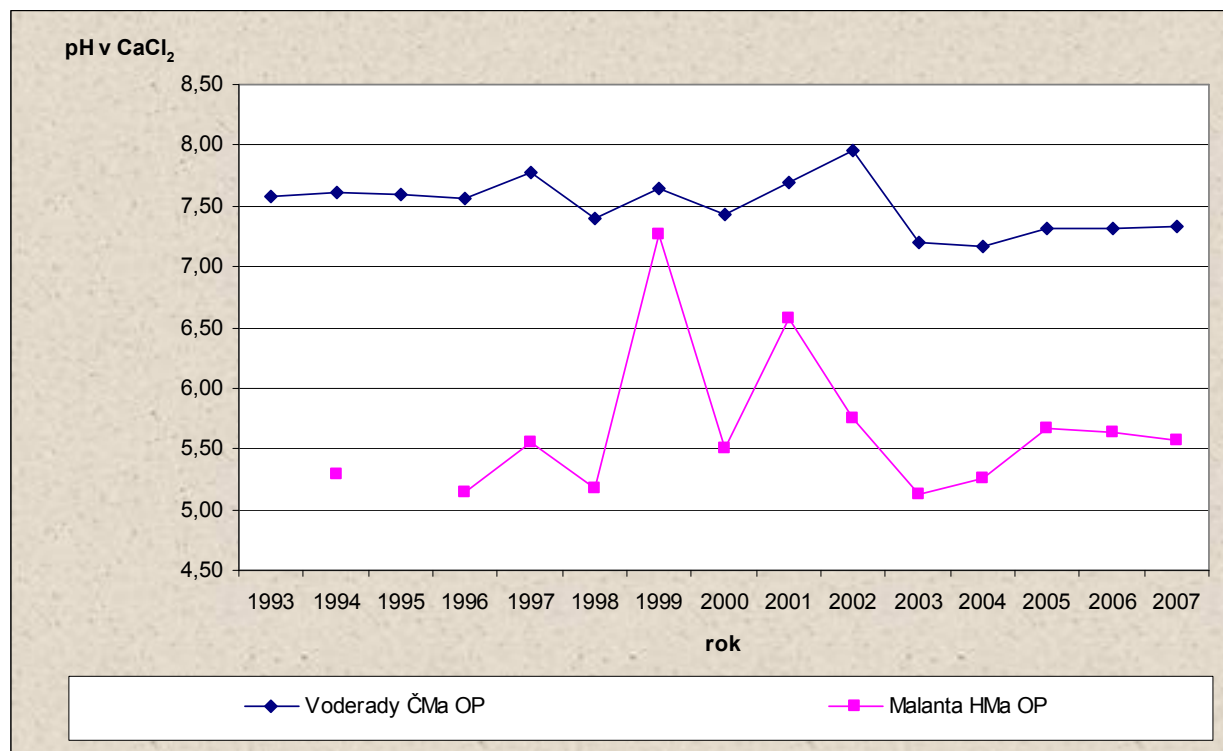
Obr. 5b Vývojové trendy pH v CaCl₂ na klíčových lokalitách- čiernice a fluvizeme



Obr. 6a Vývojové trendy pH v H₂O na klíčových lokalitách- černoze a hnedoze



Obr. 6b Vývojové trendy pH v CaCl₂ na kľúčových lokalitách - černoze a hnedozeme



Černoze, čiernice a fluvizeme vyvinuté na karbonátových substrátoch ako aj hnedozeme (lokality Voderady, Topolníky, Macov, Malanta) 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, čiernice a fluvizeme osciluje v intervale stanovenom chybou merania okolo pôvodnej hodnoty (obr. 5a,b, 6a, 6b), na lokalite Voderady je mierny pokles hodnôt pH, avšak stále sa pohybujú v neutrálnej a slabo alkalickej oblasti. Na hnedozemi (lokality Malanta) a fluvizemi (lokality Nacina Ves) pozorujeme mierny trend smerom k zvýšeniu pôdnej reakcie ovplyvnený pravdepodobne agrotechnickými zásahmi na daných lokalitách. Mierny trend k zakysleniu sme zaznamenali na lokalite Dvorníky (fluvizem na nekarbonátových fluvialných sedimentoch), tento trend má však výrazné negatívne následky, keďže lokalita patrí ku kontaminovaným lokalitám s kombinovanou geochemickou a antropogénnou kontamináciou.

Tab. 2 Priestorová variabilita aktívnej pôdnej reakcie pH v CaCl₂ na vybraných lokalitách

Kambizem (Raková) TTP		minimum	maximum	priemer	smerodatná odchylka	variálny koeficient
rok	1995	5,09	5,59	5,29	19,00	0,040
	2000	4,79	5,00	4,95	0,10	0,010
	2005	4,20	5,10	4,65	0,33	0,100
Kambizem (Istebné) OP						
rok	1995	6,37	6,67	6,51	0,11	0,010
	2000	6,79	6,88	6,85	0,03	0,001
	2005	5,71	6,29	5,97	0,21	0,010
Čiernica (Macov) OP						
rok	1995	7,46	7,71	7,65	0,09	0,009
	2000	7,53	7,59	7,59	0,05	0,001
	2005	6,75	7,01	6,88	0,10	0,011

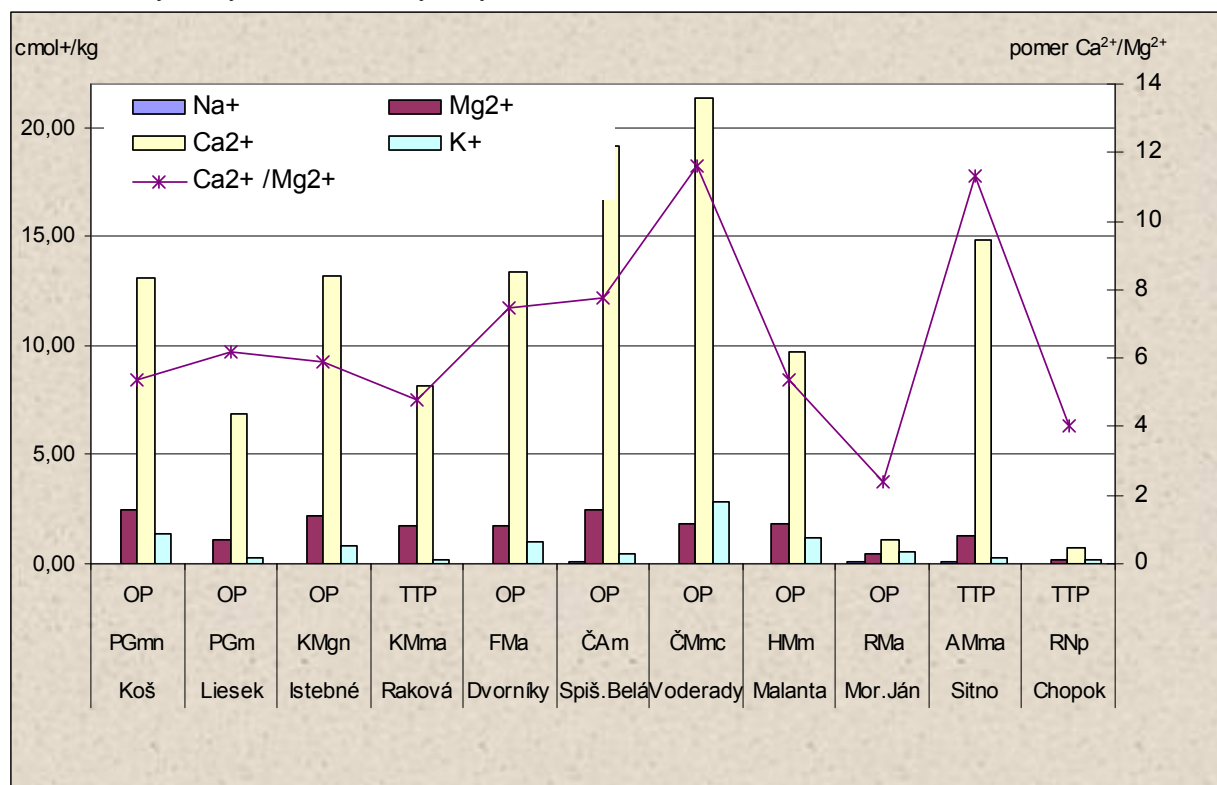
Na kľúčových lokalitách sledujeme aj priestorovú variabilitu parametrov z piatich separátnych vzoriek odobraných z piatich odberových miest na danej lokalite (tab. 2).

Variabilita na vybraných lokalitách klesá v pradi Istebné = Macov < Raková, výrazný je rozdiel medzi lokalitou využívanou ako orná pôda a ako trávny porast, kedy v prípade orných pôd dochádza pri obrábaní k určitej homogenizácii na ploche odberu danej kľúčovej lokality.

Hodnota hydrolytickej kyslosti na kľúčových lokalitách sa pohybuje od 2,51 mmol.kg⁻¹ (fluvizem na karbonátových fluviálnych sedimentoch) po 188 mmol.kg⁻¹ (andozem) a preukazne koreluje s hodnotou aktívnej pôdnej reakcie ($r = -0,82$) ako aj výmennej pôdnej reakcie ($r = -0,75$).

Na obr. 6 je aktuálny stav výmenných katiónov na sledovaných kľúčových lokalitách v kontexte s pomerom Ca²⁺/Mg²⁺.

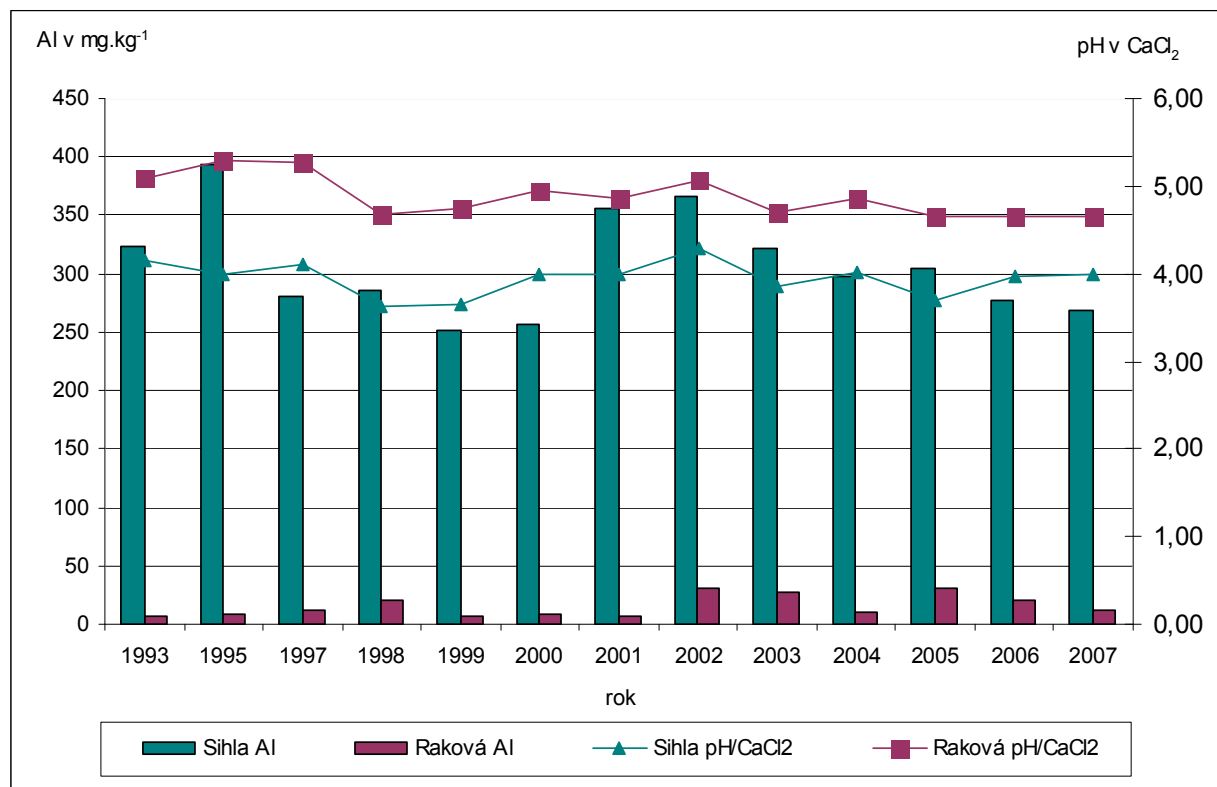
Obr. 6 Stav výmenných katiónov na vybraných lokalitách v roku 2007



Prevládajúcim katiónom je vápnik, najnižšie zastúpenie má sodík, menej ako 1,5 %. Optimálny pomer Ca²⁺ : Mg²⁺ v rozmedzí 4:1 až 6:1 (Čurlík, 2003), najpriaznivejší pre poľnohospodársky využívané pôdy, sme stanovili na lokalitách Koš, Liesek, Istebné, Raková a Malanta. Nepriaznivé pomery sme stanovili na dvoch lokalitách, najnižší pomer na lokalite Moravský Ján (2,1:1) a najvyšší na lokalite Voderady (11,6:1).

K mimoriadne nepriaznivým dôsledkom acidifikácie patrí aj zvyšovanie mobility iónov hliníka. Vychádzajúc z parametrov rozpustnosti hliníka, aktívny hliník je stanovovaný na kľúčových lokalitách s pH v KCl nižšou ako 6,0, vývoj hodnôt aktívneho hliníka na dvoch vybraných kľúčových lokalitách je na obr.7.

Obr. 7 Vývojové trendy aktívneho hliníka na vybraných kľúčových lokalitách



Rozpustnosť rôznych foriem hliníka je primárne podmienená hodnotami pôdnej reakcie, pričom dominantnou toxickou formou hliníka je mobilný hliník, tj. voľné katióny Al^{3+} a hydrolytické ióny hliníka $Al(H_2O)_6^{3+}$. S rastúcou hodnotou pH sa strácajú H_2O skupiny a vzniká hydroxid hlinitý, ktorý je potenciálne nerozpustný. Rozpustnosť a tým aj prístupnosť hliníka exponenciálne narastá s klesajúcou hodnotou pôdnej reakcie. Pomer Al^{3+}/Ca^{2+} indikujúci stupeň degradácie pôdy je na lokalite Raková v poslednom odberovom roku 2007 1,45 a na lokalite Sihla 91,20. Kritická hladina pomeru Al^{3+}/Ca^{2+} pre citlivé plodiny je 0,50, pre menej citlivé plodiny 1,00 (Grišina, Baranova, 1990) a na obidvoch lokalitách je kritická hladina výrazne prekročená.

Záver

- ❖ najvyššia priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie v orných pôdach vyjadrená v pH/ H_2O v hĺbke 0 - 10 cm (7,75) bola stanovená v skupine čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch, najnižšia (5,84) v skupine kambizeme na kyslých substrátoch. Podobnú tendenciu sme zaznamenali aj v hĺbke 35 - 45 cm, kde najvyššia priemerná hodnota aktívnej pôdnej reakcie (7,88) bola nameraná v skupine orných pôd čiernice na karbonátových fluvialných sedimentoch, najnižšia (5,54) opäť v skupine kambizemí na kyslých substrátoch, v prípade trvalých trávnych porastov najvyššie priemerné hodnoty sme zaznamenali v skupine zasolených pôd (8,45 a 8,95) a to v obidvoch hĺbkach a najnižšie (3,66 a 4,02) v skupine podzoly, rankre a litozeme, var. silikátové
- ❖ zmeny pôdnej reakcie v rokoch 1993, 1997 a 2002 pre párované hodnoty nie sú štatisticky preukazné
- ❖ acidifikačné tendencie sme zaznamenali na kľúčových lokalitách, nepriaznivý trend smerom k zakysleniu môžeme pozorovať na lokalite Liesek, ktorá sa nachádza v oblasti s vysokými depozíciami síry a dusíka (Závodský a kol., 1996), mierny acidifikačný trend

na lokalite Jelšava (pôda vyvinutá na nekarbonátových substrátoch), v prípade kambizemí využívaných ako orné pôdy i ako trvalé trávne porasty

- ❖ mierny trend k zakysleniu sme zaznamenali aj na lokalite Dvorníky (fluvizem na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch), tento trend má však výrazné negatívne následky, keďže lokalita patrí ku kontaminovaným lokalitám s kombinovanou geochemickou a antropogénnou kontamináciou
- ❖ pri obmedzení agrotechnických opatrení zameraných na optimalizáciu hodnôt pôdnej reakcie, môžeme v prípade kambizemí a pseudoglejov, využívaných ako orné pôdy, predpokladať pomalý pokles pôdnej reakcie na prirodzene kyslejších substrátoch, podobné tendencie sme zaznamenali aj v prípade pôd vyvinutých na nekarbonátových substrátoch, acidifikačné trendy u pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabo kyslej oblasti sa perspektívne môžu odraziť v zhoršení hygienického stavu životného prostredia vo zvýšenom prieniku rôznych polutantov predovšetkým ťažkých kovov a hliníka do potravného reťazca.
- ❖ vývoj pôd smerom k zakysleniu v prípade pôd s hodnotou pôdnej reakcie v slabo kyslej až kyslej oblasti sa perspektívne môže odraziť v zvýšení prístupnosti hliníka, a tým v zhoršení hygienického stavu životného prostredia.

Literatúra

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

Fiala K. a kol.: Záväzné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém - Pôda. VÚPOP, Bratislava, 1999, 139 s.

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 pôdoznanlecké dni v SR. Zborník referátov z konferencie pôdoznanecov 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

Sotáková, S., Mucha, V., Brabcová, M., Slovák, R.: Rozbory chemických vlastností pôd. Návody na cvičenia z geológie a pôdoznanectva, Bratislava, Príroda, 1984, 181 s.

Závodský, D a kol.: Mapping of critical levels/loads for the Slovak republic. Acid Rain research. report 37, 1996, 74 pp

3.3b Alkalizácia pôd

Monitoring vývoja soľných pôd v roku 2007 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 7 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 alkalizácia pôd exhalátmi závodu na výrobu hliníka v katastri obce Žiar nad Hronom.

Tab. 1 Zoznam monitorovaných lokalít soľných pôd

Označenie lokality	Miesto	Názov pôdy
400 180	Iža okres Komárno	Čiernica modálna karbonátová v počiatočnom štádiu slancovania
400 176	Gabčíkovo okres Dunajská Streda	Čiernica modálna slabo slanisková
400 177	Zlatná na Ostrove okres Komárno	Čiernica černozemná slabo slanisková, hlboko slancová
400 178	Komárno-Hadovce	Čiernica černozemná slanisková, slabo slancová
400 179	Zemné okres Nové Zámky	Čiernica glejová slabo slanisková, slabo slancová
400 138	Kamenín okres Nové Zámky	Slanec slaniskový
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 soľných pôd

Hodnotenie zasolenia (slaniskovania) pôd

Podľa elektrickej vodivosti (ECe) a celkového obsahu solí.

ECe (mS.m ⁻¹)	Celkový obsah solí (%)	Klasifikácia zasolenia	Reakcia rastlín
< 200	< 0,1	nezasolená	vplyv na úrody je zanedbateľný
200 – 400	0,1 – 0,15	slabo zasolená	úrody citlivých rastlín môžu byť znížené
400 – 800	0,15 – 0,35	stredne zasolená	úrody plodín sú redukované
800 – 1600	0,35 – 0,70	silne zasolená	len tolerantné plodiny majú uspokojivé úrody
> 1600	> 0,70	extrémne zasolená - slanisko	len málo tolerantných rastlín má uspokojivé úrody

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

Hodnotenie slancovania pôd

Zastúpenie výmenného sodíka (ESP) v sorpčnom komplexe

% ESP	Kategória stanovenia
5 – 10	slabo slancovaná
10 – 20	slancovaná
> 20	slanec

Výsledky a ich hodnotenie

V roku 2007 sa v monitorovaných pôdach opätovne potvrdila prítomnosť oboch foriem soľných procesov – slaniskovania i slancovania, ako aj značná mineralizácia podzemných vôd.

Zasoľovanie – slaniskovanie pôd

Zasoľovanie ako proces akumulácie sodných solí v pôdnom profile sme v roku 2007 zaznamenali na 6 z celkového počtu 7 monitorovaných pôd. Len na lokalite Iža bol celkový obsah solí vo všetkých pôdnych horizontoch menší ako limitná hodnota 0,10 % (Tab. 2).

Tab. 2 Rozbor vodného výluhu pôd v roku 2007

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	pH	CO ₃ ²⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Celkový obsah solí (%)
				mmol/kg								
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	7,9	0,00	5,78	0,77	0,00	3,05	1,19	0,34	0,17	0,08
	Amlcp (S)	15-25	8,1	0,00	6,30	0,51	0,00	3,05	1,21	0,49	0,12	0,08
	Amlc	30-40	8,1	0,00	5,78	0,51	0,00	2,48	1,20	0,48	0,08	0,07
	CGo	75-85	8,6	0,53	3,15	0,51	0,37	1,05	1,61	0,53	0,04	0,05
	Cgon	90-100	8,6	0,53	3,68	0,51	0,81	1,19	1,68	0,67	0,03	0,05
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	7,8	0,00	5,25	0,00	0,85	4,76	0,79	0,60	0,30	0,13
	Amlcp (S)	10-20	8,0	0,00	6,30	0,51	0,40	4,15	0,66	1,15	0,27	0,11
	A/Cgon	45-55	8,0	0,53	5,25	1,29	1,07	3,06	0,54	3,59	0,02	0,07
	CGrn	65-75	8,1	0,00	5,25	1,03	1,09	2,34	0,52	4,55	0,01	0,06
	CGrn	100-110	8,1	0,00	3,68	1,29	1,02	2,26	0,40	2,91	0,05	0,05
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	7,9	0,00	8,14	0,51	0,23	4,26	0,79	0,17	0,29	0,11
	Amlcp (S)	10-20	8,0	0,00	7,35	0,77	0,00	3,91	0,77	0,16	0,35	0,10
	Amlc (S)	40-50	8,0	0,00	6,83	1,03	0,00	3,53	0,77	0,22	0,13	0,08
	A/Cgro (S)	65-75	8,1	0,00	6,04	0,51	0,42	2,24	1,07	0,37	0,06	0,05
	Cgroc(S)n	90-100	8,1	0,00	4,99	1,29	1,75	2,54	1,46	0,78	0,05	0,08
	Cgroc(S)n	100-110	8,1	0,00	4,73	1,03	2,30	3,03	1,53	0,91	0,05	0,08
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	7,9	0,00	6,83	0,00	0,16	7,78	0,86	0,48	0,42	0,08
	Amčcp	10-20	8,0	0,00	7,35	0,00	<0,15	3,66	0,88	0,77	0,42	0,08
	A/Cgoc(S)n	40-45	8,0	0,00	5,78	3,08	2,81	3,46	1,77	4,73	0,12	0,11
	Cgoc(S)n	50-65	8,0	0,00	4,73	3,08	5,73	3,86	2,97	7,66	0,05	0,14
	2CGoc(S)n	100-110	8,0	0,00	4,73	5,13	7,03	2,93	3,95	9,79	0,04	0,16
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	7,9	0,00	8,93	0,00	0,00	3,11	0,76	0,27	0,92	0,08
	Amčcp (S)	10-20	7,8	0,00	6,83	0,00	0,00	3,50	0,92	0,43	1,12	0,09
	A/CGocSn	40-50	7,9	0,00	4,73	2,82	15,89	11,39	1,26	5,58	0,29	0,35
	CGrocSn	55-60	7,7	0,00	3,68	4,88	21,80	14,21	9,63	6,09	0,13	0,46
	CGrocSn	70-80	7,9	0,00	3,15	5,13	11,09	6,09	6,03	5,97	0,04	0,24
	CGrocSn	100-110	8,0	0,00	3,68	2,56	5,42	3,58	3,31	3,20	0,05	0,15
Kamenín 400138	AmSn	0-10	8,3	5,25	8,93	1,80	0,00	0,71	0,11	46,11	0,41	0,34
	AmSn	10-20	9,0	18,38	6,30	2,31	2,30	0,64	0,08	33,65	0,46	0,43
	AmSn	20-30	9,3	-	-	-	-	1,44	0,21	65,86	5,02	0,86
	AmSn	40-50	9,4	-	-	-	-	2,34	0,76	91,15	2,64	1,20
	Bn(S)	60-70	9,1	-	-	-	-	1,03	0,25	66,30	2,85	1,03
	Bn	80-90	8,6	13,65	3,15	2,05	3,92	0,94	0,08	26,21	0,57	0,34
	Bn	100-110	8,6	2,63	14,44	1,54	1,60	0,51	0,09	15,97	0,49	0,18
Žiar nad Hronom 400063	An	0-10	9,1	-	-	-	1,83	1,25	0,42	44,60	0,20	0,57
	An	10-20	9,2	-	-	-	1,87	2,42	0,84	53,88	0,44	0,90
	A/Bn	20-30	9,1	-	-	-	2,83	3,28	1,28	69,20	0,43	1,10
	Bn	35-45	9,3	-	-	-	3,28	2,63	1,00	78,57	0,46	1,06
	Bn(S)	55-65	9,2	-	-	-	3,47	2,20	0,95	57,62	0,38	0,93
	Bn(S)	75-85	9,3	-	-	-	3,65	1,25	0,84	42,82	1,67	1,31

Poznámka: údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť solných procesov

Intenzita zasolenia v pôdach s nerozvinutým procesom zasoľovania je však slabá, v pôdach s rozvinutými štádiami slančovania a slaniskovania stredná a silná.

Slabé – počiatočné zasolenie, s obsahom solí 0,10 – 0,15 %, sme zaznamenali v povrchových horizontoch (do hĺbky 20 cm) lokalít Gabčíkovo a Zemné. Tento jav – najvyšší obsah solí na povrchu pôdy - je typickým znakom procesu zasoľovania a v r. 2007 sa

prejavil aj na uvedených lokalitách. V lokalite Zlatná na Ostrove sme zaznamenali slabé zasolenie v spodných horizontoch v hĺbkach 40-110 cm.

Stredne zasolené sú spodné horizonty pôdy lokality Komárno-Hadovce (0,15 – 0,46 % obsahu solí) v hĺbkach 40 – 110 cm.

V lokalite Kamenín sme zaznamenali vysoký obsah solí 0,43 – 1,20 % v podpovrchových horizontoch hĺbok 10-70 cm, ktoré indikujú proces silného zasolenia. Aj v povrchovom horizonte a v hĺbkach 80 – 110 cm boli hodnoty obsahu solí vysoké – v intervale stredného zasolenia.

Pôda lokality Žiar nad Hronom je silne zasolená v celom profile. Obsahuje 0,57 – 1,31 % solí, ktoré sú však antropogénneho pôvodu z exhalátov výroby hliníka.

Elektrická vodivosť pôdneho extraktu (ECe) v monitorovaných pôdach potvrdzuje slabé zasolenie (200-400 mS.m⁻¹) v podpovrchových horizontoch (40-110 cm) lokality Komárno-Hadovce a v lokalite Kamenín (Tab.3).

Tab. 3 rozbor nasýteného extraktu pôd v roku 2007

Lokalita	Horizont	Hĺbka cm	ECe mS.m ⁻¹	Na	Mg mmol.l ⁻¹	Ca	SAR	ESP %
Iža 400180	Amlcp (S)	0-10	77	0,27	1,61	3,11	0,12	1,9
	Amlcp (S)	15-25	50	0,28	1,00	1,80	0,17	2,7
	Amlc	30-40	52	0,40	1,11	1,69	0,24	3,9
	CGo	75-85	77	2,95	1,91	0,83	1,78	10,0
	Cgon	90-100	84	3,52	1,99	0,84	2,09	10,8
Zemné 400179	Amlcp (S)	0-10	77	0,46	0,76	3,53	0,22	3,6
	Amlcp (S)	10-20	60	0,81	0,64	2,62	0,45	6,1
	A/Cgon	45-55	67	2,42	0,43	1,88	1,59	9,6
	CGrn	65-75	81	3,33	0,63	2,08	2,02	10,6
	CGrn	100-110	101	3,88	0,80	2,85	2,03	10,6
Gabčíkovo 400176	Amlcp (S)	0-10	57	0,17	0,65	2,63	0,10	1,4
	Amlcp (S)	10-20	57	0,17	0,70	2,95	0,09	1,3
	Amlc (S)	40-50	51	0,22	0,59	2,22	0,13	2,1
	A/Cgro (S)	65-75	41	0,43	0,74	1,21	0,31	4,7
	Cgroc(S)n	90-100	76	0,99	1,59	2,22	0,50	6,6
	Cgroc(S)n	100-110	68	1,15	1,74	2,56	0,55	6,9
Zlatná na Ostrove 400172	Amčcp	0-10	35	0,33	1,33	2,73	0,16	2,6
	Amčcp	10-20	36	0,56	1,20	2,75	0,28	4,4
	A/Cgoc(S)n	40-45	80	5,43	3,29	4,09	2,00	10,5
	Cgoc(S)n	50-65	96	10,79	5,33	4,34	3,47	14,5
	2CGoc(S)n	100-110	78	16,78	11,83	5,42	4,04	16,1
Komárno Hadovce 400178	Amčcp (S)	0-10	55	0,22	0,97	2,30	0,12	2,0
	Amčcp (S)	10-20	73	0,43	1,32	2,97	0,21	3,4
	A/CGocSn	40-50	360	7,45	12,96	13,10	1,46	10,1
	CGrocSn	55-60	394	10,22	16,60	13,04	1,88	10,2
	CGrocSn	70-80	358	10,63	14,08	9,31	2,20	11,0
	CGrocSn	100-110	255	6,61	9,07	5,66	1,72	9,9
Kamenín 400138	AmSn	0-10	273	27,06	0,28	1,51	20,25	9,7
	AmSn	10-20	-	-	0,21	-	-	-
	AmSn	20-30	-	40,30	0,13	1,47	31,82	15,6
	AmSn	40-50	-	-	0,10	0,00	-	-
	Bn(S)	60-70	-	-	0,20	-	-	-
	Bn	80-90	-	22,56	1,95	0,28	15,09	6,9
	Bn	100-110	-	0,00	-	5,69	-	-

Poznámka: ECe – elektrická vodivosť
SAR – sodíkový adsorpčný pomer
ESP – obsah výmenného sodíka

Charakter zasolovania indikovaný obsahom iónov Cl^- a SO_4^{2-} (Tab.2) potvrdzuje, že prebiehajúce zasolovanie je chlorido-sulfátové. Výskyt oboch týchto iónov spolu so sodíkom (Na^+) v stredných a substrátových horizontoch nasvedčuje, že proces zasolovania prebieha od spodných vrstiev k povrchu pôdy.

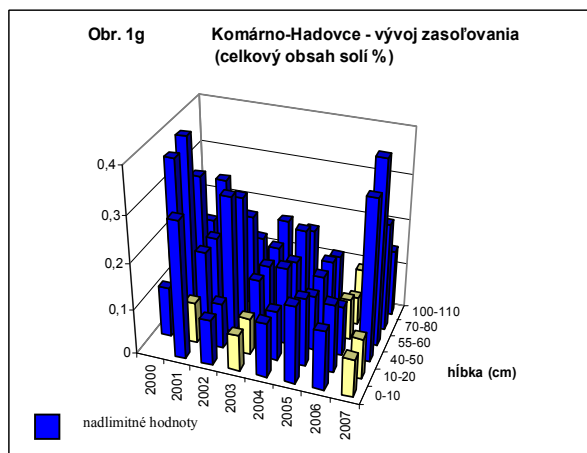
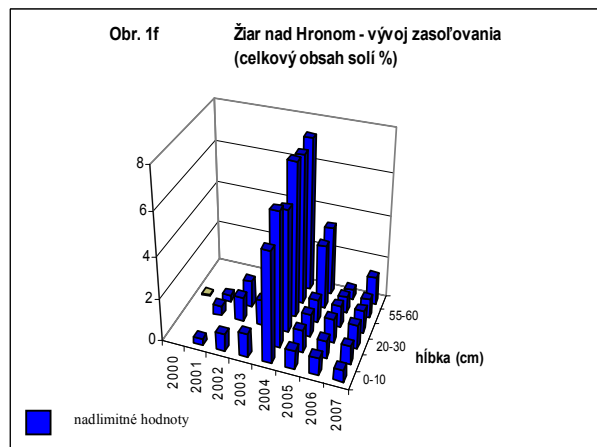
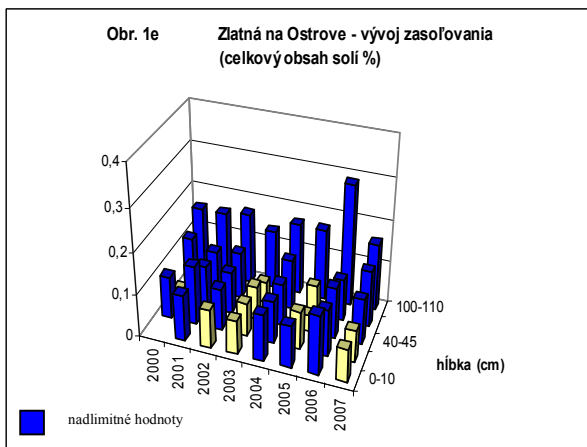
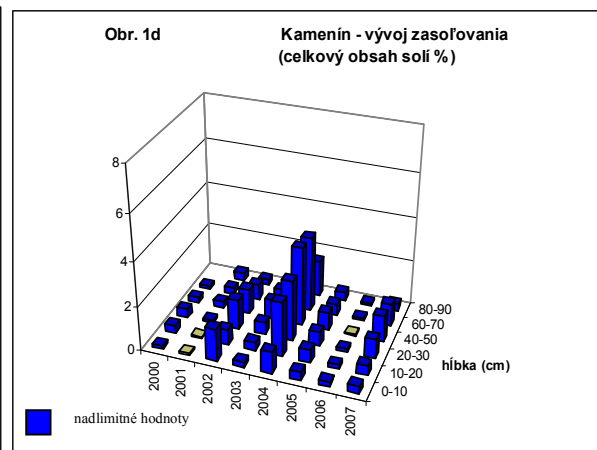
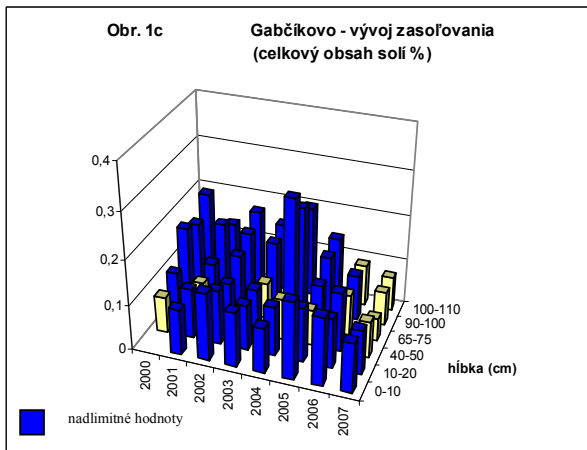
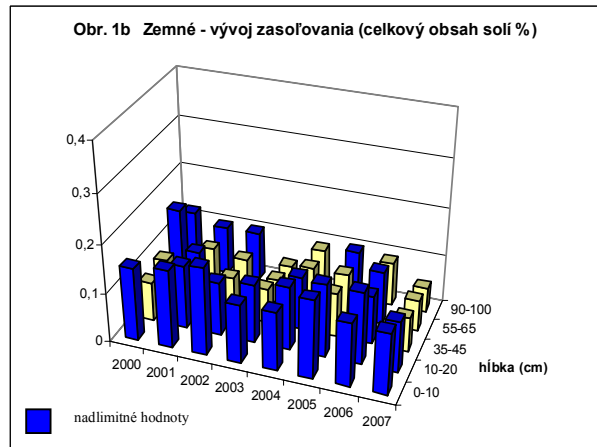
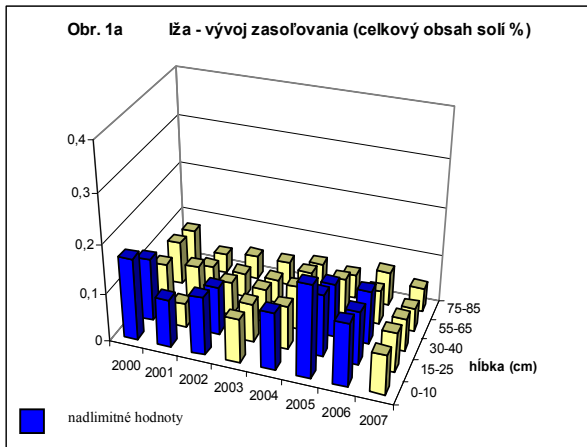
Vývoj zasolovania

V priebehu posledných ôsmich rokov (2000 – 2007) sme vo vývoji zasolovania pôd nezaznamenali preukazné zmeny. Celkový obsah solí v pôdach s počiatočným štádiom zasolovania (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele v niektorých rokoch a horizontoch mierne prevyšuje hornú hranicu slabého zasolenia (0,15 %; Tab.4, Obr.1a-g) .

Tab. 4 Vývoj zasolovania - salinizácie

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	Celkový obsah solí v % (odparok 105°C)								ECe (mS.m ⁻¹)							
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
400180	Am(s)	0-10	0,17	0,10	0,12	0,09	0,12	0,19	0,13	0,08	106	57	49	71	95	158	99	77
		15-25	0,13	0,05	0,10	0,08	0,09	0,13	0,11	0,08	43	51	38	72	71	95	76	50
	CGo(n)	30-40	0,08	0,09	0,07	0,07	0,09	0,11	0,11	0,07	29	45	36	65	58	79	66	52
		55-65	0,09	0,05	0,05	0,05	0,08	0,08	0,07	0,05	38	47	26	74	57	64	72	77
		75-85	0,08	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05	0,07	0,05	34	39	28	87	55	51	81	84
400176	Am	0-10	-	0,10	0,15	0,12	0,10	0,17	0,15	0,11	-	57	60	87	80	119	75	57
		10-20	0,08	0,11	0,12	0,10	0,11	0,12	0,11	0,10	53	63	46	92	83	86	48	57
	A/CGr(s)	40-50	0,10	0,09	0,10	0,10	0,09	0,08	0,13	0,08	79	43	43	66	96	58	55	51
		65-75	0,17	0,10	0,13	0,08	0,28	0,10	0,09	0,05	136	92	80	105	357	101	85	41
	CGr(s)n	90-100	0,15	0,16	0,15	0,14	0,23	0,13	0,10	0,08	218	195	97	233	365	182	121	76
100-110	0,19	0,13	0,17	0,15	0,20	0,14	0,09	0,08	223	238	99	241	305	205	141	68		
400172	Am	0-10	-	0,11	0,09	0,08	0,11	0,10	0,14	0,08	-	67	38	65	75	75	107	35
		10-20	0,10	0,14	0,10	0,08	0,10	0,09	0,11	0,08	40	58	36	59	64	67	72	36
	A/CGo(n)	40-45	0,03	0,10	0,10	0,08	0,10	0,04	0,12	0,11	43	60	45	60	84	64	108	80
		50-65	0,12	0,10	0,11	0,05	0,12	0,07	0,10	0,14	83	115	62	84	152	69	113	96
	100-110	0,16	0,16	0,17	0,14	0,17	0,17	0,29	0,16	207	291	105	304	352	320	611	78	
400178	Am	0-10	-	0,30	0,10	0,08	0,12	0,17	0,13	0,08	-	73	34	85	97	139	126	55
		10-20	0,11	0,09	0,10	0,08	0,11	0,15	0,15	0,09	42	63	37	79	79	128	123	73
	A/CGo(s)	40-50	0,36	0,17	0,30	0,13	0,17	0,12	0,11	0,35	309	212	149	156	208	141	70	360
		55-60	0,38	0,17	0,27	0,13	0,15	0,13	0,09	0,46	355	252	147	233	244	186	75	394
	CGo sn	70-80	0,27	0,27	0,20	0,14	0,19	0,13	0,06	0,24	214	375	117	284	351	239	80	358
100-110	0,14	0,18	0,12	0,17	0,16	0,11	0,09	0,15	227	355	68	362	346	234	164	255		
400179	Am(sn)	0-10	0,15	0,16	0,18	0,12	0,12	0,16	0,13	0,13	164	39	68	92	71	98	81	77
		10-20	0,08	0,13	0,11	0,12	0,13	0,15	0,15	0,11	52	43	48	65	65	98	81	60
	A/CGo(sn)	35-45	0,09	0,12	0,08	0,07	0,11	0,09	0,10	0,07	85	73	37	66	57	58	116	67
		55-65	0,16	0,09	0,08	0,05	0,09	0,09	0,11	0,06	171	115	43	62	82	102	147	81
	CGr(s)n	90-100	0,12	0,10	0,10	0,04	0,09	0,10	0,09	0,05	218	273	53	80	129	158	215	101
400138	Am sn	0-10	0,15	0,09	1,46	0,24	0,99	0,38	0,22	0,34	232	83	84	210	186	288	182	273
		10-20	0,34	0,09	0,68	0,39	2,45	0,6	0,19	0,43	212	59	71	-	316	293	164	-
		20-30	0,40	0,14	1,34	0,55	2,72	0,65	0,14	0,86	257	57	92	-	466	367	117	-
	CSn	40-50	0,27	0,30	1,16	0,88	3,54	0,83	0,09	1,20	25	33	97	-	520	354	71	-
		60-70	0,13	0,30	0,69	0,69	3,37	0,5	0,11	1,03	82	57	69	-	388	382	69	-
		80-90	-	0,34	0,26	0,36	1,63	0,38	0,1	0,34	-	54	60	-	434	349	76	-
400063	Asm	0-10	0,00	0,31	0,82	1,13	5,16	0,9	0,83	0,57	46	241	103	-	219	247	-	-
		10-20	-	-	-	-	6,25	1,1	0,87	0,90	-	-	-	-	66	215	-	-
	Gro sn	20-30	-	0,46	1,15	1,26	5,74	1,11	1,12	1,10	-	167	106	-	251	387	-	-
		30-45	0,07	0,29	1,26	0,85	7,27	1,09	1,04	1,06	46	57	244	-	273	348	-	-
		55-65	-	-	-	-	7,04	3,04	0,78	0,93	-	-	-	-	207	382	-	-
		70-85	-	-	-	-	7,29	3,29	0,44	1,31	-	-	-	-	254	359	-	-

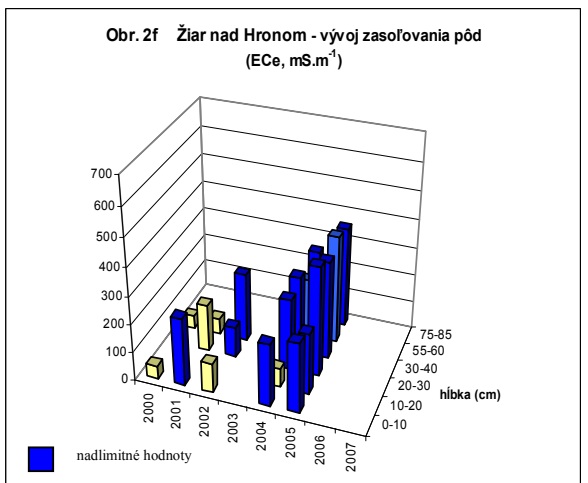
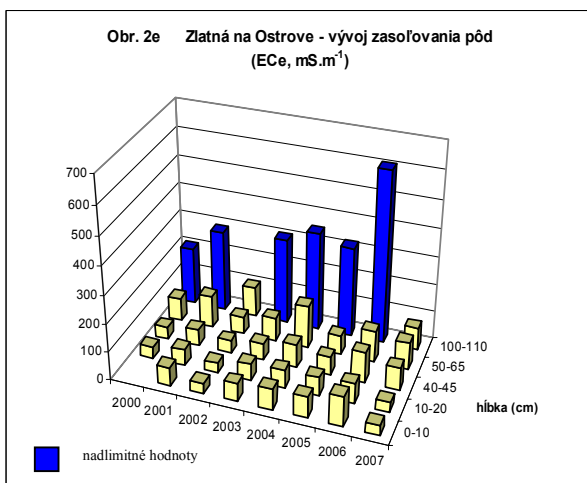
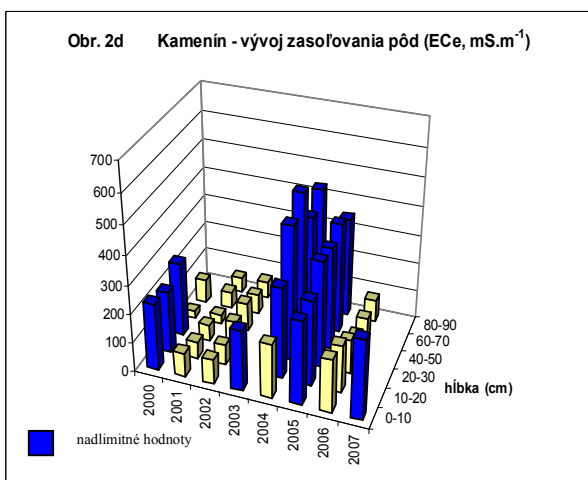
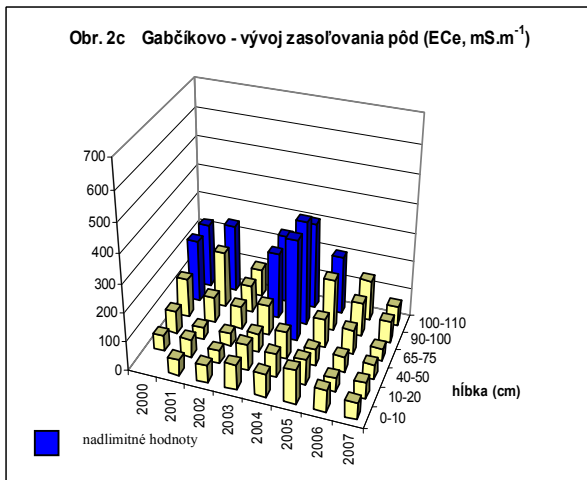
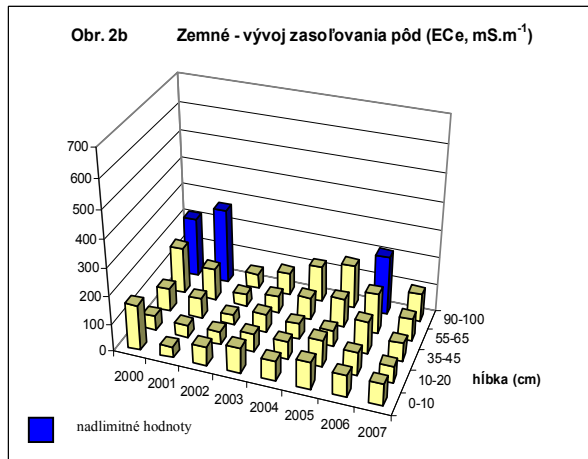
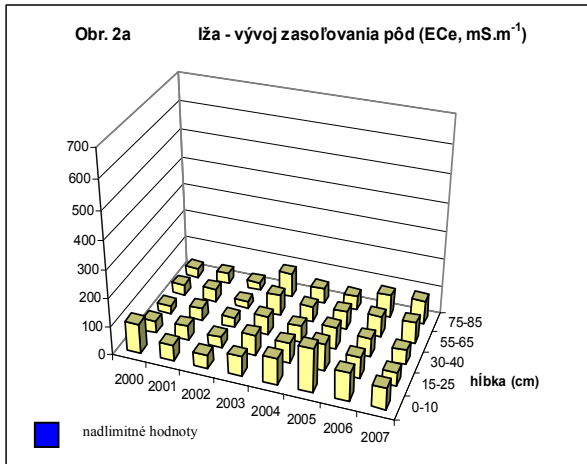
Poznámka: odparok – obsah vodorozpustných solí vo vodnom výluhu pôdy
 ECe – merná elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy
 údaje vytlačené tučne – nadlimitné hodnoty odparoku a ECe

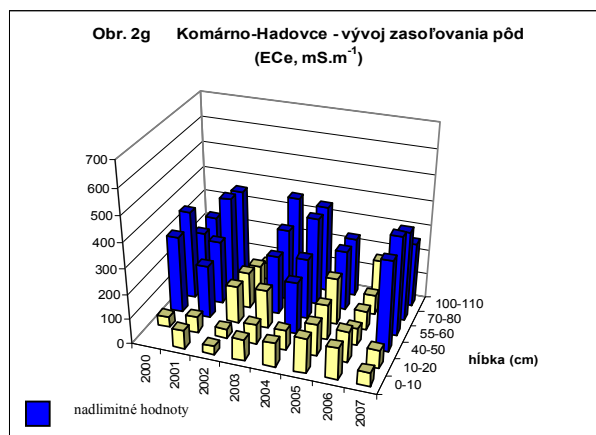


V profile lokality Komárno-Hadovce je tento proces výraznejší a prejavuje sa často vyšším obsahom solí (0,15 – 0,46 %), hlavne v jeho podornicových horizontoch a v substráte.

V pôdach lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom je obsah solí v jednotlivých rokoch a horizontoch prevažne vysoký, indikujúci procesy silného (0,35-0.70 %) až extrémneho zasolenia (obsah solí nad 0,70 %).

Elektrická vodivosť nasýteného extraktu pôdy (ECe) celkom nekoreluje s obsahom solí (Tab.4, Obr. 2a-g.). V pôdach lokalít z nízkym obsahom solí (Iža, Zemné, Gabčíkovo a Zlatná na Ostrove) len ojedinele prekračuje hodnotu 200 mS.m⁻¹ a indikuje nezasolené pôdy. Len v pôdach a horizontoch so stredným a vysokým obsahom solí (Komárno-Hadovce a Kamenín) hodnota ECe kolíše v intervale 200 – 400 mS.m⁻¹ a indikuje slabé zasolenie.





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

Slancovanie – alkalizácia pôd

Slancovanie pôd ako proces viazania výmenného sodíka na sorpčný komplex monitorovaných pôd v r. 2007 je porovnateľný s predchádzajúcimi rokmi.

Nízky obsah výmenného sodíka (ESP < 5 %) sa zachoval v povrchových horizontoch všetkých monitorovaných lokalít s výnimkou slanica slaniskového lokality Kamenín (Tab. 3). V spodnejších horizontoch týchto lokalít a v celom pôdnom profile lokality Kamenín indikuje obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe v rozmedzí 5-15 % slabé až stredné slancovanie.

Hodnoty pôdnej reakcie (pH) ako indikátora alkalizácie pôdy potvrdzujú silne alkalickú reakciu všetkých pôd a horizontov (pH > 7,7) (tab.2). Veľmi silnú alkalickú reakciu (pH > 8,5) majú profily lokalít Kamenín a Žiar nad Hronom a spodné horizonty profilu lokality Iža..

Vývoj slancovania - alkalizácie pôd

Slancovanie - alkalizáciu pôd za obdobie posledných 8 rokov (2000-2007) hodnotíme podľa obsahu výmenného sodíka (ESP) a pôdnej reakcie (pH).

Slancovanie pôd definované obsahom výmenného sodíka nad 5 % (ESP>5%) udáva Tab.5 a Obr.3a-g. Z jej údajov vyplýva, že tento proces je prítomný vo všetkých monitorovaných pôdach a v porovnaní s procesom zasoľovania je výraznejší – dominantný. V monitorovaných pôdach je slancovanie prítomné v troch vývojových štádiách.

Slabé slancovanie (ESP 5-10 %) prebieha v pôdach lokalít Iža, Gabčíkovo a Zemné, pričom na stanovištiach Iža a Gabčíkovo je prítomné v hĺbkach pôdneho profilu pod 0,5 m - takzvané hlboké slancovanie, na stanovišti Zemné je už pod ornou v hĺbke 0,35 m. Pokročilejší stupeň – slancovanie sa začína vyvíjať na stanovištiach Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce, kde posledných 4 – 5 rokov v substrátových horizontoch zaznamenávame hodnoty ESP nad 10 %, pričom proces slancovania je prítomný už od hĺbky 0,4 m.

