

Rizikové látky v půdě v současném intenzivním zemědělství/rizika přestupů do rostlin

Radim Vácha



Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

<http://www.vumop.cz>

Problematika rizikových látek

anorganické – potenciálně rizikové prvky

As, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Mn, Mo, Pb, V, Zn (Tl, Se, Al)

organické – perzistentní organické polutanty

velice obsáhlá skupina sloučenin

alifatické

cyklické

emerging pollutants – farmaka, mikroplasty, atd.

Zdroje rizikových látek v půdách

Přírodní geochemicky podmíněné (rizikové prvky)
přírodní procesy (RP, organické polutanty)

- *vulkanická činnost*
- *procesy hoření*
- *produkty metabolismu*

Antropogenní průmyslová činnost, doprava
zemědělství
spotřeba domácností – odpadní vody

RP a především POP a emerging p.

Potenciálně rizikové prvky (RP) v půdách

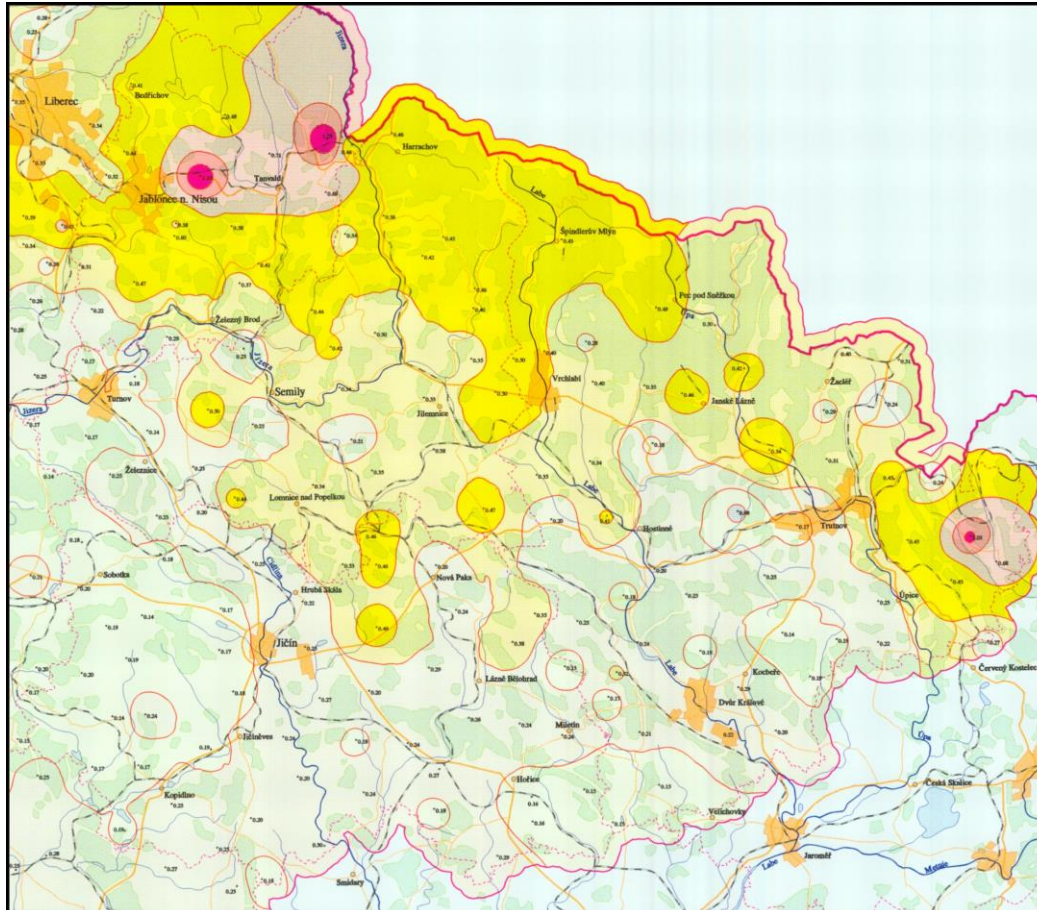
Přírozený výskyt

- půdotvorný substrát
- problematika geochemicky anomálních substrátů

