METODICKÝ POKYN č. 1/2012-7
z 27. januára 2012
NA VYPRACOVANIE ANALÝZY RIZIKA ZNEČISTENÉHO ÚZEMIA

Gestorský útvar: sekcia geológie a prírodných zdrojov, tel.: 02/577 83 114

Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, (ďalej len „ministerstvo“), podľa ustanovenia § 36 ods.1 písm. a) zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov vydáva tento metodický pokyn:

Čl. 1
Úvodné ustanovenia

(1) Metodický pokyn ustanovuje všeobecné princípy analýzy rizika znečisteného územia a ďalej základný obsah a formu analýzy rizika znečisteného územia tak, aby bol zabezpečený jednotný charakter ich spracovania.

(2) Metodický pokyn je určený pre zodpovedných riešiteľov geologických prác, ktorí budú analýzu rizika znečisteného územia vypracovávať a pre všetky subjekty, ktoré budú analýzu rizika znečisteného územia využívať, ako napr.:

- orgány štátnej správy a organizácie v ich pôsobnosti,
- zodpovedné osoby za odstraňovanie environmentálnej záťaže alebo za odstraňovanie znečisteného územia spôsobeného súčasnou prevádzkou podniku alebo haváriou.

(3) Metodický pokyn upravuje postup pri

a) hodnotení doplňujúcich údajov o skúmanom území,

b) identifikácii rizika,

c) hodnotení environmentálnych rizík,

d) hodnotení zdravotných rizík,

e) stanovení cieľov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže,

f) navrhovaní a hodnotení variantov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže, vrátane odhadu potrebných finančných nákladov.

Čl. 2
Základné pojmy

Základné pojmy zavedené v právnom poriadku Slovenskej republiky

(1) Analýza rizika znečisteného územia (ďalej len „AR“) je proces zahrňujúci popis a zhodnotenie východiskových podmienok na znečistenom území, vyhodnotenie súčasných a potenciálnych rizík s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia a navrhnutie variantov nápravných opatrení. AR je súčasťou záverečnej správy, pri riešení ktorej sa zistilo a overilo závažné znečistenie územia spôsobené činnosťou človeka (§ 16 ods. 6 zákona č. 569/2007 Z. z.).
Záverečnú správu s analýzou rizika znečisteného územia posudzuje a schvaľuje ministerstvo bez ohľadu na zdroj financovania do šiestich mesiacov od jej predloženia (§ 18 ods. 2 zákona č. 569/2007 Z. z.).

(2) Ak zistené úniky spôsobujú ohrozenie vôd, ten, kto zaobchádza s nebezpečnými látkami, je povinný vykonať tieto opatrenia:

a) vyhodnotiť rozsah znečistenia,

b) pravidelne sledovať koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemných vodách a výsledky nahlasovať každoročne orgánu štátnej vodnej správy a na požiadanie aj poverenej osobe,

c) vypracovať rizikovú analýzu, ak sa zistí riziko ohrozenia stavu vôd a stúpajúce trendy znečisťujúcich látok v podzemných vodách,

d) vykonať opatrenia na nápravu, ak sa rizikovou analýzou preukáže riziko ohrozenia ľudského zdravia alebo životného prostredia (§ 39 ods. 3 zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon)).

(3) Environmentálna záťaž[1]) je znečistenie územia spôsobené činnosťou človeka, ktoré predstavuje závažné riziko pre ľudské zdravie alebo horninové prostredie, podzemnú vodu a pôdu s výnimkou environmentálnej škody (§ 3 písm. s) zákona č. 569/2007 Z. z.).

(4) Škodlivou látkou a obzvlášť škodlivou látkou sú látky zo skupiny látok alebo látok im príbuzných, ktoré môžu ohroziť kvalitu alebo zdravotnú bezchybnosť vôd; zoznam škodlivých látok a obzvlášť škodlivých látok je uvedený v prílohe č. 1 zákona č. 364/2004 Z. z. (§ 2 písm. x) zákona č. 364/2004 Z. z.).

---

[1]) Environmentálna záťaž podľa zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov = znečistená plocha, resp. územie zadefinovaná v Usmernení EÚ 2008/C 82/01= kontaminovaná zemina + kontaminačný mrak podľa zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách.

(5) Nebezpečnou látkou je látka alebo skupina látok, ktoré sú toxické, perzistentné a schopné bioakumulácie, a iné látky alebo skupiny látok, ktoré vyvolávajú rovnakú úroveň obavy ako látky, ktoré sú toxické, perzistentné a schopné bioakumulácie (§ 2 písm. z) zákona č. 364/2004 Z. z.).

(6) Identifikácia environmentálnej záťaže je súbor činností, ktorých výsledkom je rozpoznanie environmentálnej záťaže. Súčasťou identifikácie environmentálnej záťaže je jej klasifikácia a vyplnenie registračného listu environmentálnej záťaže (§ 2 ods. 1 zákona č. 409/2011 Z. z. o niektorých opatreniach na úseku environmentálnej záťaže a o zmene a doplnení niektorých zákonov).

(7) Klasifikácia environmentálnej záťaže je hodnotenie rizika environmentálnej záťaže, určovanie poradia environmentálnych záťaží z hľadiska ich predpokladaného rizika a z neho vyplývajúcej naliehavosti realizácie geologických prác (§ 2 ods. 2 zákona č. 409/2011 Z. z.).

(8) Geologickým prieskumom životného prostredia sa zisťujú a overujú:

1. geologické činitele ovplyvňujúce toto prostredie vrátane zisťovania znečistenia spôsobeného činnosťou človeka* v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde a navrhujú sa sanačné opatrenia, alebo

2. pravdepodobné environmentálne záťaže alebo environmentálne záťaže**, vyhodnocujú sa súčasné a potenciálne riziká environmentálnej záťaže s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia a navrhujú sa sanačné opatrenia, alebo

3. geologické podmienky na zriaďovanie a prevádzku úložísk rádioaktívnych odpadov a iných odpadov v podzemných priestoroch (§ 3 písm. d) zákona č. 569/2007 Z. z.).

* Znečistenie územia vzniknuté po 1. septembri 2007, tzn. environmentálna škoda
** Znečistenie územia vzniknuté do 1. septembra 2007, tzn. environmentálna záťaž

(9) Monitorovanie životného prostredia[2])

a) Monitorovanie geologických faktorov životného prostredia je priebežné systematické pozorovanie a vyhodnocovanie javov a parametrov v presne definovaných priestorových podmienkach a časových intervaloch; slúži na objektívne poznanie charakteristík geologického prostredia a hodnotenia jeho zmien v sledovanom priestore a sleduje sa ním vplyv činností a stavieb na geologické prostredie alebo vplyv geologického prostredia na životné prostredie, stavby a činnosti (§ 3 písm. i) zákona č. 569/2007 Z. z.).

[2]) Monitoring životného prostredia je sledovanie vývoja a zmien znečisťujúcich látok v čase. Pre účely tohto metodického pokynu je monitoring životného prostredia zameraný na jeho tri zložky, t.j podzemnú vodu/povrchovú vodu, pôdu/pôdny vzduch a horninové prostredie.

b) Hodnotenie stavu podzemných vôd – hodnotenie chemického stavu podzemných vôd je vyjadrením miery ovplyvnenia kvality vôd znečisťujúcimi látkami (§ 4c ods. 8 zákona č. 364/2004 Z. z.). Ak je potrebné zhodnotiť vplyv existujúcich kontaminačných mrakov útvarov podzemných vôd, ktoré môžu ohrozovať dosiahnutie environmentálnych cieľov, najmä mrakov, ktoré sú spôsobené bodovými zdrojmi znečistenia a kontaminovanou zeminou, je potrebné dodatočne vykonať hodnotenie trendov na identifikované znečisťujúce látky s cieľom overiť, či sa mraky znečistenia zo znečistených miest nešíria, nezhoršujú chemický stav útvarov podzemných vôd alebo skupiny útvarov podzemných vôd a či nespôsobujú riziko pre ľudské zdravie a pre životné prostredie. Výsledky týchto hodnotení zahrnúť do plánov manažmentu povodí (§ 4c ods.23 zákona č. 364/2004 Z. z.).

c) Hodnotenie kvality ovzdušia v pracovnom ovzduší - hodnotenie kvality ovzdušia a požiadavky na ochranu zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom definujú § 3 (najvyššie možné expozičné limity a biologické medzné hodnoty), § 4 (posudzovanie rizika), § 5 (všeobecné zásady prevencie rizika), § 6 (špecifické ochranné a preventívne opatrenia) a § 7 (opatrenia pri haváriách a mimoriadnych situáciách) Nariadenia vlády SR č. 355/2006 o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci. V prílohe č. 1 nariadenia sú uvedené najvyššie prípustné expozičné limity chemických faktorov v pracovnom ovzduší.

(10) Podzemné vody sú všetky vody nachádzajúce sa pod povrchom zeme v pásme nasýtenia a v bezprostrednom kontakte s pôdou alebo s pôdnym podložím vrátane podzemných vôd slúžiacich ako médium na akumuláciu, transport a exploatáciu zemského tepla z horninového prostredia (geotermálna voda). Podzemnými vodami zostávajú podzemné vody aj po ich odkrytí prirodzeným prepadom ich nadložia, banskou činnosťou, činnosťou vykonávanou banským spôsobom alebo vykonaním inej činnosti (zákon č. 364/2004 Z. z.).

(11) Pôvodca je každý, kto svojou činnosťou spôsobil environmentálnu záťaž okrem prípadov, ak

a) sa štát zaviazal sanovať environmentálnu záťaž na základe zmluvy uzatvorenej pred účinnosťou tohto zákona alebo

b) environmentálna záťaž vznikla v dôsledku ukladania odpadov, ktoré bolo v súlade s právoplatným povolením (§ 3 ods. 1 zákona č. 409/2011 Z. z.).

(12) Pôvodca poškodenia je ten, kto spôsobí poškodenie povrchových vôd alebo podzemných vôd, alebo prostredia s nimi súvisiaceho (§ 42 ods. 1 zákona č. 364/2004 Z. z.).

(13) Pravdepodobná environmentálna záťaž je stav územia, kde sa dôvodne predpokladá prítomnosť environmentálnej záťaže (§ 3 písm. t) zákona č. 569/2007 Z. z.).

(14) Sanácia geologického prostredia sú práce vykonávané v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde, ktoré zahŕňajú špeciálne technologické postupy zamerané na odstránenie, zníženie alebo izoláciu vplyvov ľudskej činnosti a geodynamických javov na životné prostredie (§ 3 písm. m) zákona č. 569/2007 Z. z.).

(15) Sanácia environmentálnej záťaže[3]) sú práce vykonávané v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde, ktorých cieľom je odstrániť, znížiť alebo obmedziť kontamináciu na úroveň akceptovateľného rizika s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia (§ 3 písm. r) zákona č. 569/2007 Z. z.).

(16) Znečistené územie[4]) znamená priestor (horninové prostredie, podzemná voda, pôdny vzduch), v ktorom sú prítomné nebezpečné látky a škodlivé látky v dôsledku ľudského zásahu. Územie, ktoré bolo znečistené pred 1. septembrom 2007 je definované podľa geologického zákona ako environmentálna záťaž a územie znečistené po 1. septembri 2007 je definované podľa zákona č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov ako environmentálna škoda.

(17) Na účely zákona č. 359/2007 Z. z. sa rozumie environmentálnou škodou na

1. chránených druhoch a chránených biotopoch, ktorá má závažné nepriaznivé účinky na dosahovanie alebo udržiavanie priaznivého stavu ochrany chránených druhov a chránených biotopov s výnimkou už skôr identifikovaných nepriaznivých účinkov vzniknutých následkom konania prevádzkovateľa, na ktoré bol výslovne oprávnený v súlade s osobitným predpisom,

2. vode, ktorá má závažné nepriaznivé účinky na ekologický, chemický alebo kvantitatívny stav vôd alebo na ekologický potenciál vôd s výnimkou nepriaznivých účinkov ustanovených v osobitnom predpise, alebo

3. pôde spočívajúca v znečistení pôdy predstavujúcom závažné riziko nepriaznivých účinkov na zdravie v dôsledku priameho alebo nepriameho zavedenia látok, prípravkov, organizmov alebo mikroorganizmov na pôdu, do pôdy alebo pod jej povrch (§ 2 ods. 1 písm. a) zákona č. 359/2007 Z. z.).

---

[3]) Sanácia environmentálnej záťaže (podľa zákona č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení neskorších predpisov) je jedným z opatrení definovaných vo Vodnom pláne Slovenska (kapitola 8.5 Kvalita podzemných vôd) ako doplnkové opatrenie na redukovanie znečistenia podzemných vôd pesticídnymi a ostatnými chemickými látkami.

[4]) Analýza rizika znečisteného územia sa musí podľa geologického zákona vypracovať zakaždým, keď sa geologickým prieskumom zistila a overila prítomnosť závažného znečistenia spôsobeného činnosťou človeka, je jedno či je znečistené územie klasifikované ako environmentálna záťaž alebo environmentálna škoda. Z uvedeného dôvodu budeme používať v metodickom pokyne iba všeobecný pojem znečistené územie aj v spojitosti s vykonávaním nápravných opatrení, tzn. sanácia znečisteného územia. Podrobnosti o geologickom prieskume znečisteného územia stanovuje príloha č. 11 a 12 tohto metodického pokynu.

(18) Environmentálna škoda na pôde sa zisťuje vykonaním analýzy rizík nepriaznivých účinkov znečistenia pôdy na zdravie v dôsledku priameho alebo nepriameho zavedenia látok, prípravkov, organizmov alebo mikroorganizmov na pôdu, do pôdy alebo pod jej povrch (ďalej len "analýza rizík"); ak vznikne environmentálna škoda na poľnohospodárskej pôde, použijú sa pri analýze rizík aj ustanovenia osobitného predpisu (§ 10 ods. 1 zákona č. 359/2007 Z. z.).

Základné pojmy definované pre účely tohto metodického pokynu, pričom nie sú dotknuté iné záujmy definované platnými osobitnými predpismi pre oblasť životného prostredia

(1) Sanácia znečisteného územia je spoločný pojem zavedený pre účely tohto metodického pokynu, zahŕňa pojmy definované v geologickom zákone, t.j. sanáciu environmentálnej záťaže a sanáciu geologického prostredia, zameranú na odstránenie znečisteného územia spôsobeného činnosťou človeka.

(2) Cieľová hodnota sanácie znečisteného územia je koncentrácia pre jednotlivé dominantne nebezpečné a škodlivé znečisťujúce látky v jednotlivých zložkách životného prostredia, ktorá je doporučená na základe hodnotenia rizika s ohľadom na existujúce a potenciálne využitie územia. Táto hodnota musí zaručovať ochranu zdravia človeka a životného prostredia.

(3) Environmentálne riziko je definované ako koncentrácia znečisťujúcej látky, pri hodnote a dĺžke trvania ktorej dôjde k prejavom neprijateľných vplyvov zo znečisteného územia na životné prostredie a ku vzniku zdravotného rizika.

(4) Zdravotné riziko predstavuje pravdepodobnosť poškodenia, choroby alebo smrti človeka ako dôsledok vplyvu znečisťujúcej látky (dôsledok expozície rizikovým faktorom) vyskytujúcej sa v životnom prostredí.

(5) Expozičná cesta je dráha, ktorú prejde znečisťujúca látka od zdroja znečistenia k cieľovému (konečnému) recipientu/organizmu, t.j. sled procesov, v dôsledku ktorých znečisťujúca látka prenikne cez zložky životného prostredia k recipientu.

(6) Expozičný scenár je vyjadrením súboru faktov, predpokladov a záverov o tom, ako k expozícii dochádza.

(7) Horninové prostredie je súbor všetkých hornín predmetnej časti zemskej kôry vrátane antropogénnych sedimentov.

(8) Materiálová bilancia znečisteného územia je kvantitatívne vyhodnotenie množstva znečisťujúcich látok (kilogramy, tony). Vypracováva sa na základe výsledkov prieskumných prác alebo informácií o množstve uniknutých znečisťujúcich látok do životného prostredia.

(9) Pásmo nasýtenia je časť horninového prostredia, v ktorej sú všetky póry celkom vyplnené vodou. Tvorí ho zvodeň (jednotná a súvislá akumulácia podzemnej vody v hornine) a nasýtená časť kapilárnej obruby (časť horninového prostredia tesne nad hladinou podzemnej vody).

(10) Pásmo prevzdušnenia je časť pôdneho alebo horninového prostredia, v ktorej je časť pórov vyplnená vzduchom. Leží medzi povrchom terénu a pásmom nasýtenia.

(11) Pôda je podľa zákona č. 220/2004 Z. z. o ochrane a využívaní poľnohospodárskej pôdy a o zmene zákona č. 245/2003 Z.z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, prírodný útvar, ktorý vzniká bezprostredne na zemskom povrchu ako produkt vzájomného pôsobenia klimatických podmienok, organizmov, človeka, reliéfu a materských hornín. Pre účely tohto metodického pokynu je vyňatá z hodnotenia rizík poľnohospodárska pôda[5].

(12) Receptorom znečistenia môžu byť abiotické a biotické zložky životného prostredia vrátane človeka, ktoré môžu byť znečistením ohrozené (napr. vodárenské zdroje, rastliny a poľnohospodárske plodiny, ľudia a živočíchy v okolí znečisteného územia).

(13) Recipientom znečistenia je vodný útvar (povrchová voda, podzemná voda), do ktorého znečistenie preniká, resp. susedné územie, do ktorého zasahuje zvodnená vrstva.

(14) Referenčný čas je taký čas transportu znečistenia rozpusteného v podzemnej vode, pri ktorom sa v referenčnom mieste nachádza alebo bude nachádzať najvyššia možná koncentrácia znečistenia spôsobená jednorazovým, viacrazovým zdrojom znečistenia alebo trvalým zdrojom znečisťovania podzemnej vody.

(15) Referenčné miesto je miesto v určitej vzdialenosti od zdroja znečistenia alebo zdroja znečisťovania v smere prúdenia podzemnej vody, v ktorom sa porovnáva súčasná alebo budúca najvyššia možná koncentrácia znečistenia v podzemnej vode s koncentračnou hodnotou kritéria

[5] V prípade poľnohospodárskej pôdy ide o plošné znečistenie, ktoré vzniklo zavádzaním ochranných prostriedkov (pesticídy, herbicídy) do pôdy. Environmentálna záťaž je definovaná ako bodový zdroj znečistenia.

kvality podzemnej vody[6]). V prípade, že sa receptor znečistenia nachádza vo vzdialenosti väčšej ako 100 m od čela zdroja znečistenia/znečisťovania podzemnej vody, referenčné miesto sa konvenčne určuje do vzdialenosti 100 m od čela zdroja znečistenia/znečisťovania podzemnej vody.

(16) Situačný model lokality je ideový model, v ktorom sa definujú najdôležitejšie transportné cesty (expozičné cesty), pre ktoré je nutné vypracovať relevantné expozičné scenáre potenciálne ohrozených príjemcov.

(17) Skúmané územie je územie, na ktorom sa nachádza jedno alebo viac znečistených území.

(18) Zdroj znečistenia je zdroj, ktorý spôsobil znečistenie horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody, pričom jeho doba pôsobenia je už ukončená.

(19) Zdroj znečisťovania je aktívny zdroj, ktorý trvalo uvoľňuje znečistenie do horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody/povrchovej vody (napr. existujúce, stále funkčné výrobné prevádzky).

(20) Indikačné kritérium ID – je hraničná hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej v pôde, v horninovom prostredí a podzemnej vode, prekročenie ktorej **môže ohroziť ľudské zdravie a životné prostredie**, tzn. zahájiť monitoring znečisteného územia.

(21) Intervenčné kritérium IT (kritérium znečistenia) – je kritická hodnota koncentrácie znečisťujúcej látky stanovenej v pôde, v horninovom prostredí a podzemnej vode, prekročenie ktorej predpokladá, už pri danom spôsobe využitia územia, **vysokú pravdepodobnosť ohrozenia ľudského zdravia a životného prostredia**, tzn. je nutné vypracovať analýzu rizika znečisteného územia, pravdepodobne s následnou sanáciou znečisteného územia.

Čl. 3
Predmet hodnotenia analýzy rizika znečisteného územia

(1) Predmetom hodnotenia rizika sú
   a) znečistené horninové prostredie,
   b) znečistená pôda a pôdny vzduch,
   c) znečistená podzemná voda,

[6]) Referenčné miesto sa nachádza vždy vo zvodnenej vrstve. Jeho poloha býva v mieste receptora (prijímateľa) znečistenia, ktorým môže byť napr. prameň, domová studňa, ochranné pásmo vodárenského zdroja, vodárenský zdroj, drenážne zachycovadlá, potok, rieka, jazero, rybník, pestovateľské plochy potravinových komodít a pod.

ktoré môžu predstavovať závažné ohrozenie zdravia človeka a jednotlivých zložiek životného prostredia.

(2) AR je založená na princípoch opatrnosti, tzn. že pri posudzovaní rizika, vyplývajúceho z prítomného znečistenia na zdravie človeka a životné prostredie, sa z možných expozičných scenárov vyberá a hodnotí ten najmenej priaznivý.

(3) AR vyhodnocuje konkrétne okolnosti, pričom vychádza z informácií o

a) histórii lokality (pravdepodobné obdobie vzniku znečistenia územia na lokalite, údaje o činnosti, ktorá viedla ku vzniku znečisteného územia, identifikácia zdroja úniku prítomných znečisťujúcich látok, údaje o porušení legislatívnych noriem),

b) prírodných pomeroch skúmaného územia,

c) rozsahu a stupni znečistenia skúmaného územia,

d) prítomných znečisťujúcich látkach,

e) možných cestách šírenia sa znečisťujúcich látok,

f) možnej expozícii cieľovej skupiny, na ktorú sa dané riziko vzťahuje,

g) aktuálnom a plánovanom využití skúmaného územia.

Čl. 4
Cieľ analýzy rizika znečisteného územia

Cieľom AR je charakterizovať existujúce a potenciálne riziká vyplývajúce z existencie znečisteného územia na zdravie človeka a pre životné prostredie a na základe posúdenia ich závažnosti (vyhodnotenie expozičných scenárov) navrhnúť cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia.