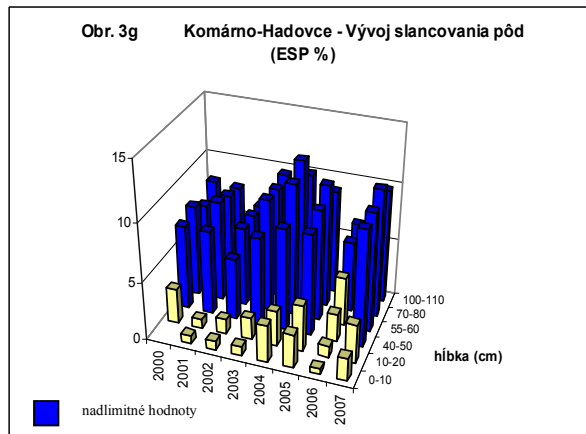
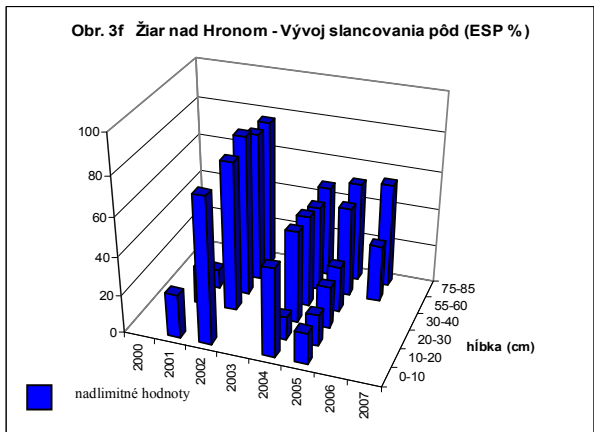
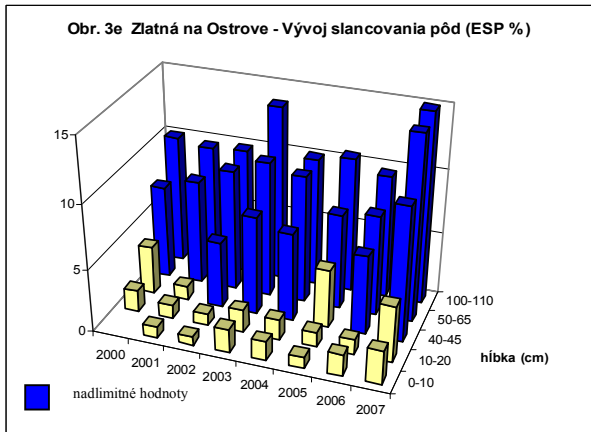
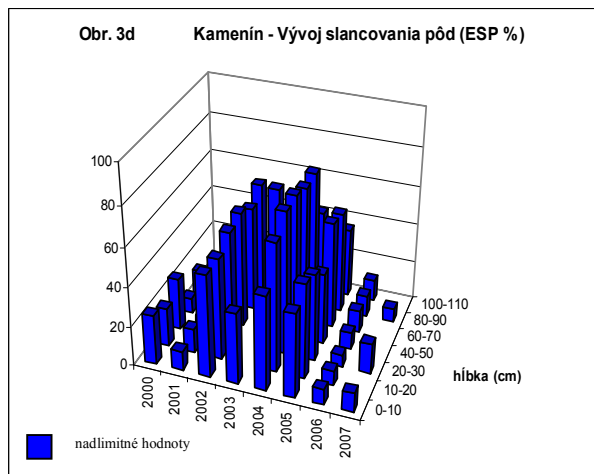
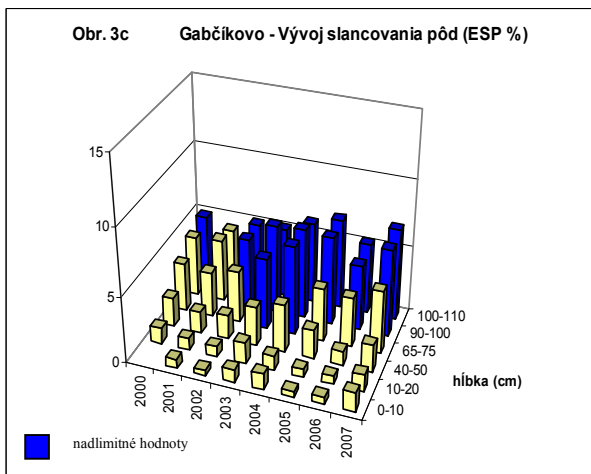
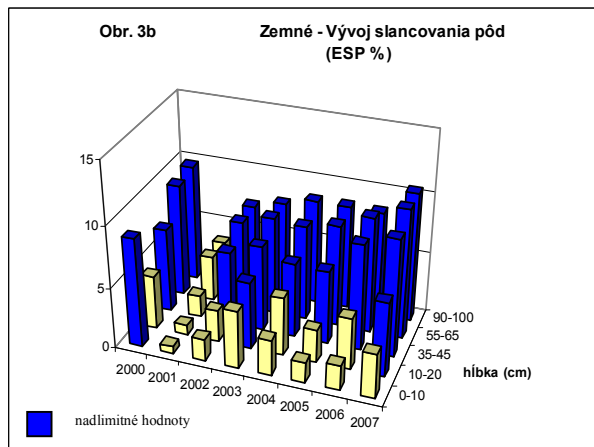
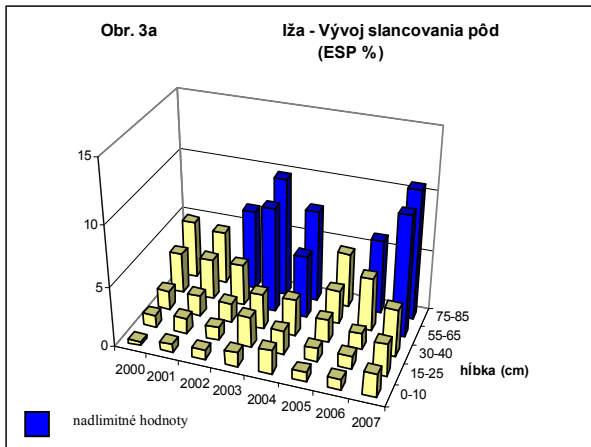
Alkalizácia pôd definovaná pôdnou reakciou pH>7,3 je zhrnutá v Tab.5 a Obr.4a-g. Z nameraných hodnôt vyplýva, že pôdna reakcia monitorovaných pôd a horizontov je

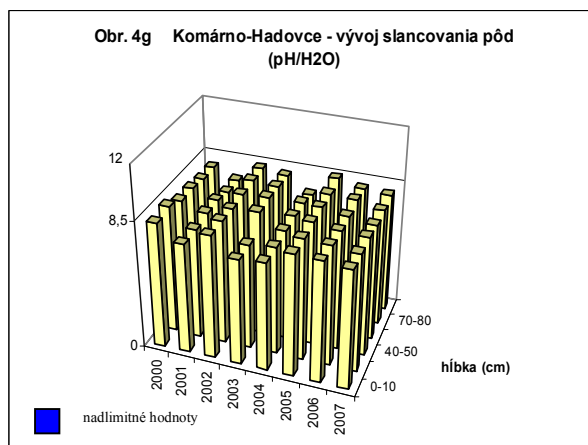
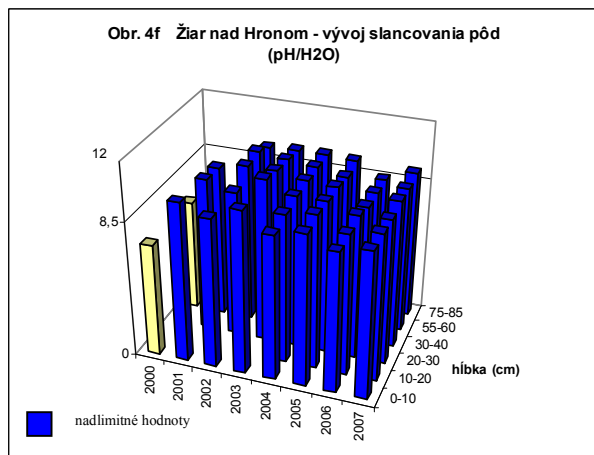
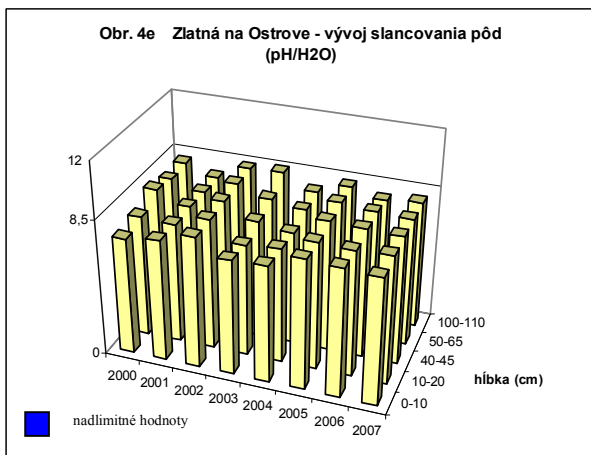
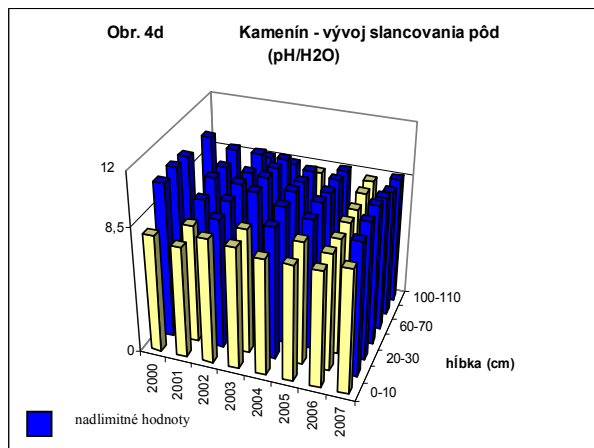
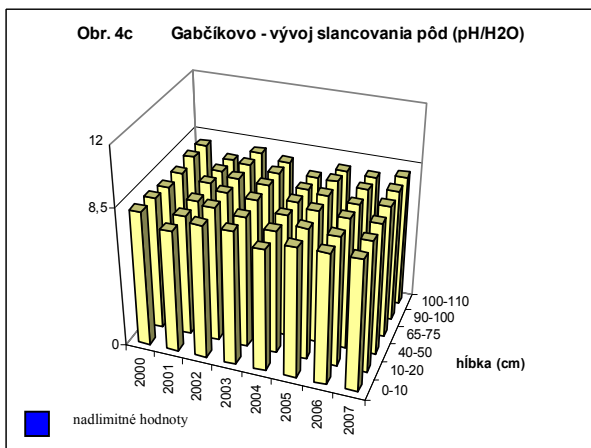
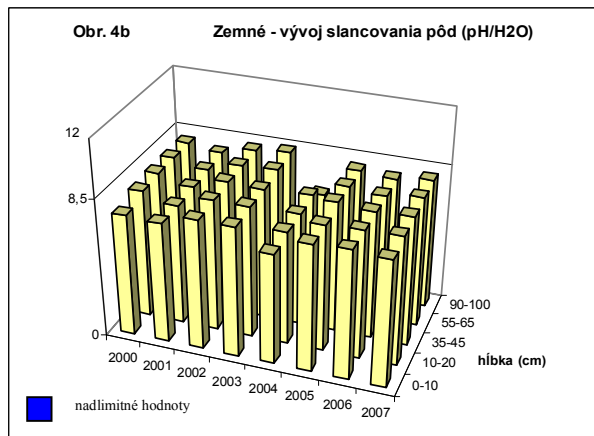
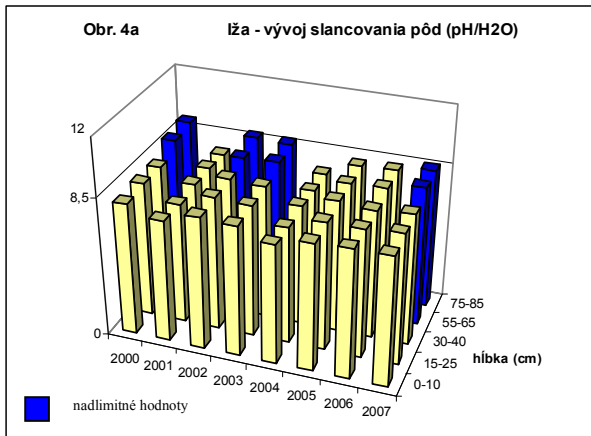
alkalická a silno alkalická (pH 7,3 – 10). Len ojedinele sme zaznamenali neutrálnu pôdnu reakciu.

Tab. 5 Vývoj slaniskovania - alkalizácie

Lokalita číslo	Horizont (cm)	Hĺbka (cm)	pH/H ₂ O									ESP (%)						
			2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
400180 Iža	Am(s)	0-10	8,1	7,5	8,1	8,0	7,3	7,8	7,9	7,9	0,3	0,7	0,8	1,2	2,0	0,8	0,9	1,9
		15-25	8,3	7,4	8,2	8,1	7,2	7,9	7,9	8,1	1,0	1,3	1,1	2,5	2,0	1,1	1,1	2,7
	CGo(n)	30-40	8,3	7,6	8,3	8,2	7,4	8,1	7,9	8,1	1,6	1,7	1,6	2,9	3,0	1,9	1,3	3,9
		55-65	9,0	7,6	8,6	8,7	7,3	8,1	8,2	8,6	3,4	3,4	3,4	8,7	5,2	2,8	4,4	10,0
		75-85	9,2	7,5	8,9	8,8	7,3	8,2	8,3	8,6	4,8	4,4	6,7	9,8	7,6	4,5	6,1	10,8
400176 Gabčíkovo	Am	0-10	8,2	7,4	8,1	8,1	7,4	7,9	7,9	7,9		0,7	0,4	1,0	1,2	0,4	0,5	1,4
		10-20	8,1	7,4	8,2	8,0	7,5	8,0	7,9	8,0	1,2	0,9	0,8	1,6	1,1	0,6	0,6	1,3
	A/CGr(s)	40-50	7,9	7,4	8,2	8,1	7,5	8,1	8,0	8,0	2,2	1,6	1,8	2,9	3,6	2,2	1,1	2,1
		CGr(s)	65-75	7,9	7,6	8,2	8,1	7,4	8,1	7,9	8,1	3,6	3,4	3,9	5,4	6,7	4	3,7
	CGr(s)n	90-100	8,1	7,5	8,2	8,0	7,3	8,1	7,9	8,1	4,5	4,7	5,2	6,6	6,8	6,6	5,0	6,6
		100-110	8,0	7,4	8,1	7,8	7,2	7,9	7,8	8,1	5,0	4,3	5,2	5,2	6,1	6,8	5,4	6,9
400172 Zlatná na Ostrove	Am	0-10	7,3	7,6	8,2	7,2	7,3	8,1	8,0	7,9	-	0,9	0,7	1,9	1,5	0,9	1,7	2,6
		10-20	7,6	7,5	8,2	7,0	7,2	8,0	7,9	8,0	1,7	1,1	0,9	1,8	1,6	1,2	1,2	4,4
	A/CGo(n)	40-45	8,3	7,6	8,3	7,4	7,1	8,2	8,1	8,0	3,8	1,1	5,2	7,7	6,9	4,6	6,2	10,5
		CGo(s)n	50-65	8,0	7,5	8,4	7,8	7,5	8,3	8,1	8,0	7,3	8,2	9,5	10,6	10,0	7,5	7,9
	100-110	8,1	7,5	8,4	8,5	7,6	8,3	7,8	8,0	10,1	9,7	9,9	13,7	10,1	10,6	9,7	16,1	
400178 Komárno - Hadovce	Am	0-10	8,3	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,9		0,7	0,8	0,8	3,2	2,9	0,5	2,0
		10-20	8,5	7,3	8,2	7,0	7,2	8,1	8,0	7,8	3,0	0,8	1,3	1,9	3,0	4	1,0	3,4
	A/CGo(s)	40-50	8,0	7,5	8,1	8,2	7,3	8,2	8,0	7,9	7,3	7,3	5,3	7,6	8,8	8,8	2,4	10,1
		CGo sn	55-60	8,0	7,5	8,2	8,3	7,4	8,3	8,0	7,7	7,9	8,7	6,8	9,7	11,4	9,6	4,2
	70-80	7,8	7,2	8,3	8,2	7,4	8,3	8,2	7,9	6,9	8,2	6,8	9,5	12,3	10,6	6,1	11,0	
		100-110	7,8	7,2	8,3	8,1	7,1	8,5	8,1	8,0	8,0	7,8	6,5	9,7	10,1	9	6,5	9,9
400179 Zemné	Am(sn)	0-10	7,5	7,4	8,0	8,0	6,8	7,8	7,9	7,8	8,9	0,6	1,8	4,7	2,9	1,7	2,0	3,6
		10-20	7,9	7,4	8,1	8,1	7,0	7,8	7,9	8,0	4,4	0,8	2,6	5,5	4,8	2,7	4,3	6,1
	A/CGo(sn)	35-45	8,0	7,5	8,2	8,1	7,0	8,1	7,9	8,0	6,9	1,8	6,0	7,0	6,1	6	8,7	9,6
		CGr(s)n	55-65	8,0	7,6	8,2	8,3	7,1	8,0	7,8	8,1	9,3	3,7	7,2	8,0	7,8	8,3	9,5
	90-100	8,0	7,7	8,2	8,4	6,1	8,0	7,8	8,1	9,7	3,6	7,2	7,9	8,6	8,6	8,5	10,6	
400138 Kamenín	Am sn	0-10	7,9	7,5	8,4	8,2	7,8	7,8	7,8	8,3	25,1	9,8	52,0	36,2	48,1	42,9	8,0	9,7
		10-20	10,4	8,0	8,7	8,4	8,9	8,3	7,9	9,0	20,1	12,4	51,6	-	65,5	48,6	7,5	-
		20-30	10,6	8,8	9,0	9,9	9,3	8,8	7,9	9,3	26,9	10,1	57,0	-	72,6	44,3	6,2	15,6
		40-50	10,5	9,4	9,3	10,0	9,4	9,0	8,0	9,4	8,0	12,1	59,1	-	73,2	36,4	8,9	-
	CSn	60-70		9,3	9,2	9,8	9,2	8,8	8,0	9,1	14,7	9,1	53,5	66,4	69,5	54,4	11,4	-
		80-90	10,3	9,7	9,7	9,6	9,1	8,8	8,2	8,6		6,3	58,8		69,9	51,4	10,8	6,9
400063 Žiar nad Hronom	Asm	0-10	7,0	9,9	9,3	10,1	9,0	9,4	8,7	9,1	-	22,9	75,6	-	46,3	16,5	-	-
		10-20	-	-	-	-	9,3	9,6	8,8	9,2	-	-	-	-	11,8	16,4	-	-
	Gro sn	20-30	-	9,6	9,1	10,2	9,5	9,5	9,0	9,1	-	19,3	77,2	-	47,9	22	-	-
		30-45	7,0	9,5	9,9	9,9	9,6	9,5	8,6	9,3	-	10,0	82,9	-	47,4	23,8	-	-
		55-65	-	-	10,0	9,8	9,6	9,3	8,6	9,2	-	-	77,0	-	44,4	46,9	29,6	-
		70-85	-	-	9,5	9,6	9,6	9,5	8,6	9,3	-	-	76,8	-	47,4	51,9	54,2	-

Poznámka: ESP – obsah výmenného sodíka v sorpčnom komplexe pôdy
údaje vyznačené tučne signalizujú prítomnosť soľných procesov





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

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 slaniskovania a slancovania (Tab.4 a 5, Obr. 1 - 4) vidieť, že celkový vývoj soľných pôd nie je v priestore a čase lineárny. Namerané hlavné charakteristiky vývoja soľných pôd (obsah solí, E_{ce}, 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 2007 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 2007 (tabuľka 6) 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 sódového zasolenia.

Tab. 6 Chemické vlastnosti podzemných vôd významné pre vznik a vývoj soľných pôd v roku 2007

Lokalita	mesiac merania	pH	EC	RL ₁	RL ₂	CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	SAR
			mS.m ⁻¹											
Iža 400180	V	7,5	141	1000	807	6,3	231,0	71,6	392,0	121,4	59,7	111,3	1,8	2,07
	X	7,6	119	908	720	0,0	498,0	79,9	259,0	121,5	59,6	100,7	2,3	1,87
Zemné 400179	V	7,4	132	991	730	9,5	183,0	126,0	288,5	191,4	33,7	43,7	1,6	0,77
	X	7,5	127	1094	778	0,0	437,0	129,0	234,0	195,9	38,3	51,7	1,8	0,88
Gabčíkovo 400176	V	7,4	81	668	479	3,2	112,0	33,6	273,5	117,9	30,7	8,2	1,9	0,17
	X	7,8	78	697	470	0,0	266,0	36,8	193,0	116,1	33,7	9,6	2,5	0,20
Zlatná na Ostrove 400177	V	7,4	188	1257	1045	6,3	234,0	95,3	451,0	112,4	45,6	261,7	2,3	5,26
	X	7,5	155	1247	1011	0,0	718,0	95,5	374,0	125,2	47,7	261,8	2,7	5,05
Komárno-Hadovce 400178	V	7,2	220	1496	1295	0,0	413,0	122,0	491,5	158,2	71,8	267,4	2,4	4,43
	X	7,4	199	1486	1186	0,0	882,0	121,0	387,0	140,3	78,2	278,0	3,0	4,66

Z hľadiska hodnôt EC je riziko vzniku a rozvoja soľných pôd pomerne nízke na väčšine monitorovaných lokalít, len na lokalite Kamenín presiahla jej hodnota kritickú hranicu 200 mS.m⁻¹. Celkový obsah solí dosiahol rizikové hodnoty na lokalitách Kamenín a Zlatná na Ostrove a hodnota SAR indikujúca riziko sódového zasolenia bola mierne prekročená na lokalite Zlatná na Ostrove.

Obsah jednotlivých iónov v chemickom zložení podzemných vôd signalizuje charakter možného zasoľovania pôd. Vyššie zastúpenie aniónov SO_4^{2-} a Cl^- vytvára podmienky pre rozvoj sulfátového prípadne chloridosulfátového zasoľovania. Riziko rozvoja sódového zasoľovania v lokalitách Zlatná na Ostrove a Komárno-Hadovce signalizuje aj zvýšený obsah iónov HCO_3^- ($> 500 \text{ mg.l}^{-1}$), sodíka ($> 250 \text{ mg.l}^{-1}$) a SAR (> 5).

Záver

Výsledky monitoringu soľných pôd v roku 2007 a ich analýza (Tabuľky 2 – 6, obrázky 1) sú s malými odchýlkami zhodné s výsledkami predchádzajúcich rokov. Na monitorovanom území súčasne prebieha slaniskovanie a slancovanie, pričom slancovanie je výraznejšie a dominantné. Významne to potvrdzujú hodnoty ESP nad 10 % namerané v roku 2007 v slabo slancových. Opakovane sme tu zaznamenali zreteľnú zmenu slabo slancovej pôdy na slancovú resp. zmenu prvého stupňa slancovania na jeho stredný stupeň.

Z hľadiska rizikovosti vzniku, rozširovania a rozvoja soľných pôd, charakterizovaného chemickým zložením podzemných vôd (tabuľka 6) je takéto riziko najreálnejšie na dolnej časti Žitného ostrova v úseku Zlatná na Ostrove – Komárno. Svedčia o tom vyššie hodnoty elektrickej vodivosti ($> 200 \text{ mS.m}^{-1}$), vysoká mineralizácia podzemných vôd ($> 1000 \text{ mg.l}^{-1}$), vysoký obsah sodíka (Na^+ , $> 250 \text{ mg.l}^{-1}$), vysoký obsah hydrogénuhličitanových iónov (HCO_3^- , $> 500 \text{ mg.l}^{-1}$) ako aj sodíkový adsorpčný pomer (SAR, > 5), ktorý indikuje reálne podmienky pre vznik sódového zasoľovania, ktoré patrí k najhoršiemu druhu soľných pôd.

Literatúra

- Fulajtár, E., 1996: Prognóza zasoľovania pôd Podunajskej roviny. VÚPU, Bratislava
Hraško, J. a kol., 1962: Rozbory pôd. Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry, Bratislava
Sotáková, S., a kol., 1988: Návod na cvičenie z pôdoznalectva, Príroda, Bratislava
Valla, M., a kol., 1983: Cvičení z půdoznalství II., SPN, Praha

3.4 Difúzna kontaminácia pôd

V roku 2007 boli odobrané, spracované, analyzované a vyhodnotené pôdne vzorky kľúčových lokalít (rok odberu 2007) zo Základnej siete ČMS – pôda. Sú to kľúčové lokality:

- Topoľníky (400 100)
- Liesek (400 332)
- Stakčín (400 333)
- Voderady (400 114)
- Dvorníky (400 023)
- Raková (400 059)
- Malanta (400 334)
- Nacina Ves (400 223)
- Istebné (400 092)
- Žiar nad Hronom (400 003)
- Krompachy (400 335)
- Koš (400 062)
- Moravský Ján (400 111)
- Macov 1 (400 336)
- Macov 2 (400 337)
- Chopok (400 338)
- Jelšava (400 250)
- Donovaly (400 013)
- Sihla (400 055)
- Sitno (400 340)
- Spišská Belá (400 322)

Na týchto lokalitách je každoročne vyhodnocovaný a sledovaný vývoj obsahu vybraných monitorovaných rizikových prvkov (rozklad lúčavkou kráľovskou).

Stručná charakteristika monitorovaných lokalít

Dolné Topoľníky (400 100) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá fluvizem kultizemná karbonátová na fluviálnych sedimentoch.

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

Stakčín (400 333) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej kultizemný na polygenetických sprašových hlinách. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit pre Co podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

Voderady (400 114) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá černozem kultizemná karbonátová na spraši.

Dvorníky (400 023) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá fluvizem kultizemná nekarbonátová na fluviálnych sedimentoch. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit v lúčavke kráľovskej pre Cd, Cu, Pb a Zn a aj limitné hodnoty Cd a Zn vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho boli prekročené podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1, 2).

Raková (400 059) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá kambizem na flyši. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit pre Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

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

Istebné (400 092) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá kambizem pseudoglejová na flyši

Žiar n/Hronom - Horné Opatovce (400 003) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá luvizem pseudoglejová na polygenetických sprašových hlinách.

Kropachy (400 335) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá kambizem na kyslých substrátoch a pestrých bridliciach. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit v lúčavke kráľovskej pre As, Cd, Cu, Pb a Zn a aj limitné hodnoty Cd, Cu, Pb a Zn vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda vo výluhu 1mol/l dusičnanu amónneho boli prekročené podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1, 2).

Koš (400 062) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej kultizemný nasýtený na polygenetických sprašových hlinách. Pôdna lokalita má zvýšený obsah As (tab. č. 1).

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

Macov 1 (400 336) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá čiernica na karbonátových fluviálnych sedimentoch

Macov 2 (400 337) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá čiernica na karbonátových fluviálnych sedimentoch

Chopok (400 338) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý ranker na kyslých substrátoch – vysokohorská poloha nad hornou hranicou lesa. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit pre Cd, Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

Jelšava (400 250) - na monitorovanej lokalite je vyvinutý pseudoglej luvizemný kultizemný nasýtený na svahovinách s nekarbonátovými balvanmi

Donovaly (400 013) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá rendzina kambizemná. Pôdna sonda má prekročený hygienický limit pre As, Cd, Pb a Zn podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

Sihla (400 055) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá kambizem na kyslých substrátoch . Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit pre Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

Sitno (400 340) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá andozem na vulkanitoch. Pôdna lokalita má prekročený hygienický limit pre Cd, Pb podľa Z.z. 220/2004 (tab. č. 1).

Spišská Belá (400 322) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá čiernica na nekarbonátových fluviálnych sedimentoch.

Nacina Ves (400 223) - na monitorovanej lokalite je vyvinutá fluvizem glejová nekarbonátová na fluviálnych sedimentoch.

Sledované parametre a metódy analýz

V monitorovanom systéme ČMS - pôda bol vyhodnotený vývojový trend hygienického stavu pôd pre obsah rizikových prvkov As, Cd, Cr Cu, Ni, Pb, Zn (rozklad lúčavkou kráľovskou) za rok 2002 až 2007.

Pri prekročení limitných hodnôt rizikových prvkov As, Cd, Cu, Ni, Pb, Zn sa v zmysle naplnenia Z. z. 220/2004 vzorky analyzovali vo výluhu 1mol/dm³ dusičnanu amónneho.

Dosiahnuté výsledky

Priemerné obsahy určených rizikových prvkov pre hodnotené kľúčové lokality za sledované obdobie rokov 2002 až 2007 sú uvedené v tab. č. 1. Pričom prekročené limitné hodnoty sa v zmysle naplnenia Z. z. 220/2004 analyzovali vo výluhu 1mol/dm³ dusičnanu amónneho (tab.č.2).

Tab. 1 Hodnoty rizikových prvkov v lúčavke kráľovskej

Piesčito-hlinitá, hlinitá pôda		Rozklad lúčavkou kráľovskou							
		mg/kg							
Lokalita	IČS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
pH(CaCl ₂) > 6	Limit	25	0,7	15	70	60	50	70	150
pH(CaCl ₂) < 6 ₍₁₎	Limit	25	0,4	15	70	60	40	70	100
pH(CaCl ₂) < 5 ₍₂₎	Limit	25	0,4	15	70	60	40	25	100
Topoľníky	400 100	11,42	0,26	9,6	50	30,38	30,86	18,37	79,86
Liesek ₍₂₎	400 332	6,80	0,20	4,20	35,12	9,99	12,60	18,01	46,47
Stakčín	400 333	7,02	0,18	15,55	44,44	25,39	26,25	23,17	80,08
Voderady	400 114	8,79	0,23	8,04	40,23	22,72	25,72	16,26	67,18
Dvorníky	400 023	11,45	9,08	9,79	26,92	105,14	10,26	1156,33	1154,32
Raková ₍₂₎	400 059	6,38	0,37	10,77	53,03	19,97	33,25	26,69	78,39
Malanta ₍₁₎	400 334	7,5	0,2	9,96	35,87	21,7	24,04	17,95	60,2
Istebné	400 092	6,58	0,11	8,79	47,4	17,39	23,33	16,7	66,75
Žiar nad Hronom ₍₁₎	400 003	16,06	0,24	9,33	29,93	16,02	14,44	36,67	66,66
Krompachy ₍₁₎	400 335	90,38	1,14	10,6	42,13	278,09	22,37	90,13	362,94
Koš	400 062	13,87	0,08	7,38	33,16	13,41	15,62	15,92	53,73
Moravský Ján ₍₂₎	400 111	2,15	0,06	2,46	9,98	6,67	5,48	9,19	26,36
Macov 1	400 336	7,53	0,44	7,4	38,14	21,4	22,48	13,62	65,79
Macov 2	400 337	8,76	0,46	7,25	39,22	21,56	23,42	15,48	65,21
Chopok ₍₂₎	400 338	9,77	0,42	0,1	25,27	9,19	6,2	83,06	28,39
Jelšava	400 250	10,67	0,08	8,41	37,71	13,45	15,18	25,75	71,07
Donovaly	400 013	25,39	1,45	5,03	4,37	25,74	17,98	83,72	168,82
Sihla ₍₂₎	400 055	5,89	0,12	2,72	15,21	8,74	4,09	40,12	53,54
Sitno ₍₂₎	400 340	8,05	0,48	7,5	20,68	27,4	10,1	91,55	117,36
Spišská Belá	400 322	9,48	0,21	10,11	43,39	22,22	28,6	21,67	68,84
Ílovito-hlinitá, íl		Rozklad lúčavkou kráľovskou							
(mg/kg)	Limit	30	1	20	90	70	60	115	200
Lokalita	IČS	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Nacina Ves	400 223	9,88	0,33	14,52	79,91	37,66	56,51	23,39	104,6

limity - podľa Z.z. 220/2004 – o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Tab. 2 Hodnoty vo výluhu 1mol/dm³ dusičnanu amónneho

	IČS	mg/kg					
		As	Cd	Cu	Ni	Pb	Zn
Lokalita	Limit	0,4	0,1	1	1,5	0,1	2
Dvorníky	400 023	-	0,38	0,29	-	0,22	9,08
Krompachy	400 335	0,03	0,26	1,67	-	0,29	24,3

limity - podľa Z.z. 220/2004 – o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov

Vyhodnotenie vybraných kľúčových lokalít za obdobie rokov 2002 až 2007

Vo vybraných kľúčových lokalitách za monitorované 6-ročné obdobie sa sledovala zmena obsahu určených rizikových prvkov v A- horizonte (hĺbka odberu 0-10cm). Stanovila sa priemerná (X_p), minimálna (X_{min}) a maximálna hodnota (X_{max}) obsahu rizikového prvku a koeficient variácie za sledované obdobie.

Kľúčová lokalita – Topoľníky (400 100)

Tab. 3 Základná popisná štatistika na lokalite Topoľníky

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,75	0,09	1,85	4,51	6,78	4,54	4,37	12,27
Priemerný obsah	11,42	0,26	9,60	50,00	30,83	30,86	18,37	79,86
Koeficient variability %	6,59	35,49	19,28	9,03	22,01	14,70	23,81	15,36
Minimálna hodnota	10,50	0,15	7,10	45,25	21,10	25,00	11,50	61,95
Maximálna hodnota	12,77	0,38	11,40	58,37	37,99	36,18	21,92	93,52

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 11,42 mg/kg a pohybuje sa od 10,5 do 12,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,59% (tab. č. 3 a obr. č. 1).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,26 mg/kg a pohybuje sa od 0,15 do 0,38 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 35,49% (tab. č. 3 a obr. č. 3).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,6 mg/kg a pohybuje sa od 7,1 do 11,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19,28% (tab. č. 3 a obr. č. 1).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 50,0 mg/kg a pohybuje sa od 45,25 do 58,37 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,03% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 30,83 mg/kg a pohybuje sa od 21,1 do 37,99 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22,01% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 30,86 mg/kg a pohybuje sa od 25,0 do 36,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14,7% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

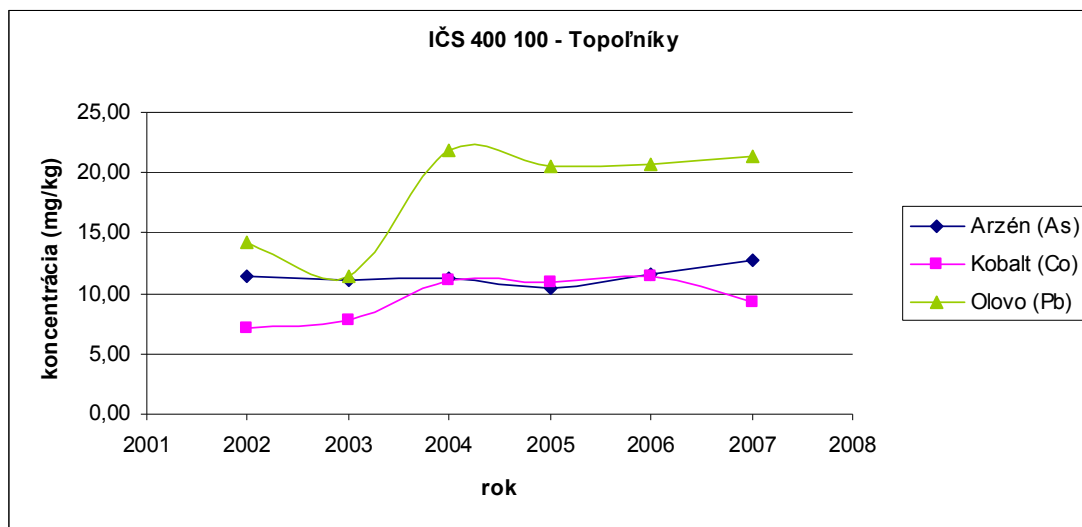
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 18,37 mg/kg a pohybuje sa od 11,5 do 21,92 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 23,8% (tab. č. 3 a obr. č. 1).

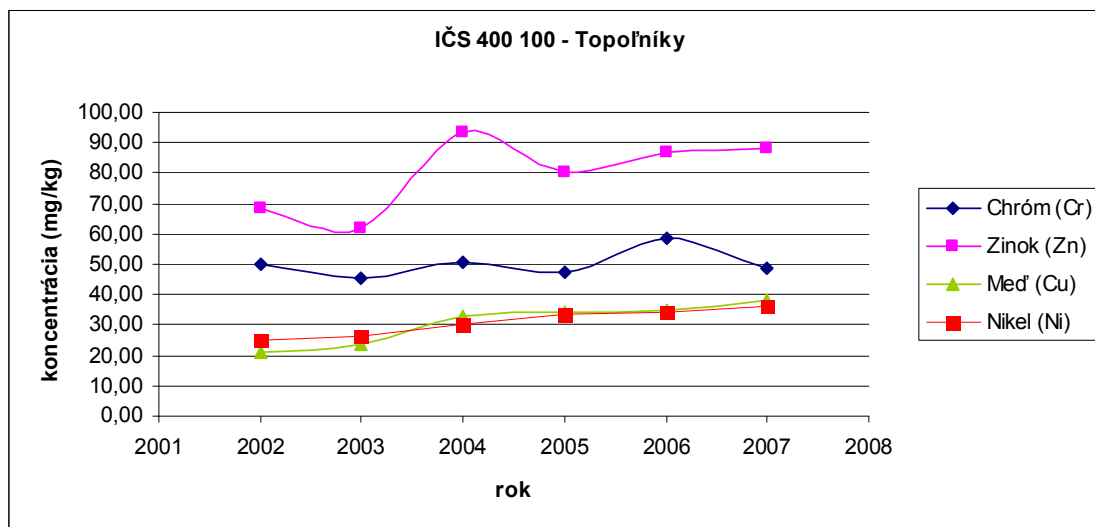
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 79,86 mg/kg a pohybuje sa od 61,95 do 93,52 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,36% (tab. č. 3 a obr. č. 2).

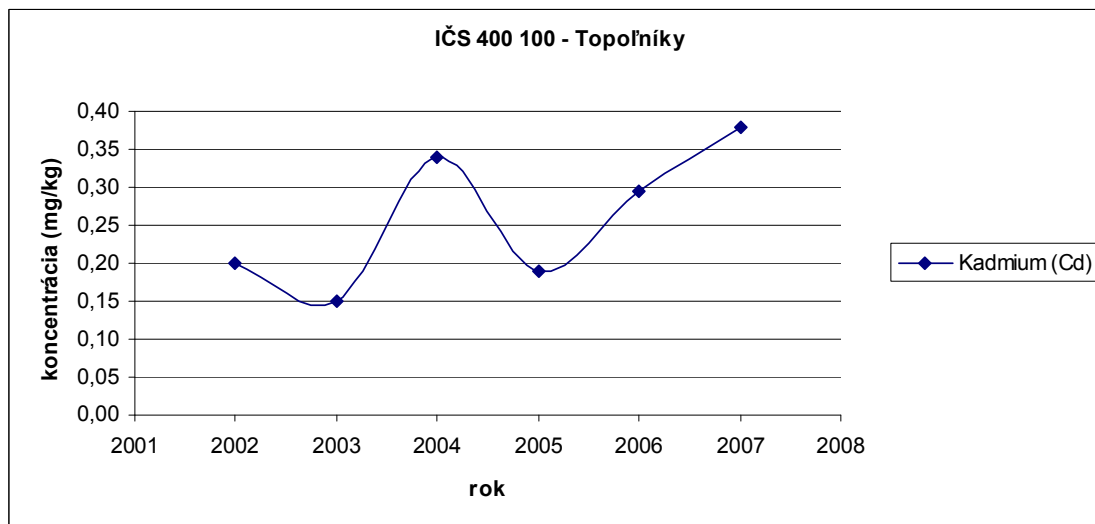
Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3



Kľúčová lokalita – Liesek (400 332)

Tab. 4 Základná popisná štatistika na lokalite Liesek

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,64	0,05	1,13	4,12	1,62	1,64	1,33	1,83
Priemerný obsah	6,80	0,20	4,20	35,12	9,99	12,60	18,01	46,47
Koeficient variability %	9,40	26,42	27,03	11,73	16,27	13,00	7,38	3,93
Minimálna hodnota	5,62	0,12	2,04	28,67	7,78	9,97	15,80	44,05
Maximálna hodnota	7,33	0,25	5,22	40,50	12,13	14,60	19,38	48,52

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,8 mg/kg a pohybuje sa od 5,62 do 7,33 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,4% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,2 mg/kg a pohybuje sa od 0,12 do 0,25 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 26,42% (tab. č. 4 a obr. č. 6).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 4,2 mg/kg a pohybuje sa od 2,04 do 5,22 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27,03% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 35,12 mg/kg a pohybuje sa od 28,67 do 40,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,73% (tab. č. 4 a obr. č. 5).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 9,99 mg/kg a pohybuje sa od 7,78 do 12,13 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,27% (tab. č. 4 a obr. č. 5).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 12,6 mg/kg a pohybuje sa od 9,97 do 14,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13% (tab. č. 4 a obr. č. 5).

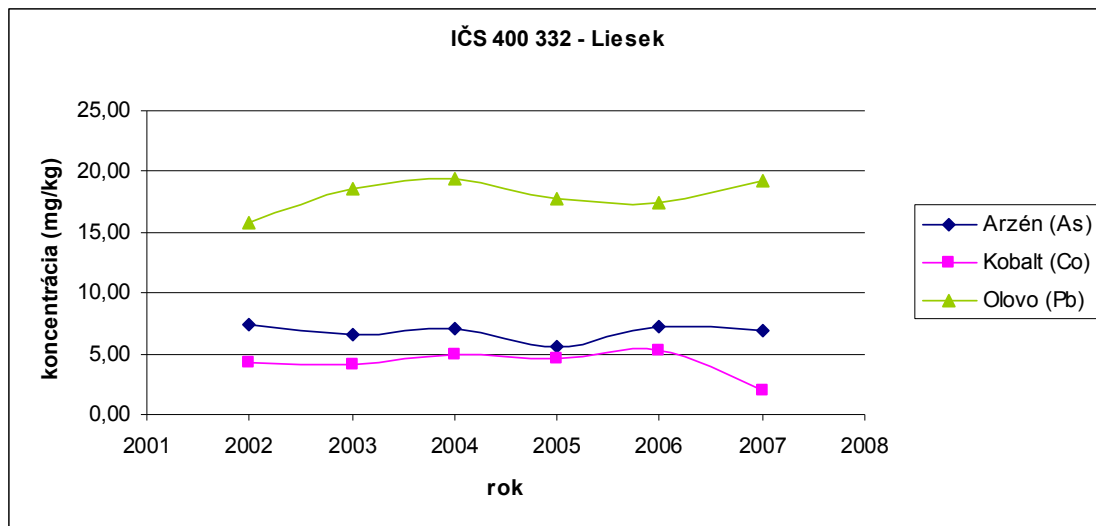
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 18,01 mg/kg a pohybuje sa od 15,8 do 19,38 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7,38% (tab. č. 4 a obr. č. 4).

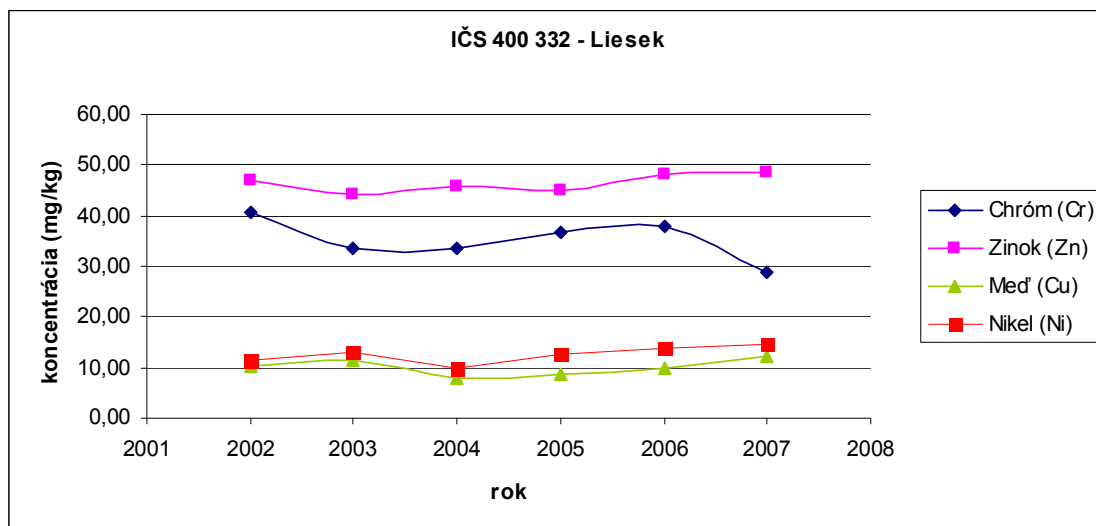
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 46,47 mg/kg a pohybuje sa od 44,05 do 48,52 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 3,9% (tab. č. 4 a obr. č. 5).

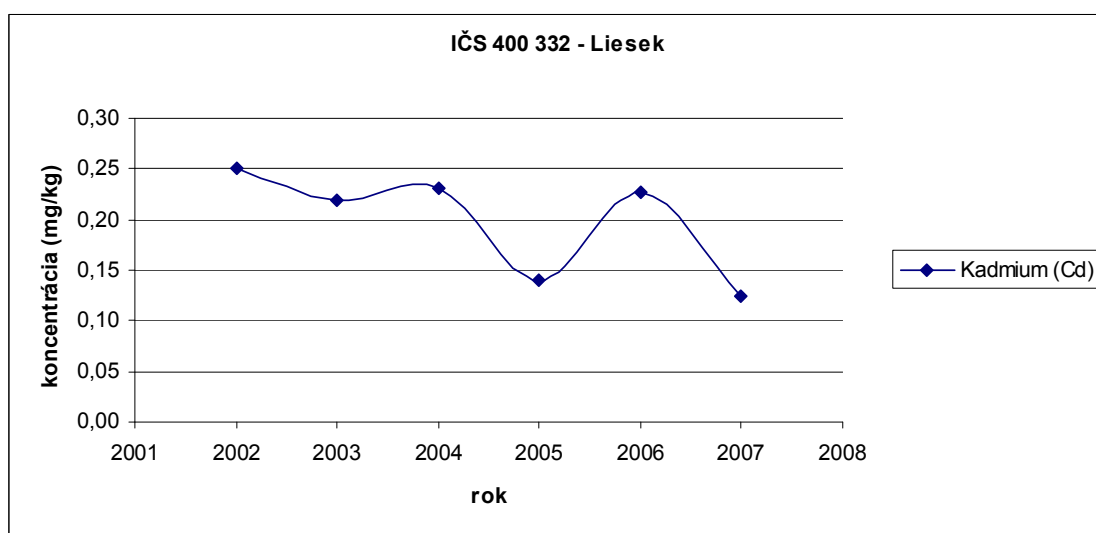
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Kľúčová lokalita – Stakčín (400 333)

Tab. 5 Základná popisná štatistika na lokalite Stakčín

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,82	0,05	2,04	6,01	3,75	2,63	2,91	3,65
Priemerný obsah	7,02	0,18	15,55	44,44	25,39	26,25	23,17	80,08
Koeficient variability %	11,62	29,93	13,13	13,52	14,75	10,02	12,58	4,56
Minimálna hodnota	6,11	0,10	12,45	37,09	19,90	22,80	19,00	73,40
Maximálna hodnota	8,28	0,25	17,70	54,12	29,81	29,50	26,62	83,22

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,02 mg/kg a pohybuje sa od 6,11 do 8,25 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,62% (tab. č. 5 a obr. č. 7).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,18 mg/kg a pohybuje sa od 0,1 do 0,25 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 29,93% (tab. č. 5 a obr. č. 9).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 15,55 mg/kg a pohybuje sa od 12,45 do 17,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,13% (tab. č. 5 a obr. č. 7).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 44,44 mg/kg a pohybuje sa od 37,09 do 54,12 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,52% (tab. č. 5 a obr. č. 8).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 25,39 mg/kg a pohybuje sa od 19,9 do 29,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14,75% (tab. č. 5 a obr. č. 8).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 26,25 mg/kg a pohybuje sa od 22,8 do 29,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,02% (tab. č. 5 a obr. č. 8).

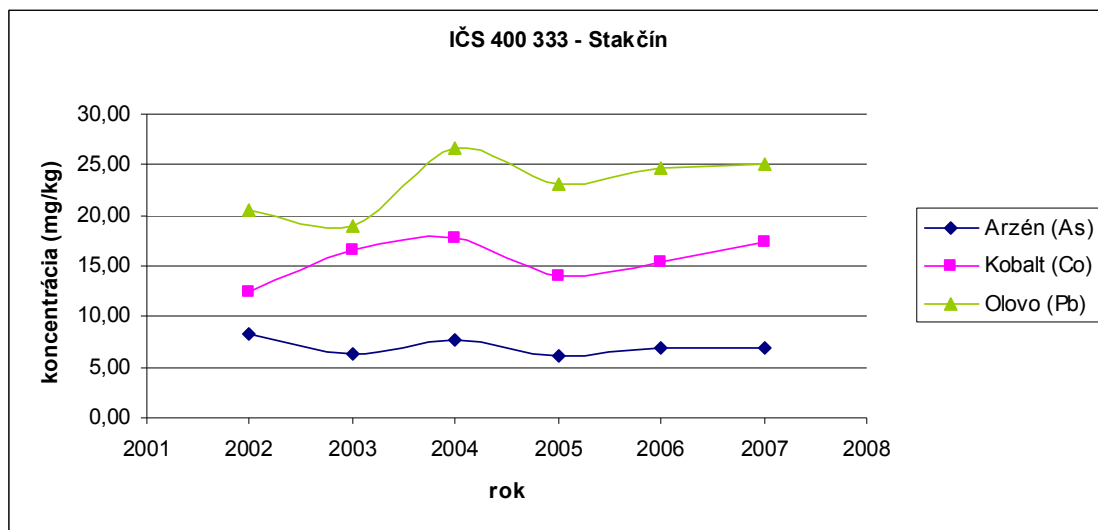
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 23,17 mg/kg a pohybuje sa od 19,0 do 26,62 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,58% (tab. č. 5 a obr. č. 7).

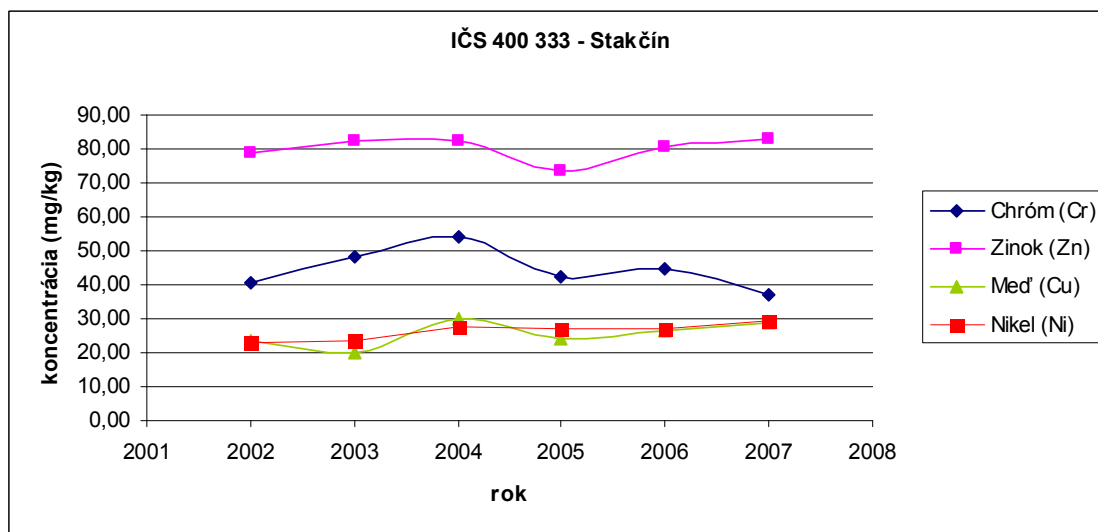
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 80,08 mg/kg a pohybuje sa od 73,4 do 83,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 4,56% (tab. č. 5 a obr. č. 8).

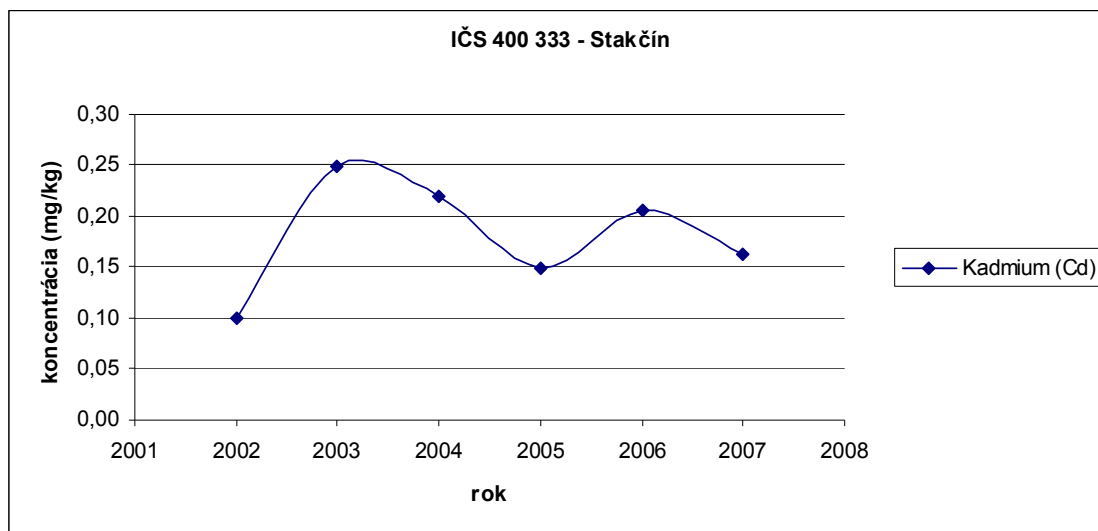
Obr. 7



Obr. 8



Obr. 9



KPúčová lokalita – Voderady (400 114)

Tab. 6 Základná popisná štatistika na lokalite Voderady

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,43	0,07	1,36	3,48	2,75	2,08	2,11	6,61
Priemerný obsah	8,79	0,23	8,04	40,23	22,72	25,72	16,26	67,18
Koeficient variability %	4,90	31,21	16,97	8,64	12,12	8,09	12,95	9,83
Minimálna hodnota	8,29	0,13	6,65	35,57	19,85	23,00	12,50	57,50
Maximálna hodnota	9,43	0,35	9,97	45,50	27,60	29,24	17,88	76,30

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 8,79 mg/kg a pohybuje sa od 8,29 do 9,43 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 4,9% (tab. č. 6 a obr. č. 10).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,23 mg/kg a pohybuje sa od 0,13 do 0,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 31,21% (tab. č. 6 a obr. č. 12).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,04 mg/kg a pohybuje sa od 6,65 do 9,97 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,97% (tab. č. 6 a obr. č. 10).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 40,23 mg/kg a pohybuje sa od 35,57 do 45,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,64% (tab. č. 6 a obr. č. 11).

Med'

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 22,72 mg/kg a pohybuje sa od 19,85 do 27,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,12% (tab. č. 6 a obr. č. 11).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 25,72 mg/kg a pohybuje sa od 23,0 do 29,24 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,09% (tab. č. 6 a obr. č. 11).

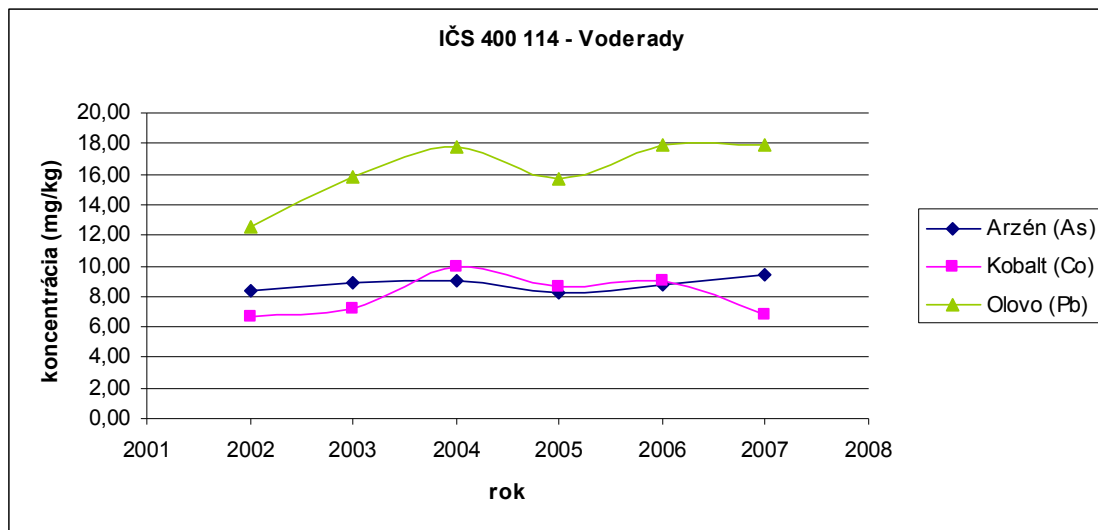
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 16,26 mg/kg a pohybuje sa od 12,5 do 17,88 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,95% (tab. č. 6 a obr. č. 10).

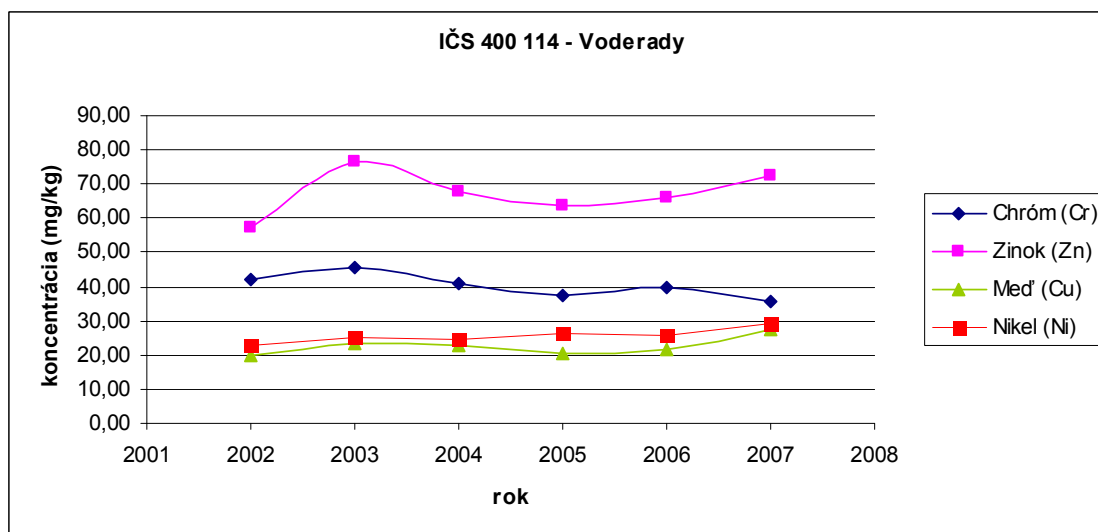
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 67,18 mg/kg a pohybuje sa od 57,5 do 76,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,83% (tab. č. 6 a obr. č. 11).

