

Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.



**Výsledky stanovení celkových koncentrací arzenu v půdních
pokryvech v obci Tehov a bezprostředním okolí**

Doc. RNDr. Ivan Suchara, CSc.

Ing. Julie Sucharová, Ph.D.

Ing. Marie Holá

Průhonice únor 2017

OBSAH

I. ÚVOD	3
II. TOXICITA ARZENU A NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ KONCENTRACE	4
III. MATERIÁL A METODY	5
III.1. Odběry vzorků	5
III.2. Zpracování vzorků	6
III.3. Chemické rozbory vzorků	6
IV. KOMENTOVANÉ VÝSLEDKY	8
V. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ	14

I. ÚVOD

V létě r. 2016 byl Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. (dále jen VÚKOZ), který má zkušenosti s dlouhodobým sledováním znečištění složek životního prostředí pomocí chemických analýz vhodných materiálů (rostliny, borka stromů, půda, nadloží lesní humus, dešťová a povrchová voda atp.), osloven pracovníky OÚ Tehov k ověření nálezu vysoké koncentrace arzenu v půdě na parcele při východním okraji obce. Na základě prohlídky terénu byly odebrány vzorky půdy pro předběžné zjištění, ve kterých částech území dochází ke kumulaci arzenu v půdě.

K dispozici VÚKOZ získal výsledky stanovení obsahu arzenu z uvedené parcely, stanovisko Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půd (VÚMOP), že v komplexních průzkumech zemědělských půd nemají informace o vysokém obsahu arzenu na orné půdě v okolí obce Tehov a výsledky chemických analýz několika vzorků studniční vody z intravilánu obce dokládající zvýšený obsah arzenu. Důvodem může být výskyt zrudnění s polymetalickým výskytem arzenu.

Podle geologické mapy podloží Tehova a bezprostředního okolí leží na paleozitických jílovitých břidlicích Tehovského ostrova (Středočeský pluton) v severní polovině intravilánu obce v kvartéru naplaveným nezpevněným hlinito-kamenitým sedimentem druhohorního materiálu. Severně a jižně od obce geologická mapa uvádí v břidlicích blok quarcitu ordovického stáří. Severovýchodně a východně od obce paleozitické břidlice ostře (zlom) sousedí s paleozoickým říčanským granitem (Moldanubikum). Na kontaktu granitu s břidlicemi došlo vlivem tepla k další metamorfóze břidlic na kontaktní rohovec a plodové břidlice. Na tomto kontaktu hornin se udává lokální hydrotermální polymetalické zrudnění s nejčastěji zmiňovaným výskytem kasiteritu (SnO_2), scheelitu (CaWO_4), andalusitu (Al_2SiO_5), cordieritu ($\text{Mg}_2\text{Al}_3(\text{Si}_5\text{AlO}_{18})$) a dalších nerostů včetně arzenopyritu (FeAsS). Erozní činností byly některé minerály transportovány a uloženy v sedimentech dále od místa vzniku. Sběr kasiteritu v lokalitě je udáván již Kelty, průzkumná těžba Sn-W rud proběhla kolem roku 2000 na dvou ložiscích o odhadované výměře 0,17 a 16,28 ha. Jiná místa výskytu minerálů s vysokým obsahem arzenu nejsou v okolí obce známa.

Průmyslové zdroje emisí s vysokým obsahem arzenu (průmyslová topeniště spalující sokolovské nebo mostecké hnědé uhlí, hutě a metalurgické provozy, výroba elektrosoučástek atp.) ani skládky elektrárenských popílků nebo strusek z tepláren a hutí nejsou v území evidovány.

Cílem odběru půdních vzorků a stanovení koncentrace arzenu v půdě byla snaha blíže určit území se zvýšeným obsahem arzenu a zjistit, do jaké míry zemědělské půdy v okolí Tehova jsou znečištěny arzenem ve vztahu k platné legislativě. Protože antropogenní ani geogenní zdroj arzenu v Tehově a okolí nám nebyl znám, pro orientační zjištění obsahu arzenu v půdě jsme se rozhodli odebrat analýze půdní vzorky podél 5 liniových transektů vedených zhruba kolmo na údolí Říčanského potoka od severní až po jižní část obce. Pokud by byl zjištěn na transektech výrazný koncentrační gradient obsahu arzenu v půdě, dal by se zdroj kontaminace přibližně lokalizovat.

Předkládaná zpráva slouží jako první orientační informace o výskytu koncentrace celkového arzenu v půdních pokryvech v obci Tehov a bezprostředním okolí. Počet vzorků pro statistická šetření je poměrně malý, ale dostatečný k odhadnutí míry rizik plynoucích z kontaminace půd arzenem.

II. TOXICITA ARZENU A NEJVYŠŠÍ PŘÍPUSTNÉ KONCENTRACE

Sledování obsahu arzenu (dále As) ve složkách životního prostředí je účelné z důvodu vysoké míry toxicity některých sloučenin tohoto polokovu.

Silně toxické účinky rozpustných nebo organických sloučenin arzenu jsou známy od starověku. Vysoké koncentrace rozpustných sloučenin As způsobují akutní otravu, dlouhodobé nízké dávky chronické otravy, např. kožní alergie až karcinomy. Přímá indukce jiných onkologických onemocnění As nebyla zatím plně prokázána. Denní příjem kolem 10 mg As může u lidí vyvolávat např. poruchy vidění, hemolýzu, neurologické změny nebo průjem.

Přes pestré geologické stavbu ČR, na většině území Českého masivu převládají velmi staré metamorfované horniny. Během jejich přeměn se do hydrotermálních roztoků rozpouštěly prvky a po ochlazení roztoků vytvářely polymetalické sloučeniny, které zvětráváním hornin a erozí nebo geologickými procesy byly přemísťovány na větší vzdálenosti. Proto podloží ČR je poměrně bohaté na výskyt mnohých kovů, včetně As. Přírodní pozadové koncentrace As jsou v ČR většinou vyšší než v jiných zemích.

Obecně se udává jako nejběžnější zdroj As v zemědělských půdách geologické podloží. Typický obsah celkového As v půdách byl zjištěn v rozpětí 1–20 mg.kg⁻¹. Podle výsledků dlouhodobého bazálního monitoringu zemědělských půd (ÚKZÚZ) jsou u nás zjišťovány typické obsahy celkového As v půdách < 10 mg.kg⁻¹, průměrné obsahy pak kolem 11,5 mg.kg⁻¹. Maximální zjištěná koncentrace v zemědělských půdách nedaleko důlních odvalů u Kutné Hory dosahovala 682 mg.kg⁻¹, materiál rudních odvalů však obsahuje As v koncentracích až 8000 mg.kg⁻¹.

