

# Kontaminace kovy

Mezi nejčastější kontaminaty životního prostředí patří **rizikové prvky pocházející z antropogenní činnosti (znečištění zapříčiněné lidskými činnostmi)**. Pokud se dostanou do půdy přetrvávají v ní tisíce let a je obtížné eliminovat jejich účinky na rostliny a na úrodnost půdy. Povolené limity obsahů rizikových prvků pro půdy jsou uvedeny v legislativních předpisech: vyhláška č. 13/1994 Sb. a vyhláška č. 382/2001 Sb. definují úrovně znečištění půd v ČR. Vyšší obsahy rizikových prvků v půdách mají negativní účinky na biologické a fyzikálně – chemické procesy v půdách, dostávají se do potravinového řetězce a negativně působí na zdraví člověka.

## Rizikové prvky RP

- **As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb** a Zn (Alloway (1990), Adriano (2001)) – patří

k nejdéle známým toxickým látkám. Výrazný zájem o kovy a jejich chování v životním prostředí je vyvolán jejich rozsáhlým průmyslovým využitím.

- **stopové kovy** – jsou přítomné v organismu nebo v životním prostředí ve velmi nízkých koncentracích v jednotkách ppm (v lidském organismu např. Zn, Cr, Fe)
- **těžké kovy** – jsou označovány kovy o specifické hmotnosti vyšší než 5 g/cm<sup>3</sup> (např. Cd, Hg, Pb)
- **toxické kovy** – působí škodlivě na člověka a ostatní biotické složky ekosystémů

Ekotoxikologie upřednostňuje pro kovy škodlivé pro životní prostředí termín těžké kovy: Cu, Zn, Cd, Hg, Pb, Cr, Ni, Mn a Fe a polokovy (metalloidy): As a Se.

Nejdůležitější zdroje kontaminace životního prostředí rizikovými prvky (Kafka, Punčochářová 2002)

Rizikový prvek	Zdroj kontaminace
Olovo	Úpravny rud, rafinerie, chemický průmysl, akumulátory, plechy, trubky, pájka (kovové obaly), pigmenty do barev, olovnaté sklo, přípravky do glazur, hnojiva, insekticidy, spalování fosilních paliv, olovnatý benzin
Arsen	Zpracování rud, aditiva do skla, hnojiva, insekticidy, kouření, léčiva pro veterinární medicínu, ochranné prostředky na dřevo
Měď	Elektrotechnický materiál, slitiny (mosaz, bronz), komunální odpad, chemický průmysl, fungicidy, měděné dráty a plechy
Zinek	Galvanizace, pigmenty do barev a keramických glazur, slitiny (mosaz, bronz), zemědělství, komunální odpad, kouření
Kadmium	Doprovodný kov v zinkových a olověných rudách, fosforečná hnojiva, pigmenty pro barvy a plasty, baterie, spalování fosilních paliv, kouření
Rtuť	Zpracování rud, herbicidy, fungicidy, elektrochemie, katalytické procesy, baterie, lékařství (teploměry, zubní amalgamy), spalování fosilních paliv
Chrómový	Chemický průmysl, pigmenty do barev, ochranné prostředky na dřevo, zpracování kůže, výroba cementu, pokovování, slitiny, spalování fosilních paliv
Nikl	Úpravny rud, hutě, rafinerie, baterie, pokovování, slitiny, kosmetické přípravky (šampony, laky na vlasy), kouření