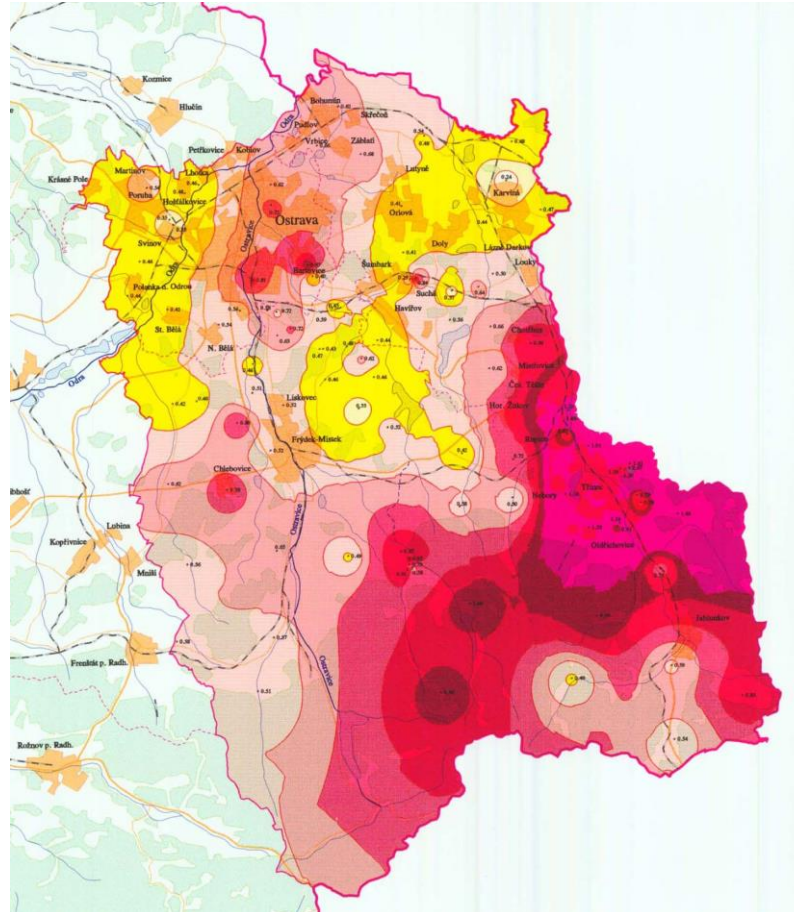
Antropogenní vstupy do půd

- imisní spady (průmyslové exhalace, doprava, spalování fosilních paliv)
- aplikace kalů ČOV, agrochemikálií, odpadní vody, otázka zvýšeného obsahu Cd v P hnojivech

Obsah Cd v zemědělských půdách – okresy Jičín, Semily, Trutnov



Obsah Cd v zemědělských půdách – severomoravský region



Perzistentní organické polutanty (POP) v půdách

Rozsáhlá skupina rizikových látek s potenciálně negativními dopady na ekosystém a zdraví člověka

Původ

Přírodní

- vulkanická činnost, požáry
- rozkladné procesy

Činností člověka

- chemická a průmyslová výroba
- vedlejší produkty výrob



Rizika plynoucí ze zvýšené zátěže půd RL

- vliv na ekosystém (základní funkce půdy, kontaminace dalších složek ekosystému)
- vliv na zemědělskou produkci
 - kvalitativní
 - kvantitativní
- vliv na zdraví člověka – potravní řetězec, dermální příjem, vdechování kontaminovaných částic