Čl. 5
Využitie analýzy rizika znečisteného územia

(1) AR je rozhodujúcim podkladom pre rozhodovanie orgánov štátnej správy v procese znižovania nepriaznivých účinkov znečisteného územia na životné prostredie a zdravie človeka. Je nevyhnutným a zásadným podkladom pre

a) vypracovanie projektu nápravných opatrení,

b) stanovenie cieľových hodnôt sanácie znečisteného územia (príloha č. 10),

c) posúdenie účinnosti nápravných opatrení, alebo ich etáp (nutné vypracovať aktualizáciu AR),

d) návrh monitorovania (príloha č. 13),

e) posúdenie stavu skúmaného územia na základe výsledkov monitorovania.

(2) AR je možné vypracovať a využiť aj pre iné účely ako uvádza odsek 1, a to najmä na

a) stanovenie priorít riešenia znečistených území v územnom celku,

b) spracovanie podkladov pri navrhovaní ochranných pásiem vodných zdrojov a opatrení v nich,

c) hodnotenie rizík zo znečisteného územia pri zmene majiteľa nehnuteľností,

d) hodnotenie rizík zo znečisteného územia pri zmene využitia územia a pod.,

e) vypracovanie podkladov pre prognózovanie a hodnotenie vplyvov stavieb a činností na životné prostredie.

Čl. 6
Odborná spôsobilosť na vypracovanie analýzy rizika znečisteného územia

AR je neoddeliteľnou súčasťou záverečnej správy z geologického prieskumu životného prostredia[7]). Vykonávať uvedený druh geologických prác môže len odborne spôsobilá osoba, ktorá má podľa § 9 ods. 2 písm. e) zákona č. 569/2007 Z. z. priznanú odbornú spôsobilosť na geologický prieskum životného prostredia. Táto osoba – zodpovedný riešiteľ – zodpovedá za správnosť a kvalitu všetkých použitých prieskumných a vzorkovacích metód aj prác vykonaných subdodávateľsky a za komplexné spracovanie a vyhodnotenie výsledkov geologického prieskumu v záverečnej správe, tzn. zodpovedá aj za správnosť a kvalitu vypracovania AR.

[7]) ods. 5 § 16 zákona č. 569/2007 Z. z.

Čl. 7
Podmienky spracovania analýzy rizika znečisteného územia

Zásadnou podmienkou pre správne vypracovanie AR je kvalitné zrealizovanie, vyhodnotenie a správna interpretácia výsledkov geologického prieskumu životného prostredia zameraného na zistenie a overenie znečistenia spôsobeného činnosťou človeka v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde (príloha č. 11). Obsah AR uvádza príloha č. 1.

Čl. 8
Doplňujúce údaje o skúmanom území

(1) Doplňujúce údaje o skúmanom území je potrebné spracovať v rozsahu potrebnom pre posúdenie vzťahov znečisteného územia k okoliu, pokiaľ neboli dostatočne spracované v záverečnej správe z geologického prieskumu životného prostredia zameraného na zistenie a overenie znečistenia spôsobeného činnosťou človeka v horninovom prostredí, podzemnej vode a pôde.

(2) Doplňujúcimi údajmi o skúmanom území sú

a) ekologické charakteristiky skúmaného územia,

b) materiálová bilancia znečisteného územia.

(3) Ekologické charakteristiky skúmaného územia sú

a) pedologické pomery[8]), ako sú pôdne typy, druhy a ich bonita, stupeň náchylnosti pôd na mechanickú a chemickú degradáciu, spôsob využívania pôd v hodnotenom území a jeho okolí napr. poľnohospodársky a lesný pôdny fond,

b) ochrana prírody a krajiny v okolí lokality[9]), ako sú osobitne chránené územia, územné systémy ekologickej stability, lokality s výskytom chránených rastlín a živočíchov, lesné ekosystémy,

c) chemický stav útvaru podzemných vôd (podľa § 81 ods. 1 písm. k) zákona č. 364/2004 Z. z.).

(4) Materiálová bilancia skúmaného územia na základe výsledkov analýz odobratých vzoriek zemín a podzemných vôd stanovuje množstvo (v tonách) nadlimitne znečisteného horninového prostredia

---

[8]) Pedologické pomery sa hodnotia podľa archívnych materiálov, hlavne: Výsledky štátneho monitoringu – čiastkový monitorovací systém pôda“, „Komplexný prieskum pôd“ a „Bonitácia pôd – mapy BPEJ“, ktoré sa v prípade potreby konkretizujú výsledkami vlastných prieskumných prác.

[9]) Zdrojom informácií sú najmä územné plány a územné systémy ekologickej stability, doplnené o vlastné prieskumy.

v pásme prevzdušnenia a v pásme nasýtenia a hmotnosť (v kilogramoch) znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia a v znečistenej podzemnej vode, vypracovanej podľa prílohy č. 2.

Čl. 9
Identifikácia rizika

(1) Identifikácia rizika zahŕňa identifikáciu nebezpečenstva, charakterizovanie všetkých znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov a vypracovanie aktuálneho situačného modelu lokality.

(2) Cieľom identifikácie nebezpečenstva je
a) identifikovanie dominantne nebezpečných znečisťujúcich látok v skúmanom území,
b) identifikovanie príjemcov rizík.

(3) Identifikovanie dominantne nebezpečne znečisťujúcich látok v skúmanom území znamená vypracovanie zoznamu nebezpečných látok a škodlivých látok, zistených geologickým prieskumom znečisteného územia, ktorých koncentrácia v horninovom prostredí a v podzemnej vode prekračuje indikačnú hodnotu (ID) podľa prílohy č.12.

(4) Identifikovanie možných príjemcov rizík znamená vypracovanie prehľadu všetkých ohrozených subjektov s dôrazom na zvýšene citlivé populačné skupiny (napr. deti a mládež, starí ľudia, tehotné ženy), ohrozené ekosystémy, alebo podzemné vody so zdôvodnením uvedeného výberu ohrozených subjektov, vrátane ich lokalizácie vo vzťahu ku zdroju rizika napr. materská škôlka, rekreačné zariadenie, sídlisko v blízkosti znečisteného územia, alebo národný park, chránené územie, vodný zdroj v blízkosti znečisteného územia.

(5) Charakteristika dominantne nebezpečných znečisťujúcich látok[10]) a ďalších rizikových faktorov (príloha č. 3) obsahuje údaje o ich
a) fyzikálno – chemických vlastnostiach, napr. ich reaktívnosť, prchavosť, rozpustnosť,

[10]) Určovanie týchto charakteristík nie je vo väčšine prípadov predmetom rizikovej analýzy. Môžeme ich získať z relevantných databáz alebo bezpečnostných listov a ďalších materiálov. *(Niektorými zdrojmi sú napríklad: International Chemical Safety Cards - WHO, IPCS (Environmental Health Criteria), EPA's Office of Pollution Prevention and Toxics (OPPT) Chemical Fact Sheets and Chemical Summaries, EPA's Office of Air Quality Planning and Standards Hazardeous Air Pollutants Fact Sheets, EPA's Office of Ground Water and Drinking Water Contaminant Fact Sheets, Material Safety Data Sheets (MSDS), Agency for Toxic Substance and Disease Registry (ATSDR), EPA's Office of Research and Development and National Center for Environmental Assessment Integrated Risk Information System (IRIS), HEAST, CC Info, Silver Platter, Ekotoxikologická databáze Českého ekologického ústavu, Úrad verejného zdravotníctva SR).*

b) toxických vlastnostiach.

(6) Situačný model lokality uvedný v prílohe č. 4 je špecifický pre každú lokalitu a zhŕňa všetky dôležité výsledky prieskumných a monitorovacích prác realizovaných v skúmanom území, spracovaný do vizuálnej formy. Z výsledkov prieskumných prác sa musia abstrahovať nasledovné aspekty

a) hydrogeologické vlastnosti prostredia,
b) súčasné a budúce využitie skúmaného územia,
c) charakteristika znečistenia územia.

(7) Opis hydrogeologických vlastností prostredia obsahuje

a) litologické profily a hlavne prítomnosť nepriepustných vrstiev, zvodnených horizontov, šošoviek, puklín a podobne,
b) narazenú a ustálenú hĺbku hladiny podzemnej vody,
c) rozkyv hladiny podzemnej vody,
d) hydraulické gradienty,
e) smery prúdenia,
f) koeficienty filtrácie a prietočnosti,
g) kritériá kvality podzemných vôd daného útvaru podzemných vôd.

(8) Údaje o využití skúmaného územia zahŕňajú

a) charakter lokality, najmä priemysel, poľnohospodárstvo, sídelné útvary,
b) recipienty ako sú povrchové toky, jazerá, štrkoviská, chránené územia, mokrade a pod.,
c) receptory ako sú podzemné a povrchové vody, ľudia, zvieratá, biota,
d)kritéria kvality podzemnej vody, ak receptorom sú ochranné pásma vodárenských zdrojov a vodohospodársky významné územia.

(9) Charakteristika znečistenia územia vizuálne znázorňuje

a) miesto úniku znečisťujúcich látok, resp. zdroj znečisťujúcich látok,
b) rozsah znečistenia pásma prevzdušnenia do hĺbky 1,5 m,
c) rozsah znečistenia pásma nasýtenia,
d) rozsah znečistenia podzemných vôd,
e) rozsah znečistenia voľnou fázou (pre uhľovodíky ťažšie ako voda aj na dne zvodnenej vrstvy),
f) expozičné cesty k potenciálnym receptorom a recipientom,
g) monitorovacie objekty znečistenia podzemných vôd, ak sú známe.

Čl. 10
Hodnotenie environmentálnych rizík

(1) Hodnotenie environmentálnych rizík je identifikovanie ohrozených receptorov, vrátane opisu

a)potenciálnych environmentálnych rizík pre ohrozené receptory vyplývajúce z prítomnosti znečistenia,

b) mechanizmov možného negatívneho pôsobenia znečistenia na ohrozené receptory .

(2) Cieľom hodnotenia environmentálnych rizík je charakterizovať negatívne dôsledky pôsobenia znečistenia na identifikované receptory[11]).

(3) Predmetom hodnotenia environmentálnych rizík je

a) hodnotenie vzťahu dávka – účinok na životné prostredie,

b) hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika,

c) výpočet rizika šírenia znečistenia,

d) zhrnutie environmentálneho rizika.

(4) Vzťah dávka – účinok na životné prostredie hodnotí vlastnosti zistených dominantne nebezpečných znečisťujúcich látok vo vzťahu k životnému prostrediu, najmä ich perzistentnosť, potenciál pre bioakumuláciu, schopnosť biodegradácie, schopnosť migrácie znečisťujúcich látok, atď. V prípade, že pri identifikácii nebezpečenstva sú určené ako príjemca rizík živé organizmy, musí byť vykonané ekotoxikologické hodnotenie vzoriek znečisteného prostredia.

(5) Cieľom hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika[12]) je posúdiť

a) existenciu (možnosť) rizika šírenia sa znečistenia z pásma prevzdušnenia do pásma nasýtenia a následne rizika šírenia sa podzemnou vodou,

b) či prítomnosť znečistenia horninového prostredia v zistených koncentráciách a rozsahu predstavuje riziko pre jednotlivé receptory.

(6) Hodnotenia aktuálnosti environmentálneho rizika sa vypracováva pre

a) pôdu a horninové prostredie, podľa prílohy č. 5a,

---

[11]) Pokiaľ dôjde k zasiahnutiu poľnohospodárskej pôdy, lesných pozemkov, vodných tokov či využívaných zdrojov pitnej vody (vodárenských zdrojov), využíva sa pri hodnotení rizika, resp. stanovení cieľovej hodnoty nápravných opatrení príslušný záväzný legislatívny predpis.

[12]) Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika sa vykonáva ako prvý krok hodnotenia rizika aj pri nižšej úrovni preskúmanosti lokality.

b) podzemnú vodu, podľa prílohy č. 5b.

(7) V prípade, že na lokalite je hodnotením aktuálnosti environmentálneho rizika preukázané riziko šírenia sa znečistenia je nutné vypracovať výpočet rizika šírenia znečistenia, ako

a) výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou, podľa prílohy č. 6a,

b) výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám, podľa príloha č. 6b.

(8) Cieľom výpočtu rizika šírenia znečistenia je zistiť, či daný typ znečistenia horninového prostredia alebo podzemnej vody prispieva k znečisteniu podzemnej vody/povrchovej vody v rozsahu predstavujúcom riziko šírenia znečistenia, pričom sa hodnotí

a) migrácia znečisťujúcich látok z horninového prostredia do podzemnej vody,

b) migrácia znečisťujúcich látok podzemnou vodou,

c) migrácia znečisťujúcich látok podzemnou vodou vo vzťahu k povrchovej vode.

(9) Zhrnutie environmentálneho rizika predstavuje komplexné vyhodnotenie environmentálnych rizík pre jednotlivé znečisťujúce látky, expozičné cesty a recipienty a zohľadnenie a zdôvodnenie všetkých neistôt a neurčitostí hodnotenia, ako sú spôsob odberu vzoriek zemín a vôd, informácie o množstve ovzorkovaných objektov a o aktuálnosti spracovaných údajov, typ modelovania, laboratórnych testov a analýz, % odchýlky).

Čl. 11

Hodnotenie zdravotných rizík

(1) Hodnotenie zdravotných rizík je stanovenie miery nebezpečenstva pre zdravie jednotlivcov a populácie v skúmanom území s ohľadom na súčasné a budúce využitie územia.

(2) Predmetom hodnotenia zdravotných rizík je

a) hodnotenie vzťahu dávka – účinok pre znečisťujúce látky identifikované ako nebezpečné pre ľudské zdravie,

b) hodnotenie expozície,

c) výpočet zdravotných rizík,

d) zhrnutie zdravotných rizík.

(3) Hodnotenie vzťahu dávka - účinok[13]) popisuje kvantitatívne vzťahy medzi dávkou a závažnosťou nepriaznivého účinku (poškodenie, ochorenie, v extrémnych prípadoch až smrť jedincov) s ohľadom na prahové (nekarcinogénne) a neprahové (karcinogénne) účinky, vypracováva sa podľa príloha č. 7.

(4) Hodnotenie expozície obsahuje

a) vyhľadanie a vyhodnotenie zdroja, cesty, veľkosti, frekvencie a dĺžky trvania expozície danej populácie vplyvom sledovaného faktora,

b) odhad veľkosti, povahy a typu exponovanej populácie.

(5) Cieľom hodnotenia expozície je stanoviť relevantné expozičné cesty pre príjemcu rizík (inhalačná, dermálna a orálna) podľa prílohy č. 8a a vypočítať expozičné dávky pre jednotlivca a pre populáciu, ktorým môžu byť vystavení, podľa prílohy č. 8b.

(6) Výsledkom hodnotenia expozície je spočítanie všetkých expozičných dávok vyjadrených pre relevantné expozičné cesty (inhalačná, dermálna, orálna) a určenie celkovej expozičnej dávky pre každú hodnotenú znečisťujúcu látku.

(7) Výpočet zdravotných rizík predstavuje konečný krok v procese hodnotenia zdravotného rizika podľa príloha č. 8a a 8b. Obsahuje zhrnutie dát získaných v predchádzajúcich krokoch hodnotenia zdravotného rizika. Vedie k určeniu pravdepodobnosti, s akou sledovaný príjemca (jednotlivec alebo populácia) utrpí niektoré z možných poškodení.

(8) Zhrnutie zdravotných rizík, vypracované podľa príloha č. 9, predstavuje komplexné vyhodnotenie zdravotných rizík pre jednotlivé znečisťujúce látky, relevantné expozičné cesty, ktoré predstavujú riziko pre ľudské zdravie a príjemcov, resp. skupiny príjemcov a zohľadnenie a zdôvodnenie neistôt a neurčitostí hodnotenia, ako sú spôsob odberu vzoriek zemín a vôd, informácie o množstve ovzorkovaných objektov a o aktuálnosti spracovaných údajov, typ modelovania, laboratórnych testov a analýz, % odchylky.

Čl. 12
Závery analýzy rizika

(1) Záverom AR je záväzné vyjadrenie zodpovedného riešiteľa o skúmanom území, v ktorom uvedie či skúmané územie

[13]) Potrebné údaje vzťahu dávka – účinok je možné nájsť v toxikologických databázach (napr. IRIS, HEAST,...), ich odvodenie v rámci rizikovej analýzy sa vykonáva iba výnimočne.

a) predstavuje zdravotné a environmentálne riziko,
b) predstavuje len zdravotné riziko,
c) predstavuje len environmentálne riziko,
d) nepredstavuje ani zdravotné ani environmentálne riziko.

V závere sa uvedie aj zdôvodnenie neistôt prezentovaných výsledkov, tzn. zhrnutie skutočností, ktoré nemohli byť do záverov zahrnuté a prečo.

(2) Ak znečistenie územia predstavuje zdravotné alebo environmentálne riziko, alebo zdravotné a zároveň aj environmentálne riziko je potrebné vykonať sanáciu znečisteného územia.

Čl. 13
Stanovenie cieľov sanácie geologického prostredia alebo sanácie environmentálnej záťaže

Pre skúmané územie, v ktorom je potrebné vykonať sanáciu znečisteného územia je nutné stanoviť cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia, podľa prílohy č. 10.

Čl. 14
Návrh a zhodnotenie variantov sanácie znečisteného územia, vrátane odhadu finančných nákladov nápravných opatrení

(1) Sanáciu znečisteného územia podľa spôsobu zásahu do znečisteného územia delíme na
a) aktívnu sanáciu,
b) pasívnu sanáciu,
c) monitorované znečistenie.

(2) Aktívna sanácia je zásah do znečisteného prostredia, pri ktorom dôjde k likvidácii znečistenia v danom priestore, a to až na požadované hodnoty, ktoré neohrozujú okolie.

(3) Pasívna sanácia je zásah do znečisteného prostredia, pri ktorom sa zamedzuje šíreniu znečistenia mimo zistený priestor. Negatívne pôsobenie škodlivých látok je obmedzené iba na znečistený priestor.

(4) Monitorované znečistenie je stav, kedy z ekonomických, alebo technologických dôvodov nie je možné alebo účelné vykonať sanačný zásah a celá znečistená oblasť je len monitorovaná. Ak sa znečistenie nepohybuje, sú pripravené iba havarijné opatrenia pre likvidáciu mimoriadnych situácií. Požiadavky na monitorovanie znečistenia územia sú stanovené v prílohe č. 13.

(5) Výber vhodnej sanačnej metódy sa získa na základe hodnotenia sanačných scenárov (variantov) vyjadrujúcich rôzne ciele sanácie znečisteného územia a technologické postupy, vrátane odhadu potrebných finančných nákladov.

(6) Pre potreby ďalšieho rozhodovacieho procesu je nutné vypracovať a porovnať 4 sanačné scenáre (varianty)

a) nulový variant,

b) izolácia územia,

c) sanácia po navrhované sanačné limity,

d) úplné odstránenie znečistenia, alebo sanácia po inak stanovené limity.

(7) Nulový variant predstavuje súčasný stav, t.j. znečistenie podzemných vôd a zemín. Je nutné posúdiť či nepostačuje v skúmanom území navrhnúť len ochranné opatrenia, ako sú zákaz kúpania, polievania, pitia vody zo studní, konzumácia rýb z vodných nádrží resp. povrchových tokov, atď., alebo je nutné zahájiť sanáciu znečisteného územia.

(8) Izolácia územia je pasívny sanačný zásah, ktorého cieľom je zamedziť šíreniu sa znečistenia podzemnou vodou do okolia, najmä do povrchového toku. V samotnom znečistenom území nebudú vykonávané aktívne sanačné práce a v prípade zmeny jeho využívania bude pravdepodobne potrebné ich vykonať. Izolácia je vhodná najmä v prípade, že sa predpokladá pretrvávanie aktivity zdrojov znečistenia, resp. v lokalite je zvýšené riziko havarijných únikov, preto je potrebné zabezpečiť pravidelné a dlhodobé monitorovanie podzemných vôd, podľa prílohy č. 13.

(9) Sanácia vo vybraných častiach územia po navrhované sanačné limity je aktívny sanačný zásah, ktorého cieľom je znížiť koncentrácie znečisťujúcich látok na prijateľnú úroveň v tých častiach znečisteného územiach, kde ich prítomnosť môže predstavovať najvýznamnejšie riziká.

(10) Sanácia v celom znečistenom území pre inak stanovené sanačné limity je aktívny sanačných zásah v zraniteľných územiach, ako sú ochranné pásma vodných zdrojov, obytné zóny, chránené oblasti podľa osobitných predpisov, kde je potrebné úplné odstránenie znečisťujúcich látok v celom dotknutom území.

(11) V prípade, že na sanáciu znečisteného územia je potrebné vynaložiť nereálne alebo neúmerné finančné prostriedky, v porovnaní s maximálnym možným dosiahnuteľným cieľom, resp. koncentráciou znečistenia v skúmanom území, je možné vypracovať podklady pre návrh zmeny územného plánu pre skúmané územie na iný typ využitia skúmaného územia tak, aby návrh sanačných

limitov mohol byť vyhodnotený ako z technických tak aj z ekonomických aspektov ako efektívny a pritom zabezpečil zníženie rizík vyplývajúcich z prítomnosti znečistenia v skúmanom území.

(12) Výsledkom hodnotenia sanačných scenárov je výber vhodného sanačného variantu z hľadiska
a) požadovaných záverov a odporúčaní AR,
b) technickej a ekonomickej realizovateľnosti vybranej sanačnej metódy.

Čl. 15
Účinnosť

(1) Tento metodický pokyn bol schválený uznesením č. 7 z operatívnej porady ministra č. 1, dňa 27. januára 2012.

(2) Tento metodický pokyn nadobúda účinnosť dňom uverejnenia vo Vestníku Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky.