Vyhláška MŽP č. 13/1994 Sb., platná do roku 2016, stanovovala nejvyšší přípustné koncentrace As pro běžné typy zemědělských půd 30 mg.kg⁻¹.

Současná novela předešlé vyhlášky (**Vyhláška MŽP č. 153/2016 Sb., o stanovení podrobností ochrany kvality zemědělské půdy a o změně vyhlášky č. 13/1994 sb., kterou se upravují některé podrobnosti ochrany zemědělského půdního fondu.** Sbírka zákonů ČR, částka 59, str. 2692–2699) zavádí pro celkové koncentrace As v půdě následující dva limity:

1. Preventivní hodnotu 20 mg.kg⁻¹ pro všechny půdy mimo lehké (píscité). Preventivní hodnota indikuje dosažení maximální hodnoty As v rámci variability jeho přirozeného obsahu v podmínkách ČR. Do této koncentrace se předpokládá „normální“ funkce půdních organismů, růst rostlin nebo stabilita přirozených ekosystémů. Při překročení preventivní hodnoty hrozí poškození funkcí půdy (koloběh látek, úrodnost) a zvýšený vstup As do potravinových řetězců, ale nemusí. Záleží na chemických sloučeninách (mocenství), v jakém se As v dané půdě převážně vyskytuje. As^{+III} je mnohonásobněji toxičtější než As^{+V}. Proto při překročení preventivní hodnoty se doporučuje stanovit dostupnost (rozpuštěnost) As v půdě extrakcí měkkým extrakčním činidlem (NH₄NO₃). V zájmu ochrany zemědělské půdy se zakazuje na takových půdách aplikovat do půdy materiály, které by dále obsah As zvyšovaly (čistírenské kaly, kontaminované sedimenty, komposty, hnojiva, strusko-popílkové směsi, ochranné prostředky na bázi As atp.) a ohrožovaly produkční půdní funkce.

2. Indikační hodnotu 40 mg.kg⁻¹, při jejímž překročení může být ohroženo zdraví lidí a zvířat. Doporučují se proto v takových případech provést testy toxicity na rostlinách, půdních mikroorganismech atp. Velmi citlivé na kontaminaci prostředí As jsou včely, ve vodách ryby. Míra

přestupu As z půdy do plodin je ve srovnání s jinými toxickými prvky nižší, ale závisí na místních podmínkách. Nejvíce As z půdy bývá v nadzemních částech rostlin akumulováno v bylinách (travách) trvalých travních porostů (TTP). Je potřeba zabránit dalšímu zvyšování kontaminace takových půd dalším vstupem As. Zakazuje se např. aplikace výše uvedených materiálů do půdy s obsahem As vyšším než stopovým, a to i v případě, že např. čistírenský kal obsahuje As pod mezní hodnotu 30 mg.kg⁻¹ povolenou vyhláškou (Vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., Příloha 3). V případě, že chybí informace o obsahu As u aplikovaných látek do půdy (hnojiva, ochranné postřiky, komposty atp.) je potřeba před aplikací provést analýzu takových materiálů i ošetřované půdy na obsah As.

Vyhláška č. 252/2004 Sb. stanoví pro pitné vody nejvyšší mezní hodnotu As 0,01 mg.l⁻¹, pro podzemní vody je indikace znečištění As legislativně stanovena na 0,045 µg.l⁻¹ (Věstník MŽP XIV/částka 1, leden 2014). Limitní koncentrace As pro povrchové vody se určuje na 20 µg.l⁻¹ (Zákon č. 63/2003 Sb.). Citlivým bioindikátorem As ve vodě mohou být např. akvarijní rybičky. Odolný kapr obecný údajně hyne ve vodě o obsahu 25-30 mg As.l⁻¹.

Obsah As v potravinách má být sledován. Nařízení Komise (EU) 2015/2016, kterým se mění Nařízení 1881/2006 udává maximální přípustné obsahy anorganického As v různých typech potravin. U nás přípustné koncentrace As v potravinách řešila Příloha č. 2 Vyhlášky MZ č. 53/2002 Sb.

F. Stehlík („Zdravotní rizika z kontaminace složek životního prostředí v souvislosti s výskytem toxických prvků v prostředí způsobených těžbou rudních ložisek v oblasti Kutné Hory a jak jim předcházet“). Krajská hygienická stanice se sídlem v Praze, územní pracoviště Kutná Hora) udává riziko chronických kožních onemocnění u dětí a u dospělých při kontaktu s půdou obsahující 100 a 1000 mg.kg⁻¹. Vysoké riziko vzniku onkologických kožních onemocnění u dětí a u dospělých při expozici koncentracím nad 100 a 300 mg.kg⁻¹. Vyhláška č. 135/2004 Sb. pak ukládá zajistit kvalitní, As nekontaminovaný písek na pískovištích a venkovních hřištích.

III. MATERIÁL A METODY

III.1. Odběry vzorků

Vzorky půdy pro stanovení koncentrace arzenu (dále As) byly odebírány po sklizni polních plodin na podzim r. 2016. Byly zvoleny dvě hloubky odběrů 0–10 cm (u orné půdy reprezentuje orniční horizont, u trvalých travních porostů případnou zónu akumulace As z případného atmosférického spadu) a z hloubky 30–40 cm (podorničí mimo hlavní vliv orby a případný vliv geologického podloží). Odběrová místa na polích byla volena tak, aby patřily do povodí Říčanského potoka (smyv ornice do obce podél nivy potoka). Mimo vzorky ornice a podorničí byl odebrán jeden vzorek lesního nadložního humusu pod jehličnatým lesem (případná akumulace As z atmosférické depozice) a 4 vzorky z údolí Říčanského potoka ke zjištění obsahu As ze splachů půdy z okolních polí a v potočních sedimentech nad a pod místní ČOV. Jeden vzorek byl odebrán z břehu návesního rybníčku a jeden vzorek u ústí Říčanského potoka do Panského rybníku.

