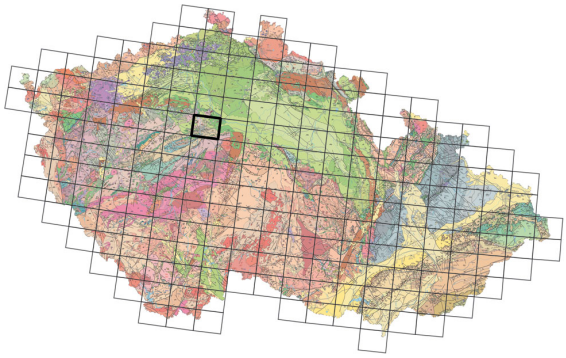
Distribuce arzenu v půdách hlavního města Prahy doplněná o hodnocení zdravotních rizik ve vybraných mateřských školkách

Arsenic in urban soils of Prague, Czech Republic: assessing exposure and risk to human health

Michal Poňavič [1, 2] – Magdalena Zimová [2, 3] – Zdeňka Wittlingerová [2] – Tereza Jandová [1] – Ilja Knésl [1] – Karel Dušek [1]

[1] Česká geologická služba, Geologická 6, 152 00 Praha 5; michal.ponavic@geology.cz
[2] Fakulta životního prostředí, Česká zemědělská univerzita Praha, Kamýcká 129, 165 21 Praha 6
[3] Státní zdravotní ústav, Šrobárova 48, 100 42 Praha 10

Key words: *Prague, urban soil, risk element, heavy metals*



(12-24 Praha)

Summary: Aim of this work was not only the research of surface distribution of arsenic in topsoils of the central part of the capital of the Czech Republic – Prague, but also evaluation of the consequent health risks.

This research is a part of one of the main topics being currently investigated by the associaton of European geological surveys – EuroGeoSurveys – EGS, which formed a geochemistry expert group to focus on the issue (Urban Geochemistry Project – URGE). The objective of the URGE project is detailed study of level of soil pollution by hazardous trace elements in large European cities and evaluation of the associated health risks.

Contents (medians) of As in the studied samples of Prague topsoils significantly (even by order multiples) exceed the average concentrations of this element in the lithosphere.

The calculations have confirmed that the level of the As exposure with carcinogenic properties has been exceeded, particularly for the population of children. The calculations have not determined increased health risks in terms of non-carcinogenic effects (HI) of As for children in any of the studied exposure pathways at any of the monitored sites. In the evaluation of the cancer risks (ILCR) of the total exposure to carcinogenic As, a risk greater than 1×10^{-6} was found at 4 monitored sites at which even the As limit concentration in the soil had been exceeded.

A risk higher than 1×10^{-6} was found at all sites. When the risk of the total exposure to the carcinogenic As within the framework of the whole country is evaluated, the acceptable level of risk 1×10^{-6} is exceeded in 99 % of the population of children.

Práce souvisí s celoevropským projektem „Urban Geochemistry“ (URGE), kterým se v současnosti zabývá Expertní skupina geochemie sdružení státních geologických služeb EuroGeoSurveys (EGS). Základním cílem projektu URGE je detailní geochemické studium úrovně znečištění půdního prostředí velkých evropských měst rizikovými stopovými prvky a zhodnocení z toho vyplývajících zdravotních rizik. Provedené hodnocení zdravotních rizik navazuje na úvodní etapy I a II úkolu geologických prací „Geochemické mapování evropských velkoměst – Praha etapa I-IV“, řešeného v České geologické službě (ČGS) v letech 2010–2015.

