Hodnocení zdravotních rizik při využívání odpadu

MUDr. M. Zimová, CSc.

NRL pro hygienu půdy a odpadů

mzimova@szu.cz

SP/2f3/118/08 v roce 2010

Výzkum skutečných vlastností odpadů považovaných za vhodný zdroj nestandardních surovin (zejména vedlejších energetických produktů) ve smyslu současných právních požadavků na ochranu zdraví lidí, životní prostředí a vyhodnocení získaných informací pro stanovení bezpečných postupů a požadavků pro jejich používání

AUTODOPRAVA
RYS

Možná rizika

- Znečištění životního prostředí a následně zdraví při aplikaci VEP bez stanovení ekologických a zdravotních kriterii může představovat významný problém v ochraně životního prostředí a veřejného zdraví.

- Stávající evropské předpisy obsahují obecné povinnosti původců odpadů na snížení zdravotního rizika a to jak z hlediska ochrany veřejného zdraví, tak i z hlediska ochrany zdraví při práci.

Hodnocení rizik

Identifikace toxických prvků ve VEP je prvním krokem pro jakékoliv další hodnocení zdravotních a ekologických rizik:

Státní zdravotní ústav požádal o informace týkající se výskytu toxických prvků ve VEP společnost ČEZ Energetické produkty s r.o.

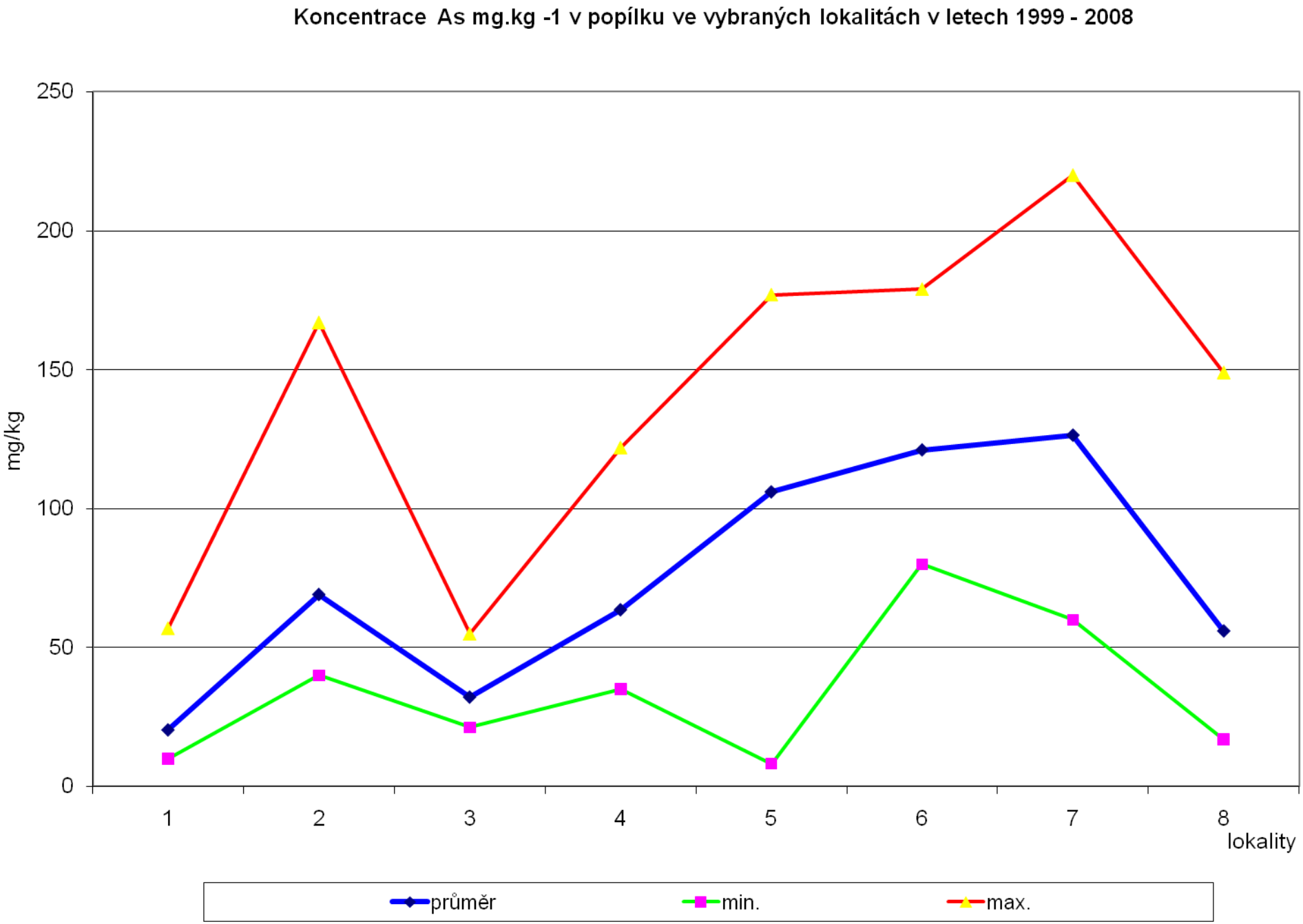
Ze strany společnosti nám byla předána data o vybraných prvcích v popílku z osmi lokalit – elektráren, které provozuje ČEZ 1999 - 2008