## Olovo

- Vstup do organismu člověka trávicím ústrojím (vstřebává se 5–10 % Pb), plícemi a placentou.
- Vstřeba olovo je transportováno krví, kde je z 96–98 % vázáno na erythrocytech. **Při dlouhodobé expozici se až 98 % olova ukládá v kostech.**
- Postižení krvevorného systému (anémie způsobená inhibicí syntézy hemu), nervového systému a to jak centrálního (encefalopatie), tak i periferního, trávicího ústrojí a ledvin. Zvýšení krevního tlaku a hladiny cholesterolu v krvi, poškození srdečního svalu.
- **Akutní otrava je dnes vzácná.** Projevu se **nasládlou chutí v ústech, sliněním, nauseou, zvracením, křečovitými bolestmi žaludku.**
- Chronická otrava se projevuje **olověným lemem**: temným až černým okrajem dásní, popelavým zbarvením kůže, změnou na červených krvinkách, poklesem tělesné hmotnosti, slabostí, psychickými změnami a retardací.
- Oxidy olova, olovnaté a olovičité soli jsou toxické se **smrtelnými dávkami pro člověka 10 g. Olovnaté ionty jsou karcinogenní.**
- Nebezpečný je tetraethylolovo Pb (C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, přidávaný jako antidetonátor do benzínu.
- Intoxikace se projevuje bolestmi hlavy, nechutenstvím, insomnií. Postižený se rychle unaví, dostává se vegetativní poruchy → zpomalení srdeční činnosti (bradykardie), pokles tělesné teploty. Při akutní otravě se stupňují psychopatické příznaky, stoupají pokusy o sebevraždu.
- Pro lidský organismus je nejvíce rizikový vstup olova požitím, vede k vyšší zadrži (až 60 % přijatého množství oproti 30 % z inhalace).
- Jako **anagonisté mohou působit preparáty na bázi zinku.**
- Zdrojem olova v životním prostředí jsou emise benzínových motorů, metalurgie, energetika. Je obsaženo ve velkém počtu nerostů (biotit, muskovit, živce, křemičitany), z hornin nejvíce v kyselých vyvřelých horninách, dále v jílech a břidlicích.
- Průměrný obsah olova v půdách je 5–50 mg·kg<sup>-1</sup>.
- **V rostlinách se nejvíce ukládá v kořenech**, v nadzemních částech rostlin jsou koncentrace nízké i u půd silně kontaminovaných olovem.

- Fytotoxicita se projevuje až u extrémně vysokých koncentrací.
- Z celé skupiny těžkých kovů je **olovo nejméně toxické vůči drobným korýšům**, které jsou hlavními testovacími organismy v monitoringu životního prostředí.

## Arsen

- Arsen patří mezi nejtoxičtější kovy. **Arsenité sloučeniny jsou toxičtější než arseničné.**
- Nejznámějším jedem je oxid arsenitý,  $\text{As}_2\text{O}_3$ , arsenik neboli otruščík. Patří již od starověku mezi obávané travičské prostředky. **Smrtelná dávka pro člověka je 60-200 mg.**
- Akutní otrava po požití se projevuje kovovou chutí v ústech, škrábáním a pálením v hltanu. Následuje úporné zvracení a prudké bolesti v břiše, později se dostaví průjem spojený s dehydratací jako u cholery. Později se dostaví křeče, anurie, tachykardie, paralýza a smrt. Tyto příznaky jsou důsledkem primárního působení na nervový systém. Při vyšších dávkách může mít otrava také paralytickou formu, projevující se celkovou slabostí, křečemi, ztrátou vědomí a ochrnutím dýchacího a vasomotorického centra.
- Dalším cílovým orgánem je imunitní systém, což se projevuje zejména při chronických otravách.
- Podobné účinky mají arsenitany. **Arseničnany jsou méně toxické.**
- arsenovodík, arsin, nyní arsan  $\text{AsH}_3$  je plyn, který se objevuje jako nečistota v některých technických plynech.
- Jako  $\text{AsH}_3$  se arsen prokazoval tzv. Marshovou zkouškou, kdy plynný  $\text{AsH}_3$  vzniklý po termickém rozkladu materiálu se vysráží na stěně skleněné trubičky jako kovový As.
- J. M. Marsh v roce 1836 využil poznatky Scheeleho a Serullase a položil tak objevem a zavedením této analýzy základy toxikologické analytické chemie.
- Dnes se používají moderní metody atomové absorpční spektrometrie AAS, neutronové aktivační analýzy NAA.
- Intoxikace  $\text{AsH}_3$  je charakterizována pálením v obličeji a nauzeou. Chronická otrava se projeví především v CNS polyneuritidou.
- Cirhóza jater a nefritida jsou následky každé závažnější otravy arsenem, jako **pozdější účinky se uvádí nádorové bujení kůže, plic a horních cest dýchacích.**
- Mezi nejméně toxické sloučeniny arsenu patří ve vodě téměř nerozpustné sulfidy – sulfid arsenitý  $\text{As}_2\text{S}_3$  a sulfid arsenatý  $\text{As}_2\text{S}_5$ .
- Je prokázáno, že arsen v roztoku je toxičtější než nerozpuštěný, pravděpodobně z důvodu jeho lepší absorpce. Rovněž trojmocné sloučeniny arsenu jsou toxičtější než pětimocné.
- Arsenitany **mohou interagovat s thiolovými skupinami v enzymech** a tvoří velmi stabilní thioarsenitany, čímž mohou inaktivovat některé enzymy (alaninamino-transferasa – ALT).
- Arseničnany s thiolovými skupinami přímo interagovat nemohou, nicméně mohou být redukovány mitochondriemi na arsenitany.
- Arseničnany a metylestery kyseliny arseničné však reagují s thioley in vitro a produkují disulfidy a thioarsenitany.
- Arseničnany mohou přemísťovat fosfor ve fosforylačních činidlech a významně tak ovlivňují jejich aktivitu. Bylo prokázáno, že pětimocný a trojmocný As jeví určité účinky v inhibici mitochondriální respirace a odpojení oxidace od fosforylace ADP na ATP.
- Vysoké obsahy As se často vyskytují v uhlí. V USA se průměrný obsah As v uhlí pohybuje v rozmezí 1–10  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  zatímco v uhlí těženém v České republice bylo nalezeno až 1500  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- Je tedy zřejmé, že **hlavními zdroji znečištění ovzduší a prostřednictvím plošného spadu i zemědělských půd arsenem jsou spalování uhlí a tavení kovů.**
- Nekontaminované půdy obsahují obvykle 0,2–40  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , u kontaminovaných půd se obsah As zvyšuje až na 550  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ .
- V půdách se arsen vyskytuje hlavně ve formě arsenitanů a arseničnanů železa a hliníku, které jsou málo rozpustné, zvláště v kyselejších půdách.
- Mobilita arsenu je dána intenzitou sorpce v půdě a je určována zrnitostí půdy, obsahem humusu, obsahem aktivních oxidů železa a hliníku, pH a vlhkostí půdy.
- V podmínkách suchého klimatu jsou sloučeniny arsenu prakticky nepohyblivé. Nízký redox-potenciál zvyšuje redukci  $\text{As}^{5+}$  na  $\text{As}^{3+}$  mobilitu půdního arsenu, který se následně snadno vyluhuje z podorníčí.
- Při srovnatelných obsahách celkového arsenu v půdě je rostlinami méně přijatelný As z jílovitých půd s vysokým obsahem jílovitých minerálů a oxidů železa a hliníku ve srovnání s lehčími půdami.
- Hladina As v rostlinách 0,01–1  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  se považuje za normální a obsahy 3–10  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  za fytotoxické. **Ze zemědělských plodin jsou na účinky As nejcitlivější luštěniny.**