Půdní vzorky byly odebírány dne 24. 10. 2016 za slunečného počasí, půda byla vlhká, nikoli mokrá nebo zbahnělá. Rýčem byly shrnuty zbytky vegetace z povrchu půdy nebo byl stržen (1–1,5 cm) travní drn a rýčem byl vyryt nebo odebrán materiál odpovídající půdnímu bloku velikosti ca 30 × 30 × 10 cm.

Pak byla vyhloubena půdní sonda do hloubky 30 cm a ze dna sondy byl odstraněn případně napadený půdní materiál z větší výšky ze stěn sondy. Očištěným rýčem byl opatrně odebrán půdní materiál do hloubky 10 cm tak, aby nebyl kontaminován půdou ze stěn sondy. V případě nadložního humusu v lese byl seškrábnut opad a fermentační vrstva (2–2,5 cm) a z plochy 30 × 30 cm byl opatrně odebrán humus z humusového horizontu O_h až k minerálnímu podloží tak, aby humus nebyl kontaminován spodní minerální půdou. Tloušťka humusové vrstvy byla menší než 10 cm (4–5 cm). Minerální půda z B horizontu pak byla odebrána z hloubky 30–40 cm stejně jako u jiných půdních sond. Při odběru vzorků byly zaznamenány hlavní půdní charakteristiky (barva, struktura, textura). Ve všech případech se nejednalo o lehkou (písčitou) půdu. Každý vzorek byl uložen do označeného polyetylénového sáčku. Pozice půdní sondy byla v terénu zakreslena do kopie mapy 1 : 50 000 a u každé sondy byla zaznamenána pozice udávaná osobním navigačním přístrojem Garmin s přesností ± 2 m. Zjištěná pozice míst odběrů vzorků byla ověřována s pozicí v mapě.

Tabulka 1 podává stručný popis místa odběru půdních vzorků i jejich pozici v systému geografických souřadnic WGS 84 podle udávaných hodnot osobního navigačního přístroje Garmin.

Pozice odběrových míst půdních vzorků je zakreslena do vložené barevné kopie turistické mapy (<https://mapy.cz/>)

III.2. Zpracování vzorků

Po dopravení a příjmu půdních vzorků v laboratoři VÚKOZ byly vzorky sušeny na vzduchu mezi archy filtračního papíru v bezprašné místnosti. Po usušení byly postupně půdní vzorky lehce rozetřeny, aby byly rozbity půdní makroagregáty a rozmělněné půdní vzorky byly důkladně promíchány. Homogenní zemina byla přeseťa přes umělohmotné síto o průměru ok 2,0 mm na jemnozem I. Jemnozem byla uložena v označených uzavíratelných polyetylenových sáčcích do doby analýzy.

III.3. Chemické rozborů vzorků

Chemické analýzy vzorků byly provedeny na přelomu roku 2016/2017. Jemnozem půdních vzorků byla dosušena (40 °C) a rozetřena na jemnozem II. Z každého vzorku půdy byly naváženy vždy 3 navážky do teflonových rozkladných nádobek. Totální rozklad vzorků byl proveden ve směsi $\text{HNO}_3 + \text{H}_2\text{O}_2 + \text{HF} + \text{H}_3\text{BO}_3$ v zařízení pro mikrovlnný vysokotlaký rozklad vzorků. Po mineralizaci vzorky byly kvantitativně převedeny a doplněny na daný objem deionizovanou vodou v teflonových odměrných nádobkách. Uvedený typ rozkladu půdních vzorků odpovídá totálnímu rozkladu jako při alternativním použití lučavky královské nebo kyseliny chloristé, ke kterým se obvykle totální koncentrace As vztahují v příslušné legislativě.

Č. vzorku	Hloubka půdy (cm)	Popis místa výkopu půdní sondy	Pozice sondy WGS 84	
			°sever. šířka	°vých. délka
1A	0–10 cm	Pole asi 25 m východně od pozemku s radiostanicí, jižní svah (orná)	49,97087°	14,70537°
1B	30–40 cm			
2A	0–10 cm	Travnatá pastvina koní mezi statkem a radiostanicí, blíže statku, jižní svah (TTP)	49,97150°	14,69973°
2B	30–40 cm			
3A	0–10 cm	Pole mezi ulicí Panská a opuštěným sadem proti ulici Na Uhlíři, jižní svah (orná)	49,97425°	14,69410°
3B	30–40 cm			
4A	0–10 cm	Pole severně nad obcí asi 50 m JV od křížku - soliterní lípy, jižní svah (orná)	49,97345°	14,69027°
4B	30–40 cm			
5A	0–10 cm	Pole na V okraji zalesněného pásu asi 200 m JZ od křížku - soliterní lípy, (orná)	49,97252°	14,68832°
5B	30–40 cm			
6A	0–10 cm	Parcela v údolí u silnice Dlouhá pod radiostanicí proti č. p. 169, mírný jižní svah (sediment a navážka)	49,96918°	14,70277°
6B	30–40 cm			
7A	0–10 cm	SZ cíp zatravněné parcely mezi ulicí Dlouhá a Ke Srubům V u č. p. 324 (TTP)	49,96992°	14,69893°
7B	30–40 cm			
8A	0–10 cm	Louka v lese Z u kynologického cvičiště na J okraji obce (TTP)	49,96605°	14,69503°
8B	30–40 cm			
9A	2–6 cm	Úzký lesní pás asi 100 m V od odběru č. 8 (lesní půda)	49,96583°	14,69597°
9B	30–40 cm			
10A	0–10 cm	Pole mezi pokračováním silnic Slunečná a Ke srubům na úrovni odběru č. 8 J u obce (orná)	49,96655°	14,69887°
10B	30–40 cm			
11A	0–10 cm	Pole Na Březině asi 100 m V od ulice Ke Srubům JV od obce (orná)	49,96710°	14,70187°
11B	30–40 cm			
12A	0–10 cm	Zahrada na S břehu Říčanského potoka mezi ulicí Říčanská a Všešarská pod č. p. 6 (nivní sediment)	49,97007°	14,69205°
12B	30–40 cm			
13A	0–10 cm	Rákosina na J břehu Říčanského potoka asi 200 m pod ČOV pod č. p. 218 (nivní sediment)	49,96843°	14,68670°
13B	30–40 cm			
14A	0–10 cm	Louka na J břehu Říčanského potoka asi 250 m nad ČOV proti č. p. 64 (nivní sediment)	49,96968°	14,69152°
14B	30–40 cm			
15A	0–10 cm	Pole asi 250 m SZ od silnice (Všešarská) na JZ okraji Tehova (orná)	49,96637°	14,68503°
15B	30–40 cm			
16A	0–10 cm	Pole nad silnicí (Všešarská) pod cípem lesa proti č. p. 270 (orná)	49,96573°	14,68992°
16B	30–40 cm			
17	15–20 cm	Jižní nezpevněný břeh návesního rybníčku pod travním drnem (navážka a sediment)	49,97077°	14,69404°
18	30–40 cm	Rákosina na východním břehu Panského rybníku na S břehu Říčanského potoka u ústí do rybníku (sediment)	49,97004°	14,68071°