Význam zvýšených obsahů RP a POP v půdách z hlediska toxikologie

- Předpoklad chronického působení RL
- Akutní toxicita nereálná



Přístupy k řešení RL v půdě

Osvěta

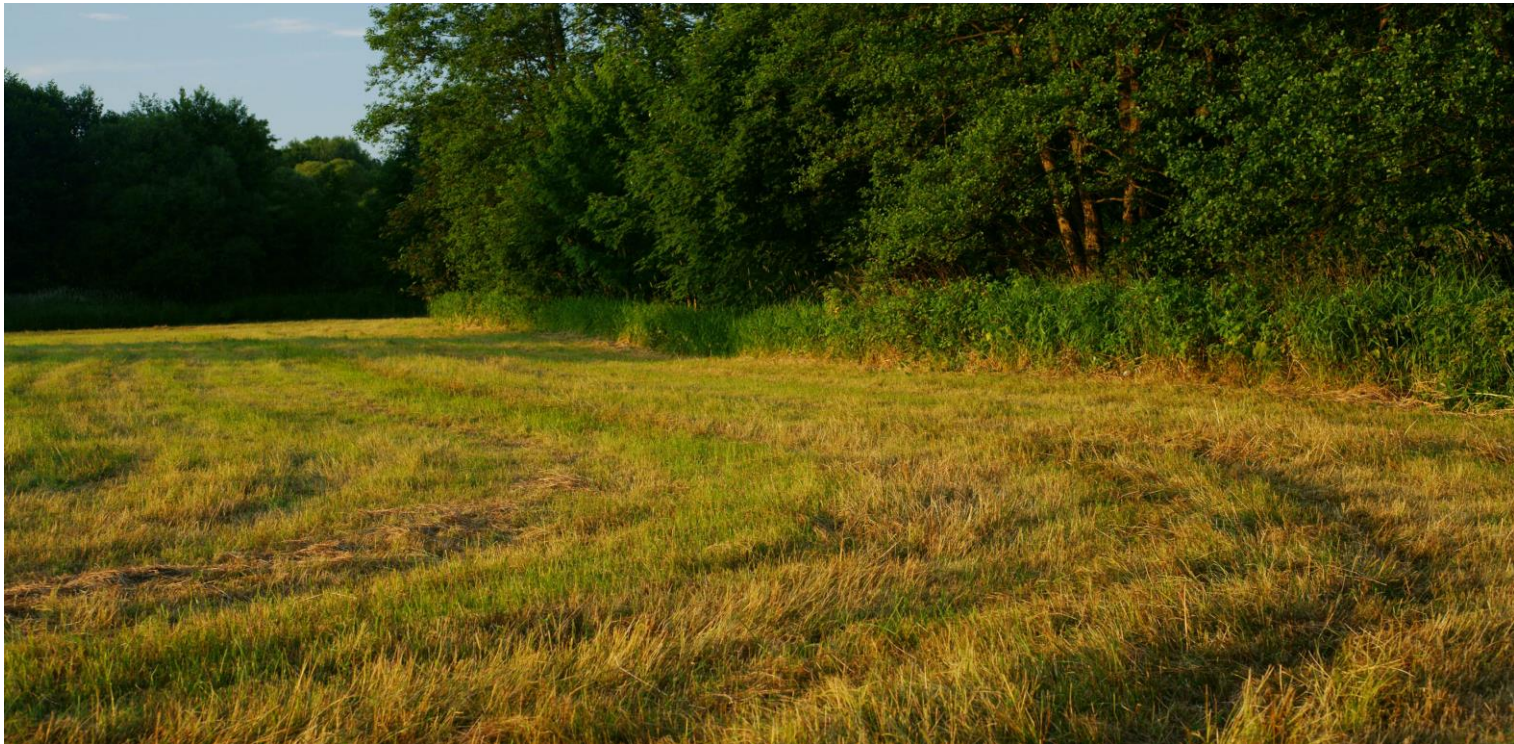
Technologický pokrok

Legislativní nástroje - sankce

Legislativní nástroje k řešení RL v půdě

- **System limitních hodnot**

Regulace vstupu RL do půd nebo omezení rizika šíření RL z půdy do dalších složek prostředí a potravního řetězce



Legislativní nástroje k řešení RL v půdě

- Systém limitních hodnot rizikových látek v půdním prostředí
- Systém limitních hodnot omezujících vstupy rizikových látek do půd (aplikace hnojiv, kalů ČOV, vytěžených sedimentů atd.)



Limitní hodnoty RL ve vztahu k půdě

Systém limitních hodnot RL v půdě

- Hodnoty odvozené z aktuálního stavu zátěže půd, existence pozadových hodnot, zahrnujících hodnoty přírodního pozadí a difuzní antropogenní zátěže (background values).
Návrhy obsahů RP a POP
- Hodnoty stanovené experimentálně - zaměřené na cílovou složku, v závislosti na využití půdy a rozhodujícím riziku, např. ohrožení kvality a kvantity rostlinné produkce rostlinná produkce - zemědělské půdy, ohrožení mikrobiální aktivity - lesní půdy atd.).