## Selen

- Toxicita selenu a jeho sloučenin byla známa již od roku 1935, ovšem jeho esencialita pro savce byla identifikována až v roce 1957, kdy byla zjištěna jeho protektivní úloha při nekróze jater vyvolané avitaminózou E.
- V přírodě se vyskytuje mnoho organismů, které přijímají Se z okolního prostředí a jsou schopny ho zabudovat do svých tělesných struktur **místo síry, které se selen, po chemické stránce, velmi podobá.**
- V současné době je průměrný příjem populace ČR kolem 45  $\mu\text{g}$  Se/den.
- V organismu se Se vyskytuje vázaný většinou v selenoproteinech nebo aminokyselinách, kde **nahrazuje síru**, např. selenomethionin, selenocystein.
- Se je součástí některých enzymů a enzymových systémů i nukleoproteinových a membránových komplexů.
- Se je mikrobiální prvek, v živých organismech působí již v nepatrných koncentracích jako antioxidant. Ve vyšších dávkách je toxický.
- **Akutní otravy jsou u člověka neobvyklé.** Účinkem připomínají sloučeniny arsenu. Charakteristický je česnekový zápach vydechaného vzduchu.
- Oxid seleničitý je silně dráždivý, působí na imunitní systém (senzibilizující účinek). Mezi nejtoxičtější sloučeniny selenu patří selan (selenovodík,  $\text{H}_2\text{Se}$ ). Podobné toxikologické vlastnosti mají sloučeniny teluru.

- Se patří mezi polokovy, řadí se k esenciálním prvkům
- V lidském organismu je součástí metaloenzymů, působí jako účinný antioxidant
- Snižuje toxicitu kadmia, rtuti, methylrtuti, thalia a stříbra** tím, že mění jejich metabolismus
- Z hlediska medicínského má velký význam přímý vztah Se ke kardiovaskulárním, nádorovým a některým metabolickým onemocněním.
- V současné době je nejvíce přijímána teorie o ochraně před volnými kyslíkovými radikály prostřednictvím enzymu glutathion peroxidasy.
- V nedávné době byl zjištěn také významný vliv Se na metabolismus jódu. V tomto případě deficiencie Se inhibuje utilizaci jódu organismem a vlastně způsobuje jeho druhotnou deficienci.
- Do lidského organismu Se vstupuje prostřednictvím trofických řetězců **z obilných produktů, z masných a mléčných výrobků.**
- Otravy Se jsou vzácné, příznaky jsou různé **dermatitidy, poškození nehtů, zubů, vypadávání vlasů, zasažení CNS**
- Biologicky dobře přístupnou formou Se pro rostliny a zvířata jsou rozpustné selenany  $\text{SeSO}_4^{2-}$ , které se tvoří v přírodě v alkalickém prostředí za oxidačních podmínek.