Tabulka 1 Popis a pozice míst kopaných půdních sond a značení půdních vzorků odebraných 24. 10. 2016 v Tehově a okolí

Koncentrace As ve vzorcích byly stanoveny metodou hmotnostní spektrometrie na spektrometru ICP-MS PE Elan 6000. Koncentrace As u všech vzorků byla vyšší než mez stanovitelnosti použité metody. Kvalita chemických analýz byla kontrolována na referenční vzorky půd BCR Calcareous Soil 690 a NIST Soil 2709a s certifikovaným obsahem As. Výsledky měření obsahu As v referenčních vzorcích půd se neodchylovaly více než o 5–15 % udávaného obsahu As. Výsledky analýz (mgAs.kg^{-1}) byly vyjádřeny jako prostý aritmetický průměr nebo medián získaný z měření As ze tří navážek. Kvalita práce analytické laboratoře je průběžně mezinárodně kontrolována (WEPAL - program kontroly analytických laboratoří, univerzita Wageningen).

Statistické hodnocení výsledků se omezuje jen na získání základní představy o variabilitě koncentrací As v půdních pokryvech na lokalitě. Podrobnější statistické analýzy jsou limitovány malým množstvím analyzovaných vzorků pro některé typy půdních pokryvů.

IV. KOMENTOVANÉ VÝSLEDKY

Naměřené průměrné koncentrace celkového As v půdních vzorcích (mg.kg^{-1}) z Tehova a okolí jsou uvedeny v Tabulce 2.

Č. vzorku	Hloubka půdy	Koncentrace As $\bar{X} \pm s$ (mg.kg^{-1})
1A	0–10 cm	102,6 ± 1,3
1B	30–40 cm	113,4 ± 10,9
2A	0–10 cm	83,2 ± 6,4
2B	30–40 cm	72,8 ± 2,5
3A	0–10 cm	39,0 ± 1,2
3B	30–40 cm	44,5 ± 0,9
4A	0–10 cm	41,3 ± 0,3
4B	30–40 cm	41,0 ± 2,1
5A	0–10 cm	133,5 ± 1,5
5B	30–40 cm	176,4 ± 3,6
6A	0–10 cm	125,7 ± 1,6
6B	30–40 cm	117,7 ± 9,5
7A	0–10 cm	220,3 ± 7,9
7B	30–40 cm	425,3 ± 12,1
8A	0–10 cm	49,3 ± 1,3
8B	30–40 cm	34,4 ± 0,3
9A	2–6 cm	16,6 ± 0,3
9B	30–40 cm	43,5 ± 3,1
10A	0–10 cm	68,8 ± 3,7
10B	30–40 cm	69,7 ± 4,5
11A	0–10 cm	71,8 ± 2,0
11B	30–40 cm	40,9 ± 0,9
12A	0–10 cm	60,2 ± 1,5
12B	30–40 cm	70,5 ± 1,2
13A	0–10 cm	58,6 ± 0,9
13B	30–40 cm	67,2 ± 0,9
14A	0–10 cm	77,6 ± 6,5
14B	30–40 cm	89,6 ± 0,5
15A	0–10 cm	14,1 ± 0,5
15B	30–40 cm	15,0 ± 0,1
16A	0–10 cm	30,6 ± 0,2
16B	30–40 cm	52,9 ± 1,0
17	15–25 cm	49,2 ± 0,9
18	30–40 cm	65,6 ± 5,2

Tabulka 2 Průměrná koncentrace celkového As v půdách v Tehově a okolí. $\bar{X}$ – průměrná hodnota, s – směrodatná odchylka výběru.

Modře jsou vyznačeny hodnoty překračující **preventivní hodnotu** a **červeně** jsou vyznačeny koncentrace přesahující **indikační hodnotu** koncentrace As v zemědělských půdách dle aktuálně platné legislativy (Vyhláška MŽP č. 153/2016 Sb.).

Naměřené celkové obsahy As v půdách v Tehově a okolí mimo tři případy (9A, 15A a 15B) překračují preventivní hodnoty dle platné vyhlášky. Zjištěný obsah As u 85 % vyšetřovaných vzorků pak překračuje indikační hodnotu. Překročení indikační hodnoty je statisticky průkazné, v extrémním případě (vzorek 7B) došlo k desetinásobnému překročení indikační hodnoty.

I přes relativně malý soubor měření bylo provedeno předběžné statistické hodnocení výsledků. Porovnali jsme obsah celkového As ve svrchní vrstvě půdy (0–10 cm) a spodní vrstvě půdy (30–40 cm) pro všechny půdní sondy mimo lesní půdu a rybníční sedimenty (č. 9, 17 a 18) a obsah As horní (ornice) a spodní (podorníčí) části půdy na polích podél severního a jižního svahu nad obcí (n = 5). Výsledky základní statistiky jsou uvedeny v Tabulce 3.