Limitní hodnoty RL v půdě

Systém hierarchických limitů

- Systém limitních hodnot, schopných podchytit nastavená rizika, plynoucí ze zvýšené zátěže půd RL
- Ustálený systém „A, B, C“ limitů
 - A - pozadřové hodnoty
 - B - nastavené riziko
 - C - asanační limit

Limitní hodnoty RL ve vztahu k půdě

Limitní hodnoty regulující vstupy RL do půdy

- Limitní hodnoty obsahů RL v hnojivech, pomocných půdních látkách, kalech ČOV, vytěžených sedimentech.



Potenciálně rizikové prvky (RP) v půdách

Analytické stanovení RP v půdách

Celkové obsahy

(pseudototální obsahy)

Výluhy extrakčními činidly

-mobilní formy

-potenciálně mobilní formy

-sekvenční analýza RP v půdě

Izotopové trasování RP

Stanovení mobilních podílů RP v půdách, přechod RP z půdy do rostlin



Rizikové prvky

Dělení z hlediska toxicity

Zootoxické:

As, Cd, Pb, Hg

Fytotoxické:

Zn, Cu, Ni

Rizikové prvky

Dělení z hlediska mobility

Prvky s vysokou mobilitou a vysokým přestupem do rostlin *Cd, Zn, Mn, Ni, Co*

Prvky s vysokou potenciální mobilitou *Cu, Pb*

Prvky s nízkou mobilitou a přestupem do rostlin *As, Be, Cr, V*

Limitní hodnoty RL v půdě

Vyhl. MŽP 13/1994 Sb.

Obsah v extraktu 2M HNO₃

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty	
	Písky, štěrkopísky	Běžné půdy
As	4,5	4,5
Be	2,0	2,0
Cd	0,4	1,0
Co	10,0	25,0
Cr	40,0	40,0
Cu	30,0	50,0
Hg	-	-
Mo	5,0	5,0
Ni	15,0	25,0
Pb	50,0	70,0
V	20,0	50,0
Zn	50,0	100,0

Celkový obsah

Prvek	Maximálně přípustné hodnoty	
	Písky, štěrkopísky	Běžné půdy
As	30,0	30,0
Be	7,0	7,0
Cd	0,4	1,0
Co	25,0	50,0
Cr	100,0	200,0
Cu	60,0	100,0
Hg	0,6	0,8
Mo	5,0	5,0
Ni	60,0	80,0
Pb	100,0	140,0
V	150,0	220,0
Zn	130,0	200,0

Perzistentní organické polutanty (POP) v půdách

POP sledované v zemědělských půdách ČR

- **Monoaromatické uhlovodíky (MAU)**

benzen, toluen, xylen, ethylbenzen

- **Polyaromatické uhlovodíky (PAU)**

naftalen, anthracen, pyren, fluoranthen, phenanthren, chrysen, benzo(b)fluoranthen, benzo(k)fluoranthen, benzo(a)anthracen, benzo(a)pyren, indeno(c,d)pyren, benzo(ghi)perylene