## Měď

- Měď je **biogenní prvek**. Nedostatek mědi se projevuje anémií, která je výsledkem ztráty schopnosti absorbovat  $\text{Fe}^{2+}$  z potravy.
- Již mírný chronický nedostatek Cu vyvolává neurologické poruchy.
- Denní potřeba pro člověka je 2-5 mg.**
- V párách při sváření a ve větších koncentracích je toxická. **Dráždí lokálně kůži**, vyvolává horečku, nauzeu, rozvíjí se gastroenteritida, poškození jater a ledvin.
- Smrtelná dávka mědi (rozpuštěných měďnatých solí) je 10 g.** Rozpuštěné soli mědi mohou kromě anémie způsobit poškození jater, ledvin, zažívací potíže **spojené s krvácením do zažívacího traktu**
- $\text{Cu}^{2+}$  ionty mají adstringentní a fungicidní účinky.
- Cu je akumulární xenobiotikum, **hromadí se především v játrech a kostní dřeni.**
- Soubor zdravotních problémů souvisejících s chronickou akumulací Cu v játrech, ledvinách, mozku a oční rohovce je označován jako Wilsonova nemoc. Dochází k poškození a funkční nedostatečnosti orgánů.

## Zinek

- Zinek je výrazně esenciálním prvkem, hrajícím životní roli **ve všech aspektech buněčného metabolismu.**
- Zn je součástí více než 200 enzymů či enzymových systémů (např. alkohol dehydrogenázy, alkalické fosfatázy, aldolázy, laktát dehydrogenázy, RNA a DNA polymerázy, reverzní transkriptázy či Zn dependentní superoxid dismutázy).
- Všeobecně je známo, že Zn je součástí inzulínu, ale paradoxem je, že na jeho biologický účinek má velmi malý vliv.
- Denní potřeba pro člověka je 25 mg.**
- Zinečnaté ionty mají **adstringentní a dezinfekční** účinek. Nedostatek zinku se projevuje zpomalením růstu a kožními poruchami.
- Zinečnaté ionty jsou toxické, **smrtelná dávka pro člověka je 10 g  $\text{ZnSO}_4$ .**
- Chronická expozice zinkem může vést k anémii na základě snížení obsahu železnatých iontů v séru.
- Zvláště toxické jsou páry kovového zinku.**
- Zdrojem zinku v životním prostředí je hutnictví, městské aglomerace, kaly z čistíren odpadních vod. Přijatelnost zinku pro rostliny se zvyšuje se snižujícím se pH půdy a při nadbytku Fe v půdě.
- V rostlinách se kumuluje zejména v kořenech, ve vyšších koncentracích je fytotoxický.

## Kadmium

- Kadmium je **vysoce toxický kov**. Způsobuje inhibici mnoha enzymů tím, že se váže na sulfanylové skupiny nebo kompeticí s biogenními prvky jako je železo, zinek a měď.
- Pro toxicitu Cd (jak v kovové formě, tak kademnatých solí) je rozhodující cesta vstupu. Cd i  $\text{Cd}^{2+}$  ion má silný emetický účinek. Po požití akutně toxických dávek se značná část vyzvrací. Smrtelná dávka se pohybuje v rozmezí od 0,3–8,9 g.
- Nebezpečnější je inhalace prachu a dýmů.** Smrtelná koncentrace pro člověka je  $40\text{--}50 \text{ mg/m}^3$ . Příznaky jsou dráždění dýchacích cest, svíravý pocit v hrdle, kovová chuť v ústech, kašel, příznaky podobné chřipce, lapání po dechu, píchání pod žebry, edém plic a smrt zástavou dechu. U přeživších obětí zůstává dlouhodobé poškození jater, ledvin a reprodukčních orgánů. Z chronických účinků jsou nejdůležitější karcinogenita (plíce, prostata), poškození reprodukčních orgánů – neplodnost, poškození jater, plic a kostí. Cd se kumuluje v ledvinách.
- Retence kadmia přijatého v potravě u člověka nepřekračuje 25 %, **střední letální dávka nebyla dosud jednoznačně stanovena.**
- Kritickými orgány jsou varlata, plíce, ledviny a játra.
- V plicních alveolách se při dlouhodobé expozici absorbuje až 40 % inhalovaného  $\text{Cd}^{2+}$ .
- V játrech se kumuluje 50–75 % subtoxické dávky.
- Při koncentraci  $\text{Cd}$   $30 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  je kov imobilizován jako **metalothionein**, při koncentraci vyšší než  $40 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  se projevují toxické účinky změnami v hepatocytech a nekrotizací parenchymu.
- Kritická koncentrace Cd v kortexu ledvin je  $200 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , **toxicita se projevuje změnami v buňkách proximálních tubulů nebo degenerací těchto tubulů.**
- Byl prokázán teratogenní a mutagenní efekt kademnatých iontů a byly pozorovány chromozomové aberace.
- Hlavními zdroji kontaminace půd jsou odpady a spady z energetického, metalurgického a chemického