József Nagy, v.r.
minister
životného prostredia Slovenskej republiky

Zoznam príloh:

1. Obsah analýzy rizika znečisteného územia

2. Materiálová bilancia

3. Príklad tabuľkového spracovania charakteristík znečisťujúcej látky

4. Príklad jednoduchého koncepčného modelu znečistenej lokality

5a. Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne

5b. Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

6a. Výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

6b. Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám

7. Vzťah dávka – účinok na ľudské zdravie

8a. Hodnotenie expozície – expozičné cesty

8b. Hodnotenie expozície – výpočet expozičných dávok

9. Zhodnotenie zdravotných rizík

10. Stanovenie cieľových hodnôt sanácie znečisteného územia

11. Požiadavky na rozsah prieskumných prác a analytických prác

12. Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia, pôdy a podzemné vody

13. Návrh monitorovania podzemných vôd

14. Literatúra

Príloha č. 1 : Obsah analýzy rizika znečisteného územia

1. Doplňujúce údaje o skúmanom území
1.1 Ekologické charakteristiky skúmaného územia
1.2 Materiálová bilancia znečistených zemín a znečistených podzemných vôd
2. Identifikácia rizika
2.1 Identifikácia nebezpečenstva
2.2 Charakteristika znečisťujúcich látok a ďalších rizikových faktorov[14])
2.3 Situačný model lokality
3. Hodnotenie environmentálnych rizík
3.1 Vzťah dávka – účinok na životné prostredie
3.2 Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika
3.3 Výpočet rizika šírenia znečistenia
3.4 Zhrnutie environmentálneho rizika
4. Hodnotenie zdravotných rizík
4.1 Vzťah dávka – účinok na ľudské zdravie
4.2 Hodnotenie expozície
4.3 Výpočet zdravotných rizík
4.4 Zhrnutie zdravotných rizík
5. Závery analýzy rizika
6. Stanovenie cieľov sanácie geologického prostredia podľa § 9 písm. c) až e) alebo sanácie environmentálnej záťaže*
7. Návrh a zhodnotenie variantov sanácie geologického prostredia podľa § 9 písm. c) až e) alebo sanácie environmentálnej záťaže, vrátane odhadu finančných nákladov a návrh nápravných opatrení*
8. Zoznam použitej literatúry

Poznámka:
Kapitoly označené „*“ sa spracujú vtedy, ak je to účelné.

[14]) napr. § 41 zákona č. 364/2004 Z. z., § 6 zákona č. 245/2003 Z. z. o integrovanej prevencii a kontrole znečisťovania životného prostredia a o zmene a doplnení niektorých zákonov, § 5a zákona č. 261/ 2002 Z. z. o prevencii závažných priemyselných havárií a o zmene a doplnení niektorých zákonov, § 20 zákon č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov

Príloha č. 2: Materiálová bilancia

Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v zóne prevzdušnenia						
územie s koncentráciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu						
Označenie znečistenej plochy	**Priemerná hrúbka vrstvy (m)**	**Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky ($mg.kg^{-1}$ suš.)**	**Rozloha znečistenej plochy (m^2)**	**Objem znečistenej zeminy (m^3)**	**Hmotnosť znečistenej zeminy (t)**	**Hmotnosť znečisťujúcej látky (t)**
N1						
N2						
..						
..						
Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách (t)						

IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy 12A

Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách v zóne nasýtenia						
územie s koncentráciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu						
Označenie znečistenej plochy	**Priemerná hrúbka vrstvy (m)**	**Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky ($mg.kg^{-1}$ suš.)**	**Rozloha znečistenej plochy (m^2)**	**Objem znečistenej zeminy (m^3)**	**Hmotnosť znečistenej zeminy (t)**	**Hmotnosť znečisťujúcej látky (t)**
N1						
N2						
..						
..						
Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v zeminách (t)						

IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy 12A

Množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách						
územie s koncentráciami znečisťujúcej látky (XXX) nad IT hodnotu						
Označenie znečistenej plochy, resp. hladiny podzemnej vody	**Priemerná hrúbka vrstvy (m)**	**Priemerná koncentrácia znečisťujúcej látky ($mg.l^{-1}$)**	**Rozloha znečistenej plochy (m^2)**	**Objem znečistenej zvodnenej vrstvy (m^3)**	**Objem znečistenej vody (m^3)**	**Hmotnosť znečisťujúcej látky (kg)**
N1						
N2						
..						
..						
Celkové množstvo znečisťujúcej látky (XXX) v podzemných vodách (kg)						

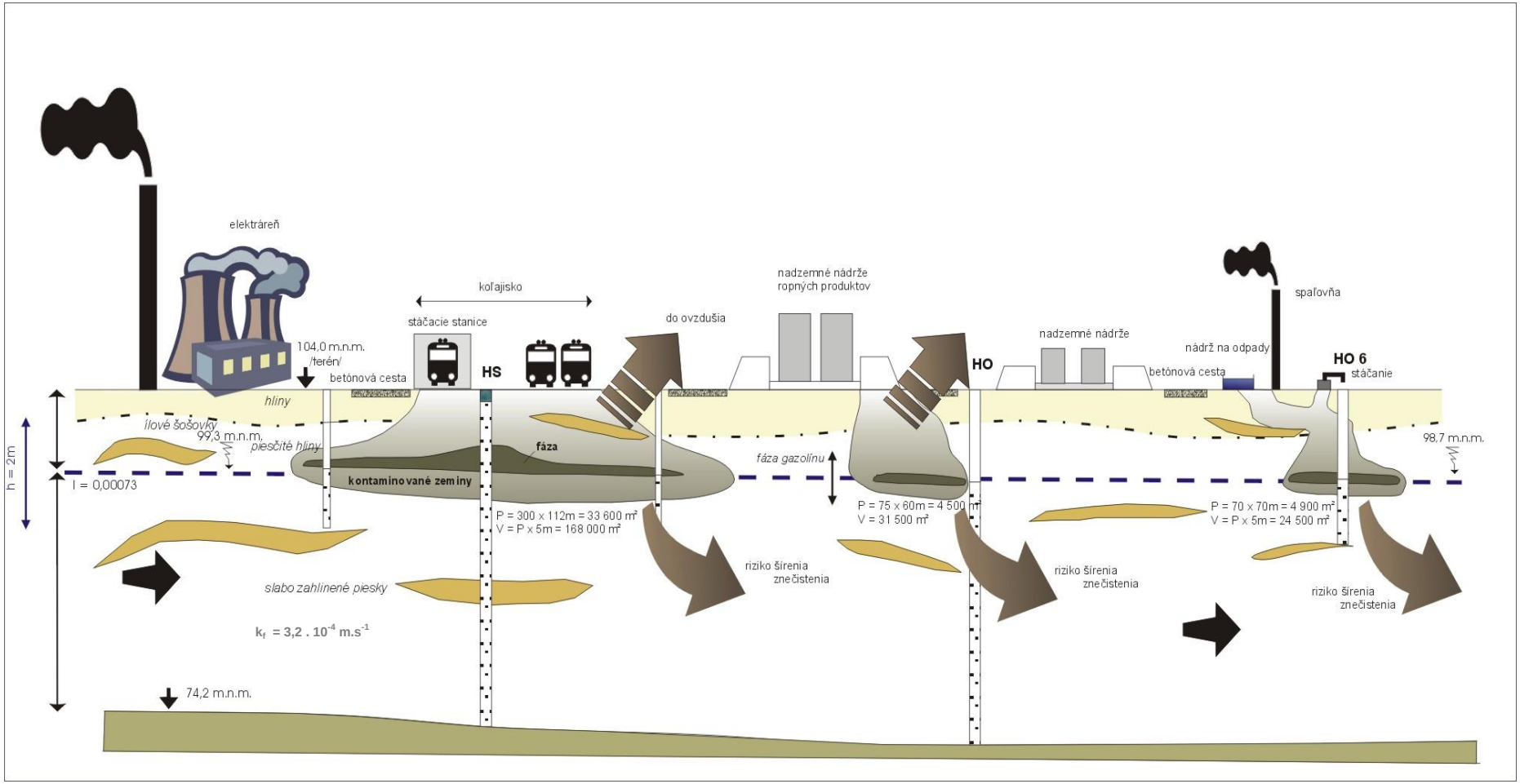
IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy 12B

Príloha č. 3 : Príklad tabuľkového spracovania charakteristík znečisťujúcej látky

Chemická látka	**Označenie**	**Jednotka**	**Zdroj informácie, hodnota**
CAS No			
Chemický vzorec			
Fyzikálno – chemické vlastnosti • bod varu • tenzia pár • Henryho konštanta • difuzivita vo vzduchu • rozpustnosť vo vode • efektívna rozpustnosť			
Environmentálno-chemické vlastnosti • rýchlosť fotolýzy • rýchlosť hydrolýzy • prchavosť • schopnosť biodegradácie • schopnosť chemickej degradácie (hydrolýza a redoxné procesy • celková rýchlosť degradácie (rozkladu) • perzistencia • K_{WA} – rozdeľovací koeficient voda / vzduch • K_{PA} – rozdeľovací koeficient tuhej častice / vzduch • K_{WB} – rozdeľovací koeficient voda / biota • K_{PW} – rozdeľovací koeficient tuhej častice / voda • K_{SA} – rozdeľovací koeficient pôda / vzduch • K_{OW} – rozdeľovací koeficient n-oktanol / voda (log K_{OW}) • K_{OC} – rozdeľovací koeficient sorpcie na organickej hmote (adsorpcia na organický uhlík) • K_{WS} – rozdeľovací koeficient voda / pôda, • K_D – rozdeľovací koeficient zemin / voda • Bioakumulácia/biokoncentrácia – biokoncentračný faktor BCF			
Ekotoxicita pre nižšie testovacie organizmy • toxicita pre mikroorganizmy baktérie) • toxicita pre vodné rastliny (riasy) • toxicita pre nižšie vodné organizmy (bezstavovci) • toxicita pre vyššie vodné organizmy (stavovci – ryby) • toxicita pre vyššie rastliny • toxicita pre terestrické organizmy			

Toxicita pre cicavce a človeka • vratné / nevratné účinky (karcinogenita) • kvalitatívne typy účinkov napr. hepatotoxický, neurotoxický, genotoxický ... • dráždivosť a senzitivita • akútna / chronická toxicita • lokálna / systémová toxicita • genotoxicita – karcinogénne, mutagénne, teratogénne účinky • vývojová toxicita (vrátane reprodukčnej toxicity) • neurotoxicita • vzťahy medzi štruktúrou látok a ich biologickou účinnosťou (QSAR) • tzv. kritický účinok (napr. pre expozíciu olova, t.j. obsah olova v krvi)			
Karcinogenita (US EPA, IARC)			
Karcinogénne riziko pre človeka – orálne	OSF		
Karcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	IUR		
Nekarcinogénne riziko pre človeka – orálne	RfD		
Nekarcinogénne riziko pre človeka – inhalačne	RfC		
Rizikové vety	R veta, S veta		
Zhodnotenie humánneho rizika			
Limitné koncentrácie podľa platnej legislatívy	*povrchová voda, pitná voda, vonkajšie a pracovné ovzdušie, sedimenty, pracovné prostredie*		

Príloha č. 4: Príklad jednoduchého koncepčného modelu znečistenej lokality



Príloha č. 5a: Hodnotenie aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne

Hodnotenie aktuálneho rizika zo znečistených pôd spočíva v určení rozsahu znečistenia, stanovení pomeru skutočných (nameraných) koncentrácií a hodnoty LC (EC)50.
Praktická aplikácia metódy pozostáva z dvoch základných krokov

a) jednoduchého testu aktuálnosti rizika,
b) hodnotenia rizika.

Jednoduchý test aktuálnosti environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne

Rozhodnutie	**Áno**	**Nie**
Je znečisťujúca látka prítomná v kontaktnej zóne?		

Za kontaktnú zónu pre hodnotenie rizík pre receptory v kontaktnej zóne považujeme zónu do hĺbky asi 1,0 - 1,5 m. V prípade, že odpoveď v jednoduchom teste je áno, je potrebné hodnotenie rizika.

Kritériá hodnotenia environmentálneho rizika podľa využitia územia

Skupina využitia územia	Využitie územia	Znečistená plocha územia, v ktorej sú koncentrácie znečisťujúcej látky <10xLC50	Znečistená plocha územia, v ktorej sú koncentrácie znečisťujúcej látky >10xLC50
1.	Prírodné a zvlášť citlivé oblasti (chránené územia, prírodné parky, školské zariadenia, ihriská, ...)	>500 m^2	50 - 500 m^2
2.	Poľnohospodárstvo Domy s bytmi a záhrady Rekreácia, oddychové zóny	>5 000 m^2	>500 m^2
3.	Stavby, priemysel, infraštruktúra Nevyužívané lokality	>500 000 m^2	>5 000 m^2

LC50 (alebo HC50) - letálna koncentrácia, t.j. koncentrácia danej látky, pri ktorej za podmienok pokusu uhynie 50 % testovaných organizmov. Ak údaj nie je dostupný použije sa príslušná intervenčná hodnota (IT) pre danú znečisťujúcu látku pre dané využitie územia uvedená v prílohe 12.

Hodnotenie environmentálneho rizika pre receptory v kontaktnej zóne

Názov lokality	**XXX**						
typ znečistenia = názov znečisťujúcej látky	**LC 50****	**IT**	**Nameraná hodnota (NH)**	**Prekročenie limitu (PL)**	**Znečis. plocha**	**Využitie územia**	**Hodnot. rizika***
	$mg.kg^{-1}$.suš	**$mg.kg^{-1}$.suš**	**$mg.kg^{-1}$.suš**	**NH/IT alebo NH/LC 50**	**m^2**	**skup. 1, 2 alebo 3**	**ÁNO/ NIE**
N1*							
N2*							
...							

Vysvetlivky:

N1* - označenie znečistenej plochy

IT – intervenčné kritérium pre daný spôsob využitia územia podľa prílohy 12

* Pre prírodné a zvlášť citlivé oblasti platí, že ak je PL < 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 500 m^2, ak je PL > 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 50 m^2 (skupina využitia územia č.1)

Pre obytné, poľnohospodárske a rekreačné zóny platí, že ak je PL < 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 5000 m^2, ak je PL > 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 500 m^2 (skupina využitia územia č.2)

Pre priemyselné a nevyužívané areály platí, že ak je PL < 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 500 000 m^2, ak je PL > 10, za riziko sa považuje znečistenie na ploche ≥ 5 000 m^2 (skupina využitia územia č.3)

** v prípade, že nie sú k dispozícii údaje o LC50 pre danú látku, použije sa hodnota IT podľa prílohy 12

Príloha č. 5b Hodnotenie aktuálnosti rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

Jednoduchý test rizika šírenia znečistenia

Jednoduchý test šírenia znečistenia spočíva v odpovedaní na nasledujúce 4 otázky:

1. Je na hladine alebo pod hladinou podzemnej vody voľná fáza znečisťujúcej látky ?
2. Prechádza znečisťujúca látka cez horninové prostredie ?
3. Možno predpokladať šírenie sa znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia ?
4. Je nad hodnotu indikačného znečistenia (ID hodnota v prílohe 12B) znečistených viac ako 1000 m^3 podzemnej vody?

V prípade, že budú všetky odpovede „Nie“ nepredpokladá sa žiadne riziko. V prípade, že je odpoveď aspoň na jednu z otázok 1., 2., 3., 4. „Áno“ predpokladá sa riziko a sú potrebné výpočty rizika šírenia znečistenia.

Príloha č. 6a: Výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou

Všeobecné ustanovenia

Zdroj znečistenia alebo zdroj znečisťovania podzemnej vody predstavuje riziko šírenia znečistenia v podzemnej vode vtedy, keď v referenčnom mieste a v referenčnom čase bude koncentrácia znečistenia rozpusteného v podzemnej vode rovná alebo väčšia ako koncentračná hodnota kritéria kvality pre podzemné vody.

AR a návrh nasledovných ochranných alebo sanačných opatrení musí zaručiť, že využívané zdroje podzemných vôd, alebo zdroje podzemných vôd plánovaných na využitie zostanú neznečistené; to znamená, že budú splnené kritériá pre podzemné vody v danej lokalite.

V prípade, že nejaká iná lokalita už je zdrojom znečistenia podzemných vôd, táto skutočnosť vstupuje do rizikovej analýzy - znečistenie z iných zdrojov ako je samotná lokalita na ktorej prebieha riziková analýza sa považuje za pozadie. Je nevyhnutné na túto skutočnosť poukázať.

Voľné fázy znečisťujúcej látky sú látky v koncentrácii, ktorá prekračuje maximálnu rozpustnosť predmetnej látky. V prípade ich zistenia aj bez nasledovných výpočtov predpokladáme vždy existenciu rizika a minimálne tá časť znečistenia, ktorá sa nachádza vo voľnej fáze, má byť odstránená. Výpočet rizika šírenia sa znečistenia podzemnými vodami sa preto zaoberá iba znečistením v rozpustenom stave.

Transportné procesy prebiehajúce tak v pásme prevzdušnenia ako aj v pásme nasýtenia, spôsobujú zmenšenie koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode (prírodná, prirodzená atenuácia). Uplatňujú sa pri tom procesy: sorpcia, disperzia a prirodzená transformácia (degradácia, rozpad).

Výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou sa vypracováva zvyčajne pre dve situácie

1. **je známy zdroj znečistenia/znečisťovania** a nie je známy rozsah znečistenia – výpočty sa využijú na vytvorenie prognózy migrácie znečisťujúcich látok, ktorá sa následne overí prieskumom životného prostredia a/alebo monitoringom,
2. **je známy rozsah znečistenia** a **nie je známy zdroj znečistenia/znečisťovania** (nie sú známe údaje o jeho pôsobení) – v tomto prípade výpočty slúžia:
   a) ako pomôcka k identifikácii zdroja znečistenia/znečisťovania a poznanie jeho pôsobenia,
   b) k určeniu, či sa súčasný rozsah znečistenia bude zväčšovať alebo nie,
   c) k určeniu, či je v lokalite aktuálne riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou

Postup[15]) výpočtu rizika šírenia znečistenia v podzemnej vode musí pozostávať z nasledujúcich krokov (postupnosť krokov sa môže líšiť v závislosti od stavu poznania lokality):

1. *Určenie aktuálnosti, rozsahu, dĺžky a doby pôsobenia primárneho zdroja znečistenia*
   a) aktuálnosť: aktívny zdroj / zdroj pôsobiaci v minulosti,
   b) rozsah: množstvo uniknutej látky,
   c) dĺžka pôsobenia: čas od začiatku pôsobenia zdroja do jeho ukončenia (jednorázový zdroj / dlhodobo (kontinuálne alebo opakovane) pôsobiaci (trvalý) zdroj),
   d) doba pôsobenia: čas od ukončenia pôsobenia zdroja do doby prieskumu rozsahu znečistenia a spracovania AR.

2. *Stanovenie distribúcie a mobility znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v blízkosti zdroja = stanovenie koncentrácie C_o[16])*

C_0 sa zisťuje:

a) meraním koncentrácie znečistenia vo vode v póroch v pásme prevzdušnenia,

b) výpočtom, tzn. v mnohých prípadoch bude možné zistiť iba koncentráciu znečistenia v horninovom prostredí alebo pôde (alebo podľa možnosti v pôdnom vzduchu). V týchto prípadoch

---

[15]) Postup sa vzťahuje nielen na environmentálne záťaže (vznikli pre rokom 2007) ale aj na environmentálne škody (vznikli po roku 2007) a na ostatné spôsoby vzniku znečistenia (napr. aktuálne havárie).

[16]) Koncentrácia pri $\mathbf{C_o}$ je maximálna koncentrácia znečisťujúcej látky (v čase a priestore) vo vode v póroch v pásme prevzdušnenia.

môžeme koncentráciu pri zdroji vypočítať na základe predpokladu vytvorenia rovnováhy medzi rozdelením fáz v zemine (pôde), vode a vzduchu (princíp rozdeľovacích koeficientov),

c) stanovením výluhu zo vzorky zeminy buď statickým testom podľa Európskych štandardov EN 12506 a EN 13370, alebo dynamickým testom cez prietočné kolóny.

V prípade, že nie je možné využiť na stanovenie C_o meranie, výpočet alebo výluh, môžeme použiť najväčšiu možnú rozpustnosť predmetnej znečisťujúcej látky vo vode. Použitie maximálnej rozpustnosti bude obyčajne viesť k nadhodnoteniu koncentrácie pri zdroji, pretože rozpustnosť danej látky môže byť ovplyvnená inými rozpustenými látkami. Pretože znečisťujúca látka sa často vyskytuje v zmesi jednotlivých látok je nevyhnutné stanoviť jeho partičné zastúpenie, pretože jeho rozpustnosť je daná jeho podielom v zmesi ostatných rozpustených látok.

3. Stanovenie rozsahu a intenzity prenosu znečisťujúcej látky z pásma prevzdušnenia v blízkosti zdroja do podzemnej vody - stanovenie koncentrácie C_1

Krok stanovenia koncentrácie C_1[17]) predstavuje poznanie procesu zvyšovania koncentrácie znečiťujúcej látky v podzemnej vode v blízkosti zdroja, pričom výpočty sa vzťahujú na vrchných 0,25 m zvodne[18]).

C1 je možné stanoviť aj meraním (odberom a analýzou vzoriek) z vrtov podľa typu znečisťujúcej látky (voľba správnej vzorkovacej techniky a miesta odberu vzorky). Ak používame namerané koncentrácie, je dôležité vyhodnotiť či ide o dočasné (ukončené) znečistenie kolektora podzemnej vody, alebo permanentné, dlhodobo pôsobiace znečistenie. Na účely rizikovej analýzy používame najvyššie namerané hodnoty.

Ak hodnota C1 prekračuje IT hodnotu podľa prílohy 12, je potrebné vykonať aj ďalší krok hodnotenia.

4. Výpočet koncentrácie znečistenia rozpusteného v podzemnej vode v referenčnom mieste a v referenčnom čase – koncentrácia C_2,C_3

Referenčné miesto sa určí v závislosti od spôsobu využitia lokality a najmä od aktuálneho stavu a možností využitia podzemnej vody, maximálne však vo vzdialenosti 100 m od zdroja znečistenia, alebo od najviac znečistenej časti hodnoteného územia (centrum znečistenia).

Referenčný čas sa vypočíta analytickým, alebo numerickým riešením diferenciálnej rovnice migrácie znečisťujúcej látky v podzemných vodách.

Výpočet koncentrácie znečistenia rozpusteného v podzemnej vode v referenčnom mieste a v referenčnom čase musí zohľadňovať aktuálnosť, rozsah, dĺžku a dobu pôsobenia primárneho zdroja znečistenia, distribúciu a mobilitu znečisťujúcej látky v pásme prevzdušnenia v blízkosti zdroja a rozsah a intenzitu prenosu znečisťujúcej látky z pásma prevzdušnenia v blízkosti zdroja do podzemnej vody.