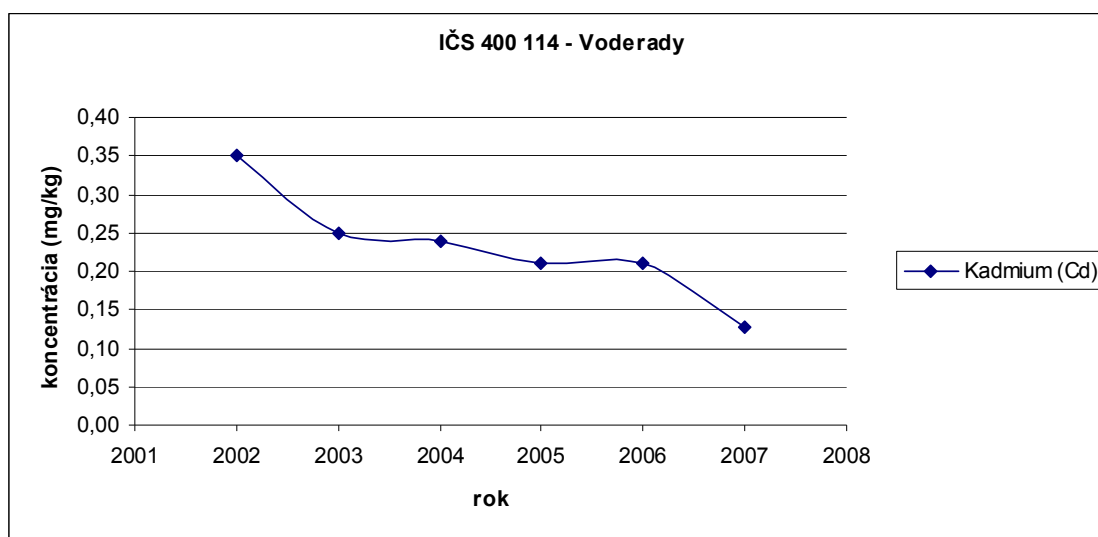
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Kľúčová lokalita – Dvorníky (400 023)

Tab. 7 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky v lúčavke kráľovskej

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,78	0,81	1,76	1,82	1,24	1,30	81,14	49,22
Priemerný obsah	11,45	9,08	9,79	26,92	105,14	10,26	1156,33	1154,32
Koeficient variability %	6,80	8,87	17,95	6,76	1,18	12,65	7,02	4,26
Minimálna hodnota	10,46	8,60	7,25	24,72	103,92	8,35	1075,20	1105,50
Maximálna hodnota	12,27	10,67	11,43	28,70	106,80	11,71	1277,41	1233,93

Tab. 8 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky pre výluh 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho

(mg/kg)	As	Cd	Cu	Pb	Zn
2004	-	0,50	0,38	0,48	-
2005	-	0,27	0,26	0,11	5,96
2006	-	0,38	0,29	0,09	9,89
2007	0,006	0,39	0,25	0,18	11,4

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 11,45 mg/kg a pohybuje sa od 10,46 do 12,27 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,8% (tab. č. 7 a obr. č. 13).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 9,08 mg/kg a pohybuje sa od 8,6 do 10,67 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,87% (tab. č. 7 a obr. č. 13).

Prekročená limitná hodnota kadmia bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho. (tab.č.8 a obr. .č. 17).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,79 mg/kg a pohybuje sa od 7,25 do 11,43 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 17,95% (tab. č. 7 a obr. č. 13).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 26,92 mg/kg a pohybuje sa od 24,72 do 28,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,76% (tab. č. 7 a obr. č. 14).

Med'

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 105,14 mg/kg a pohybuje sa od 103,92 do 106,8 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 1,18% (tab. č. 7 a obr. č. 14).

Prekročená limitná hodnota medi bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho. (tab.č.8 a obr. .č. 17).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 10,26 mg/kg a pohybuje sa od 8,35 do 11,71mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,65% (tab. č. 7 a obr. č. 14).

Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 1156,33 mg/kg a pohybuje sa od 1075,2 do 1277,41 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7,02% (tab. č. 7 a obr. č. 15).

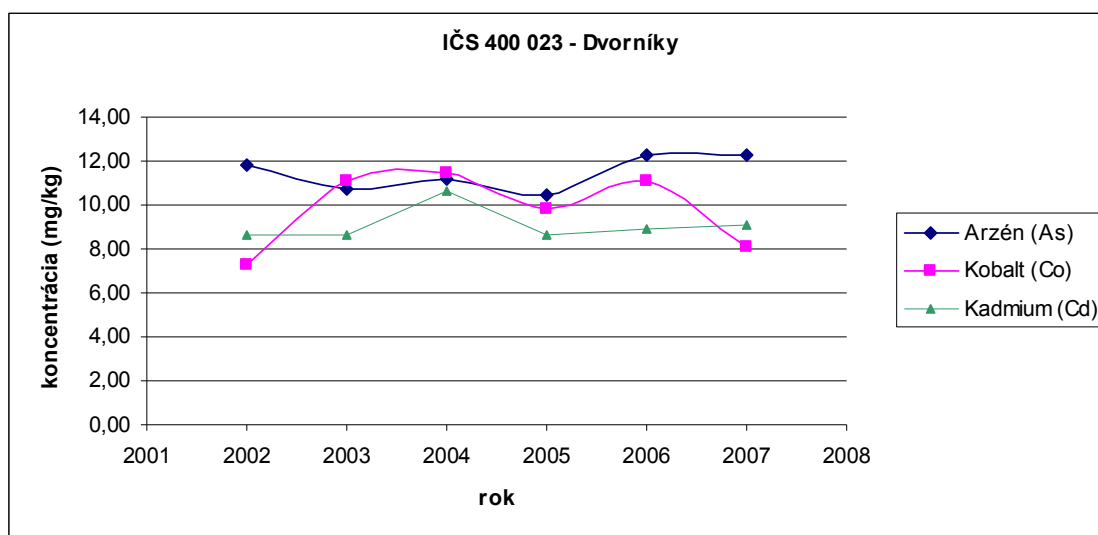
Prekročená limitná hodnota olova bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho. (tab.č.8 a obr. .č. 17).

Zinok

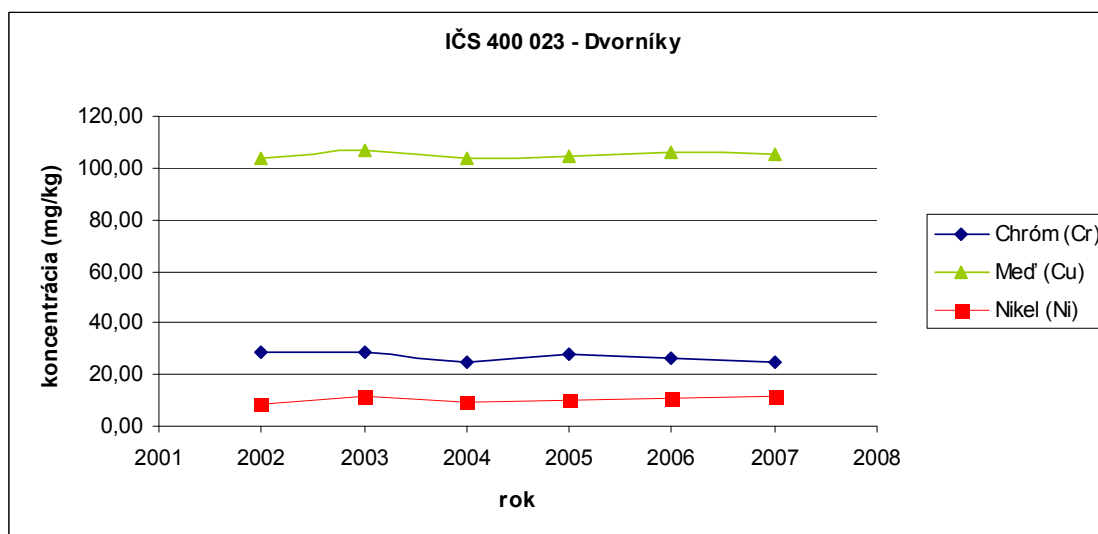
Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 1154,32 mg/kg a pohybuje sa od 1105,5 do 1233,93 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 4,26% (tab. č. 7 a obr. č. 15).

Prekročená limitná hodnota zinku bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho. (tab.č.8 a obr. .č. 16).

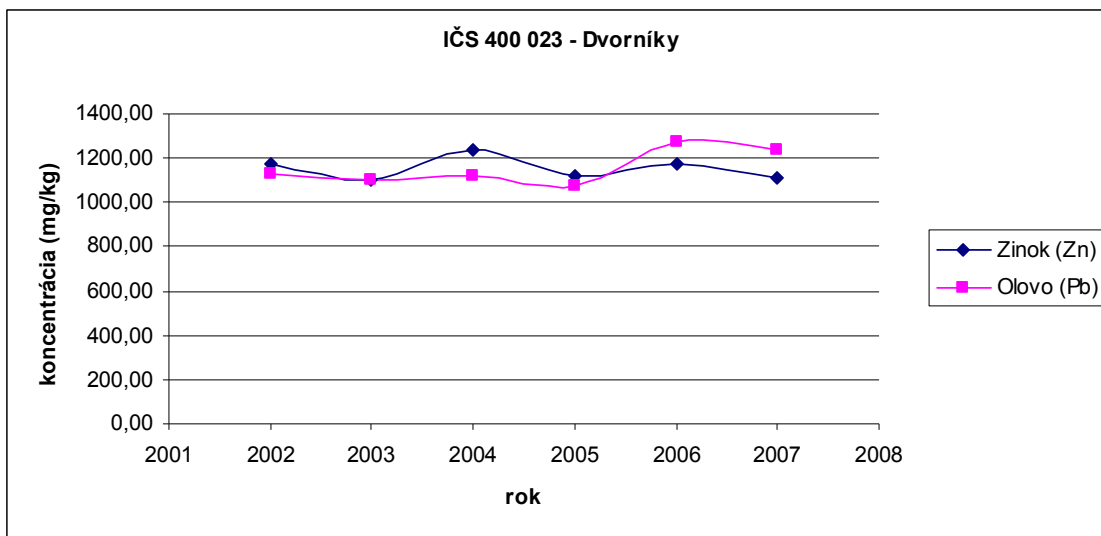
Obr. 13



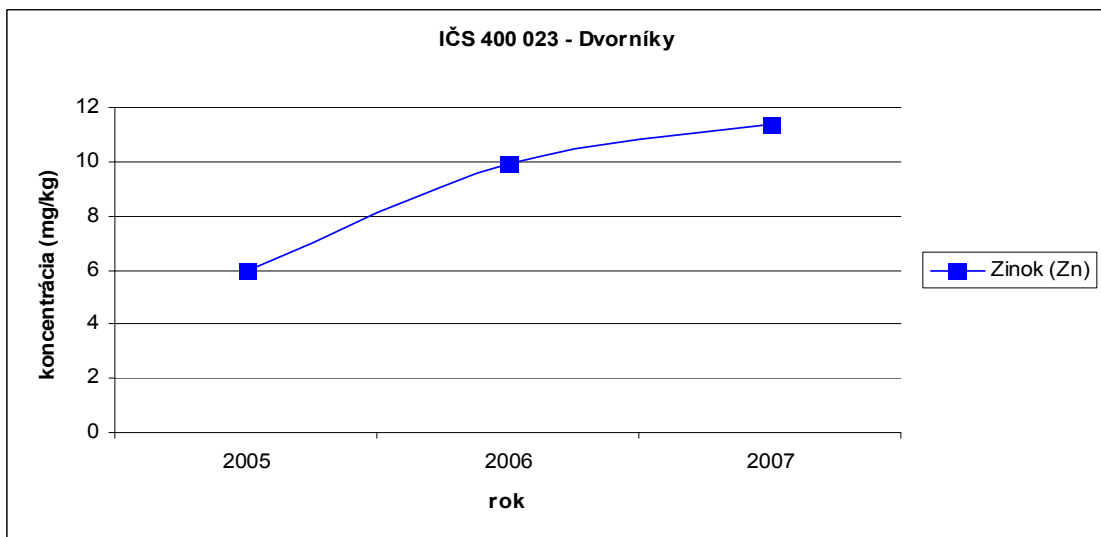
Obr. 14



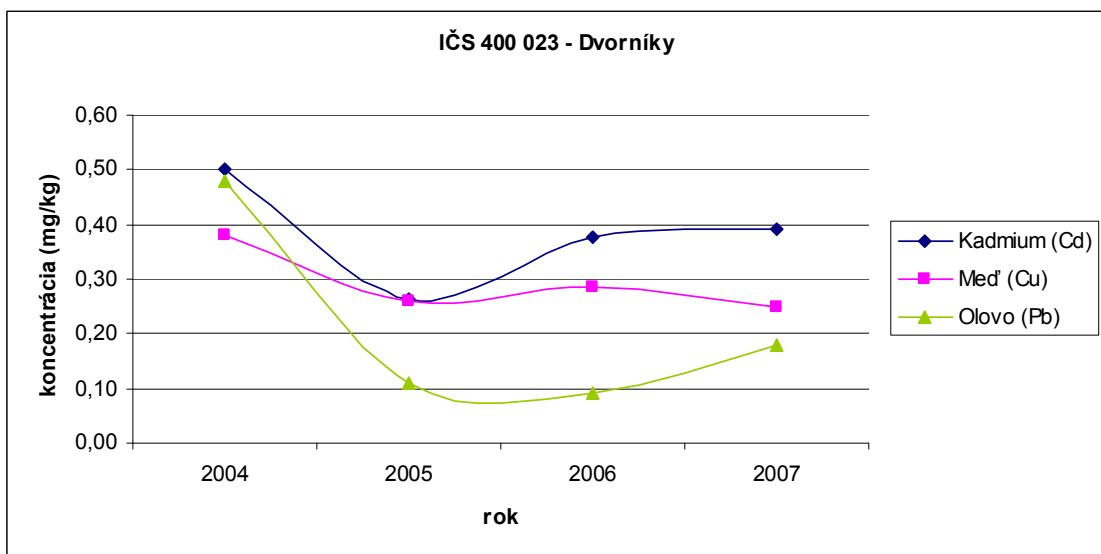
Obr. 15



Obr. 16



Obr. 17



Kľúčová lokalita – Raková (400 059)

Tab. 9 Základná popisná štatistika na lokalite Raková

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,40	0,14	2,93	9,75	2,23	4,74	4,29	10,16
Priemerný obsah	6,38	0,37	10,77	53,03	19,97	33,25	26,69	78,39
Koeficient variability %	6,24	37,50	27,22	18,39	11,15	14,24	16,07	12,96
Minimálna hodnota	5,77	0,20	7,05	42,35	16,70	25,95	21,71	59,50
Maximálna hodnota	6,88	0,55	14,36	64,93	23,30	40,06	34,55	87,79

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,38 mg/kg a pohybuje sa od 5,77 do 6,88 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,24% (tab. č. 9 a obr. č. 18).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,37 mg/kg a pohybuje sa od 0,2 do 0,55 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 37,5% (tab. č. 9 a obr. č. 20).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 10,77 mg/kg a pohybuje sa od 7,05 do 14,36 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 27,22% (tab. č. 9 a obr. č. 18).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 53,03 mg/kg a pohybuje sa od 42,35 do 64,93 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18,39% (tab. č. 9 a obr. č. 19).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 19,97 mg/kg a pohybuje sa od 16,7 do 23,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,15% (tab. č. 9 a obr. č. 19).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 33,25 mg/kg a pohybuje sa od 25,95 do 40,06 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14,24% (tab. č. 9 a obr. č. 19).

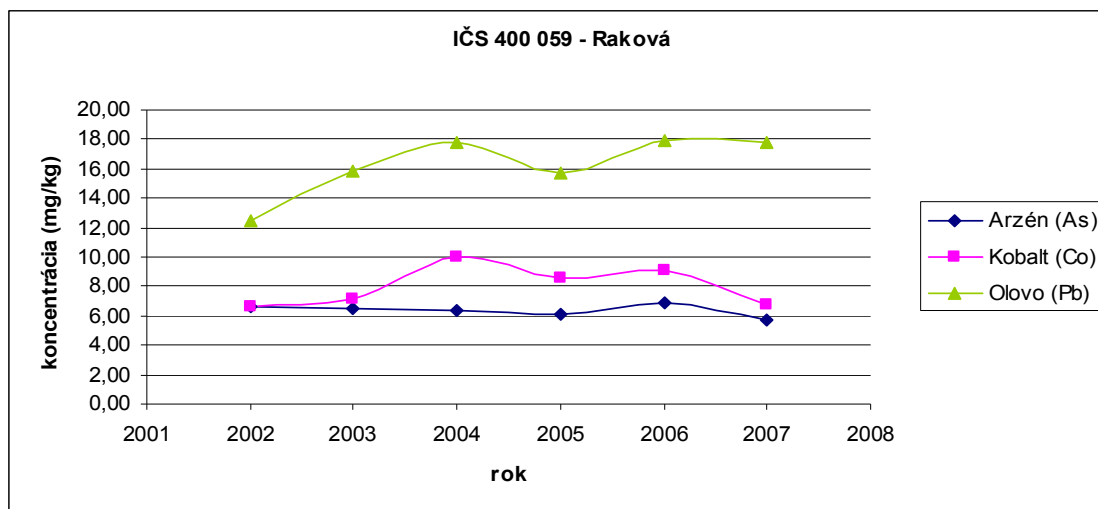
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 26,69 mg/kg a pohybuje sa od 21,71 do 34,55 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,07% (tab. č. 9 a obr. č. 18).

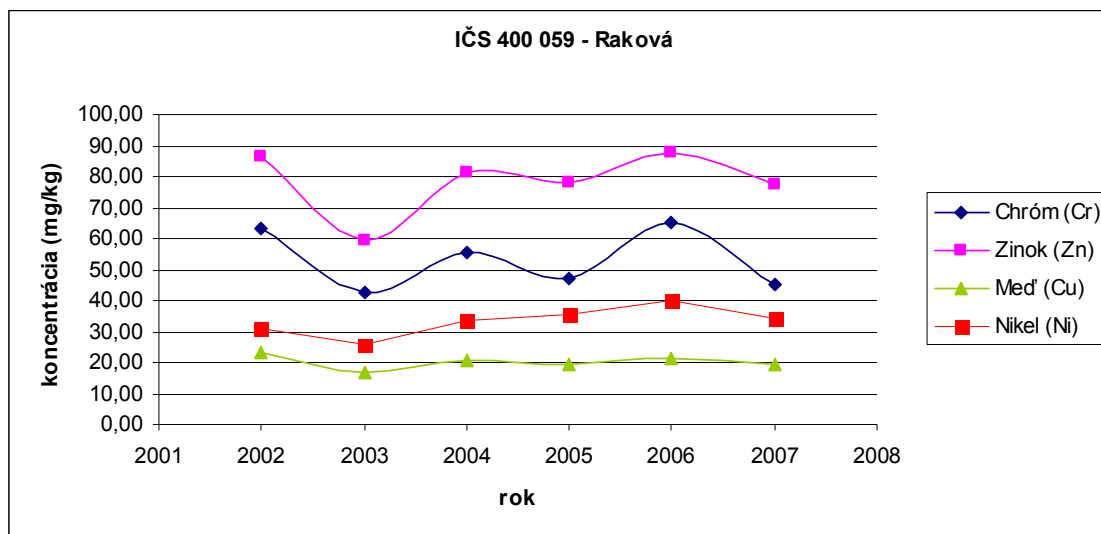
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 78,39 mg/kg a pohybuje sa od 59,5 do 87,79 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,96% (tab. č. 9 a obr. č. 19).

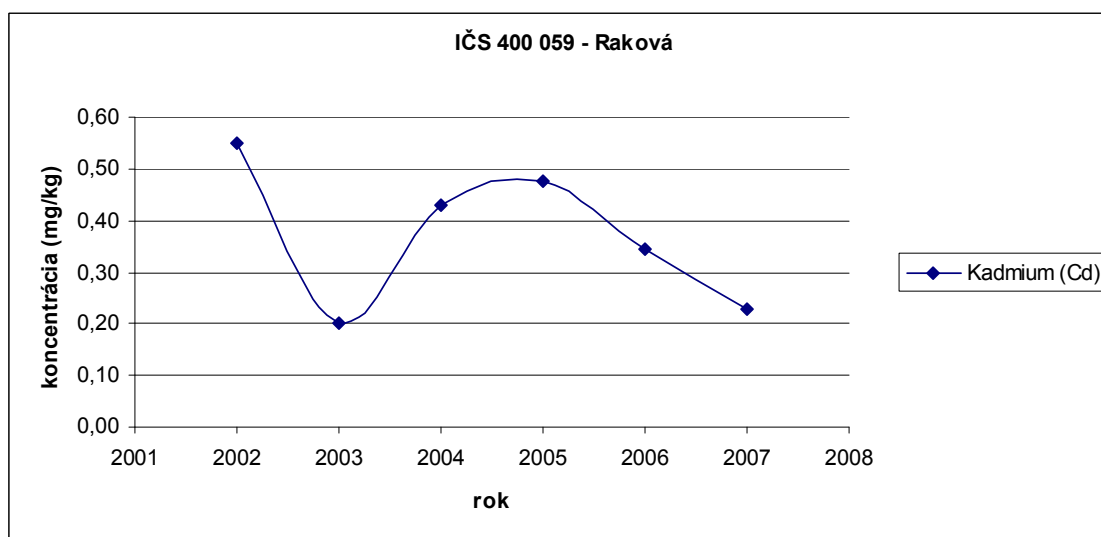
Obr. 18



Obr. 19



Obr. 20



KPúčová lokalita – Malanta (400 334)

Tab. 10 Základná popisná štatistika na lokalite Malanta

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,70	0,09	1,72	3,37	1,43	2,59	2,07	4,40
Priemerný obsah	7,50	0,20	9,96	35,87	21,70	24,04	17,95	60,20
Koeficient variability %	9,33	48,34	17,28	9,39	6,59	10,75	11,53	7,31
Minimálna hodnota	6,42	0,09	7,15	30,84	20,50	20,95	14,20	55,92
Maximálna hodnota	8,28	0,35	11,63	39,50	24,09	26,76	20,05	67,35

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,5 mg/kg a pohybuje sa od 6,42 do 8,28 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,33% (tab. č. 10 a obr. č. 21).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,2 mg/kg a pohybuje sa od 0,09 do 0,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 48,34% (tab. č. 10 a obr. č. 23).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 35,87 mg/kg a pohybuje sa od 30,84 do 39,5 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,39% (tab. č. 10 a obr. č. 22).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,96 mg/kg a pohybuje sa od 7,15 do 11,63 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 17,28% (tab. č. 10 a obr. č. 21).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 21,7 mg/kg a pohybuje sa od 20,5 do 24,09 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,59% (tab. č. 10 a obr. č. 22).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 24,04 mg/kg a pohybuje sa od 20,95 do 26,76 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,75% (tab. č. 10 a obr. č. 22).

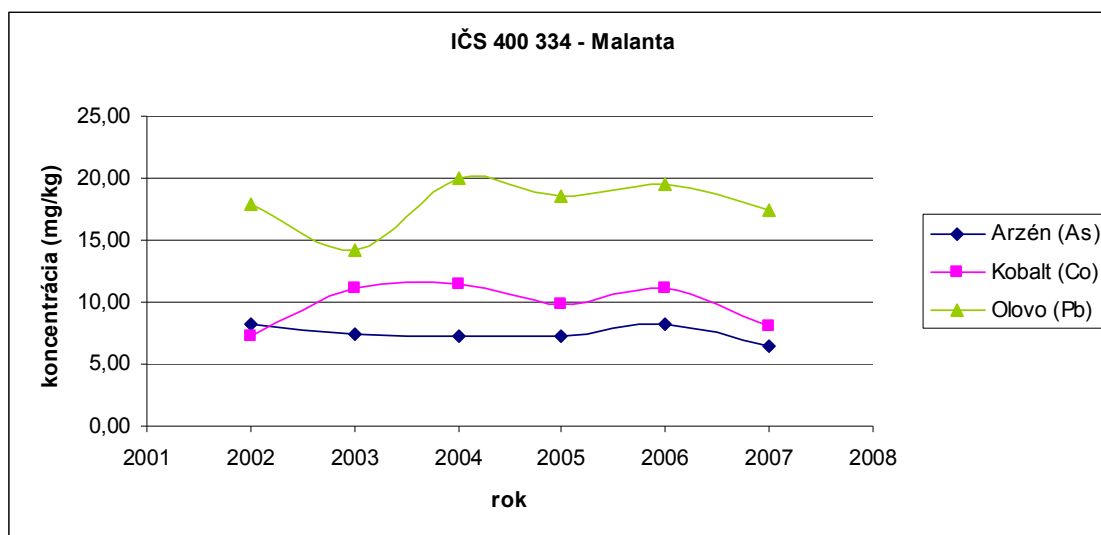
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 17,95 mg/kg a pohybuje sa od 14,2 do 20,05 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,53% (tab. č. 10 a obr. č. 21).

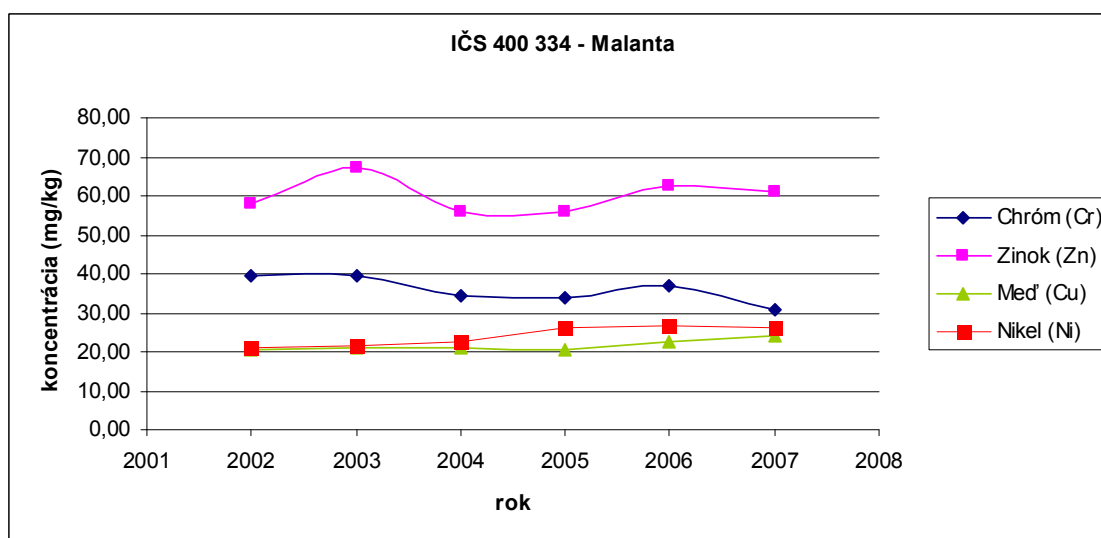
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 60,2 mg/kg a pohybuje sa od 55,92 do 67,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7,31% (tab. č. 10 a obr. č. 22).

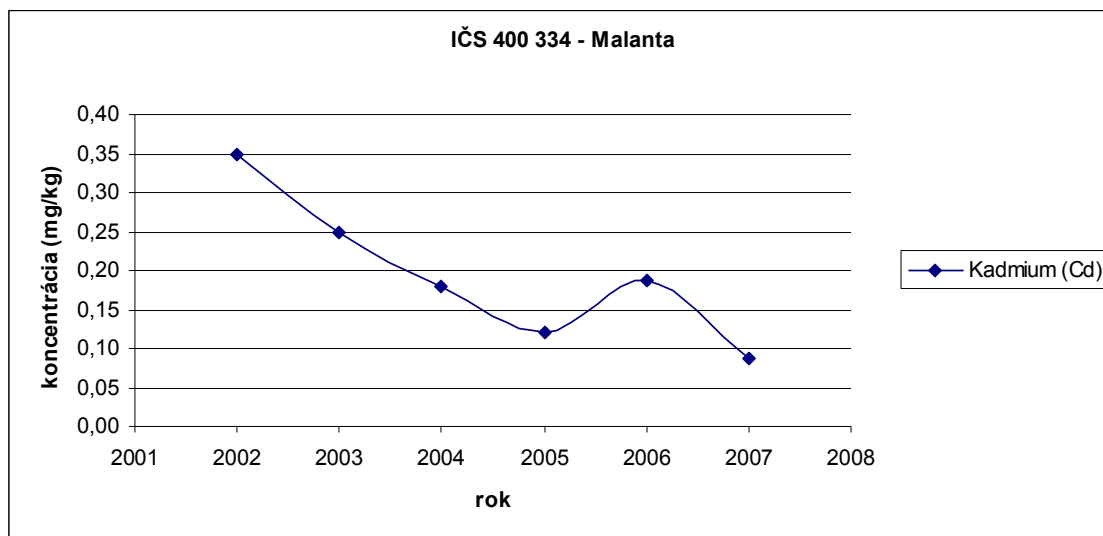
Obr. 21



Obr. 22



Obr. 23



KPúčová lokalita – Nacina Ves (400 223)

Tab. 11 Základná popisná štatistika na lokalite Nacina Ves

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,93	0,10	2,18	6,59	1,53	5,86	2,71	2,06
Priemerný obsah	9,88	0,33	14,52	74,91	37,66	56,51	23,39	104,60
Koeficient variability %	9,44	31,84	15,01	8,80	4,07	10,37	11,61	1,97
Minimálna hodnota	8,28	0,20	10,55	63,89	35,10	49,70	20,25	102,34
Maximálna hodnota	11,18	0,45	16,77	82,70	39,30	63,32	26,90	108,20

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 9,88 mg/kg a pohybuje sa od 8,28 do 11,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,44% (tab. č. 11 a obr. č. 24).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,33 mg/kg a pohybuje sa od 0,2 do 0,45 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 31,84% (tab. č. 11 a obr. č. 26).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 14,52 mg/kg a pohybuje sa od 10,55 do 16,77 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,01% (tab. č. 11 a obr. č. 24).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 74,91 mg/kg a pohybuje sa od 63,89 do 82,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,8% (tab. č. 11 a obr. č. 25).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 37,66 mg/kg a pohybuje sa od 35,1 do 39,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 4,07% (tab. č. 11 a obr. č. 25).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 56,51 mg/kg a pohybuje sa od 49,7 do 63,32 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,37% (tab. č. 11 a obr. č. 25).

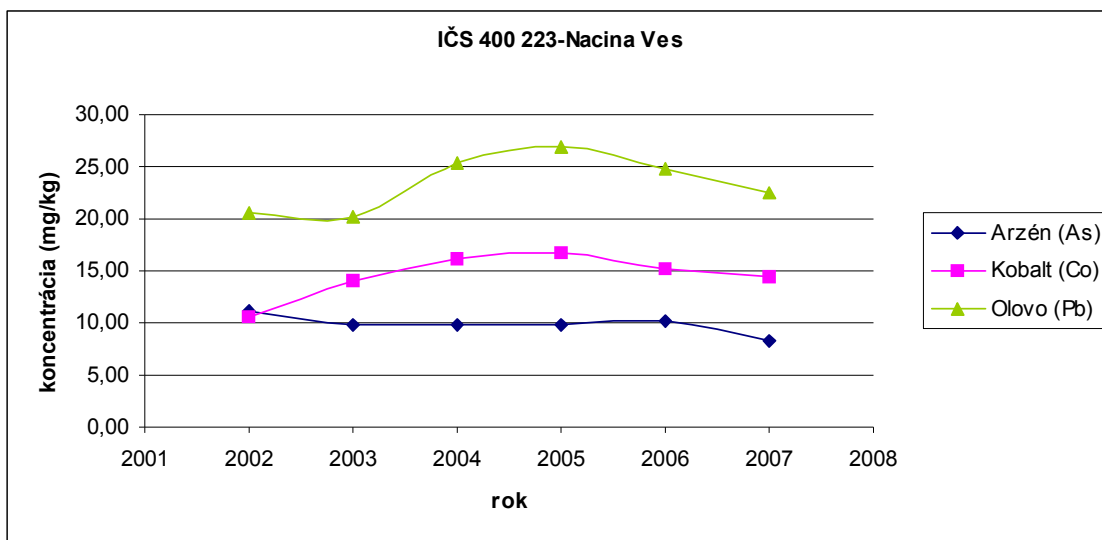
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 23,39 mg/kg a pohybuje sa od 20,25 do 26,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,61% (tab. č. 11 a obr. č. 24).

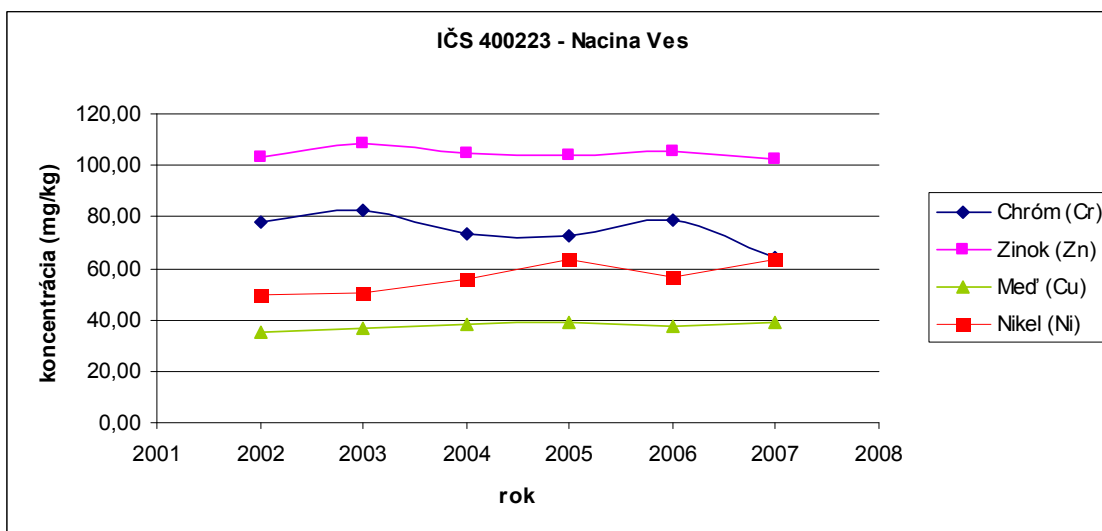
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 104,6 mg/kg a pohybuje sa od 102,34 do 108,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 1,97% (tab. č. 11 a obr. č.25).

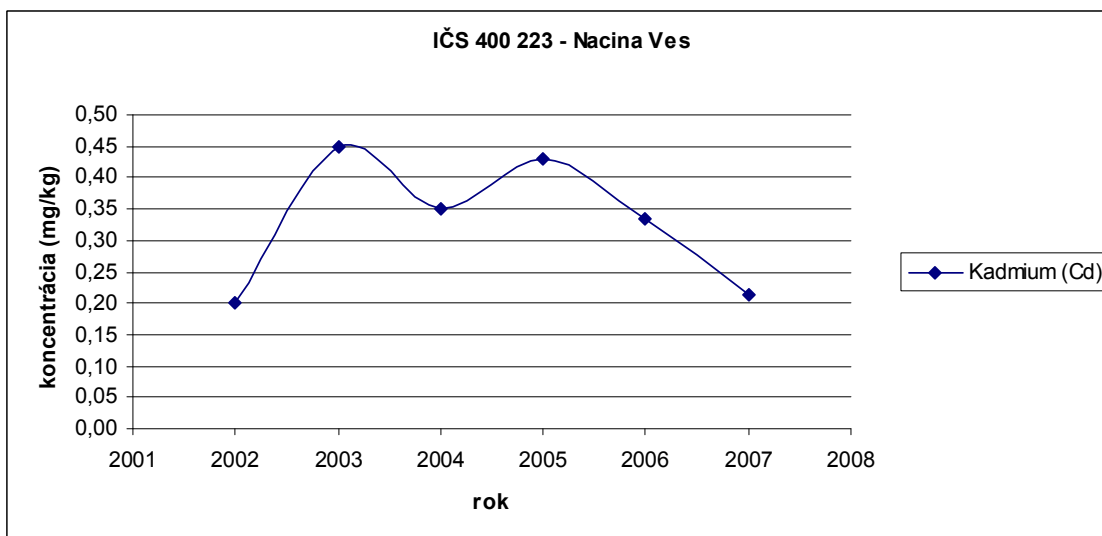
Obr. 24



Obr. 25



Obr. 26



Kľúčová lokalita – Istebné (400 092)

Tab. 12 Základná popisná štatistika na lokalite Istebné

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,88	0,07	1,42	5,61	3,51	4,46	1,56	5,80
Priemerný obsah	6,58	0,11	8,79	47,40	17,39	23,33	16,70	66,75
Koeficient variability %	13,42	61,69	16,20	11,83	20,17	19,10	9,34	8,70
Minimálna hodnota	5,40	0,05	6,60	43,42	13,78	18,80	13,77	59,65
Maximálna hodnota	7,83	0,20	10,18	56,00	24,10	31,35	17,98	74,02

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 6,58 mg/kg a pohybuje sa od 5,4 do 7,83 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,42% (tab. č. 12 a obr. č. 27).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,11 mg/kg a pohybuje sa od 0,05 do 0,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je vysoká vzhľadom na nízke koncentrácie 61,69% (tab. č. 12 a obr. č. 29).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,79 mg/kg a pohybuje sa od 6,6 do 10,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,2% (tab. č. 12 a obr. č. 27).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 47,4 mg/kg a pohybuje sa od 43,12 do 56,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,83% (tab. č. 12 a obr. č. 28).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 17,39 mg/kg a pohybuje sa od 13,78 do 24,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20,17% (tab. č. 12 a obr. č. 28).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 23,33 mg/kg a pohybuje sa od 18,8 do 31,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19,1% (tab. č. 12 a obr. č. 28).

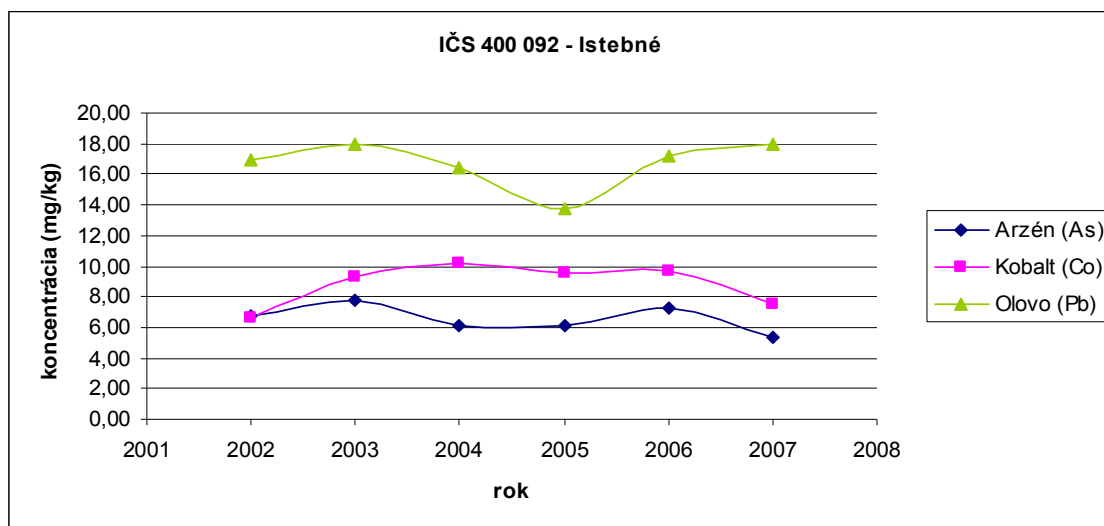
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 16,7 mg/kg a pohybuje sa od 13,77 do 17,98 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,34% (tab. č. 12 a obr. č. 27).

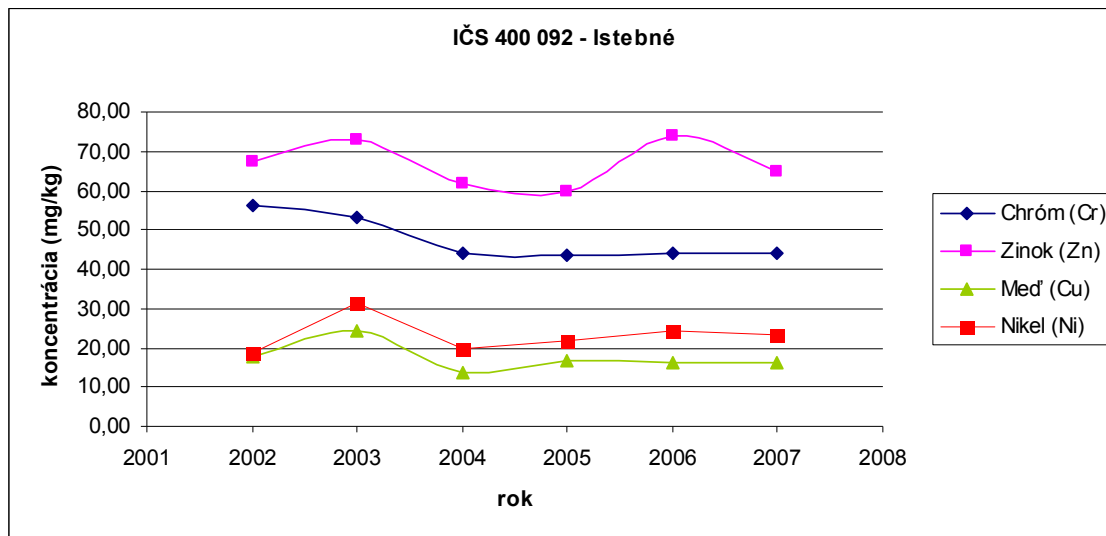
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 66,75 mg/kg a pohybuje sa od 59,65 do 74,02 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,7% (tab. č. 12 a obr. č. 28).

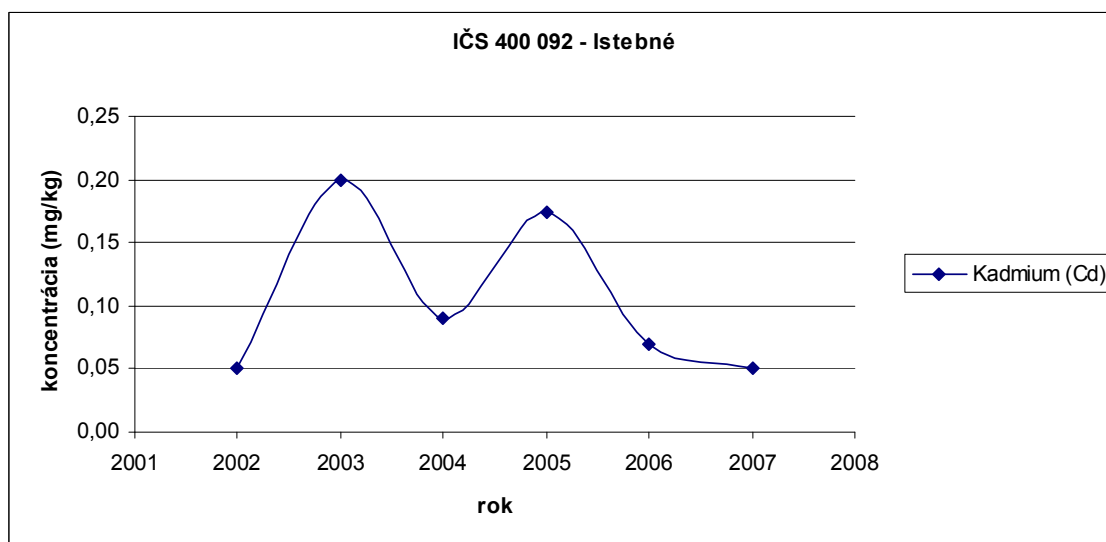
Obr. 27



Obr. 28



Obr. 29



KPúčová lokalita – Žiar nad Hronom (400 003)

Tab. 13 Základná popisná štatistika na lokalite Žiar nad Hronom

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,12	0,13	1,44	3,90	1,73	1,39	3,04	2,83
Priemerný obsah	16,06	0,24	9,33	29,93	16,02	14,44	36,67	66,66
Koeficient variability %	6,99	54,89	15,45	13,03	10,78	9,63	8,30	4,24
Minimálna hodnota	14,26	0,05	7,55	24,32	14,15	12,50	31,50	63,50
Maximálna hodnota	17,68	0,40	11,11	36,26	18,41	16,49	39,30	69,95

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 16,06 mg/kg a pohybuje sa od 14,26 do 17,68 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,99% (tab. č. 13 a obr. č. 30).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,24 mg/kg a pohybuje sa od 0,05 do 0,4 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 54,89% (tab. č. 13 a obr. č. 32).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 9,33 mg/kg a pohybuje sa od 7,55 do 11,11 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,45% (tab. č. 13 a obr. č. 30).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 29,93 mg/kg a pohybuje sa od 24,32 do 36,26 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,03% (tab. č. 13 a obr. č. 31).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 16,02 mg/kg a pohybuje sa od 14,15 do 18,41 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,78% (tab. č. 13 a obr. č. 31).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 14,44 mg/kg a pohybuje sa od 12,5 do 16,49 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,63% (tab. č. 13 a obr. č. 31).

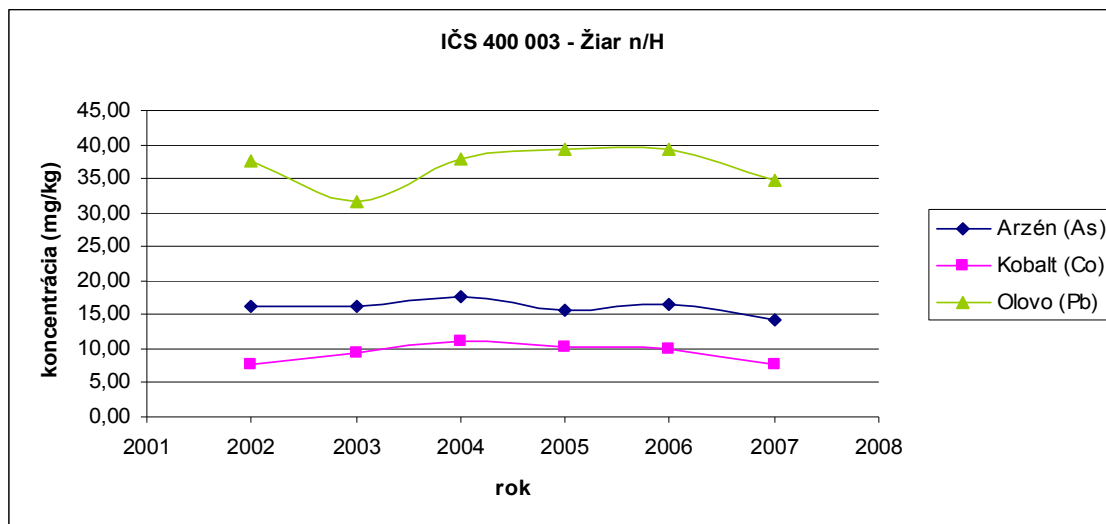
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 36,67 mg/kg a pohybuje sa od 31,5 do 39,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,3% (tab. č. 13 a obr. č. 30).

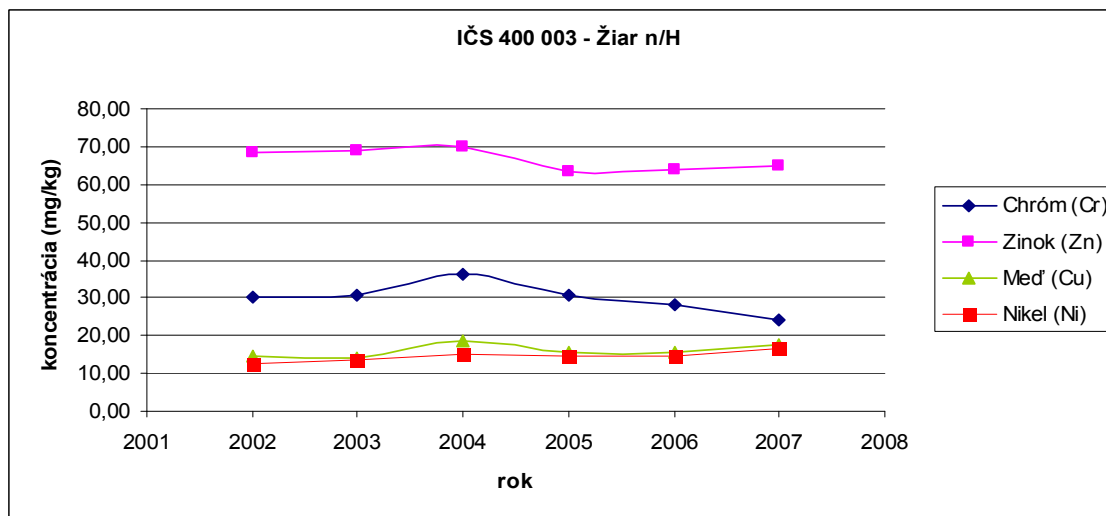
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 66,66 mg/kg a pohybuje sa od 63,5 do 69,95 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 4,24% (tab. č. 13 a obr. č. 31).

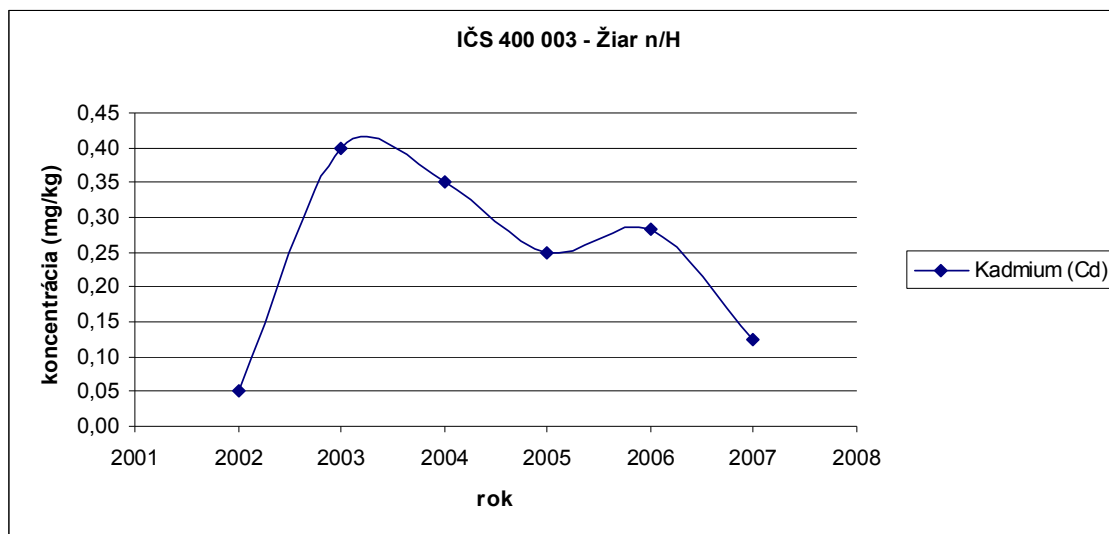
Obr. 30



Obr. č. 31



Obr. 32



KPúčová lokalita – Krompachy (400 335)

Tab. 14 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky v lúčavke kráľovskej

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	7,33	0,29	0,87	5,66	57,88	2,89	16,84	48,43
Priemerný obsah	90,38	1,14	10,60	42,13	278,09	22,37	90,13	362,94
Koeficient variability %	8,12	25,61	8,24	13,44	20,81	12,92	18,68	13,34
Minimálna hodnota	78,55	0,89	9,00	33,87	200,70	19,15	69,50	283,61
Maximálna hodnota	99,00	1,65	11,48	48,16	350,34	25,42	106,82	406,14

Tab. 15 Základná popisná štatistika na lokalite Dvorníky pre výluh 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho

(mg/kg)	As	Cd	Cu	Pb	Zn
2004	0,01	0,15	2,05	0,38	41,89
2005	0,035	0,66	1,98	0,33	31,4
2006	0,019	0,11	0,97	0,32	10,04
2007	0,045	0,13	1,67	0,15	13,9

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 90,38 mg/kg a pohybuje sa od 78,55 do 99 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 8,12% (tab. č. 14 a obr. č. 34). Prekročená limitná hodnota arzénu bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/l dusičnanu amónneho. (tab.č.15 a obr. č. 36).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 1,14 mg/kg a pohybuje sa od 0,89 do 1,65 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 25,61% (tab. č. 14 a obr. č. 35). Prekročená limitná hodnota kadmia bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1 mol/l dusičnanu amónneho. (tab.č.15 a obr. č. 36).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 10,60 mg/kg a pohybuje sa od 9,00 do 11,48 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,24% (tab. č. 14 a obr. č. 33).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 42,13 mg/kg a pohybuje sa od 33,87 do 48,16 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,44% (tab. č. 14 a obr. č. 33).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 278,09 mg/kg a pohybuje sa od 200,70 do 350,34 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20,81% (tab. č. 14 a obr. č. 34).ň

Prekročená limitná hodnota meďi bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol/dm^3 dusičnanu amónneho. (tab.č.15 a obr. č. 36).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 22,37 mg/kg a pohybuje sa od 19,15 do 25,42mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,92% (tab. č. 14 a obr. č. 33).

Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 90,13 mg/kg a pohybuje sa od 69,5 do 106,82 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18,68% (tab. č. 14 a obr. č. 34).

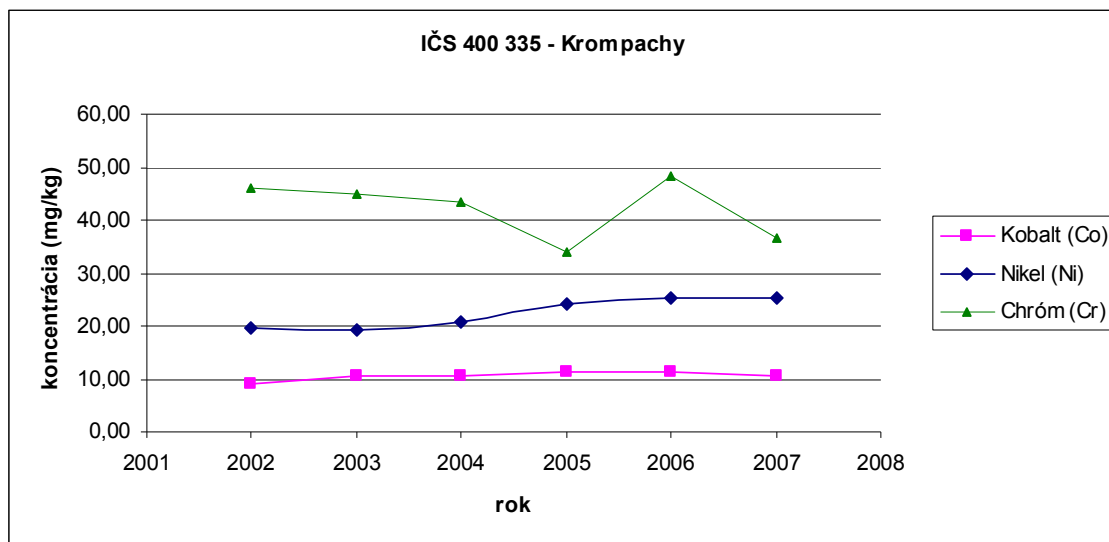
Prekročená limitná hodnota olova bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol/dm^3 dusičnanu amónneho. (tab.č.15 a obr. č. 36).

Zinok

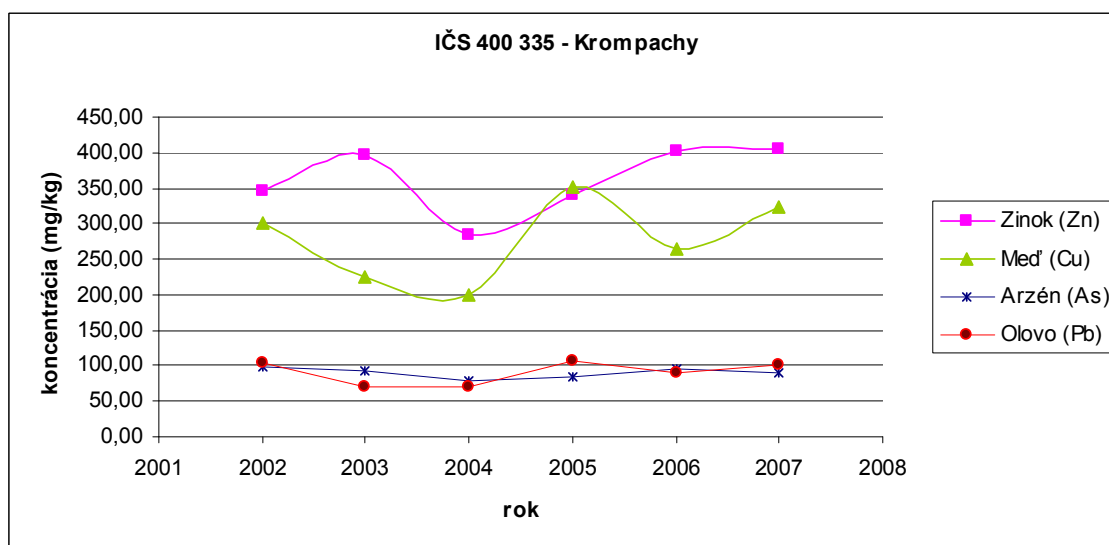
Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 362,94 mg/kg a pohybuje sa od 283,61 do 406,14 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,34% (tab. č. 14 a obr. č. 34).

Prekročená limitná hodnota zinku bola sledovaná aj vo vzťahu rastlina - pôda a to vo výluhu 1mol/dm^3 dusičnanu amónneho. (tab.č.15 a obr. č. 37).