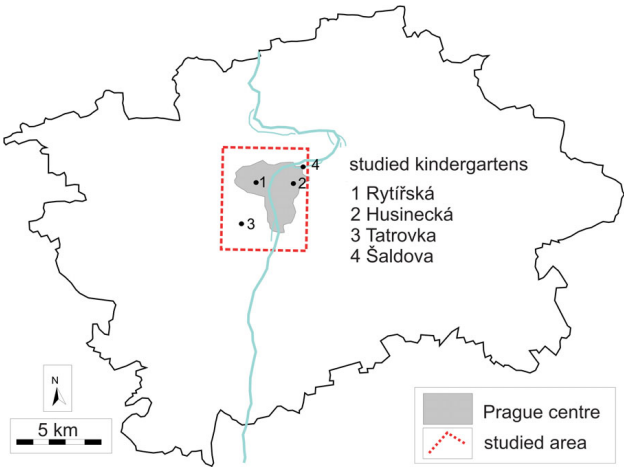
V rámci I. etapy prací bylo na území hl. m. Prahy odebráno a zpracováno (sušením, sítováním, kvartací) 500 půdních vzorků, ve II. etapě bylo provedeno stanovení vybraných stopových prvků a těžkých kovů, viz Poňavič et al. (2013). Jednotná metodika odběrů a následného zpracování půdních vzorků je detailně popsána ve výroční zprávě EGS (EGS 2011). Pro stanovení vybraných stopových prvků byla pro všechny řešitele projektu URGE zvolena jediná centrální laboratoř (AcmeLabs) a laboratorní protokol (Ultratrace Aqua Regia–ICP MS).

Zdravotní rizika v jednotlivých evropských velkoměstech hodnotí vždy příslušná státní zdravotní organizace, v České republice Státní zdravotní ústav (SZÚ). Cílem hodnocení zdravotních rizik je získání podrobnější informace o možném nepříznivém vlivu expozice rizikových stopových prvků a těžkých kovů z kontaminované půdy na zdraví obyvatel.

Postup prací

V této práci jsme se zaměřili na zhodnocení zdravotních rizik dětské populace z expozice arzenu (As) při náhodném požití a dermální expozici z kontaminované půdy v mateřských školách v centrální části hl. m. Prahy (viz obr. 1). Hodnocení zdravotních rizik navazuje na již provedené práce ČGS (Poňavič et al. 2013) a studie Státního zdravotního ústavu, např. Zimová et al. (2001, 2007). Předmětem

DOI 10.3140/zpravy.geol.2016.03



Obr. 1. Zájmové území.
Fig. 1. The studied area.

Tabulka 1. Základní statistické parametry As v pražských půdách (podle Poňaviče et al. 2013)
Table 1. The basic statistical parameters of aqua regia extractable As in studied soils (after Poňavič et al. 2013)

Statistical parameter	As (mg/kg)
N	120
Minimum	8.1
10th percentile	10.8
25th percentile	12.7
Median	15.95
75th percentile	19.7
90th percentile	23.4
Maximum	35.6

studia byly školky v centrální části hl. m. Prahy, se kterými SZÚ dlouhodobě spolupracuje (Zimová et al. 2001).

Jedním z důležitých zdrojů As v prostředí hl. m. Prahy je prach a popílek ze spalování hnědého uhlí v Severočeské hnědouhelné pánvi (Pešek et al. 2005). Částice prachu se vznášejí v ovzduší a usazují v místech, odkud nejsou odstraňovány deštěm nebo pravidelným čištěním. Takovým prostředím jsou např. městské půdy. Tento mechanismus víceméně celoplošně postihuje veškeré pražské půdy (Poňavič et al. 2013). Vlastní odběry půd na hřištích jednotlivých mateřských škol nebyly provedeny. Vycházeli jsme z údajů získaných v rámci již zmíněných projektů ČGS – množství As bylo vypočteno interpolací z údajů zjištěných na nejbližších souvisejících odběrových bodech. Podkladem byla mapa distribuce As v centrální části Prahy (Poňavič et al. 2013), sestavená v prostředí ArcGIS.

Kromě arzenu byla ve studiích ČGS věnována pozornost dalším těžkým kovům a rizikovým stopovým prvkům. Tyto údaje umožňují, při komplexním posouzení, uvažovat o případných zdrojích jednotlivých prvků, nebo jejich skupin.