Ak v referenčnom mieste a v referenčnom čase alebo po jeho uplynutí je (vypočítaná, alebo nameraná) koncentrácia znečistenia rozpusteného v podzemnej vode rovná alebo väčšia ako koncentračná hodnota kritéria kvality pre podzemné vody, v lokalite existuje riziko šírenia znečistenia v podzemnej vode a je potrebné navrhnúť sanáciu a stanoviť jej ciele.

---

[17]) Koncentrácia pri zdroji znečistenia (C1) je maximálna koncentrácia znečisťujúcej látky (v čase a priestore), ktorá vznikne presakovaním znečisťujúcej látky zo zdroja znečistenia (pri environmentálnych záťažiach, kde zdroj už nie je aktívny z pásma prevzdušnenia) do podzemnej vody.

[18]) Predpokladá sa, že zvodeň je homogénna, rýchlosť prúdenia podzemnej vody je konštantná. Výpočet koncentrácie kontaminantov v podzemnej vode sa uskutočňuje ako výpočet rovnovážneho stavu vo vrchnej časti zvodne

Postupy a vzorce pre výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou sú uvedené v zozname odporúčanej literatúry, základné vzorce pre výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou sú uvedené nižšie.

Optimálnym nástrojom pre výpočet rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou je matematické modelovanie. Pre účely rizikovej analýzy je možné využiť viaceré softwarové produkty.

Základné rovnice migrácie znečistenia

Obdobne ako v prípade riešenia prúdenia podzemnej vody, je aj odvodenie základnej rovnice prenosu hmoty založené na princípe zachovania hmoty.

Pri najjednoduchšej rovnici migrácie kontinuity pre miesiteľné prúdenie zanedbávame interakcie roztoku s pevnou fázou (skeletom), čo vedie k vzniku sorpčných a desorpčných javov (pozri nasledujúci odsek) a tiež reakcie jednotlivých látok v roztoku a ich samovoľný rozpad.

Rovnicu pre nenasýtenú zónu môžeme písať v tvare

$$\frac{\partial(\Theta C)}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\Theta . D_{ij} . \frac{\partial C}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}\left(v_i . C\right),$$

kde C je koncentrácia látky v roztoku [mg.l^{-1}], Θ je vlhkosť (obsah vody v póroch zeminy), v_i je filtračná rýchlosť a D_{ij} je tenzor koeficientov disperzie [m^2.s^{-1}].

Ak riešime prenos *v nasýtenej zóne*, je hodnota vlhkosti konštantná a rovná sa efektívnej pórovitosti. Pre takýto prípad môžeme celú rovnicu podeliť jej hodnotou a dostaneme

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_{ij} . \frac{\partial C}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}\left(v_{Pi} . C\right)$$

V tejto rovnici je v_{pi} pórová rýchlosť prúdenia vody.

Táto rovnica je základná diferenciálna rovnica pre tzv. konzervatívny prenos látky pórovým prostredím, t.j. prenos, pri ktorom látka nereaguje s prostredím ani nepodlieha samovoľnému rozkladu. To je síce najjednoduchší prípad, v praktických prípadoch ale iba v malom percente prípadov môžeme tieto reakcie zanedbávať.

Sorpcia predstavuje reakciu rozpustenej látky s pôdnym komplexom a má dve polohy, a to adsorpciu a desorpciu. Adsorpcia je jav, pri ktorom sa molekuly rozpustenej látky pevne viažu na pôdny komplex a tým sa prestávajú zúčastňovať na prenose, desorpcia prebieha práve opačným smerom, t.j. za určitých podmienok sa naopak látka, nasorbovaná na pôdny skelet, uvoľňuje späť do prostredia. Ukazuje sa, že pôdny skelet má prevažne záporný náboj. Preto sa sorpcia výraznejšie prejavuje u roztokov, ktoré obsahujú katióny. U aniónov sa sorpcia prevažne neprejaví, ale niekedy (napr. u chloridov) sa dokonca môže prejaviť uvoľňovanie aniónov chloridov z pôdneho skeletu. Potom je sorpcia záporná a chloridový roztok sa môže napr. u ílových zemín šíriť aj vyššou rýchlosťou (pozri napr. van Genuchten[1981]). Pre riešenie sorpcie sa musí zaviesť do pôvodnej bilančnej rovnice zmena množstva látky, ktoré je viazané na pôdny skelet. Na rozdiel od koncentrácie C látky, rozpustenej vo vode, ktorá sa vyjadruje ako množstvo hmoty látky v jednotkovom objeme vody [mg.l^{-1}], je koncentrácia S látky, ktorá sa sorbuje na pôdny skelet vyjadrené ako množstvo látky na jednotku hmoty pôdneho skeletu, čiže táto koncentrácia je bezrozmerná. Základná rovnica sa teda zmení na tvar

$$\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho . S + \Theta . C\right) = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\Theta . D_{ij} . \frac{\partial C}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}\left(v_i . C\right) + \sum_k Z_k \text{, kde}$$

Θ = vlhkosť

ρ = merná hmotnosť zŕn skeletu.

Posledný člen na pravej strane rovnice vyjadruje pôsobenie zdrojov, ktoré neboli zahrnuté do disperzného ani konvektívneho toku. Tento zdrojový člen práve umožňuje zaviesť do rovnice reakcie

látky (napr. rôzne rozpadové procesy). Tieto procesy sa najčastejšie vyjadrujú ako procesy s kinetikou prvého a nultého rádu

$$Z_k = -\mu_r.\Theta.C - \mu_s.\rho.S + \delta_r.\Theta + \delta_s.\rho, \text{ kde}$$

μ_r = konštanta, vyjadrujúca rýchlosť rozpadových reakcií prvého rádu v roztoku

μ_s = konštanta, vyjadrujúca rýchlosť rozpadových reakcií prvého rádu v sorbovanej časti

δ_r = konštanta, vyjadrujúca produkciu iónov látky (kinetika nultého rádu) v v roztoku

δ_s = konštanta, vyjadrujúca produkciu iónov látky (kinetika nultého rádu) v sorbovanej časti

Pre rádioaktívny rozpad je $\mu_r=\mu_s=\lambda$ a $\delta_r=\delta_s=0$ a môžeme písať

$$Z_k = -\lambda.(\Theta.C + \rho.S), \text{ kde}$$

λ = rozpadová konštanta

Obdobne by sa mohli voľbou vhodných konštánt vystihnúť aj rôzne degradačné procesy, či už chemického, alebo mikrobiologického charakteru.

Pre vlastné riešenie je potrebné vyjadriť vzťah medzi obidvomi koncentráciami C a S. Toto sa opäť rieši pomocou rôznych zjednodušujúcich predpokladov. Jednotlivé riešenia môžeme teraz rozdeliť na dve veľké skupiny, a to

- riešenie rovnovážnej sorpcie. Predpokladá sa okamžitá sorpcia, t.j. teoreticky nekonečne veľká rýchlosť sorpčných procesov. Toto je korektné v prípade, že rýchlosti prenosu sú rádove nižšie ako rýchlosti sorpcie,
- riešenie nerovnovážnej sorpcie. Ak je rýchlosť sorpčného procesu zrovnateľná s rýchlosťou prenosu, nemôžeme ju zanedbávať a musíme ju do riešenia zaviesť.

Pri riešení rovnovážnej sorpcie zanedbávame jej rýchlosť. Preto ide vlastne iba o vyjadrenie funkčného vzťahu medzi obidvomi koncentráciami S a C. Tieto vzťahy sa v literatúre často označujú ako izotermy, aj keď ide o mierne zavádzajúce označenie, pretože tieto rovnice s teplotou a tým s izotermiou nemajú v podstate nič spoločné. Najjednoduchší, ale tiež najčastejšie používaný vzťah je tzv. lineárna izoterma

$$S = K_d.C, \text{ kde}$$

Kd = koeficient distribúcie

Je zrejmé, že pomocou tohto vzťahu dostaneme najjednoduchšie vyjadrenie základnej rovnice. Ak dosadíme do základnej rovnice, dostaneme

$$(\rho.K_d + \Theta)\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(\Theta.D_{ij}.\frac{\partial C}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}(v_i.C) + \sum_k Z_k$$

Pre prípad prenosu látok v nasýtenej zóne, kde je vlhkosť konštantná a rovná efektívnej pórovitosti, sa zvykne rov.() upravovať na tvar

$$R.\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x_i}\left(D_{ij}.\frac{\partial C}{\partial x_j}\right) - \frac{\partial}{\partial x_i}(v_{pi}.C) + \sum_k Z'_k$$

kde sme zaviedli tzv. retardačný faktor R vzťahom

$$R = 1 + \frac{\rho}{m_e}.K_d$$

Obdobne sa zmenili výrazy pre reakcie látky, preto sme v rovnici označili zdrojový člen ako Z'. Tento člen môžeme pre prípad nasýtenej zóny písať v tvare

$$Z'_k = \left[-\mu_r + \delta_r + (\delta_s - \mu_s).\frac{\rho.K_d}{m_e}\right].C$$

Pre často sa vyskytujúci prípad rádioaktívneho rozpadu látky potom môžeme písať zdrojový člen v tvare

$$Z'_k = \lambda . R . C$$

Analytické riešenia sú obmedzené na prípady s jednoduchými okrajovými podmienkami a tiež s jednoduchým geometrickým tvarom oblasti (napr. polonekonečný pás). Navyše v prípade prenosu vzniklo ďalšie obmedzenie v tom, že pre priame riešenie sa väčšinou predpokladá, že prenos prebieha v homogénnom poli rýchlostí, čiže sa nemení smer ani veľkosť rýchlosti v celej oblasti. Toto bude asi najväčšia prekážka použitia takýchto riešení a preto v súčasnosti sa používajú iba ako etalóny, čiže pre otestovanie numerických modelov.

Najčastejšie používané analytické riešenie rieši prenos znečistenia v polonekonečnom vodorovnom páse. Pri riešení sa vychádza zo základnej diferenciálnej rovnice jednorozmerného prenosu. Potom riešenie tejto rovnice pri počiatočnej podmienke C=0 v čase t=0 a pri okrajovej podmienke $C=C_0$ pre x=0 (Dirichletova okrajová podmienka 1.rádu) môžeme písať v tvare

$$\frac{C(x,t)}{C_0} = \frac{1}{2}\left[\operatorname{erfc}\left(\frac{x - v_p.t}{2.\sqrt{D.t}}\right) + e^{\left(-\frac{v_p.x}{D}\right)}.\operatorname{erfc}\left(\frac{x + v_p.t}{2.\sqrt{D.t}}\right)\right]$$

kde funkcia erfc(x) predstavuje doplnkovú funkciu k distribučnej funkcii Gaussovho normálneho rozdelenia erf(x), teda

$$\operatorname{erfc}(x) = 1 - \operatorname{erf}(x)$$

a distribučná funkcia sa vyjadruje v tvare

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}}.\int_0^x e^{-\frac{u^2}{2}} du$$

a pre výpočty sa často používa jej rozvoj do nekonečného radu v tvare

$$\operatorname{erf}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}}.\sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^n.x^{2n+1}}{n!(2n+1)}$$

V prípade rozpadu látky sa môže nájsť analytické riešenie v tvare

$$\frac{C(x,t)}{C_0} = \frac{1}{2}e^{\left(\frac{v_p.x}{2D}\right)}\left[e^{-x\beta}\operatorname{erfc}\left(\frac{x - t\sqrt{v_p^2 + 4\lambda D}}{2.\sqrt{D.t}}\right) + e^{x\beta}.\operatorname{erfc}\left(\frac{x + t.\sqrt{v_p^2 + 4\lambda D}}{2.\sqrt{D.t}}\right)\right]$$

kde

$$\beta = \frac{v_p}{2D} + \sqrt{\frac{\lambda}{D}}$$

V týchto vzťahoch je D koeficient pozdĺžnej disperzie a v_p je skutočná (pórová) rýchlosť.

Pre prípad okamžitého znečistenia, kedy sa do podzemné vody nárazovo uvoľní celkové množstvo látky M je rovnica jednoduchšia

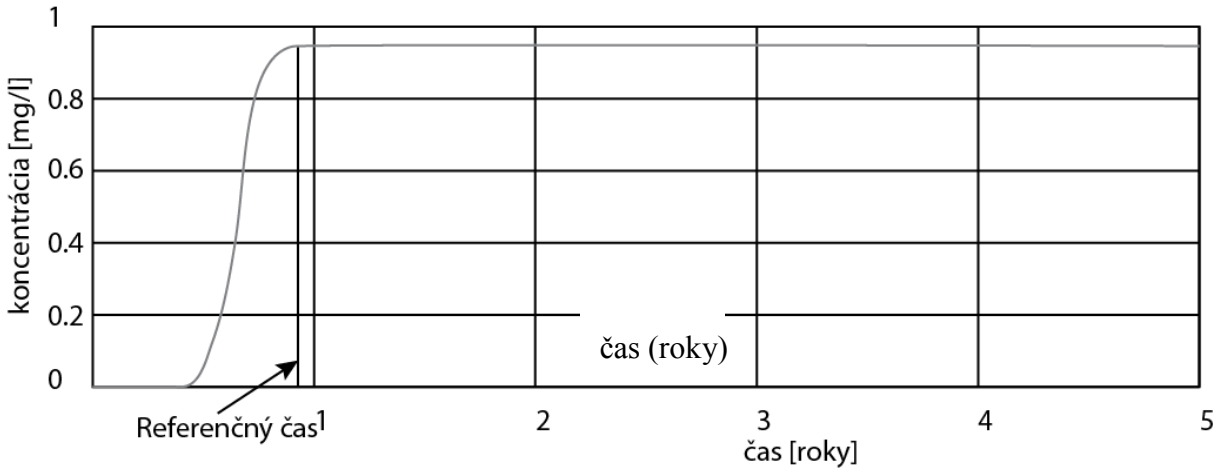
$$C(x,t) = \frac{M}{2n\sqrt{\pi D t}} e^{\left(-\frac{(x - v_p.x)^2}{4Dt}\right)}$$

kde n je pórovitosť prostredia.

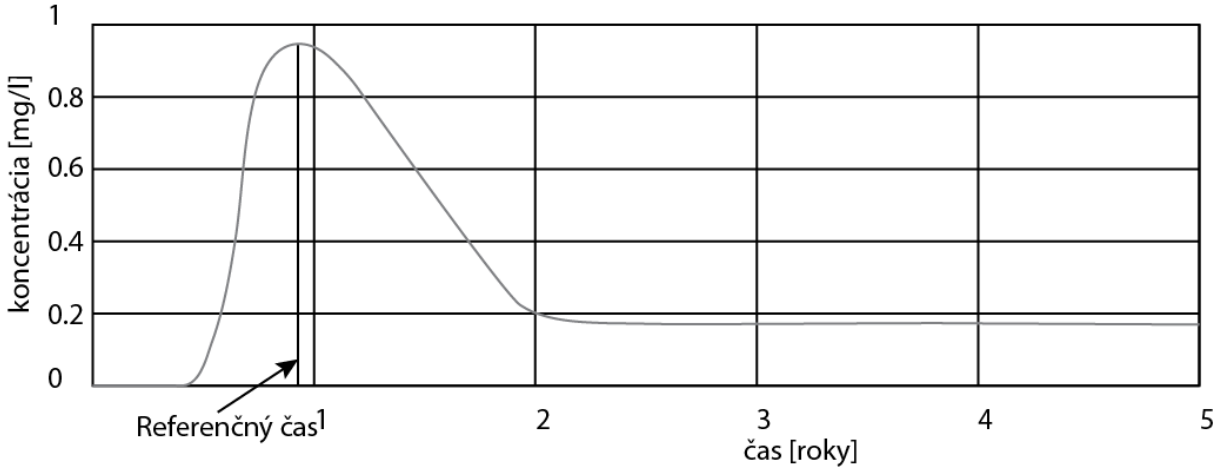
Z uvedených vzťahov vyplýva, že analytické riešenia úlohy sú zložité a v praxi majú iba obmedzené použitie. V súčasnosti sú už celkom nahradené numerickými riešeniami rovníc migrácie. Je to predovšetkým preto, že migrácia je silne ovplyvnená prúdením podzemnej vody. Numerické modely preto vychádzajú z modelu prúdenia, na ktorý priamo nadväzuje riešenie migrácie. Aj komerčne najrozšírenejší produkt pre model migrácie MT3D je napojený na model prúdenia pomocou systému MODFLOW.

Obrázok 1: Príklad grafov koncentrácie znečisťujúcej látky v referenčnom mieste v závislosti od času

a. Trvalý zdroj znečistenia



b. Jednorazový zdroj znečistenia



Zjednodušený postup výpočtu šírenia znečistenia krokovou metódou podľa literatúry por. č. B4 uvedenej v prílohe 14.

Stanovenie hodnôt C_o (koncentrácia v zdroji znečistenia)

Fázové rozdelenie v horninovom prostredí alebo v pôde (v pásme prevzdušnenia)

Celkový objem znečisťujúcej látky v horninovom prostredí môže byť stanovený ako suma objemu všetkých fáz v horninovom prostredí

$$\mathbf{V_L + V_V + V_J = 1}, \text{ kde}$$

V_L = Relatívny objemový podiel plynnej fázy v horninovom prostredí

V_V = Relatívny objemový podiel vody v horninovom prostredí

V_J = Relatívny objemový podiel tuhej fázy v horninovom prostredí.

Maximálne množstvo látok v jednom kubickom metri (1 m^3) v horninovom prostredí, rozdelených medzi tri fázy horninovom prostredí, môže byť vypočítané nasledovne:

V plynnej fáze zemín (pôdny vzduch)

$$\mathbf{M_{L,\,max} = V_L \cdot C_{L,\,max}}, \text{ kde}$$

$M_{L,max}$= maximálne množstvo látky v pôdnom vzduchu (mg.$^{m-3}$ objemu zeminy)

$C_{L,max}$ = koncentrácia saturovaných pár znečisťujúcej látky (mg.m^{-3} pôdneho vzduchu)

$C_{L,max}$ - môže byť vypočítané na základe parciálneho tlaku identifikovaných látok

$$C_{L,max} = \frac{p \cdot m \cdot 10^3}{R \cdot T}$$, kde

p = parciálny tlak látky (N.m^{-2})

m = mólová hmotnosť (g.mol^{-1})

R = plynová konštanta (8.314 J.mol^{-1} · K)

T = teplota (298 K = 25° C)

Vo vodnej fáze (pôdna voda)

$$\mathbf{M_{V,max} = V_V \cdot S}, \text{ kde}$$

$M_{V,max}$= maximálne množstvo látky v pôdnej vode (mg.m^{-3} objemu zeminy)

S = rozpustnosť látky vo vode (mg.m^{-3} pôdnej vody).

V parciálnej časti pevných látok

$$\mathbf{M_{J,max} = V_J \cdot d \cdot K_{oc} \cdot f_{oc} \cdot S\ (mg.m^{-3})}, \text{ kde}$$

$M_{J,max}$ = maximálne množstvo danej látky, ktoré je adsorbované na organickej frakcii tuhých častíc (mg.m^{-3} objemu zemín)

d = objemová hmotnosť pevnej fázy častíc

K_{oc} = rozdeľovací koeficient organický uhlík/voda (1.kg^{-1})

f_{oc} = obsah organického uhlíka v zemine (0.001)

Maximálna kapacita zeminy pre danú látku potom bude

$$\mathbf{M_{L,max} + M_{V,max} + M_{J,max}}$$

Na základe predpokladu, že relatívne rozdelenie medzi tri fázy je nezávislé na celkovej koncentrácii v zemine, môže byť vypočítané rozdelenie danej látky v jednotlivých fázach. Pre plynnú fázu platí nasledovné:

$$f_L = \frac{M_{L,max}}{M_{L,max} + M_{V,max} + M_{J,max}} = \frac{M_L}{M_L + M_V + M_J}$$, kde

f_L = relatívne množstvo (prchavej frakcie) v pôdnom vzduchu vo vzťahu k celkovému obsahu v zemine (vypočítané na m^3 zeminy).

M_L, M_V, M_J = aktuálne množstvo v každej z troch fáz (mg.m^{-3} zeminy).

Aplikáciou uvedených vzťahov možno z meraní obsahov znečisťujúcej látky v danej fáze vypočítať jeho obsah v ostatných fázach. Pretože vypočítané obsahy platia aj v tomto prípade pre čisté látky a nie ich zmesi, je potrebné vypočítané obsahy prepočítať pomocou partičného koeficientu zastúpenia danej látky v zmesi.

Napríklad benzén sa v ropných produktoch vyskytuje s podielom 0,5 -10 % a preto je potrebné jeho rozpustnosť vo vode 1 760 mg.l^{-1} prepočítať na jeho skutočné partičné zastúpenie (x = 0,005-0,1).

$$\mathbf{C_o = S\ .\ x}, \text{ kde}$$

C_o je koncentrácia v zdroji znečistenia (mg.l^{-1})

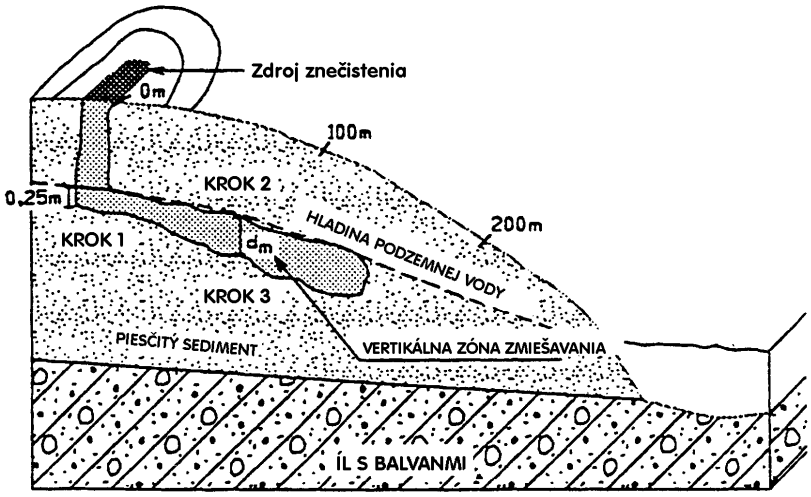
S - je rozpustnosť (mg.l^{-1})

x - je podiel v zmesi látok (partičný koeficient)

Hodnotenie rizík pre podzemnú vodu - vzorce pre výpočty

Analýza rizika pre pásmo nasýtenia

Tento postup poskytuje úvod k procesom miešania, fázových zmien a procesom šírenia, ktoré sa môžu vyskytovať v zemine/hornine a podzemnej vode. Pre pásmo nasýtenia môže byť použitá trojkroková metóda rizikovej analýzy.