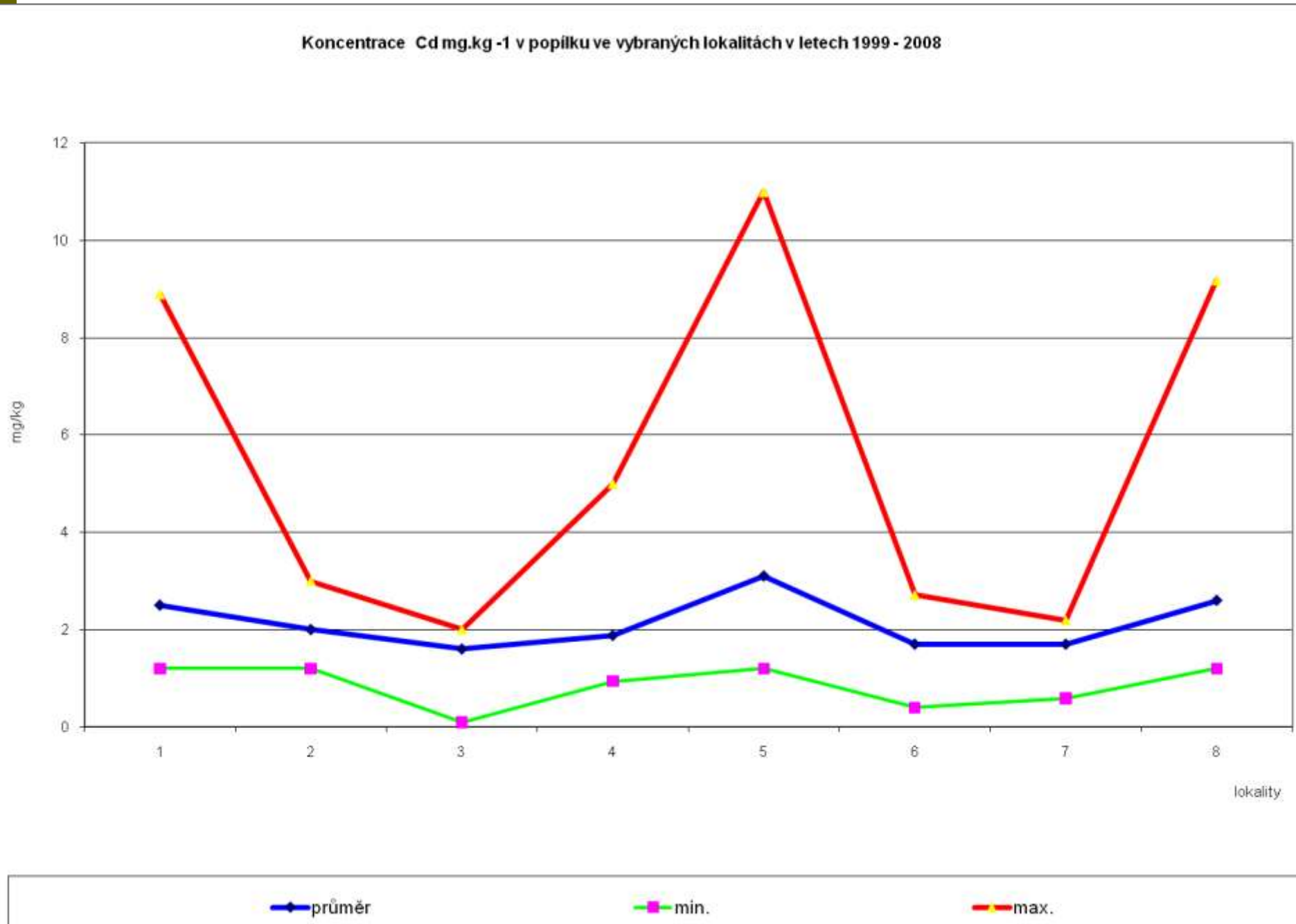
Orientační hodnocení zdravotního rizika

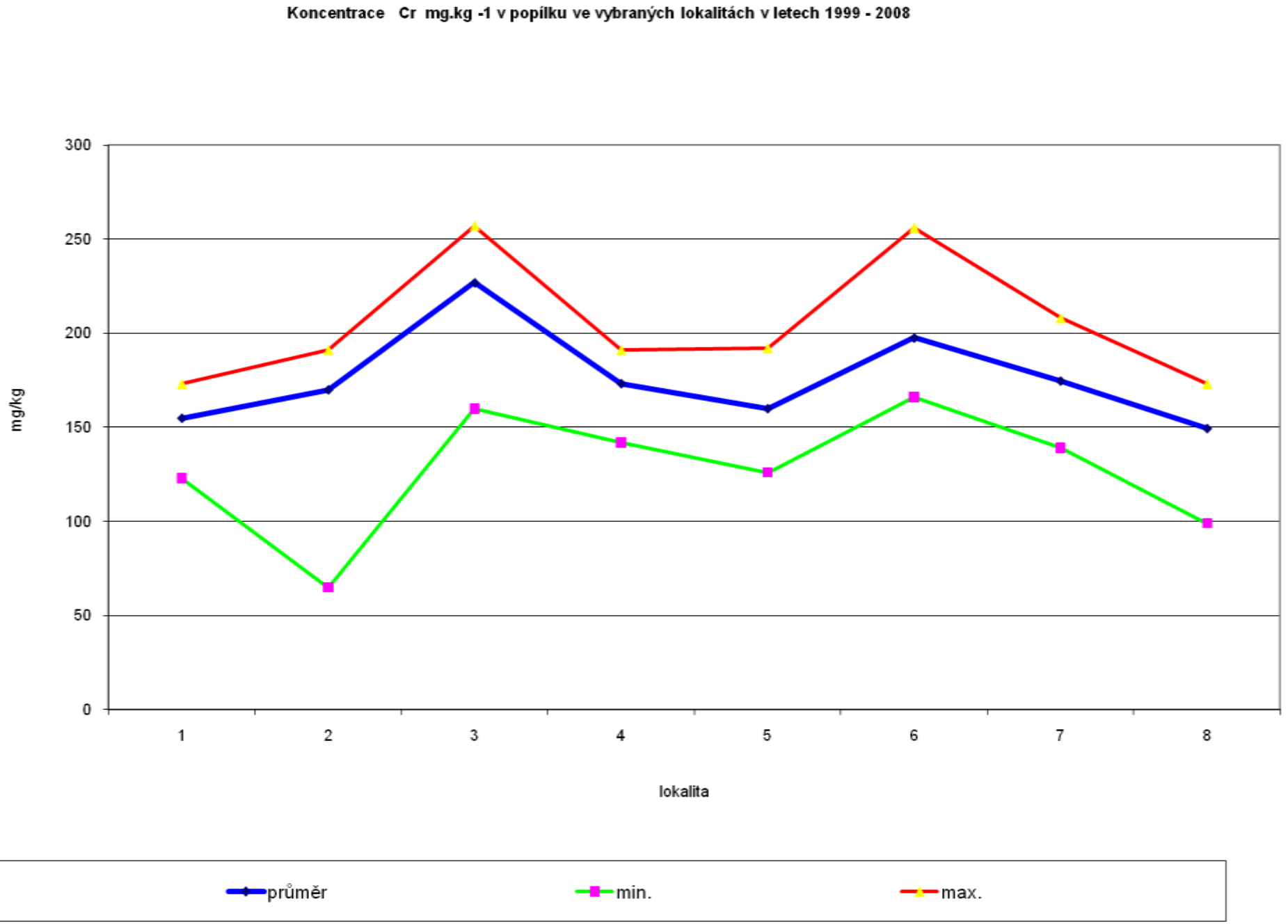
Koncentrace jednotlivých prvků v popílku (v $mg.kg^{-1}$) byly porovnány s limitními hodnotami dle *RBC Table Region III, US EPA.*[1]

Index navýšení kontaminace :

I = naměřená koncentrace kovu v popílku ($mg.kg^{-1}$) / limitní riziková hodnota podle US EPA ($mg.kg^{-1}$)[1]


Koncentrace As mg.kg -1 v popílku ve vybraných lokalitách v letech 1999 - 2008
250
200
150
100
50
0
mg/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
lokality
průměr
min.
max.


Koncentrace Cd mg.kg -1 v popílku ve vybraných lokalitách v letech 1999 - 2008
12
10
8
6
4
2
0
mg/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
lokality
průměr
min.
max.


Koncentrace Cr mg.kg -1 v popílku ve vybraných lokalitách v letech 1999 - 2008
300
250
200
150
100
50
0
mg/kg
1
2
3
4
5
6
7
8
lokalita
průměr
min.
max.

Hodnocení zdravotních rizik

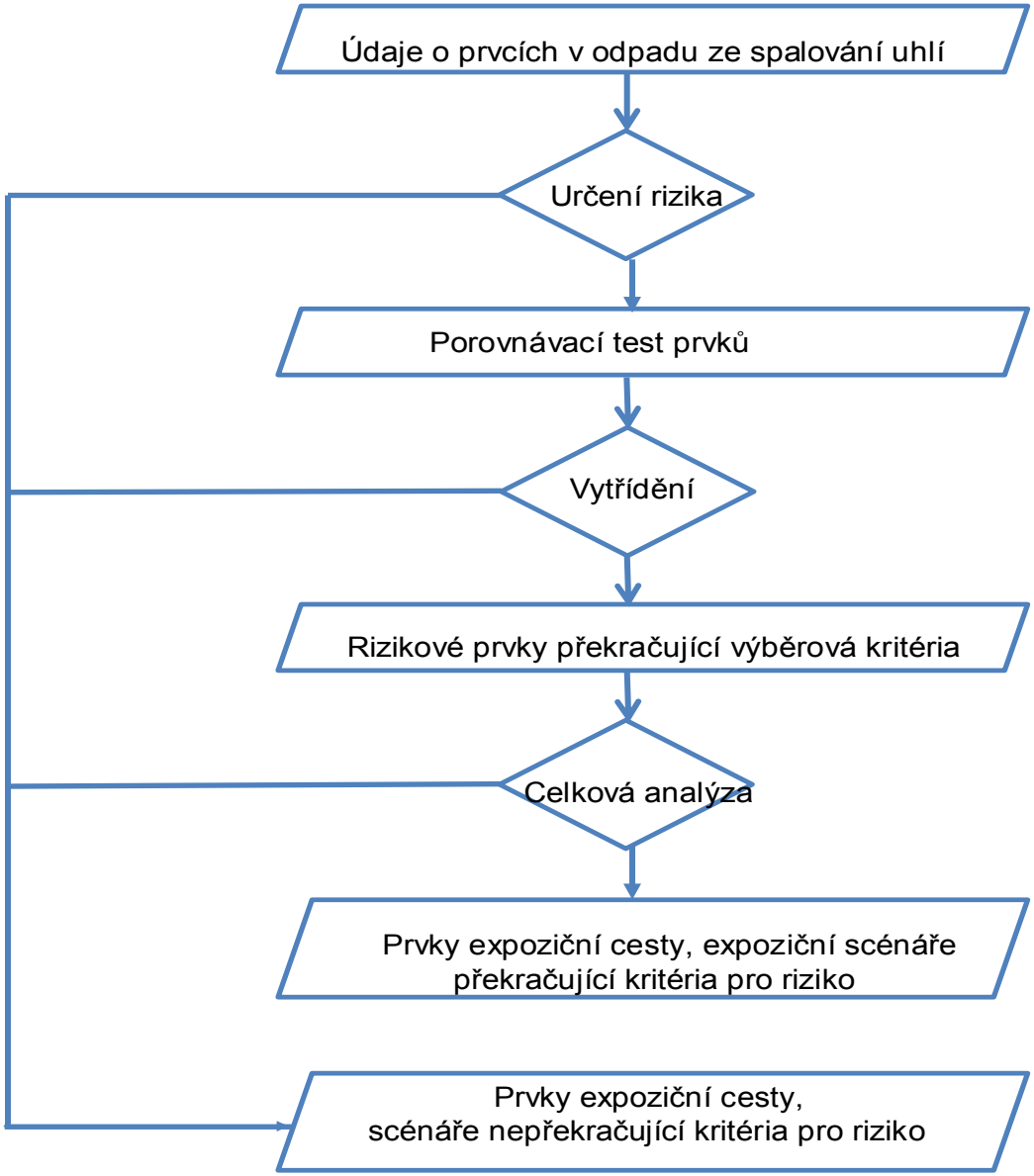
- Cílem hodnocení zdravotních rizik bylo zaměřit odhad rizika na identifikaci a posouzení vlivu na lidského zdraví a na ekologická rizika, která mohou být spojená s nakládáním VEP v České republice.
- Účelem hodnocení rizik bylo identifikovat potenciální rizika související s chemickými prvky v odpadu ze spalování uhlí, druhy odpadu, příjemci rizika a expozičními cestami, a poskytnout informaci o takových expozičních scénářích, které by mohly být rozpracovány pro nakládání s odpady.
- Odhady rizika se staly zdrojem informací pro návrhy pro změnu rozhodování jak nakládat s odpady po spalování z uhlí a tím doplnit informace o potencionálním riziku VEP podle jejich skutečných vlastnostech.