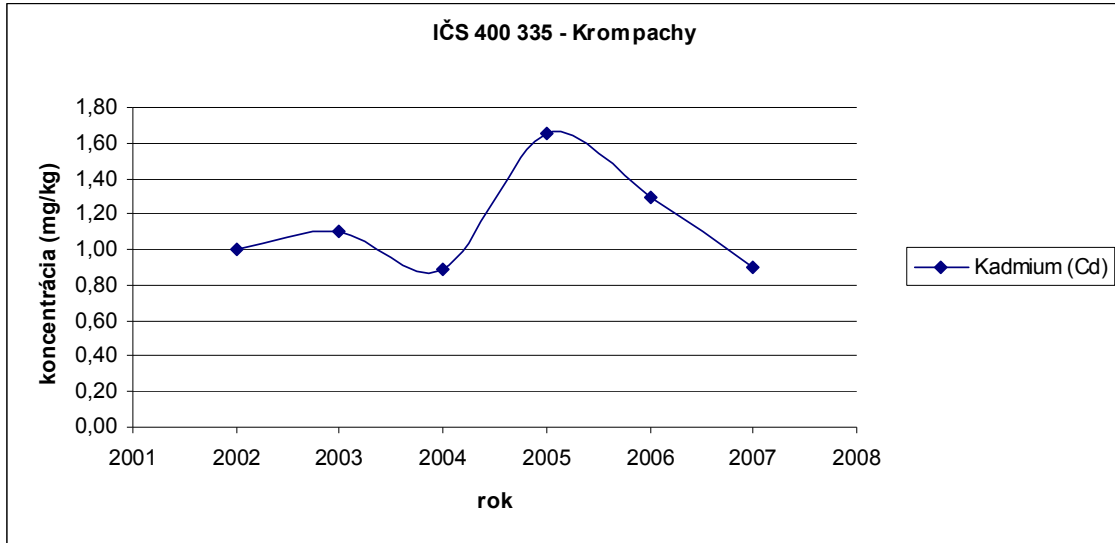
Obr. 33



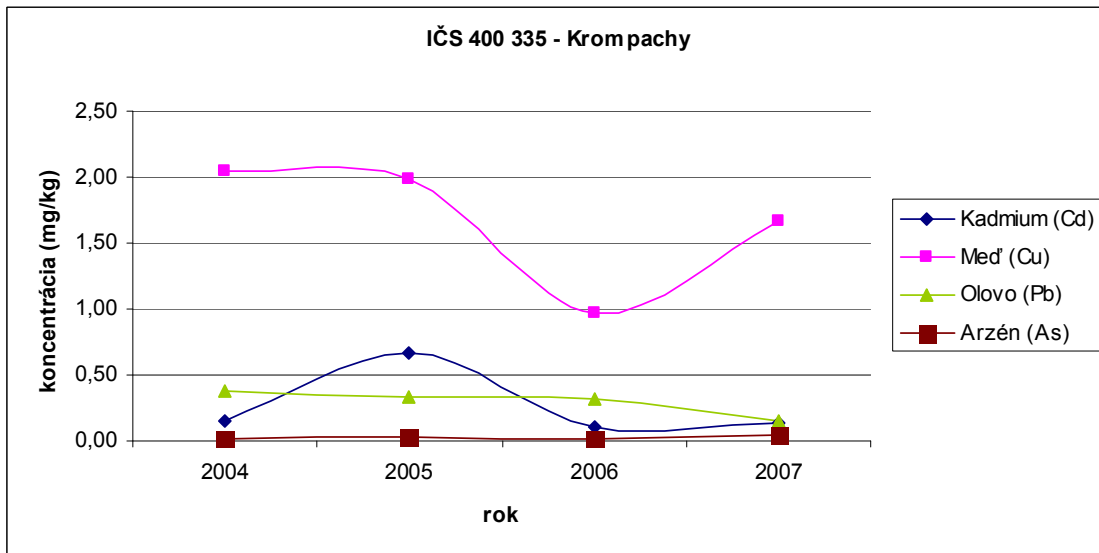
Obr. 34



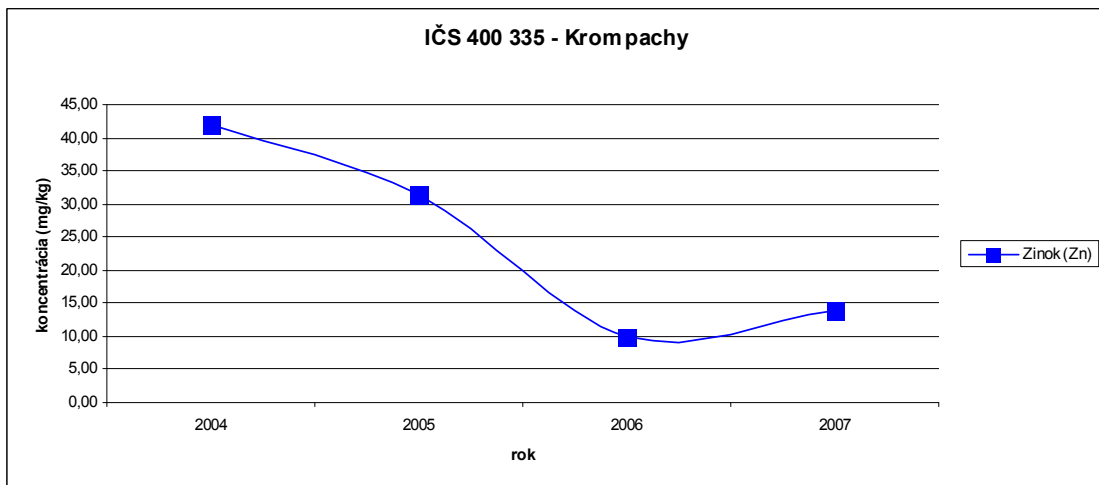
Obr. 35



Obr. 36



Obr. 37



Kľúčová lokalita – Koš (400 062)

Tab. 16 Základná popisná štatistika na lokalite Koš

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	2,90	0,03	1,59	5,24	2,23	2,61	1,20	8,17
Priemerný obsah	13,87	0,08	7,38	33,16	13,41	15,62	15,92	53,73
Koeficient variability %	20,93	36,88	21,57	15,80	16,60	16,69	7,55	15,20
Minimálna hodnota	10,27	0,03	5,92	28,82	11,50	12,85	14,91	39,65
Maximálna hodnota	18,90	0,10	10,20	42,55	16,63	19,38	17,90	63,63

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 13,87 mg/kg a pohybuje sa od 10,27 do 18,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 20,93% (tab. č. 16 a obr. č. 38).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,08 mg/kg a pohybuje sa od 0,03 do 0,1 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 36,88% (tab. č. 16 a obr. č. 40).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,38 mg/kg a pohybuje sa od 5,92 do 10,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 21,57% (tab. č. 16 a obr. č. 38).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 33,16 mg/kg a pohybuje sa od 28,82 do 42,55 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,8% (tab. č. 16 a obr. č. 39).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 13,41 mg/kg a pohybuje sa od 11,5 do 16,63 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,6% (tab. č. 16 a obr. č. 39).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 15,62 mg/kg a pohybuje sa od 12,85 do 19,38 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,69% (tab. č. 16 a obr. č. 39).

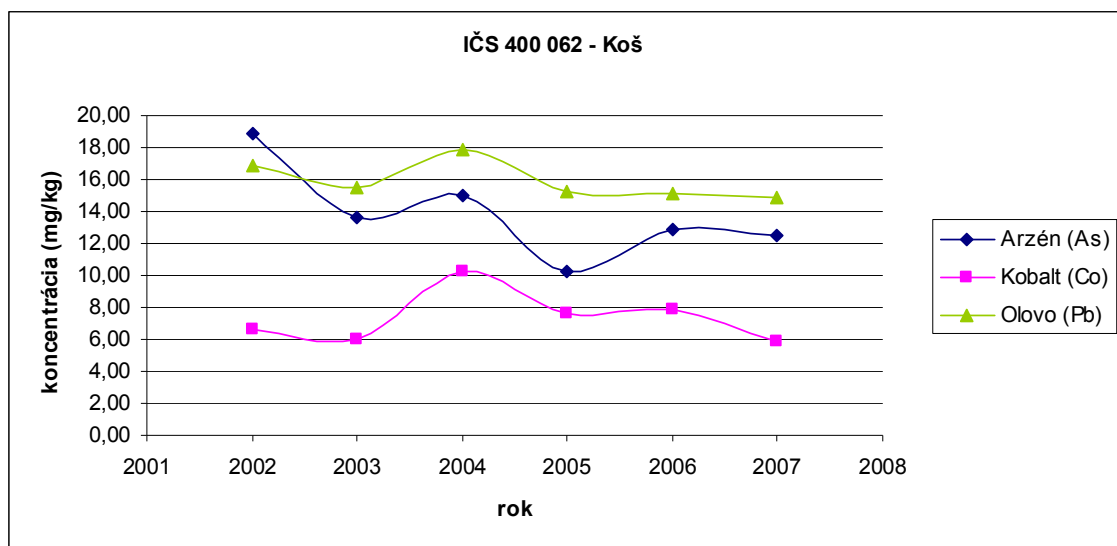
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 15,92 mg/kg a pohybuje sa od 14,91 do 17,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7,55% (tab. č. 16 a obr. č. 38).

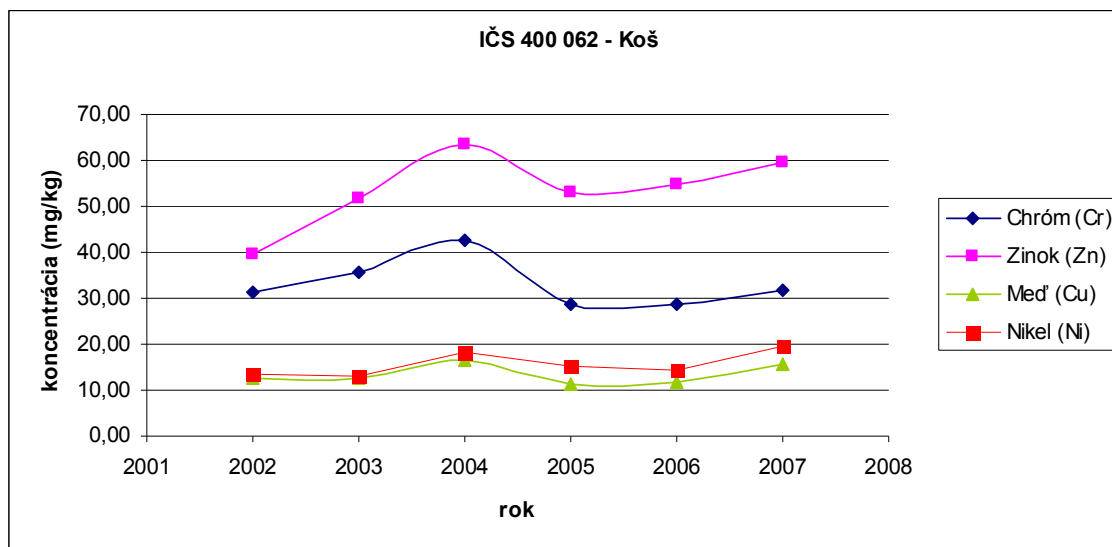
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 53,73 mg/kg a pohybuje sa od 39,65 do 63,63 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 15,2% (tab. č. 16 a obr. č. 39).

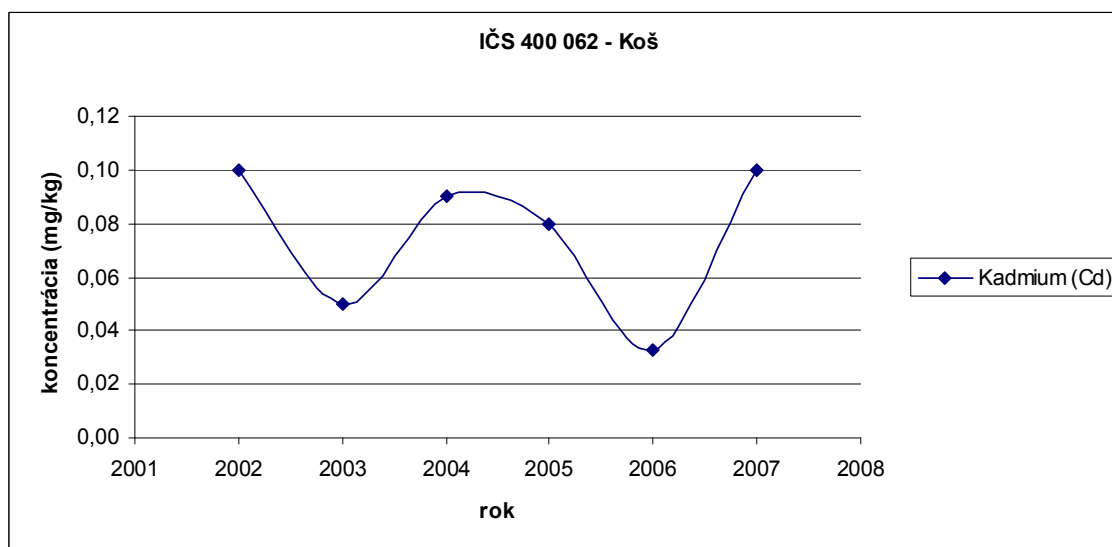
Obr. 38



Obr. 39



Obr. 40



KPúčová lokalita – Moravský Ján (400 111)

Tab. 17 Základná popisná štatistika na lokalite Moravský Ján

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,69	0,02	0,92	1,88	1,55	1,03	2,18	6,35
Priemerný obsah	2,15	0,06	2,46	9,98	6,67	5,48	9,19	26,36
Koeficient variability %	32,22	25,82	37,39	18,83	23,18	18,83	23,70	24,10
Minimálna hodnota	1,37	0,05	1,06	6,50	5,30	4,32	7,05	20,83
Maximálna hodnota	3,28	0,08	3,24	11,65	9,38	6,63	13,30	37,20

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 2,15 mg/kg a pohybuje sa od 1,37 do 3,28 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 32,22% (tab. č. 17 a obr. č.41).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,06 mg/kg a pohybuje sa od 0,05 do 0,08 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 25,82% (tab. č. 17 a obr. č. 43).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 2,46 mg/kg a pohybuje sa od 1,06 do 3,24 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 37,39% (tab. č. 17 a obr. č. 41).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 9,98 mg/kg a pohybuje sa od 6,5 do 11,65 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18,83% (tab. č. 17 a obr. č. 42).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 6,67 mg/kg a pohybuje sa od 5,3 do 9,38 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 23,18% (tab. č. 17 a obr. č. 42).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 5,48 mg/kg a pohybuje sa od 4,32 do 6,63 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 18,83% (tab. č. 17 a obr. č. 42).

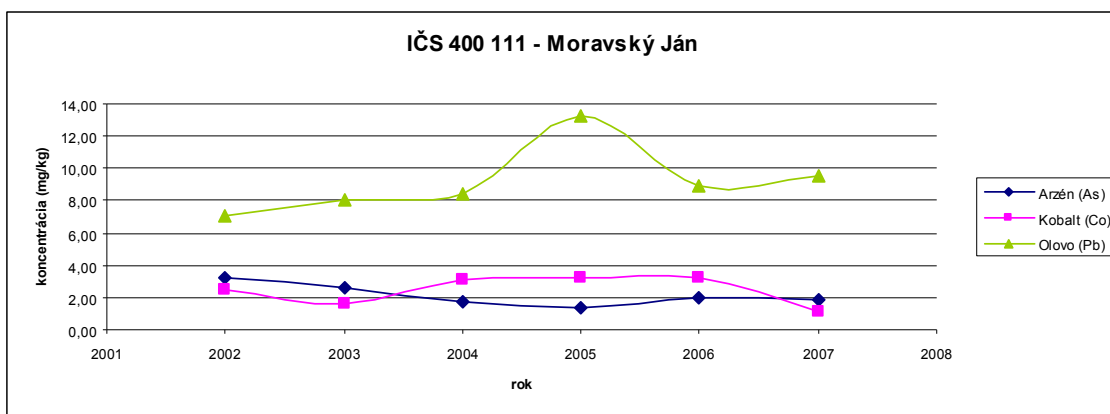
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 9,19 mg/kg a pohybuje sa od 7,05 do 13,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 23,7% (tab. č. 17 a obr. č. 41).

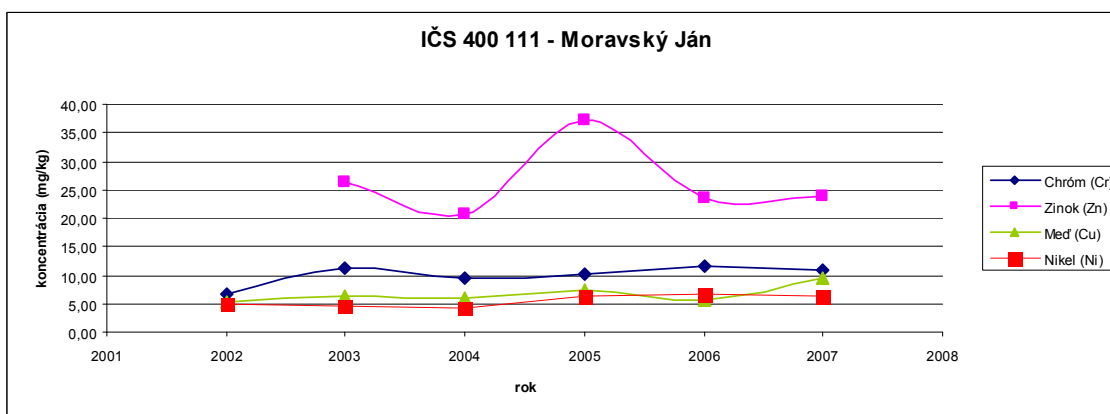
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 26,36 mg/kg a pohybuje sa od 20,83 do 37,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 24,1% (tab. č. 17 a obr. č. 42).

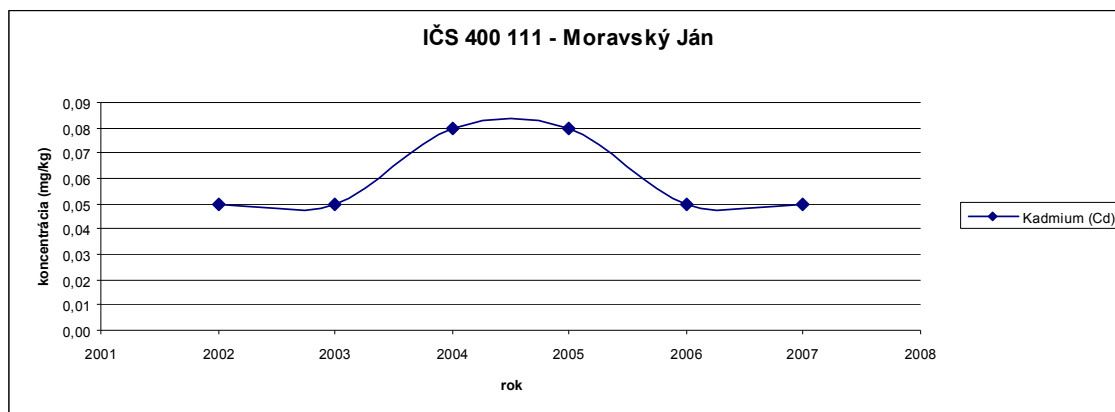
Obr. 41



Obr. 42



Obr. 43



KPůčová lokalita – Macov 1 (400 336)

Tab. 18 Základná popisná štatistika na lokalite Macov 1

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,03	0,14	1,07	3,61	2,95	1,85	2,42	7,81
Priemerný obsah	7,53	0,44	7,40	38,14	21,40	22,48	13,62	65,79
Koeficient variability %	13,74	31,15	14,43	9,46	13,79	8,24	17,73	11,87
Minimálna hodnota	6,60	0,25	5,87	33,07	17,15	19,55	11,00	50,90
Maximálna hodnota	9,45	0,62	8,90	43,30	24,36	24,69	18,18	72,70

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 7,53 mg/kg a pohybuje sa od 6,6 do 9,45 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,74% (tab. č. 18 a obr. č. 44).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,44 mg/kg a pohybuje sa od 0,25 do 0,62 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 31,15% (tab. č. 18 a obr. č. 46).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,4 mg/kg a pohybuje sa od 5,87 do 8,9 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14,43% (tab. č. 18 a obr. č. 44).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 38,14 mg/kg a pohybuje sa od 33,07 do 43,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,46% (tab. č. 18 a obr. č. 45).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 21,4 mg/kg a pohybuje sa od 17,15 do 24,36 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,79% (tab. č. 18 a obr. č. 45).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 22,48 mg/kg a pohybuje sa od 19,55 do 24,69 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,24% (tab. č. 18 a obr. č. 45).

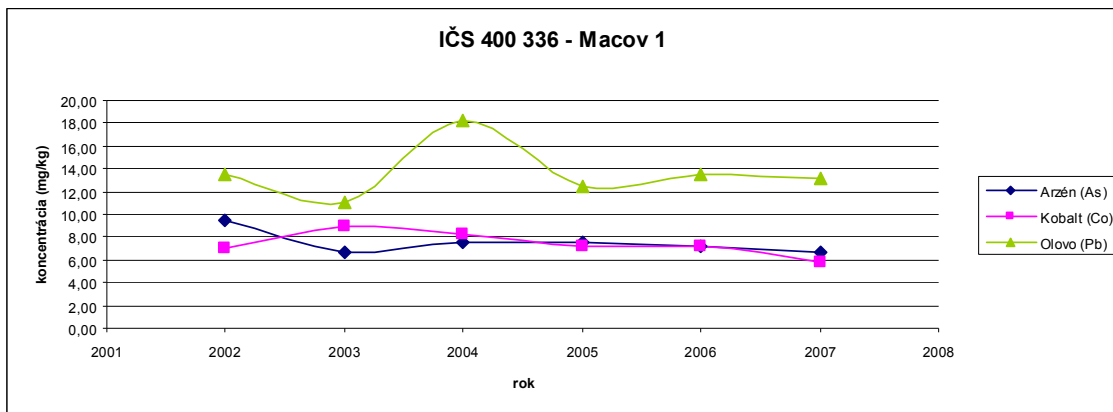
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 13,62 mg/kg a pohybuje sa od 11,0 do 18,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 17,73% (tab. č. 18 a obr. č. 44).

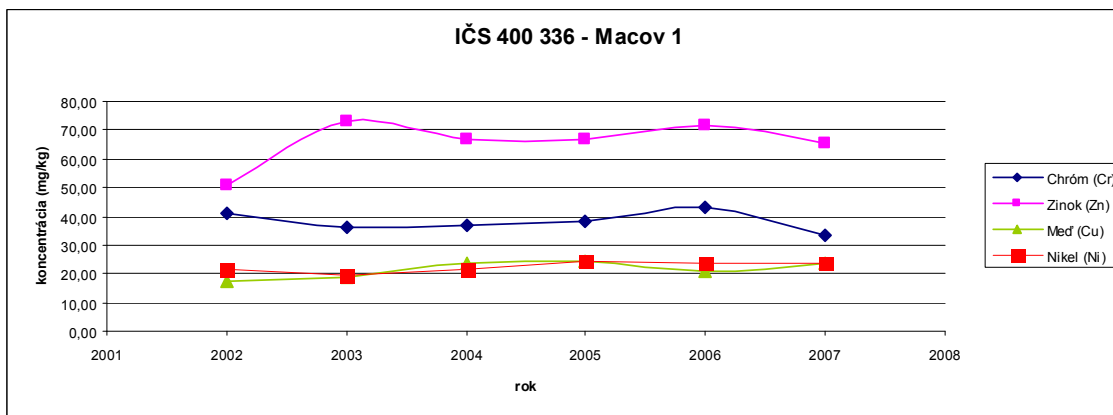
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 65,79 mg/kg a pohybuje sa od 50,9 do 72,7 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,87% (tab. č. 18 a obr. č. 45).

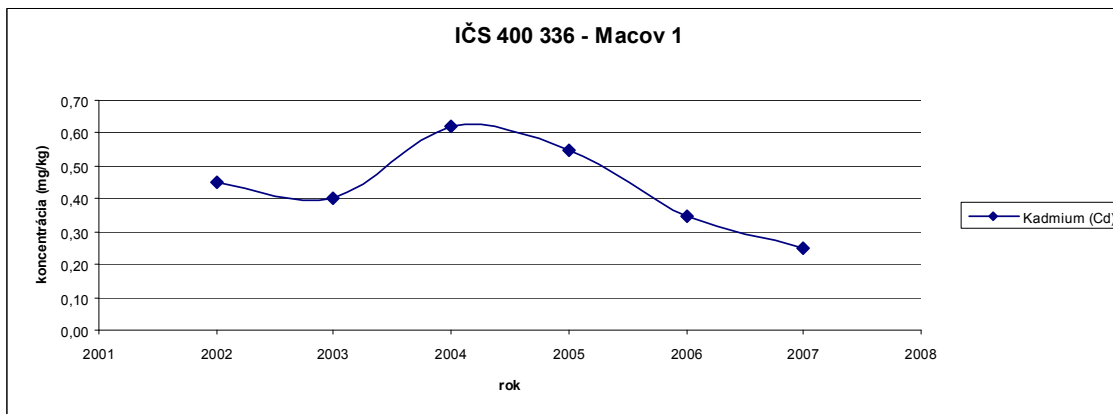
Obr. 44



Obr. 45



Obr. 46



Kľúčová lokalita – Macov 2 (400 337)

Tab. 19 Základná popisná štatistika na lokalite Macov 2

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,90	0,21	0,96	3,55	3,68	2,53	3,72	7,63
Priemerný obsah	8,76	0,46	7,25	39,22	21,56	23,42	15,48	65,21
Koeficient variability %	10,23	44,44	13,28	9,06	17,05	10,82	24,06	11,71
Minimálna hodnota	7,83	0,28	5,76	32,93	16,05	19,30	12,67	50,85
Maximálna hodnota	10,43	0,78	8,60	43,82	25,68	26,02	21,75	72,00

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 8,76 mg/kg a pohybuje sa od 7,83, do 10,43 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,23% (tab. č. 19 a obr. č. 47).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,46 mg/kg a pohybuje sa od 0,28 do 0,78 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 44,44% (tab. č. 19 a obr. č. 49).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,25 mg/kg a pohybuje sa od 5,76 do 8,6 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,28% (tab. č. 19 a obr. č. 47).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 39,22 mg/kg a pohybuje sa od 32,93 do 43,82 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,06% (tab. č. 19 a obr. č. 48).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 21,56 mg/kg a pohybuje sa od 16,05 do 25,68 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 17,05% (tab. č. 19 a obr. č. 48).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 23,42 mg/kg a pohybuje sa od 19,3 do 26,02 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,82% (tab. č. 19 a obr. č. 48).

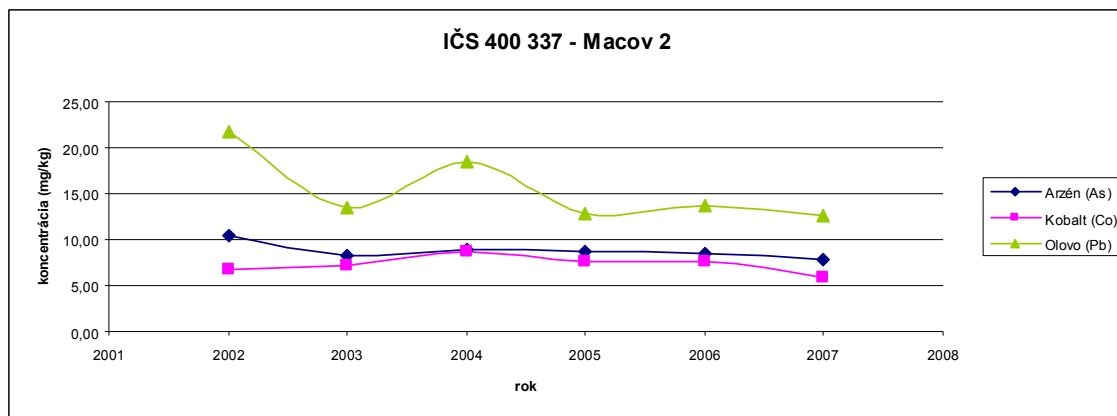
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 15,48 mg/kg a pohybuje sa od 12,67 do 21,75 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 24,06% (tab. č. 19 a obr. č. 47).

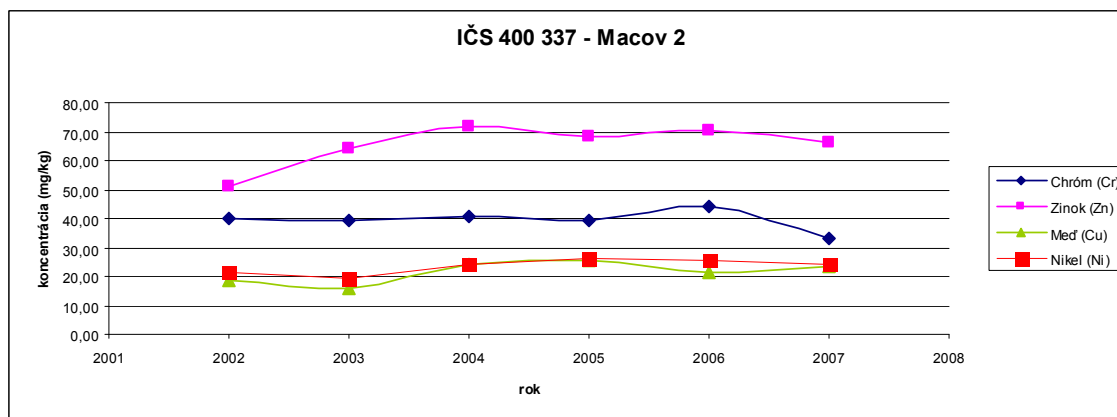
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 65,21 mg/kg a pohybuje sa od 50,85 do 72,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,71% (tab. č. 19 a obr. č. 48).

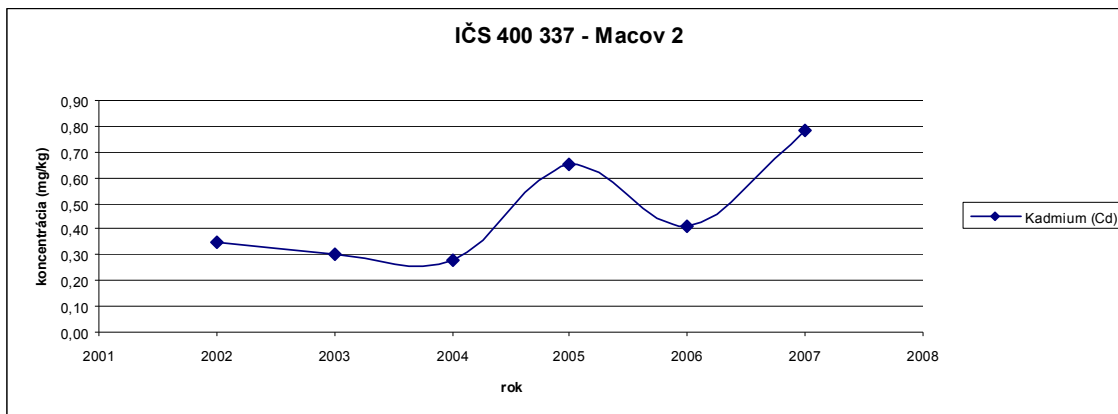
Obr. 47



Obr. 48



Obr. 49



Kľúčová lokalita – Chopok (400 338)
(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 9,77 mg/kg a pohybuje sa od 8,5 do 10,6 mg/kg. (obr. č. 50).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,42 mg/kg a pohybuje sa od 0,35 do 0,49 mg/kg. (obr. č. 52).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 0,1 mg/kg a pohybuje sa od 0,05 do 0,15 mg/kg. (obr. č. 52).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 25,27 mg/kg a pohybuje sa od 24,0 do 26,54 mg/kg. (obr. č. 51).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 9,19 mg/kg a pohybuje sa od 9,1 do 9,29 mg/kg. (obr. č. 50).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 6,2 mg/kg a pohybuje sa od 4,15 do 8,25 mg/kg. (obr. č. 50).

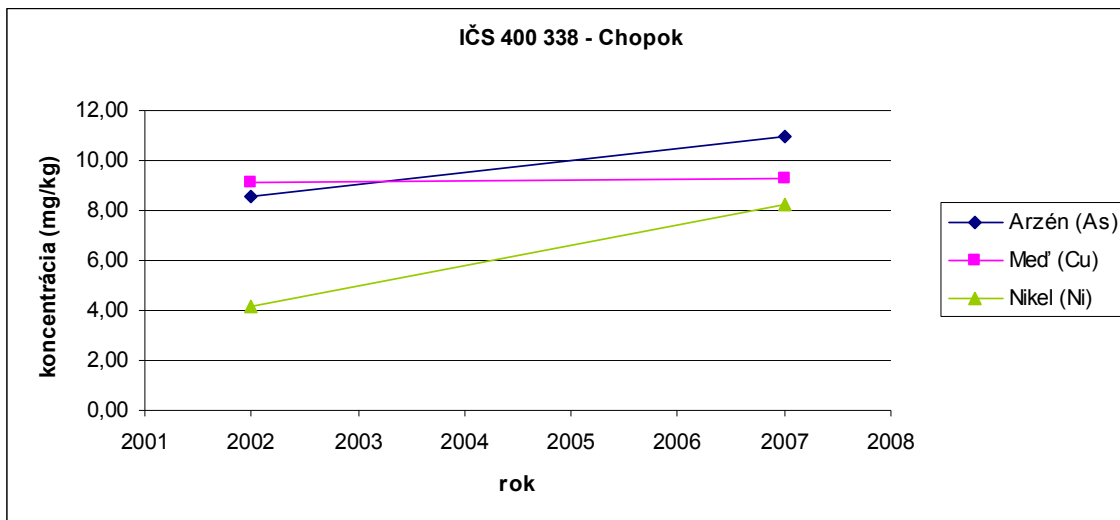
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 83,06 mg/kg a pohybuje sa od 78,35 do 87,77 mg/kg. (obr. č. 51).

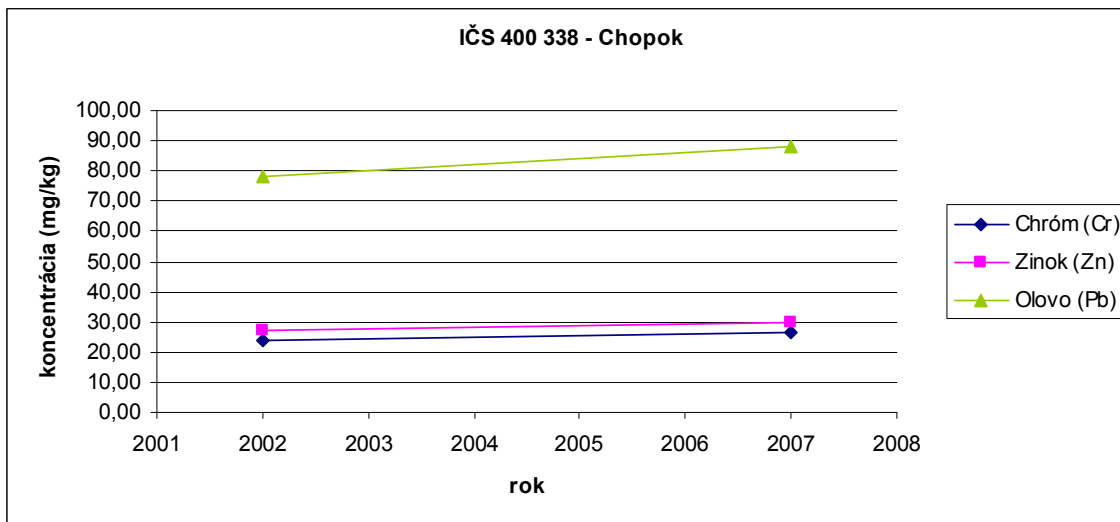
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 28,39 mg/kg a pohybuje sa od 26,95 do 29,84 mg/kg. (obr. č. 51).

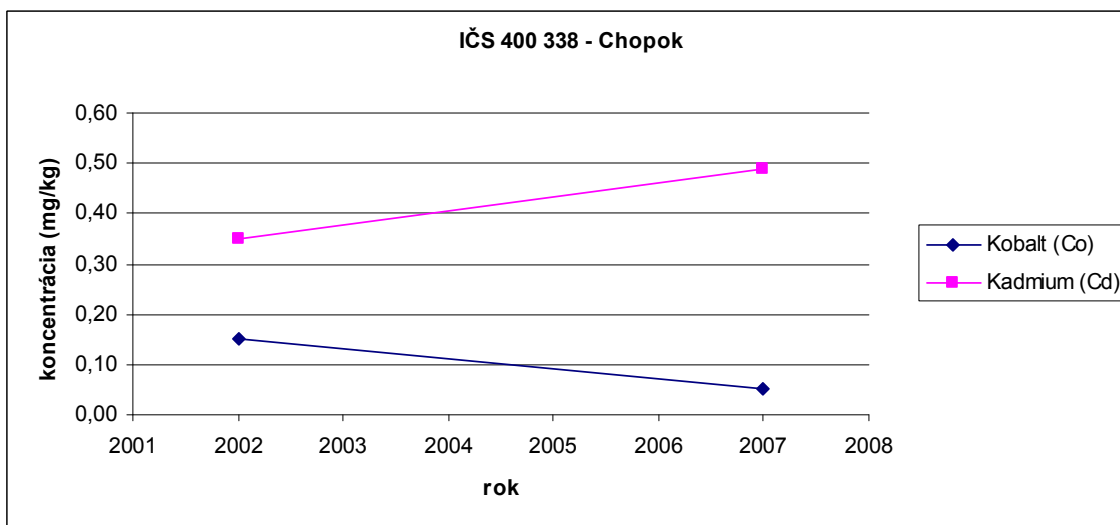
Obr. 50



Obr. 51



Obr. 52



Kľúčová lokalita – Jelšava (400 250)

Tab. 20 Základná popisná štatistika na lokalite Jelšava

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	1,77	0,03	1,22	4,55	1,16	2,00	2,97	4,35
Priemerný obsah	10,67	0,08	8,41	37,71	13,45	15,18	25,75	71,07
Koeficient variability %	16,61	34,22	14,53	12,07	8,64	13,15	11,53	6,13
Minimálna hodnota	8,33	0,05	7,10	29,75	12,20	12,90	21,45	67,82
Maximálna hodnota	13,30	0,11	10,00	42,20	15,07	18,02	29,11	77,30

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 10,67 mg/kg a pohybuje sa od 8,33 do 13,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,61% (tab. č. 20 a obr. č. 53).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,08 mg/kg a pohybuje sa od 0,05 do 0,11 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je pomerne vysoká 34,22% (tab. č. 20 a obr. č. 55).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 8,41 mg/kg a pohybuje sa od 7,1 do 10,0 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 14,53% (tab. č. 20 a obr. č. 53).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 37,71 mg/kg a pohybuje sa od 29,75 do 42,2 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,07% (tab. č. 20 a obr. č. 54).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 13,45 mg/kg a pohybuje sa od 12,2 do 15,07 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 8,64% (tab. č. 20 a obr. č. 53).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 15,18 mg/kg a pohybuje sa od 12,9 do 18,02 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,15% (tab. č. 20 a obr. č. 54).

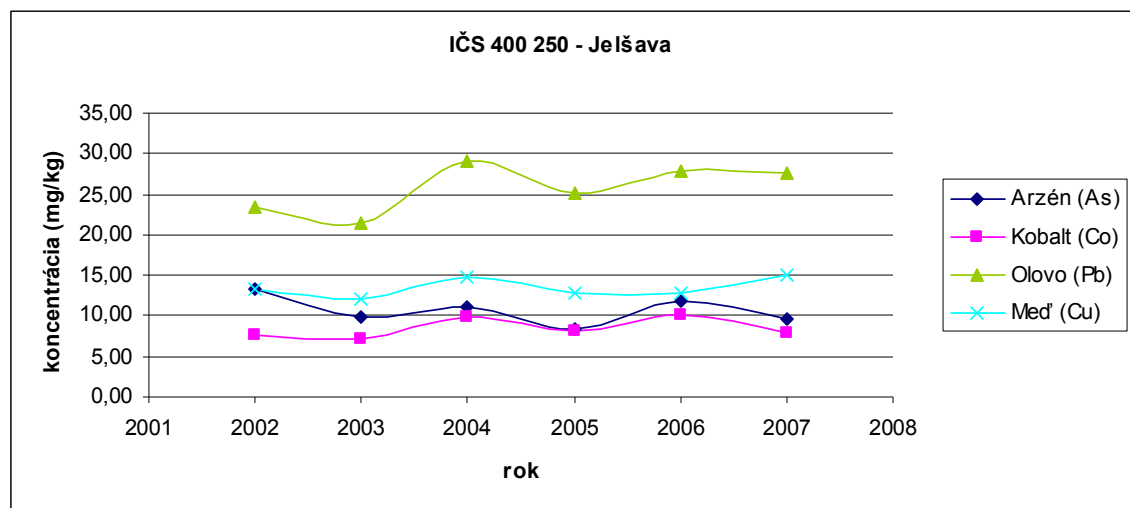
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 25,75 mg/kg a pohybuje sa od 21,45 do 29,11 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 11,53% (tab. č. 20 a obr. č. 53).

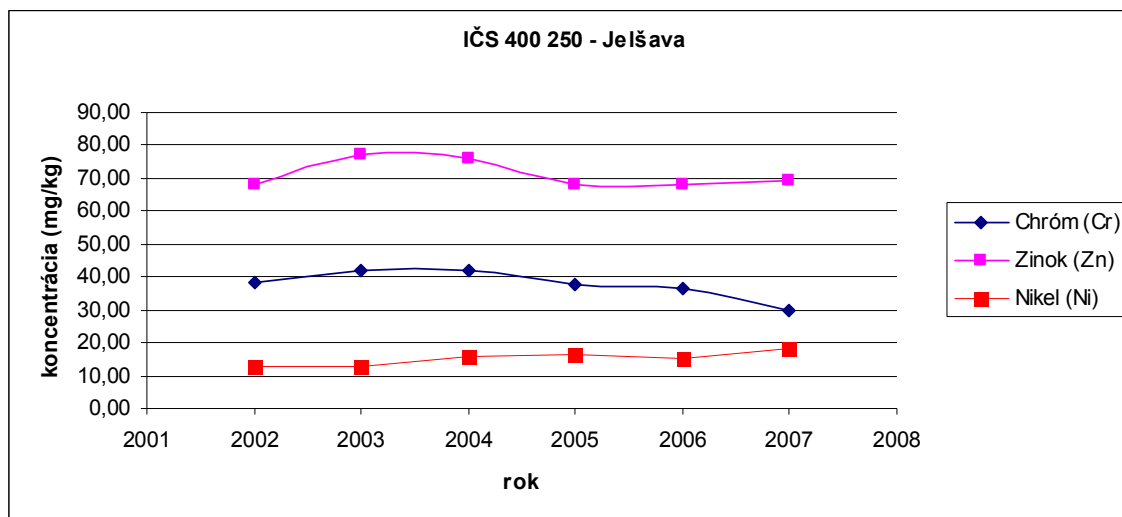
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 71,07 mg/kg a pohybuje sa od 67,82 do 77,3 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,13% (tab. č. 20 a obr. č. 54).

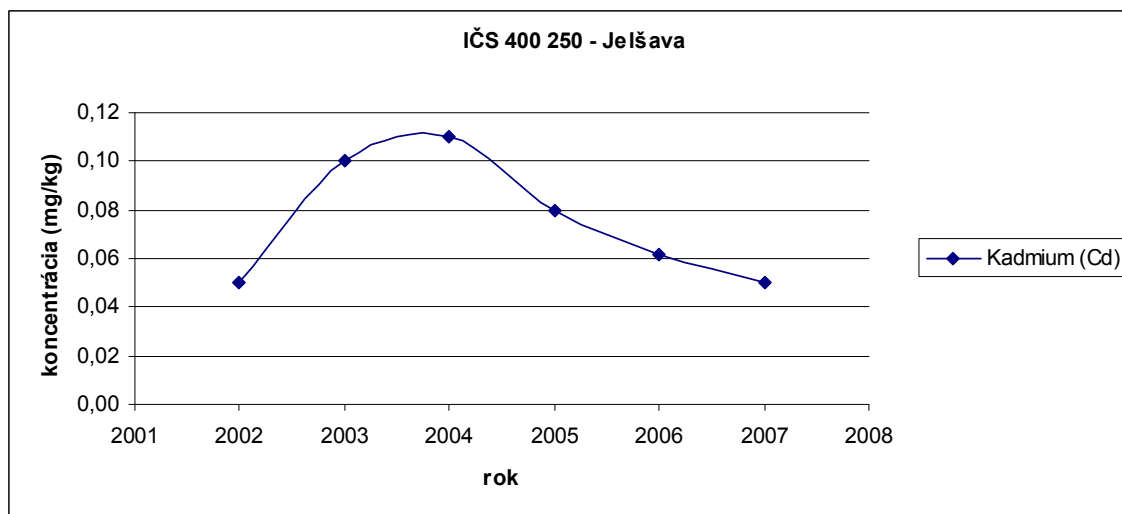
Obr. 53



Obr. 54



Obr. 55



Kľúčová lokalita – Donovaly (400 013)
(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 25,39 mg/kg a pohybuje sa od 23,9 do 26,88 mg/kg. (obr. č. 56).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 1,45 mg/kg a pohybuje sa od 1,4 do 1,49 mg/kg. (obr. č. 58).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 5,03 mg/kg a pohybuje sa od 4,4 do 5,67 mg/kg. (obr. č. 58).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 43,37 mg/kg a pohybuje sa od 38,73 do 48,0 mg/kg. (obr. č. 57).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 25,74 mg/kg a pohybuje sa od 24,35 do 27,13 mg/kg. (obr. č. 56).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 17,98 mg/kg a pohybuje sa od 13,65 do 22,31 mg/kg. (obr. č. 56).

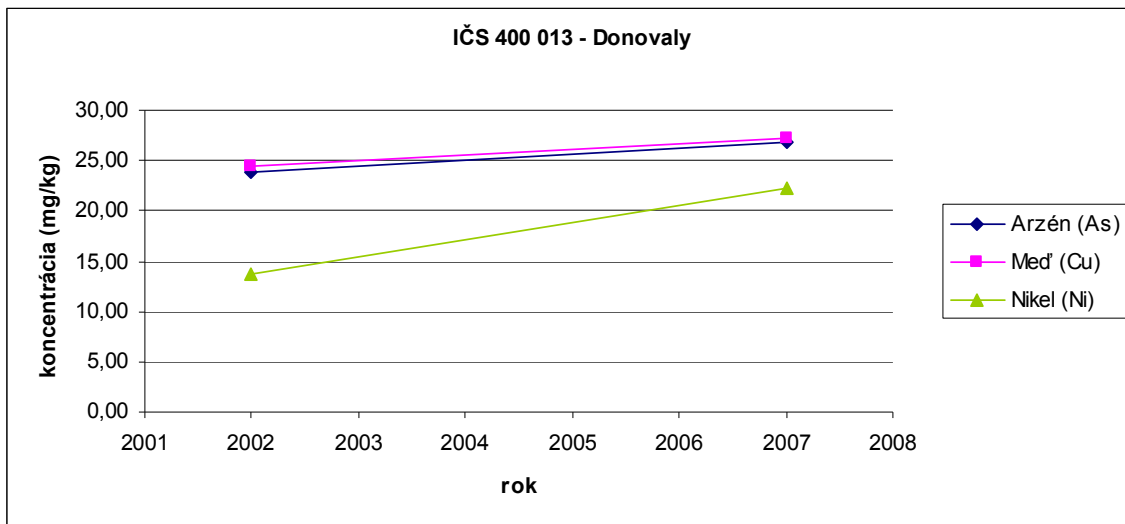
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 83,72 mg/kg a pohybuje sa od 73,75 do 93,68 mg/kg. (obr. č. 57).

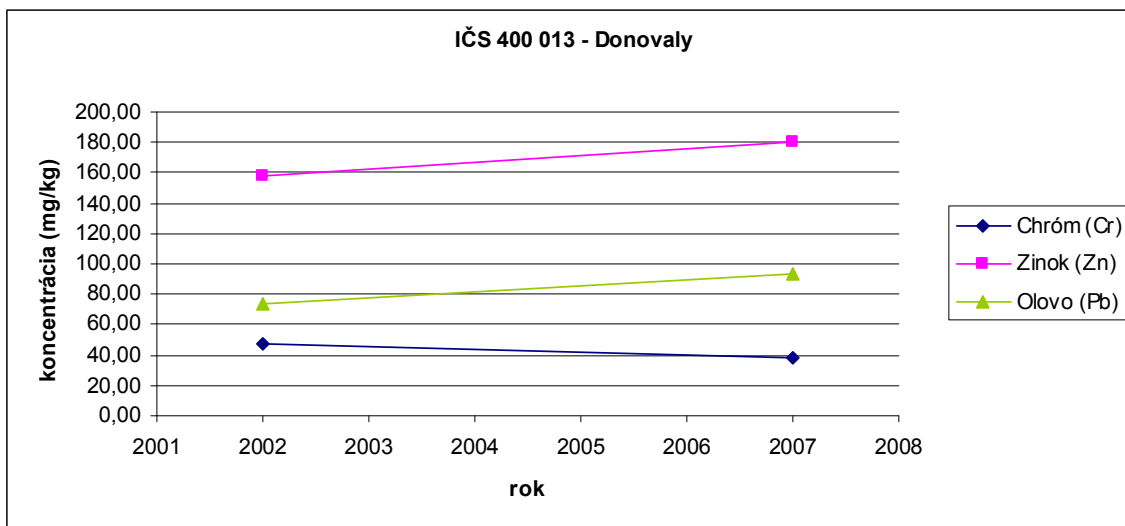
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 168,82 mg/kg a pohybuje sa od 157,7 do 179,95 mg/kg. (obr. č. 57).

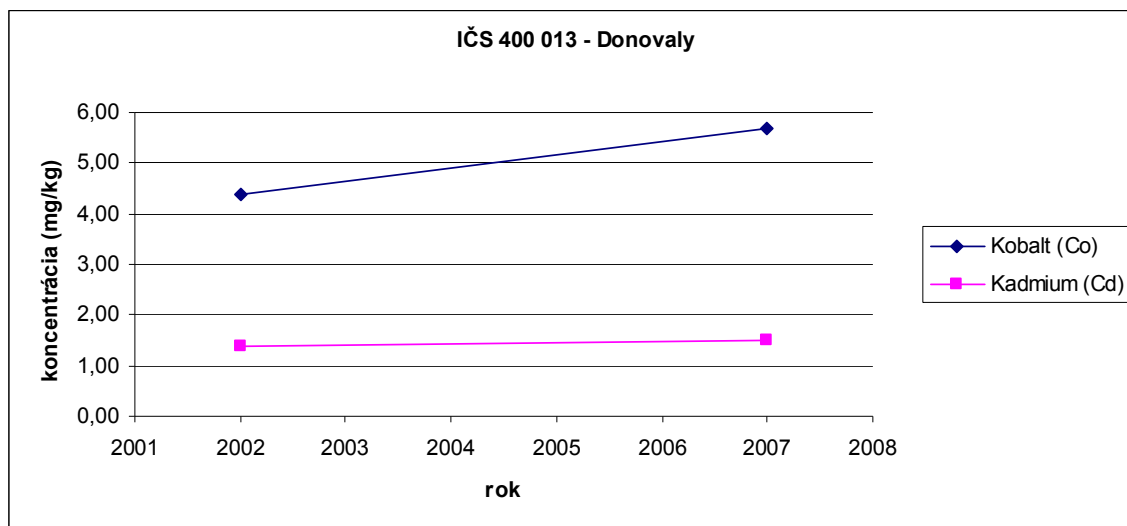
Obr. 56



Obr. 57



Obr. 58



Kľúčová lokalita – Sihla (400 055)

Tab. 21 Základná popisná štatistika na lokalite Sihla

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,58	0,06	1,81	3,25	1,98	1,53	4,87	8,74
Priemerný obsah	5,89	0,12	2,72	15,21	8,74	4,09	40,12	53,54
Koeficient variability %	9,89	46,51	66,71	21,37	22,70	37,48	12,15	16,32
Minimálna hodnota	5,04	0,03	0,08	12,58	6,53	2,75	33,50	42,18
Maximálna hodnota	6,66	0,18	4,95	20,94	11,66	6,35	46,26	62,83

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 5,89 mg/kg a pohybuje sa od 5,04 do 6,66 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,89% (tab. č. 21 a obr. č. 59).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,12 mg/kg a pohybuje sa od 0,03 do 0,18 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 46,51% (tab. č. 21 a obr. č. 61).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 2,72 mg/kg a pohybuje sa od 0,08 do 4,95 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je vysoká 66,71% (tab. č. 21 a obr. č. 59).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 15,21 mg/kg a pohybuje sa od 12,58 do 20,94 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 21,37% (tab. č. 21 a obr. č. 60).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 8,74 mg/kg a pohybuje sa od 6,53 do 11,66 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22,7% (tab. č. 21 a obr. č. 60).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 4,09 mg/kg a pohybuje sa od 2,75 do 6,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 22,7% (tab. č. 21 a obr. č. 59).

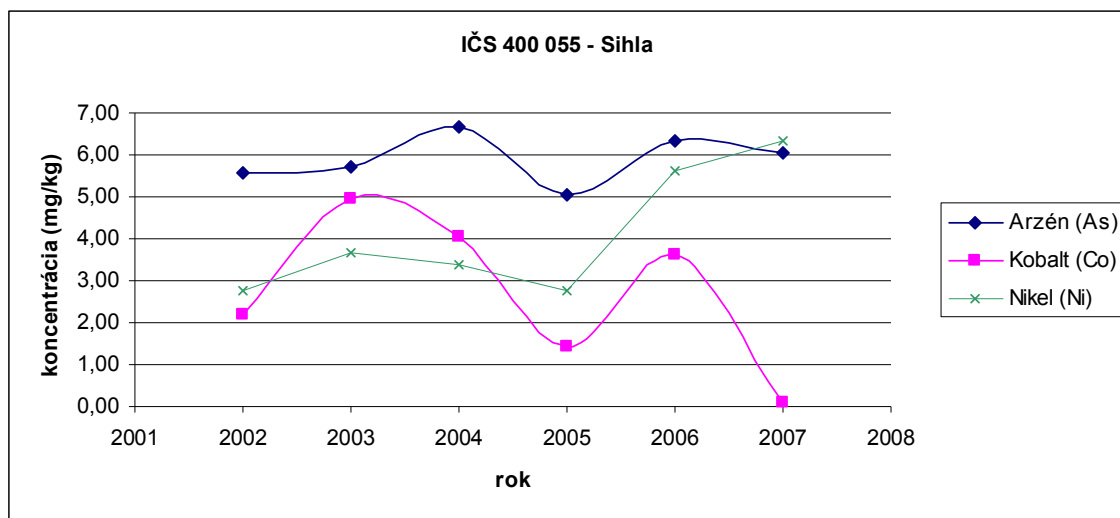
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 40,12 mg/kg a pohybuje sa od 33,5 do 46,26 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 12,15% (tab. č. 21 a obr. č. 60).

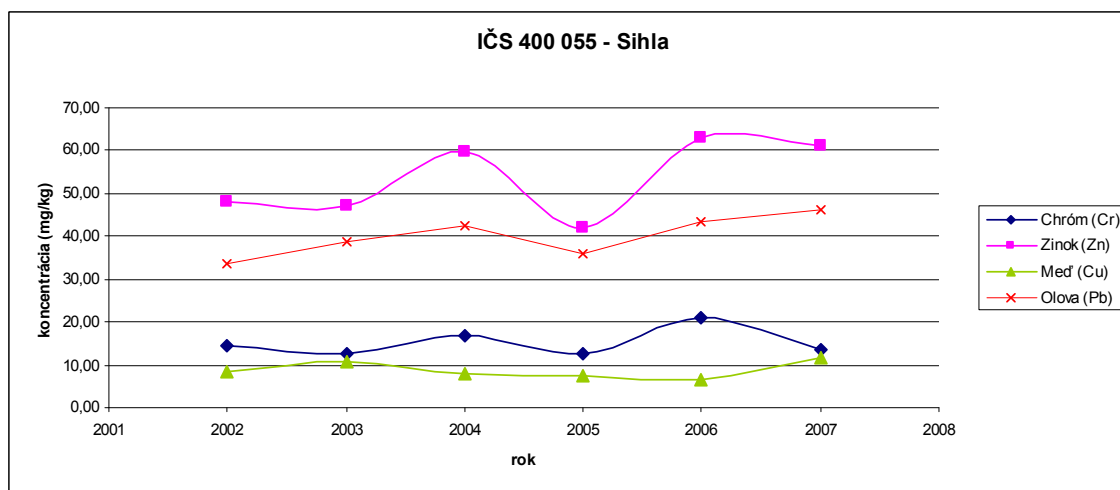
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 53,54 mg/kg a pohybuje sa od 42,18 do 62,83 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 16,32% (tab. č. 21 a obr. č. 60).