Toxické účinky As jsou všeobecně známy a projevují se postižením kůže, neurologického, vaskulárního, zažívacího systému a poruchami krvetvorby. Podle klasifikace International Agency for Research on Cancer (IARC) i US Environmental Protection Agency (EPA) je As prokázaným karcinogenem pro člověka (EPA 2005). Po expozicích As formou vdechování prachu je riziko vzniku karcinomu plic. Požitím kontaminované půdy a prachu mohou vznikat nádory dalších vnitřních orgánů (jater, ledvin a močového měchýře), při dermálním kontaktu může být zvýšená incidence kožních nádorů (Bencko et al. 1995).

Metodika prací

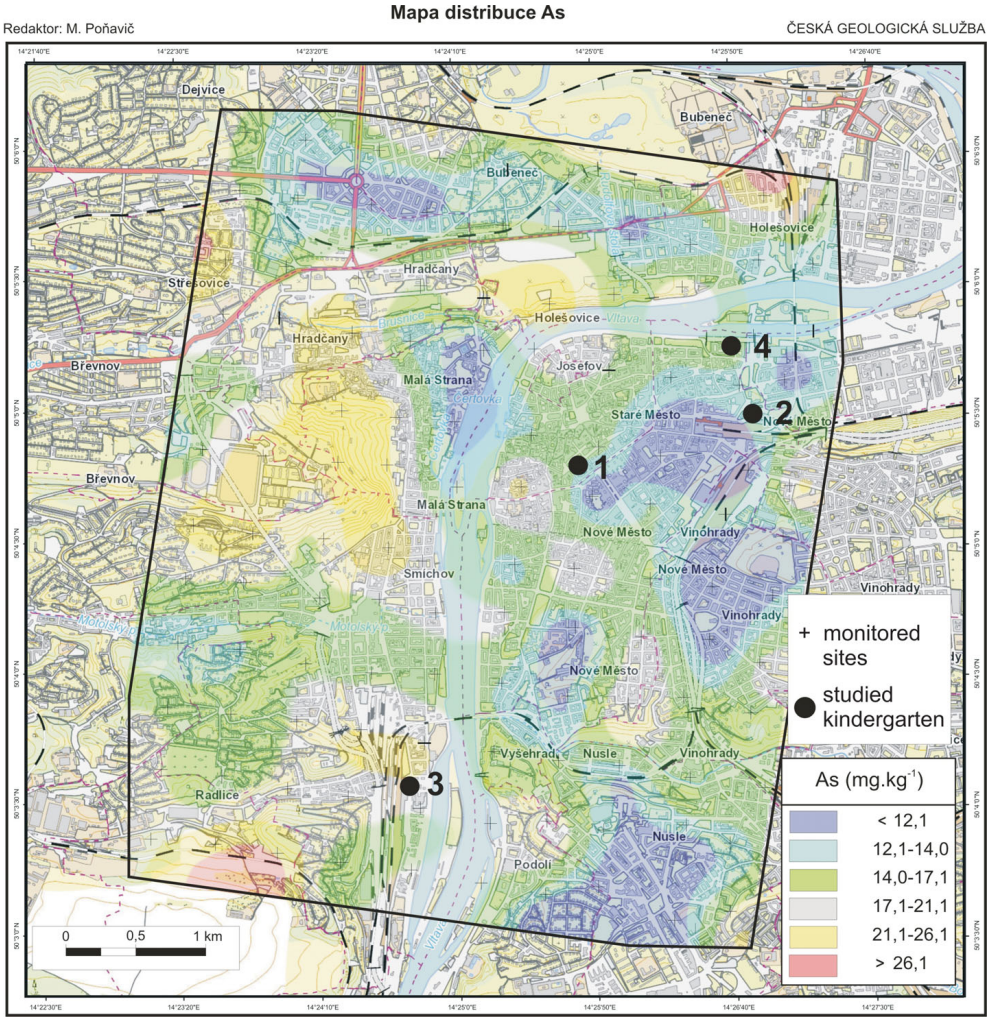
Metodika odběru půdních vzorků, jejich následného zpracování a stanovení vybraných stopových prvků, včetně popisu studovaného území (viz obr. 1), již byla detailně popsána v předešlých příspěvcích, např. Poňaviče et al. (2013).