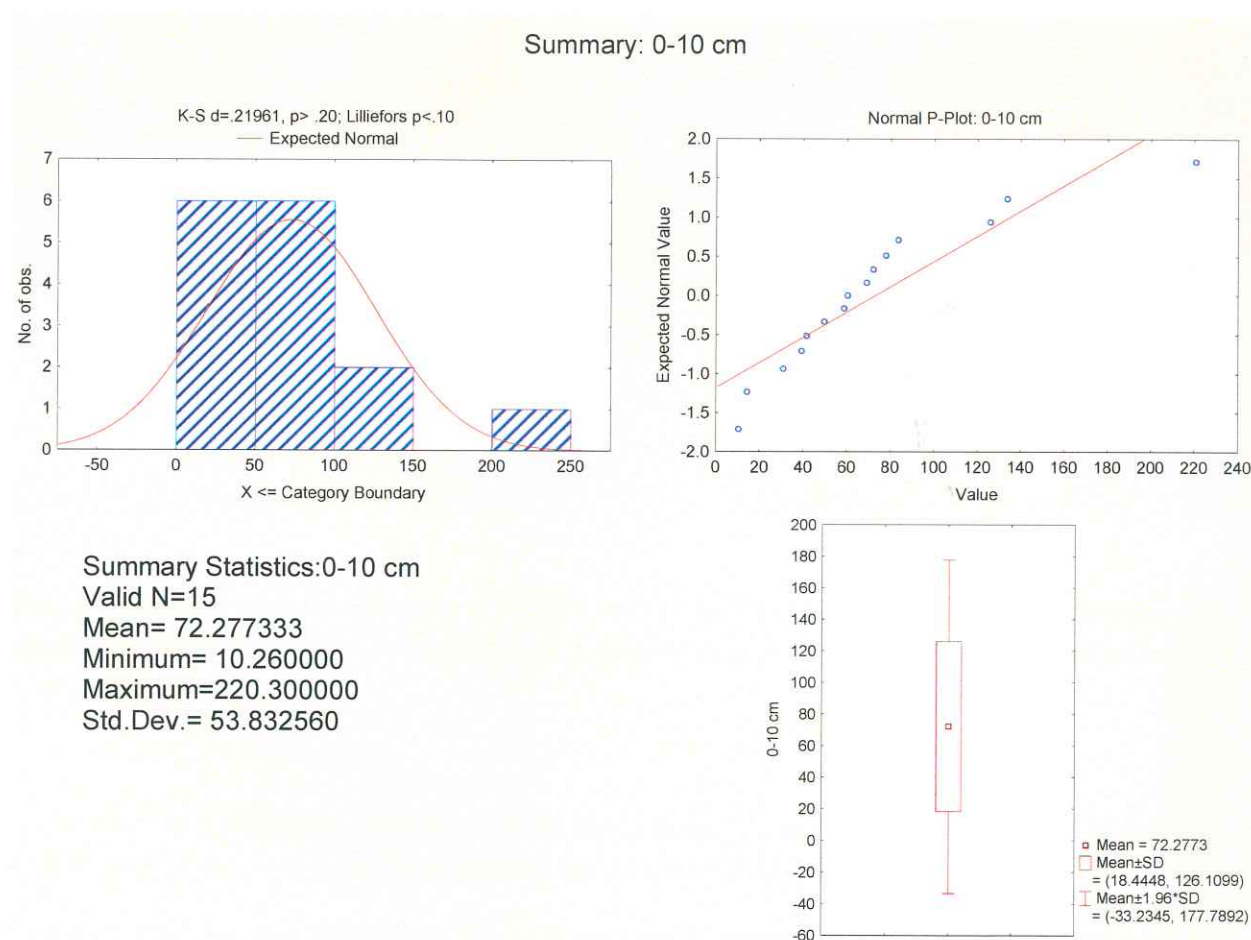
Statist. veličina	Půdy všechny vzorky		Pole severně nad obcí		Pole jižně nad obcí	
	0–10 cm	30–40 cm	0–10 cm	30–40 cm	0–10 cm	30–40 cm
N	15	15	5	5	5	5
Průměr	72,3	95,5	61,5	89,6	46,9	42,6
SO	53,8	100,0	47,9	56,5	24,7	20,4
Medián	60,2	69,7	41,3	72,8	49,3	40,9
MAO	21,2	28,7	31,4	31,8	19,5	12,0

Tabulka 3 Základní statistika naměřených koncentrací celkového As (mg.kg^{-1}) v půdních vzorcích (mimo sedimenty odběry č. 17 a 18). N – počet vzorků, SO – směrodatná odchylka výběrových souborů, MAO – medián absolutních odchylek od mediánu

Zjištěné koncentrace As v půdě byly zjištěny ve velkém koncentračním rozpětí ($14\text{--}425 \text{ mg.kg}^{-1}$). Maximální hodnoty vykazovala půda na zatravněné parcele v obci, zdrojem As mohou být splachy z polí nebo pravděpodobněji odkryté podloží nebo navezený materiál pro modelaci a urovnání povrchu plochy (?). Nejnižší koncentrace As v půdě byla zjištěna na poli při JZ okraji obce směrem na Světlce, kde je v geologickém podloží menší obsah As, nebo spíše došlo k odizolování podloží akumulací půdy transportované erozí ze svahu východně nad polem. Relativně nízký obsah As vykazoval i vzorek nadložního humusu v lese ukazující na malou úroveň atmosférického spadu As (zachycení suchého spadu na jehličí a smyv v podkorunových srážkách) a pravděpodobně i malý obrat As v koloběhu jehličnatý opad-půda- jehličí. Překvapivě malé byly i koncentrace As ve vzorcích z nivních půd, ale byl vyšetřen malý podíl vzorků. Poměrně velký rozdíl mezi průměrnými koncentracemi As v půdě a mediány koncentrací ukazuje na porušení normálního rozložení hodnot naměřených koncentrací As. Tabulka 3 ukazuje na průměrně vyšší koncentrace As ve větší hloubce půdy než při povrchu půdy, odkud je As odstraňován s biomasou polních plodin nebo píce a nevrací se do koloběhu půda-rostlina-půda. Zároveň nižší obsah As v horní vrstvě půdy ukazuje na to, že původ As v lokálních půdních pokryvech není atmogenní (spad As z ovzduší znečištěného spalováním hnědého uhlí), ale geogenní z geologického podloží. Korelační analýza však ukázala, že pro dané soubory měření obsah As ve spodní vrstvě půdy není statisticky významně vyšší pro všechny vzorky ($t = -1,519$, $p = 0,151$) ani pro pole na severním svahu ($t = -1,354$, $p = 0,247$) ani na jižním svahu nad obcí ($t = 0,488$, $p = 0,651$).