průmyslu, dále pak fosforečná hnojiva, kaly z čistíren odpadních vod a některé průmyslové komposty.

- Rozpustnost kadmia v půdě roste s klesajícím pH (při hodnotě pH nižší než 5 je více než 80 % půdního kadmia schopno migrace).

## Rtuť

- Rtuť a její sloučeniny patří mezi známé jedy. **Jediný kov za normální teploty tekutý.** Je-li atmosféra nasycena kovovou rtutí za teploty 20 °C, obsahuje asi 19 mg/m<sup>3</sup> Hg. Je to koncentrace akutně netoxická, ale **rtuť má schopnost významně se kumulovat v těle**, proto při inhalaci par rtuti dochází k chronické otravě. Zvláště významné riziko intoxikace je tam, kde se pracuje se rtutí za vyšších teplot.
- Rtuť se váže na sulfanylové skupiny a tím inhibuje nekompetitivně řadu enzymů.
- Působí na nervový systém, ledviny, plíce, kůži.
- Po požití vyvolává kovová rtuť zvracení, je často vyloučena bez dopadu na organismus.
- **Vzhledem ke kumulaci ve tkáních je však možná otrava opakovanými menšími dávkami.**
- Rozpustné soli jsou silně toxické. Mezi nejtoxičtější patří chlorid rtuťnatý, sublimát, jehož smrtelná dávka je 0,1–0,5 g. Méně toxický je chlorid rtuťný (Hg<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, kalomel) a sirník rtuťnatý (rumělka), díky malé rozpustnosti ve vodě.
- Akutní otrava rtuťnatými solemi se projevuje kovovou chutí v ústech, tmavým lemem sirníku rtuťnatého kolem zubů, krvácivostí a hnisáním dásní, nevolností, zvracením, později průjemem, někdy zánětem ledvin, třesem, poruchami řeči a chůze. **Na kůži a na sliznici žaludku a dvanáctníku se tvoří vředy. Významnější než akutní otravy jsou otravy chronické.**
- Příjem rtuti organismem je možný jak plícemi, tak i trávicím ústrojím metylrtuť se zde vstřebává ze 100 %, ale i kůží a placentární bariérou.
- Při akutní intoxikaci anorganickými sloučeninami rtuti dochází k poškození trávicího ústrojí a ledvin, intoxikace organickými sloučeninami rtuti vede k poškození nervového systému (degenerace neuronů v mozkové kůře, atrofie mozkové kůry).
- Byl prokázán karcinogenní účinek methylrtuti.
- Zdrojem rtuti v životním prostředí je hutnictví, energetika (spalování fosilních paliv), kaly z čistíren odpadních vod. Značná schopnost metylace rtuti působením některých mikroorganismů a kumulace organických sloučenin rtuti v rostlinných i živočišných organismech.
- Obsah rtuti v půdě se pohybuje v rozmezí 0,002–0,2 mg·kg<sup>-1</sup>, transformace rtuti v půdách ovlivněna mikrobiální činností v půdě.
- Fytotoxický účinek se projevuje poruchami vnitřního uspořádání chloroplastů, zvětšením endoplazmatického retikula a mitochondrií.
- Ovlivňuje fotosyntetické reakce, a to více v organické formě než v anorganické.