- **Chlorované uhlovodíky (ClU)**

PCB, HCB, α -HCH, β -HCH, γ -HCH

- **Pesticidy**

DDT, DDD, DDE

- **Ropné uhlovodíky (uhlovodíky C₁₀ – C₄₀)**

- **Ostatní**

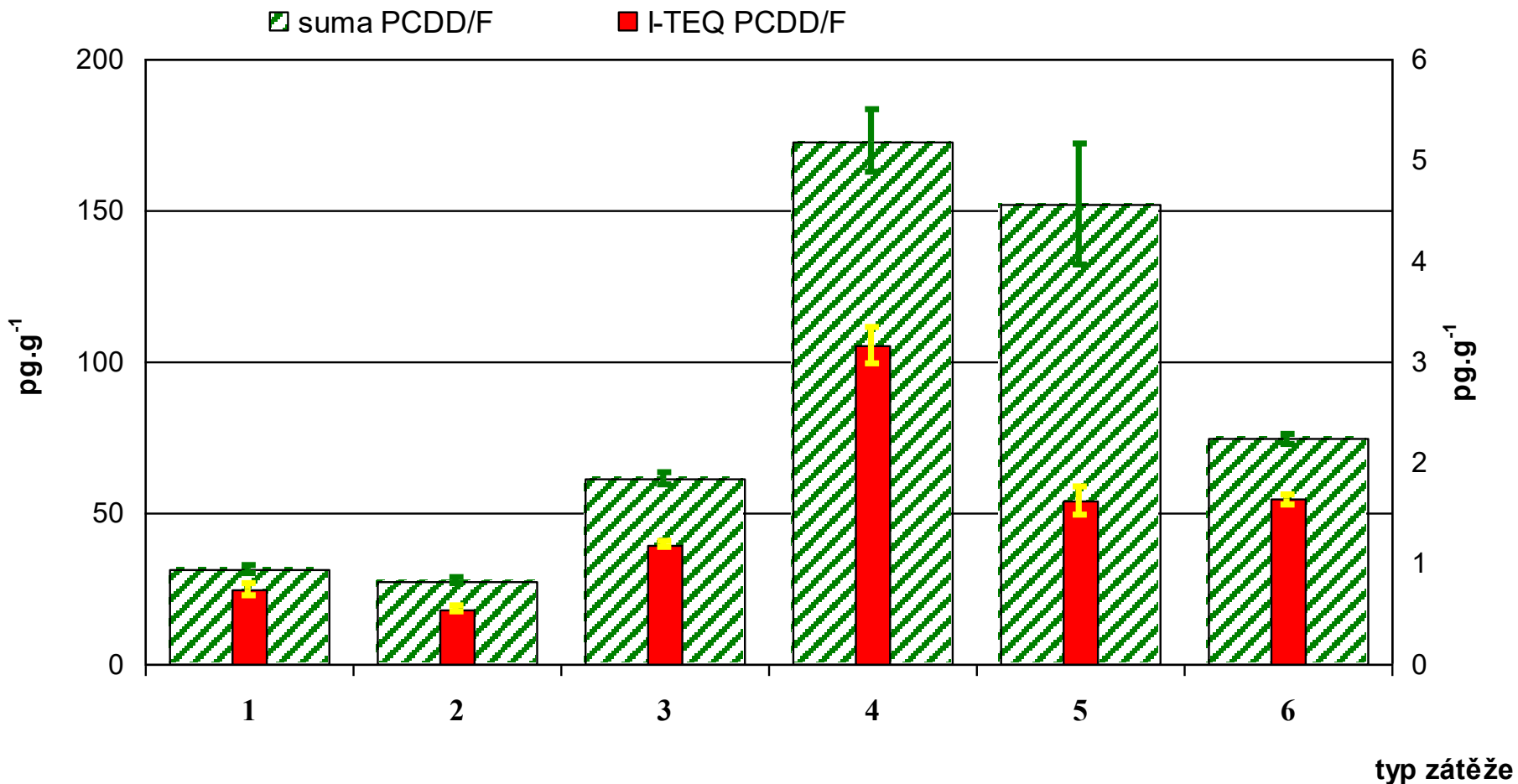
styren

Hodnocení obsahu POP v půdě

- Koncentrace jednotlivých sloučenin
- Sumární obsahy
suma PAU, PCB₇, BTEX, EOX, C₁₀ - C₄₀,
suma PCDD/F
- princip ekvivalentů toxicity
TEF PAU, I-TEQ PCDD/F, I-TEQ PCB



Hodnoty PCDD/F v půdách s různým typem zátěže



1-zemědělská půda u obce n=15

2-zemědělská půda mimo obec n=12

3-průmyslová zátěž n=34

4-fluviální zátěž n=19

5-aplikování kalů z ČOV n=6

6-horské oblasti n=16

Limitní hodnoty RL v půdě

Návrh novelizace vyhlášky MŽP 13/1994 Sb.

Sáňka M., Němeček J., Podlešáková E., Vácha R., Beneš S. (2002):

„Vypracování kritických hodnot obsahů rizikových prvků a organických cizorodých látek v půdě a jejich příjem rostlinami z hlediska ochrany kvantity a kvality zemědělské produkce.”