KROK 1: (zmiešavanie v 0,25 m)
KROK 2: (s disperziou v nasýtenej zóne)
KROK 3: (s diperziou, sorpciou a degradáciou v nenasýtenej aj nasýtenej zóne)

Krok 1 je proces miešania v blízkosti zdroja, na základe najnepriaznivejšieho predpokladu, že koncentrácia znečisťujúcej látky v pórovej vode v spodnej vrstve pásma prevzdušnenia je rovná koncentrácii v zdroji. Potom sa predpokladá miešanie v najvrchnejších 0,25 m podzemnej vody v zvodnenej vrstve.
Alternatívne môže byť stanovená výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v najvrchnejších 0,25 m v pásme nasýtenia priamo analyzovaním podzemnej vody získanej z vrtu s filtrom lokalizovaného vo vrchnej vrstve podzemnej vody.

Krok 2 je proces miešania v smere prúdenia od zdroja, kde sa predpoklad zväčšovanie hĺbky zóny miešania, spôsobené efektom disperzie.

V kroku 3 je vypočítaná výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v podzemnej vode so zohľadnením disperzie, sorpcie a degradácie v nasýtenej zóne. Krok 3 je rozšírením Kroku 2, keďže počiatočným bodom pre krok 3 je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná v kroku 2.

Popis modelu pre šírenia sa znečisťujúcich látok zahŕňa rad výpočtových parametrov, z ktorých niektoré môžu byť brané ako štandardné hodnoty, uvedené v tabuľkách alebo odbornej literatúre. Výpočtové parametre, ktoré je poväčšine potrebné získať z tabuliek, sú uvedené v texte ako štandardné parametre.

A. <u>Proces miešania v blízkosti zdroja</u>

Predpoklady

Sorpcia, disperzia, degradácia ani difúzia nie sú brané do úvahy. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna, (jednovrstvový model), a že podzemná voda sa pohybuje konštantnou rýchlosťou.

Výpočty V nasledujúcej časti sú použité nasledovné symboly:

N = čistá infiltrácia [$m.s^{-1}$]
A = plocha znečisteného územia [m^2]
B = šírka znečisteného územia [m]
C_o = koncentrácia v zdroji [$mg.l^{-1} = g.m^{-3}$]
d_m = hrúbka zóny miešania [m]
V_D = Darcyho rýchlosť prúdenia podzemnej vody [$m.s^{-1}$]
C_g = prirodzená pozaďová koncentrácia podzemnej vody [$g.m^{-3}$]
k = koeficient filtrácie [$m.s^{-1}$]
I = hydraulický gradient [-]
V_p = priemerná pórová rýchlosť podzemnej vody [$m.s^{-1}$]

Tok vody Q_o, presakujúcej cez znečistené územie môže byť popísaný nasledovne:

Rovnica 1 $Q_o = N \cdot A$,

A tok J_o znečisťujúcich látok ako:

$J_o = C_o \cdot Q_o = C_o \cdot N \cdot A$

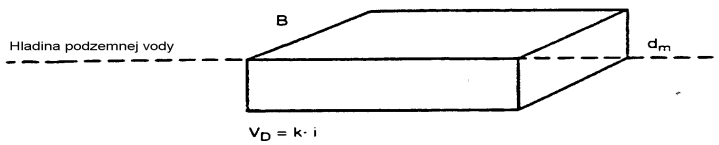
Keď pórová voda presakuje do pásma nasýtenia, nastane miešanie v najvrchnejšej vrstve 0,25 m podzemnej vody.
Tok podzemnej vody Q_g prúdiacej pod znečisteným územím, ktorý je následne znečistený presakujúcou pórovou vodou, zodpovedá podzemnej vode zadržanej v bloku s dĺžkou V_D (Darcyho rýchlosť prúdenia vody), výškou 0,25 m (hrúbka miešania) a šírkou B (šírka znečisteného územia).

Tok podzemnej vody Q_g prúdiacej pod znečisteným územím potom bude:

Rovnica 3 $Q_g = B \cdot 0{,}25 \cdot V_D = B \cdot 0{,}25 \cdot k \cdot I$,

Obrázok

Tok vody pod znečisteným územím zodpovedá vode zadržanej v bloku s dĺžkou V_D (Darcyho rýchlosť prúdenia), výškou d_m (hrúbka miešania) a šírkou B znečisteného územia.



Pri výpočte výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode, musí byť zobraný do úvahy fakt, že podzemná voda môže mať pozaďovú koncentráciu znečisťujúcej látky C_g.
Tok J_g pozaďového obsahu znečisťujúcej látky prúdiaceho s podzemnou vodou pod znečisteným územím môže byť vyjadrený ako:

Rovnica 4 $J_g = Q_g \cdot C_g = C_g \cdot 0{,}25\ m \cdot k \cdot I \cdot B$

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_1 v podzemnej vode prúdiacej tesne pod znečisteným územím bude potom vyjadrená ako celková suma príspevku z presakujúcej pôdnej vody a pritekajúcej podzemnej vody.

Rovnica 5

$$C_1 = \frac{J_o}{Q_o + Q_g} + \frac{J_g}{Q_o + Q_g}$$

Dosadením výrazov z rovníc 1-4 získame nasledovný výsledok:

Rovnica 6

$$C_1 = \frac{A \cdot N \cdot C_o + B \cdot 0.25\,m \cdot k \cdot i \cdot C_g}{A \cdot N + B \cdot 0.25\,m \cdot k \cdot i}$$

Vo výraze pre výpočet výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky C_1, sa predpokladá konštantná koncentrácia v zdroji C_o na celej ploche územia.

Koncentrácia znečistenia v pomere ku ploche

Ak sa ukáže v prieskumnej fáze, že je možné použiť iný postup, môže byť znečistené územie rozdelené do častí s individuálnymi koncentráciami v zdroji; koncentrácie znečistenia budú rozdelené vzhľadom k ploche.

Pre znečistenie pokrývajúce veľké plochy sa môžu výpočty zamerať na centrálnu časť znečistenia.

Merané koncentrácia znečisťujúcich látok

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky v najvrchnejších 0,25 m nenasýtenej zóny môže byž tiež stanovená priamo analýzami podzemnej vody získanej z vrtu s filtrom (s dĺžkou filtra 0,25 m), zabudovaného vo vrchnej zóne podzemnej vody. S ohľadom na ďalšie hodnotenie rizika sa použije najvyššia zistená koncentrácia.

V prípadoch, keď je použitá dĺžka filtra väčšia ako 0,25 m, výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_1 v najvrchnejších 0,25 m zvodnenej vrstvy musí byť vypočítaná nasledovne:

Rovnica 7

$C_1 = C_{1,nameran\acute{e}} \cdot 1/0{,}25$ m, kde

$C_{1,nameran\acute{e}}$ je nameraná koncentrácia znečisťujúcej látky [$mg.l^{-1}$] a 1 je efektívna dĺžka filtra (v metroch).

B. <u>*Proces miešania v smere prúdenia*</u>

Je prijatý najnepriaznivejší predpoklad, že v pórovej vode v spodnej časti pásma prevzdušnenia je koncentrácia znečisťujúcej látky rovná koncentrácii v zdroji. Následne sa predpokladá miešanie vo zvodnenej vrstve vo vrchných 0,25 m podzemnej vody.
Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky je vypočítaná v bode, ktorý sa nachádza vo vzdialenosti od zdroja znečistenia, ktorý zodpovedá vzdialenosti transportu podzemnej vody za rok (výpočty sú vykonané s použitím pórovej rýchlosti podzemnej vody), avšak maximálne do 100 m. V tomto teoretickom výpočtovom bode musia všetky hodnoty zodpovedať kritériám pre podzemnú vodu.

Predpoklady

Predpoklady sú rovnaké, ako pre proces miešania v blízkosti zdroja. Sorpcia, degradácia ani difúzia nie sú zohľadnené. Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna a izotrópna (jednovrstvový model) a podzemná voda prúdi konštantnou rýchlosťou.

Pórová rýchlosť

Priemerná pórová rýchlosť, ktorá je je medzi inými použitá pre výpočet vzdialenosti ku teoretickému výpočtovému bodu, ktorý musí zodpovedať kritériám kvality podzamnej vody, je definovaná nasledovne:

Rovnica 8

$V_P = (k \cdot I)/m_e$, kde

k = koeficient filtrácie [$m.s^{-1}$]
I = hydraulický gradient [-]
m_e = efektívna pórovitosť

Hĺbka miešania

Na základe štúdia migrácie rádioaktívnych stopovačov môže byť použitý nasledovný vzťah pre výpočet hĺbky miešania d_m :

$$d_m = 6\sqrt{2 \cdot D_V \cdot t}\text{, kde}$$

D_V koeficient vertikálnej disperzie [m^2s^{-1}]
t čas transportu podzemnej vody [s].

Za najnepriaznivejší predpoklad môžeme považovať pomer medzi $D_V = 1/900\ D_L$, kde D_L je koeficient pozdĺžnej disperzie. Pretože $D_L = \alpha_L \cdot V_p$ platí:

Rovnica 9

$$d_m = 6\sqrt{\frac{2}{900} \cdot D_L \cdot t} = \sqrt{\frac{72}{900} \cdot \alpha_L \cdot V_p \cdot t}\text{, kde}$$

α_L je pozdĺžna disperzia [m]
V_p je pórová rýchlosť [$m.s^{-1}$]
t je sledovaný čas transportu [s].

Ak je hrúbka zvodnenej vrstvy menšia ako d_m, musí byť použitá skutočná hrúbka zvodnenej vrstvy. Pozdĺžna disperzia sa mení so vzdialenosťou od zdroja znečistenia.

Symboly použité v nasledovnej časti sú rovnaké, ako boli použité v prvom kroku rizikovej analýzy.

Vypočítaná koncentrácia znečisťujúcej látky

Výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_2 v podzemnej vode je vypočítaná analogickým postupom, ako výpočty v prvom kroku rizikovej analýzy pre podzemné vody.

Rovnica 10

$$C_2 = \frac{A \cdot N \cdot C_o + B \cdot d_m \cdot k \cdot i \cdot C_g}{A \cdot N + B \cdot d_m \cdot k \cdot i}$$

$$\cong \frac{A \cdot N \cdot C_o + B \cdot d_m \cdot k \cdot i \cdot C_g}{B \cdot d_m \cdot k \cdot i}\text{, for } A \cdot N \ll B \cdot d_m \cdot k \cdot i$$

Koncentrácia znečisťujúcej látky v pomere k ploche

Výraz použitý pre výpočet výslednej koncentrácie znečisťujúcej látky C_2 predpokladá konštantnú koncentráciu v zdroji C_o na celej ploche znečisteného územia. Ako v kroku 1, znečistené územie môže byť rozdelené do plôch so samostatnou koncentráciou v zdroji, ktorá zodpovedá koncentrácii znečisťujúcej látky vzhľadom k ploche.

Meranie koncentrácie v podzemnej vode

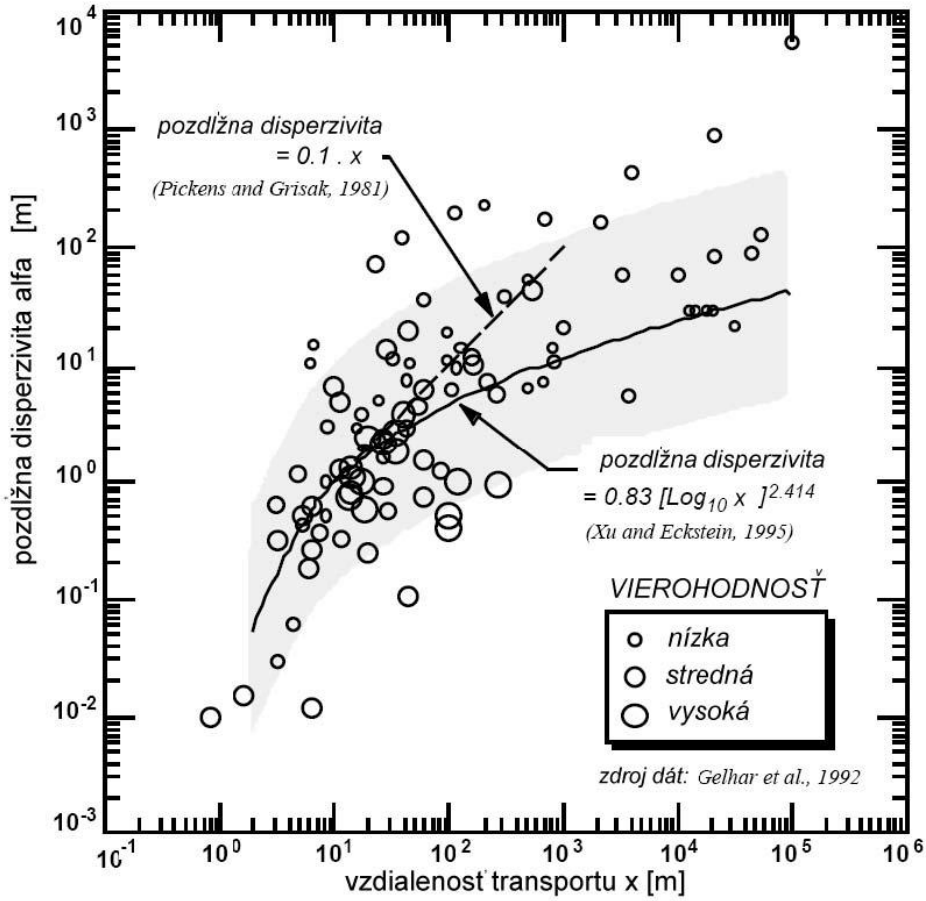
V prípadoch, keď bola v kroku 1 zmeraná koncentrácia C_1 v najvrchnejších 0,25 m podzemnej vody v zvodnenej vrstve, a bola vykonaná zodpovedajúca korekcia na dĺžku filtra, môže byť táto hodnota použitá pre výpočet koncentrácie znečisťujúcej látky C_2. V zodpovedajúcom výpočtovom bode môže byť výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_2 vyjadrená ako:

Rovnica 11

$$C_2 = C_1 \cdot (0{,}25\ m/d_m) = C_{1,meraná} \cdot (l/d_m)\text{, kde}$$

$C_{l,meraná}$ je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky [$mg.l^{-1}$] v najvrchnejšej 0,25 m zóne podzemnej vody v zdroji znečistenia;
d_m je hrúbka zóny miešania po jednom roku transportu podzemnej vody, v maximálnej vzdialenosti 100 m od znečistenia v smere prúdenia. Ak je hrúbka zóny miešania menšia ako 0,25 m, d_m = 0,25 m.
l je efektívna dĺžka filtra (v metroch).

Obrázok 2: Závislosť pozdĺžneho koeficientu disperzivity od vzdialenosti transportu



C. *Miešanie v smere prúdenia s degradáciou*

Krok 3 rizikovej analýzy je rozšírenie kroku 2, keďže počiatočný bod kroku 3 je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_2, ktorá bola vypočítaná v kroku 2.

Z tohto dôvodu je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná, ako to bolo aj v prípade kroku 2 rizikovej analýzy, v bode, ležiacom vo vzdialenosti od zdroja znečistenia, ktorá zodpovedá vzdialenosti transportu podzemnej vody za 1 rok. (výpočty sú založené na pórovej rýchlosti prúdenia podzemnej vody); do maximálnej vzdialenosti 100 m. V tomto teoretickom výpočtovom bode musia byť splnené kritériá kvality pre podzemnú vodu.

Aj keď kroky 1 a 2 rizikovej analýzy predstavujú najnepriaznivejší scenár, v kroku 3 to už nie je možné. Z tohto dôvodu musí byť vykonaný taký monitoring, ktorý zahŕňa možnosť stanovenia rýchlostných konštát degradácie znečisťujúcej látky.

Predpoklady

Predpokladá sa, že zvodnená vrstva je homogénna a izotropická, a podzemná voda má konštantú rýchlosť. Predpokladá sa tiež, že sa v nasýtenej zóne uplatňuje vertikálna disperzia a degradácia, ktorá môže byť opísaná ako rozklad látky podľa kinetiky reakcie prvého poriadku.

Výpočty a požiadavky na údaje

Výpočty sú uskutočnené na základe typických degradačných konštánt reakcií prvého poriadku, ktoré nemôžu byť najnepriaznivejšie, pretože v takom prípade by sme museli predpokladať, že sa znečisťujúca látka nerozkladá.

Vplyvom rozkladu znečisťujúcej látky podľa reakcie prvého poriadku, môže byť výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky C_3 po degradácii vypočítaná zo vzťahu:

Rovnica 12

$C_3 = C_2 \cdot \exp(-k_1 \cdot t)$, kde

C_2 je výsledná koncentrácia znečisťujúcej látky vypočítaná pre proces miešania v smere prúdenia v kroku 2 [$mg.l^{-1}$]
k_1 je rýchlostná rozpadová konštanta reakcie prvého poriadku v nasýtenej zóne [$deň^{-1}$]
t čas reakcie [deň]

Sorpcia

Sorpcia môže byť zohľadnená v súvislosti s hodnotením ako dlho je znečisťujúca látka degradovaný, čo vyplýva zo skutočnosti, že znečisťujúca látka sa nepohybuje smerom k teoretickému výpočtovému bodu rýchlosťou V_p, ale pod vplyvom sorpcie rýchlosťou V_s:

Rovnica 13

$V_s = V_p / R, \quad R > 1$, kde

V_P priemerná pórová rýchlosť [$m.s^{-1}$]
R retardačný koeficient [-]

Retardačný koeficient môže byť vypočítaný na základe rozdeľovacieho koeficientu K_d, ktorý je funkciou obsahu organickej hmoty v pôde f_{oc} a rozdeľovacieho koeficientu oktanol/voda K_{ow}. Pri predpoklade, že log $K_{ow} < 5$ a $f_{oc} > 0.1\%$, K_d môže byť vypočítaný pomocou vzťahu:

Rovnica 14

$\log K_d = 1.04 \cdot \log K_{ow} + \log f_{oc} - 0.84$

Retardačný faktor môže byť potom vypočítaný pomocou empirickej rovnice:

Rovnica 15

$R = 1 + \rho_b/m \cdot K_d$, kde

ρ_b objemová hmotnosť zeminy [$mg.kg^{-1}$],
m pórovitosť [-],
K_d je distribučný koeficient.

Monitoring

Ako bolo už spomenuté, krok 3 rizikovej analýzy, do ktorého je zahrnutá degradácia znečisťujúcej látky, nie je striktne najnepriaznivejším scenárom. Z tohto dôvodu musí byť monitoring vykonaný aj v prípadoch, keď riziková analýza ukáže, že vplyvom prirodzenej degradácii znečisťujúcich látok v podzemnej vode budú kritériá kvality podzemnej vody splnené. Monitoring musí potvrdiť, či sa degradácia zahrnutá do výpočtov skutočne uplatní podľa predpokladov. Navyše musia byť stanovené oxidačno-redukčné podmienky a získané údaje pre výpočet skutočnej rýchlostnej degradačnej konštanty.

Príloha č. 6b: Výpočet rizika vo vzťahu k povrchovým vodám

Potenciálne ohrozené sú povrchové vody recipientu znečistenej podzemnej vody (povrchová voda v smere prúdenia podzemnej vody od znečisteného územia).

Pre stanovenie rizika ohrozenia povrchovej vody je možné použiť rovnaký mechanizmus výpočtu ako pre stanovenie rizík šírenia znečistenia podzemnou vodou. Referenčným miestom je v tomto prípade breh recipientu. Referenčný čas sa počíta pre toto referenčné miesto.

V prípade, že vypočítané znečistenie podzemnej vody na brehu toku (koncentrácia C_3) prekračuje koncentrácie v toku, vypočítame prírastok znečistenia v toku vplyvom infiltrácie znečistenej podzemnej vody.

Najjednoduchším spôsobom výpočtu prírastku je zmiešavacia rovnica :

$$Cv = (C3 \times Q3 + Ct \times Qt) / Q3 + Qt$$

$$Cp = Cv - Ct, \text{ kde}$$

C3 = koncentrácia v podzemnej vode na brehu toku
Q3 = množstvo podzemnej vody infiltrujúce do toku
Ct = koncentrácia v toku pred zmiešaním
Qt = prietok v toku
Cp = prírastok znečistenia

Príloha č. 7: Vzťah dávka - účinok na ľudské zdravie

Prahové - nekarcinogénne účinky

Charakterizujúce parametre pre prahové účinky (systémová toxicita) sú podľa U.S. EPA referenčná dávka RfD (Reference Dose) a referenčná koncentrácia RfC (Reference Concentration), kde

- RfD (Reference Dose) – je odhad (s presnosťou asi jedného alebo viac rádov) každodennej expozície ľudskej populácie (vrátane zvlášť citlivých populačných skupín), ktorá pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa ako hmotnosť danej látky vstrebaná jednotkou telesnej hmotnosti za jednotku času ($mg.kg^{-1}.deň^{-1}$),
- RfC (Reference Concentration) - je odhad maximálnej koncentrácie danej látky v pracovnom ovzduší, ktorá pri inhalačnej expozícií veľmi pravdepodobne nepredstavuje žiadne riziko nepriaznivých účinkov. Vyjadruje sa v mg danej látky na m^3 vzduchu ($mg.m^{-3}$). Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie 20 m^3 vzduchu za deň.

RfD (RfC) sa obyčajne odvodzujú z údajov získaných pri hodnotení expozície v pracovnom prostredí, epidemiologických štúdií a zo štúdií vykonávaných na zvieratách. Dostupné údaje sa ďalej upravujú pomocou faktorov neistoty a modifikujúcich faktorov:

RfD(al.RfC) = NOAEL (v prípade výpočtu RfC $NOAEL_{HEC}$) alebo LOAEL/UF x MF

kde,

NOAEL (No Observed Adverse Effect Level) – najvyššia dávka (úroveň expozície), pri ktorej ešte nie je pozorovaný nepriaznivý účinok, môže byť určená aj z pokusu na zvieratách. V prípade výpočtu RfC musíme previesť NOAEL na ekvivalentnú koncentráciu pre človeka $NOAEL_{HEC,}$
alternativne sa môže použiť aj hodnota LOAEL

LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level) - najnižšia dávka (úroveň expozície), pri ktorej boli negatívne vplyvy na zdravie už zistené.