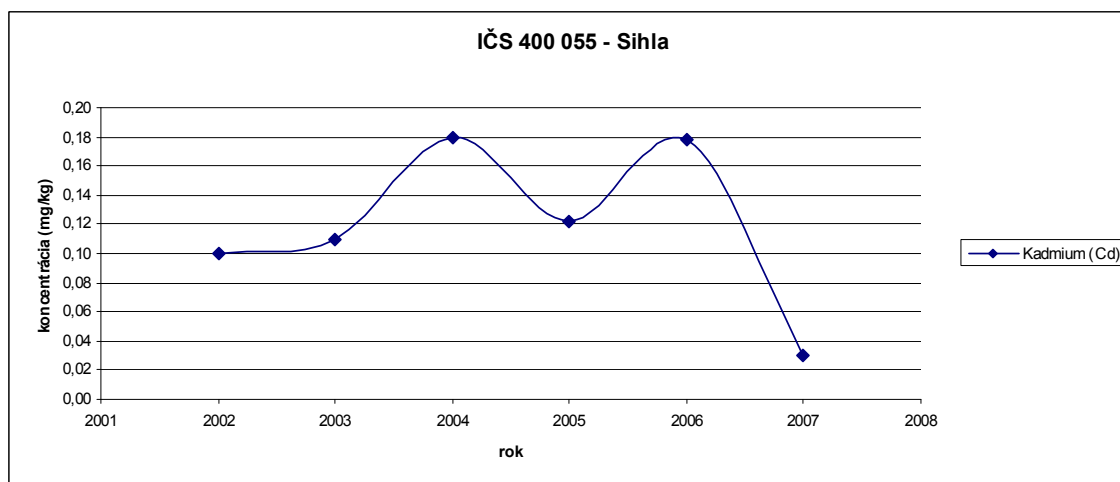
Obr. 59



Obr. 60



Obr. 61



Kľúčová lokalita – Sitno (400 340)
(ide o horskú oblasť, ktorá je analyzovaná v 5 ročných cykloch)

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 8,05 mg/kg a pohybuje sa od 7,35 do 8,75 mg/kg. (obr. č. 62).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,48 mg/kg a pohybuje sa od 0,47 do 0,5 mg/kg (obr. č. 64).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 7,5 mg/kg a pohybuje sa od 7,23 do 7,74 mg/kg. (obr. č. 62).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 20,68 mg/kg a pohybuje sa od 18,36 do 23,0 mg/kg. (obr. č. 63).

Meď

Priemerná hodnota meďi je za sledované obdobie 27,4 mg/kg a pohybuje sa od 26,6 do 28,2 mg/kg. (obr. č. 63).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 10,1 mg/kg a pohybuje sa od 7,85 do 12,34 mg/kg. (obr. č. 62).

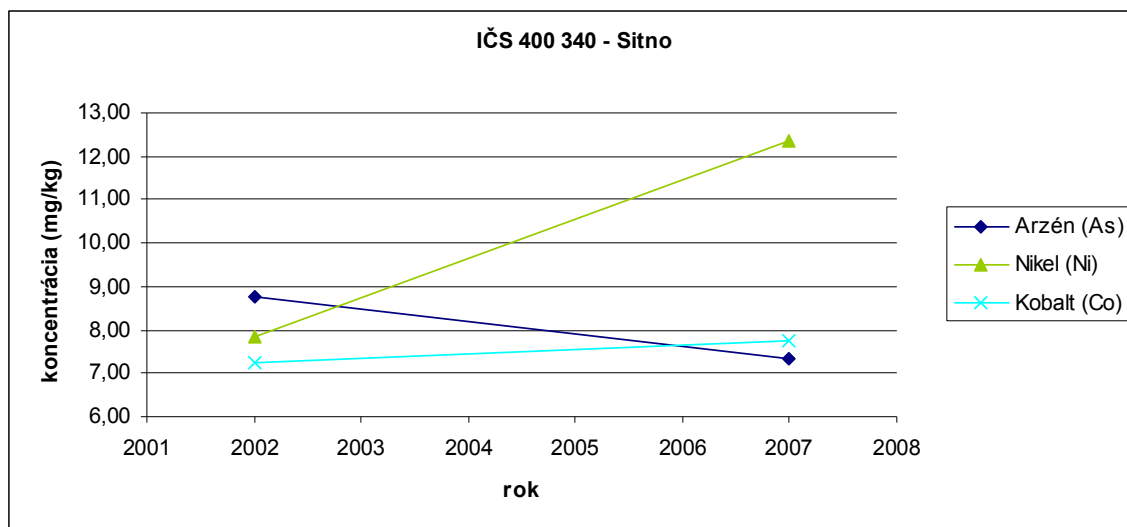
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 91,55 mg/kg a pohybuje sa od 91,49 do 91,6 mg/kg. (obr. č. 63).

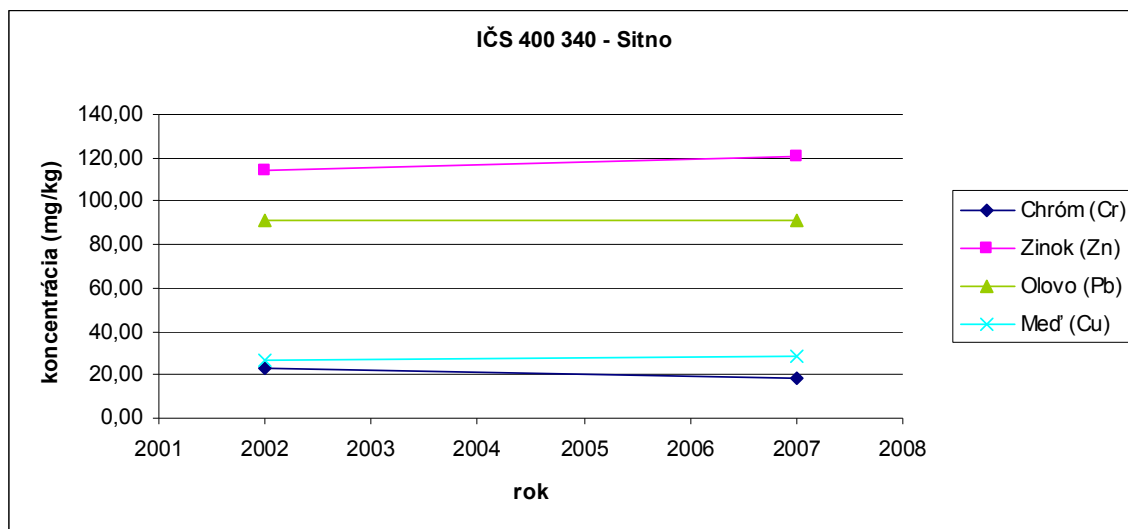
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 117,36 mg/kg a pohybuje sa od 114,0 do 120,71 mg/kg. (obr. č. 63).

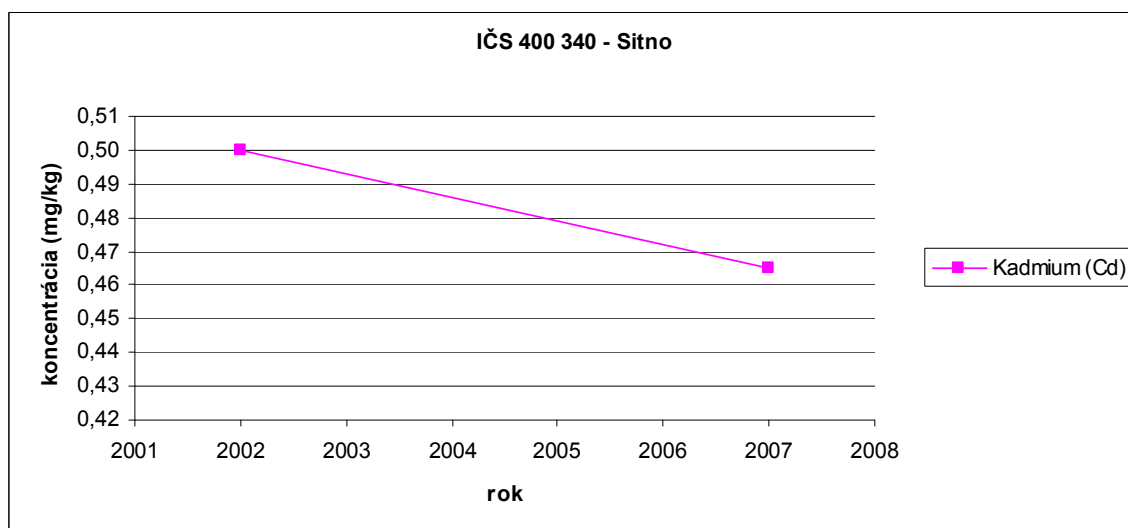
Obr. 62



Obr. 63



Obr. 64



Kľúčová lokalita – Spišská Belá (400 322)

Tab. 23 Základná popisná štatistika na lokalite Spišská Belá

(mg/kg)	As	Cd	Co	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
Smerodajná odchýlka	0,71	0,07	1,32	5,74	2,24	2,61	4,14	4,19
Priemerný obsah	9,48	0,21	10,11	43,39	22,22	28,60	21,67	68,84
Koeficient variability %	7,51	35,18	13,06	13,24	10,08	9,14	19,12	6,08
Minimálna hodnota	8,69	0,10	8,48	33,42	19,00	25,55	16,70	63,63
Maximálna hodnota	10,53	0,30	11,66	51,19	24,55	31,96	28,42	74,35

Arzén

Priemerná hodnota arzénu je za sledované obdobie 9,48 mg/kg a pohybuje sa od 8,69 do 10,53 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 7,51% (tab. č. 23 a obr. č. 65).

Kadmium

Priemerná hodnota kadmia je za sledované obdobie 0,21 mg/kg a pohybuje sa od 0,1 do 0,30 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 35,18% (tab. č. 23 a obr. č. 67).

Kobalt

Priemerná hodnota kobaltu je za sledované obdobie 10,11 mg/kg a pohybuje sa od 8,48 do 11,66 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,06% (tab. č. 23 a obr. č. 65).

Chróm

Priemerná hodnota chrómu je za sledované obdobie 43,39 mg/kg a pohybuje sa od 33,42 do 51,19 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 13,24% (tab. č. 23 a obr. č. 66).

Meď

Priemerná hodnota medi je za sledované obdobie 22,22 mg/kg a pohybuje sa od 19,00 do 24,55 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 10,08% (tab. č. 23 a obr. č. 65).

Nikel

Priemerná hodnota niklu je za sledované obdobie 28,6 mg/kg a pohybuje sa od 25,55 do 31,96 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 9,14% (tab. č. 23 a obr. č. 66).

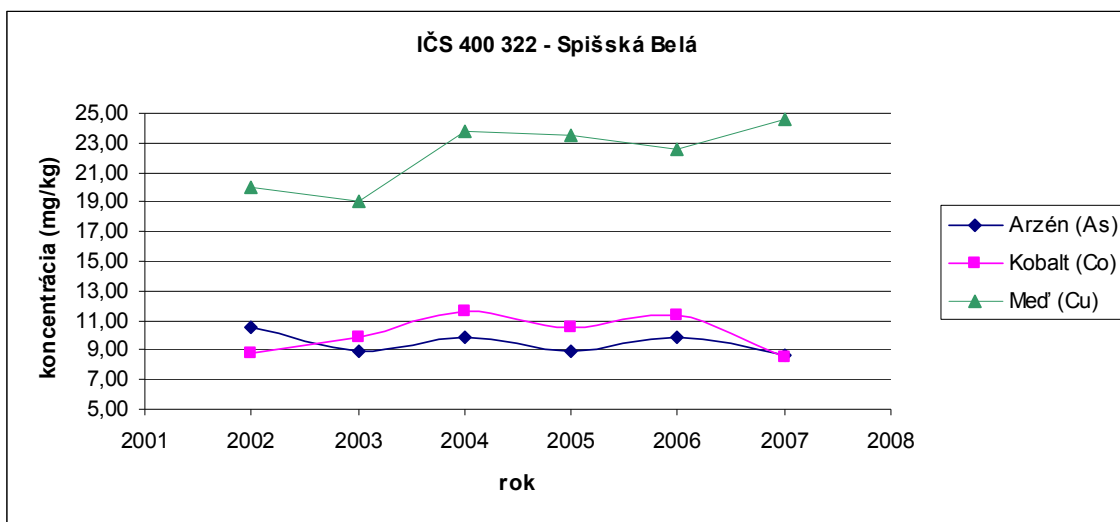
Olovo

Priemerná hodnota olova je za sledované obdobie 21,67 mg/kg a pohybuje sa od 16,7 do 28,42 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 19,12% (tab. č. 23 a obr. č. 66).

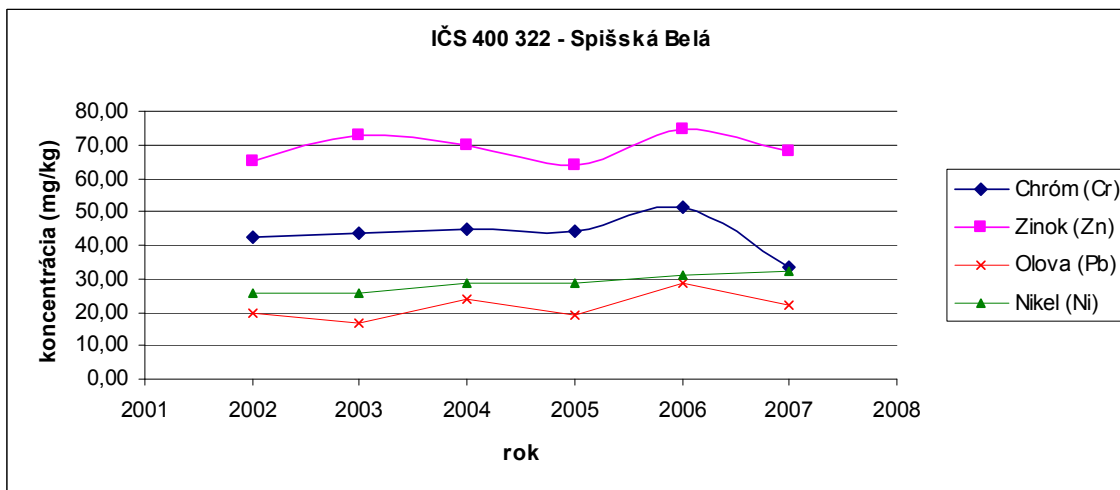
Zinok

Priemerná hodnota zinku je za sledované obdobie 68,84 mg/kg a pohybuje sa od 63,63 do 74,35 mg/kg. Variabilita nameraných obsahov je 6,08% (tab. č. 23 a obr. č. 66).

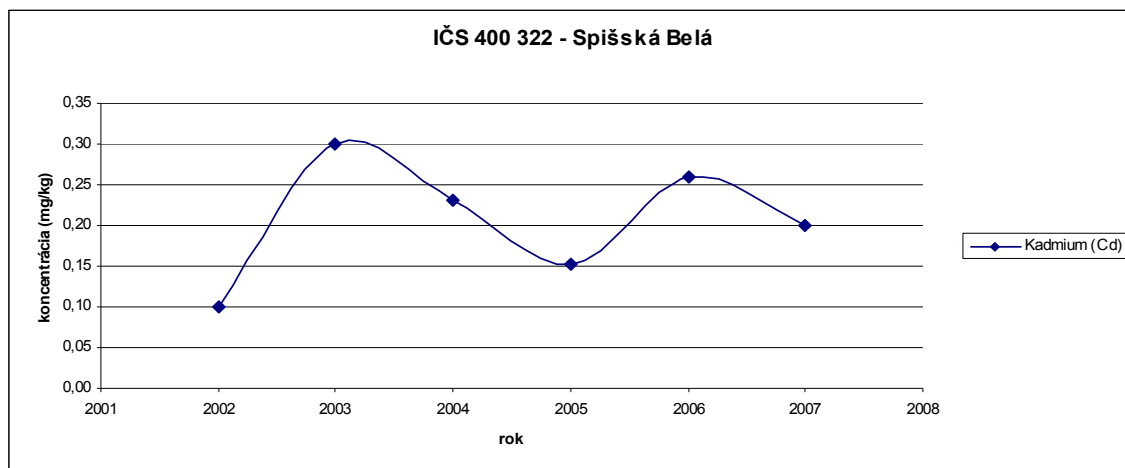
Obr. 65



Obr. 66



Obr. 67



Záver

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

Z nameraných výsledkov (tab. č. 1) je možné konštatovať, že v zmysle zákona 220/2004 Z.z. došlo k prekročeniu limitných hodnôt vo viacerých hodnotených ukazovateľoch najmä v dvoch monitorovaných lokalitách. V lokalite Dvorníky 400 023 došlo k prekročeniu limitných hodnôt u štyroch z ôsmich hodnotených prvkov. Následnou analýzou vo výluhu 1 mol/dm³ dusičnanu amónneho prekročených rizikových prvkov (tab. č. 2) a ich zhodnotení vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda je možné skonštatovať, že lokalita Dvorníky 400 023 je kontaminovaná prvkami kadmium a zinok.

Z hľadiska kontaminácie podľa zákona 220/2004 Z.z. je najviac poškodenou oblasťou lokalita Kropachy 400 335, kde z ôsmich hodnotených prvkov došlo k prekročeniu v piatich. Následnou analýzou vo výluhu 1 mol/l dusičnanu amónneho prekročených rizikových prvkov (tab. č. 2) a ich zhodnotení vo vzťahu rastlina – poľnohospodárska pôda je možné skonštatovať, že v lokalite Kropachy 400 335 je kontaminovaná pôda prvkom arzén, kadmium, meď, olovo a zinok.

3.5 Lokálna kontaminácia pôd

V súlade s pripravovanou Európskou Smernicou pre ochranu pôdy by každá členská krajina EÚ mala do 8 rokov od jej prijatia vyčleniť zaťažené územia. V minulom roku (2007) sme hodnotili región Žiarskej kotliny, najmä vo vzťahu k fluóru. V súčasnosti sa pripravuje samostatná publikácia vo vzťahu k jednotlivým druhom ohrození (v súlade s návrhom EK) tohto regiónu.

V tejto časti sme sa zamerali na ďalšie zaťažené územia, a to v súvislosti s ich dlhodobým zaťažením Mg-imisiami. Jedná sa o územia Jelšava-Lubeník a okolie Hačavy. I keď horčík nie je zastúpený v našich hygienických limitoch, čiže nehodnotíme ho ako rizikový prvok, je však známe, že hociktorý prvok, teda aj horčík, ktorý sa považuje za piatu hlavnú živinu vo výžive rastlín (Hrtánek a Kobza, 1980), môže byť pri jeho nadbytku škodlivý až toxický. Ako sme už uviedli v predchádzajúcej práci (Kobza a kol., 2002), obsah prijateľného horčíka v našich pôdach je prevažne vysoký (priemerne $347,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) s výnimkou podzolov a rankrov, kde je jeho obsah prirodzene nižší (priemerne $76,2 \text{ mg.kg}^{-1}$). Uvedený obsah horčíka nie je spôsobený hnojením, ale prirodzene vysokou zásobou tohto prvku v našich pôdach, čo sme už konštatovali aj v predchádzajúcej práci (Hrtánek a Kobza, 1980), kedy ani pri štvornásobnej intenzite hnojenia a vápnenia nebol podstatne ovplyvnený obsah prijateľného horčíka v pôde. Napokon aj pri tých istých pôdach bol pod trvalými trávnyimi porastami zistený často vyšší obsah prijateľného horčíka ako na ornej pôde. Možno teda konštatovať, že z hľadiska výživy rastlín nie je ani v súčasnosti horčík deficitným prvkom.

Význam horčíka je často výraznejší z pohľadu ochrany pôd, a to najmä v okolí magnezitiek (hlavne v regiónoch Jelšava-Lubeník a Hačava).

Ciele a spôsob riešenia

Prvý pedologický a hygienický prieskum pôd sme v daných regiónoch uskutočnili v roku 1998. Keďže od tej doby uplynulo už takmer 10 rokov, v roku 2007 sme uskutočnili v spolupráci s ÚKSUP-om Bratislava opakovaný hygienický prieskum v tých istých lokalitách. Boli odobrané pôdne vzorky z desiatich lokalít v regióne Jelšava-Lubeník ako aj z desiatich lokalít v regióne Hačava, spolu dvadsať lokalít. Prijateľný horčík v pôdnych vzorkách (z hĺbky 0-10 cm) bol stanovený podľa Mehliča II. (in Fiala a kol., 1999). Namerané údaje boli štatisticky vyhodnotené a na základe podkladových pedologických i reliéfových máp boli vypracované mapy obsahu prijateľného horčíka v pôdach zaťažených regiónov Jelšava-Lubeník a Hačava a okolie.

Dosiahnuté výsledky

Jelšava-Lubeník

Získané výsledky obsahu prijateľného horčíka v ornici poľnohospodárskych pôd v danom regióne sú uvedené v tab. 1.

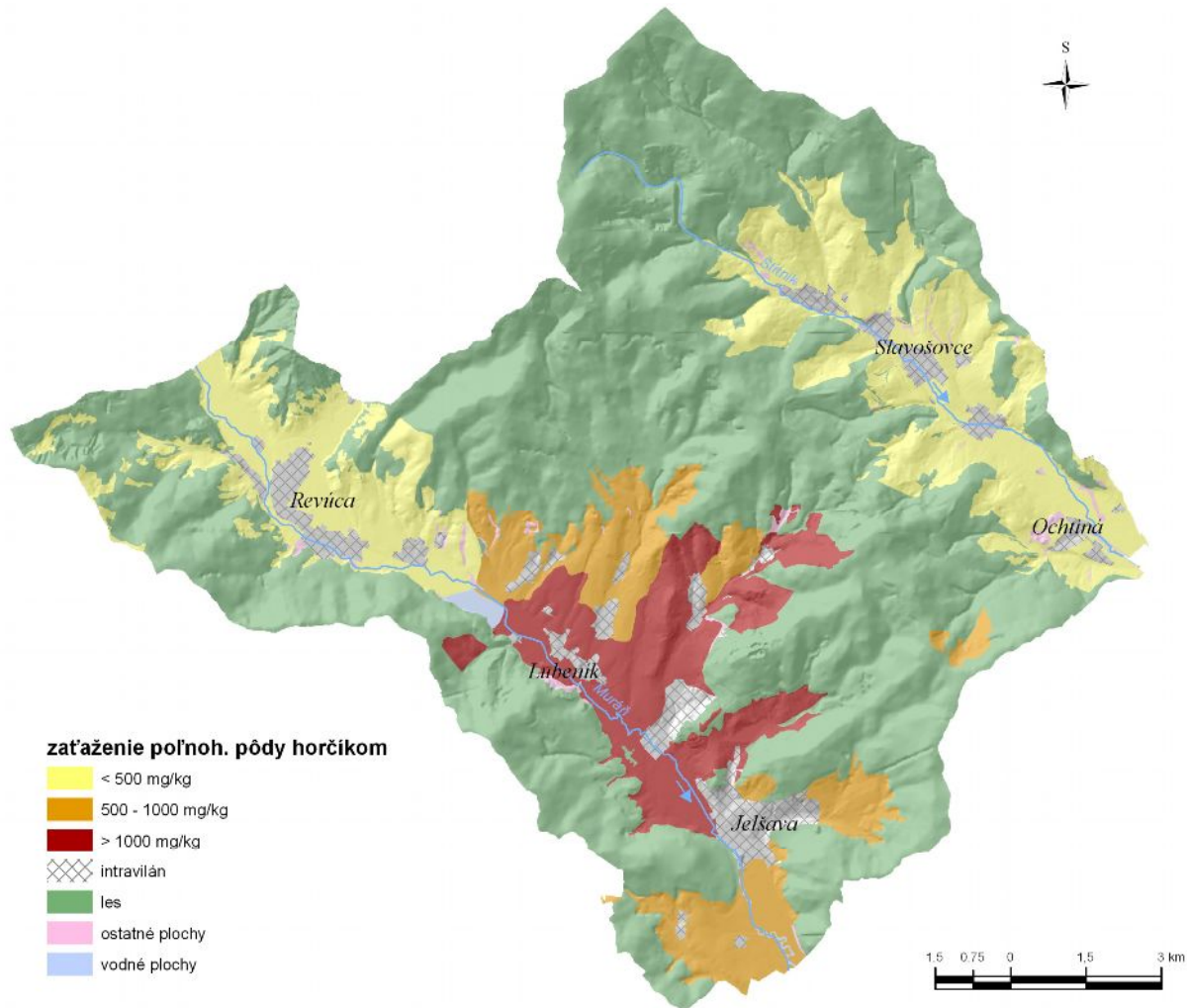
Tab. 1 Základné štatistické ukazovatele obsahu prijateľného horčíka (mg.kg^{-1}) v zaťaženom území Jelšava-Lubeník (r. 2007)

Hĺbka v cm	n	Xmin.	Xmax.	R	X	V
0-10	10	173,0	3535,0	3362,0	1066,4	0,822

Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie, X – aritmetický priemer, V – variačný koeficient, n – početnosť súboru

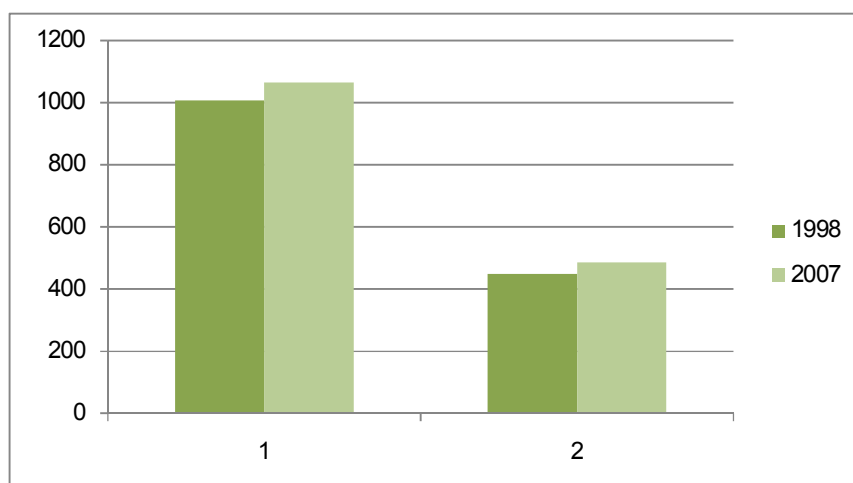
Na základe nameraných údajov obsahu prijateľného horčička je možné usúdiť na jeho značnú priestorovú heterogenitu, o čom svedčí značný rozdiel medzi minimálnou a maximálnou hodnotou, ako aj hodnota variačného koeficienta (0,822). Priemerná hodnota obsahu prijateľného horčička je vysoká ($1066,4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Najvyššie hodnoty boli namerané v bezprostrednom okolí Jelšavy a Lubeníka (viac ako $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$). Výmera najviac kontaminovaných poľnohospodárskych pôd horčikom predstavuje 15 358 ha (mapa 1).

Mapa 1 Kontaminácia pôd horčikom v regióne Jelšava-Lubeník (Tvorba mapy: J. Kobza, B. Pálka)



Čo sa týka vývoja kontaminácie pôd horčikom v zaťaženom území Jelšava-Lubeník, od roku 1998 sme síce zaznamenali v priemere určitý optický mierny nárast v smere zvýšenia obsahu prijateľného horčička v poľnohospodárskych pôdach daného regiónu (obr. 1), tento rozdiel je však podľa vypočítaného F-testu štatisticky nepreukazný (Tab. 3).

Obr. 1 Vývoj obsahu prijateľného horčička v zaťažených územiach Jelšava – Lubeník a Hačava



1 – územie Jelšava – Lubeník

2 – územie Hačava a okolie

Tab. 2 F-test pre prijateľný Mg v r. 1998 a v r. 2007

Hodnoty F-testu	Jelšava-Lubeník	Hačava a okolie
vypočítané	0,814	0,232
tabuľkové:		
$P_{0,05}$	3,2	3,2
$P_{0,01}$	5,4	5,4

Hačava a okolie

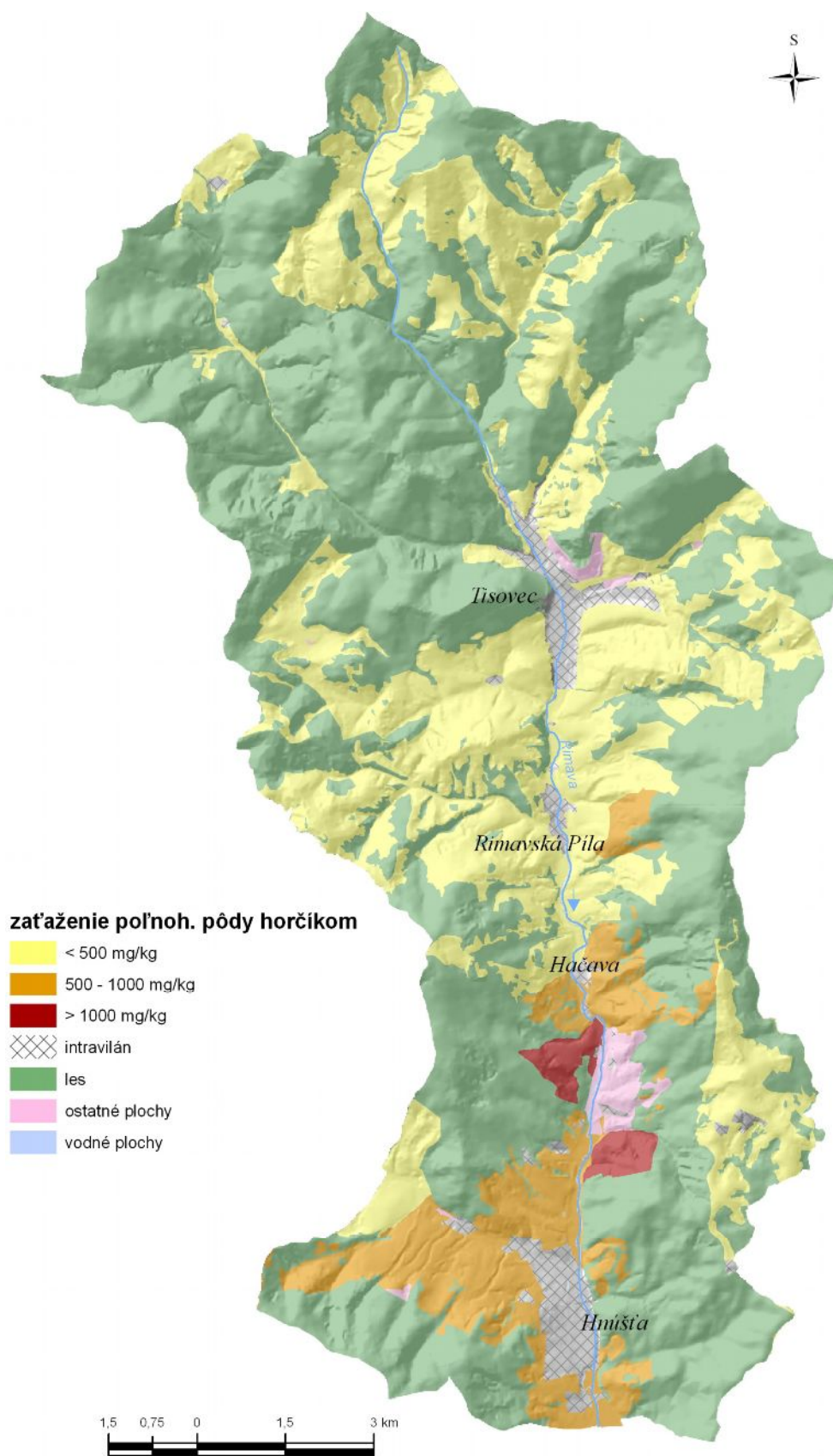
Získané výsledky obsahu prijateľného horčička v ornici poľnohospodárskych pôd v danom regióne sú uvedené v tab. 3.

Tab. 3 Základné štatistické ukazovatele obsahu prijateľného Mg (mg.kg^{-1}) v zaťaženom území Hačava (r. 2007)

Hĺbka v cm	n	Xmin.	Xmax.	R	X	V
0-10	10	209,0	1050,0	841,0	486,8	0,439

Priestorová heterogenita je tu oproti regiónu Jelšava-Lubeník nižšia (menší rozdiel medzi minimálnou a maximálnou hodnotou, ako aj nižší variačný koeficient (0,439). Priemerná hodnota obsahu prijateľného horčička mierne prevyšuje hodnotu celoslovenského priemeru ($347,7 \text{ mg.kg}^{-1}$) a dosahuje $486,8 \text{ mg.kg}^{-1}$. Najvyššie hodnoty boli namerané v bezprostrednom okolí Hačavy a Hnúšte (hodnoty blízke max. hodnote). Výmera najviac kontaminovaných poľnohospodárskych pôd horčikom tu predstavuje 544 ha (mapa 2).

Mapa 2 Kontaminácia pôd horčíkom v regióne Hačava a okolie (Tvorba mapy: J. Kobza, B. Pálka)



Vývoj zaťaženia poľnohospodárskych pôd horčíkom v danom regióne za poslednú dekádu je podobný ako v regióne Jelšava-Lubeník (obr. 1). Optické mierne zvýšenie prijateľného horčíka v poľnohospodárskych pôdach je však štatisticky nepreukazné, na čo ukazujú výsledky F-testu (tab. 2).

Záver

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať, že zaťaženie poľnohospodárskych pôd horčíkom v hodnotených regiónoch magnezitiek Jelšava-Lubeník a Hačava sa za poslednú dekádu výraznejšie nezmenilo, a to i napriek i čiastočnej konverzii a zmene technológie výroby. Je to čiastočne spôsobené aj nižším odbúraním horčíka v pôdach s prirodzene vysokým obsahom tohto prvku (s výnimkou veľmi kyslých pôd, ako sú podzoly a rankre, ktoré sa však v hodnotených územiach nenachádzajú). Je to zároveň dôkaz špecifického postavenia pôdy v životnom prostredí, pričom túto skutočnosť bude potrebné zohľadniť i pri ďalšom využívaní a ochrane hodnotených zaťažených území. Totiž vysoké až veľmi vysoké hodnoty prístupného horčíka výrazne ovplyvňujú i ďalšie vlastnosti pôd, najmä hodnoty pôdnej reakcie, štruktúru pôdy a pod. (Kobza, 2000).

Literatúra

- Fiala, K., Kobza, J. a kol. (1999): Závazné metódy rozborov pôd. ČMS-Pôda. VÚPOP Bratislava, 142 s.
- Hrtánek, B., Kobza, J. (1980): Vegetačná dynamika prijateľného horčíka pod porastom kukurice v ornici hnedozeme a illimerizovanej oglejenej pôdy. Ved. práce VÚPVR Bratislava, č. 10, s. 93-106
- Kobza, J. (2000): Magnesium from soil pollution point of view. Proceedings (Ved. práce) VÚPOP Bratislava, n. 23, pp. 83-88
- Kobza, J. a kol. (2002): Monitoring pôd Slovenskej republiky. Súčasný stav a vývoj monitorovaných vlastností pôd 1997-2001. VÚPOP Bratislava, 2002, 180 s

3.6 Obsah makro- a mikroelementov

3.6.1 Makroelementy

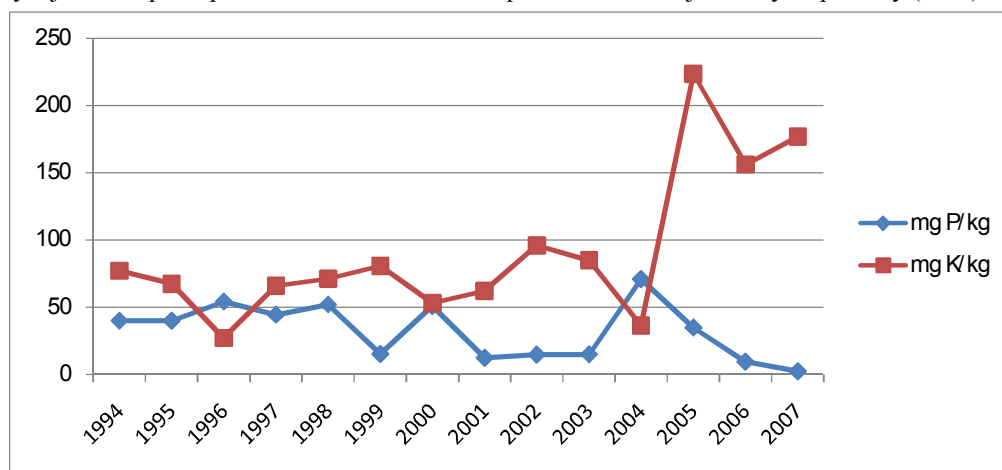
Fosfor

V pripravovanej publikácii – Kobza, J. a kol. (2008): Monitoring pôd SR (výsledky za 3. monitorovací cyklus) podávame aktuálny stav obsahu makro- a mikroelementov v pôdach Slovenska na základe dosiahnutých výsledkov z celej základnej monitorovacej siete.

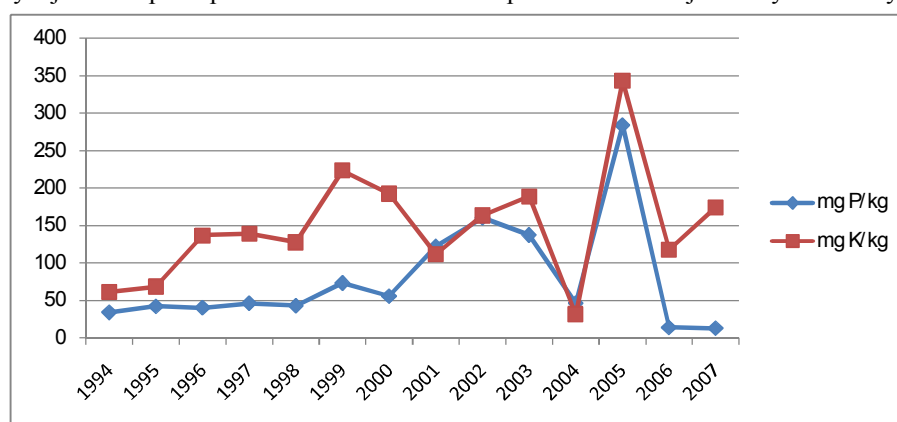
Čo sa týka obsahu prístupného fosforu, bol zistený najnižší obsah práve pri kultivovaných pôdach, ako sú napr. černoze, hnedozeme, luvizeme a pseudogleje), ktorý sa priemerne pohybuje v rozpätí 10-30 mg.kg⁻¹. Keďže rok 2007 bol odberovým rokom započatého 4. cyklu monitorovania pôd Slovenska, v tejto správe predkladáme vývoj prístupných živín na príklade vybraných kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré sa monitorujú každoročne od roku 1994.

Na obr. 1-5 je uvedený doterajší vývoj obsahu prístupného fosforu (stanoveného podľa Egnera) a prístupného draslíka (stanoveného podľa Schachtschabela) na nasledovných kľúčových monitorovacích lokalitách: Topoľníky (FMa^c), Moravský Ján (RMa), Voderady pri Trnave (ČMa^c), Liesek (PGa) a Malanta (HMa).

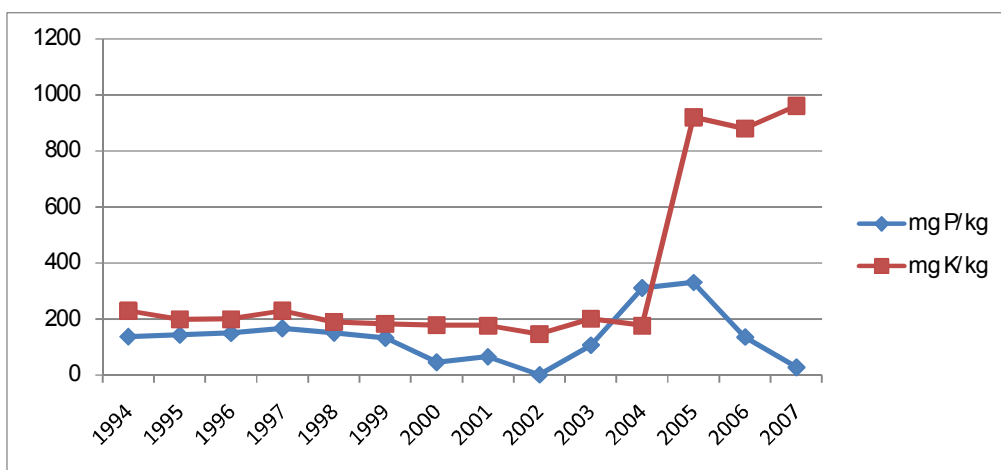
Obr. 1 Vývoj obsahu prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčovej lokality Topoľníky (FMa)



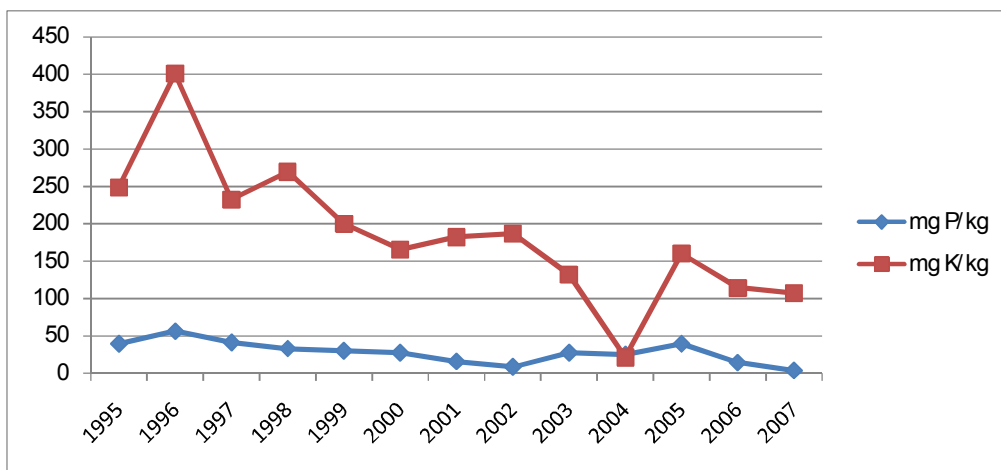
Obr. 2 Vývoj obsahu prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčovej lokality Moravský Ján (RMa)



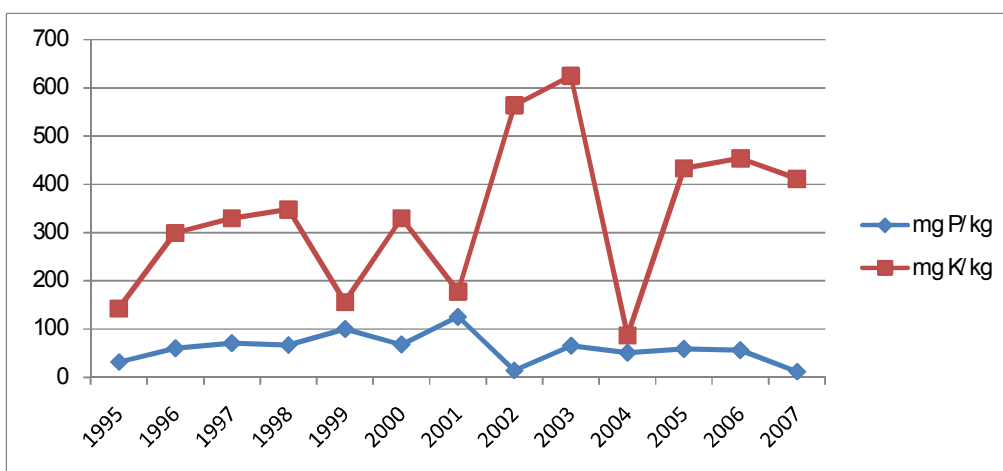
Obr. 3 Vývoj obsahu prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčovej lokality Voderady (ČMa)



Obr. 4 Vývoj obsahu prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčovej lokality Liesek (PGa)



Obr. 5 Vývoj obsahu prístupného fosforu a draslíka na príklade kľúčovej lokality Malanta (HMa)



Obsah prístupného fosforu na uvedených lokalitách je v časovom vývoji pomerne variabilný, svedčia o tom aj hodnoty variačného koeficienta (tab. 1).

Tab. 1 Základné štatistické ukazovatele časovej variability prístupného fosforu (podľa Egnera) za obdobie 1994 (95) - 2007

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	R	x	V
Topoľníky (FMa ^C)	14	2,4	70,9	68,5	32,7	0,64
Moravský Ján (RMa)	14	13,0	284,0	271,0	79,4	0,93
Voderady (ČMa ^C)	14	1,2	331,0	329,7	136,5	0,68
Liesek (PGa)	13	3,9	56,3	52,4	27,9	0,52
Malanta (HMa)	13	12,0	126,0	114,0	60,3	0,51

Vysvetlivky: KMa^C – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, RMa – regozem kultizemná, ČMa^C – černoziem kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie, x – aritmetický priemer, V – variačný koeficient

Hodnoty variačného koeficienta sú vyššie ako 0,50, čo svedčí o často výrazných rozdieloch medzi jednotlivými rokmi, spôsobených pravdepodobne rozdielnou úrovňou hnojenia i rozdielnym odčerpávaním prístupného fosforu pestovanými poľnohospodárskymi plodinami. Zvýšená variabilita je často pozorovateľná po roku 2000. Najvyššie hodnoty obsahu prístupného fosforu boli zaznamenané na lokalitách Voderady (ČMa^C) a Malanta (HMa) najmä po roku 2000.

Draslík

Doterajší vývoj prístupného draslíka (stanoveného podľa Schachtschabela) na už uvedených kľúčových monitorovacích lokalitách je znázornený taktiež na obr. 1 až 5.

Podobný priebeh ako pri fosfore sme zaznamenali aj pri draslíku, vyššie hodnoty boli zistené taktiež po roku 2000, čo pravdepodobne dokumentuje prísun fosforu aj draslíka na uvedených lokalitách v danom období hnojením, kedy boli zistené aj najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka, podobne ako pri fosfore. Variabilita obsahu draslíka v časovom vývoji je i tu značná, variačný koeficient podobne ako pri fosfore je tu prevažne vyšší ako 0,50 (tab. 2).

Tab. 2 Základné štatistické ukazovatele časovej variability prístupného draslíka (podľa Schachtschabela) za obdobie 1994 (95) - 2007

Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	R	x	V
Topoľníky (FMa ^C)	14	27,2	223,4	196,2	91,4	0,61
Moravský Ján (RMa)	14	31,8	343,2	311,4	148,6	0,52
Voderady (ČMa ^C)	14	147,0	960,7	813,7	348,2	0,89
Liesek (PGa)	13	21,5	400,6	379,1	186,2	0,49
Malanta (HMa)	13	87,0	625,0	538,0	335,3	0,49

Najvyššie hodnoty obsahu prístupného draslíka sme zo sledovaných lokalít zistili vo Voderadoch pri Trnave na černozemí kultizemnej, var. karbonátovej, a na hnedozemí kultizemnej v Malante pri Nitre. Potvrdilo sa to aj pri hodnotení obsahu prístupného draslíka v celej základnej monitorovacej sieti (Kobza a kol., 2008), kde jeho priemerné hodnoty pri hodnotení černozemí a hnedozemí patria k najvyšším v rámci hodnotených pôd na Slovensku (257,8 – 312,7 mg.kg⁻¹).

3.6.2 Mikroelementy

Názov mikroelementy sa odvodzuje jednak z toho, že ich rastliny potrebujú v porovnaní s makroelementami vo veľmi malých množstvách, ako aj z toho, že ich obsah v pôde je veľmi nízky. 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. Vyšší obsah mikroelementov majú pôdy, ktoré obsahujú ľahšie zvetrateľný mineralogický podiel, ktorý sa skladá najmä z biotitu, augitu a olivínu. Vysoký obsah mikroelementov majú tiež pôdy v blízkosti rudných ložísk a metalického zrudnenia (Kobza a kol., 2008).

V monitoringu pôd sledujeme 3 základné mikroelementy, a to meď, zinok a mangán, za posledných 6 rokov (2002–2007). Na ich extrakciu sme použili vylúhovadlo DTPA (kyselina dietyléntriámín-pentaoctová). Patrí do kategórie slabších vylúhovadiel za účelom stanovenia tých množstiev prvkov, ktoré sa môžu za určitých podmienok (pôdna reakcia, teplota, vlhkosť, sorpčná kapacita a pod.) pomerne ľahko dostávať cez koreňovú sústavu rastlín do ich vegetatívnych a generatívnych orgánov, a teda kvalitatívne ovplyvňovať produkciu poľnohospodárskych plodín. I keď tieto prvky sa hodnotia prevažne len z pohľadu kontaminácie pôd, svoje postavenie majú v malých koncentráciách aj pri výžive rastlín.

Med'

Je jedným z dôležitých mikroelementov, ktorej nedostatok obmedzuje rast koreňov niektorých rastlín (najmä viniča) a spôsobuje chlorózu listov. Obmedzená môže byť i tvorba kvetov a častým príznakom je i vädnutie rastlín. Na nedostatok medi citlivo reaguje šalát, špenát, ale aj repa cviklová, cibuľa a struková zelenina (Demo a kol., 2002).

V tab. 3 je uvedená priestorová heterogenita medi (DTPA) vo vybraných kľúčových monitorovacích lokalitách. Ako je už známe z predchádzajúcich správ a prác, znova uvádzame, že monitorovacia lokalita predstavuje kruhovú plochu o polomere $r = 10$ m a celkovej ploche 314 m^2 , pôdne vzorky v kľúčových lokalitách sú odoberané z 5-tich miest uvedenej monitorovacej plochy.

Tab. 3 Priestorová heterogenita Cu (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít (r. 2007)

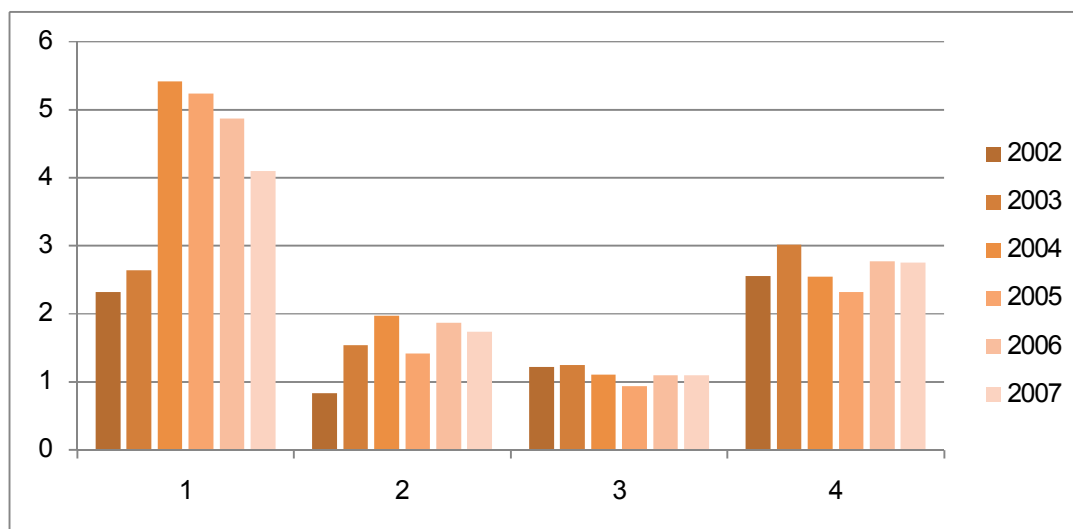
Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	R	x	V
Topoľníky (FMa ^C)	5	3,63	4,65	1,02	4,11	0,11
Voderady (ČMa ^C)	5	1,56	1,89	0,33	1,73	0,06
Liesek (PGa)	5	1,06	1,13	0,07	1,09	0,06
Malanta (HMa)	5	2,59	2,87	0,28	2,74	0,03

Vysvetlivky: KMa^C – fluvizem kultizemná, var. karbonátová, ČMa^C – černoziem kultizemná, var. karbonátová, PGa – pseudoglej kultizemný, HMa – hnedozem kultizemná, n – početnosť súboru, Xmin. – minimálna hodnota, Xmax. – maximálna hodnota, R – variačné rozpätie, x – aritmetický priemer, V – variačný koeficient

Variačný koeficient je pri všetkých hodnotených kľúčových lokalitách nízky (prevažne nižší ako 0,10). Je to v súlade s hodnotením priestorovej heterogenity niektorých vybraných parametrov pôdy v minuloročnej správe (Kobza a kol., 2006), kde sme zistili najnižšiu priestorovú heterogenitu práve na ploche monitorovacích lokalít. Potvrdila sa tak správnosť nášho rozhodnutia ešte pred založením monitorovacej siete o určení veľkosti plochy monitorovacej lokality, ktorá by mala byť na úrovni prípustnej variability väčšiny sledovaných parametrov pôdy. Jedine v takýchto prístupných plochách je možné monitorovať vývoj dôležitých parametrov pôd v určitom časovom horizonte.

Na obr. 6 je uvedený vývoj medi na príslušných monitorovacích lokalitách za posledných 6 rokov (2002-2007).

Obr. 6 Vývoj Cu (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít v mg.kg-1



1 – Topoľníky (FMa^c), 2 – Voderady (ČMa^c), 3 – Liesek (PGa), 4 – Malanta (HMa)

Obsah Cu (DTPA) je na uvedených kľúčových monitorovacích lokalitách pomerne vyrovnaný, jej obsah je stredný (Voderady, Liesek) až vysoký (Topoľníky, Malanta). Podobný trend konštatujeme aj pri vyhodnocovaní obsahu Cu (ako mikroelementu) v poľnohospodárskych pôdach Slovenska na základe základnej monitorovacej siete (Kobza a kol., 2008).

Mangán

V tab. 4 je uvedená priestorová heterogenita mangánu (DTPA) v tých istých kľúčových monitorovacích lokalitách.

Tab. 4 Priestorová heterogenita mangánu (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít (r. 2007)

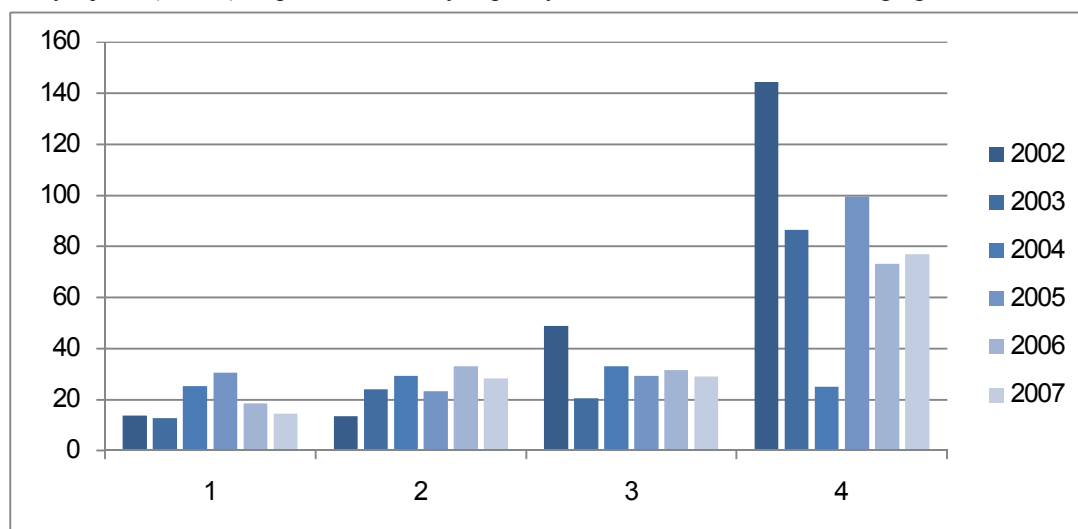
Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	R	x	V
Topoľníky (FMa ^c)	5	12,53	17,20	4,67	14,54	0,11
Voderady (ČMa ^c)	5	25,23	33,53	8,30	28,26	0,11
Liesek (PGa)	5	24,90	32,84	7,94	29,08	0,11
Malanta (HMa)	5	71,35	83,26	11,91	77,01	0,06

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).