Hierarchický systém limitních hodnot

Vyhláška MŽP č. 153/2016 Sb.

Vyhláška 153/2016 sb.

Preventivní limit – *pro RP a POP*

založen na principu požadových hodnot, využity výsledky VÚMOP a ÚKZÚZ

překročení limitu signalizuje zvýšený vstup RL do půdy, zohlednění geochemicky anomálních půd (RP)

Indikační limit – *pouze pro některé RP*

limity navrženy na základě řešení grantu NAZV (Podlešáková, Němeček a kol., VÚMOP)

překročení limitu signalizuje nebezpečí překročení kritické zátěže rostlin

Asanační limit

nutnost remediačních opatření není navržen

Preventivní limit - RP

kategorie půd	preventivní hodnota (mg.kg ⁻¹ suš.)												
	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Tl
kategorie půd	As	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Hg	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Tl
Běžné půdy ¹⁾	20	2.0	0.5	30	90	60	0,3	1200	50	60	130	120	0.5
Lehké půdy ²⁾ Písky, hlinité písky, štěrkopísky ²⁾	15	1.5	0.4	20	55	45	0,3	1000	45	55	120	105	0.5

Vyhláška 13/1994 Sb. a preventivní limit - RP

Prvek	výluh lučavkou	
	pozadí	13/1994 Sb.
As	20	30
Be	2	7
Cd	0,5	1,0
Co	30	50
Cr	90	200
Cu	60	100
Hg	0,3	0,8
Mo	-	5
Ni	50	80
Pb	60	140
V	130	220
Zn	120	200
Tl	0,5	-

Preventivní limit - POP

Látka	preventivní hodnota ($\mu\text{g.kg}^{-1}$ v suš.)
Monocyklické aromatické uhlovodíky	
Benzen	30
Toluen	30
Xylen	30
Styren	50
Ethylbenzen	40
Polycyklické aromatické uhlovodíky	
Fluoranthren	300
Pyren	200
Fenanthren	150
Benzo(b)fluoranthren	100
Benzo(a)anthracen	100
Anthracen	50
Indeno(cd)pyren	100
Benzo(a)pyren	100
Benzo(k)fluoranthren	50
Benzo(ghi)perylen	50
Chrysen	100
Naftalen	50
Σ PAU	1000
Chlorované sloučeniny	
PCB Σ 7 kongenerů ¹⁾	20
PCDD/F ²⁾	1
HCB	20
DDT	30
DDE	25
DDD	20
HCH (Σ α + β + γ)	10
Nepolární uhlovodíky	
Uhlovodíky C10 – C40 (mg.kg^{-1})	100

Vyhláška 13/1994 Sb. a preventivní limit - POP

látka		13/1994 pozadí	
II. organické látky			
b) polycyklické aromatické uhlovodíky			
	anthracen	10	50
	benzo (a) anthracen	1000	100
	benzo (a) pyren	100	100
	phenanthren	100	150
	fluoranthren	100	300
	chrysen	10	100
	naphtalen	100	50
	polycyklické aromatické uhlovodíky celkem	1000	1000
c) chlorované uhlovodíky			
	alifatické (jednotlivé)	100	-
	alifatické (celkem)	100	-
	chlorobenzeny (jednotlivé)	10	-
	chlorofenoly (jednotlivé)	10	-
	PCB	10	20
	EOCl (extrahovatelný organicky vázaný chlor)	100	-
d) pesticidy			
	organické chlorované (jednotlivé)	10	30
	organické chlorované (celkem)	100	-
	ostatní (jednotlivé)	10	-
	ostatní (celkem)	100	-
e) ostatní látky			
	cyclohexanol	100	-
	pyridin	100	-
	styren	100	50
	nepolární uhlovodíky (celkem)	50 000	100 000