Z uvedených dávok sú potom priraďovaním faktorov neistôt UF, poprípade modifikujúcich faktorov MF odvodené napr. akceptovateľné denné dávky ADI alebo referenčné dávky RfD.

UF (Uncertainty Factor) - faktory neistoty (násobky 10), používajú sa k pokrytiu individuálnych rozdielov a ochrane citlivých populačných skupín, k vyrovnaniu neistôt pri extrapolácii zo zvierat na človeka, k vyrovnaniu neistôt pri použití NOAEL odvodené zo subchronickej namiesto chronickej štúdie pre stanovenie chronickej RfD, k vyrovnaniu neistôt spôsobených použitím LOAEL namiesto NOAEL, kde

UF1 (hodnota 10) zohľadňuje rôznorodosť populácie a zaisťuje ochranu citlivých skupín,
UF2 (hodnota 10) zohľadňuje neistoty extrapolácie zistených účinkov na zvieratách, na človeka,
UF3 (hodnota 10) zohľadňuje využitie výsledkov subchronickej namiesto chronickej štúdie,

UF4 (hodnota 10) zohľadňuje použitie hodnoty LOAEL namiesto NOAEL.
MF (Modifying Factor) – modifikujúce faktory, zohľadňuje neistoty vychádzajúce z profesionálneho úsudku (1 - 10).

Charakterizujúci parameter pre prahové účinky udávaný WHO je TDI (Tolerable Daily Intake) tolerovateľná denná dávka, poprípade ADI (Acceptable Daily Intake) prijateľná denná dávka, tj. odhad dennej expozície, ktorá môže byť prijímaná bez škodlivých účinkov kontinuálne počas celého života.
Analogicky platí:

ADI (TDI) = NOAEL (LOAEL)/UF

Bezprahové - karcinogénne účinky

Charakterizujúcim parametrom pre bezprahové (karcinogénne) účinky, keď so stúpajúcou dávkou stúpa pravdepodobnosť nepriaznivého účinku, je faktor smernice SF (Slope Factor). SF je vyjadrením biologicky možného horného okraju odhadu pravdepodobnosti vzniku zhubného novotvaru vztiahnutú na jednotku priemernej dennej dávky prijímanej po celý život.
U.S.EPA rozlišuje OSF - Oral Slope Factor - pre orálnu cestu expozície a IUR -Inhalation Unit Risk - pre inhalačnú cestu, kde
OSF (Oral Slope Factor) - faktor smernice vzniku rakoviny pri orálnej expozícii, t.j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej orálnej expozícii, vyjadruje sa v kg. deň. mg^{-1} .
IUR (Inhalation Unit Risk) – faktor smernice vzniku rakoviny pri expozícii inhaláciou, t.j. odhad rizika vzniku rakoviny pri určitej inhalačnej dávke**,** vyjadruje sa v $m^3.mg^{-1}$. Predpokladá sa telesná hmotnosť 70 kg a rýchlosť pľúcnej ventilácie 20 m^3 vzduchu za deň.
Riziká spojené s expozíciou voči potenciálnemu karcinogénu sa kvantitatívne vyčísľujú na základe hodnoty príslušnej smernice faktora karcinogenity. Celoživotné riziko vzniku rakoviny je úmerné celoživotnej dávke spriemerovanej na jeden deň (LADD - celoživotná priemerná denná dávka).

Klasifikácia karcinogénov podľa rôznych klasifikačných stupňov

EÚ	OECD	IARC	US EPA
1 Karcinogénny pre ľudí	1A Je známy karcinogénny potenciál pre ľudí	1 Karcinogénny pre ľudí	A Karcinogénny pre ľudí, dostatočný stupeň dôkazu
2 Treba hodnotiť tak, ako by bol karcinogénny pre ľudí	1B Predpokladá sa, že je karcinogénny pre človeka	2a Pravdepodobne karcinogénny pre ľudí	B1 Pravdepodobný karcinogén, limitované humánne dáta, dostatočné údaje na zvieratách
3 Spôsobuje obavy u ľudí	2 Podozrivý karcinogén pre človeka	2b Možný karcinogén pre ľudí	B2 Pravdepodobný karcinogén, nedostatočné humánne údaje
3a Látky, ktoré sú dobre prebádané		3 Neklasifikovaný ako karcinogén pre ľudí	C Možný karcinogén pre ľudí
3b Látky, ktoré sú nedostatočne prebádané		4 Pravdepodobne nekarcinogénny pre ľudí	D Neklasifikovaný ako karcinogén pre ľudí
			E Nekarcinogénny pre ľudí

Príloha č. 8a: Hodnotenie expozície – expozičné cesty

Kvalitatívne vyjadrenie expozičných ciest pre hodnotenie zdravotných rizík bez znázornenia zdrojov znečistenia na hypotetickej lokalite môže byť pre priemyselný areál a ak je to účelné aj pre širšie okolie priemyselného areálu (napr. v prípade šírenia sa kontaminovaného mraku k obytným zónam) napríklad nasledovné:

Druhy expozície a expozičné cesty

Druh expozície	Expozičné médium	Expozičná cesta	Príklad expozičného scenára
Inhalácia	Atmosferický a pôdny vzduch	Inhalácia znečisteného vzduchu (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pracovnom ovzduší)	Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach) Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačný areál – obyvateľstvo
		Evaporácia do vnútorného prostredia budov (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pôdnom vzduchu, alebo podzemných vodách, alebo v zeminách)	Priemyselná zóna – stáli pracovníci Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačný areál – obyvateľstvo
		Evaporácia do vonkajšieho prostredia budov (s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v pôdnom vzduchu, alebo zeminách alebo v podzemných vodách)	Priemyselná zóna – stáli pracovníci, prechodní pracovníci (napr. pri výkopových prácach) Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	Pary a vzduch uvoľnený z vody	Evaporácia pri sprchovaní, zalievaní záhrad, pri kúpaní	Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
Dermálny kontakt	zemina	Dermálny kontakt so znečistenou zeminou	Priemyselná zóna – stáli pracovníci Priemyselná zóna – pracovníci pri výkopových prácach Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	voda	Dermálny kontakt so znečistenou vodou	Priemyselná zóna – stáli pracovníci Priemyselná zóna – pracovníci pri výkopových prácach Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo

Orálna – Ingescia	Ovocie, zelenina	Ingescia produktov dopestovaných na znečistenej pôde (napr. doma vypestovaná produkcia)	Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	Mäso a mliečna výrobky	Ingescia produktov kŕmených znečistenými produktami	Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	„pitná“ voda	Ingescia znečistenej vody na pitné účely (napr. studne)	Obytná zóna - trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	Zemina či prach	Ingescia znečisťujúcej látky zo zeminy (pôdy)	Priemyselná zóna – trvalo bývajúce obyvateľstvo Obytná zóna – trvalo bývajúce obyvateľstvo Rekreačná zóna – obyvateľstvo
	Ryby	Ingescia rýb ulovených vo vodných nádržiach, plochách, riekach.	Obyvateľstvo (napr. rybári)

Keď sa hodnotiteľ rozhodne pre zanedbanie niektorej expozičnej cesty, mal by si byť istý, že je splnené jedno z nasledujúcich kritérií:

a) v danom mieste styku je expozičná cesta oveľa menej významná ako iná cesta prostredníctvom toho istého média,

b) množstvo znečisťujúcej látky (nebezpečného faktora) v médiu je pre danú expozičnú cestu veľmi malé,

c) pravdepodobnosť, že k expozícií dôjde je veľmi malá (okrem havárií, ktoré sú predmetom iného hodnotenia).

Príloha č. 8b: Hodnotenie expozície – výpočet expozičných dávok

Výsledkom kvantitatívneho vyjadrenia expozície je denný príjem (Intake) danej látky, tj. expozičná dávka v mg vztiahnutá na deň trvania expozície a na kg telesnej hmotnosti človeka ($mg.kg^{-1}.deň^{-1}$). Pre prahové účinky sa chronický denný príjem (CDI) spriemerovaný po celú dobu expozície nazýva ADD - priemerná denná dávka.

Pre bezprahové účinky sa úroveň expozície prepočítava na celkovú predpokladanú dĺžku života exponovanej osoby. Táto celoživotná dávka spriemerovaná na jeden deň sa nazýva LADD - celoživotná priemerná denná dávka. U.S. EPA odporúča, aby chronický denný príjem (CDI) bol odhadnutý ako pre priemerné, tak pre maximálne odôvodnené podmienky (RME - Reasonable Maximum Exposure). Podmienky RME sú U.S. EPA (1989) definované ako najvyššia expozícia, ktorú je možné na danej lokalite odôvodnene očakávať. Základná schéma kvantitatívneho vyjadrenia expozičného scenára je nasledujúca:

Príjem, t.j. **ADD alebo LADD ($mg.kg.^{-1}deň^{-1}$) = C * CR * EF * ED/ BW * AT**

kde :

C – expozičná koncentrácia, tj. koncentrácia látky prenikajúca do organizmu. Väčšinou koncentrácia látky v médiu, prípadne vnútorná dávka [mg.(jednotka hmotnosti alebo objemu)$^{-1}$]

CR – miera podielu (napr. ingescie, inhalácie,..) v závislosti od typu expozičnej cesty [(jednotka hmotnosti alebo objemu) . $deň^{-1}$]

EF – frekvencia expozície (0 - 365 $deň.rok^{-1}$)

ED – doba trvania expozície (roky)

BW – priemerná telesná hmotnosť (kg) podľa US EPA dospelý 70 kg, dieťa 20 kg

AT - doba priemerovania (doba po ktorú je expozičná koncentrácia C považovaná za konštantnú), tj. časový úsek, počas ktorého je počítaná priemerná expozícia (deň).

V prípade prahových účinkov (výpočet ADD) je rovnaká ako celková doba expozície, tj. ED 365 $deň.rok^{-1}$; v prípade bezprahových účinkov (výpočet LADD) je to 70 rokov dĺžky života, tj. 70 rokov x 365 $deň.rok^{-1}$.

V rovnici sa vyskytujú dva základné typy premenných. Koncentrácia C a čiastočne i rýchlosť kontaktu CR sú získané odhadom z transportného modelu alebo z merania imisných koncentrácií. Pre ostatné parametre (expozičné faktory) sú spravidla použité konvenčné hodnoty - napríklad U.S. EPA Handbook of Exposure Factors. Pretože rad týchto konvenčných hodnôt nemusí v našich podmienkach platiť, nie je možné pri ich používaní postupovať mechanicky, ale v prípade potreby použiť domáce zdroje - napríklad Slovenský štatistický úrad, Úrad verejného zdravotníctva SR atď. Vždy je ale potrebné zdroj uviesť a zdôvodniť výber parametra.

(Pre kvantifikáciu expozície je možné využiť i niektoré softwarové produkty - nap., na základe odporúčaní Metodiky rizikovej analýzy znečistených území (2 pracovná verzia, VÚVH) Dánsky model JAGG prípadne Holandský model Risc – Human 2.0, ktorého základom je CSOIL model (Van Hall Institut - VHI) alebo Risk Assisstant, Risk Human, CalTOX a iné.)

Vyššie uvedená rovnica môže byť ďalej modifikovaná pre jednotlivé expozičné cesty:

1. **Inhalačná expozícia** (A. nameraná koncentrácia v pracovnom ovzduší alebo určená modelovaním, B. evaporácia do vonkajšieho prostredia budov na základe koncentrácie znečistenia v zeminách/podzemných vodách, C. evaporácia do vnútorého prostredia budov na základe

koncentrácie znečistenia v zeminách/podzemných vodách, D. pri sprchovaní/kúpaní),

2. Dermálny kontakt (A. kontakt s znečistenou zeminou, B. kontakt so znečistenou vodou),

3. Ingescia (A. Ingescia produktov vypestovaných na znečistenej pôde, B. ingescia znečistenej vody, C. ingescia znečistenej zeminy/pôdy).

Zoznam skratiek použitých v texte

Skratka	Anglický názov	Slovenský názov
RfD	Reference Dose	Referenčná dávka
RfC	Reference Concentration	Referenčná koncentrácia
NOAEL	No Observed Adverse Effect Level	Hladina, pri ktorej nie sú pozorované žiadne nežiaduce účinky
LOAEL	Lowest Observed Adverse Effect Level	Najnižšia hladina pozorovaného nežiaduceho účinku
UF	Uncertainty Factor	Faktor neistoty
MF	Modifying Factor	Modifikačný faktor
TDI	Tolerable Daily Intake	Tolerovateľná denná dávka
ADI	Acceptable Daily Intake	Prijateľná denná dávka
CSF	Cancer Slope Factor	Faktor smernice karcinogenity
OSF	Oral Slope Factor	Orálny faktor smernice (karcinogenity)
IUR	Inhalation Unit Risk	Inhalačná jednotka rizika
LADD	Lifetime Averige Daily Dose	Celoživotná priemerná denná dávka
C	Exposure concentration	Expozičná koncentrácia
CR	Contact rate	Rýchlosť kontaktu s znečisteným médiom
EF	Exposure Frequency	Frekvencia expozície
BW	Body Weight	Telesná hmotnosť
ED	Duration of Exposure	Doba trvania expozície
AT	Averaging Time	Doba priemerovania
HQ	Hazard Quotient	Kvocient nebezpečenstva
HI	Hazard index	Index nebezpečenstva

A. VÝPOČET RIZIKA Z EXPOZÍCIE INHALÁCIOU

I. Nameraná koncentrácia v pracovnom ovzduší

ADD/LADD = CA * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = IUR * LADD		
CA koncentrácia znečisťujúcej látky v ovzduší	$mg.m^{-3}$	namerané (namodelované)
IR inhalované množstvo	$m^3.hod^{-1}$	Dospelý 20 $m^3.deň^{-1}$ (0,83 m^3/hod),dieťa 16 $m^3.deň^{-1}$
ET doba expozície	$hod.deň^{-1}$	Pracovníci 8 hod, stály obyvateľ priemerne 16 hod, (v prípade RME 24 hod)
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselný areál 250 $dní.rok^{-1}$, rekreačne 45 $dní.rok^{-1}$)
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná váha dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je CA považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfC	$mg.m^{-3}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
IUR	$1.mg^{-1}.m^{-3}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

II. Evaporácia do vnútorného prostredia budov s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky zistenej v zeminách (príp. podzemných vodách)

ADD/LADD = CK * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = IUR * LADD		
CK - celkový príspevok znečisťujúcej látky k vnútornému ovzdušiu - pracovnému (suma difúzneho a konvektívneho príspevku znečisťujúcej látky k vnútornému ovzdušiu)	$mg.m^{-3}$	CK (pri výpočte je možné použiť napr. model JAGG)
IR inhalované množstvo	$m^3.hod^{-1}$	Dospelý 20 $m^3.deň^{-1}$ (0,83 $m^3.hod^{-1}$),dieťa 16 $m^3.deň^{-1}$
ET doba expozície	$hod.deň^{-1}$	Pracovníci 8 hod, stály obyvateľ priemerne 16 hod, (v prípade RME 24 hod)
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselný areál 250 $dní.rok^{-1}$, rekreačne 45 $dní.rok^{-1}$)
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná váha dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je CA považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfC	$mg.m^{-3}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
IUR	$m^{-3}.\ mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet
Pozn.		Koncentrácie znečisťujúcich látok v zemine môžu byť odhadnuté na základe koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode a distribučného koeficientu K_D

III. Evaporácia do vonkajšieho prostredia budov s použitím koncentrácie znečisťujúcej látky zisteného v zeminách (prípadne podzemných vodách)

ADD/LADD = CU * IR * ET * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = IUR * LADD		
CU - difúzny príspevok znečisťujúcej látky do vonkajšieho ovzdušia	$mg.m^{-3}$	CU (pri výpočte je možné použiť napr. model JAGG, príp. postupom stanoveným v Prílohe 4 Metodika rizikovej analýzy znečistených lokalít, 2001)
IR inhalované množstvo	$m^3.hod^{-1}$	Dospelý 20 $m^3.deň^{-1}$ (0,83 $m^3.hod^{-1}$),dieťa 16 $m^3.deň^{-1}$
ET doba expozície	$hod.deň^{-1}$	Pracovníci 8 hod, stály obyvateľ priemerne 16 hod, (v prípade RME 24 hod)
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselný areál 250 $dní.rok^{-1}$, rekreačne 45 $dní.rok^{-1}$)
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná váha dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je CA považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfC	$mg.m^{-3}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
IUR	$m^{-3}.\ mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet
Pozn.		Koncentrácie znečisťujúcich látok v zemine môžu byť odhadnuté napr. na základe koncentrácie znečisťujúcej látky v podzemnej vode a distribučného koeficientu K_D

IV. Inhalačná expozícia pri sprchovaní (kúpaní)

ADD/LADD = CA * IR * EF * ET * ED / (BW * AT) (len pre prchavé znečisťujúce látky s Henryho konštantou 2x 10^{-7} atm.m^{-3}.mol^{-1} alebo vyššou)		
CVRK = IUR * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
CA koncentrácia znečisťujúcej látky vo vzduchu	mg.m^{-3}	V prípade, že nie je možné merať koncentráciu znečisťujúcej látky vo vzduchu je možné použiť orientačný prepočet (Risk assistant) CA = (CW * f * F * t)/ V/ 2), kde: CW - koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode f - frakcia uvoľniteľného kontaminatu (bezrozmerný , napr. 0,75) F - prietok vody (l.hod.$^{-1}$, napr. 600 l.hod^{-1}) t – čas sprchovania (hod., napr.0,2 hod) V – objem kúpeľne (m^3 , napr. 9 m^3)
IR inhalované množstvo	m^3.hod^{-1}	0,6 m^3.hod^{-1}
EF frekvencia expozície	deň.rok^{-1}	Podľa lokality a využitia územia (stáli obyvatelia 350 dní.rok^{-1}, rekreačne 45 dní.rok^{-1})
ET doba expozície	hod.deň$^{-1}$	0,25 – 0,58 hod.deň$^{-1}$ dospelý, 0,33 – 1,00 hod.deň$^{-1}$ deti
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 dní.rok^{-1} Karcinogénna: 70 (rok) x 365 dní.rok^{-1}
ADD	mg.kg^{-1}.deň$^{-1}$	Výpočet
RfD	mg.kg^{-1}.deň$^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
IUR	m^{-3}. mg^{-1}	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

B.VÝPOČET RIZIKA Z EXPOZÍCIE DERMÁLNYM KONTAKTOM

I. Kontakt so znečistenou zeminou

ADD/LADD = CS * CF * SA * AF * ABS * EF * ED * EV / (BW * AT)		
CVRK = OSF * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
CS koncentrácia znečisťujúcej látky v zemine	$mg.kg^{-1}$	nameraná
CF konverzný faktor 10^{-6}	$kg.\ mg^{-1}$	1,00E-06
SA plocha exponovaného povrchu tela	$cm^2.den^{-1}$ alebo $cm^2.prípad^{-1}$	Kontakt s odkrytými časťami tela, v prípade priemyselného využitia je odporúčaná hodnota 3 300 cm^2
AF faktor adhézie zeminy k pokožke	$mg.cm^{-2}$	0,2 $mg.cm^{-2}$
ABS dermálny absorpčný faktor	bezrozmerná	0,001 pre anorganické látky 0,01 organické látky
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$ alebo $prípad.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselný areál 250 dní $.rok^{-1}$, rekreačne 45 $dní.rok^{-1}$)
EV počet prípadov za deň	$prípad.deň^{-1}$	
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná hmotnosť dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
OSF	$kg.deň.mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

II. kontakt so znečistenou vodou

ADD/LADD = CW * CF * SA * K_P * ET * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = OSF * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
CW koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode	$mg.l^{-1}$	nameraná
CF konverzný faktor	$l.cm^{-3}$	0,001
SA plocha exponovaného povrchu tela	cm^2	Odporúčaný priemerný dospelý : 18 000 cm^2 Deti: 6 600 cm^2
Kp priepustnosť kožou	$cm.hod^{-1}$	0,001 $cm.hod^{-1}$
ET doba expozície	$hod.deň^{-1}$	1-2 $hod.deň^{-1}$
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	7-45 $dní.rok^{-1}$
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná hmotnosť dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
OSF	$kg.deň.mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

C. VÝPOČET RIZIKA Z EXPOZÍCIE INGESCIOU

I. Ingescia produktov vypestovaných na znečistenej pôde

ADD/LADD = C* IR * FI * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = OSF * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
C koncentrácia znečisťujúcej látky v potravinách	$mg.kg^{-1}$	nameraná
IR prijaté množstvo potravín	$kg.jedlo^{-1}$	0,03 -0,05 $kg.(jedlo\ ryby)^{-1}$, 0,1 $kg.(jedlo\ mäso)^{-1}$, 0,14 $kg.(jedlo\ ovocie)^{-1}$, 0,2 $kg.(jedlo\ zelenina)^{-1}$, 0,4 $kg.(jedlo\ mliečne\ výrobky)^{-1}$
FI množstvo znečistených potravín zo znečistených zdrojov	bezrozmerná	0 -1 (0,2 - 1 ryby, 0,4 – 0,7 mäso, 0,2 – 0,3 ovocie, 0,25 – 0,4 zelenina, 0,4 -0,7 mliečne výrobky)
EF frekvencia expozície	$jedlo.rok^{-1}$	48 $jedál.rok^{-1}$ pre ryby, 78-250 $jedál.rok^{-1}$ pre ovocie a zeleninu, 350 $jedál.rok^{-1}$ pre mliečne výrobky, mäso
ED doba trvania expozície	rok	20 – 30 rokov mliečne výrobky a mäso, 9 – 30 ovocie, zelenina, ryby
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná hmotnosť dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
OSF	$kg.deň.mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

II. Ingescia znečisťujúcej látky zo znečistenej vody

ADD/LADD = CW * IR * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = OSF * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
CW koncentrácia znečisťujúcej látky vo vode	$mg.l^{-1}$	nameraná
IR prijaté množstvo vody	$l.deň^{-1}$	dieťa :1 $l.deň^{-1}$ (do 6 rokov) dieťa nad 6 rokov a dospelý: 2 $l.deň^{-1}$
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (stály obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselné areály 250 $dní.rok^{-1}$, rekreačne 45 $dní.rok^{-1}$)
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia 70 rokov Rekreačný pobyt 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná hmotnosť dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
OSF	$kg.deň.mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

III. Ingescia znečisťujúcej látky zo znečistenej zeminy

ADD/LADD = CS * IR * CF * FI * EF * ED / (BW * AT)		
CVRK = OSF * LADD		
	Jednotky	**Odporúčané hodnoty**
CS koncentrácia znečisťujúcej látky v zemine	$mg.kg^{-1}$	nameraná
IR prijaté množstvo zeminy	$mg.deň^{-1}$	dieťa: 200 $mg.deň^{-1}$ (1-6 rokov) dieťa nad 6 rokov a dospelý: 50 $mg.deň^{-1}$
CF konverzný faktor	$kg.mg^{-1}$	1,00E-06
FI požitá časť zeminy z znečistených zdrojov	bezrozmerná	0-1
EF frekvencia expozície	$deň.rok^{-1}$	Podľa lokality a využitia územia (stáli obyvatelia 350 $dní.rok^{-1}$, priemyselné areály 250 $dní.rok^{-1}$, rekreačne 45 dní /rok)
ED doba trvania expozície	rok	Celoživotná expozícia: 70 rokov Rekreačný pobyt: 9 rokov Doba pobytu na jednom pracovnom mieste: 25 rokov
BW priemerná telesná hmotnosť	kg	Priemerná telesná hmotnosť dospelý: 70 kg Priemerná telesná hmotnosť dieťaťa do 6 rokov: 15 kg
AT doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú	deň	Nekarcinogénna: ED (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$ Karcinogénna: 70 (rok) x 365 $dní.rok^{-1}$
ADD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Výpočet
RfD	$mg.kg^{-1}.deň^{-1}$	Databáza
HQ	bezrozmerná	Výpočet
OSF	$kg.deň.mg^{-1}$	Databáza
CVRK	bezrozmerná	Výpočet

Príloha č. 9 : Zhodnotenie zdravotných rizík

Kvantifikácia rizika pre nekarcinogénne (prahové) účinky

Nekarcinogénne riziko sa odhaduje porovnaním vypočítaných ADD (LADD) s referenčnými hodnotami (RfD, TDI). Kvantitatívnym vyjadrením je bezrozmerný kvocient nebezpečenstva HQ (Hazard Quotient). Platí:

HQ = príjem látky pre danú exp. cestu (t.j. ADD alebo LADD)/RfD

V prípade, že HQ prekročí hodnotu 1 znamená to, že existuje riziko nekarcinogenného toxického účinku. Platí:

- HQ < 1 žiadne významné riziko nekarcinogénnych účinkov by nemalo existovať
- HQ > 1 bolo zistené potenciálne riziko, je vhodné zahájiť nápravné opatrenia (nie je však možné výslovne prehlásiť, pri ktorom pomere potenciálne riziko prechádza v skutočné)
- HQ > 10 tieto hodnoty už vypovedajú o havarijnej situácií, sanácia by mala byť zahájená čo najskôr.