Zdroje dat

- Naměřené hodnoty sledovaných chemických prvků obsažených ve VEP v sušině a z výluhu odpadu pro výpočet rizik pocházely z následujících zájmových lokalit:
-
- Sokolovská uhelná
- Mostecká uhelná
- Severočeské doly
- OKD

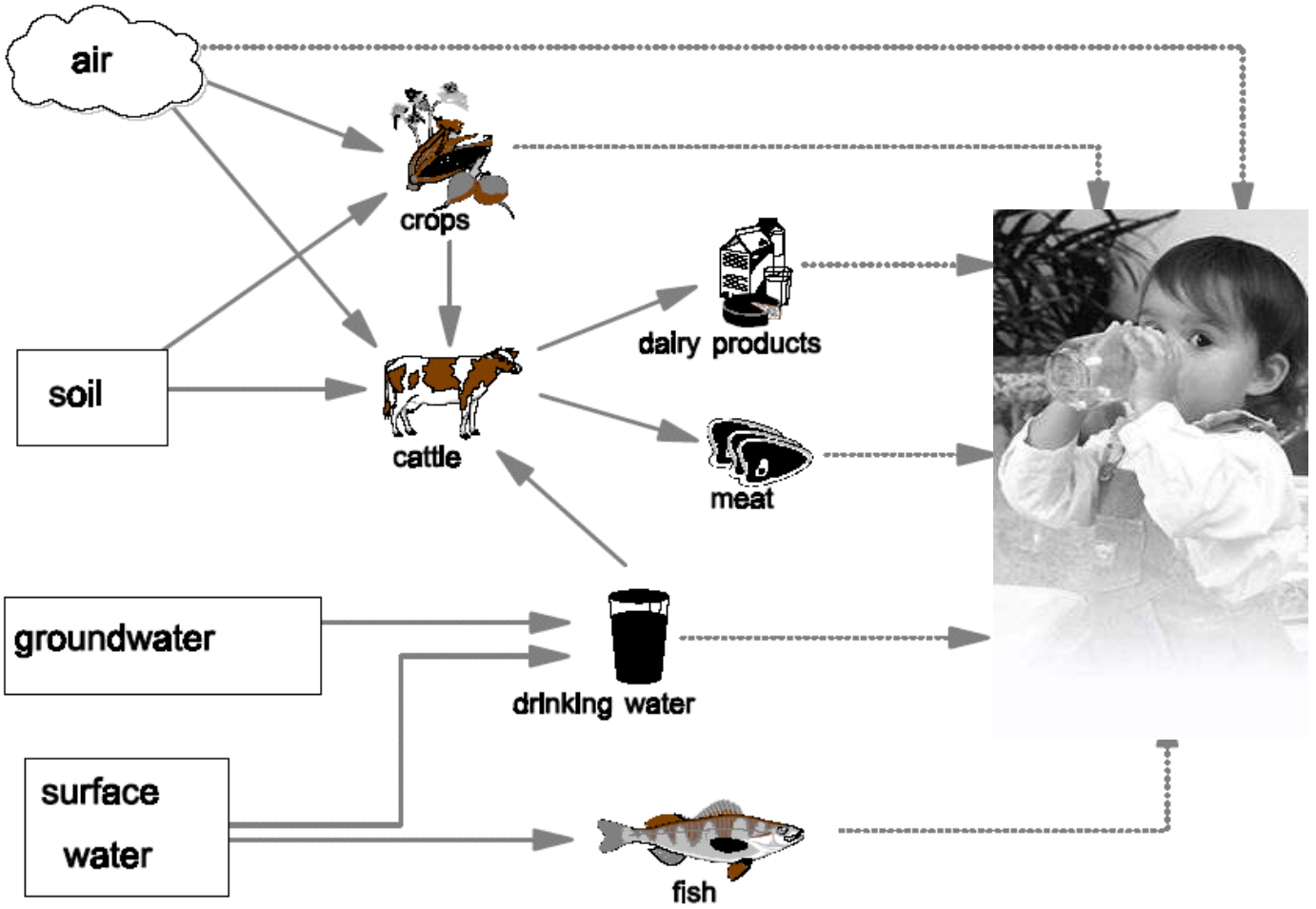
Metoda hodnocení zdravotních rizik

- Pro hodnocení zdravotních rizik byla použita metoda deterministická i metoda pravděpodobnostní -metoda Monte Carlo verze 11
- Identifikace **rizik**, která jsou reálná pro lidské zdraví a životní prostředí. Byla vypracována základní databáze, která zahrnuje analýzy rizika chemických prvků z výluhů z popílků a analýz všech odpadů pocházejících z úložišť odpadu ze 4 lokalit v ČR: Sokolovská uhelná, Mostecká uhelná, Středočeské doly, OKD.
- Po provedených srovnávacích testech u 14 chemických prvků obsažených v odpadech bylo identifikováno a vybráno 12 chemických prvků do celkového hodnocení zdravotních rizik bylo vybráno 12 z těchto chemických prvků.


Údaje o prvcích v odpadu ze spalování uhlí
Určení rizika
Porovnávací test prvků
Vytřídění
Rizikové prvky překračující výběrová kritéria
Celková analýza
Prvky expoziční cesty, expoziční scénáře překračující kritéria pro riziko
Prvky expoziční cesty, scénáře nepřekračující kritéria pro riziko

HODNOCENÍ EXPOZICE

- zaměřeno na obyvatele (děti a dospělé)



Příjemci zdravotního rizika

- Pracovníci nakládající s VEP na povrchových úložištích odpadu. U pracovníků je nejvýznamnější expozice těžkým kovům v popílku při nezáměrné konzumaci prachu a při dermálním kontaktu s prachem.
- Obyvatelé žijící v blízkosti nezabezpečených povrchových úložišť, u kterých bylo hodnoceno zdravotní riziko zvlášť pro děti a dospělé. Důležitá expoziční cesta pro obyvatele je prosakování výluhu z popílků do podzemní vody a do povrchové vody. Obyvatelé jsou exponováni kontaminovanou vodou ze studní (z podzemní vody) a z povrchových přírodních zdrojů vody. Nejpravděpodobnější reálný expoziční scénář je v tomto případě ingesce podzemní vody při pití vody ze studní, dermální expozice při koupání a sprchování kontaminovanou vodou ze studně a dermální kontakt při plavání v kontaminované povrchové vodě v přírodním recipientu.

reálné expoziční scénáře:

- Expoziční scénář: nezáměrná ingesce prachu - pracovníci
- Expoziční scénář: dermální kontakt s prachem - pracovníci

- Expoziční scénář: ingesce vody při pití vody- obyvatelé (děti a dospělí)
- Expoziční scénář: dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování obyvatelé (děti a dospělí)
- Expoziční scénář: dermální kontakt s vodou při plavání - obyvatelé (děti a dospělí)
- Expoziční scénář: náhodná ingesce vody při plavání - obyvatelé (děti a dospělí)

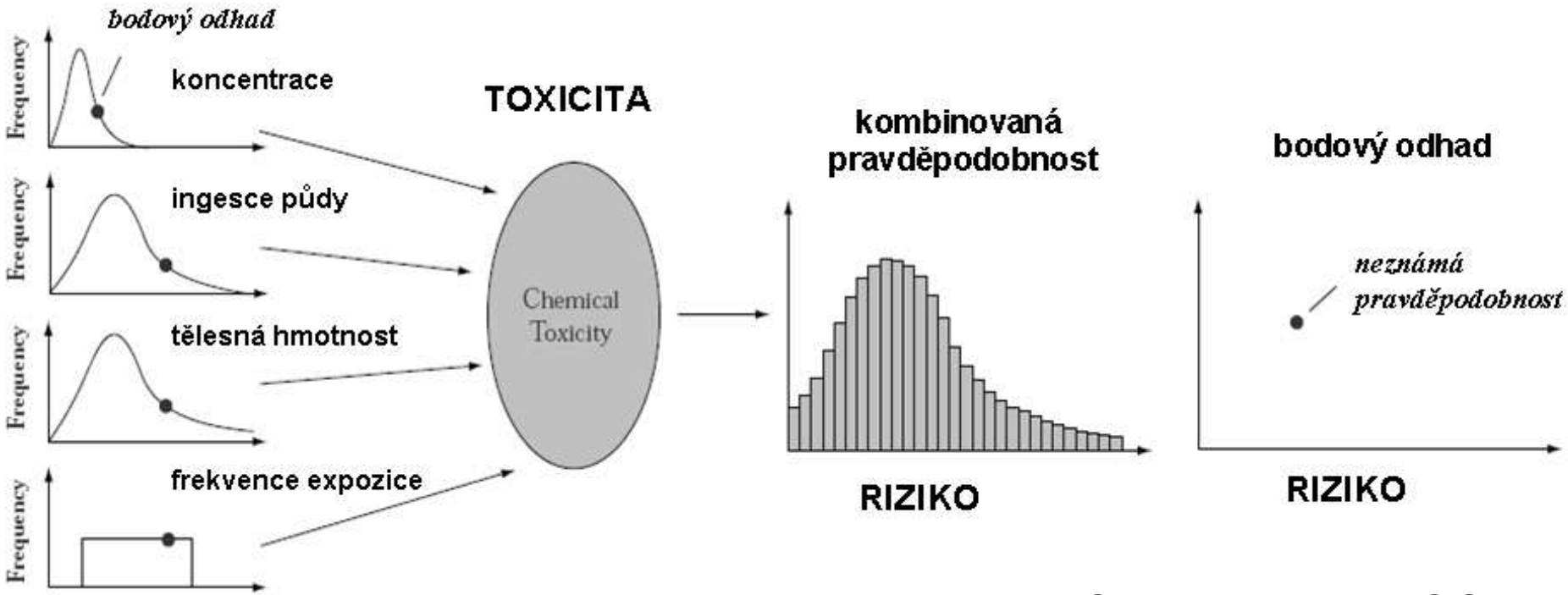
Reálné expoziční scénáře

Zdroj znečištění	Expoziční cesta	Typ expozice	Příjemce expozice	Exp. scénář
Popílek ze spalování uhlí	Kontam.venkovní povrch a půda	Překládání a zpracování	pracovníci	Ignesce prachu z odpadu
Popílek ze spalování uhlí	Kontam.venkovní povrch a půda	Překládání a zpracování	pracovníci	Derm. kontakt s odpadem
Výluh z popílku ze spalování uhlí	Podzemní voda	Mytí, pití vody	Obyvatelé	Ignesce podzem. vody
Výluh z popílku ze spalování uhlí	Podzemní voda	Mytí	Obyvatelé	Derm. kontakt s podzem. vodou
Výluh z popílku ze spalování uhlí	Povrchová voda	zalévání zahrad, koupání, plavání	Zahrádkáři, obyvatelé	Ignesce povrch. vody
Výluh z popílku ze spalování uhlí	Povrchová voda	zalévání zahrad, koupání, plavání	Zahrádkáři, obyvatelé	Derm. kontakt s povrch.vodou