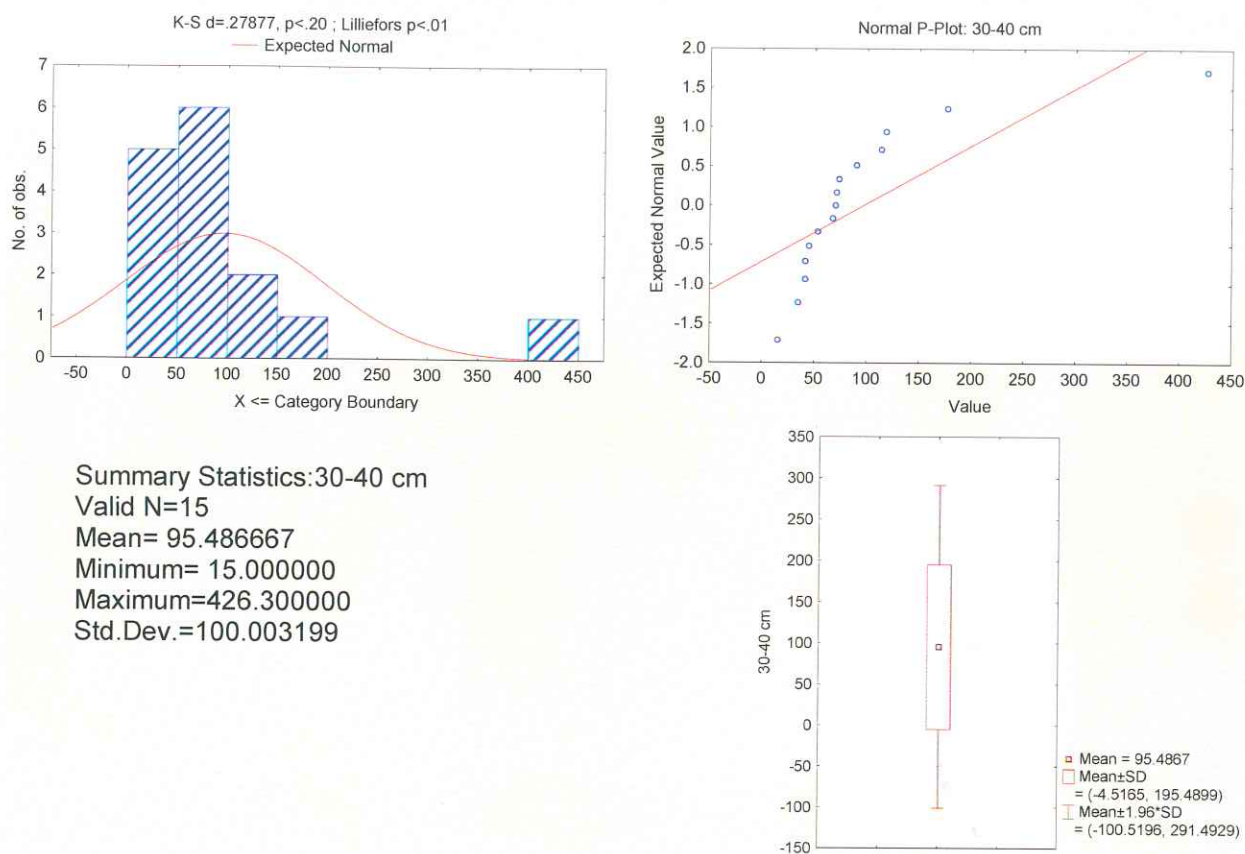
Provedli jsme základní statistickou analýzu obsahu As v horní (0–10 cm) a spodní vrstvě (30–40 cm) půdy (Obr. 1 a Obr 2).

Z histogramu četností a z grafu očekávaných a naměřených koncentrací As v horní i dolní části půd je patrná značná odchylka distribuce naměřených koncentrací od normálního typu rozložení koncentrací. Histogramy pak ukazují u horní a dolní vrstvy půdy i druhý vrchol distribuční funkce pro vysoké koncentrace As. Odchylka od normálního rozložení je větší pro koncentrace As ve spodnější vrstvě půdních pokryvů. Spíše lognormální rozložení než normální rozložení koncentrací se dalo předvídat vzhledem k analogickým rozložením stopových prvků ve složkách životního prostředí. Zjištěné porušení normality dat pak znamená omezení použití běžných statistických hodnocení, která lze aplikovat pouze na data s rozložením blízkému normálního.



Obr. 1 Frekvenční diagram distribuce zjištěných koncentrací As v horní vrstvě půdy pro všechny vzorky ($n = 15$), test normality dat a krabicový diagram zobrazující variabilitu naměřených koncentrací.