Na základe dosiahnutých údajov v tab. 4 priemerná hodnota mangánu sa pohybuje na daných lokalitách v rozpätí 14,54 – 77,01 mg.kg⁻¹, čo je jeho stredný obsah v pôde (ÚKSUP, 1993). Podobné zastúpenie mangánu sme zistili aj v ostatných našich pôdach v celej monitorovacej sieti Slovenska (Kobza a kol., 2008). Variabilita v rámci monitorovacích lokalít je i tu pomerne nízka. Maximálna hodnota variačného koeficienta bola zistená 0,11, čo zodpovedá už predchádzajúcemu konštatovaniu o priestorovej heterogenite sledovaných pôdnych parametrov na ploche monitorovacej lokality.

Vývoj mangánu na uvedených kľúčových lokalitách za posledné obdobie je znázornený na obr. 7.

Obr. 7 Vývoj Mn (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít v mg.kg⁻¹



1 – Topoľníky (FMa^c), 2 – Voderady (ČMa^c), 3 – Liesek (PGa), 4 – Malanta (HMa)

Zmeny v obsahu mangánu na uvedených lokalitách za posledné obdobie sú viac-menej variabilné, v poslednom roku skôr v smere jeho poklesu oproti predchádzajúcemu roku. Jeho vyššie hodnoty zisťujeme práve na kyslejších pôdach (napr. v Lieseku na pseudogleji), čo len potvrdzuje naše predchádzajúce výsledky (Kobza a kol., 2005). Zvyšovanie mangánu najmä na kyslých pôdach možno čiastočne zdôvodniť nedostatkom vápnenia, ktoré eliminuje vplyv mangánu na kyslých pôdach.

Zinok

Priestorová heterogenita obsahu zinku (DTPA) na vybraných kľúčových monitorovacích lokalitách je uvedená v tab. 5.

Tab. 5 Priestorová heterogenita zinku (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít (r. 2007)

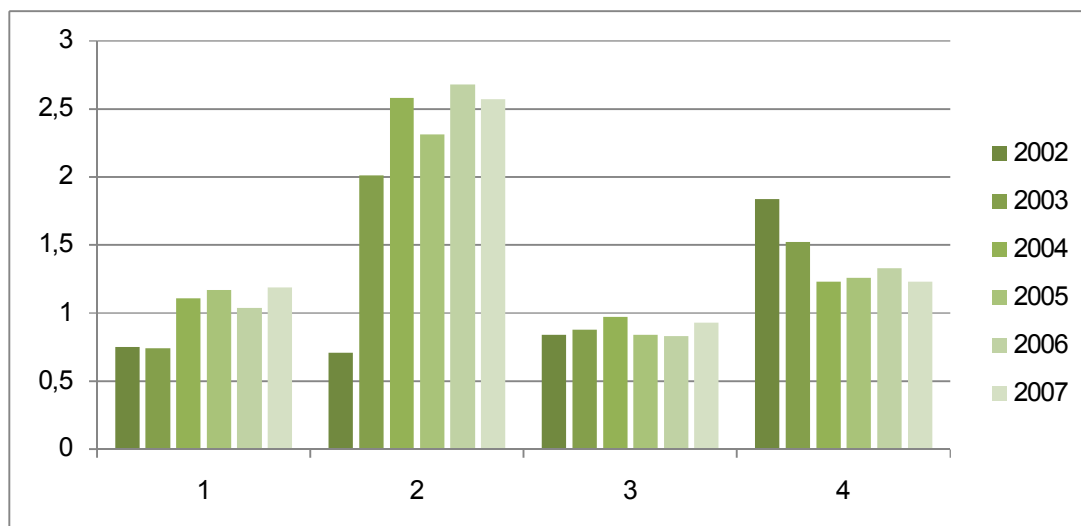
Monitorovacie lokality (Pôda)	Základné štatistické ukazovatele					
	n	Xmin.	Xmax.	R	x	V
Topoľníky (FMa ^c)	5	0,76	1,96	1,20	1,19	0,37
Voderady (ČMa ^c)	5	2,07	3,06	0,99	2,57	0,13
Liesek (PGa)	5	0,82	1,08	0,26	0,93	0,08
Malanta (HMa)	5	1,16	1,38	0,22	1,23	0,04

Vypočítané hodnoty variačného koeficientu sú i tu pomerne nízke, len pri lokalite Topoľníky (fluvizem kultizemná, var. karbonátová) je táto hodnota najvyššia (V = 0,37). Tu sú i namerané hodnoty obsahu zinku najvariabilnejšie, čo je napokon pre fluvizeme často charakteristické.

Obsah zinku sa pohybuje na daných lokalitách v rozpätí priemerne od 0,93 do 2,57 mg.kg⁻¹, čo je podľa kritérií ÚKSUP-u (1993) obsah prevažne stredný (1,00 – 2,50). Podobné výsledky sme zistili aj v základnej monitorovacej sieti (Kobza a kol., 2008).

Vývoj obsahu zinku za posledné obdobie na daných kľúčových lokalitách je znázornený na obr. 8.

Obr. 8 Vývoj Zn (DTPA) na príklade kľúčových pôdnych monitorovacích lokalít v mg.kg⁻¹



1 – Topoľníky (FMa^c), 2 – Voderady (ČMa^c), 3 – Liesek (PGa), 4 – Malanta (HMa)

Obsah zinku v jednotlivých rokoch je pomerne vyrovnaný, a to na všetkých hodnotených kľúčových monitorovacích lokalitách. Mierne optické zmeny sú raz v smere poklesu, inokedy v smere nárastu, zodpovedajú prirodzenej variabilite zinku v našich pôdach, pretože zinok vo všeobecnosti do pôdy nedodávame.

Na základe dosiahnutých výsledkov možno konštatovať a zároveň môžeme potvrdiť naše predchádzajúce zistenia, že naše pôdy sú vo všeobecnosti aj v súčasnosti dobre zásobené mikroelementami (Cu, Zn, Mn), prevláda ich stredný až vysoký obsah, a to aj na pôdach mimo vplyvu geochemických anomálií, čo potvrdzujú aj hodnotené kľúčové monitorovacie lokality v tejto správe.

Literatúra

- Demo, M. a kol. (2002): Trvalo udržateľné technológie v záhradníctve. SPU Nitra, 581 s.
- Kobza, J. a kol. (2005): Monitoring pôd SR. Priebežná správa za rok 2005. VÚPOP Bratislava, 227 s.
- Kobza, J. a kol. (2006): Tvorba a hodnotenie poznatkov o vývoji vlastností pôdneho krytu SR pre efektívnu ochranu pôdy v poľnohospodárskej krajine. VÚPOP Bratislava, Správa za rok 2006, 163 s.
- Kobza, J. a kol. (2008): Monitoring pôd SR. (Súčasný stav vlastností pôd za 3. monitorovací cyklus) – t.č. v tlači
- ÚKSUP (1993): Agrochemické kritériá pre hodnotenie agrochemických rozborov pôd. Bratislava, 1993.

3.7 Monitoring obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty

Pôdna organická hmota (POH) je jedným z najdôležitejších parametrov pôdnej úrodnosti nakoľko ovplyvňuje všetky biologické, chemické i fyzikálne procesy, ktoré v pôde prebiehajú a má vplyv aj na ekologické (mimoprodukčné) funkcie pôdy. POH je súčasťou všetkých minimálnych súborov indikátorov komplexne hodnotiacich kvalitu pôdy na základe pôdnych funkcií (Gregorich a kol., 1994, Harris a kol. 1996, Brejda a kol. 2000). V poslednom období má hodnotenie pôdnej kvality výrazne stúpajúcu tendenciu a mnoho prác zaoberajúcich sa touto problematikou uvádza pôdny organický uhlík (POC), resp. POH ako dôležitý parameter pôdnej kvality (Gardi a kol. 2002, Andrews a kol. 2004). V posledných rokoch hlavne v dôsledku intenzifikácie poľnohospodárstva a globálnych klimatických zmien dochádza v krajinách Európy k výrazným stratám pôdneho organického uhlíka a je to jedna z hrozieb, ktoré podstatným spôsobom ohrozujú pôdnu kvalitu.

V rámci projektu Monitoring pôdy 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. Na 12 kľúčových lokalitách sa sledujú aj zmeny v detailnom zložení humínových kyselín. V predkladanej práci uvádzame hodnotenie zmien v množstve a kvalite POH ako aj detailné zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na vybraných kľúčových lokalitách v priebehu celého monitorovacieho obdobia (1994-2007).

Materiál a metódy

V práci sú hodnotené 4 kľúčové lokality na trvalých trávnych porastoch (TTP) a 8 kľúčových lokalít na orných pôdach (OP). Konkrétne sa hodnotenie týka týchto kľúčových lokalít:

Donovaly – Rendzina kambizemná RA_k (TTP)
Sitno – Andozem modálna AM_m (TTP)
Chopok – Ranker podzolový RN_p (TTP)
Sihla – Kambizem modálna, var. kyslá KM^a (TTP)
Moravský Ján – Regozem kultizemná RMa (OP)
Voderady – Černozem kultizemná, var. karbonátová ČMa^c (OP)
Malanta – Hnedozem kultizemná (HMa)
Topoľníky – Fluvizem kultizemná var. karbonátová FMa^c (OP)
Nacina Ves – Fluvizem glejová kultizemná FM_{Ga} (OP)
Liesek – Pseudoglej kultizemný PGa
Macov – Čiernica kultizemná ČAa (OP)
Istebné – Kambizem pseudoglejová KM_g (OP)

Na týchto kľúčových lokalitách sa okrem organického uhlíka (C_{org}), pomeru uhlíka humínových a fulvokyselín (Chk/Cfk) a optického parametra Q⁴₆ hodnotia aj zmeny v chemickom zložení humínových kyselín (HK) na základe týchto parametrov: elementárne stanovenie uhlíka, dusíka, vodíka a kyslíka (CHNO analýza), optický parameter E^{1%}₆, karboxylová kyslosť HK a spektrá nukleárnej magnetickej rezonancie ¹³C NMR, z ktorých sa vypočítalo percentuálne zastúpenie aromatického (Car) a alifatického (Calif) uhlíka a stupeň aromaticity - α. Izolácia HK ako aj metódy stanovenia všetkých sledovaných parametrov sú uvedené v jednej z našich predchádzajúcich prác (Kobza a kol., 1999).

Výsledky a diskusia

Zmeny v základných parametroch obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty na kľúčových lokalitách (1994 – 2007)

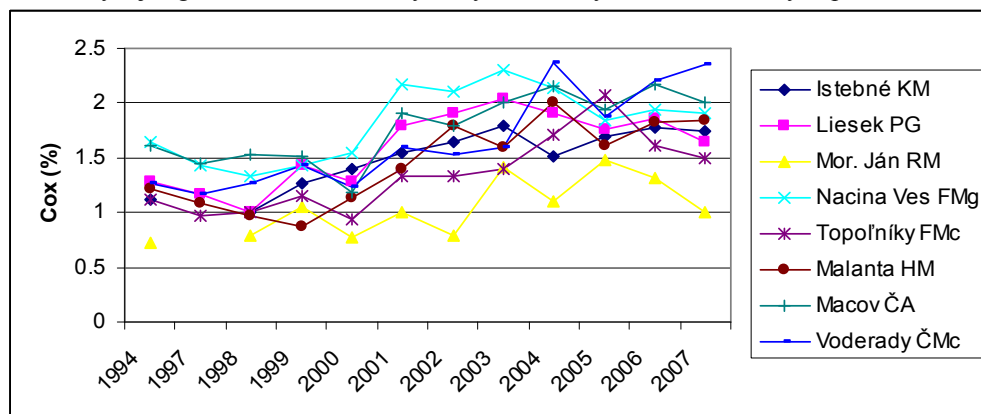
Množstvo organického uhlíka na trvalých trávnych porastoch aj v rámci rovnakého pôdneho typu (kambizem) je podstatne vyššie ako na orných pôdach. Cox na kambizemi na TTP (lokalita Sihla) disponuje hodnotami od 3 do 4,8 %, ale kambizem na ornej pôde (lokalita Istebné) dosahuje hodnoty Cox v rozmedzí 1 -1,7 % (Obr. 1, 2). Guo a Gifford (2002) na základe výsledkov meta analýzy uvádzajú, že pri zmene hospodárenia na pôde v prípade rozorania pasienkov je pokles Cox až 59 %, čo zodpovedá aj našim hodnotám Cox nameraným na kambizemi na OP a TTP.

Ostatné lokality na trvalých trávnych porastoch sú vysokohorské lúky na andozemi, rendzine a rankri. Na týchto pôdnych typoch je hodnota Cox prirodzene značne vysoká a v našom prípade sa pohybuje v intervale 6-14% (Obr. 2).

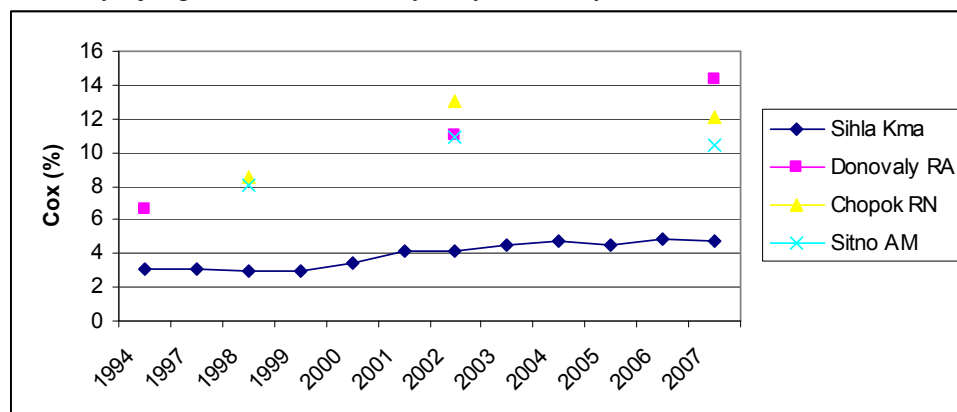
Na všetkých lokalitách orných pôd je hodnota organického uhlíka podstatne nižšia ako na TTP. Nižšie hodnoty Cox na ornej pôde v porovnaní s TTP sú v súlade s literatúrnymi údajmi, nakoľko viacerí autori (Bedrna 1966, Cambel a Souster, 1982) uvádzajú, že intenzívne obhospodarovanie pôdy vedie k zníženiu množstva organickej hmoty. Pri rozoraní pasienkov dochádza k porušeniu prirodzenej rovnováhy a obsah humusu sa podstatne zníži v dôsledku intenzívnej mineralizácie hlavne v orníčovom horizonte (Churkov, 2000).

Na všetkých sledovaných kľúčových lokalitách na orných pôdach sa hodnota organického uhlíka pohybuje v intervale 1-2,3% (Obr.1). Najnižšími hodnotami disponuje regozem, na ktorej Cox v priebehu monitorovacieho obdobia kolíše v rozmedzí 0,8-1,4%.

Obr. 1 Vývoj organického uhlíka na vybraných kľúčových lokalitách orných pôd



Obr. 2 Vývoj organického uhlíka na vybraných kľúčových lokalitách TTP



V priebehu monitorovacieho obdobia pozorujeme značne kolísavý trend v hodnotách Cox na sledovaných lokalitách orných pôd. Na niektorých z nich (černoze, hnedoze, čiernica), napriek značným výkyvom v jednotlivých rokoch, môžeme pozorovať postupný nárast Cox, ktorý nastal po roku 2000 (Obr. 1).

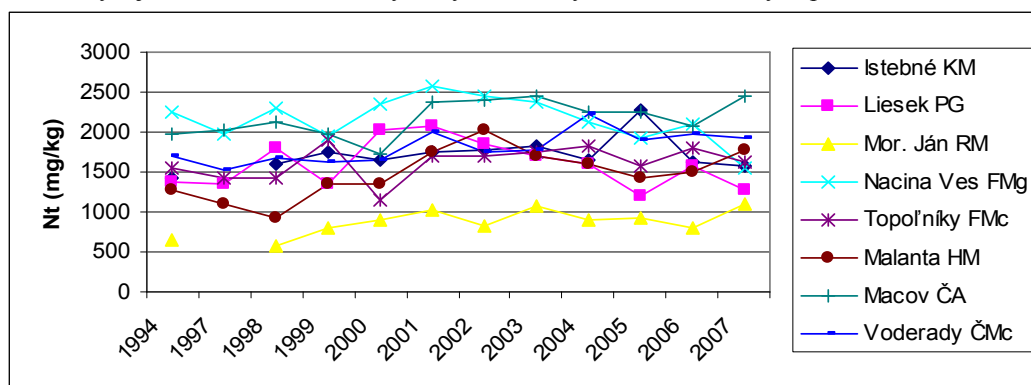
Na vysokohorských pôdach (okrem lokality Sihla) sa monitoring POH realizuje v 5 ročných intervaloch. Oproti počiatocnému stavu (1994) hodnoty Cox na týchto lokalitách v r. 2002 stúpili, ale v nasledujúcom 5 ročnom období okrem lokality Donovaly sme zaznamenali ustálený stav (Obr. 2).

Hodnoty celkového dusíka úzko súvisia s hodnotami organického uhlíka, čo potvrdzujú aj významné lineárne korelácie medzi Nt a Cox zistené v jednotlivých rokoch (Tabuľka 1). Podobne ako v prípade organickej hmoty, aj obsah celkového dusíka je na trvalých trávnych porastoch podstatne vyšší ako na orných pôdach (Obr.3,4) a hodnoty Nt v jednotlivých rokoch značne kolíšu. V priebehu celého monitorovacieho obdobia hodnoty celkového dusíka na sledovaných lokalitách orných pôd aj TTP majú pomerne ustálený vývoj a tendenciu k zvýšeniu, resp. zníženiu Nt u nich nebadáme.

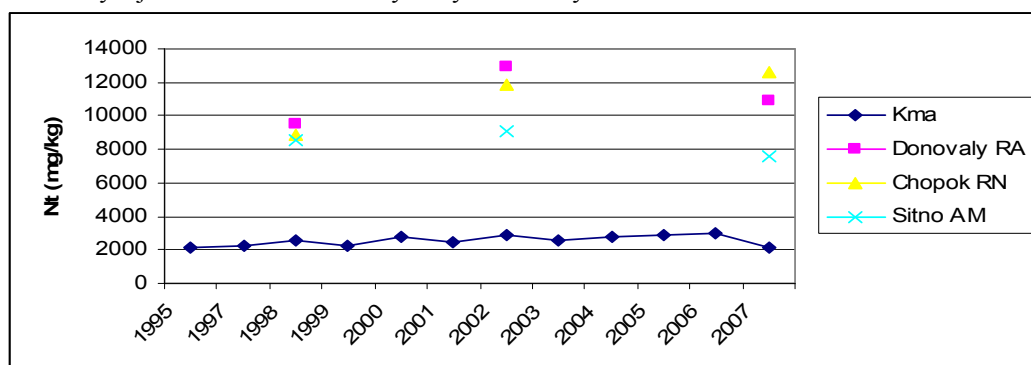
Tab.1 Lineárne korelácie R medzi Nt a Cox

	1994	1998	2000	2002	2004	2007
	n=8	n=12	n=8	n=8	n=8	n=12
Cox/Nt	0,97**	0,99**	0,99**	0,92**	0,91**	0,97**

Obr. 3 Vývoj celkového dusíka na vybraných kľúčových lokalitách orných pôd



Obr. 4 Vývoj celkového dusíka na vybraných kľúčových lokalitách TTP



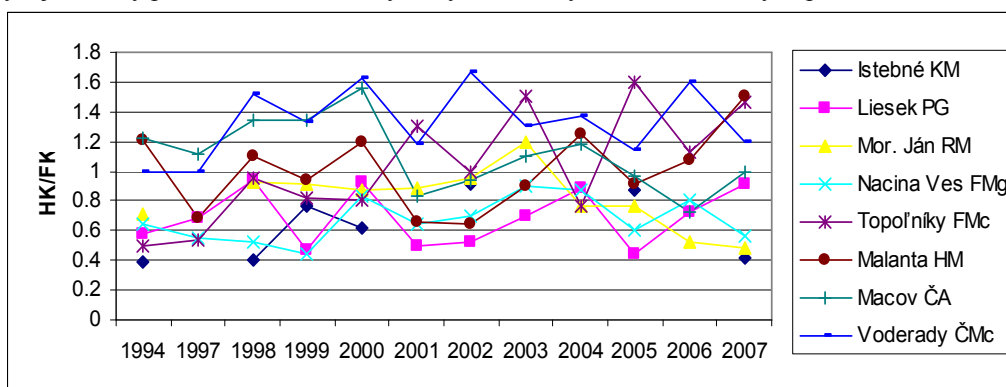
Pri kvalitatívnych parametroch organickej hmoty, ktorými sú pomer uhlíka humínových a fulvo kyselín (C_{HK}/C_{FK}) a farebný kvocient (Q_6^4), sa vo väčšej miere odráža genéza pôdy, charakteristická pre ten, ktorý pôdny typ (Sotáková, 1982) a využitie pôdy v tomto prípade, na rozdiel od Cox, nie je dominantné.

Ďalším parametrom, ktorý je dôležitý pri tvorbe a formovaní kvality humusu sú hydrotermické podmienky (Linkeš a kol. 1997). Kvalitatívne parametre humusu relatívne

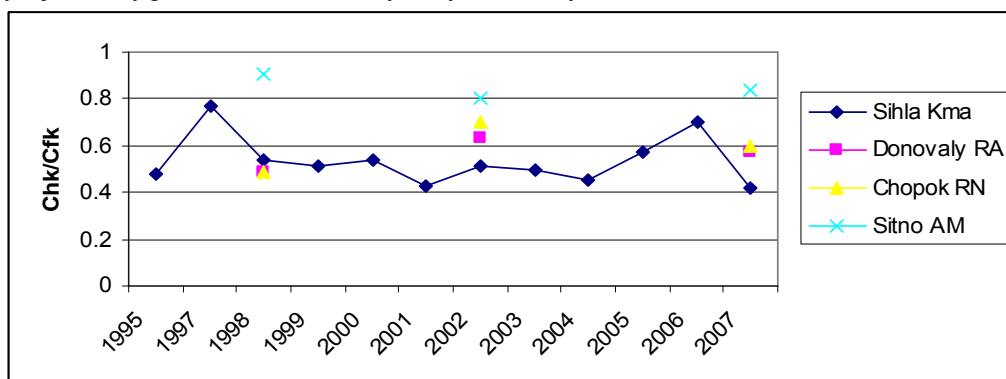
teplejších a suchších oblastí (hnedozeme, regozeme, fluvizeme) sa značne líšia od kvality humusu podzolov, rankrov, litozemí a prevážnej väčšiny kambizemí, ktoré sa nachádzajú v chladnejších a vlhších oblastiach s odlišnou intenzitou a charakterom rozkladu pôdnej organickej hmoty.

Z hľadiska hodnôt kvalitatívnych parametrov, disponujú černozy a čiernece nachádzajúce sa v relatívne teplých, arídnych oblastiach, pre ktoré je charakteristický humus tmavých molických a melanických horizontov, najkvalitnejšou a najvyzretejšou organickou hmotou, čo potvrdzuje prevládanie humínových kyselín nad fulvokyselinami ($C_{HK}/C_{FK} > 1$) a nízke hodnoty farebného kvocientu ($Q^4_6 < 4.5$). Uvedený fakt potvrdzujú aj naše výsledky, nakoľko hodnoty pomeru C_{HK}/C_{FK} na lokalite Voderady (černoze kultizemná, var. karbonátová) počas celého monitorovacieho obdobia sú vyššie ako 1 (Obr. 5).

Obr. 5 Vývoj hodnoty pomeru C_{HK}/C_{FK} na vybraných kľúčových lokalitách orných pôd



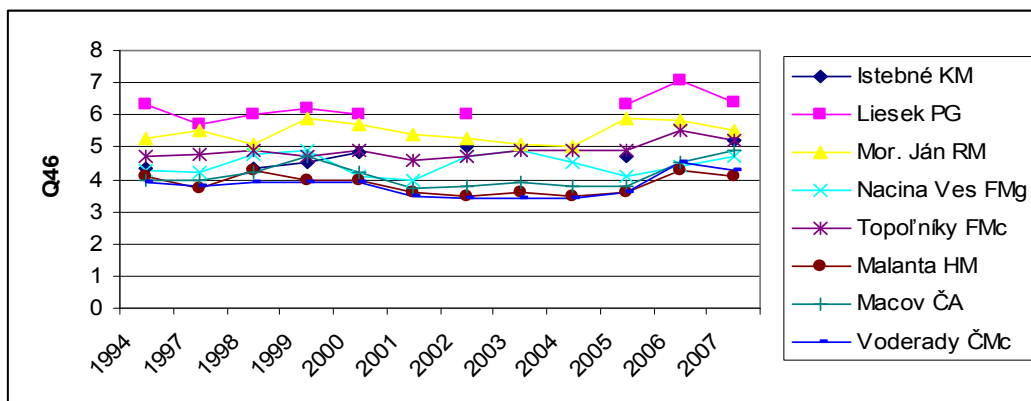
Obr. 6 Vývoj hodnoty pomeru C_{HK}/C_{FK} na vybraných kľúčových lokalitách TTP



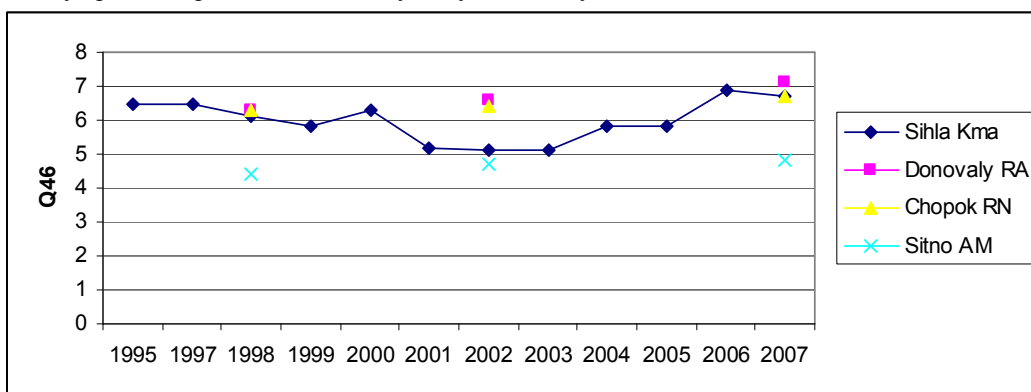
Na druhej strane, na kambizemi glejovej, pseudogleji a fluvizemi glejovej počas celého monitorovacieho obdobia prevládajú fulvokyseliny nad humínovými kyselinami. Prevládanie fulvokyselín nad humínovými kyselinami je charakteristické aj pre vysokohorské pôdy s relatívne chladnejšou a vlhšou klímou (Obr. 6). Zmeny tohto kvalitatívneho parametra medzi jednotlivými rokmi sú pomerne značné, ale z dlhodobého hľadiska môžeme konštatovať ustálený trend.

Vyzretosť pôdnej organickej hmoty môžeme v hrubých rysoch posúdiť na základe hodnôt optického parametra Q^4_6 , ktorý reprezentuje pomer hodnôt extincie nameraných pri 450 a 650 nm. Čím je hodnota optického parametre nižšia, tým je kvalita POH vyššia. Nízkymi hodnotami optického parametra Q^4_6 , ktoré sú charakteristické pre vyzretejšiu organickú hmotu, disponujú na orných pôdach čiernece, černoze a hnedozeme, najvyššia hodnota tohto parametra bola nameraná na pseudogleji (Obr. 7). Vysoké hodnoty Q^4_6 , a teda nízky stupeň humifikácie je charakteristický aj pre vysokohorské pôdy, okrem andozemí (Obr.8)

Obr. 7 Hodnoty optického parametra Q^4_6 na vybraných kľúčových lokalitách orných pôd



Obr. 8 Hodnoty optického parametra Q^4_6 na vybraných kľúčových lokalitách TTP



V priebehu celého monitorovacieho obdobia neboli zaznamenané podstatné zmeny tohto parametra, t. j. na jednotlivých lokalitách sa udržiavala charakteristická hodnota Q^4_6 pre daný pôdny typ.

Zmeny v chemickom zložení humínových kyselín na kľúčových lokalitách (1994-2007)

Kvalita pôdnej organickej hmoty predovšetkým na orných pôdach s nízkymi hodnotami celkového množstva Cox zohráva pri viacerých procesoch (inaktivácia kontaminantov, transformácia organických polutantov) dôležitejšiu úlohu ako jej celkové množstvo. Z hľadiska úrodnosti, ale aj mimoprodukčných funkcií pôdy dôležitú úlohu zohrávajú humínové kyseliny (HK), ktoré spolu s fulvo kyselinami (FK) a humínom reprezentujú tri základné frakcie humusu. 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. Pri porovnaní rozdielov medzi pôdnymi typmi, ale tiež pri porovnaní zmien pri rozdielnom hospodárení na pôde, je vhodné využiť izoláciu humínových kyselín, ktoré predstavujú základnú frakciu pôdnej organickej hmoty a študovať zmeny v ich chemickej štruktúre. Chemická štruktúra a zloženie týchto supramolekulárnych zhlukov relatívne malých molekúl (Piccolo, 2001) 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 HK a zmeny ich chemickej štruktúry sa sledujú stanovením vybraných chemických a fyzikálno-chemických parametrov.

Základným chemickým parametrom pri sledovaní štruktúry HK je elementárna C, H, N, O analýza, ktorá odráža charakteristiky pôdnej humifikácie. Vyššie zastúpenie uhlíka a nižšie zastúpenie vodíka je charakteristické pre HK s vyšším humifikačným stupňom. Zo sledovaných HK najvyššia hodnota uhlíka a najnižšia hodnota vodíka bola zaznamenaná na černoze, na kambize boli stanovené najnižšie hodnoty C a najvyššie hodnoty H (tabuľka 2), čo indikuje relatívne vysokú humifikáciu POH na černoze a málo vyzretý humus na kambize. 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).

Tab. 2 Hodnoty elementárnej analýzy (atom.%) a vybrané parametre ^{13}C NMR Calif a Car (%) huminových kyselín

	C	H	N	O	H/C	Car	Calif
TTP							
RA/1995	39.4	40.34	3.7	16.55	1.02	27.08	53.59
RA/1998	39.3	40.3	3.12	17.3	1.02	29.9	45.12
RA/2001	41.59	36.47	3.6	18.33	0.88	31.6	43.1
RA/2007						25.6	57.48
AM							
AM/1995	43.4	34.4	3.1	19.12	0.79	41.25	34.54
AM/1998	42.3	33.5	2.9	21.3	0.79	33.62	40.78
AM/2001	42.46	35.38	3.24	18.93	0.83	35.2	41.2
AM/2007						35.1	44.66
RN_p							
RN _p /1995	38.7	42.56	2.95	15.76	1.1	26.8	50.98
RN _p /1998	36.92	43.75	3.42	15.91	1.18	24.57	51.34
RN _p /2001	39.79	40.36	2.9	16.94	1.01	30.7	44.1
RN _p /2007						31	45.67
KM^a							
KM ^a /1995	39.70	41.01	3.34	15.99	1.03	29.98	52.54
KM ^a /1998	38.50	43.10	3.01	15.50	1.12	28.99	48.57
KM ^a /2001	39.92	39.51	3.28	17.29	0.99	31.3	45.5
KM ^a /2004	39.32	40.87	3.21	16.6	1.04	31.56	44.54
KM ^a /2007						24.5	56.35
OP							
ČM ^c /1994	47.60	31.63	2.85	17.92	0.67	41.75	30.04
ČM ^c /1997	48.55	28.67	3.52	19.26	0.59	50.81	33.89
ČM ^c /2000	47.22	31.96	3.19	17.64	0.68	46.55	33.89
ČM ^c /2003	49.17	29.34	3.29	18.19	0.6	48.1	30.49
ČM ^c /2006	43.05	35.85	3.56	17.53	0.9	40.00	40.96
HM							
HM/1994	43.41	36.16	3.25	17.18	0.83	33.28	41.09
HM/1997	40.55	39.31	3.11	17.03	0.97	41.24	41.09
HM/2000	41.31	38.80	3.26	16.64	0.94	33.95	44.87
HM/2003	43.76	35.58	3.31	17.36	0.81	37.99	42.3
HM/2006	39.91	39.43	3.42	17.24	0.98	34.89	51.04
FM^c							
FM ^c /1994	41.82	37.93	3.74	16.51	0.91	34.1	46.52

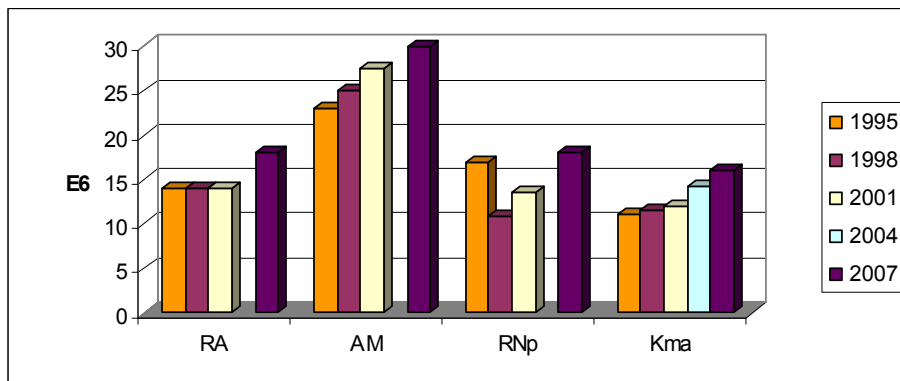
FM ^c /1997	43.04	36.42	3.70	16.85	0.85	34.98	43.85
FM ^c /2000	42.18	36.35	3.59	17.88	0.86	35.92	41.37
FM ^c /2003	44.16	35.16	3.73	16.95	0.8	37.66	41.35
FM ^c /2006	42.94	35.46	3.87	17.73	0.83	38.34	44.36
FMg/1994	39.11	41.19	2.93	16.77	1.05	33.09	49.08
FMg/1997	40.07	40.97	3.23	15.72	1.02	36.35	48.53
FMg/2000	39.62	40.91	3.24	16.24	1.03	33.17	48.3
FMg/2003	42.51	38.3	3.37	15.82	0.9	33.83	47.15
FMg/2006	39.96	39.57	3.67	16.8	0.99	33.24	52.69
PG/1994	41.58	40.09	2.74	15.59	0.96	34.05	50.5
PG/1997	40.98	40.61	3.00	15.40	0.99	34.35	44.68
PG/2000	40.44	39.82	3.26	16.48	0.99	33.02	45.37
PG/2003	42.2	38.53	3.37	15.89	0.91	35.1	45.25
PG/2006	39.39	40.64	3.55	16.43	1.03	31.67	51.65
ČA/1995	43.7	34.5	3.75	18.04	0.79	36.08	36.2
ČA/1999	44.87	32.03	3.91	19.19	0.72	37.68	40.84
ČA/2002	46.23	32.51	3.9	17.37	0.7	41.07	41.23
ČA/2005	43.35	34.69	3.68	18.28	0.8	41.03	44.22
RMa/1995	42.6	37.25	3.43	16.69	0.45	38.6	41.77
RMa/1998	41.7	38.3	3.23	16.8	0.44	39	37.15
RMa/2001	42.14	36.96	3.41	17.49	0.47	34.9	46.4
RMa/2004	40.3	40.1	3.17	16.43	0.41	38.96	41.16
RMa/2007						30.12	54.3

Nízkymi hodnotami H/C disponujú orné pôdy (predovšetkým černozem, čiernica, fluvizem karbonátová a hnedozem), vysoké hodnoty tohto parametra sú charakteristické pre ranker, rendzinu a kambizem (Tabuľka 2). V priebehu monitorovacieho obdobia pozorujeme určité zmeny v hodnotách elementárnej analýzy predovšetkým na orných pôdach. Značné zníženie zastúpenia uhlíka a zvýšenie %H a následne zvýšenie pomeru H/C v zatiaľ poslednom odbere na černozemi a regozemi indikujú zlabilnenie štruktúry humínových kyselín. Môže to byť spôsobené zvýšením dodávky organickej hmoty na týchto lokalitách, 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. Potvrzuje je to aj významná korelácia ($R=0,87$, $n=35$), ktorá bola zistená medzi pomerom H/C a Calif.

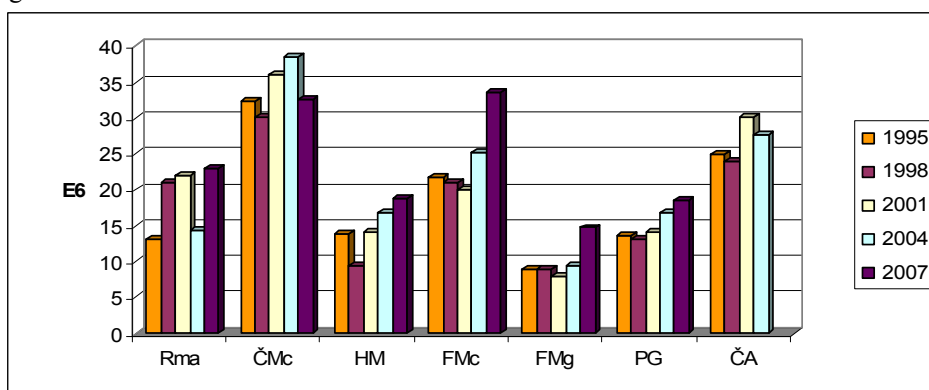
Veľký prínos pri poznávaní chemickej podstaty HK predstavujú spektrálne metódy vo viditeľnej oblasti spektra. Kumada (1987) na hodnotenie optických vlastností doporučuje optický parameter $E^{1\%}_6$, ktorý predstavuje extinciu roztoku HK nameranú pri vlnovej dĺžke 600 nm. Uvedený optický parameter Kumada nazýva stupeň humifikácie, nakoľko $E^{1\%}_6$, nepriamo, podobne ako parameter H/C odráža stupeň kondenzácie aromatického jadra HK. Čím sú hodnoty optického parametre vyššie, tým vyšší je stupeň aromaticity HK. Ako vidíme na obr. 9 a 10 nízke hodnoty $E^{1\%}_6$ sú charakteristické pre vysokohorské pôdy (rankre, rendziny a kambizeme), z orných pôd sú to predovšetkým pseudogleje ale aj fluvizem glejová. Na tomto parametri, podobne ako pri hodnotách elementárnej analýzy vidieť značný rozdiel v kvalite štruktúry HK fluvizeme glejovej a fluvizeme karbonátovej. V priebehu monitorovacieho obdobia môžeme vidieť postupný nárast optického parametra v prípade

andozeme a kambizeme na TTP a čiastočne na pseudogleji a fluvizemi glejovej na orných pôdach (Obr. 9, 10). Na ostatných sledovaných lokalitách, predovšetkým na orných pôdach vidíme kolísanie týchto hodnôt v priebehu monitoringu, čo môže súvisieť s intenzívnym hospodárením na týchto lokalitách.

Obr. 9 Hodnoty optického parametra $E^{1\%}_6$ HK na vybraných kľúčových lokalitách TTP v priebehu monitoringu

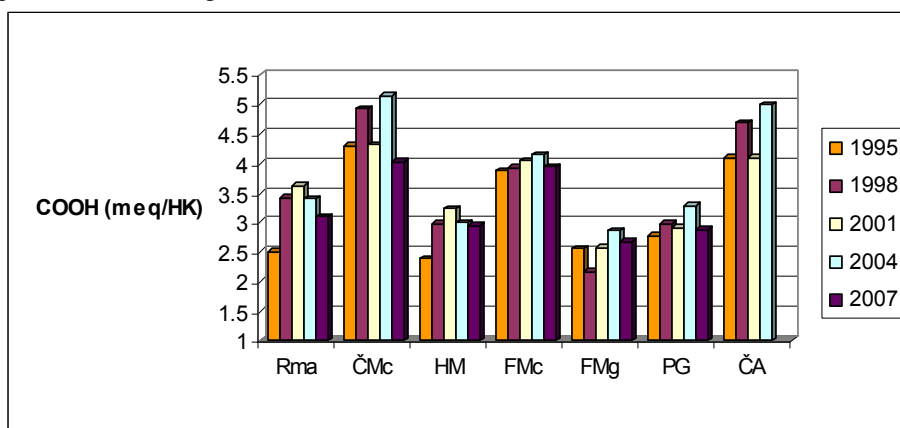


Obr. 10 Hodnoty optického parametra $E^{1\%}_6$ HK na orných pôdach vybraných kľúčových lokalít v priebehu monitoringu

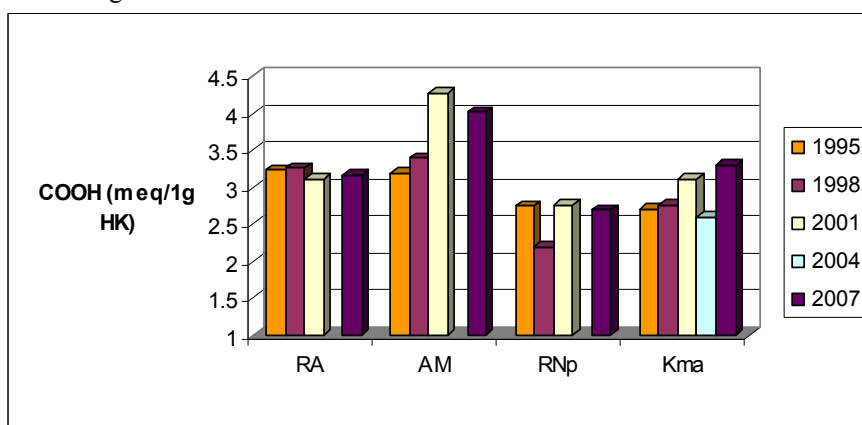


Ďalším dôležitým parametrom pri posudzovaní kvality HK je obsah karboxylových funkčných skupín, nakoľko proces humifikácie je charakterizovaný karboxyláciou alifatických reťazcov HK (Ševcova a Sidorina, 1988). Vyššie hodnoty COOH charakterizujú vyzretejšiu POH s vyšším stupňom humifikácie (Rossel a kol. 1989). V súlade s hodnotami elementárneho zloženia a optickým parametrom najvyššie hodnoty COOH boli zaznamenané na černozemi a čiernici, pomerne vysokým obsahom COOH disponuje aj fluvizem karbonátová (Obr.11). Nízke hodnoty COOH skupín sú charakteristické pre vysokohorské pôdy rendzín, rankrov a kambizemí. Na orných pôdach nízkymi hodnotami karboxylových skupín disponuje pseudoglej (Obr.11, 12). V priebehu monitorovacieho obdobia vzrástli hodnoty COOH predovšetkým na andozemi, na ostatných sledovaných kľúčových lokalitách, predovšetkým orných pôd majú kolísavý charakter.

Obr. 11 Hodnoty karboxylových skupín – COOH (meq/1gHK) HK na orných pôdach vybraných kľúčových lokalít v priebehu monitoringu



Obr. 12 Hodnoty karboxylových skupín – COOH (meq/1gHK) HK na TTP vybraných kľúčových lokalít v priebehu monitoringu

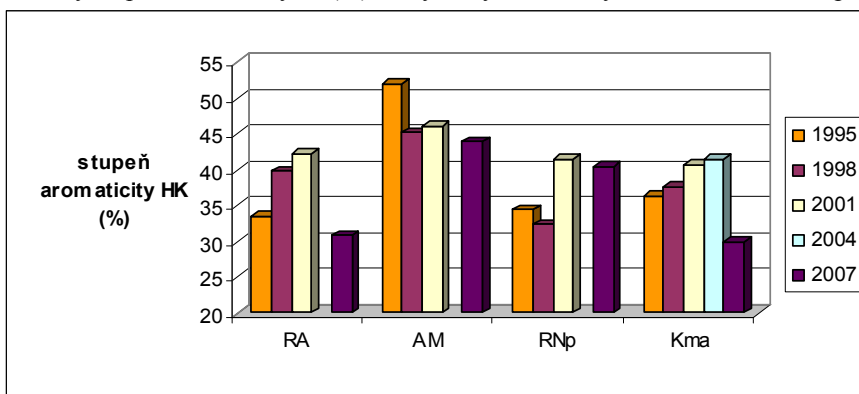


V súčasnosti sa do popredia záujmu pri štúdiu štruktúry humusových látok, stále častejšie dostáva metóda nukleárnej magnetickej rezonancie (NMR), ktorá okrem kvalitatívnej analýzy poskytuje aj pomerne presnú kvantitatívnu analýzu. Detailný prehľad aplikácie NMR pri štúdiu pôdnej organickej hmoty podáva jedna z našich súčasných prác (Barančíková, 2008). Pri štúdiu štruktúry humusových kyselín (HK) je v súčasnosti jednou z najpoužívanejších spektrálnych techník 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 a pri rozkladných procesoch, ktoré v pôde pri mineralizácii/humifikácii pôdnej organickej hmoty prebiehajú (Preston, 1996, Dai a kol. 2001, Hertkorn a kol. 2002, Leifeld a Kogel-Knaber, 2005 a mnohí iní). Veľmi úspešne bola ^{13}C NMR technika využitá napr. pri dôkaze o podzolizačných procesoch tropických podzolov (Perez a kol. 2006).

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 černoziem a čiernica, vysoké zastúpenie alifatických štruktúr je charakteristické predovšetkým pre vysokohorské pôdy (rendziny, rankre a kamibizeme), z orných pôd predovšetkým pre pseudogleje (Tabuľka 2). 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 černozieme, jeho najnižšie hodnoty boli zistené predovšetkým na vysokohorských pôdach rendzín, rankrov

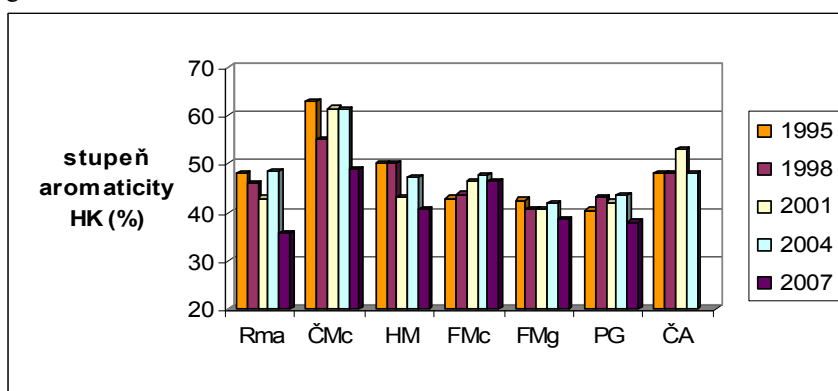
a kambizemí (Tabuľka 2). Ako uvádza Gonzáles-Peréz (Gonzáles-Peréz a kol. 2007) neobrábané pôdy vykazujú nižšie percento Car ako orné pôdy, čo je v súlade aj s našimi výsledkami. V dôsledku relatívne vysokého zastúpenia aromatických štruktúr a nízkeho zastúpenia Calif, hodnoty stupňa aromatizácie α sú najvyššie v prípade černoze, najnižšie hodnoty sú charakteristické pre vysokohorské pôdy s vysokým obsahom Cox (Obr. 13,14).

Obr. 13 Hodnoty stupňa aromaticity α (%) na vybraných kľúčových lokalitách TTP v priebehu monitoringu



V zatiaľ poslednom odbere monitorovacieho obdobia sa zvýšil podiel alifatických štruktúr na úkor Car, čo sa odrazilo na znížení percenta aromaticity predovšetkým na vysokohorských pôdach trvalých trávnych porastov (Obr. 13, Tabuľka 2). V prípade orných pôd mali hodnoty ^{13}C NMR spektier v priebehu monitorovacieho obdobia pomerne kolísavý charakter a zmeny jednotlivých parametrov boli pomerne nízke. Podstatná zmena nastala iba v prípade černoze na lokalite Voderady (Obr. 14, Tabuľka 2). 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 (Gonzáles-Peréz, 2007). V zatiaľ poslednom odbere je však evidentné zvýšenie alifatických a zníženie aromatických štruktúr, čo indikuje zlabilnenie štruktúry HK a je v súlade so zmenami hodnôt ostatných chemických parametrov HK. Podobná zmena v ^{13}C NMR parametroch, predovšetkým značné zvýšenie alifatických štruktúr, bola zaznamenaná aj v prípade regozeme s nízkou hodnotou Cox na lokalite Moravský Ján (Tabuľka 2, Obr. 14).

Obr. 14 Hodnoty stupňa aromaticity α (%) na vybraných kľúčových lokalitách orných pôd v priebehu monitoringu



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. Uvedený

trend je charakteristický pre inkorporáciu rastlinných zvyškov ako uvádza Peréz (Peréz a kol. 2004).

Záver

Uvedená práca hodnotí zmeny základných kvantitatívnych (Cox) ako aj kvalitatívnych parametrov (C_{HK}/C_{FK} , Q^4_6) POH a tiež detailnej chemickej štruktúry humínových kyselín na vybraných kľúčových lokalitách v priebehu celého monitorovacieho obdobia.

Na základe hodnôt celkového uhlíka môžeme konštatovať, že pôdy na trvalých trávnych porastoch, aj v rámci toho istého pôdneho typu (kambizem), disponujú podstatne vyššími hodnotami Cox ako orné pôdy. V súlade s hodnotami Cox sú aj hodnoty celkového dusíka, čo potvrdzuje signifikantná lineárna korelácia medzi týmito základnými parametrami pôdnej organickej hmoty.

V prípade základných kvalitatívnych parametrov POH zohráva dôležitejšiu úlohu genéza pôdy a nie jej súčasné využitie. Na základe hodnôt C_{HK}/C_{FK} a Q^4_6 relatívne najkvalitnejšou organickou hmotou disponuje černoziem a čiernica, naopak pre vysokohorské pôdy je síce charakteristické vysoké % Cox, ale nízka kvalita POH. Relatívne vysoký stupeň humifikácie POH na černoziach a čierniciach potvrdzujú aj hodnoty detailnej štruktúry humínových kyselín, predovšetkým hodnoty vybraných parametrov ^{13}C NMR spektier.

Zmeny jednotlivých parametrov POH mali v priebehu monitorovacieho obdobia značne kolísavý charakter, avšak na černoziem a čiernici môžeme badať určité postupné zvyšovanie obsahu organického uhlíka po roku 2000. Zmeny medzi jednotlivými rokmi boli zaznamenané aj v hodnotách kvalitatívnych parametrov POH, ale tieto zmeny zatiaľ nevykazujú žiadnu charakteristickú tendenciu a hodnoty týchto parametrov sa udržiavajú v rozmedziach charakteristických pre daný pôdny typ.

Literatúra

- Andrews, S.S., Karlen, D.L., Cambardella, C.A., 2004: The soil management assessment framework. *SoilSci. Soc. A., J.*, 68, 1945-1962
- Barančíková, G., 2008: Aplikácia nukleárnej magnetickej rezonancie pri štúdiu pôdnej organickej hmoty. *Chemické Listy*, v tlači.
- Bedrna, Z.: Obsah humusu v poľnohospodárskych pôdach Slovenska. *Poľnohospodárstvo*, vol. 12, 1966, č.10, str. 763-769.
- 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.* 64: 2115-2124
- Cambell, C.A., Souster, W.: Loss of organic matter and potentially mineralizable nitrogen from Saskatchewan soils due to cropping. *Can. J. Soil Sci.*, 1982, vol. 62, str. 651-656.
- 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
- Gardi, C., Tomaselli, M., Parisi, V., Petraglia, A., Santini, C., 2002: Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *European J. Soil. Biol.*, vol. 38, str. 103-110.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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, ^{13}C 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 ^{13}C 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.
- Preston, C.M., Newman, R.H., Rother, P., 1994: Using ^{13}C CPMAS NMR to assess effects of cultivation on the organic matter of particle size fractions in a grassland soil. *Soil Sci.*, vol. 157, str. 26-35.
- Preston, C.M., 1996: Application of NMR to soil organic matter analysis: History and prospects. In: *Soil Sci.*, vol. 161, 1996, pp. 144-166.
- Piccolo, A.: The supramolecular structure of humic substances. *Soil Sci.*, vol. 166, 2001, str. 810-832.
- Rosell, R.A., Andriulo, A.E., Schnitzer, M., Crespo, M.B., Migliarina, 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 úrodnost' pôdy*. Bratislava, *Príroda*, 234 str.
- Ševcova, L.K., Sidorina, S.J., 1988: Vlijanije dlitel'novo promenenija udobrenij na termografičeskije charakteristiky gumusovych kyslot. *Počvovedenije*, č.6, str. 130-136.
- 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.

3.8 Súčasný stav a vývoj kompaktie pôd

V súčasnosti je nevyhnutné správať sa trhovo v každej oblasti nevyvímajúc poľnohospodárstvo a tomuto je nutné podriaďovať svoje ciele, ako aj výber prostriedkov, ktorými ich možno dosiahnuť. Aj v podmienkach Slovenska možno v poslednom období vidieť, že v konkurencii obstáli len tí, ktorí sa riadili týmito princípmi. Pochopili, že intenzifikácia poľnohospodárskej výroby je nevyhnutnosťou, k čomu je potrebná výkonná mechanizácia. Je nutné si však uvedomiť, že s výkonom rastie aj hmotnosť strojov a s ňou tlak na pôdu. Pri ich neuváženom používaní sa v dôsledku kompaktie pôdy môže stať, že žiadaný efekt vo forme rentabilných úrod poľnohospodárskych plodín sa nedostaví i napriek precíznemu vykonaniu mnohých ďalších intenzifikačných opatrení (hnojenie, vápnenie, zavlažovanie...). Navyše sa zvyšuje riziko erózie pôdy. Pri používaní ťažkých mechanizmov (s merným tlakom > 0,15 MPa) treba počítať s tým, že zhutnenie sa tu často prejavuje aj v hĺbke väčšej ako 35-40 cm (podornica), má akumulatívny charakter (až do vytvorenia rovnovážneho stavu v závislosti od miery záťaže), pričom táto časť pôdy je mimo dosahu bežných kypriacich opatrení.

Materiál a metódy

V tejto časti správy sú hodnotené fyzikálne vlastnosti z hľadiska kompaktie pôdy v rámci *klúčových lokalít* na uvedených pôdnych typoch. Predmetné lokality sú:

Istebné	- Kambizem pseudoglejová kultizemná (KMga), stredne ťažká, hlinitá
Krompachy	- Kambizem kultizemná (KMa), stredne ťažká, hlinitá
Macov	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá
Spišská Belá	- Čiernica kultizemná (ČAa), stredne ťažká, hlinitá
Moravský Ján	- Regozem kultizemná (RMa), ľahká, piesčitá
Žiar n./Hronom	- Luvizem pseudoglejová (LMg), stredne ťažká, hlinitá
Koš	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Jelšava	- Pseudoglej luvizemný kultizemný (PGla), stredne ťažká, hlinitá
Liesek	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Stakčín	- Pseudoglej kultizemný (PGa), stredne ťažká, hlinitá
Voderady	- Černozem kultizemná, var. karbonátová (ČMa ^c), stredne ťažká, hlinitá
Malanta	- Hnedozem kultizemná (HMa), stredne ťažká, hlinitá
Dvorníky	- Fluvizem kultizemná (FMa), stredne ťažká, piesčito-hlinitá
Topoľníky	- Fluvizem kultizemná, var. karbonátová (FMa ^c), stredne ťažká, hlinitá
Nacina Ves	- Fluvizem kultizemná (FMa), ťažká, ílovitá

Sledované fyzikálne parametre sa stanovujú z Kopeckého valčekov o objeme 100 cm³. Vzorky sa odoberajú každoročne od roku 1995 a to z ornice (0- 0,10 m) a podornice (0,30-0,40 m), pričom náš záujem sa sústreďuje predovšetkým na podornicu, ktorá je mimo bežných kypriacich zásahov. Daná hustota odberu (1x ročne počas mesiacov máj – jún) nám umožňuje snímať vplyv technológie pestovania rôznych kultúrnych plodín na uvedených pôdach.