Princip deterministického a pravděpodobnostního hodnocení zdravotních rizik

$$LADD_s = C_S \times \left[EF_s \times B_s \times \left(\frac{IR_s \times ED}{BW \times LT} \right) \right]$$

expozice ingescí



$$ILCR = LADD \times CSF$$

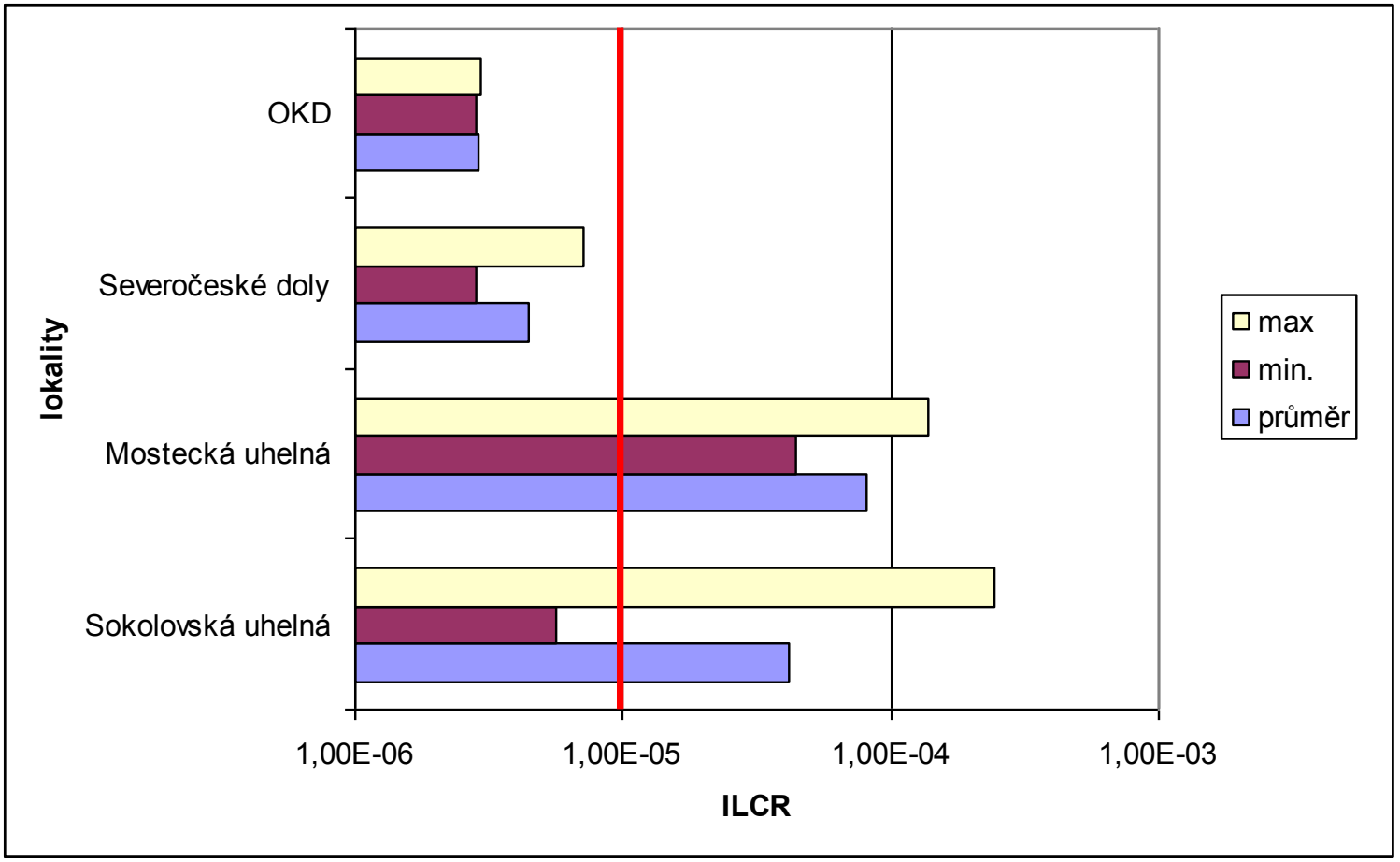
Použité RfD a CSF pro výpočet rizika

	RfD_o	RfD_d	CSF_o	CSF_d
Antimon	4,00E-04	8,00E-06	x	x
Arsen	3,00E-04	1,23E-04	1,50E+00	3,66E+00
Bor	9,00E-02	8,10E-02	x	x
Hliník	1,00E+00	1,00E-01	x	x
Chrom	3,00E-03	6,00E-05	x	x
Kadmium	5,00E-04	5,00E-06	x	x
Kobalt	2,00E-02	1,60E-02	x	x
Mangan	4,60E-02	1,84E-03	x	x
Molybdem	5,00E-03	1,90E-03	x	x
Nikl	2,00E-02	5,40E-03	x	x
Selen	5,00E-03	2,20E-03	x	x
Vanad	7,00E-03	7,00E-05	x	x

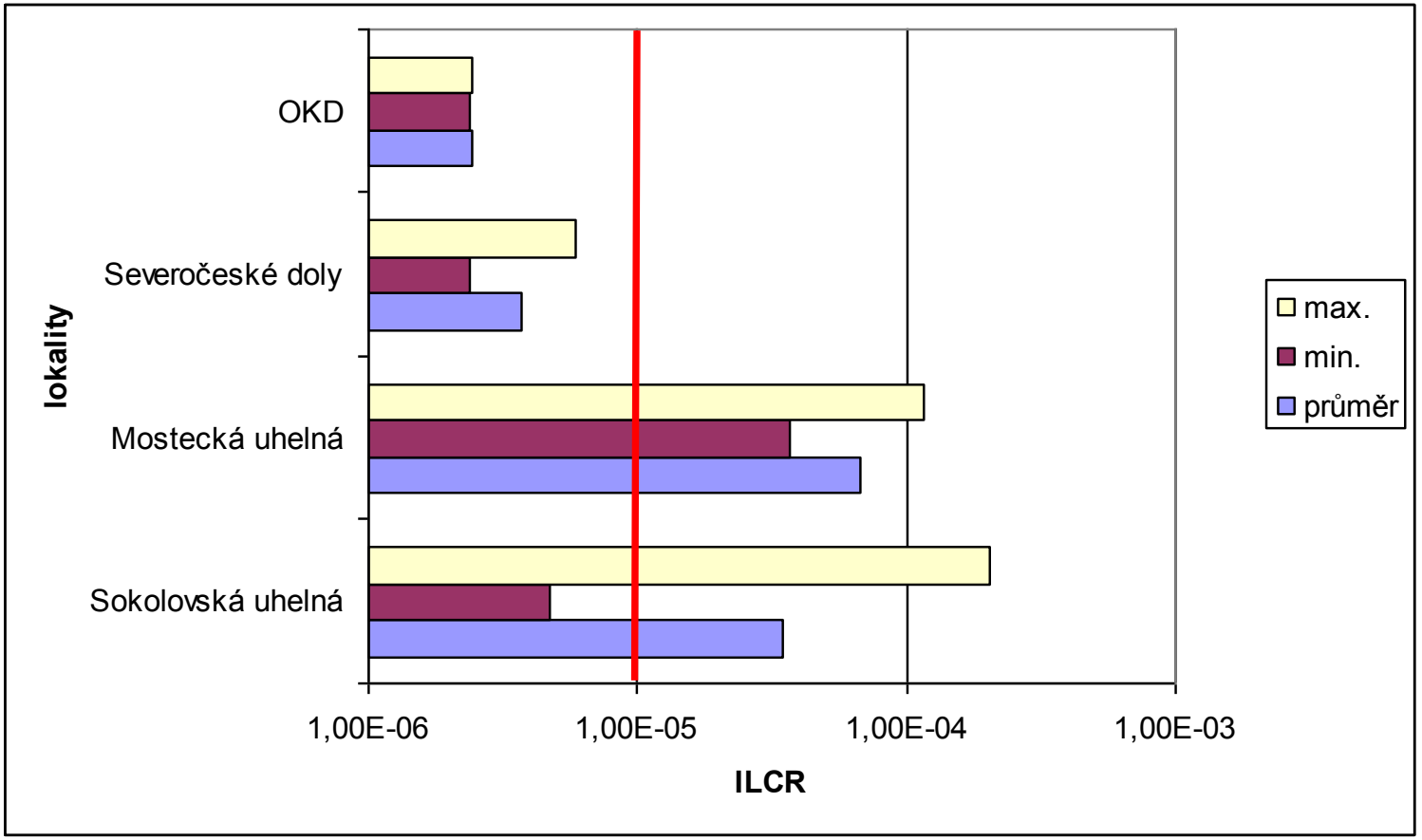
Míra hodnocení rizika

- Pro hodnocení individuálního celoživotního rizika rakoviny ze strany kontaminantů bylo použito limitní kriterium 1.10-5 (riziko, že onemocní jedna osoba ze 100 000) pro pitnou vodu
- Pro hodnocení celoživotního rizika rakoviny ze strany kontaminantů bylo použito limitní kriterium 1.10-6 (riziko, že onemocní jedna osoba ze 1 000 000) pro povrchovou vodu
- Pro hodnocení celoživotního rizika rakoviny ze strany kontaminantů bylo použito limitní kriterium 1.10-5 (riziko, že onemocní jedna osoba ze 100 000) pro pracovníky
- Pro hodnocení nekarcinogenního rizika byl použit kvocient nebezpečnosti (HQ), jehož limitní hodnota je 1. Je definovaný jako procento potenciální expozice chemickému prvku k nejvyšší úrovni expozice, kdy ještě nenastanou projevy toxických účinků.