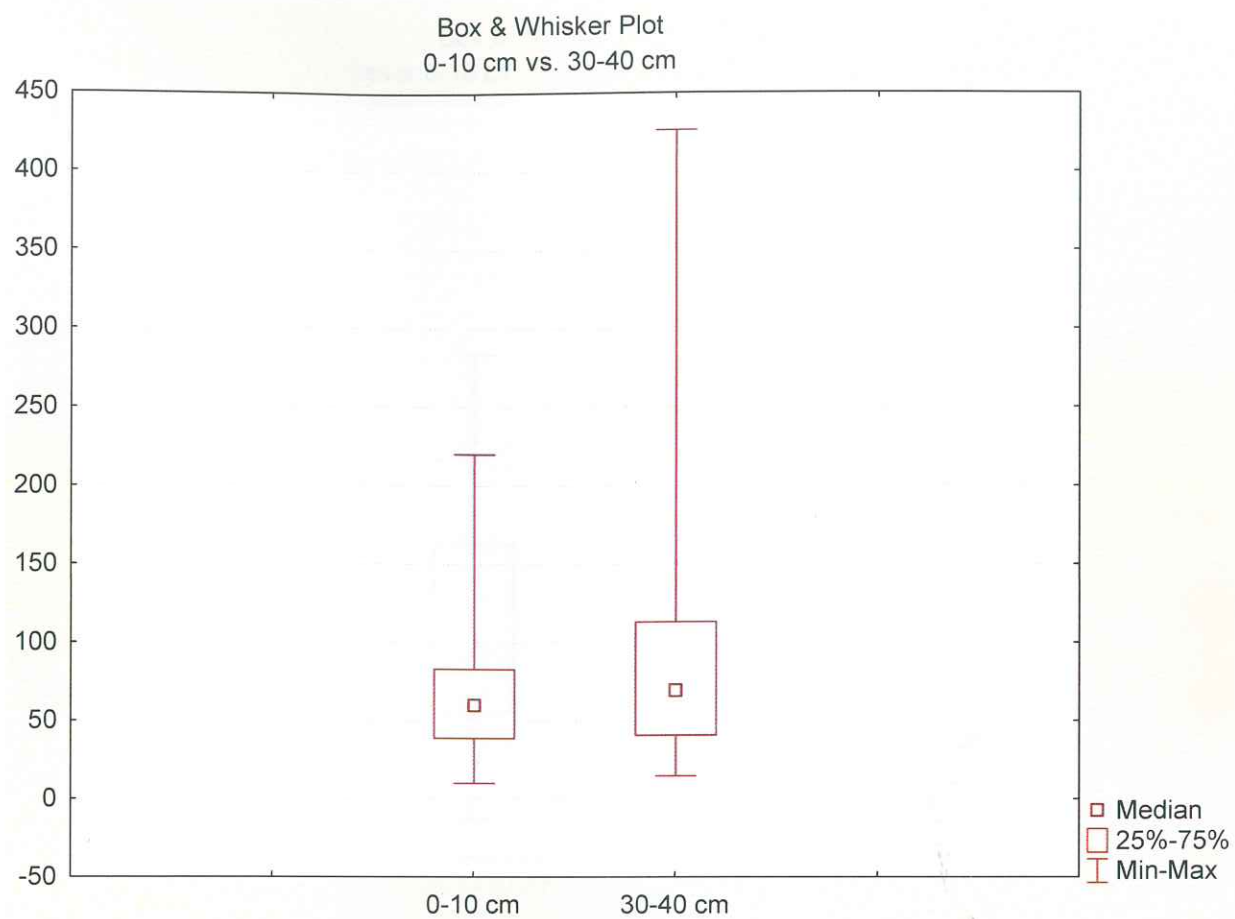
Summary: 30-40 cm



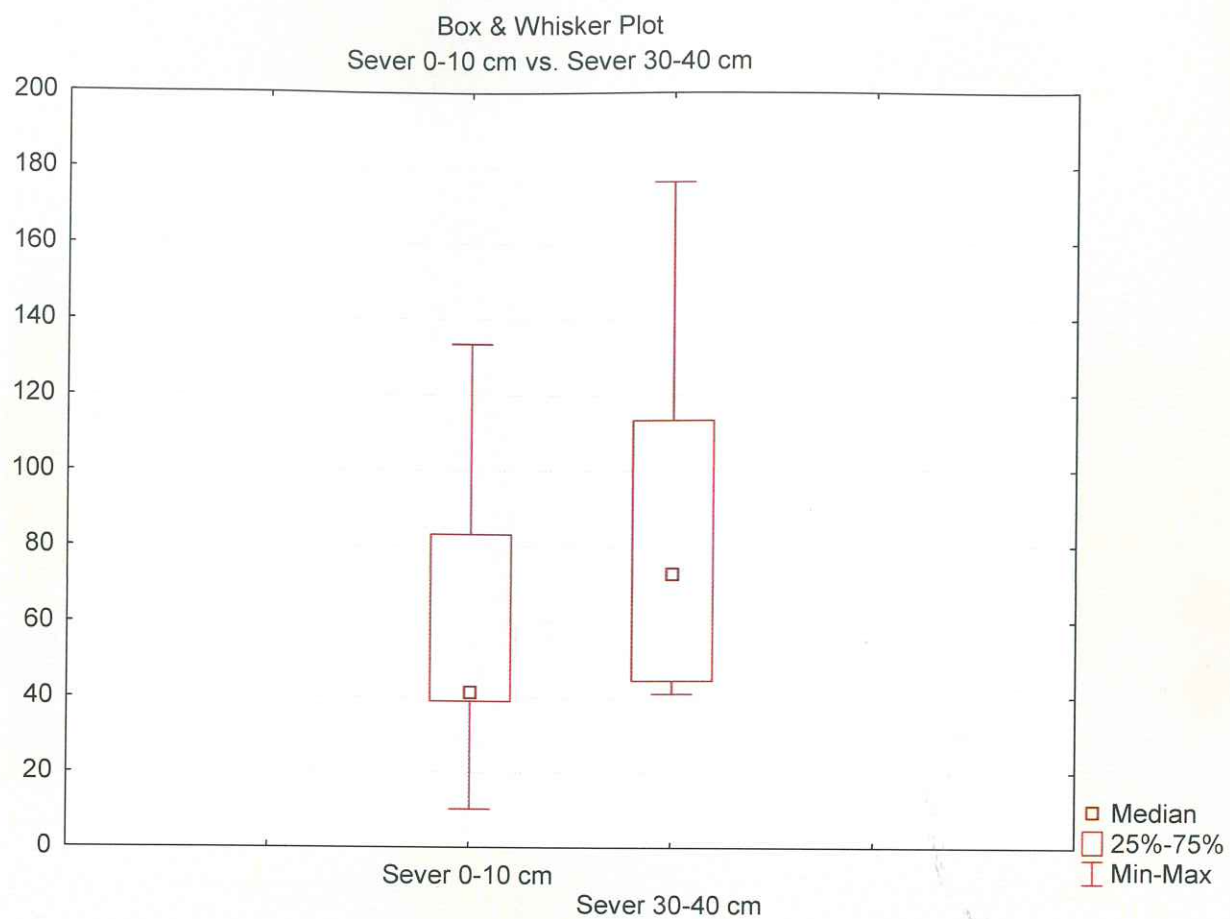
Obř. 2 Frekvenční diagram distribuce zjiřtřených koncentrací As (mg.kg^{-1}) ve spodní vrstvě půdy pro všechny vzorky ($n = 15$), test normality dat a krabicový diagram zobrazující variabilitu naměřených koncentrací.

Koncentrace As v půdách na severním a jižním svahu se statisticky významně neliřily, ale hodnocené soubory jsou malé ($n = 5$) a variabilita koncentrací As poměrně velká.