Pri vyhodnocovaní výsledkov bola použitá metóda popisnej štatistiky a grafické znázornenie. V rámci sledovaných rokov bol vyhodnotený trend vývoja sledovaných fyzikálnych parametrov na daných pôdnych typoch.

Vyhodnotenie fyzikálnych vlastností sledovaných pôd bolo urobené vo vzťahu k limitom zhutnenia pôdy pre jednotlivé pôdne druhy v zmysle zákona 220/2004 Z. z. o 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

Kompakcia pôdy sa na Slovensku sleduje na asi 170 lokalitách v rámci Monitoringu pôd SR, ktorý prebieha v 5-ročných cykloch, no na vybraných z nich tzv. kľúčových lokalitách aj každoročne. Práve podrobnejšie údaje z týchto vybraných lokalít boli spracované a zhodnotené, keďže vzhľadom na značnú premenlivosť fyzikálnych vlastností pôdy v čase i v priestore je každý údaj vzácny. Na rozdiel od údajov zo základnej siete, ktoré pochádzajú z jedného odberového roku (vylúčenie premenlivosti počasia medzi rokmi), no z viacerých lokalít i klimatických regiónov v rámci SR a pri rozličných plodinách a technológiách ich pestovania, na kľúčových lokalitách možno hodnotiť zhutnenie pôdy na jednom pôdnom type a druhu viac rokov za sebou, pričom rozdiely medzi rokmi sú hlavne výsledkom kumulovaného vplyvu premenlivosti poveternostných podmienok a druhu plodiny, resp. použitej pestovateľskej technológie.

Z doterajších meraní v základnej sieti (5-ročné cykly) vyplýva, že fyzikálny stav sledovaných pôd sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, keď pri hlinito-piesčitých boli hodnoty meraných parametrov pod limitom, podornice piesčito-hlinitých ho už dosahovali krajnými hodnotami, rovnako ako ornice hlinitých až ílovitých pôdnych druhov. Podornice hlinitých až ílovitých pôd boli už zhutnené s výnimkou hlinitých černoziemí a fluvizemí na karbonátových substrátoch. Teda kompakcia zasahovala hlavne podornice sledovaných pôd, a preto na príklade kľúčových lokalít sme sa pokúsili urobiť podrobnejšiu analýzu fyzikálneho stavu podorníc a overiť tak výsledky získané v celej monitorovacej sieti.

Sledované pôdne typy sú zastúpené ľahkými, piesčitými (RM – Moravský Ján), stredne ťažkými, piesčito-hlinitými (FM – Dvorníky) resp. hlinitými (KM-2, ČA-2, PG-4, LM, ČM, HM, FM) a ťažkými, ílovitými (FM – Nacina Ves) pôdami. Pretože kritické hranice zhutnenia sú závislé od pôdneho druhu, bolo vyhodnotenie urobené podľa tohto členenia (tab.1).

Ľahké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

Piesčité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Moravský Ján (tab 2, obr.1, 4, 7 a 10). Ide o pôdu s veľmi nízkym (6 %) obsahom zrnitostnej frakcie o veľkosti zrn <0,01 mm. Na danej lokalite sa dosahujú najvyššie hodnoty objemovej hmotnosti (1,65 g.cm⁻³), minimálnej vzdušnej kapacity

Tab. 2 Štatistické ukazovatele základných fyzikálnych vlastností na jednotlivých kľúčových lokalitách v sledovanom období (1995-2007)

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veľičina	ρ_a	ρ_c	MKK	VzK
			g.cm^{-3}	objemové %		
Istebné KMga hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,52	43,0	36,7	6,3
		x_{\min}	1,34	39,0	33,0	3,7
		x_{\max}	1,62	49,4	39,2	11,0
		v_x %	5,9	7,8	6,5	33,5
Krompachy KMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,50	44,2	33,9	11,3
		x_{\min}	1,12	33,4	27,0	5,2
		x_{\max}	1,79	56,5	41,7	20,7
		v_x %	12,3	14,5	13,4	40,5
Spišská Belá ČAa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,41	47,0	34,3	10,7
		x_{\min}	1,26	40,5	26,3	3,0
		x_{\max}	1,56	51,9	37,5	17,5
		v_x %	5,8	6,6	9,4	45,7
Macov ČAa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,43	46,8	36,0	10,8
		x_{\min}	1,21	39,7	28,4	4,8
		x_{\max}	1,63	55,1	40,9	15,5
		v_x %	9,0	10,3	8,7	30,8
Moravský Ján RMa piesčitá	0,30-0,40 m	x	1,65	38,0	21,8	16,1
		x_{\min}	1,48	34,2	17,7	10,8
		x_{\max}	1,74	44,5	25,1	20,2
		v_x %	4,4	7,5	12,5	18,8
Žiar nad Hr. LMg hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,49	43,9	36,4	7,4
		x_{\min}	1,33	38,6	35,1	2,6
		x_{\max}	1,64	49,4	37,9	12,6
		v_x %	7,4	9,1	2,5	46,2
Liesek PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,54	42,4	35,0	7,3
		x_{\min}	1,42	35,4	33,2	1,4
		x_{\max}	1,70	46,7	38,9	10,7
		v_x %	5,3	7,4	4,9	36,8
Koš PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,54	42,8	36,5	6,2
		x_{\min}	1,44	39,8	34,3	3,9
		x_{\max}	1,62	47,3	38,0	9,4
		v_x %	3,4	4,9	3,5	34,2
Jeľšava PGla hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,48	44,7	36,2	7,7
		x_{\min}	1,30	41,4	33,8	2,7
		x_{\max}	1,57	51,1	39,2	13,3
		v_x %	6,7	8,0	4,9	49,5
Stakčín PGa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,51	44,1	37,7	6,4
		x_{\min}	1,35	38,4	33,5	3,1
		x_{\max}	1,66	49,8	40,6	12,5
		v_x %	5,5	7,1	6,1	40,2
Voderady ČMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,40	47,4	37,0	10,5
		x_{\min}	1,33	43,2	34,3	7,6
		x_{\max}	1,52	49,8	41,5	13,8
		v_x %	4,2	4,6	6,2	19,7
Malanta HMa hlinitá	0,30-0,40 m	x	1,54	42,3	33,9	8,4
		x_{\min}	1,48	40,2	31,8	4,6
		x_{\max}	1,61	44,8	35,9	12,3
		v_x %	3,0	4,0	3,6	24,3

Tab.2 Pokračovanie.

Pôdny typ (subtyp)	Hĺbka pôdy	Štatistická veľičina	Pa	P _C	MKK	VzK
			g.cm ⁻³	objemové %		
Dvorníky FMa <i>piesčito-hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,35	49,4	38,9	10,5
		x _{min}	1,21	44,5	36,1	6,6
		x _{max}	1,48	54,5	42,4	14,2
		v _x %	6,3	6,5	4,5	24,6
Topoľníky FMa ^c <i>hlinitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,40	48,2	38,2	10,0
		x _{min}	1,24	44,3	29,1	4,7
		x _{max}	1,52	53,9	42,2	15,9
		v _x %	6,1	6,7	9,5	42,8
Nacina Ves FMA <i>ilovitá</i>	0,30-0,40 m	x	1,42	47,1	40,8	6,3
		x _{min}	1,30	42,1	38,3	3,1
		x _{max}	1,55	52,0	43,9	13,0
		v _x %	4,7	5,5	5,2	52,0

Vysvetlivky: KM – kambizem, ČA – čiernica, RM – regozem, LM – luvizem, PG – pseudoglej, ČM – černoziem, HM - hnedozem, FM – fluvizem, p_d – objemová hmotnosť, P – pórovitosť nekapilárna (N), celková (C), MKK – maximálna kapilárna kapacita, VzK – minimálna vzdušná kapacita, x – aritm. priemer, x_{min} (max) – minimum (maximum), v_x% - variačný koeficient

(16 %) a najnižšie pri max. kapilárnej kapacite (21 % obj.) príp. celkovej pórovitosti (38 %). I napriek niektorým negatívnym extrémnym ukazovateľom z hľadiska kompaktie majú tieto pôdy značnú odolnosť voči zhutňovaniu, tak v ornici ako aj v podornici, čo potvrdzuje výsledky získané v rámci základnej siete. Ved' v priebehu 10-tich sledovaných rokov bola v podornici prekročená objemová hmotnosť len 1 krát. Celková pórovitosť síce 4 krát, ale na druhej strane, ako bude možno vidieť ďalej, ťažšie dosiahnuteľná min. vzdušná kapacita ani raz.

Stredne ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

Piesčito-hlinité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Dvorníky (tab.2, obr.3, 6, 9 a 12). Možno vidieť, že i tieto si z hľadiska kompaktie udržiavajú priaznivý fyzikálny stav, keď pri hlavných ukazovateľoch objemovej hmotnosti a pórovitosti nebol prekročený limit. Nedostatky boli zaznamenané hlavne v prípade max. kapilárnej kapacity (100 % prípadov) a čiastočne pri min. vzdušnej kapacite (40 % prípadov).

Hlinité pôdy

Zaberajú plošne najväčšiu časť poľnohospodárskych pôd Slovenska a preto sú zastúpené najvyšším počtom lokalít na rôznych pôdnych typoch (všetky ostatné lokality s výnimkou Nacinej Vsi). Zaradené boli kambizeme (KM - 2 prípady) a čiernice (ČA - 2 – tab.2, obr.1, 4, 7 a 10), ďalej pseudogleje (PG - 4) a luvizeme (LM - 1 – tab.2, obr.2, 5, 8 a 11) a nakoniec černozeme (ČM - 1), hnedozeme (HM - 1) a fluvizeme (FM - 1 – tab.2, obr.3, 6, 9 a 12). Limity objemovej hmotnosti (obr.1-3) a celkovej pórovitosti (obr. 4-6) v rámci hlinitých pôd podľa údajov z kľúčových lokalít boli najmenej krát prekročené pri ČM, ČA a FM^c v 20-40 % prípadov, nasledovali LM (60 % prípadov), KM (66-77 %), PG (77-90 % prípadov) a najhoršie sú na tom HM reprezentované lokalitou Malanta. V prípade MKK (obr. 15 a 16) najpriaznivejší stav dosahujú lokalita Malanta na HM, Voderady na ČM, Macov a Spišská Belá na ČA, príp. Liesek (zrejme vplyvom flyšového substrátu, ktorý obsahuje viac

pieskovej frakcie) a Koš na PG. Najväčšie hodnoty sú pri fluvizemiach, kde sú póry tvarované pravdepodobne v procese vzliania podzemnej vody.

Na základe daných skutočností možno skonštatovať, že na stav fyzikálnych vlastností pôdy priaznivo vplýval obsah humusu, resp. i obsah karbonátov, keďže najlepšie vlastnosti z hľadiska kompaktie v zóne pôdy, ktorú človek len zriedka rekultivuje (vysoké náklady), sa dosahujú pri pôdach s vyšším obsahom humusu i v podornici (ČM, ČA) resp. i vyšším obsahom karbonátov (ČM, FM^c). Tieto výsledky potvrdzujú doterajšie poznatky v tejto oblasti výskumu (Hlušíčková, Lhotský 1994, Širáň 2004, 2005, Lhotský 2000), ktoré možno využívať pri hodnoteniach a mapovaní kompaktie pôd (Zrubec 1998, Houšková 2002, Makovníková, Pálka, Širáň, 2005a, 2005b, 2007, Heuscher, Brandt, Jardine 2005, Kobza a kol. 2005, Eckelman a kol. 2006).

Ťažké pôdne druhy v rámci daných pôdnych typov

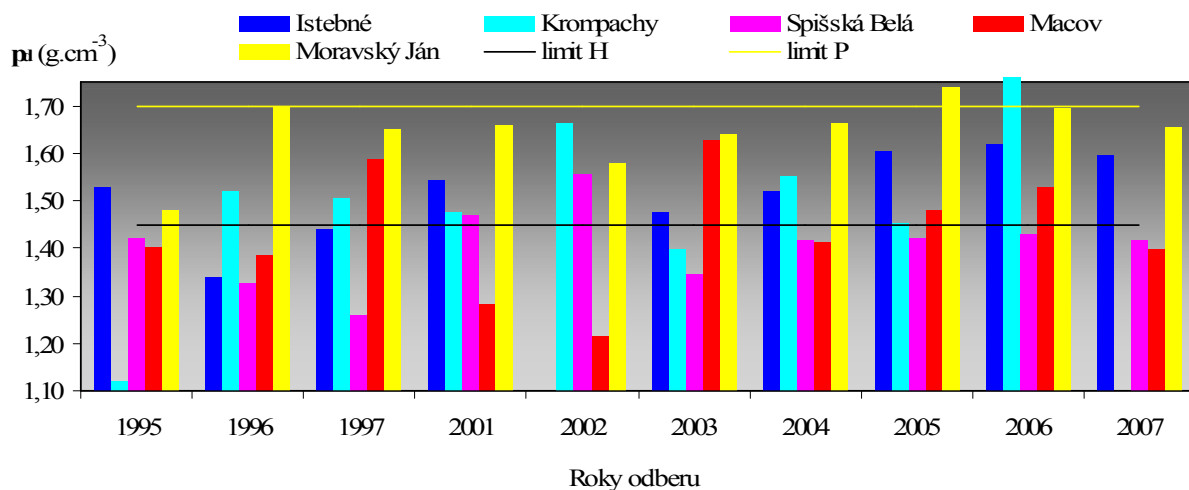
Ílovité pôdy

Zastúpené sú lokalitou Nacina Ves. Ide o veľmi ťažkú fluvizem s obsahom frakcie s veľkosťou zŕn <0,01 mm 66 %, pričom v podornici jej množstvo ešte stúpa až na 74 %. Vplyvom danej textúry dosahuje táto pôda najvyššie hodnoty pri max. kapilárnej kapacite (100 % nad limit), najnižšie pri min. vzdušnej kapacite (80 % nad limit). Majú aj pomerne nízku objemovú hmotnosť, resp. vysokú pórovitosť, porovnateľné najúrodnejším hlinitým pôdam (pri obj. hmotnosti prekračujú 2 krát a pri pórovitosti 1 krát limit pre hlinité pôdy!), no dostatočné prevzdušnenie dosahujú len pri prísnejších limitoch, ktoré nedosahujú pri oboch parametroch v 80 % prípadov. Táto pôda tak trpí predovšetkým primárnym zhutnením, ktoré vyplýva z jej fyzikálnej stavby.

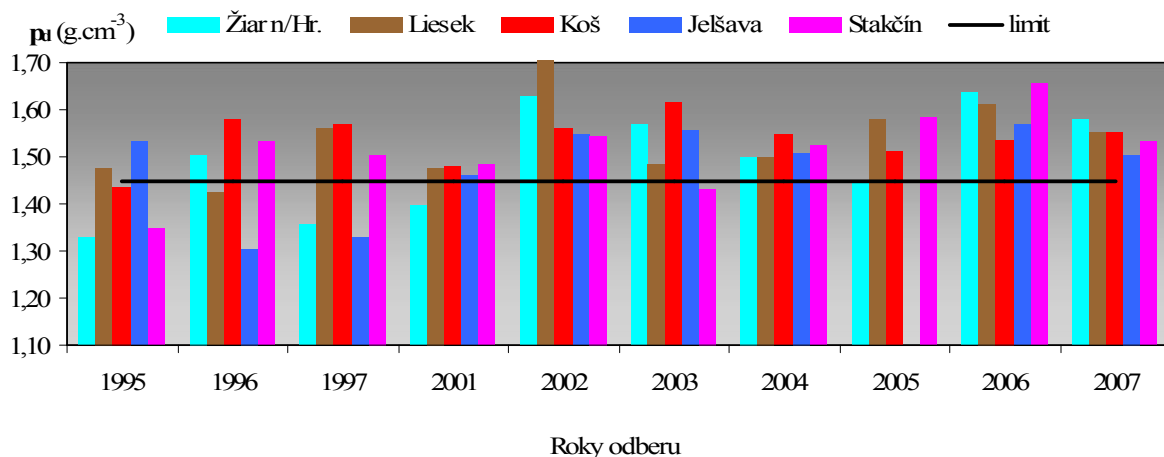
Vyhodnotenie trendov vývoja kompaktie na kľúčových lokalitách

Čo sa týka vyhodnotenia trendov kompaktie v rámci jednotlivých lokalít, tieto nie sú jednoznačné. Hodnoty značne kolíšu okolo priemeru pravdepodobne v dôsledku vplyvu použitých pestovateľských technológií daných plodín, príp. premenlivosti počasia. Lineárne trendy len málo vystihujú priebeh kompaktie v čase ($R^2 < 0,5$). Smernice naznačujú nepatrný nárast objemovej hmotnosti na lokalitách s výnimkou černoze v Voderadoch a hnedoze v Malante, čo by mohlo signalizovať mierny nárast kompaktie pôdy používaním nových výkonných mechanizmov, ktorých na našich poliach pribúda. Lepšie prekrytie údajov sa dosiahne vo väčšine prípadov len binomickými rovnicami vyššieho stupňa.

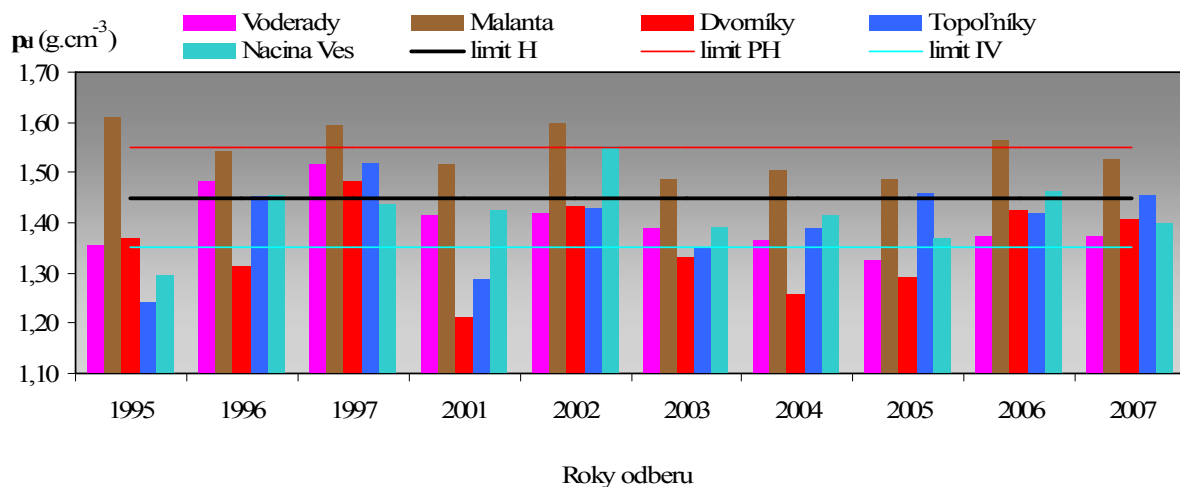
Obr. 1 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, čiernice, rezozeme



Obr. 2 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje, luvizeme

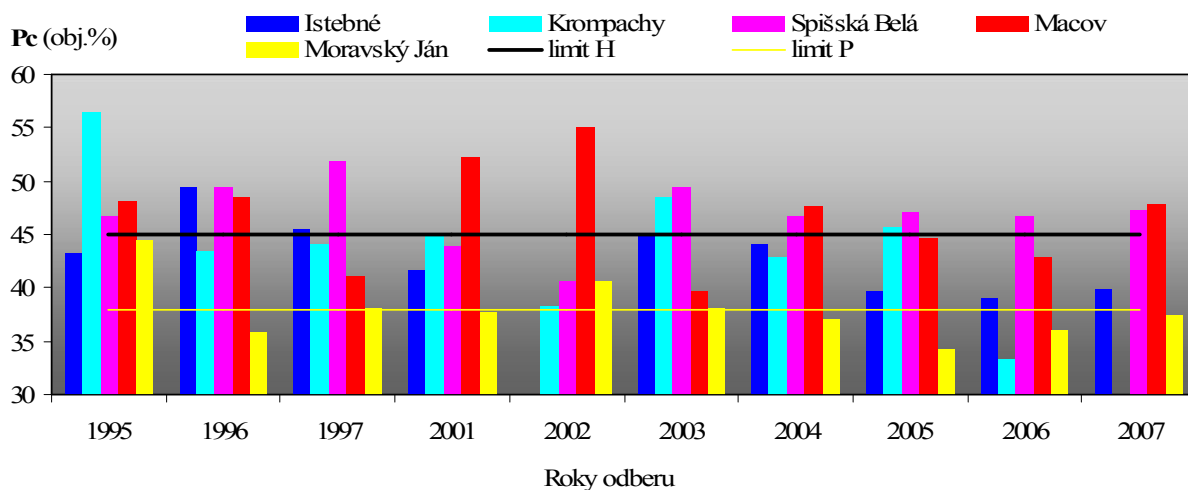


Obr. 3 Objemová hmotnosť (pd) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černozeme, hnedozeme a fluvizeme

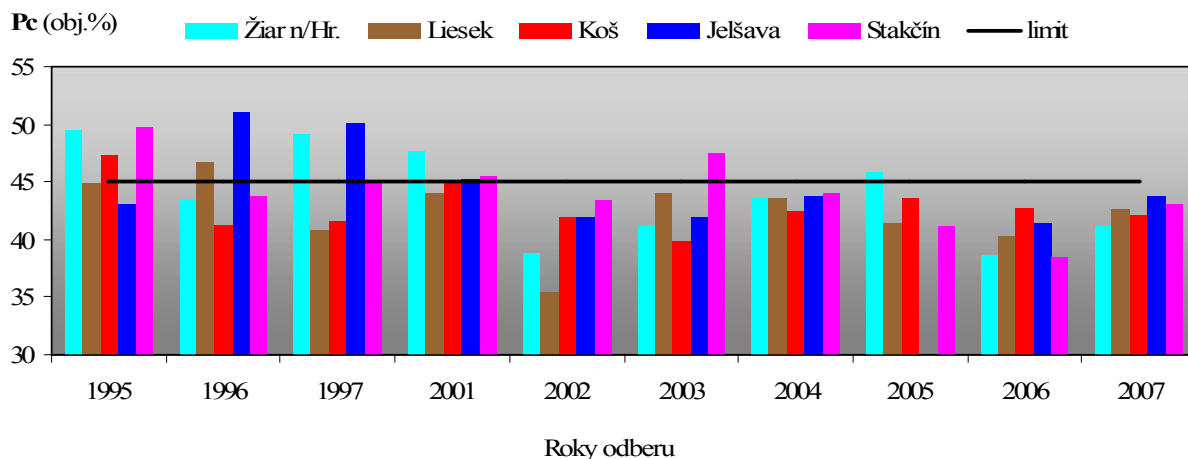


Vysvetlivky: limit PH (červený) platí pre lokalitu Dvorníky (červený stĺpec), limit IV (bledomodrý) pre lokalitu Nacina Ves (bledomodrý stĺpec), pre ostatné platí limit H (čierny)

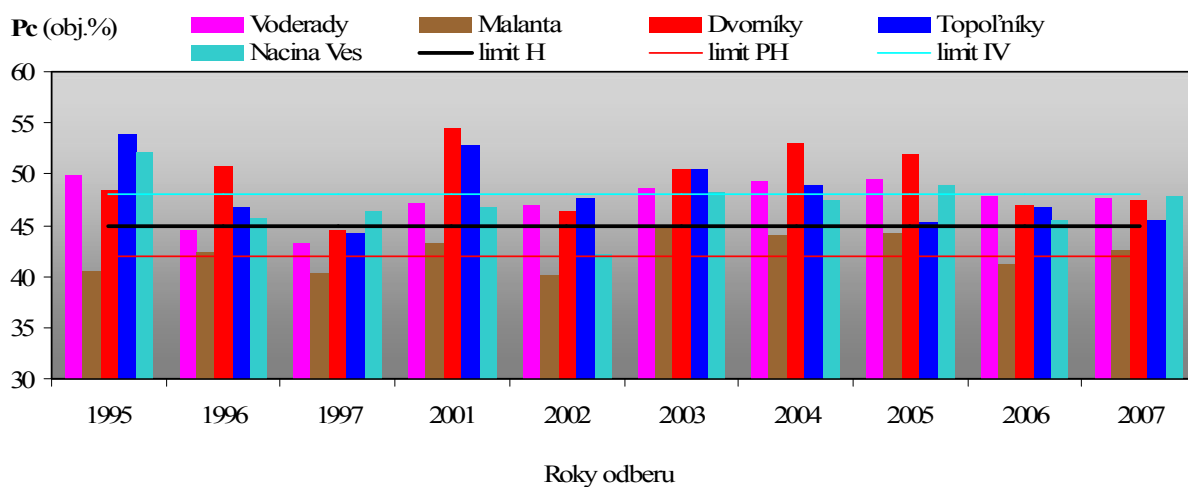
Obr. 4 Celková pórovitost' (Pc) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, čiernice, rezozeme



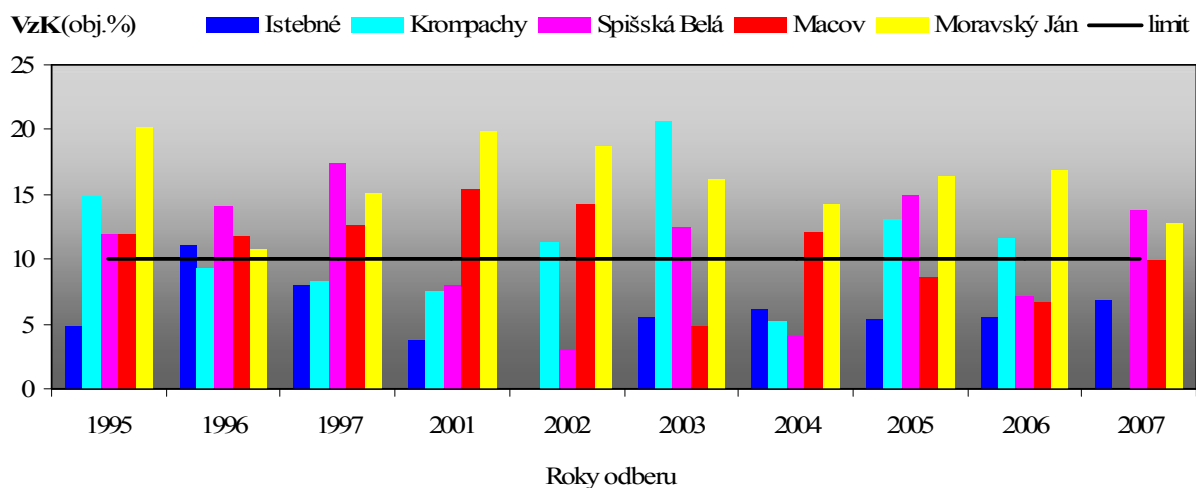
Obr. 5 Celková pórovitost' (Pc) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje, luvizeme



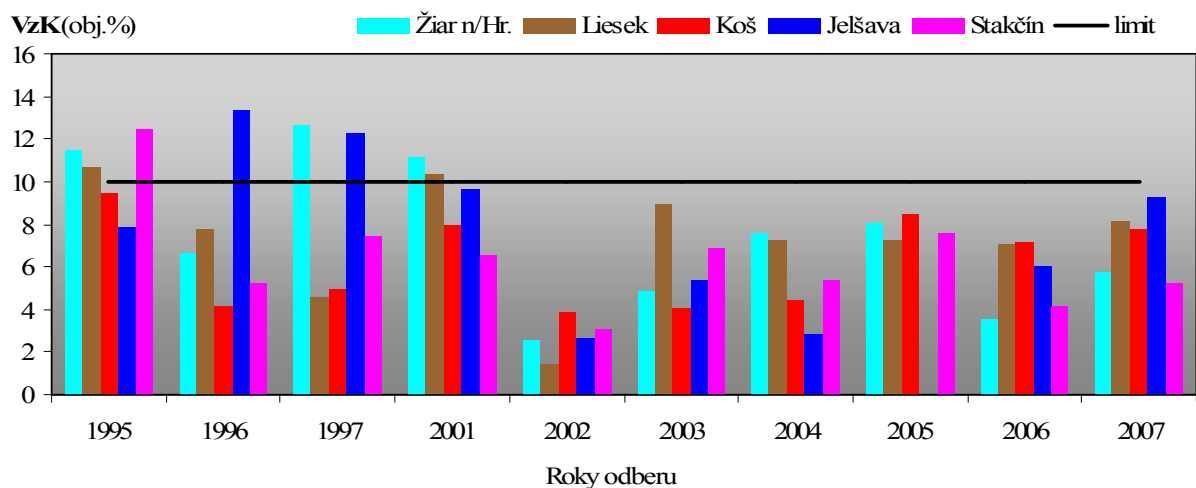
Obr. 6 Celková pórovitost' (Pc) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černozeme, hnedozeme a fluvizeme



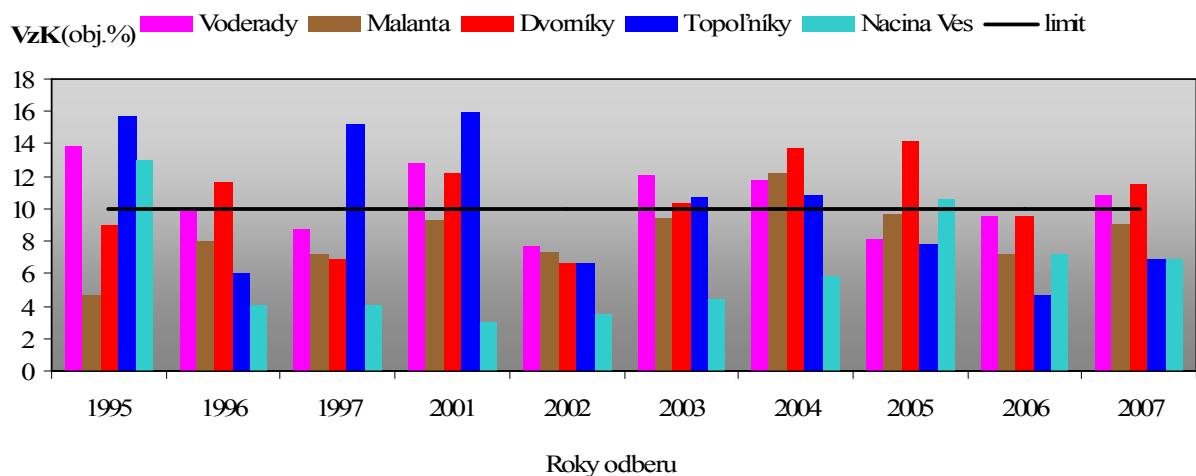
Obr. 7 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, čiernice, rezozeme



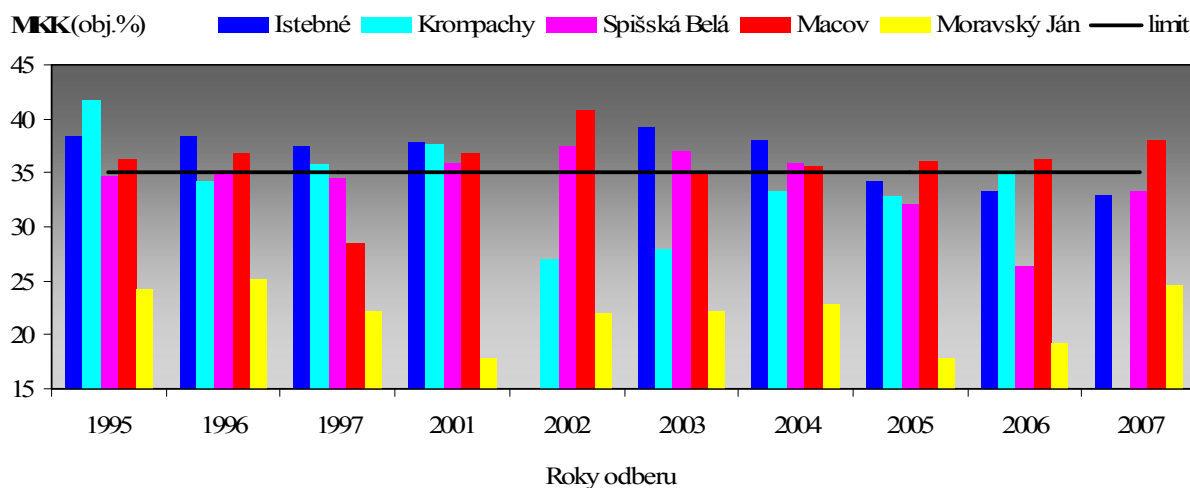
Obr. 8 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje, luvizeme



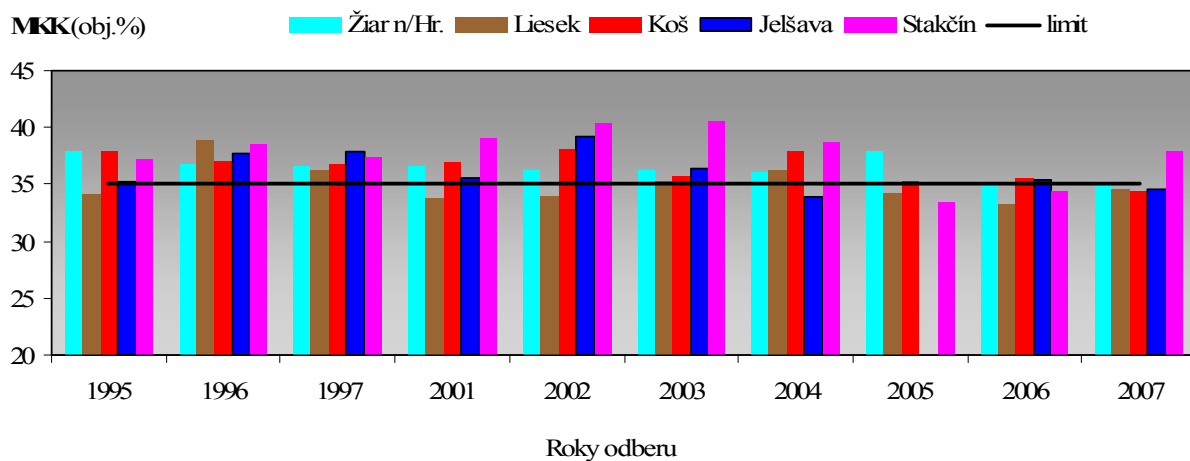
Obr. 9 Vzdušná kapacita (VzK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černoze, hnedozeme a fluvizeme



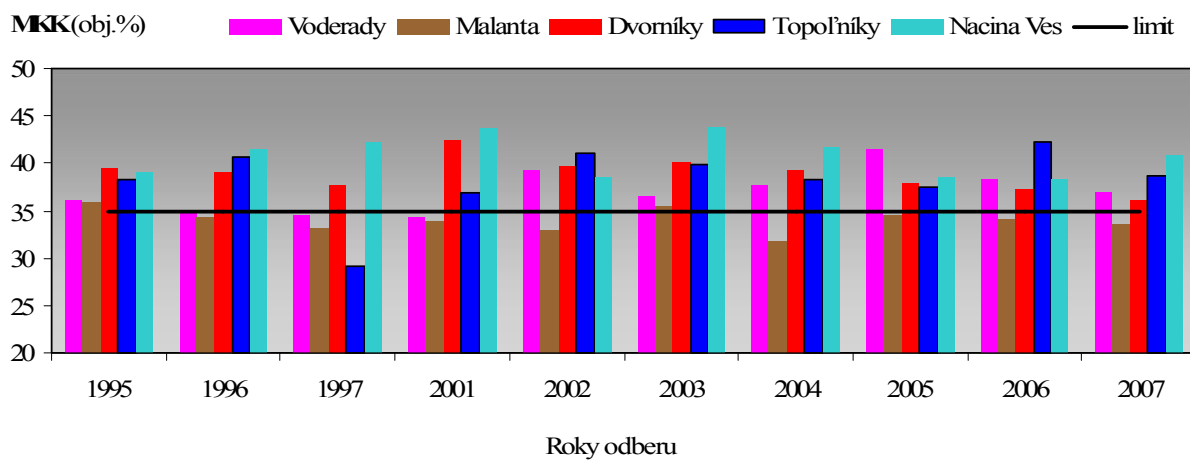
Obr. 10 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Kambizeme, čiernice, rezozeme



Obr. 11 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Pseudogleje, luvizeme



Obr. 12 Maximálna kapilárna kapacita (MKK) podornice vybraných pôdnych typov v rámci tzv. kľúčových lokalít. Černozeme, hnedozeme a fluvizeme



Záver

Údaje z kľúčových lokalít nám poskytujú informácie aj o stave kompaktie mimo hlavných odberových cyklov, keďže zisťovanie fyzikálneho stavu pôdy v rámci Monitoringu pôd SR prebieha len každých 5 rokov. Výsledky možno zhrnúť v niekoľkých bodoch:

- Fyzikálny stav podorníc sledovaných pôd sa zhoršoval v smere od zrnitostne ľahších ku ťažším pôdam, čo potvrdzuje výsledky získané v rámci hlavných odberových cyklov. Priaznivý fyzikálny stav si zachovávajú pôdne druhy od piesčitých po piesčito-hlinité. Pri hlinitých pôdach je tento stav závislý od obsahu humusu, resp. karbonátov, čo súvisí s pôdnymi typmi, kým ťažšie pôdne druhy trpia primárnou kompaktiou.
- Z hľadiska pôdných typov v rámci hlinitých pôd sa ich stav zhoršoval v tomto poradí: ČM, ČA, FM^c (20-40 % prípadov nad limitom), nasledovali LM (60 % prípadov), KM (66-77 %), PG (77-90 % prípadov) a najhoršie boli na tom HM reprezentované lokalitou Malanta.
- Čo sa týka vyhodnotenia trendov kompaktie v rámci jednotlivých lokalít nie sú jednoznačné. Hodnoty značne kolíšu okolo priemeru pravdepodobne v dôsledku vplyvu použitých pestovateľských technológií daných plodín, príp. premenlivosti počasia.

Komplexné výsledky o stave a vývoji kompaktie na Slovensku po treťom odberovom cykle budú zhrnuté v rámci osobitnej publikácie.

Literatúra

- Eckelmann, W., Baritz, R., Bialousz, S., Bielek, P., Carré, F., Houková, 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, 94 s. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg
- Heuscher, A. S., Brandt, C. C., Jardine, M. P.: Using Soil Physical and Chemical Properties to Estimate Bulk Density Data. *Soil Sci. Soc. of America Journal* 69, 2005, s. 51-56
- Hlušičková, J., Lhotský, J.: Ochrana půdní struktury před technogenní degradací. *Metodika ÚVTIZ*, Praha, 1994, 40 s.
- Houšková, B.: Vývoj fyzikálních vlastností poľnohospodárskych pôd. In: *Kobza, J. a kol.: Monitoring pôd SR. Výsledky ČMS – pôda za obdobie 1997-2001 (2. cyklus)*, VÚPOP, Bratislava, 2002, s. 131-141
- Kobza, J., Barančíková, G., Makovníková, J., Styk, J., Širáň, M., Vojtáš, J.: Návrh regulačných pôdoochranných opatrení z výsledkov Monitoringu pôd SR, VÚPOP Bratislava, 2005, 24 s.
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M.: Modelovanie objemovej hmotnosti s využitím údajov z databáz KPP a ČMS-P, potenciálne zhutnenie a acidifikácia v záujmovom území. Štvrté pôdoznalecké dni v SR. Zborník referátov z vedeckej konferencie pôdoznalcov SR (CD ROM), Čingov, 14.-16.6.2005. VÚPOP – SPS, Bratislava, 2005a, s. 220-225
- Makovníková, J., Pálka, B., Širáň, M.: Rezistencia vybraných pôdných typov na modelovom území Banská Bystrica. Zborník prednášok, Pedologická sekcia SSPLPVV SAV, 2005b, s. 70-72
- Makovníková, J., Širáň, M., Pálka, B.: Statický model objemovej hmotnosti pôdy a jeho aplikácia v záujmovom území Banská Bystrica. In: *Agrochémia*, roč. 47, 2007, č. 2. s. 18-21

- MP SR (2004): Zákon č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene a doplnení niektorých zákonov, 2004
- Širáň, M.: Zhutnenie pôdy a jeho vývoj. Zborník referátov, Tretie pôdoznalecké dni na Slovensku 22.-24. jún 2004, Mojmirovce, 2004, s. 317-322
- Širáň, M.: Spatial variability of some physical properties on arable soils of different texture with regard to soil compaction. In: Proceeding (Vedecké práce) no. 27, VÚPOP Bratislava, 2005, s.139-146
- Zrubec, F.: Metodika zúrodnenia zhutnelých pôd. VUPOP Bratislava, 1998, 40 s.

3.9 Hodnotenie vývoja erózie pôd na záujmových lokalitách (erózných transektoch)

Erózia pôdy je 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). Negativita vplyvu erózie sa prejavuje tzv. on- a off-site efektami výsledkom, ktorých sú zmeny reliéfu krajiny, degradácia poľnohospodárskych pôd, eutrofizácia vodných plôch, kontaminácia pôd, zanášanie vodných zdrojov splaveninami atď.

Často dochádza k ireverzibilným, alebo pomaly reverzibilným zmenám fyzikálnych, chemických a biologických vlastností pôd (Bielek, 1996). Pri erózii poľnohospodárskej pôdy dochádza k transportu pôdných častíc (na ktorých sú fixované humus a živiny) z erózných častí svahov. Dochádza k znižovaniu hĺbky pôdneho profilu (predovšetkým biologicky aktívnej humusovej vrstvy pôdy), úbytku organickej hmoty a živín a rovnako aj zhoršovaniu pôdnej štruktúry.

Zhodnotenie jednotlivých záujmových lokalít z pohľadu intenzity vplyvu erózie na pôdu má význam predovšetkým pri predikcii negatívneho účinku erózie na pôdu, ako aj pri výbere a realizácii vhodných protieróznych opatrení.

Ciele riešenia v roku 2007

- sledovanie negatívneho vplyvu vodnej erózie na kvantitatívne zmeny monitorovaných pôdných parametrov (obsah humusu, pH/KCl, zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, prístupný fosfor a draslík) na 4 vybraných erózných transektoch (Voderady, Plavé Vozokany, Zacharovce, Rišňovce) v priestore (priestorová variabilita) a v čase (časová dynamika)
- stanovenie intenzity recentnej erózie (za posledných približne 44 rokov) na sledovaných erózných transektoch na základe vyhodnotenia profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs) v jednotlivých častiach transektov
- kvantifikácia potenciálnej a aktuálnej priemernej ročnej straty pôdy v podmienkach konkrétnej lokality využitím empirického modelu Univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE)

Materiál a metódy

V roku 2007 sme začali nový cyklus monitorovania vodnej erózie kedy sme sa vrátili na erózne transekty, ktoré sme už v roku 2001 charakterizovali z pohľadu priestorovej variability monitorovaných pôdných parametrov. Porovnaním výsledkov dvoch cyklov monitorovania získame informácie o časovej variabilite (vývoji) sledovaných vlastností pôdneho krytu (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P a K).

Záujmové lokality (Voderady, Plavé Vozokany, Zacharovce, Rišňovce) sa nachádzajú na orných pôdach v erózne senzitivných oblastiach (z hľadiska intenzity zrážok, protieróznej odolnosti pôdy, svahovitosti, kultúre obhospodarovania atď.). V minulosti sa výber vhodných erózných transektov uskutočnil na základe terénneho prieskumu, pričom hlavnou požiadavkou bol predovšetkým reliéf záujmového územia. Erózný transekt (katéna) je charakterizovaný radom sond lokalizovaných po spádnicí svahu. Súčasťou každého transektu musí byť:

- 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 - akumulaačná sonda

Stanovenie sledovaných pôdnych parametrov (zrnitostné zloženie, fyzikálne vlastnosti, pH/KCl, obsah humusu a prístupných živín P - Égner a K - Schachtschabel) sa uskutočnilo podľa štandardných analytických metód (Fiala et al., 1999) používaných v rámci ČMS – Pôda v laboratóriách VÚPOP Bratislava.

Pomocou metódy rádioaktívneho izotopu ^{137}Cs sledujeme intenzitu vplyvu eróznou-akumulačných procesov za obdobie približne 44 rokov (recentná erózia). V roku 1963 bola zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu (Walling, Quine, 1993). Céziu využívame v rámci pôdneho profilu ako značkovací prvok nakoľko sa v pôde prirodzene nenachádza. Do pôdy sa dostáva len počas termonukleárnych explózií a havárií jadrových elektrární. Spomínaná metóda využíva schopnosť izotopu cézia 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 (2005). Analýzy pôdnych vzoriek na rádioaktívny izotop cézia (^{137}Cs) boli urobené vo Výskumnom ústave jadrových elektrární v Trnave polovodičovým gamaspektrometrickým systémom.

Eróznou ohrozenosť poľnohospodárskych pôd sme v lokálnej (v rámci záujmového územia) zhodnotili využitím modelu Univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty (USLE), ktorú v roku 1978 zostavili Wischmeier a Smith. Na monitorovanej lokalite získame údaje o priemernom množstve pretransportovanej pôdnej hmoty z hektára v tonách za rok (potenciálna erózia: $A_p = R.K.L.S$, aktuálna erózia: $A_a = R.K.L.S.C.P$) a v rámci celého územia SR dosiahneme hektárové výmery jednotlivých kategórií erodovanosti (od žiadna alebo nízka až po extrémna).

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 krytu

P – spôsob obhospodarovania

Dosiahnuté výsledky

Transekt pri Voderadoch

Transekt bol lokalizovaný na ornej pôde v mierne členitom reliéfe pahorkatiny Podunajskej rovina pri obci Voderady (okr. Trnava). Na pôdotvornom substráte, ktorým je spraš, sa vyvinuli stredne ťažké pôdy černozebného typu. Jeho vrcholová a erózna časť je charakteristická černozebnou kultizemnou. V akumulačnej časti sa nachádza černozebná čiernicová kultizemná (Šály et al., 2000). Dĺžka transektu je 171 metrov, pričom jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 7 do 12°. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 550 mm (Hrnčiarová et al., 2002).

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,27m, svah (erózna časť) – Akp: 0,25m, akumulčná časť (báza) – Akp: 0,25m; Am1: 0,50m Am2: 1,30m.

V konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme využili empirický model Univerzálnej rovnice straty pôdnej hmoty – USLE. Dosiahli sme numerické vyjadrenie potenciálneho a aktuálneho priemerného ročného odnosu pôdy z plochy jedného hektára. V tomto odberovom cykle sa na lokalite nachádzal jarný jačmeň.

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 20,41 \quad K - 0,40 \quad L - 2,77 \quad S - 3,57$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{80,73 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (jarný jačmeň):

$$R - 20,41 \quad K - 0,40 \quad L - 2,77 \quad S - 3,57 \quad C - 0,31 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = \mathbf{25,02 \text{ t/ha/rok}}$$

Pôda záujmovej lokality je potenciálne extrémne ohrozená eróznou-akumulčnými procesmi, nakoľko priemerná ročná strata pôdy z hektára predstavuje 80,73 ton. Pôdu na sledovanom transekte z pohľadu potenciálnej erózie zaradujeme do kategórie erodovanosti: extrémna. Vypočítaná hodnota potenciálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok).

Zohľadnením aktuálneho rastlinného pokryvu (jarný jačmeň) poklesne vypočítaná hodnota aktuálnej erózie na 25,02 t/ha/rok (kategória erodovanosti: vysoká). V porovnaní s potenciálnou eróziou ide o nižšiu hodnotu čo je ovplyvnené relatívne dobrým protieróznym účinkom obilnín.

Rádioaktívny izotop cézia bol identifikovaný vo všetkých pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej katény do hĺbky 0,35 m, avšak v eróznej časti boli jeho namerané hodnoty v tejto hĺbke najnižšie. V akumulčnom úseku (báza) ešte v hĺbke 0,50 m je koncentrácia cézia niekoľkonásobne vyššia (v porovnaní s inými časťami transektu). Je to spôsobené akumuláciou pôdnej hmoty pretransportovanej vplyvom vodnej erózie z eróznej časti svahu (tab. 1).

Tab. 1 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch transektu pri Voderadoch

Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	9,0	2,7	0,6	-	-
svah	6,6	1,4	0,6	-	-
báza	8,5	6,9	6,4	5,8	7,0

Profilová distribúcia rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile jednotlivých častí eróznej katény dokumentuje prítomnosť intenzívnej vodnej erózie. Klasickú schému distribúcie cézia (izotop sa nachádza iba v ornícovom orbou premiešanom horizonte a pod ním sú jeho hodnoty na prahu merateľnosti) sme zaznamenali na plošine a svahu.

Namerané hodnoty izotopu cézia podávajú informáciu o priebehu recentnej erózie za posledných približne 44 rokov (od roku 1963). V tomto roku bola podľa Wallinga a Quina (1993) zaznamenaná najväčšia intenzita rádioaktívneho spádu. Recentná erózia je erózia, ktorá na záujmovej lokalite prebieha v posledných dekádach.

Priemernú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty za uvedené obdobie posudzujeme na základe rozdielu hĺbky jeho merateľnej koncentrácie v pôdnych profiloch sond akumulčnej (báza) a referenčnej (plošina) časti transektu. V tomto prípade sa jedná o vrstvu hrubú 150 mm. Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty (výška vrstvy

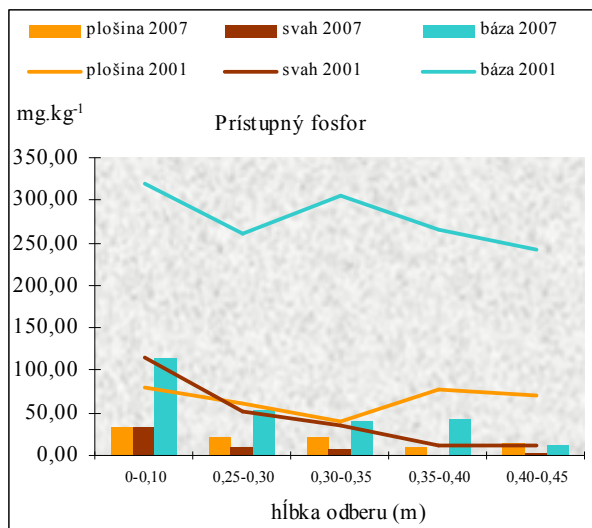
pretransportovaného materiálu) za obdobie datované od najvyššieho spádu cézia je 3,4 mm. Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu ($1,23 \text{ g.cm}^{-3}$) to predstavuje priemernú ročnú stratu (resp. akumuláciu) pôdnej hmoty 41,82 t/ha.

Priemerná ročná akumulácie pôdnej hmoty (recentná erózia) je vyššia v porovnaní s vypočítanou hodnotou aktuálnej straty pôdy podľa USLE. Musíme si však uvedomiť že sa jedná o priemer za pomerne dlhé obdobie (44 rokov). V jednotlivých rokoch vôbec nemuselo dochádzať k odnosu pôdy a naopak pri výrazných erózných udalostiach mohla byť vrstva translokovanej pôdy oveľa väčšia ako priemer.

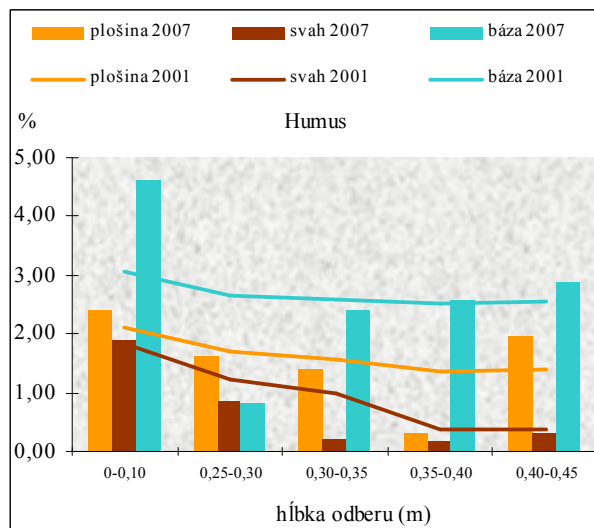
Vplyv vodnej erózie sa prejavuje kvantitatívnymi zmenami (priestorová variabilita) obsahov humusu, prístupného fosforu a draslíka v rámci pôdnych profilov monitorovaných častí eróznej katény. Ich najvyššie hodnoty sme namerali v báze (akumulačná časť) svahu. Naopak v eróznej časti transektu sú hodnoty nižšie pričom s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajú (v hĺbke 0,45 m sú sotva merateľné). Prejavuje sa značný vplyv vodnej erózie, čo spôsobuje odnos pôdnej hmoty, spolu s ktorou dochádza aj k transportu spomínaných parametrov a ich následnej akumulácii v akumulačnej časti transektu (obr. 1, 2, 4).

Hodnoty pôdnej reakcie sa na celom sledovanom úseku pohybujú mierne nad pH 7 pričom priestorové zmeny v rámci transektu nie sú výrazné, nakoľko pôda vznikla na karbonátovej spraši a aj pri odnose pôdnej hmoty v eróznej časti transektu sa na povrch dostáva karbonátové podložie (obr. 3).

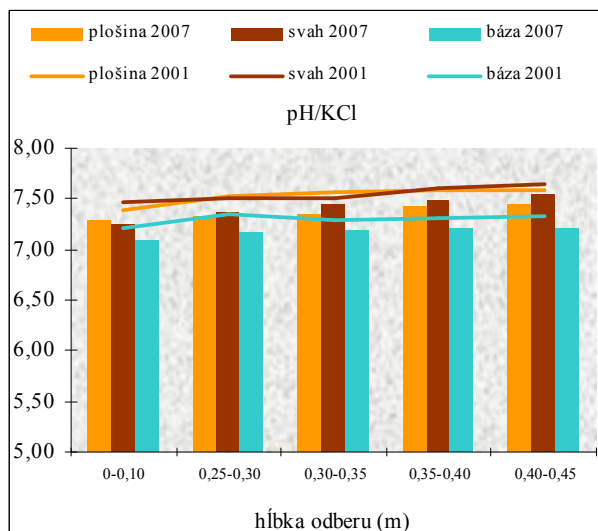
Obr. 1



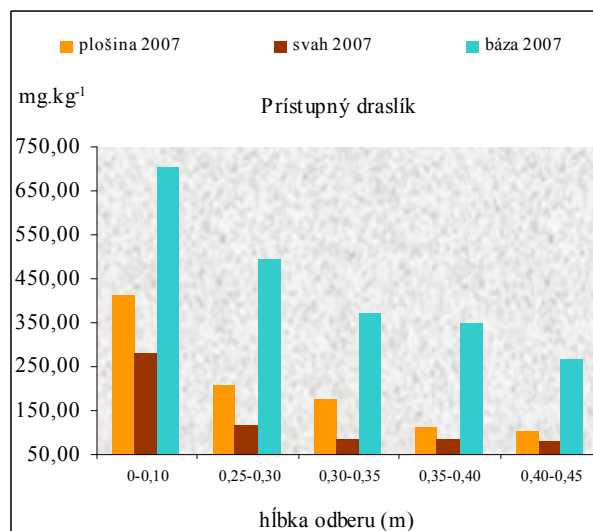
Obr. 2



Obr. 3



Obr. 4



Časová dynamika zmien sledovaných pôdnych parametrov za obdobie rokov 2001 - 2007 sa výraznejšie prejavila len v prípade fosforu kedy došlo k jeho výraznému úbytku v pôdnych profiloch všetkých sledovaných častí záujmovej lokality. Fosfor je považovaný za pomerne variabilný ukazovateľ, pretože v plnej miere závisí od jeho prísunu do pôdy (vo forme hnojív), ako aj od spotreby rastlinami (každý rastlinný druh má individuálne nároky na prítomnosť fosforu v pôde). V súčasnej dobe sa už nepoužívajú priemyselné hnojivá v takej miere ako v minulosti. Dochádza k jeho odčerpávaniu rastlinami.

Percentuálne zastúpenie ílovej a prachovej frakcie v pôdnych profiloch sa postupne zvyšuje smerom od referenčnej časti transektu (plošina) k jeho akumuláčnej časti (báza). Najľahšie podliehajú erózii prachové častice (Fulajtár, Janský, 2000), čo je potvrdené aj v tomto prípade (tab. 1) ich akumuláciou v báze záujmovej lokality.