Indikační limit ve vztahu ke kvalitě rostlinné produkce

prvek	půdní druh	pH ³⁾	indikační hodnota		
			extrakce lučavkou	výluh NH ₄ NO ₃	
			obsah v mg.kg ⁻¹		
Cd		< 4,0	0,7	-	
		4,0-5,0	1,1	-	
		5,0-6,5	1,5	-	
		běžné půdy ¹⁾	> 6,5	2,0	0,1
		lehké půdy ²⁾	> 6,5	2,0	0,04
Pb		-	300	-	
		-	-	1,5	
As		-	-	-	
		-	-	1,0	
Tl		-	10	-	
		-	-	0,2	
Cr		-	300	-	
Hg			1,5 ⁴⁾		

Indikační limit ve vztahu ke kvantitě rostlinné produkce

prvek	půdní druh	pH ³⁾	indikační hodnota	
			extrakce lučavkou	výluh NH ₄ NO ₃
			obsah v mg.kg ⁻¹	
Zn		-	400	-
		-	-	20
Ni ¹⁾		< 5,0	90	-
		5,0-6,5	150	-
		> 6,5	200	-
		-	-	1,0
Cu		< 5,0	150	-
		5,0-6,5	200	-
		> 6,5	300	-
		-	-	1,0

Indikační limit z hlediska přímého ohrožení zdraví

Návrh pro potřeby novelizace vyhlášky MŽP č. 13/1994 Sb., odvozený na základě rizika ohrožení lidského zdraví přímou expozicí orálním, dermálním a inhalačním příjmem (Sáňka a Vácha, 2008)

Indikační hodnoty obsahů perzistentních organických polutantů a vybraných rizikových prvků v půdě ve vztahu k přímému ohrožení lidského zdraví (mg.kg^{-1} suš.).

sloučenina	Indikační hodnota
Benzo(a) pyren ¹⁾	1,0
suma PAU ²⁾	30,0
suma PCB ³⁾	2,0
DDT a metabolity	10,0
HCH (α , β , γ)	1
HCB	1
PCDD/F ⁴⁾	100,0
As ⁵⁾	40
Cd ⁵⁾	20
Pb ⁵⁾	400

Indikační limit ve vztahu k POP



Vstup POP do rostlin

- spadem-suchá a mokrá depozice, kontaminace povrchu rostlin, vazba POP na kutikulu,
- znečištění povrchu rostlin zeminou, kalem (prašnost, rozstřík při dešti)
- zachycením těkavých sloučenin povrchem rostlin při jejich výparu z půdy
- Přestup
- transferovou cestou půda-rostlina přes kořeny

Indikační limit ve vztahu k POP

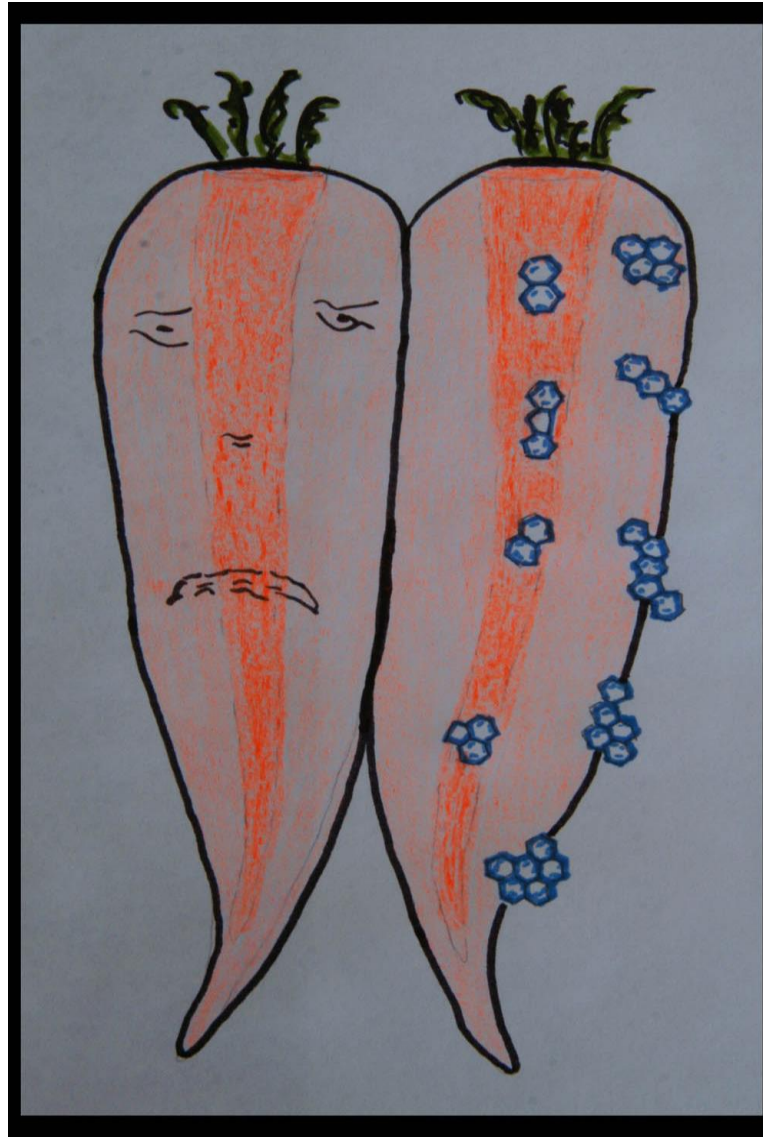
Komplikace při sledování vstupu POP do rostlin