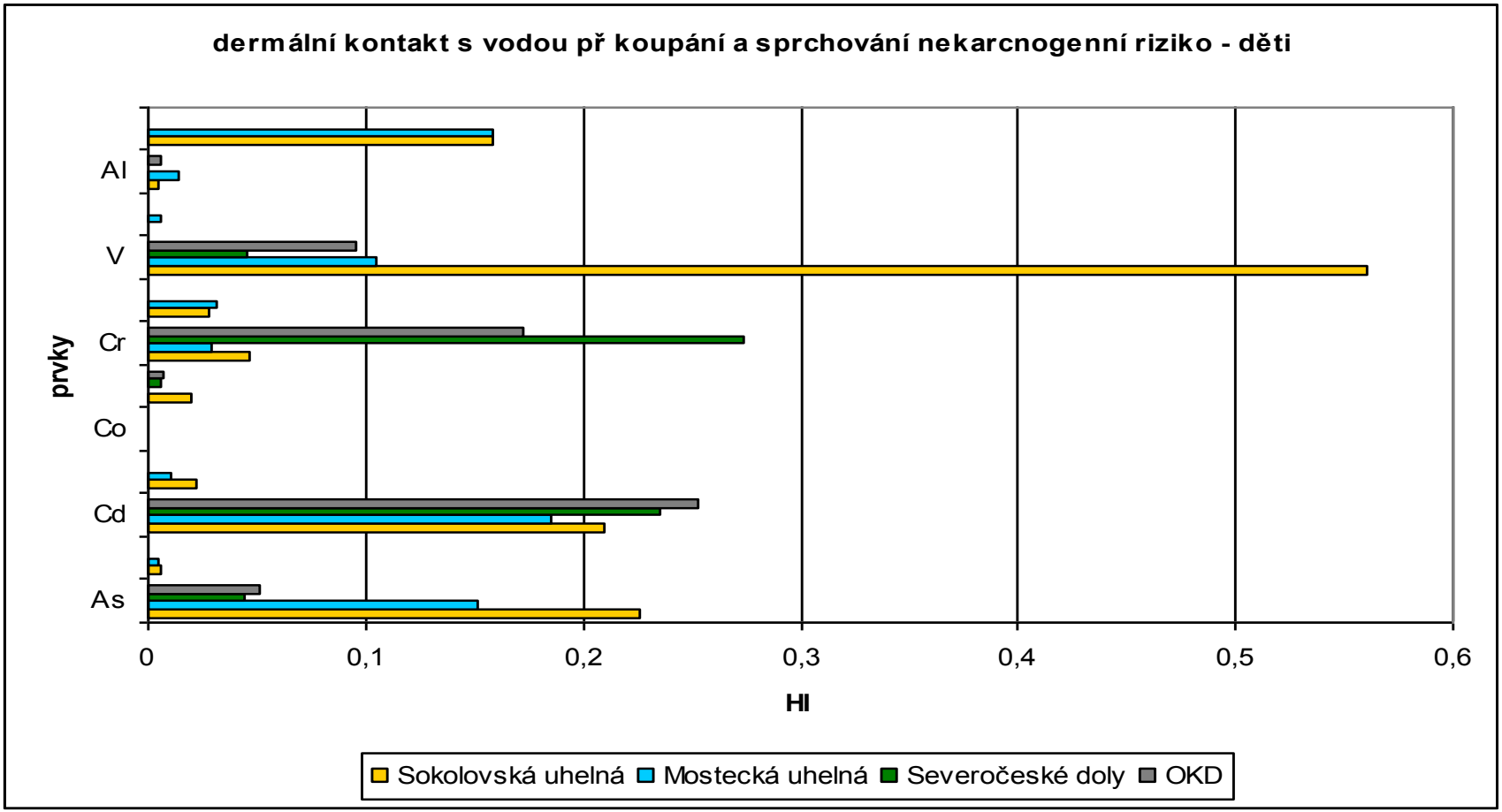
nezáměrná ingesce As, karcinogenní riziko - pracovníci



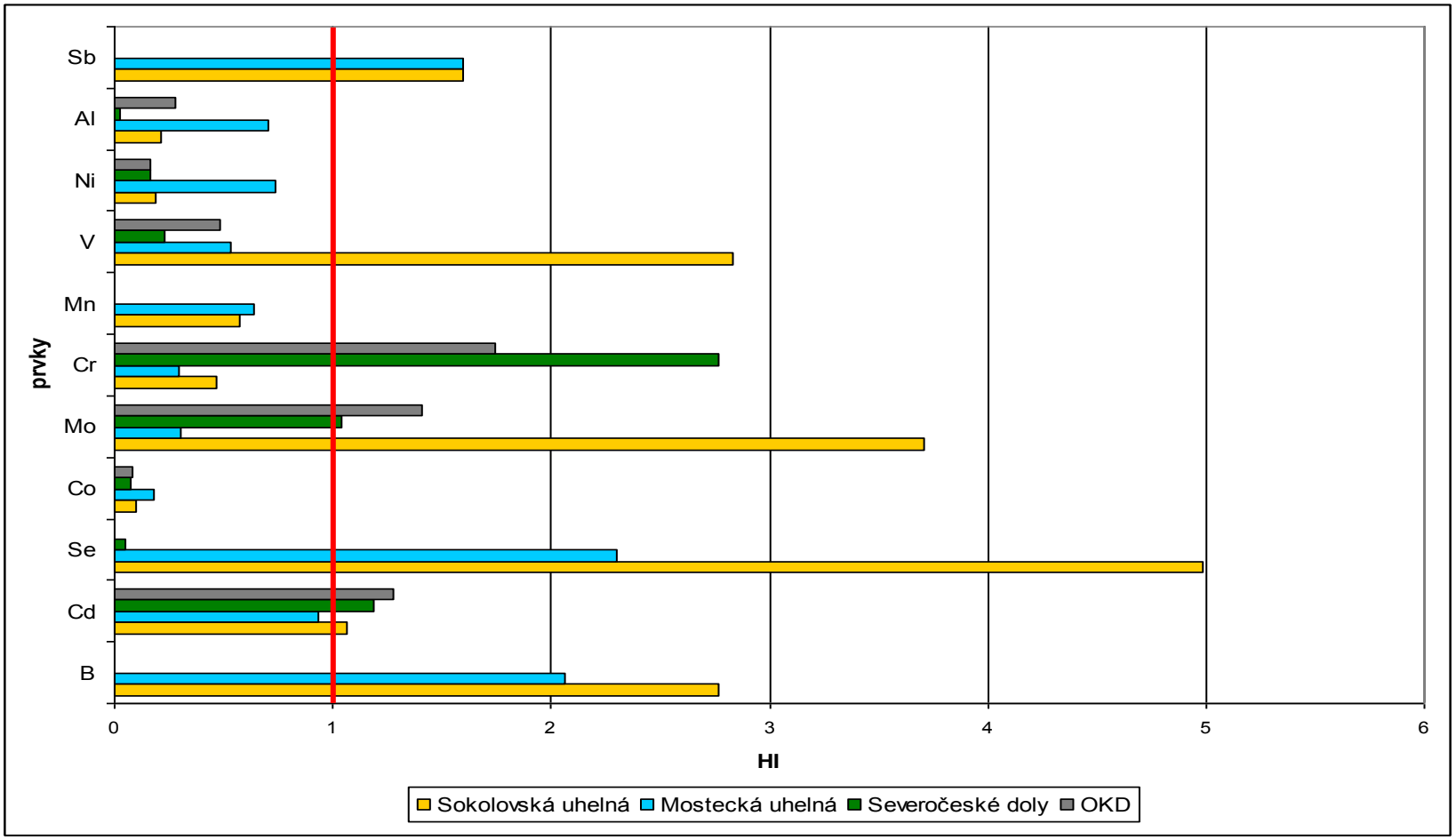
dermální kontakt As, karcinogenní riziko - pracovníci