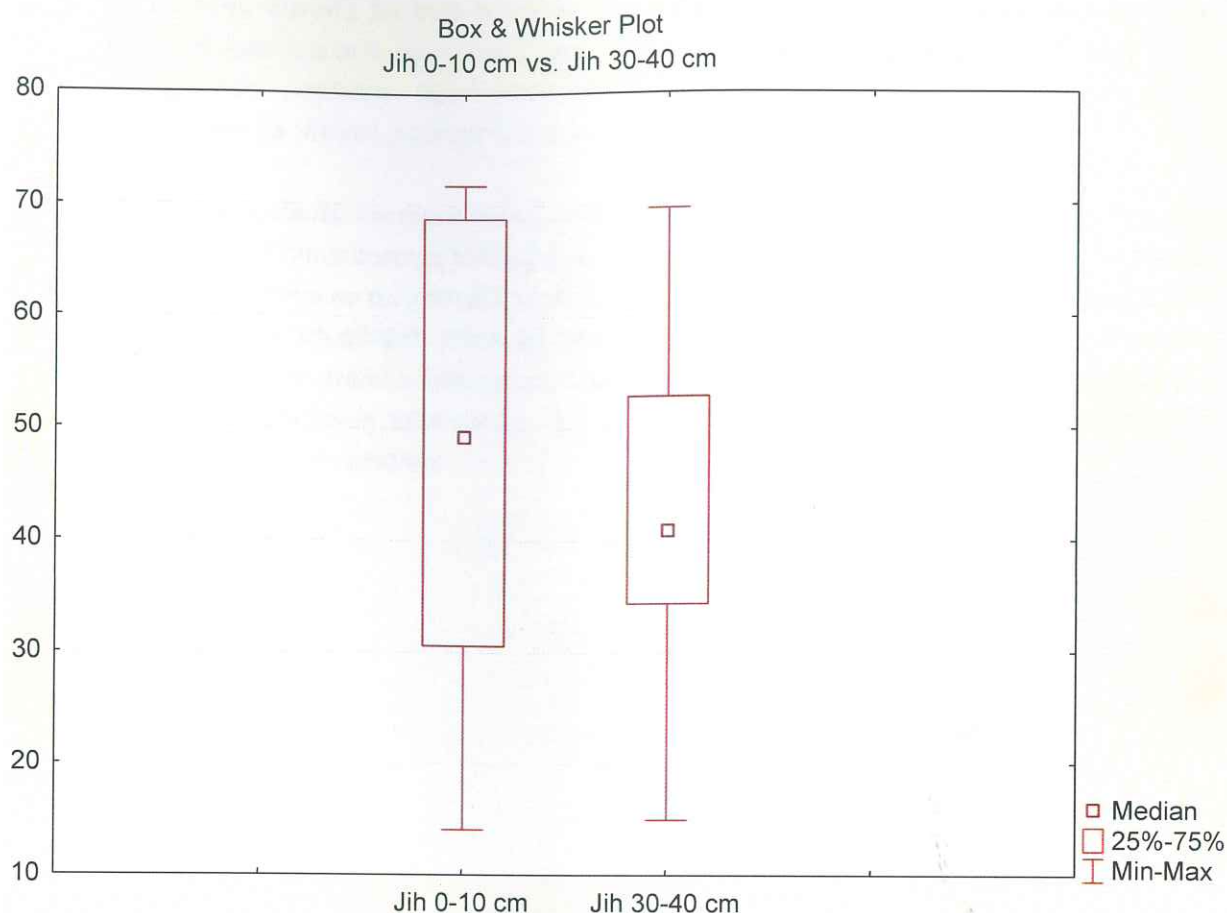
Na závěr hodnocení výsledků obsahu As v místních zemědělských půdách je zajímavé konstatovat, že během komplexního průřzkumu zemědělských půd a při bazálním monitoringu zemědělských půd nebyly vysoké koncentrace celkového As zjiřtřeny. V této zprávě prezentovaná zjiřtření jsou nová, území se zvýřeným obsahem celkového As je přinejmenřím o rozloze území pokrytém půdními sondami s výjimkou plořiny pole při JZ okraji Tehova směrem na Světice.



Obr. 3 Porovnání variability celkové koncentrace As (mg.kg^{-1}) zjištěné v horní a spodní vrstvě půdy u všech vyšetřovaných vzorků ($n = 15$)



Obr. 4 Porovnání variability celkové koncentrace As (mg.kg^{-1}) zjištěné v horní a spodní vrstvě půdy u vzorků půdy odebraných na svahu severně nad obcí Tehov ($n = 5$)



Obr. 5 Porovnání variability celkové koncentrace As (mg.kg^{-1}) zjištěné v horní a spodní vrstvě půdy u vzorků půdy odebraných na svahu jižně nad obcí Tehov ($n = 5$)

V. ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

1. Zjištěné koncentrace celkového As v orné půdě, nivních sedimentech Řičanského potoka a TTP v obci Tehov a okolí vykazovaly téměř ve všech případech překročení preventivní a ve více než 80 % případů i indikační koncentrace As stanovené stávající legislativou.
2. Z důvodu ochrany zemědělské půdy, zachování produkční funkce lokálních půd a nezvyšování rizika produkce kontaminovaných plodin/krmiv potenciálně ohrožujících zdraví lidí a zvířat by se neměl obsah As v půdních pokrývkách zvyšovat aplikací materiálů s vyšším než stopovým množstvím As do místních půdních pokryvů.
3. Zdrojem As ve vyšetřovaných půdách je zřejmě místní geologické podloží. Pro lokalizaci ohniska (hot spotu) geogenního As a jeho rozlohy (vymezení) by bylo potřeba uskutečnit větší počet měření na větším území.
4. Pro objektivnější posouzení rizik plynoucích ze zjištěné vysoké koncentrace As v lokálních půdách by bylo potřeba zjistit biodostupnost As (sekvenční extrakce) a podrobnější půdní rozbor (zrnitostní složení, obsah organické hmoty atp.), popř. kultivační testy nebo porovnání koncentrací As v půdě a plodinách.

5. Ze stejného důvodu by bylo potřeba znát distribuci As v jednotlivých složkách životního prostředí (půdy, lesní humus, voda, sedimenty, kal ČOV) a míru přestupu As do bioty (např. zahrádkářské produkty, lesní plody, ryby atp.) na k.ú. Tehova, popř. v širším území vymezeném na základě podrobnějšího průzkumu výskytu As.

Na základě výsledků zkusných měření celkové koncentrace As v půdních vzorcích v Tehově a okolí, Odbor Biomonitoringu VÚKOZ, v. v. i. doporučuje OÚ Tehov společně hledat možnosti a zdroje financování na podrobnější terénní průzkum distribuce As v obci a okolí a výzkum jeho chování v lokálních půdách. Cílem by mělo být také zjištění mobility As ve složkách životního prostředí daného území a míry vstupu a akumulace As v plodinách a krmivu jako podklad pro posouzení skutečných zdravotních rizik zjištěných vysokých koncentrací celkového As a hledání nápravných opatření.