Pro účel hodnocení zdravotních rizik expozice arzenu v půdách městských aglomerací je zvolen rezidenční expoziční scénář podle metodik EPA (2005). V něm je zvažována expozice dětí, které navštěvují danou mateřskou školu v konkrétním místě. Za cesty vstupu arzenu do lidského organismu byly v rámci zvoleného expozičního scénáře považovány ingesce půdy a půdního prachu a dermální kontakt s půdou. Hodnocení zdravotních rizik je prováděno dvěma metodami – klasickou deterministickou metodou a pravděpodobnostní metodou, která k hodnocení používá zvolené distribuční funkce jednotlivých parametrů. Deterministický způsob hodnocení rizik používá k výpočtům maximalistické hodnoty a výsledkem je tak nadhodnocený odhad rizik, což souhlasí s obecnou kritikou přílišného konzervatismu tohoto přístupu. Metodika hodnocení zdravotních rizik z metodik EPA (2009) a hodnocení expozice navazuje na studie SZÚ (Zimová 2007). Referenční hodnotou u látek s bezprahovým účinkem je *faktor směrnice rakovinového rizika* (Cancer Slope Factor – CSF), odvozený extrapolací z prokázaného vztahu dávky a účinku při vysoké expozici do oblasti nízkých expozic reálných v životním prostředí a vyjadřující předpokládanou míru karcinogenního potenciálu dané látky. Je vyjádřena jako riziko na jednotku koncentrace As v půdě, která přichází do kontaktu s člověkem. Hodnoty CSF byly pro As stanoveny na 1,5 $mg.kg^{-1}.den^{-1}$ pro ingesci a 3,66 $mg.kg^{-1}.den^{-1}$ pro inhalaci (EPA 2005). Vstupní koncentrace arzenu v půdách hřišť mateřských škol jsou uvedeny v tab. 2.

V případě bezprahového karcinogenního účinku je míra rizika vyjádřena jako celoživotní vzestup pravděpodobnosti vzniku nádorového onemocnění (Individual Lifetime Cancer Risk – ILCR) u jedince z exponované populace, tedy teoretický počet statisticky předpokládaných případů nádorového onemocnění na počet exponovaných osob. Výsledky výpočtu uvádí tab. 2.

ILCR je definováno jako CDIc × CSF,

kde CDIc je tzv. *průměrná denní dávka karcinogenní* (Chronic Daily Intake cancer). CDIc je určena vztahem:



Obr. 2. Distribuce As v centrální části Prahy, s vyznačením sledovaných mateřských škol.
Fig. 2. The arsenic spatial distribution in topsoil in central part of Prague city, with depicted studied kindergartens. 1 – Rytířská, 2 – Husinecká, 3 – Tatrovka, 4 – Šaldova.

$$CDIc = (CS \times FI \times EF/AT) \times (ED_c \times IR_c/BW_c) + (ED_a \times \times IR_a/BW_a),$$

kde

CS	koncentrace As v půdě (mg.kg^{-1})
FI	podíl konzumace (bezrozměrný)
EF	roční expozice (210 dní/rok)
AT	průměrný čas pro karcinogenní látky (365 dní/rok)
$ED_{a,\,c}$	trvání expozice dětí, dospělých
$IR_{a,\,c}$	nezáměrná konzumace půdy – děti (0,2 g/den), dospělí (0,1 g/den)
$BW_{a,\,c}$	tělesná hmotnost děti (15 kg), dospělí (70 kg).

Závěry

Celkový obsah arzenu v pražských půdách se pohybuje v rozmezí 8,1–35,6 mg/kg, medián obsahu je 15,95 mg/kg As (viz tab. 1). Obsahy arzenu v půdách hřišť vybraných mateřských škol se pohybují v rozmezí 13–17 mg/kg.