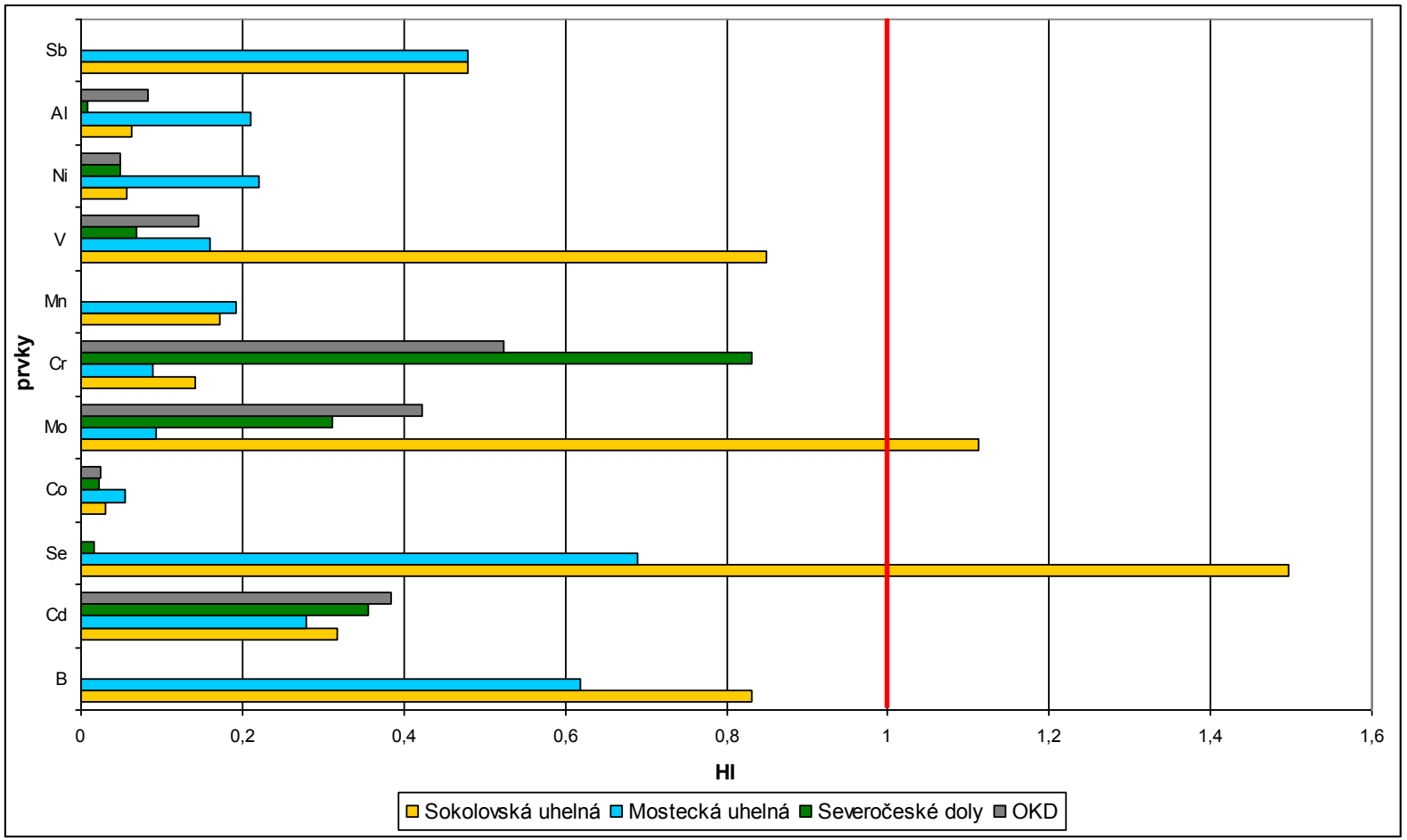
dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování - obyvatelé (děti)



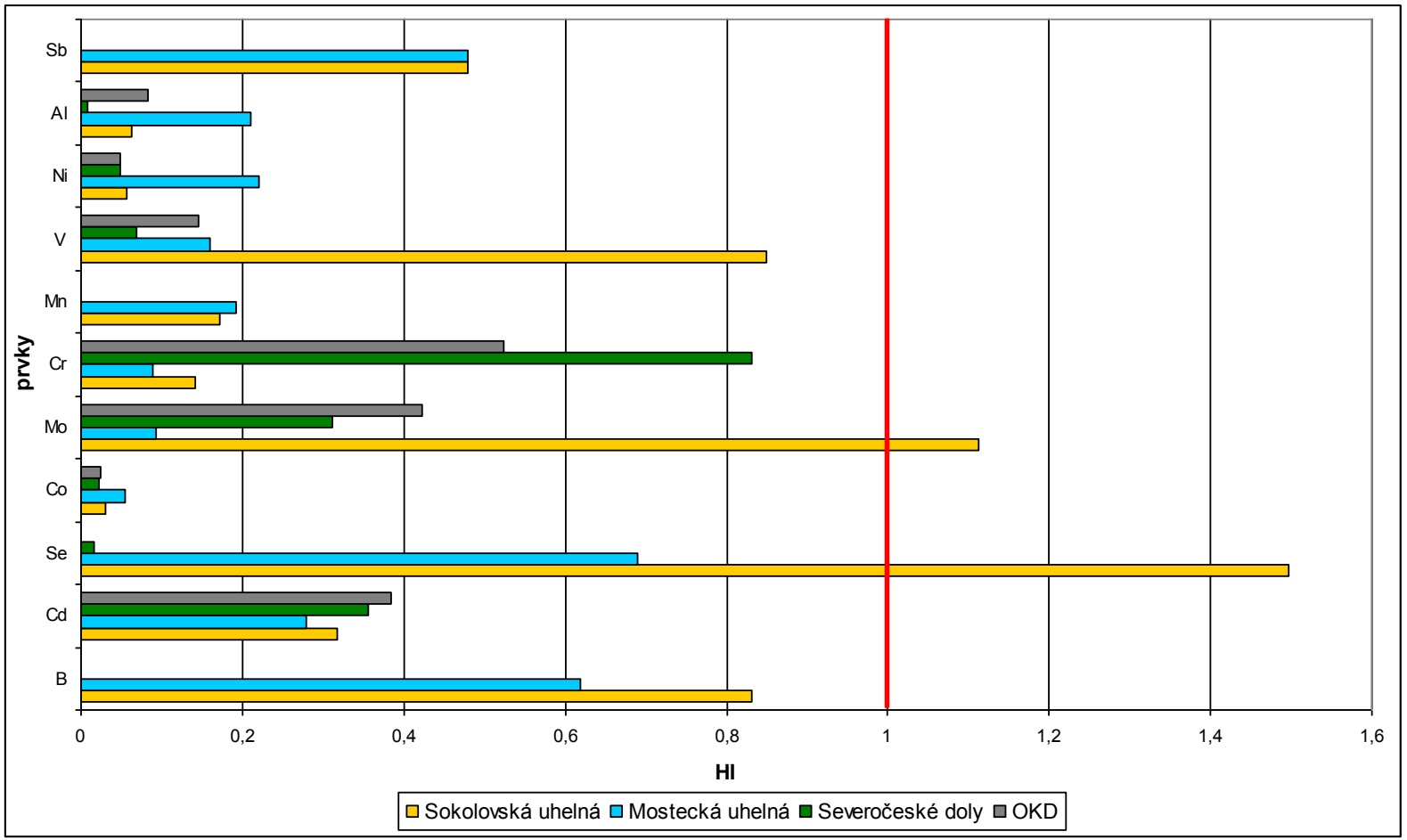
ingesce vody při pití - obyvatelé (děti)



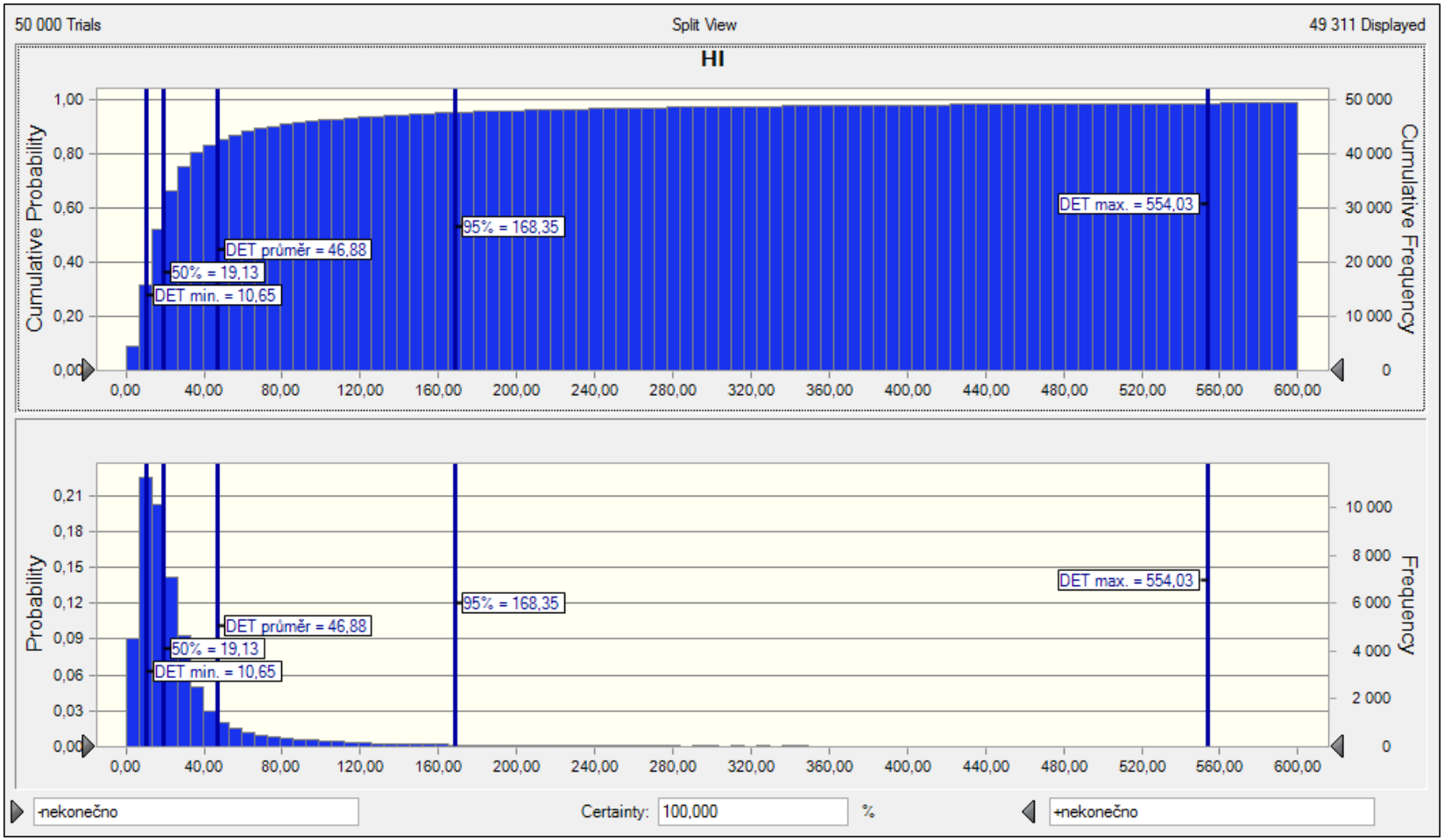
HI ingesce vody při pití, obyvatelé (dospělí)