Ak existuje expozícia viacerým chemickým látkam s podobnými účinkami uvádzame tzv. Index nebezpečenstva (Hazard index) ako súčet jednotlivých HQ.

$$\mathbf{HI = \Sigma HQ}$$

Kvantifikácia rizika pre karcinogénne účinky

Podľa alternatívnych prístupov k vyhodnoteniu vzťahu dávka – odpoveď je možné zvoliť i alternatívne prístupy k charakterizácii rizika. Kvantitatívnym vyjadrením rizika karcinogénnych účinkov je celoživotný vzostup pravdepodobnosti počtu nádorových ochorení nad všeobecný priemer v populácii pre jednotlivca (CVRK), alebo pre populáciu (CVRP). Teda:

- CVRK – charakterizuje celoživotné riziko vzniku rakoviny pre jednotlivca. Všeobecne platí:

CVRK = SF x LADD,

ide o numerické vyjadrenie hornej hranice odhadu rizika vzniku rakoviny za celú dobu trvania života pre každého exponovaného jedinca. Dĺžka života je štandardne uvažovaná 70 rokov.

- CVRP – charakterizuje celoživotné riziko populácie, tj. počet prípadov potenciálne zvýšeného rizika vzniku rakoviny v populácii, čiže vzostup prípadov rakoviny behom 70 rokov.

CVRP = CVRK x veľkosť populácie.

Štandardne je pre kvantifikáciu rizika karcinogénnych účinkov používaný nasledujúci vzťah:

$$\mathbf{CVRK = 1 - e^{-(OSF\ alebo\ IUR)\ x\ LADD}}$$

Pravdepodobnosť vzniku nádorového ochorenia 10^{-5} pre populáciu a 10^{-4} pre jednotlivca (podľa rôznych krajín), sa označuje za spoločensky prijateľnú úroveň.
Prípustné riziko zatiaľ u nás nebolo stanovené. V SR sa postupuje analogicky podľa odporúčaní Svetovej zdravotníckej organizácie, kde sa riziko jedného prípadu nádorového ochorenia na 1 milión obyvateľov považuje za akceptovateľné. Teda platí:

- CVRK > 10^{-4} bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny

pre jednotlivca, tj. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 10 000 ľudí ochorie nádorovým ochorením,

– CVRK > 10^{-6} bola prekročená spoločensky prijateľná celoživotná miera vzniku rakoviny pre populáciu, tj. je pravdepodobné, že viac ako jeden človek z 1 mil. ľudí ochorie nádorovým ochorením.

Pretože táto sumarizácia je založená na všetkých predpokladoch požadovaných ku kompletizácií predchádzajúcich krokov, je dôležité kvalitatívne, prípadne kvantitatívne posúdiť mieru neistoty konečných odhadov.

Príloha č. 10: Stanovenie cieľových hodnôt sanácie znečisteného územia

Všeobecné ustanovenia

Stanovenie cieľových hodnôt sanácie je možné realizovať viacerými postupmi, ktoré sú však v princípe rovnocenné, pretože základným prvkom je aplikácia rovnakých vzťahov ako v prípade výpočtu rizík.

Stanovenie cieľových hodnôt sanácie nie je totožné so stanovením cieľov sanácie.

Ciele sanácie znečisteného územia sa stanovujú na základe výsledkov hodnotenia rizík a návrhu a zhodnotenia variantov sanácie znečisteného územia, vrátane odhadu finančných nákladov nápravných opatrení. Výsledkom hodnotenia sanačných scenárov je výber vhodného sanačného variantu z hľadiska požadovaných záverov a odporúčaní AR a technickej a ekonomickej realizovateľnosti vybranej sanačnej metódy. Napr. cieľom sanácie môže byť izolácia environmentálnej záťaže, t.j. stav kedy sa koncentrácie znečistenia nezmenia, ale riziká sú eliminované prerušením expozičných ciest.

Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia (koncentrácie pre jednotlivé dominantne nebezpečné znečisťujúce látky v jednotlivých zložkách životného prostredia doporučené na základe hodnotenia rizika s ohľadom na existujúce a potenciálne využitie územia a zaručujúce ochranu zdravia človeka a/alebo životného prostredia) sa stanovujú v prípade, ak boli v lokalite vypočítané environmentálne a/alebo zdravotné riziká. Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia sa použijú pri hodnotení sanačných scenárov a variantov. Pri stanovovaní cieľových hodnôt sanácie je v určitých prípadoch (znečistenie prítomné v kontaktnej zóne – detské ihriská, rekreačné zariadenia, poľnohospodársky využívaná pôda) dôležité zohľadniť priestorovú (vertikálnu) distribúciu znečisťujúcich látok, tzn. stanoviť sanačný limit pre kontaktnú zónu (1 – 1,5 m p.t.) v prípade, keď nie je možné znečistenú pôdu a zeminu odťažiť (neekonomické riešenie) a iný sanačný limit pre podzemné vody a pre zeminy od hĺbky 1,5 m p.t.

Cieľové hodnoty sanácie znečisteného územia sa stanovujú pre tie znečistené médiá (pôda, horninové prostredie, pôdny vzduch, podzemná voda, povrchová voda), v ktorých bolo stanovené riziko.

V prípade, že znečistenie prekračuje legislatívne stanovenú limitnú koncentráciu pre dané médium (napr. najvyššie prípustné koncentrácie znečisťujúcich látok v povrchových tokoch) cieľová hodnota sanácie musí byť ≤ ako príslušná limitná koncentrácia.

Najčastejšie prípady stanovenia cieľových hodnôt

Pre zeminy a horninové prostredie

Cieľ sanácie: znížiť riziko vyprchávania do vnútorného (pracovného) a vonkajšieho ovzdušia.

Stanovenie cieľových hodnôt realizujeme tak, že za koncentráciu znečisťujúcej látky v ovzduší C_u dosadíme limitnú hodnotu C_a a počítame koncentráciu v pôdnom vzduchu C_p. Požadovanú cieľovú koncentráciu znečistenia v zemine vypočítame následne pomocou fázového rozdelenia látok.

Pre podzemnú vodu

Cieľ sanácie: eliminovať riziko šírenia znečistenia

Podľa definície rizika šírenia znečistenia podzemnou vodou je potrebné stanoviť cieľové hodnoty sanácie minimálne pre referenčné miesto a pre zdroj (centrum) znečistenia.

Cieľovou hodnotou sanácie v referenčnom mieste (C_{3C}) je príslušné kritérium kvality pre podzemnú vodu (závisí od recipienta znečistenia).

Cieľovými hodnotami sanácie v centre znečistenia sú

a) koncentrácia (C_{1C}) v podzemnej vode, ktorá zaručuje, že znečistenie sa v smere prúdenia podzemnej vody bude šíriť len v miere neumožňujúcej prekročenie kritéria kvality v podzemnej vode v referenčnom mieste.

b) koncentrácia (C_{0C}) v zemine v pásme prevzdušnenia, ktorá zaručuje, že nebude dochádzať k vyplavovaniu znečistenia do podzemnej vody v miere prekračujúcej cieľovú koncentráciu C_{1C}

Cieľové hodnoty C_{1C} a C_{0C} sa vypočítajú rovnakými výpočtami ako riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou.

Cieľ sanácie: eliminovať zdravotné riziká z vyprchávania do vnútorného (pracovného) a vonkajšieho ovzdušia

Stanovenie cieľových hodnôt realizujeme obdobne ako pre zeminy. Požadovanú cieľovú koncentráciu znečistenia vypočítame pomocou fázového rozdelenia látok.

Pre povrchovú vodu

Cieľ sanácie: eliminovať riziko šírenia znečistenia do povrchovej vody

Cieľovou hodnotou sanácie pre povrchovú vodu bude príslušné kritérium kvality pre daný recipient.

Cieľové hodnoty sanácie podzemnej vody zaručujúce zachovanie požadovanej kvality povrchovej vody sa stanovia rovnako ako cieľové hodnoty pre riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou, pričom referenčným miestom je breh povrchového toku, alebo vodnej plochy v mieste, kde znečistená podzemná voda doňho infiltruje.

V prípade, že znečistenie v podzemnej vode predstavuje riziko šírenia znečistenia podzemnou vodou do povrchového toku a súčasne aj zdravotné riziko, počítajú sa cieľové koncentrácie pre všetky riziká a výsledná cieľová hodnota musí zaručovať elimináciu všetkých rizík.

Príloha č. 11: Požiadavky na rozsah prieskumných prác a analytických prác

Prieskumné práce realizované za účelom spracovania analýzy rizík musia splniť tieto základné ciele

- identifikácia zdrojov znečistenia tzn. určenie pôvodu znečistenia,
- informácie o priestorovom rozložení znečistenia,
- posúdenie možnosti ohrozenia okolia (tzn. určenie vzťahu medzi znečistením a potenciálnymiohrozenými subjektmi a objektmi a dynamiky pohybu znečistenia v priestore a čase),
- prehľad kvalitatívnych charakteristík znečistenia tzn. určenie polutantov a ich foriem,
- kvantifikácia znečistenia (tzn. bilancia polutantov),
- podmienky transportu znečistenia – mobilita znečistenia (transportné charakteristiky znečiťujúcej látky a transportných médií – koeficient filtrácie atď.), prítomnosť voľnej fázy znečistenia, hydrogeologická charakteristika prostredia, v ktorom prebieha transport).

Pre spracovanie AR je potrebné realizovať geologický prieskum životného prostredia v etape podrobného prieskumu.

Podrobný prieskum musí zahŕňať všetky práce, ktoré sú potrebné pre detailný popis lokality z hľadiska ohraničenia znečistenia a jej šírenia. Je zameraný na detailnú charakteristiku znečistenia (kvantitatívne a kvalitatívne parametre všetkých znečisťujúcich látok, vývoj v priestore a v čase a zmeny koncentrácie znečistenia vrátane atenuačných pochodov) a úplnú interpretáciu zistených dát.

Prieskum musí presne vymedziť znečistenie v priestore vrátane hĺbkového ohraničenia a musí poskytnúť odpoveď o existencii alebo neprítomnosti voľnej fázy znečisťujúcej látky, tzn.

- detailne priestorovo zmapovať všetky ohniská znečistenia v skúmanom území, vrátane hĺbkového rozsahu,
- stanoviť priestorový rozsah znečistenia zemín v skúmanom území v zóne prevzdušnenia a v zóne nasýtenia,
- stanoviť plošný rozsah znečistenia podzemných vôd v skúmanom území,
- detailne popísať výskyt voľnej fázy znečisťujúcej látky na hladine podzemnej vody,
- definovať pozaďové hodnoty pre podzemné vody a zeminy,
- overiť ohraničenie – okraje kontaminačného mraku,
- štatisticky vyhodnotiť koncentrácie znečiťujúcich látok v jednotlivých zložkách horninového prostredia (podklad pre materiálovú bilanciu),
- overiť fyzikálno-chemické parametre horninového prostredia (zrnitosť, vlhkosť, priepustnosť, koeficient filtrácie, transmisivitu, disperzitu) dôležité pre migráciu znečisťujúcich látok,
- verifikovať smer prúdenia podzemnej vody,
- stanoviť postup a metodiku odberu vzoriek zemín a vôd,
- popísať obmedzenia a neistoty – popis všetkých chýbajúcich dát a výsledkov, popis neistôt pre zvolenú prieskumnú metódu, príp. analytickú metódu a mieru znalostí o znečistení lokality, príp. ďalších otvorených problémoch.

Minimálny rozsah analytických prác podľa činností pri prieskume pravdepodobnej environmentálnej záťaže a environmentálnej záťaže

Činnosť	Minimálny rozsah - základná sada	Minimálny rozsah - doplnková sada	Druh činnosti
poľnohospodárska výroba	pH, el. vodivosť $CHSK_{Mn}$, NH_4^+	Cd, Cr, As, S sulf.	živočíšna výroba, hnojisko, močovková jama, silážna jama
		NO_2^-, pesticídy, Hg	rastlinná výroba, skladovanie a distribúcia agrochemikálií
		NEL, PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn	skladovanie a distribúcia PHM a mazadiel
priemyselná výroba	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, NEL-IČ	BTEX, ClU, PAU, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, As, fenoly, S sulf. + (podľa druhu výrobného procesu)	výroba chemikálií
		BTEX, ClU, Cr, Cu, Hg, Zn, S sulf.	farmaceutická výroba
		BTEX, ClU, fenoly, PCB	chemické čistiarne
		ClU, BTEX, Zn, S sulf.	gumárenská výroba
		Cd, Cr, Cu, Hg, B, NO_2^-, S sulf.	textilný priemysel
		Cd, Cr, As, fenoly	vyčiňovanie a spracovanie koží
		PAU, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, As, B, fenoly, chlórované fenoly, krezoly, S sulf.	ochrana a spracovanie dreva
		ClU, PAU, Ba, Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, S sulf., fenoly	výroba farbív
		Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, S sulf., NH_4^+, NO_2^- + (podľa druhu výroby, napr. PCB, chlórfenoly, dieldrin a iné aktívne látky pesticídov, ...)	výroba umelých hnojív a agrochemikálií
		BTEX, ClU, Cd, Cr, S sulf.	papierenský priemysel
		ClU, PAU, BTEX, Cr, Pb, Ni, V, Zn, As, kyanidy, S sulf.,	strojárska výroba

- pokračovanie tabuľky

Činnosť	Základná sada - minimálny rozsah	Doplnková sada – relevantný rozsah podľa typu činnosti	Druh činnosti
priemyselná výroba	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, TOC	ClU, BTEX, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Zn, As, B, PCB, NO_2^-, S sulf., Ag	elektrotechnická výroba
		ClU, Cd, Cr, Cu, Pb, Zn, B, fenoly, kyanidy, S sulf.	povrchová úprava kovov
		ClU, BTEX, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, B, kyanidy, NO_2^-, S sulf.	sklársky priemysel
		ClU, BTEX, Ba, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, B, fenoly, S sulf., NO_2^-	výroba výbušnín
		Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, V, Ni, Zn, As, S sulf.	plynárenský priemysel
		PAU, Ba, Be, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, V, Zn, As, Se, PCB, S sulf.	energetika
		PAU, BTEX, Cu, Pb, Ni, kyanidy, S sulf., chlórbenzény, ClU, sírany	spracovanie a skladovanie ropy a ropných látok
skladovanie a distribúcia tovarov	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, TOC	ťažké kovy (podľa druhu skladovaných chemikálií)	skladovanie a distribúcia chemikálií
		PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn	skladovanie a distribúcia PHM a mazadiel, čerpacia stanica PHM
		(podľa druhu prepravovaného produktu)	produktovod
doprava	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, TOC, PAU, BTEX	Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As, S sulf.	železničné depo a stanica
		Cr, Cu, Pb, V, Zn, S sulf.	garáže a parkoviská autobusovej a nákladnej dopravy
		Cr, Cu, kyanidy, PCB	letisko
		PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn	strojová a traktorová stanica, automobilové opravovne

- pokračovanie tabuľky

Činnosť	Základná sada - minimálny rozsah	Doplnková sada – relevantný rozsah podľa typu činnosti	Druh činnosti
zariadenia na nakladanie s odpadmi	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, NEL – IČ, TOC, NH_4^+, mikrobiológia (napr. staphylokoky)	PAU, BTEX, Cr, Cu, Pb, Zn	šrotovisko
		EOCl, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, S sulf.	skládka komunálneho odpadu
		As, S sulf. + (podľa druhu uloženého odpadu)	skládka priemyselného odpadu
		As, S sulf. + (podľa druhu úpravárenského procesu)	odkalisko
		(podľa druhu uložených odpadov – napr. PAU, fenoly, S sulf., ...)	skládka tekutých/pastovitých odpadov
		EOCl, RL, Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As, NO_2^-, S sulf.	ČOV
		Cd, Cr, Cu, Pb, Hg, Ni, Zn, As,	sklady odpadov a zariadenia na ich spracovanie
vojenské základne	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, NEL – IČ, TOC, PAU, BTEX	Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As, S sulf.	základne po bývalej Sovietskej armáde
		Cd, Cr, Cu, Pb, Ni, Zn, As, S sulf.	základne Armády SR
ťažba nerastných surovín	pH, el. vodivosť $C_{10} – C_{40}$, NEL – IČ, TOC, RL	Cu, Pb, Ni, S sulf.	ťažba ropy a zemného plynu
		PAU + (podľa druhu ťaženej rudy a ťažobného procesu)	ťažba rúd
		PAU + (podľa druhu ťaženej nerudy a ťažobného procesu)	ťažba nerudných surovín
		PAU + (podľa druhu úpravárenského procesu – napr. kyanidy, krezoly, Hg, ... a spracovávanej suroviny)	spracovanie nerastných surovín

Vysvetlivky:

BTEX	*benzén, toluén, etylbenzén, xylény*
$CHSK_{Mn}$	*chemická spotreba kyslíka manganistanom*
ClU	*alifatické chlórované uhľovodíky*
$C_4 – C_{40}$	*alifatické uhľovodíky*
EOCl	*extrahovateľný organicky viazaný chlór*
NH_4^+	*amónne ióny*
NEL	*nepolárne extrahovateľné látky*
NO_2^-	*dusitany*
PAU	*polycyklické aromatické uhľovodíky*
RL	*rozpustené látky*
S sulf.	*síra sulfidická*
TOC	*celkový organický uhlík*
ťažké kovy	*As, B, Ba, Be, Cd, Co, $Cr_{celk.}$,Cr^{+6}, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Sn, V, Zn*

Minimálny rozsah analytických prác je definovaný ako rozsah aplikovateľný na podzemné vody. Na pôdy a horninové prostredie sa používa rozsah redukovaný o ukazovatele, ktoré sa v pôdach a horninách za normálnych okolností nestanovujú (BTEX, anióny a katióny solí, $CHSK_{Mn}$, RL, pH, ...).

Pre činnosť, ktorá nie je uvedená v tabuľke sa použije rozsah podľa povahy činnosti s ohľadom na látky, s ktorými sa pri činnosti nakladalo, resp. produkty, ktoré boli výsledkom činnosti. Takto utvorený rozsah však musí obsahovať minimálne nasledovné ukazovatele: pH, el. vodivosť, NEL a TOC.