Z hlediska plošné distribuce byly nejvýznamnější obsahy arzenu nalezeny v jihozápadní a severovýchodní části studovaného území (obr. 2). Tato území jsou specifická opuštěnými průmyslovými komplexy, popř. v současné době již průmyslově nevyužívanými pozemky (Brownfields). Oproti tomu ve střední části území, kde jsou převážně čtvrti určené k bydlení, veřejná prostranství a městská zeleň, jsou obsahy As nepatrně nižší. Lokálně zaznamenáváme zvýšené obsahy As v okolí vytížených dopravních komunikací významných dopravních uzlů (více než 10 000 automobilů za den).

Tabulka 2. Množství As ve sledovaných mateřských školách (údaje získané interpolací dat uváděných Poňavičem et al. 2013)
Table 2. The amounts of As in studied kindergartens (data were obtained by interpolation of results referenced in Poňavič et al. 2013)

Kindergarten	As (mg/kg)	ILCR
Rytířská	15	1×10^{-6}
Husinecká	13	1×10^{-6}
Tatrovka	17	1×10^{-6}
Šaldova	15	1×10^{-6}

Karcinogenní riziko ILCR bylo vypočteno ve výši 1×10^{-6} (tzn. jeden případ onemocnění na milion exponovaných osob), což je hodnota považovaná na území EU a USA za přijatelné riziko (Provazník et al. 2000, EPA 2009).

Tyto výsledky představují víceméně teoretické výpočty hodnocení zdravotního rizika. Bude užitečné zabývat se na

konkrétních vzorcích půd odebraných z hřišť mateřských škol problematikou arzenu mnohem detailněji. Pro vyloučení toxických účinků na dětský organismus bude nutné určit jeho vazbu na jednotlivé minerální fáze, jeho biologickou dostupnost apod.

Poděkování. Děkujeme vedení České geologické služby za všestrannou pomoc při aktivní účasti ČGS na řešení mezinárodního projektu URGE a také za podporu činnosti Expertní skupiny geochemie při EuroGeoSurvey. Autoři děkují Ing. Miloslavu Ďurišovi, CSc., za cenné konzultace a recenzentům za podnětné připomínky.

Literatura

EGS (2011): EuroGeoSurveys 2010 Annual Report. – Available at http://www.eurogeosurveys.org/wp-content/uploads/2013/01/EuroGeoSurveys-Annual-Report-2010.pdf (Accessed on 28 September 2014).

EPA (2005): Risk-Based Concentration Table (2005) http://www.epa.gov.

EPA (2009): Risk Assesment Quidance for Superfund.Volume I. Humen Health Evalution (2009) http://www.epa.gov.

PEŠEK, J. – BENCKO, V. – SÝKOROVÁ, I. – VAŠÍČEK, M. – MICHNA, O. – MARTÍNEK, K. (2005): Some trace elements in coal of the Czech Republic, environment and health protection implications. – Cent. Eur. J. Public Health 13 (3), 153–158.

POŇAVIČ, M. – BUDA, J. – KNÉSL, I. – ĎURIŠ, M. – DUŠEK, K. (2013): Pedogeochemické mapování Prahy v rámci projektu URGE. – Zpr. geol. Výzk. v Roce 2012, 220–223.

PROVAZNÍK, K. – CIKRT, M. – KOMÁREK, L. (2000): Manuál prevence v lékařské praxi VIII: Základy hodnocení zdravotních rizik. – Fortuna, Praha.

ZIMOVÁ, M. – ĎURIŠ, M. – ČURDOVÁ, E. – MELICHERČÍK, J. (2001): Health risk of urban soils contaminated by heavy metals. – Int. J. Occup. Med. Env. Health 14, N3.

ZIMOVÁ, M. – MELICHERČÍK, J. – BÍBROVÁ, Z. – PODOLSKÁ, Z. – VEDRALOVÁ, E. – JEŽOVÁ, M. (2007): Zdravotní rizika kontaminace půdy městských aglomerací. Odborná zpráva za rok 2006. Systém monitorování zdravotního stavu obyvatelstva ve vztahu k životnímu prostředí. – St. zdrav. úst. Praha.