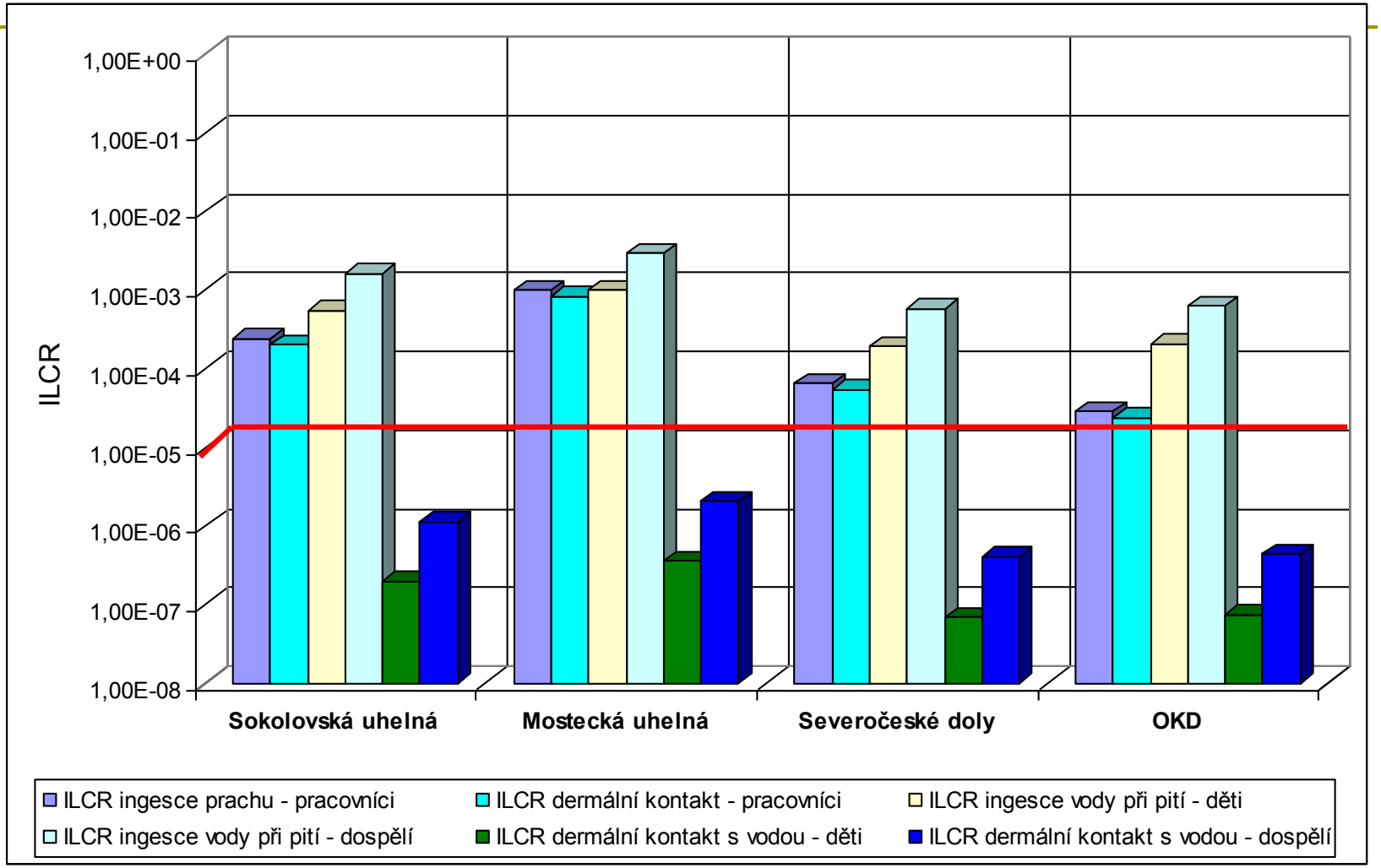
graf ingesce vody nekarcinogenní riziko As - obyvatelé (děti), pravděpodobnostní rozložení a bodové hodnoty



orální expozice As z pitné voda nekarcinogenní riziko – děti - pravděpodobnostní rozložení a bodové hodnoty



Zdravotní riziko Arsen



Vypočtené hodnoty pro jednotlivé chemické prvky při kterých nedochází k riziku

	limitní hodnota pro pitnou vodu (mg/l)	DET limitní hodnota pro pitnou vodu - děti (mg/l)	DET limitní hodnota pro pitnou vodu - dospělí (mg/l)	STAT limitní hodnota pro pitnou vodu - děti (mg/l)	STAT limitní hodnota pro pitnou vodu - dospělí (mg/l)
Antimon	0,0050	0,0062	0,0200	**0,0023**	0,0036
Arsen	0,0100	0,0046	0,0156	**0,0017**	0,0027
Bor	1,0000	1,4000	4,6900	**0,5097**	0,8119
Hliník	**0,2000**	15,6400	52,1400	5,6958	9,0650
Chrom	0,0500	0,0460	0,1560	**0,0170**	0,0273
Kadmium	**0,0020**	0,0078	0,0260	0,0028	0,0045
Kobalt	x	0,3100	1,0400	**0,1144**	0,1813
Mangan	**0,0500**	0,7200	2,3900	0,2613	0,4146
Molybdem	x	0,0700	0,2600	**0,0285**	0,0453
Nikl	**0,0200**	0,3100	1,0400	0,1134	0,1812
Selen	0,0100	0,0780	0,2600	**0,0285**	0,0453
Vanad	x	0,1000	0,3600	**0,0399**	0,0633

Kontaktní testy

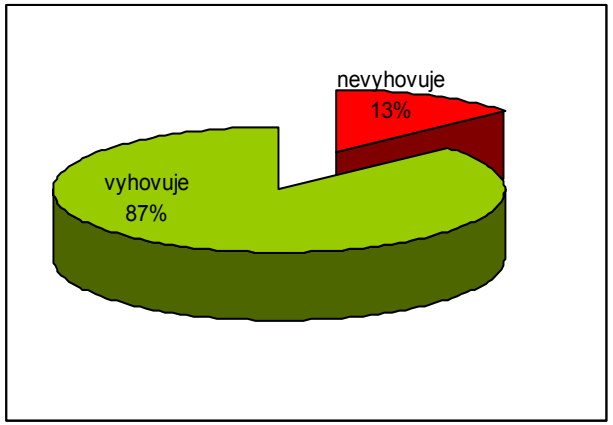
- **Ke kontaktním testům byly použity** jako bioindikátory následující organismy:
- Salát hlávkový *(Lactuca sativa* var. *capitata*)
- Chvostoskok (*Folsomia candida)*
- Roupice (*Enchytraeus crypticus)*

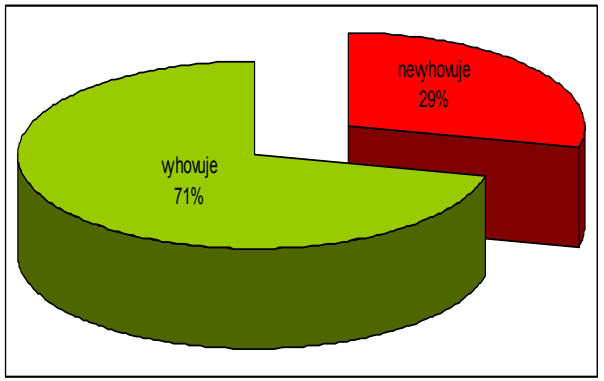
Aquatické testy

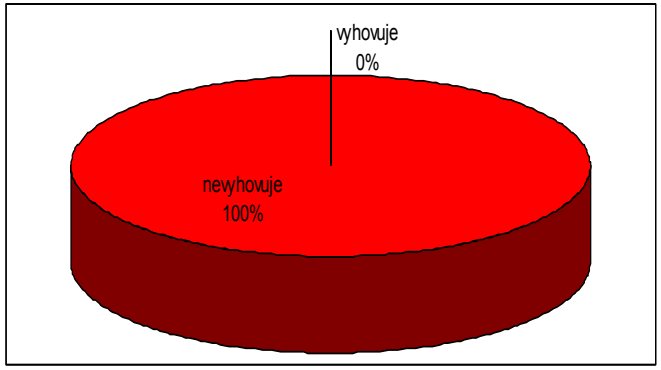
- Luminiscenční bakterie (*Vibrio fischerii)*
- Hořčice bílá (*Sinapsus alba)*
- Řasová kultura (*Desmodesmus subspicatus)*
- Perloočky (*Daphnia magna* Straus)
- Živorodka duhová (*Poecilia reticulata*)