## Chrom

- **Chrom je v kovové formě málo toxický**, toxicita sloučenin je závislá na oxidačním stupni. Sloučeniny chromičité jsou velmi málo toxické, chromnaté a chromité málo toxické, mají však **dráždivý účinek na kůži a sliznice zažívacího traktu**, vyvolávají alergii.
- Nejvíce toxické jsou sloučeniny chromové, oxid chromový, chromany a dichromany. Jsou to významné karcinogeny, vedou k rakovině plic, některé mají mutagenní účinky, **poškozují játra a ledviny a způsobují vnitřní krvácení**. Mohou také silně dráždit kůži a sliznice, vyvolávat vředy na kůži, žaludku a dvanáctníku.
- Inhalační chronická intoxikace chromových sloučenin vyvolává podráždění nosní sliznice, kýchání a krvácení z nosu. Větší dávky vyvolávají proděravění nosní přepážky. Těžká akutní otrava se projevuje závratí, zvracením, mrazením, zrychlením tepu a bolestí žaludku.
- Inhalací prachu se dráždí dýchací cesty, vzniká dušnost a cyanoza.
- Chrom je **mikrobiogenní prvek**, jeho potřeba je asi 20 µg denně.<sup>[1]</sup>
- Sloučeniny Cr<sup>6+</sup> jsou klasifikovány jako jeden z nejvýznamnějších kontaminantů životního prostředí, zejména atmosféry, ale i ostatních abiotických složek jako je hydrosféra a pedosféra.
- Šestimocný kation Cr<sup>6+</sup> je v životní prostředí velmi mobilní, zvláště v půdních vodách.
- Pro většinu rostlin je Cr<sup>6+</sup> značně toxický, při vysokém obsahu klesá úrodnost půdy.
- **Některé rostliny (včetně průmyslových, např. obilí), mohou přijímat koncentraci chromu z půdy, většinou ji zadrží ve svém kořenovém systému, chrom tak nepřechází do dalších pletiv tvořících nadzemní část rostliny.**
- Z potravin obsahují zvýšené množství chromu např. některé druhy koření, maso, nerafinovaný cukr.

## Nikl

- Nikl je toxický prvek. Toxické jsou **veškeré nikelné sole** (chlorid, dusičnan, fosforečnan nebo síran), oxid a tetrakarbonylnikl (Ni(CO)<sub>4</sub>).
- Nikl lokálně dráždí a působí kožní záněty, charakteristickou **dermatitidu**.
- Prach vznikající při zpracování niklových součástí může být příčinou vzniku rakoviny plic nebo rakoviny nosní a krční sliznice.
- Mutagenita Ni byla prokázána pouze u testovaných zvířat.
- **Akutní otrava po požití má za následek závratě, ztížené dýchání, cyanózu, edém plic, poškození zažívacího traktu, cév, ledvin, srdce a CNS.**
- Při chronickém působení nastává poškození myokardu, ledvin a CNS, způsobuje alergie, erozi nosní přepážky a **rakovinu plic**.
- Zdrojem expozice niklu je hutnictví, galvanické pokovování, výroba nikl-kadmiových článků, spalovny komunálního odpadu a kouření.
- Nejtoxičtější sloučeninou niklu je **tetrakarbonyl nikl**.

- Nikl se může vyskytovat jako kontaminant ve všech typech abiotického prostředí.
- **Znečištění půd niklem je oproti vodám významnější.** Jde o lokality v blízkosti hutí a rafinerií niklu, kde dochází často k úplné devastaci přirozené vegetace.

## Odkazy

### Související články

- Ekotoxikologie
- Průmyslové látky

### Zdroj

- DAVÍDEK, Jiří. *8. MINERÁLNÍ LÁTKY* [online]. [cit. 2012-03-12]. <<https://el.lf1.cuni.cz/p31423111/>>.
- MAREŠOVÁ, Věra. *Ekotoxikologie. Kovy. Průmyslové látky* [online]. [cit. 2012-03-13]. <<https://el.lf1.cuni.cz/p79657934/>>.

### Použitá literatura

- BALÍKOVÁ, Marie. *Forenzní a klinická toxikologie : laboratorní toxikologická vyšetření*. 1. vydání. Praha : Galén, c2004. ISBN 978-80-7262-284-9.
- ŠEVELA, Kamil a Pavel ŠEVČÍK, et al. *Akutní intoxikace a léková poškození v intenzivní medicíně*. 2. vydání. Praha : Grada, 2011. ISBN 978-80-247-3146-9.

### Reference

1. National Institutes of Health. Office of Dietary Supplements. *Chromium : Fact sheet for health professionals* [online]. [cit. 2023-05-29]. <<https://ods.od.nih.gov/factsheets/Chromium-HealthProfessional/>>.