Tab. 1 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Voderadoch

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,02 mm prach	0,02-0,2 mm jemný piesok	0,2-2,0 mm piesok	
plošina	0-0,10	24,18	41,08	33,36	1,38	hlinitá
	0,25-0,30	25,84	45,85	26,89	1,42	hlinitá
	0,30-0,35	30,03	40,81	27,93	1,23	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	24,17	44,35	30,78	0,70	hlinitá
	0,40-0,45	28,86	38,62	31,41	1,11	ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	29,67	40,01	28,89	1,43	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	29,08	39,41	30,69	0,82	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	27,81	41,69	29,92	0,58	hlinitá
	0,35-0,40	26,09	47,02	26,34	0,55	hlinitá
	0,40-0,45	25,69	39,01	34,59	0,71	hlinitá
báza	0-0,10	27,64	46,69	24,02	1,65	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	31,05	43,25	23,52	2,18	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	28,44	46,47	22,16	2,93	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	28,54	46,58	21,97	2,91	ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	31,56	45,03	21,24	2,17	ílovito-hlinitá

Fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť, pórovitosť) ornice pôdy vytvárajú pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes et al., 1996). V rámci sledovaného úseku sa výrazne nemenia v priestore ani v čase. Zvýšená objemová hmotnosť bola zaznamenaná v podornici akumuláčnej časti transektu (báza) čo môže byť spôsobené zvýšeným podielom ílových častíc v pôdnom profile (tab. 2).

Tab. 2 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Voderadoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2007	2001	2007
plošina	0-0,10	1,33	1,26	49,80	52,48
	0,30-0,35	1,38	1,41	49,95	46,21
svah	0-0,10	1,22	1,16	54,30	56,68
	0,30-0,35	1,28	1,31	53,77	51,72
báza	0-0,10	1,30	1,23	49,17	53,16
	0,30-0,35	1,45	1,55	44,72	41,8

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Plavých Vozokanoch

Lokalita na ktorej bol umiestnený erózný transekt (okr. Levice) sa nachádza v relatívne členitom reliéfe charakteristickom pre Podunajskú pahorkatinu. Pôdotvorným substrátom, na ktorom vznikli stredne ťažké až ťažké pôdy sú polygenetické hliny. Konkrétne sa jedná o pôdy hnedozemného typu s viditeľnými znakmi iluviálnej akumulácie translokovaných zložiek (plošina, svah, báza – hnedozem luvizemná, kultizemná). Erózný transekt má dĺžku 645 m a je umiestnený na ornej pôde so svahovitosťou od 8 do 14°. Hodnota priemerného ročného úhrnu zrážok je v tejto lokalite 600 mm.

Mocnosť orbou premiešaného orniceového humusového horizontu v rámci eróznej katény je variabilná (referenčný profil – Akp: 0,25m, erózný profil – Akp: 0,25m, akumulčný profil – Akp:0,25m; Ao: 0,45m).

Využitím empirického modelu USLE v konkrétnych podmienkach záujmovej lokality sme vypočítali potenciálnu a aktuálnu (pre jarný jačmeň) stratu pôdnej hmoty:

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 17,64 \quad K - 0,52 \quad L - 5,40 \quad S - 4,28$$
$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{212,00 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (jarný jačmeň):

$$R - 17,64 \quad K - 0,51 \quad L - 5,40 \quad S - 4,28 \quad C - 0,31 \quad P - 1$$
$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{65,72 \text{ t/ha/rok}}$$

Na základe vypočítaných numerických hodnôt môžeme konštatovať, že pôda záujmovej lokality je potenciálne aj aktuálne extrémne ohrozená vodnou eróziou. Hodnota aktuálnej straty pôdy vysoko prekračuje limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok) aj v prípade keď sa na transekte pestuje jarný jačmeň, ktorý sa radí medzi plodiny s relatívne dobrou protieróznou schopnosťou.

Aktivita rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile akumuláčnej časti eróznej katény bola zaznamenaná až do hĺbky 0,50 m. Naopak v referenčnej a eróznej časti transektu sú jeho koncentrácie na rozhraní ornice a podornice prakticky na hranici merateľnosti. Je to vplyvom recentnej erózie, ktorej výsledkom je odnos pôdnej hmoty zo svahu a jej následnej akumulácii v báze transektu (tab. 3).

Tab. 3 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdných profiloch transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	10,4	0,7	0,3	-	-
svah	6,5	0,4	0,4	-	-
báza	7,8	6,8	8,4	5,4	4,9

Klasická schéma distribúcie cézia v pôdnom profile bola zaznamenaná v referenčnej a eróznej časti monitorovanej katény (relatívne rovnorodá distribúcia ^{137}Cs sa nachádza iba v orbou pravidelne premiešanom orniceovom horizonte). V akumuláčnej časti svahu (báza) boli ešte v hĺbke 0,50 m zaznamenané pomerne vysoké koncentrácie ^{137}Cs .

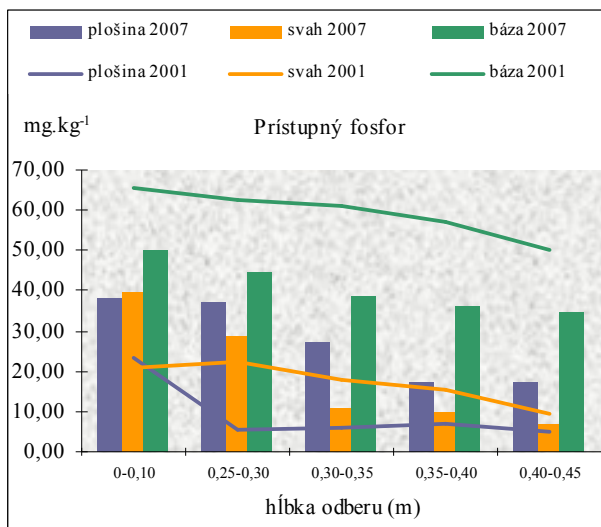
Vodnú eróziu za posledných približne 44 rokov sme posudzovali na základe priestorovej aktivity rádioaktívneho cézia v pôdnom profile akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality. V tomto prípade ide o vrstvu hrubú 200 mm (priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty je vo výške vrstvy 4,54 mm). Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,35 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 61,29 t/ha.

Priemerná ročná akumulácia (resp. strata) pôdy v období posledných 44 rokov (recentná erózia) sa takmer zhoduje s aktuálnou ročnou eróziou (pre jarný jačmeň) vypočítanou podľa USLE. V prípade ak by sa na transekte nachádzala napr. kukurica alebo zemiaky tak hodnota aktuálnej erózie by bola oveľa vyššia.

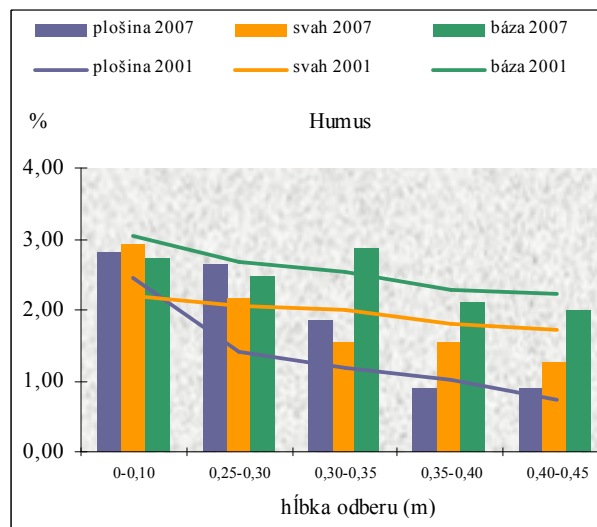
Priestorová distribúcia prístupného fosforu v pôdnych profiloch jednotlivých častí eróznej potvrdzuje prítomnosť intenzívnej erózie. Na obr. 5 je zobrazená klasická schéma kvantitatívnych zmien fosforu v rámci transektu vplyvom erózie. V báze svahu boli zaznamenané najvyššie hodnoty v rámci celého pôdneho profilu pričom v eróznej časti (svah) je to naopak (jeho obsah s pribúdajúcou hĺbkou výrazne klesá). Podobne ako v prípade transektu vo Voderadoch sa časová dynamika prejavila znížením obsahov prístupného fosforu, ale iba báze svahu. Keďže je fosfor považovaný za pomerne variabilný parameter, pri jeho nízkych dávkach do pôdy vo forme priemyselných hnojív dochádza k jeho odčerpávaniu rastlinami.

V prípade humusu platí podobná schéma profilovej distribúcie v rámci sledovaných častí záujmového územia, kedy jeho najvyššie koncentrácie boli namerané v pôdnom profile bázy svahu. Čo sa týka časovej dynamiky (vývoja) nebol pozorovaný výraznejší trend zmien (obr. 6)

Obr. 5



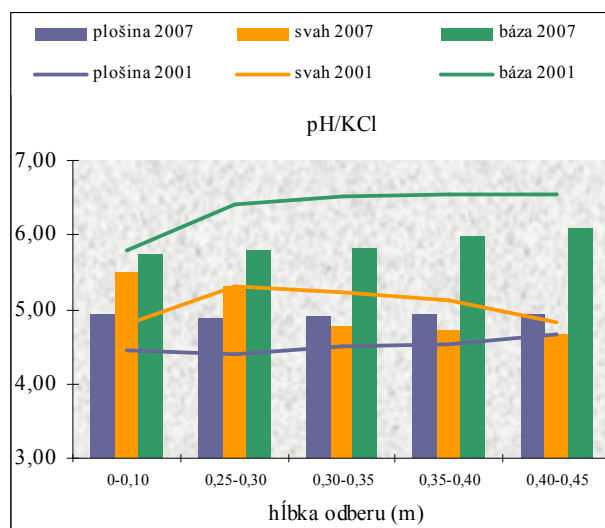
Obr. 6



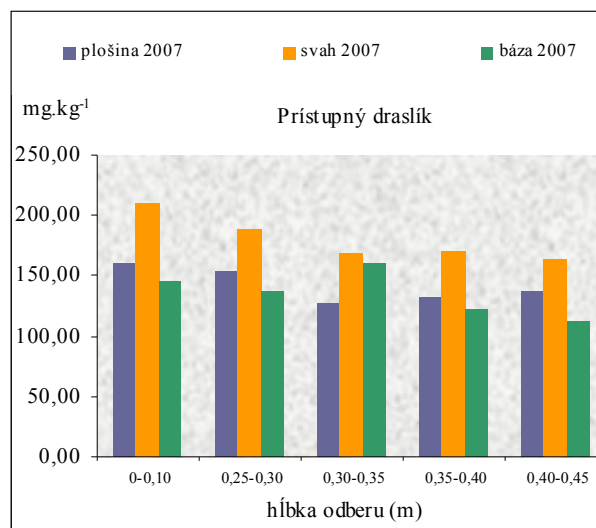
Hodnoty výmennej pôdnej reakcie zaraďujú pôdu nachádzajúcu sa na transekte do kategórie kyslá, v akumuláčnej časti do kategórie slabokyslá. Prejavuje sa tu vplyv pôdotvorného substrátu, ktorým sú polygenetické hliny. Výsledkom akumulovania pôdnej hmoty (predovšetkým z orníčnej vrstvy z eróziou ovplyvnenej časti svahu) v báze sú mierne zvýšené hodnoty pH v tejto časti transektu (obr. 7). Výraznú zmenu pôdnej reakcie v čase sme nepozorovali.

Je zaujímavé, že priebeh grafu profilovej distribúcie prístupného draslíka na eróznom transekte nenasvedčuje tomu, že tento parameter je v tomto prípade ovplyvnený vodnou eróziou. Najvyššie hodnoty boli namerané v pôdnom profile eróziou ovplyvnenej časti transektu (obr. 8) Vývoj tohto parametra v čase budeme môcť zhodnotiť až v druhom cykle sledovania keď sa na lokalitu vrátíme o päť rokov.

Obr. 7



Obr. 8



V tabuľke 4 vidíme ako sa vodná erózia prejavuje na vývoji pôdneho druhu v rámci záujmovej lokality. V referenčnej časti je ornica ílovito-hlinitá a podornica je ílovitá (stúpa podiel ílovej frakcie). V eróziou ovplyvnenej časti svahu boli prachové častice (pomerne ľahko podliehajú erózií) translokované do bázy svahu (ílovito-hlinitá v celom profile). Výsledkom je výrazný podiel ílu v celom profile eróznej časti katény (ílovitá).

Tab. 4 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,02 mm prach	0,02-0,2 mm jemný piesok	0,2-2,0 mm piesok	
plošina	0-0,10	37,58	40,55	19,78	2,09	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	38,49	40,54	18,58	2,39	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	41,89	37,19	18,18	2,74	ílovitá
	0,35-0,40	45,63	31,54	20,40	2,43	ílovitá
	0,40-0,45	47,10	32,84	17,86	2,20	ílovitá
svah	0-0,10	50,98	28,51	16,36	4,15	ílovitá
	0,25-0,30	51,16	28,17	16,33	4,34	ílovitá
	0,30-0,35	62,05	23,87	10,35	3,73	ílovitá
	0,35-0,40	64,00	25,28	7,14	3,58	ílovitá
	0,40-0,45	66,70	23,71	6,37	3,22	ílovitá
báza	0-0,10	37,52	31,54	27,83	3,11	ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	36,60	32,44	27,18	3,78	ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	36,93	30,35	29,38	3,34	ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	36,03	32,11	28,91	2,95	ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	36,46	32,54	28,42	2,58	ílovito-hlinitá

V podornici jednotlivých častí záujmovej lokality sme zaznamenali vyššie hodnoty objemovej hmotnosti (a nižšie hodnoty pórovitosti). Je to spôsobené vyšším podielom ílovej frakcie v týchto častiach pôdnych profilov a tým, že podornice nie sú preorávané. V podorniciach všetkých častí erózneho transektu sme zaznamenali prekročenie limitnej hodnoty zhutnenia pre ílovito-hlinité pôdy (obj. hmotnosť: >1,40 g.cm⁻³, pórovitosť: <47%) (zákon 220/2004 Zz.).

Tab. 5 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Plavých Vozokanoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2007	2001	2007
plošina	0-0,10	1,30	1,30	52,90	50,93
	0,30-0,35	1,47	1,58	47,80	39,82
svah	0-0,10	1,50	1,32	48,60	49,25
	0,30-0,35	1,47	1,56	46,75	42,87
báza	0-0,10	1,38	1,35	50,52	49,47
	0,30-0,35	1,46	1,53	48,53	42,88

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Zacharovciach

Erózný transekt sme umiestnili v pomerne členitom reliéfe Rimavskej kotliny pri obci Zacharovce (okr. Rimavská Sobota) na svahu so sklonom od 8 do 12°. Nachádza sa na ňom orná pôda a jeho celková dĺžka je 115 m. Vo vybranej lokalite sa nachádzajú stredne ťažké až ťažké pôdy hnedozemného typu vyvinuté na polygenetických hlinách. Referenčná a erózna časť transektu je charakteristická hnedozemou luvizemnou kultizemnou a v akumuláčnej časti sa nachádza čiernica kultizemná. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 650 mm

Priebeh hĺbky humusového horizontu v rámci transektu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30 m, svah (erózna časť) - Akp 0,30, akumuláčna časť (báza) – Akp: 0,30 m; Amč1: 1,00m; Amč2: >1,00m. V tomto odberovom roku sa na transekte pestovala ozimná repka.

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

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 20,20 \quad K - 0,52 \quad L - 2,27 \quad S - 5,91$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{140,91 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (ozimná repka):

$$R - 20,20 \quad K - 0,50 \quad L - 2,27 \quad S - 5,91 \quad C - 0,25 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C = \mathbf{35,23 \text{ t/ha/rok}}$$

Vypočítané hodnoty potenciálnej a aktuálnej erózie v obidvoch prípadoch prekračujú limit pre stratu pôdy uvedený v zákone č. 220/2004. Pôda je potenciálne aj aktuálne extrémne ohrozená vodnou eróziou. Aj pri zohľadnení aktuálneho rastlinného pokryvu, ktorým je ozimná repka s dobrou protieróznou schopnosťou, hodnota straty pôdy neklesla pod povolený limit.

Klasická schéma distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia v pôdnom profile, kedy sa tento prvok nachádza len v orbou premiešanej časti (ornica) platí pre referenčnú a eróznú časť transektu (tab. 6). V akumuláčnej časti sme jeho merateľné koncentrácie stanovili do hĺbky 0,45 m. Je to výsledok vodnej erózie dlhodobo prebiehajúcej na záujmovej lokalite.

Tab. 6 Namerané koncentrácie ¹³⁷Cs v pôdnych profiloch transektu pri Zacharovciach

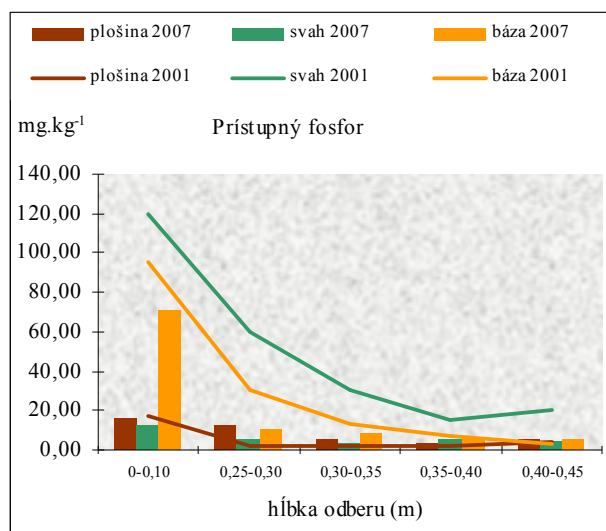
Transekt	¹³⁷ Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	11,4	3,1	0,6	-	-
svah	15,8	0,9	0,3	-	-
báza	15,9	1,7	1,1	1,0	0,6

Rozdiel hĺbky výskytu merateľnej koncentrácie ^{137}Cs v pôdnych profiloch akumuláčnej a referenčnej časti záujmovej lokality predstavuje v tomto prípade 100 mm. Priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty v báze svahu za obdobie datované od najväčšieho spádu cézia (44 rokov) je 2,27 mm. Pri zohľadnení aktuálnej objemovej hmotnosti ornice ($1,14 \text{ g.cm}^{-3}$) akumuláčnej časti transektu dostaneme hodnotu priemernej ročnej straty pôdy (resp. akumulácie) pôdy, ktorá je 25,9 ton z hektára plochy.

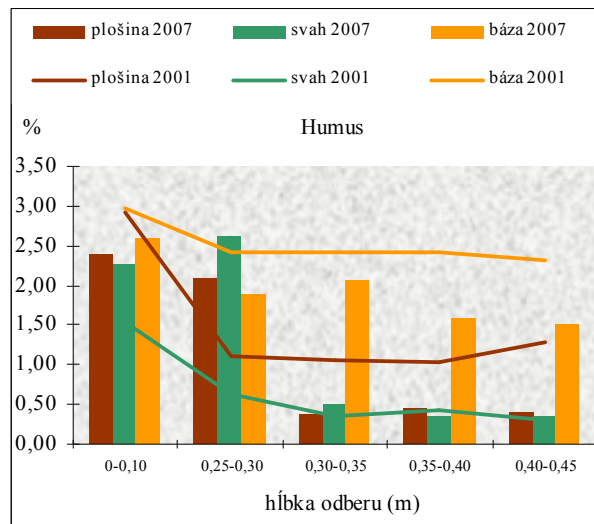
V porovnaní s vypočítanou aktuálnou stratou pôdy pre ozimnú repku je táto hodnota nižšia, nakoľko ide o ročný priemer za pomerne dlhé obdobie. Počas jednotlivých rokov mohlo v závislosti od pestovanej plodiny a intenzity a množstva zrážok dochádzať k rôznemu odnosu pôdnej hmoty (od nízkeho až po extrémny).

Vplyv erózie na priestorovú variabilitu obsahov prístupného fosforu a najmä humusu v rámci jednotlivých častí eróznej katény môžeme vidieť na obrázkoch 9 a 10. Výraznejšia je priestorová heterogenita humusu v porovnaní s heterogenitou fosforu v rámci jednotlivých pôdnych profilov, nakoľko pôda je relatívne chudobná na tento makroprvok. V báze záujmovej lokality (kde dochádza k akumulácii translokovanej pôdy) sú obsahy humusu v podornici oveľa vyššie ako v referenčnej a eróznej časti svahu.

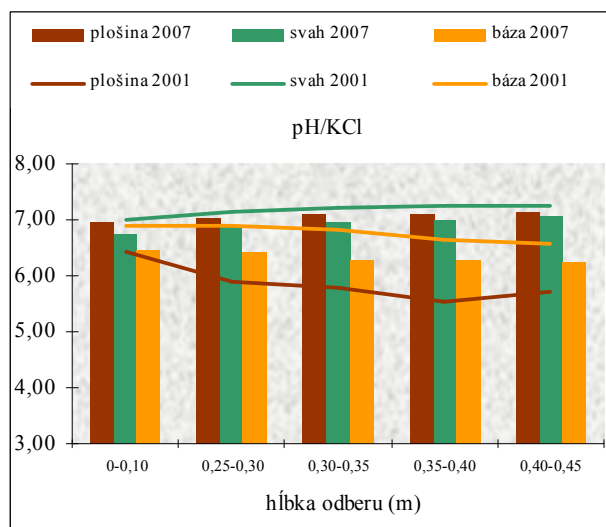
Obr. 9



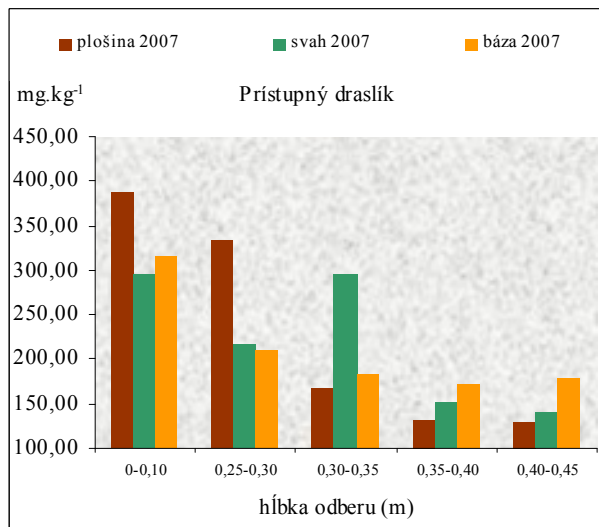
Obr. 10



Obr. 11



Obr. 12



Vývoj sledovaných pôdných parametrov v čase sa výraznejšie prejavil len v prípade fosforu. K jeho výraznému úbytku došlo najmä v ornícnom horizonte na svahu a v báze. Nakoľko je fosfor pomerne variabilný parameter (jeho obsah je ovplyvnený prísunom do pôdy vo forme hnojív a spotreby rastlinami). Je pravdepodobné, že v tomto prípade dominuje jeho odčerpávanie rastlinami pred prísunom do pôdy hnojivami.

Takmer na celom monitorovanom transekte je pôdna reakcia neutrálna, len v jeho akumuláčnej časti je slabo kyslá (obr. 11). Vyššie hodnoty pH na plošine a eróznej časti transektu môžu byť výsledkom priorávania podornícnjej vrstvy charakteristickej vyšším obsahom uhličitanov. Významné zmeny tohto parametra v čase sme nezaznamenali.

Priestorová heterogenita prístupného draslíka v pôdných profiloch jednotlivých častí katény je zaujímavá z hľadiska referenčného profilu kde je v ornici jeho obsah vyšší v porovnaní s eróznou a akumuláčnou časťou (obr. 12). Draslík sa na rozdiel od fosforu (ktorý sa v neerodovaných pôdach hromadí väčšinou vo vrchných vrstvách pôdy) môže nachádzať aj v hlbších častiach pôdneho profilu, preto vplyv erózie na jeho priestorovú distribúciu sa hodnotí nie celkom jednoducho. Je vhodnejšie si počkať na časovú dynamiku tohto parametra v pôdných profiloch všetkých hodnotených záujmových lokalít v druhom cykle monitorovania.

Tab. 7 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Zacharovciach

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,02 mm prach	0,02-0,2 mm jemný piesok	0,2-2,0 mm piesok	
plošina	0-0,10	18,22	67,40	13,88	0,50	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	23,73	61,99	13,90	0,38	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	26,75	56,58	16,27	0,40	prachovito-hlinitá
	0,35-0,40	41,59	39,75	18,14	0,52	prachovito-ílovitá
	0,40-0,45	38,77	44,37	16,37	0,49	prach.-ílovito-hlinitá
svah	0-0,10	23,48	65,01	10,50	1,01	prachovito-hlinitá
	0,25-0,30	27,19	61,06	11,10	0,65	prachovito-hlinitá
	0,30-0,35	32,50	54,52	12,59	0,39	prach.-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	44,44	42,01	13,31	0,24	prachovito-ílovitá
	0,40-0,45	46,63	38,34	14,53	0,50	ílovitá
báza	0-0,10	51,91	37,15	9,59	1,35	ílovitá
	0,25-0,30	54,37	32,14	11,90	1,59	ílovitá
	0,30-0,35	51,98	33,97	12,84	1,21	ílovitá
	0,35-0,40	51,07	34,61	12,72	1,60	ílovitá
	0,40-0,45	49,16	35,79	13,50	1,55	ílovitá

Erózný transekt je zaujímavý výrazným zvýšením percentuálneho zastúpenia ílovej frakcie v pôdnom profile jeho akumuláčnej časti (tab. 7). Dochádza až k zmene pôdneho druhu z prachovito-hlinitej na ílovitá. Je to dôsledok vplyvu eróznno-akumuláčnych procesov, ktorý sa prejavuje akumulovaním práve tejto frakcie v báze svahu.

Objemová hmotnosť a pórovitosť ornice sa v rámci celého erózneho transektu výrazne nemení a vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a tepelného režimu (tab. 8). Vyššie hodnoty objemovej hmotnosti (a nižšie hodnoty pórovitosti) v podornici jednotlivých častí erózneho transektu sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu. V báze svahu sme zaznamenali prekročenie limitnej hodnoty objemovej hmotnosti a pórovitosti vzťahujúcej sa k zhutneniu pôdy ($>1,40 \text{ g.cm}^{-3}$, $< 47\%$ pre ílovito-hlinité pôdy) (zákon 220/2004 Zz).

Tab. 8 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Zacharovciach

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2007	2001	2007
plošina	0-0,10	1,10	1,11	59,70	58,25
	0,30-0,35	1,45	1,39	46,70	48,49
svah	0-0,10	1,12	1,39	59,30	46,98
	0,30-0,35	1,35	1,48	51,30	46,35
báza	0-0,10	1,10	1,14	60,44	56,82
	0,30-0,35	1,45	1,51	46,15	42,54

PO - celková pórovitosť

Transekt pri Rišňovciach

Záujmová lokalita sa nachádza v Nitrianskej prolúviálno-eolickej pahorkatine charakteristickej výskytom spraší a viatych pieskov. Na týchto substrátoch sa vyvinuli stredne ťažké pôdy väčšinou černozebného a hnedozebného typu. Transekt bol umiestnený na ornej pôde v mierne členitom reliéfe pri obci Rišňovce (okr. Nitra). Vrcholová a erózna časť záujmového územia je charakteristická černozebnou kultizemnou, resp černozebnou hnedozebnou kultizemnou (svah). V akumuláčnej časti (báza) sa nachádza černozebná čiernicová kultizemná. Celková dĺžka transektu je 185 m a jeho svahovitosť sa pohybuje v rozmedzí od 10 do 14°. Priemerný ročný úhrn zrážok je v tejto lokalite 600 mm.

Priebeh hĺbky humusového horizontu je nasledovný: plošina (referenčná časť) – Akp: 0,30m, svah (erózna časť) – Akp: 0,28m, akumuláčna časť (báza) – Akp: 0,45m; Am: 0,90m

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

Potenciálna strata pôdy:

$$R - 24,62 \quad K - 0,51 \quad L - 2,89 \quad S - 5,91$$

$$A_p = R \cdot K \cdot L \cdot S = \mathbf{214,4 \text{ t/ha/rok}}$$

Aktuálna strata pôdy (kukurica na zrno):

$$R - 24,62 \quad K - 0,51 \quad L - 2,89 \quad S - 5,91 \quad C - 0,58 \quad P - 1$$

$$A_a = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P = \mathbf{124,4 \text{ t/ha/rok}}$$

Vypočítané numerické hodnoty nám potvrdzujú predpoklad, že pôda záujmovej lokality je potenciálne aj aktuálne extrémne ohrozená vodnou eróziou. Hodnoty straty pôdy (potenciálna, aktuálna) vysoko prekračujú limit stanovený zákonom č. 220/2004 (hlboká pôda - 30t/ha/rok). Na transekte sa aktuálne pestovala kukurica na zrno, ktorá sa zaraďuje medzi plodiny so slabým protieróznym účinkom (nedostatočne chránia pôdu pred kinetickou energiou dažďových kvapiek a povrchového odtoku).

Prítomnosť extrémnej erózie na transekte dokumentuje aj aktivita rádioaktívneho izotopu ¹³⁷Cs pôdných profiloch. Vysoké koncentrácie cézia boli namerané v pôdnom profile akumuláčnej časti transektu ešte v hĺbke 0,50 m, pričom v profile eróznej časti na rozhraní ornice s podornicou je koncentrácia izotopu cézia na prahu merateľnosti (strata pôdnej hmoty) (tab. 9).

Tab. 9 Namerané koncentrácie ^{137}Cs v pôdnych profiloch transektu pri Rišňovciach

Transekt	^{137}Cs (Bq.kg ⁻¹)				
	0-0,10m	0,30-0,35m	0,35-0,40 cm	0,40-0,45m	0,45-0,50m
plošina	5,1	0,6	0,6	-	-
svah	9,3	0,9	0,2	-	-
báza	13,5	13,5	13,9	5,3	2,7

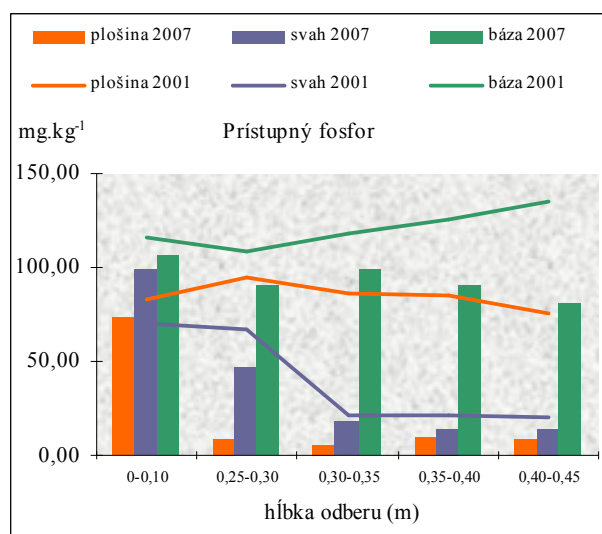
Recentná vodná erózia (za posledné dekády) je posudzovaná na základe rozdielu hĺbky merateľnej koncentrácie izotopu cézia v pôdnych profiloch sond akumuláčnej a referenčnej časti transektu. Jedná sa o vrstvu hrubú 200 mm pričom priemerná ročná akumulácia pôdnej hmoty (výška vrstvy pretransportovaného materiálu) je 4,5 mm (za obdobie datované od najvyššieho spádu cézia v roku 1963). Pri aktuálnej objemovej hmotnosti ornice v báze svahu (1,49 g.cm⁻³) to predstavuje priemernú ročnú akumuláciu pôdnej hmoty 67,02 t/ha.

Priemerná ročná akumulácia (resp. strata) pôdy v období posledných 44 rokov (recentná erózia) je oveľa nižšia v porovnaní s aktuálnou ročnou eróziou (pre kukuricu na zno) aj keď jej hodnota je vysoko nadlimitná. Hodnoty recentnej erózie vyjadrujú dlhodobý priemer za sledované obdobie v konkrétnych podmienkach lokality, kedy v jednotlivých rokoch vôbec nemuselo dochádzať k odnosu pôdy a naopak pri výrazných erózných udalostiach mohla byť vrstva translokovanej pôdy oveľa väčšia ako priemer.

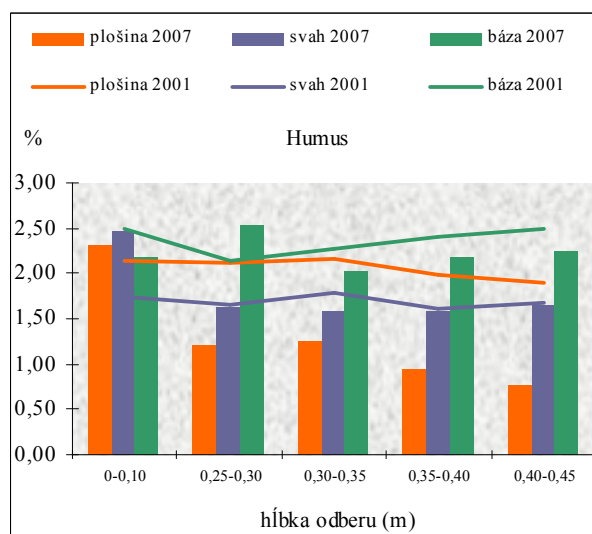
Vodná erózia sa prejavuje okrem straty pôdnej hmoty aj priestorovou heterogenitou obsahov humusu a prístupného fosforu v pôdnych profiloch erózneho transektu. Najvyššie hodnoty sme stanovili v profile bázy svahu. V eróziu ovplyvnenej časti záujmového územia sú hodnoty nižšie pričom s rastúcou hĺbkou pôdneho profilu klesajú. Vplyvom vodnej erózie dochádza k transportu pôdnej hmoty a sledovaných parametrov a následnej akumulácii v báze transektu (zvyšuje sa hrúbka pôdneho profilu).

Vývoj sledovaných pôdnych parametrov za obdobie rokov 2001 - 2007 sa prejavil len v prípade fosforu kedy došlo k jeho výraznejšiemu úbytku v pôdnom profile referenčnej časti transektu. Obsah fosforu v pôde je ovplyvnený jeho prísunom do pôdy vo forme priemyselných hnojív a spotrebou rastlinami. V súčasnej dobe sa nepoužívajú priemyselné hnojivá v takej miere ako v minulosti. Dochádza k jeho odčerpávaniu rastlinami.

Obr. 13



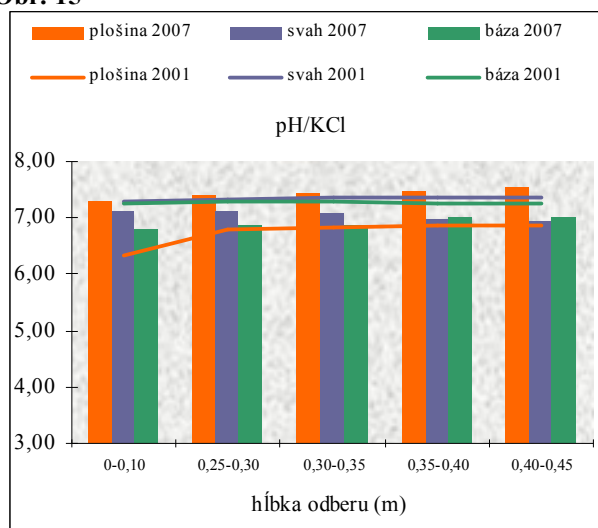
Obr. 14



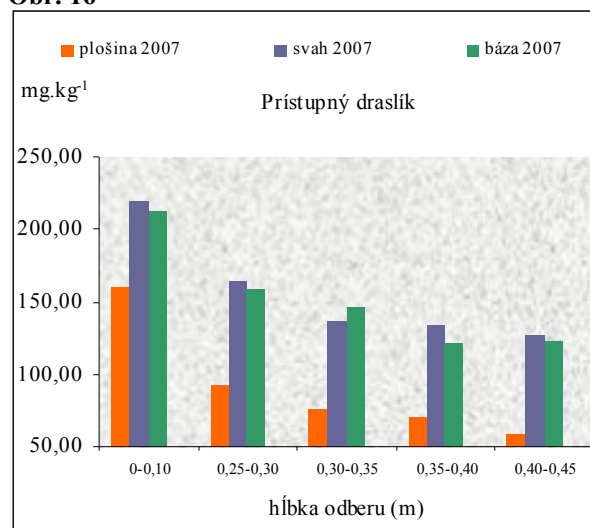
Hodnoty pH (pôdna reakcia) na celom sledovanom úseku zaraďujú pôdu do kategórie neutrálna. Priestorové zmeny a časová dynamika tohto parametra v rámci pôdnych profilov transektu nie sú výrazné nakoľko pôda vznikla na karbonátovej spraši a aj pri odnose pôdnej hmoty z eróznej časti transektu sa k ornici prioráva karbonátové podložie (obr. 15).

Priebeh grafu profilovej distribúcie prístupného draslíka nenasvedčuje tomu, že tento parameter je v tomto prípade ovplyvnený vodnou eróziou. Najvyššie hodnoty sme zaznamenali v pôdnom profile eróziou ovplyvnenej a akumuláčnej časti záujmovej lokality (obr. 16). Časovú dynamiku tohto parametra budeme môcť charakterizovať až v ďalšom cykle monitorovania.

Obr. 15



Obr. 16



Najmenšie pôdne častice (ílová a prachová frakcia) sú eróziou najľahšie ovplyvniteľné, čo vidíme aj v tomto prípade. Percentuálne zastúpenie prachovej a ílovej frakcie v pôdnych profiloch sa postupne zvyšuje smerom od referenčnej časti transektu k jeho báze (tab. 10). V referenčnom profile dominuje frakcia jemného piesku.

Tab. 10 Zrnitostné frakcie pôdy transektu pri Rišovciach

Transekt Voderady	Hĺbka odberu (m)	Obsah jednotlivých zrnitostných frakcií (%)				pôdny druh
		< 0,002 mm íl	0,002-0,02 mm prach	0,02-0,2 mm jemný piesok	0,2-2,0 mm piesok	
plošina	0-0,10	23,47	24,54	37,23	14,76	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	15,43	22,41	50,85	11,31	piesčito-hlinitá
	0,30-0,35	14,13	23,03	52,23	10,61	piesčito-hlinitá
	0,35-0,40	14,90	17,82	56,56	10,72	piesčito-hlinitá
	0,40-0,45	16,96	19,61	51,67	11,76	piesčito-hlinitá
svah	0-0,10	33,54	20,62	28,57	17,27	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	31,76	21,54	29,72	16,98	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	31,21	22,33	30,89	15,57	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	31,06	25,52	26,67	16,75	ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	32,51	25,94	27,82	13,73	ílovito-hlinitá
báza	0-0,10	29,72	19,93	32,8	17,55	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,25-0,30	31,02	21,67	29,99	17,32	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,30-0,35	30,65	21,78	32,44	15,13	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,35-0,40	30,01	25,20	31,77	13,02	piesčito-ílovito-hlinitá
	0,40-0,45	27,75	27,05	32,24	12,96	piesčito-ílovito-hlinitá

Objemová hmotnosť a pórovitosť ornice vytvára pre väčšinu poľnohospodárskych plodín optimálne podmienky vodného, vzdušného a teplotného režimu (Hanes et al., 1997). Sledované fyzikálne parametre sa v rámci sledovaného úseku výrazne nemenia v priestore ani v čase. Zhutnenie (prekročenie limitov zhutnenia) podorničnej vrstvy bolo zaznamenané v akumuláčnej časti transektu, čo môže byť výsledkom častých prejazdov ťažkých poľnohospodárskych strojov a akumulácie ílovej frakcie (tab. 11).

Tab. 11 Základné fyzikálne vlastnosti pôdy transektu pri Voderadoch

Transekt Voderady	Hĺbka (m)	Objemová hmotnosť (g.cm ⁻³)		PO (obj. %)	
		2001	2007	2001	2007
plošina	0-0,10	1,46	1,47	44,95	44,68
	0,30-0,35	1,56	1,44	41,93	46,52
svah	0-0,10	1,39	1,51	51,29	43,08
	0,30-0,35	1,57	1,56	41,16	41,31
báza	0-0,10	1,35	1,49	52,26	43,66
	0,30-0,35	1,55	1,65	41,32	37,94

PO - celková pórovitosť

Záver

V konkrétnych podmienkach záujmových lokalít (Voderady, Plavé Vozokany, Zacharovce, Rišňovce) sme v zhode s cieľmi čiastkovej úlohy sledovali negatívny vplyv vodnej erózie na pôdu v priestore (priestorová heterogenita) a v čase (časová dynamika) prejavujúci sa on-site.

Pre výpočet potenciálnej (nezohľadnil sa ochranný vplyv vegetačného krytu) a aktuálnej (berieme do úvahy protierózny účinok konkrétnej pestovanej plodiny) sme využili empirický model univerzálnej rovnice straty pôdy (USLE). Vo všetkých monitorovaných lokalitách dosiahnuté výsledky potenciálnej erózie potvrdzujú extrémne vysoké prekročenie limitov pre stratu pôdy (extrémna erodovanosť), ktoré sú uvedené v zákone 220/2004 Zz. Zohľadnením konkrétnej pestovanej plodiny hodnoty aktuálnej erózie poklesnú v závislosti od jej protierózneho účinku. Prejavil sa pomerne dobrý protierózny vplyv ozimnej repky (Zacharovce) kedy vypočítaná hodnota aktuálnej erózie klesla pod limit pre odnos pôdy.

Sledovaním priestorovej aktivity ¹³⁷Cs v pôdnom profile jednotlivých častí eróznej katény sme posudzovali tzv. recentnú eróziu. Ide o eróziu prebiehajúcu na konkrétnej lokalite za posledné obdobie. V prípade využitia metódy cézia ide o obdobie od roku 1963, kedy bol zaznamenaný najvyšší spád tohto rádioaktívneho izotopu. Na základe výpočtov sme dosiahli hodnoty priemernej ročnej straty pôdnej hmoty (resp. akumulácie v báze svahu), ktoré sú v porovnaní s aktuálnou eróziou v jednom prípade vyššie (Voderady) a v troch prípadoch nižšie (Plavé Vozokany, Zacharovce, Rišňovce). Je dôležité uvedomiť si, že ide o priemer za obdobie približne 44, rokov kedy erózia môže byť jeden rok vysoká až extrémna, ale na druhý rok môže výrazne poklesnúť (v závislosti od pestovanej plodiny, množstva a intenzity zrážok atď.).

Pôdne parametre prístupný fosfor a humus vnímame ako relatívne vhodné indikátory sledovania vplyvu erózie na pôdu. Sú pomerne pevne asociované na povrchy jemného podielu pôdy a pri odnose a následnej akumulácii pôdnej hmoty vplyvom erózie dochádza aj k ich translokácii. Klasickú schému distribúcie prístupného fosforu a humusu v pôdných profiloch jednotlivých častí eróznej katény (kedy dochádza k výraznému poklesu ich obsahov v pôde eróznej časti a naopak k ich akumulácii v pôdných profiloch v báze svahu) sme zaznamenali na transektoch vo Voderadoch, Plavých Vozokanoch a Rišňovciach.

Časová dynamika zmien sledovaných pôdných parametrov za obdobie rokov 2001 - 2007 sa výraznejšie prejavila len v prípade fosforu, kedy došlo k jeho úbytkom v pôdných

profiloch všetkých záujmových lokalít. Fosfor sa považuje za relatívne variabilný parameter, nakoľko jeho obsah v pôde v plnej miere závisí od jeho prísunu do pôdy (vo forme hnojív), ako aj od spotreby rastlinami. V súčasnej dobe sa v porovnaní s minulosťou dávky priemyselných hnojív znížili a preto dochádza k jeho odčerpávaniu z pôdy rastlinami.

Výraznejší vplyv vodnej erózie na kvantitatívne zmeny prístupného draslíka v pôdnych profiloch záujmových lokalít sme pozorovali len v prípade transektu pri Voderadoch. Profilový priebeh draslíka v jednotlivých častiach erózneho transektu svedčí o prítomnosti vodnej erózie a jej vplyve na tento parameter v tejto lokalite.

Pôdna reakcia na záujmových lokalitách je ovplyvnená pôdotvorným substrátom na ktorom pôda vznikla (polygenetické hliny, spraš). Na transekte pri Plavých Vozokanoch sa prejavil vplyv erózie na priestorové zmeny tohto parametra, kedy v dôsledku akumulovania pôdnej hmoty v báze (predovšetkým z orníčnej vrstvy z eróziou ovplyvnenej časti svahu) došlo k miernemu zvýšeniu hodnôt pH. Na ostatných transektoch sa hodnoty pH pohybujú len v malom rozpätí (pôdy vznikli na karbonátových substrátoch). Nevýrazné zmeny pH v čase môžeme pripísať skôr prirodzenej priestorovej variabilite tohto parametra ako vplyvu eróznokumuláčnych procesov.

V podmienkach záujmových lokalít sme zistili, že najmenšie pôdne častice (ílová a prachová frakcia) sú eróziou ľahšie ovplyvniteľné ako väčšie častice. Percentuálne zastúpenie prachovej a ílovej frakcie v pôdnych profiloch sa postupne zvyšuje smerom od referenčnej časti transektu k jeho báze. V prípade transektu pri Zacharovciach výrazným zvýšením percentuálneho zastúpenia ílovej frakcie v pôdnom profile jeho akumuláčnej časti dochádza k zmene pôdneho druhu z prachovito-hlinitej na ílovitá.

Fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť a pórovitosť) ornice sa v rámci všetkých záujmových lokalít 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 eróznych transektov sú výsledkom nepreorávania tejto časti pôdneho profilu a akumulácie ílovej frakcie pôdy.

Literatúra

- Bielek, P.: Ochrana pôdy. Kódex správnej poľnohospodárskej praxe v Slovenskej republike. VÚPOP Bratislava, 1996, 61 s., ISBN 80-85361-21-3
- Eckelman, W. et al.: 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.: Závazné metódy rozborov pôd. Čiastkový monitorovací systém – Pôda. VÚPOP Bratislava, 1999, 142 s.
- Fulajtár, E., Janský, L.: Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana. VÚPOP Bratislava, 2001, 310 s.
- Hanes, J., Zaujec, A., Sisák, P., Linkeš, V., Mucha, V., Čurlík, J.: Pedológia, SPU Nitra, 1996, 119 s.
- Hrnčiarová, T. et al.: 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.: 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., et al.: 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.: Indication of erosive-accumulative processes intensity at using ^{137}Cs profile distribution on selected soil transect. Agriculture (Poľnohospodárstvo), Journal for agriculture sciences, 53, 2007 (1), Istia Nitra, p. 23-30
- Šály, R., et al.: Morfogenetický klasifikačný systém pôd Slovenska. Bazálna referenčná taxonómia. VÚPOP Bratislava, 2000, 76 s, ISBN 80-85361-70-1
- Walling, D.E., Quine, T.A.: 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.: 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 3. apríla 2007 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., Ing. Juraj Chlpík, PhD., doc. 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 po vecnej a formálnej stránke bola predložená správa za rok 2006 v súlade s pôvodným materiálom výskumnej úlohy schválenej na obdobie rokov 2006 – 2009. Riešenie projektu prebieha v súlade so schváleným VČH.

Oponentská rada schválila správu pre priebežnú oponentúru, pričom koordináčnemu pracovisku uložila:

- zapracovať do riešenia úlohy výskumu a vývoja formálne i ďalšie akceptovateľné vecné pripomienky oponentov členov oponentskej rady
- skompletizovať dokumentáciu z priebežnej oponentúry vrátane podrobného záznamu a tieto predložiť MP SR do 30 dní
- podľa osobitných pokynov Odboru vedy a výskumu MP SR vypracovať podklady o riešení úlohy výskumu a vývoja do celoštátneho IS VUP
- pokračovať v riešení úlohy v zmysle stanovených cieľov a v súlade so schváleným vecným a časovým harmonogramom

Oponentská rada zároveň odporučila koordináčnemu pracovisku publikovať dosiahnuté výsledky a získané nové poznatky, ako aj zabezpečiť ich využitie v praxi.

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. V priebehu riešenia nepredpokladáme podstatnejšie zmeny. Na doplnenie len upresňujeme, že namiesto pôvodného plánovaného realizačného výskumu pod názvom „Podklad pre legislatívny predpis k tvorbe nového zákona o environmentálnej zodpovednosti pri prevencii a odstraňovaní environmentálnych škôd“, ktorý je v kompetencii MZP SR, bol v roku 2007 vypracovaný, schválený a publikovaný nový realizačný výstup autorov: Kobza, J., Bezák, P., Hrivňáková, K., Medved', M., Náčiniaková, Z.: Kritériá pre identifikáciu rizikových oblastí kontaminácie poľnohospodárskych pôd a metodické postupy ich hodnotenia, VÚPOP Bratislava, 40 s.

Samostatne uvedený výstup pod ČÚ 04 – Aktuálny stav a vývoj rizikových prvkov v poľnohospodárskych pôdach SR bude súčasťou spoločného výstupu – pripravovanej publikácie – Hodnotenie aktuálneho stavu a vývoja vlastností pôd SR za 3. monitorovací cyklus.

Iné korekcie zatiaľ nepredpokladáme.

6. REALIZÁCIA VÝSLEDKOV RIEŠENIA

V súlade so Zákonom č. 220/2004 Z.z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy, predmetom celoplošného záujmu je ochrana vlastností a funkcií poľnohospodárskej pôdy v takom rozsahu, aby sa zachovala jej biologická rozmanitosť. Práve monitorovanie priebehu zmien vlastností poľnohospodárskej pôdy, rozhodujúcich z hľadiska jej ekologických funkcií má tu významné postavenie. Súčasťou monitorovania pôd na Slovensku je sledovanie dôležitých parametrov na základe konkrétnych ohrození, ako je kontaminácia pôd, alkalizácia a sodifikácia pôd (tiež acidifikácia 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 pre návrh konkrétnych preventívnych a regulačných opatrení na poľnohospodárskej pôde, ako aj pre dôsledný výkon legislatívy v oblasti ochrany a využívania pôdy. Jedným z preventívnych opatrení je aj posilnenie edukačnej a školiacej činnosti pre užívateľov poľnohospodárskej pôdy, ako aj pre výchovu budúcich odborníkov na školách a univerzitách najmä poľnohospodárskeho zamerania, čo sa v súčasnosti už aj realizuje.

V rámci preventívnych, resp. regulačných opatrení treba pozornosť sústreďovať predovšetkým na rešpektovanie zásad správnej poľnohospodárskej praxe a zabezpečovanie dôslednej ochrany pôdy voči uvedeným ohrozeniam pôdy. Je to nevyhnutné pre každého, kto svojou činnosťou ovplyvňuje poľnohospodársku pôdu v záujme zachovania schopnosti a funkcií pôdy pre seba, ako aj pre budúce generácie (princíp trvalej udržateľnosti).

Navyše po vstupe SR do spoločenstva krajín EÚ sa získané výsledky dostávajú do nových dimenzií, čím sa ich spoločenská hodnota ešte zvyšuje – využitie dosiahnutých výsledkov pre zabehnutie európskeho systému monitorovania pôd, ako aj pre hodnotenie aktuálneho stavu, vývoja, ochrany a environmentálneho hodnotenia pôd v krajinách EÚ, pričom na uvedených aktivitách sa Výskumný ústav pôdozvedectva a ochrany pôdy už v súčasnosti aktívne podieľa.

7. ZOZNAM PLÁNOVANÝCH VÝSTUPOV V ZOSTÁVAJÚCOM ČASE RIEŠENIA

Okrem koncoročných správ za roky 2008 a 2009 súčasťou riešenia bude aj tvorba nasledovných výstupov:

pre rok 2008:

- Odlíšenie antropogénnej a geogénnej kontaminácie pôd (metodická príručka)
- Aktuálny stav degradácie pôd zaťažených území Mg-emisiami (regióny Jelšava-Lubeník a Hačava)
- Hodnotenie sorpčnej kapacity humusu jednotlivých pôdnych typov s využitím získaných poznatkov o chemickej štruktúre humínových kyselín

- Metodická príručka pre sledovanie intenzity recentnej erózie poľnohospodárskych pôd vyhodnotením profilovej distribúcie rádioaktívneho izotopu cézia (^{137}Cs)

pre rok 2009:

- Záväzné metódy terénnych a laboratórnych prác pre monitoring pôd SR v zmysle návrhu EK pre monitoring pôd členských krajín
- Vývoj metód skorého varovania zo zistených negatívnych trendov vývoja pôd a strategické opatrenia pre zvýšenie efektívnosti ochrany pôdy v poľnohospodárskej krajine
- Vývoj a spôsob sledovania alkalizácie a sodifikácie pôd v zmenených klimatických podmienkach (metodika)
- Návrh na nové hygienické limity
- Aktuálny stav degradácie pôd v senzitivnom území regiónu Banská Bystrica
- Návrh opatrení na obhospodarovanie pôdy na vybranom kontaminovanom území s PCB vrátane návrhu remediačných postupov (súvislosť s Národným realizačným plánom Štokholmského dohovoru o perzistentných organických látkach – POPs) – metodická príručka
- Aktuálny stav a vývoj obsahu základných biogénnych prvkov a rizikových kontaminantov vo vybraných ekologicky obhospodarovaných územiach v rôznych pôdno-klimatických podmienkach SR
- Návrh najvhodnejších indikátorov na monitorovanie kvalitatívnych parametrov základných biogénnych prvkov. Charakteristika organických foriem biogénnych prvkov (C, P, N) na základe výsledkov ^{13}C , ^{31}P , ^{15}N , NMR HK hlavných pôdnych typov Slovenska
- Metodická príručka kvantitatívneho stanovenia odnosu a akumulácie pôdnej hmoty spôsobenej eróznou-akumulačnými procesmi využitím vhodných kalibračných modelov

8. 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 ďalších rokoch riešenia (2008 – 2009) a boli schválené úvodnou oponentúrou úlohy dňa 15.3.2006. V danom prípade existujú reálne predpoklady úspešného vyriešenia úlohy v požadovanom termíne, o čom svedčí aj odborne erudovaný pracovný tím riešiteľov, ktorí sa na realizácii tejto úlohy podieľajú.

9. ČERPANIE FINANČNÝCH ZDROJOV A POROVNANIE S PLÁNOM

Čerpanie finančných zdrojov na úlohe v roku 2007 a porovnanie s plánom je uvedené v nasledovnej tabuľke 1.

Tab. 1 Čerpanie finančných zdrojov v tis. Sk na úlohe k 31.12.2007 a ich porovnanie s plánom

Čerpanie finančných zdrojov (porovnanie)	Kalkulačná položka 2007		
	Bežné	Kapitálové	Spolu
Plán	7 000,-	-	7 000,-
Skutočnosť	7 071,-	-	7 071,-

10. ZÁVER

Rok 2007 bol odberovým rokom započatého 4. cyklu monitorovania pôd, kedy boli odobrané pôdne vzorky z celej základnej monitorovacej siete pôd Slovenska. V tejto správe sme sa preto zamerali na súbor tzv. kľúčových monitorovacích lokalít, ktoré sa monitorujú každoročne. Bolo potvrdené, že veľkosť plochy monitorovacej lokality (300 m²) je postačujúca pre hodnotenie prípustnej priestorovej heterogenity väčšiny sledovaných parametrov pôdy. Totiž jedine v takýchto bodoch (plochách) je možné monitorovať vývoj dôležitých vlastností pôd v určitom časovom horizonte.

Čo sa týka hodnotenia nameraných údajov podľa konkrétnych ohrození pôdy (kontaminácia pôdy, acidifikácia a sodifikácia pôd, vývoj obsahu a kvality pôdnej organickej hmoty, ako aj makro- a mikroelementov, kompakcia a erózia pôdy) na príklade kľúčových monitorovacích lokalít viac-menej potvrdzuje aj vývoj parametrov pôdy v základnej monitorovacej sieti. I keď výsledky z konkrétnych kľúčových lokalitách nemožno zovšeobecňovať na pôdy Slovenska, vývoj hodnotených vlastností pôd je tu však viazaný na lokálne pomery a činnosť človeka, ktorý danú pôdu obhospodaruje. Ako najvariabilnejšie parametre v čase sa ukazuje obsah prístupných živín – fosforu a draslíka, obsah pôdnej organickej hmoty najmä v horských oblastiach, vplyv erózie a pod. Komplexné hodnotenie pôd Slovenska podľa už predom uvedených ohrození je spracované v pripravovanej publikácii za 3. monitorovací cyklus.

Koordinátor a riešiteľský kolektív touto cestou ďakujú rezortu MP SR a vedeniu VÚPOP v Bratislave za vytvorenie podmienok pre riešenie tejto výskumnej úlohy v roku 2007.