- **Kinetický test s luminiscenčními bakteriemi**

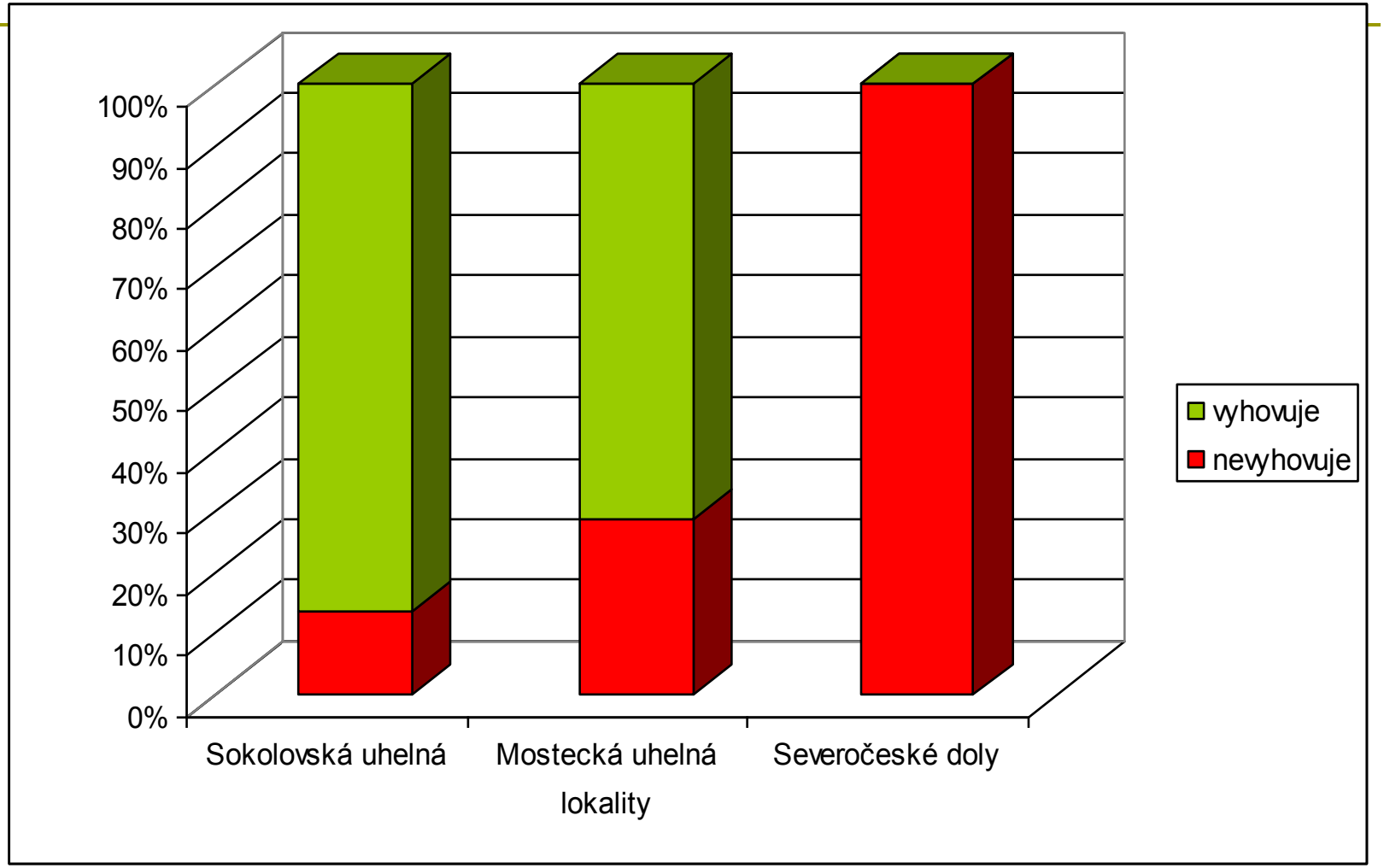
První obrázek ukazuje výsledky testů ze Sokolovské uhelné, druhý z Mostecké uhelné a třetí ze Severočeských dolů

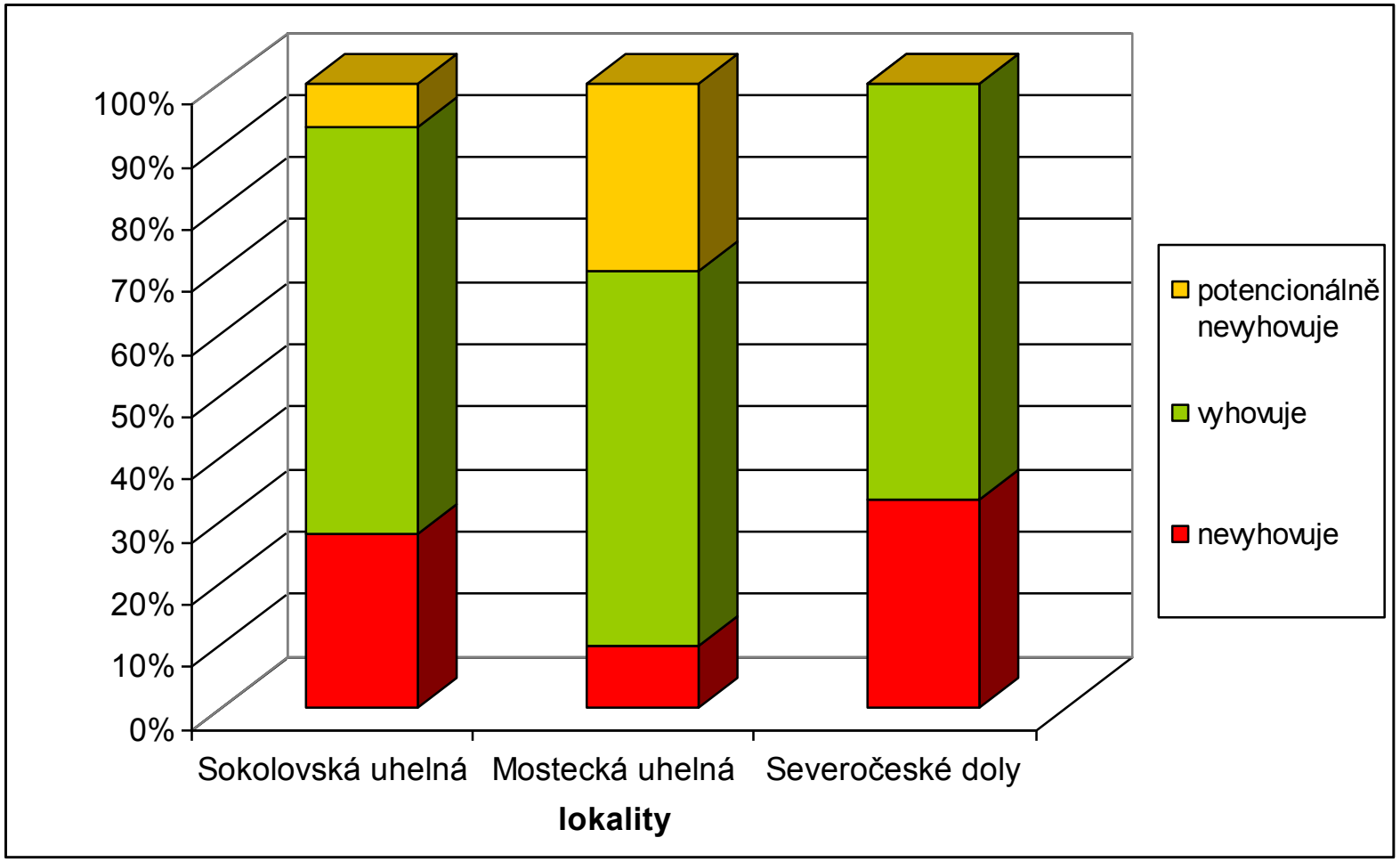






Obrázek výsledků testů dle lokalit




100%
90%
80%
70%
60%
50%
40%
30%
20%
10%
0%
Sokolovská uhelná
Mostecká uhelná
Severočeské doly
lokality
potencionálně nevyhovuje
vyhovuje
nevyhovuje

Shrnutí výsledku

- Nekarcinogenní riziko nebylo zjištěno u hodnocených scénářů pro pracovníky u žádných hodnocených prvků kromě As. Bylo zjištěno riziko HQ - 1,27 u dermálního kontaktu při maximální koncentraci As z popílku po spalování uhlí z lokality Sokolovská uhelná. Totéž bylo zjištěno u As při nezáměrné ingesci prachu při stejné koncentraci As z popílku ze stejné lokality HQ – 1,52. Karcinogenní riziko bylo zjištěno u arzenu a to v případě ingesce i dermálního kontaktu s As a to při 50-ti i 90-ti % percentilu.
- **Pro osoby exponované** cestou podzemní voda - pitná voda, je u arzenu (As) ve VEP potvrzeno karcinogenní riziko při 90-ti % percentilu v hodnotě 5x10 – 4. Karcinogenní riziko při 50-ti % percentilu bylo potvrzeno v hodnotě 1x10 - 5 a 3x10 - Nekarcinogenní riziko bylo při ingesci vody vypočteno pro Mo a Se kdy hodnota HQ je vyšší než 1 pro dospělou populaci. U dětí bylo HQ vyšší než 1 u více prvků, kde kromě As, překročil limit Sb, V, Cr, Mo, Se, Cd a B.
- Děti exponované cestou podzemní voda - pitná voda ukazuje na nekarcinogenní riziko pro dermální kontakt s vodou při koupání a sprchování. I zde dochází k překročení HQ =1 a to u prvků As, V, Cr, Sb a Cd.

Shrnutí výsledku

- **Osoby exponované** cestou podzemní voda - povrchová voda v podstatně nebyl překračován limit pro karcinogenní i nekarcinogenní riziko (HQ = 1) u všech prvků. Mírné překročení bylo u plavání dětí při ingesci vody pro As v jednom případě bylo v hodnotě HQ= 1,5 a ILCR = 3,053 E-5 u popílku po spalování uhlí ze Sokolovské uhelné
- Byla prokázána ekotoxicita VEP ve vztahu k uhlí ze sledovaných lokalit