Príloha č. 12: Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia, pôdy a podzemnej vody

A. Indikačné a intervenčné kritériá horninového prostredia a pôdy

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		$mg.kg^{-1}$ sušiny	$mg.kg^{-1}$ sušiny	$mg.kg^{-1}$ sušiny	
I. Kovy					
arzén	As	65	70	140	
bárium	Ba	900	1000	2800	
berýlium	Be	15	20	30	
kadmium	Cd	10	20	30	
kobalt	Co	180	300	450	
chróm celkový	Cr celk.	450	500	1000	
chróm šesťmocný	Cr^{6+}	12	20	50	
meď	Cu	500	600	1500	
ortuť	Hg	2,5	10	20	
molybdén	Mo	50	100	240	
nikel	Ni	180	250	500	
olovo	Pb	250	300	800	
antimón	Sb	25	40	80	
cín	Sn	200	300	600	
vanád	V	340	450	550	
zinok	Zn	1500	2500	5000	
II. Monocyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)					
benzén	C_6H_6	0,5	0,8	5	
toluén	C_7H_8	50	100	150	
etylbenzén	C_8H_{10}	25	50	75	
xylény	C_8H_{10}	25	30	75	
suma jednosýtnych fenolov		25	50	120	
styrén	C_8H_8 (ST)	15	30	75	
III. Polycyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)					
antracén		40	60	100	
benzo(a)antracén		4	5	50	
benzo(a)pyrén		1,5	2	10	
benzo(b)fluorantén		4	5	50	
benzo(g,h,i)perylén		20	30	80	
benzo(k)fluorantén		10	15	30	
fluorantén		40	50	150	
fenantrén		30	40	100	
chryzén		25	40	80	
indeno(1,2,3-c,d)pyrén		4	5	50	
naftalén		40	60	100	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	
III. Polycyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované) - pokračovanie					
pyrén		40	60	100	
polycyklické aromatické uhľovodíky celkom	Σ PAU	190	280	640	suma vyššie uvedených bez antracénu, naftalénu, benzo(b)fluoranténu
IV. Monocyklické aromatické uhľovodíky (halogénované)					
chlórbenzény (jednotlivé)		2,5	3	10	
chlórfenoly (jednotlivé)		1,5	2	10	
V. Pesticídy organické chlórované					
(jednotlivé)	PL	2	2,5	10	aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE, DDT, chlórdan, endosulfán, hexachlórbutadien, hexachlórcyklohexány, heptachlór (epoxid), metoxychlór (DDT), pentachlórnitrobenzén, toxafén
VI. Pesticídy ostatné					
(jednotlivé)	PL	3	4	12	predovšetkým organofosfáty (napr. malation paration), karbamáty (napr. aldikarb, karbofurán,), triaziny (napr. atrazin, simazin), herbicídy na báze chlórofenoxyoctových kyselín (2,4D, 2,4,5T MCPA), halogénované alifatické pesticídy (napr. metylbromid), fenolové herbicídy (DNOC, dinoseb), aromatické chloramíny, ditiokarbamáty, zlúčeniny na báze organického cínu, halogénované aromatické nitrozlúčeniny

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	
VII. Chlórované alifatické uhľovodíky					
(jednotlivé mimo ďalej uvedené)		15	20	50	1,1-dichlóretán, 1,1,1-trichlóretán, 1,1,2-trichlóretán, 1,1,2,2-tetrachlóretán, 1-chloro-2,3-epoxypropán, 2-chloro-1,3-butadién, hexachlóretán
1,2-dichlóretán	$C_2H_4Cl_2$	1,5	2	5	
1,1-dichlóretén		15	20	40	
1,2-dichlóretény	DCE	10	15	40	
dichlórmetán	CH_2Cl_2	7	10	20	
tetrachlóretén	TECE	1,5	2	5	
tetrachlórmetán	CCl_4	0,5	0,4	2	
trichlóretén	TCE	10	15	40	
trichlórmetán	$CHCl_3$	5	8	15	
chlóretén (vinylchlorid)	C_2H_3Cl	0,1	0,12	1	
VIII. Alifatické uhľovodíky (nehalogénované)					
C_{10} – C_{40} (tzv. uhľovodíkový index)	NEL-GC	400	500	1000	
XI. Ostatné uhľovodíky (zmesné, nehalogénované)					
nepolárne extrahovateľné látky stanovené v infračervenej časti spektra	NEL-IČ	400	500	1000	
X. Polycyklické aromatické uhľovodíky (halogénované)					
polychlórované bifenyly	PCB	2,5	5	30	suma kongenerov PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a 180
polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofurány	PCDD/PCDF	0,1	0,5	10	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	
XI. Ostatné					
Anorganické látky					
bróm	Br	160	200	500	
fluór	F	1000	1200	2000	
kyanidy / tiokyanáty voľné	CN^- / SCN^-	8	10	30	
kyanidy komplexotvorné		100 (pH<5), 15 (pH≥5)	150 (pH<5), 20 (pH≥5)	700 (pH<5), 75 (pH≥5)	
Organické látky					
metyl-terciar-butyl-éter	MTBE			500	
cyklohexanón		50	60	250	
dinitrotoluény		3	5	15	
ftaláty (suma)		30	40	80	
hydrochinón		5	8	15	
chlórnaftalén		2,5	1	10	
pyrokatechol		10	15	30	
krezoly		2,5	3	10	
nitrotoluén		4	5	20	
pyridín		0,5	0,75	2,5	
rezorcinol		5	8	15	
tetrahydrofurán		1	2	10	
tetrahydrotiofén		30	50	100	
trinitrotoluén		1	2	10	
XI. Základné ukazovatele					
nepolárne extrahovateľné látky stanovené v infračervenej časti spektra	NEL-IČ	400	500	1000	
suma jednosýtnych fenolov		25	50	120	
extrahovateľný organicky viazaný chlór	EOCl	8	60	80	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)		Poznámka
			Obytné zóny	Priemysel	
		mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	mg.kg^{-1} sušiny	
XI. Základné ukazovatele					
nepolárne extrahovateľné látky stanovené v infračervenej časti spektra	NEL-IČ	400	500	1000	
suma jednosýtnych fenolov		25	50	120	
extrahovateľný organicky viazaný chlór	EOCl	8	60	80	

B. Indikačné a intervenčné kritériá podzemnej vody

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)	Poznámka
		$\mu g.l^{-1}$	$\mu g.l^{-1}$	
I. Kovy				
hliník trojmocný	Al^{3+}	250	400	iónová forma, stanovuje sa pri pH < 5
arzén	As	50	100	
bárium	Ba	1000	2000	
berýlium	Be	1	2,5	
kadmium	Cd	5	20	
kobalt	Co	100	200	
chróm celkový	Cr celk.	150	300	
chróm šesťmocný	Cr^{6+}	35	75	
meď	Cu	200	500	
ortuť	Hg	2	5	
molybdén	Mo	180	350	
nikel	Ni	100	200	
olovo	Pb	100	200	
antimón	Sb	25	50	
cín	Sn	30	150	
vanád	V	150	300	
zinok	Zn	1500	5000	
II. Monocyklické aromatické uhľovodíky (nehalogénované)				
benzén	C_6H_6	15	30	
etylbenzén	C_8H_{10}	150	300	
toluén	C_7H_8	350	700	
suma jednosýtnych fenolov	C_6H_5OH	15	60	STN ISO 6439 (75 7528): Kvalita vody. Stanovenie fenolového indexu. 4-aminoantipyrínové spektrometrické metódy po destilácii (1996) alebo STN ISO 8165-1 (75 7529): Kvalita vody. Stanovenie vybratých jednosýtnych fenolov. 1. časť: Plynovochromatografická metóda po obohatení extrakciou (1996)
xylény		250	500	
styrén	ST	20	50	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá	Intervenčné kritériá	Poznámka
		$\mu g.l^{-1}$	$\mu g.l^{-1}$	
III. Polycyklické aromatické uhľovodíky				
antracén		5	10	
benzo(a)antracén		0,5	1	
benzo(a)pyrén		0,1	0,2	
benzo(b)fluorantén		0,25	0,5	
benzo(g,h,i)perylén		0,1	0,2	
benzo(k)fluorantén		0,1	0,2	
fluorantén		25	50	
fenantrén		5	10	
chryzén		0,1	0,2	
indeno(1,2,3-c,d)pyrén		0,1	0,2	
naftalén		25	50	
pyrén		25	50	
polycyklické aromatické uhľovodíky celkom	Σ PAU	60	120	
IV. Monocyklické aromatické uhľovodíky halogénované				
jednotlivé chlórbenzény (okrem ďalej uvedených)		15	30	
dichlórbenzény		1,5	3	
trichlórbenzény		5	10	
tetrachlórbenzény		1	2	
pentachlórbenzén		0,5	1	
hexachlórbenzén		0,05	0,1	
jednotlivé chlórfenoly (okrem 2,4,5-trichlórfenolu)		10	20	
2,4,5-trichlórfenol		5	10	
V. Pesticídy organické chlórované				
jednotlivé okrem metoxychlóru		0,1	0,2	aldrin, dieldrin, endrin, DDD, DDE, DDT, chlordan, endosulfán, hexachlórbutadien, hexachlórcyklohexány, heptachlór (epoxid), metoxychlór (DDT), pentachlórnitrobenzén, toxafén
metoxychlór		25	50	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)	Poznámka
		$\mu g.l^{-1}$	$\mu g.l^{-1}$	
VI. Pesticídy ostatné				
jednotlivé herbicídy (okrem triazinových)		0,1	0,5	organofosfáty (napr. malation, paration), karbamáty (napr. aldikarb, karbofurán,), herbicídy na báze chlórofenoxyoctových kyselín (2,4D, 2,4,5T MCPA), halogénované alifatické pesticídy (napr. metylbromid), fenolové herbicídy (DNOC, dinoseb), aromatické chlóramíny, ditiokarbamáty, zlúčeniny na báze organického cínu, halogénované aromatické nitrozlúčeniny
herbicídy (celkom)		25	50	
VII. Chlórované alifatické uhľovodíky				
(jednotlivé okrem ďalej uvedených)		50	100	
1,2-dichlóretán		25	50	
1,1-dichlóretén		10	20	
1,2-dichlóretény cis, trans		25	50	
dichlórmetán		15	30	
tetrachlóretén		10	20	
tetrachlórmetán		5	10	
trichlóretén		25	50	
trichlórmetán		25	50	
chlóretén (vinylchlorid)		10	20	
VIII. Alifatické uhľovodíky				
C_{10} – C_{40} (tzv. uhľovodíkový index)	NEL-GC	500	1000	
IX. Ostatné alifatické uhľovodíky (nehalogénované)				
nepolárne extrahovateľné látky stanovené v infračer. časti spektra	NEL-IČ	500	1 000	
X. Polycyklické aromatické uhľovodíky (halogénované)				
polychlórované bifenyly	PCB	0,25	1,0	suma kongenerov PCB 28, 52, 101, 118, 138, 153 a180
polychlórované dibenzodioxíny a dibenzofurány	PCDD/PCDF	25	50	

- pokračovanie tabuľky

Ukazovateľ	Symbol ukazovateľa	Indikačné kritériá (ID)	Intervenčné kritériá (IT)	Poznámka
		$\mu g.l^{-1}$	$\mu g.l^{-1}$	
XI. Ostatné				
Anorganické látky				
bór	B	500	5 000	
chloridy	Cl^-	100 000	150 000	
fluoridy	F^-	2 000	4 000	
kyanidy / tiokyanáty voľné		40	75	
kyanidy komplexotvorné		250 (pH<5), 100 (pH≥5)	500 (pH<5), 200 (pH≥5)	
amónne ióny	NH_4^+	1200	2 400	
dusitany	NO_2^-	200	400	
síra sulfidická	S sulf.	150	300	
Organické látky				
metyl-terciar-butyl-éter	MTBE	20	40	
cyklohexanón		250	500	
ftaláty (suma)		5	10	
hydrochinón		400	800	
pyrokatechol		600	1 200	
krezoly		100	200	
pyridín		3	6	
rezorcinol		300	600	
tenzidy aniónové	PAL-A	250	500	
tetrahydrofurán		5	50	
tetrahydrotiofén		15	30	
trinitrotoluén	TNT	0,5	1	
XI. Základné ukazovatele				
chemická spotreba kyslíka mangánom	$ChSK_{Mn}$	5	10	($mg.l^{-1}$ O_2)
celkový organický uhlík	TOC	2 000	5 000	
tenzidy aniónové		500	1 000	
extrahovateľný organicky viazaný chlór	EOCl	15	70	
elektrolytická vodivosť	kappa	200	300	($mS.m^{-1}$)
celkové rozpustené látky	RL	2 000	3 000	($mg.l^{-1}$)
reakcia vody	pH	<6,5- 8,5>	<6,0- 9,0>	
fenolový index		15	60	
suma jednosýtnych fenolov		15	60	
NEL stanovené v infračervenej časti spektra	NEL-IČ	500	1 000	

Príloha č. 13: Návrh monitorovania podzemných vôd

Závery AR, ktoré preukážu, že nie je nutný aktívny sanačný zásah v znečistenom území ale potvrdia nutnosť zabezpečiť monitorovanie vývoja znečistenia podzemných vôd, musí obsahovať návrh monitorovania geologických faktorov životného prostredia (§ 8 písm. c) vyhlášky č. 51/2008 Z. z. ktorou sa vykonáva geologický zákon) zameraný na návrh monitorovania podzemných vôd.

Neodteliteľnou súčasťou záverečnej správy zo sanácie znečisteného územia je aktualizácia analýzy rizika znečisteného územia (obsah príloha č. 1) a návrh posanačného monitorovania podzemných vôd na preukázanie dosiahnutia cieľov vykonaných nápravných opatrení.

Návrh monitorovania podzemných vôd v oboch prípadoch musí byť spracovaný v zmysle platnej normy STN ISO 5667 – 1 *Kvalita vody. Odber vzoriek - Pokyny na návrhy programov odberu vzoriek*, ako aj platnej STN ISO 5667-11 *Kvalita vody. Odber vzoriek - Pokyny na odber vzoriek podzemných vôd.*

Pre znečistené územia, kde je nutný aktívny sanačný zásah je požadovaný interval hladiny spoľahlivosti 90 %, podľa ktorého sa vypočíta potrebný počet vzoriek na objekt a požadovaná dĺžka trvania posanačného monitorovania podzemných vôd. Pre návrh posanačného monitorovania podzemných vôd je požadovaný minimálny interval hladiny spoľahlivosti 80 %.

Minimálny rozsah monitrovaných ukazovateľov kvality podzemnej vody musí zahrňovať stanovenie terénnych ukazovateľov (pH, Eh, teplota, vodivosť, hĺbka hladiny podzemnej vody, obsah kyslíka) a znečisťujúcich látok identifikovaných v podzemnej vode na lokalite, ktoré boli predmetom sanácie, alebo ktoré sa môžu dostať do podzemných vôd, ako aj ukazovateľ, ktorý je najmenej ovplyvnený transportnými procesmi.

Analýzy vzoriek by mali byť spracované v akreditovanom laboratóriu, pričom približne 5-10% vzoriek by malo byť poskytnuté aj kontrolnému laboratóriu (paralelné vzorky).

Dôležité je, aby rozsah sledovaných ukazovateľov zohľadňoval tak indikačné ukazovatele ako aj konkrétne znečisťujúce látky.

Do tejto skupiny ukazovateľov nezaraďujeme skupiny látok, ktoré sú súčtom individuálnych obsahov viacerých chemických zlúčenín, ako sú ukazovatele BTEX, PAU, PCB a podobne, pretože tieto skupiny museli byť stanovené aj ako individuálne chemické zlúčeniny.

Je však potrebné, aby pre rizikovú analýzu boli tieto výsledky poskytnuté a aby boli spracované priestorové, kvantitatívne a kvalitatívne materiálové bilancie pre individuálne znečisťujúce látky a nie ich súčty (sumár).

Je vhodné a v niektorých prípadoch aj nevyhnutné, aby chemické analýzy boli doplnené aj testami toxicity, pretože sa často jedná o široké spektrum znečisťujúcich látok a nie všetky sú identifikovateľné a analyticky kvantifikovateľné. Testy toxicity sú obzvlášť dôležité v prípadoch „starších“ znečistení, kedy transformačnými a rozpadovými procesmi mohlo dôjsť k výraznej zmene zastúpenia znečisťujúcich látok v porovnaní s pôvodnými a súčasne aj k zmene ich ekotoxikologických vlastností. Samotnému výberu sledovaných ukazovateľov v priebehu prieskumných prác by mala predchádzať analýza problému a hodnotenie potenciálnych zdrojov znečistenia a látok, s ktorými sa nakladalo.

Pre kvalitné spracovanie rizikovej analýzy je nevyhnutné podrobné zmapovanie rozsahu znečistenia a hydrogeologických podmienok podzemných vôd a monitorovanie realizovať vo vrtoch, ktoré sú situované v smere prúdenia znečistenia.

Lokalizácia monitorovacích objektov

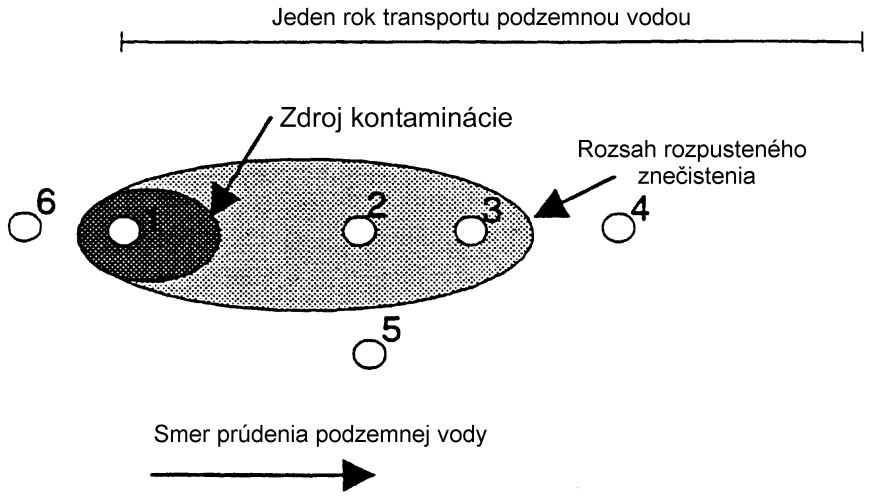
Poloha monitorovacích bodov, množstvo monitorovacích bodov a dĺžka monitorovania závisia od zloženia znečisťujúcich látok a od hydrogeologických pomerov. Monitoring je nutné posudzovať v každom prípade individuálne. V niektorých prípadoch je pre tento účel možné využiť aj prieskumné vrty. Ak sa znečistené územia nachádza v útvare podzemných vôd s dobrým chemickým stavom, je vhodné zohladniť pri návrhovaní monitorovacej siete použiteľnosť minimálne jedného nového monitorovacieho objektu vo vzťahu k existujúcim monitorovacím objektom daného chemického

útvaru podzemných vôd.

V etape orientačného prieskumu a monitorovania lokality je potrebné vybudovať najmenej tri vrty v smere prúdenia podzemnej vody od zdroja znečistenia (samozrejme okrem vrtov realizovaných za účelom zisťovania smeru prúdenia a rozsahu znečistenia). Pre stanovenie rozpadových rýchlostí je dôležitá tiež lokalizácia prieskumných a monitorovacích objektov.

Správne situovanie lokalizácie monitorovacích objektov by malo odpovedať schéme na obrázku.

Obrázok. Hlavné zásady lokalizácie monitorovacích objektov



Pri neustálom uvoľňovaní chemických látok, prípravkov, či ich zmesí do jednotlivých zložiek prostredia, je nevyhnutné zabezpečiť ich kontrolu. Najefektívnejším nástrojom, ktorým je možné dosiahnuť preukázateľné a dôveryhodné výsledky je kombinovaný prístup monitoringu - analytické hodnotenie (kontrola plnenia limitných ukazovateľov) a biologické, napr. ekotoxikologické monitorovanie (hodnotenie integrovaných vplyvov všetkých chemických látok vo vzorke). Hodnotením fyzikálno-chemických a ekotoxikologických vlastností je zabezpečená spoľahlivá identifikácia rizika, skrytého často v látke s nízkou koncentráciou, ale s vysokou toxicitou, vznikajúcou nekontrolovane ako degradačný alebo reakčný produkt v jednotlivých zložkách.

Ekotoxikologické skúšky by mali byť použité selektívne tak, aby využili svoju silu a vhodne doplnili špecifické analytické metódy. Ich výhodou je, že môžu rýchlo indikovať možné riziko a že sa skúšajú reálne vzorky, odobraté priamo na hodnotenej lokalite. Je teda možné posúdiť účinky zmesí látok, ktoré sa na predmetnej lokalite vyskytujú a ich synergické, aditívne či antagonistické vplyvy.

Príloha č. 14 Literatúra

Zoznam použitých právnych predpisov a metodických pokynov na národnej a medzinárodnej úrovni na úseku environmentálnej záťaže

A. **Národný legislatívny rámec**

1. MH SR, 2001: Vyhláška MH SR č. 511/2001 Z. z. o podrobnostiach o hodnotení rizík existujúcich chemických látok a nových chemických látok pre život a zdravie ľudí a pre životné prostredie
2. MŽP SR, 2007: zákona č. 359/2007 Z. z. o prevencii a náprave environmentálnych škôd a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov ako environmentálna škoda
3. MŽP SR, 2009: zákon č. 384/2009 Z. z., ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 364/2004 Z. z. o vodách a o zmene zákona Slovenskej národnej rady č. 372/1990 Zb. o priestupkoch v znení neskorších predpisov (vodný zákon) v znení neskorších predpisov a ktorým sa mení a dopĺňa zákon č. 569/2007 Z. z. o geologických prácach (geologický zákon) v znení zákona č. 515/2008 Z. z.
4. MŽP SR, 2006: Nariadenie vlády SR č. 355/2006 o ochrane zamestnancov pred rizikami súvisiacimi s expozíciou chemickým faktorom pri práci

B. **Metodické pokyny na národnej a medzinárodnej úrovni na úseku environmentálnej záťaže**

1. European Communities, 2003: Technical Guidance Document on Risk Assessment, chapter 2 Risk Assessment for Human Health
2. MŽP ČR, 2005: Metodický pokyn MŽP ČR pro analýzu rizik kontaminovaného území, Vestník MŽP ČR, ročník XV, čiastka 9
3. MŽP SR, 1998: Metodický pokyn MŽP SR z 22. októbra 1998 č. 623/98-2 na postup a riadenie rizík (Vestník MŽP SR, ročník VI, čiastka 6)
4. VÚVH, 2001: Sanácie znečistených zemín a podzemných vôd v SR, DANCEE/MŽP SR, Metodika rizikovej analýzy znečistených lokalít (druhá pracovná verzia), Bratislava
5. WHO Regional Office for Europe, 2000: Principles for the Assessment of Risk to Human Health From Exposure to Chemicals. Environmental Health Criteria 210

Zoznam odporúčanej literatúry

1. Bear, J., 1972: Dynamics of fluids in porous media. American Elsevier, New York, 1972
2. Koppová, K. a kol., 2007: Hodnotenie, riadenie a komunikácia zdravotných rizík, Slovenská zdravotnícka univerzita, Bratislava
3. Mucha, I. – Šestakov, V. M., 1987: Hydraulika podzemných vôd. Vydavateľstvo ALFA – celoštátna učebnica pre vysoké školy
4. The National Center for Environmental Assessment, Office of Research and Developement, US EPA, 1997: Exposure factors handbook – Final Report, Washington D.C.