- rozklad a přeměna výchozích sloučenin na metabolity (různá forma, různá rizika)
- porovnání převažujících rizik (vstup do rostlin x ohrožení zdraví člověka při vdechování prachových částic)



Přestup POP z půdy do rostlin

Zátěž kořene mrkve PAU



Limitní hodnoty regulující vstup rizikových látek do půd

- Zákon 156/1998Sb., ve znění zákona č. 147/200 Sb., („Zákon o hnojivech“)
- Vyhláška MŽP č. 382/2001 Sb., o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě
- Vyhláška MZe a MŽP č. 257/2009 Sb. o používání sedimentů na zemědělské půdě

Vyhláška 257/2009 Sb. u používání sedimentů na zemědělské půdě

	Mezní hodnoty v sušině sedimentu (mg.kg ⁻¹)	Mezní hodnoty v sušině kalů (mg.kg ⁻¹)
• As – arzén	30	30
• Be – beryllium	5	
• Cd – kadmium	1	5
• Co- kobalt	30	
• Cr – chrom	200	200
• Cu – měď	100	500
• Hg – rtuť	0,8	4
• Ni - nikl	80	100
• Pb – olovo	100	200
• V- vanad	180	
• Zn – zinek	300	2500
• PAU	1	
• PCB ₇	0,2	0,6
• DDT	0,1	
• BTEX	0,4	
• C10-C40	300	

Maximální uvažovaný vstup RL po aplikaci sedimentů a kalů ČOV do půdy

	Aplikační dávka 750t . ha⁻¹/10 let vnos RL (g. ha⁻¹)	Aplikační dávka 15t . ha⁻¹/10 let vnos RL (g. ha⁻¹)
• As – arzén	22 500	450
• Be – beryllium	3 750	
• Cd – kadmium	750	75
• Co- kobalt	30	
• Cr – chrom	150 000	3000
• Cu – měď	75 000	7500
• Hg – rtuť	600	60
• Ni - nikel	60 000	1500
• Pb – olovo	75 000	3000
• V- vanad	135 000	
• Zn – zinek	225 000	37 500
• PAU	750	
• PCB ₇	150	9

Kaly ČOV

- V současné době nejednoznačný názor na využívání v zemědělství, rizika plynoucí ze zvýšených obsahů širokého spektra rizikových látek (farmaka, mikroplasty)
- Projekt NAZV QK 21020022: Komplexní posouzení aplikace upravených čistírenských kalů v zemědělství s ohledem na mikropolutanty.

Vytěžené sedimenty

- Opodstatněnost vyhlášky – existence sedimentů s extrémní zátěží – databáze sedimentů ÚKZÚZ
- Potenciálně možné problémy, týkající se dalších rizikových látek „emerging pollutants“
- Testy ekotoxicity

Závěr

Vstupy rizikových látek do půd a přestup do rostlin – legislativní nástroje

Je třeba řešit otázky

- experimentální („nastavení limitů“)
- právní přijatelnosti
- ekonomické a politické přijatelnosti.

Děkuji za pozornost

