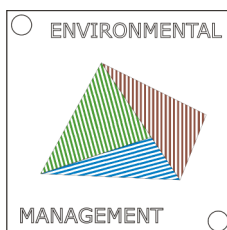


RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2007:

Manažérstvo životného prostredia 2007 ▼▲▼ Management of Environment '2007
zo VII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5. - 6. 1. 2007 v Jaslovských Bohuniach
Proceedings of the International Conference, Jaslovské Bohunice, 5-6 January 2007
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-18-3.



HODNOTENIE RIZIKA CHEMICKÝCH LÁTKOK

IVANA TUREKOVÁ - KAROL BALOG - RENÁTA ŠANTAVÁ

EVALUATION RISK OF CHEMICAL SUBSTANCES

ABSTRAKT

Kvalita životného prostredia je jedným z rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich zdravie a dĺžku života človeka, ako aj kvalitu ekosystému. Najzávažnejšou príčinou jej zhoršovania a zdrojom rizík pre človeka a ekosystém je antropogénna činnosť. Nárastom a kumulovaním antropogénnych činností rastie aj celkové riziko, ktoré môže presiahnuť spoločensky prijateľnú mieru. Prípustnú mieru znečisťovania životného prostredia určujú medzné hodnoty stanovené osobitnými predpismi, pričom sa tieto hodnoty stanovujú v súlade s dosiahnutým stavom poznania tak, aby sa neohrozovalo zdravie ľudí a aby sa neohrozovali ďalšie živé organizmy a ostatné zložky životného prostredia. Výsledkom procesu hodnotenia a riadenia rizík je optimalizácia rizika s cieľom dosiahnuť minimálne spoločensky prijateľnú mieru zdravotného a ekologického rizika.

Kľúčové slová: riziko, chemická látka, nebezpečenstvo

ABSTRAKT

Environmental quality is one from the crucial factors influencing health and life expectancy as an ecosystem quality. The most serious reason of falling off and risk sources for people and ecosystem are anthropogenic activities. The increase and accumulation of anthropogenic activities increase as aggregate risk which can overreach socially acceptable level. Allowable pollution of environment indicates limit value set legislation, these values are determined in accordance with the state of knowledge so that no dauntlessness of public health and further biota and other factors of environment. Accomplishment of assessment process and control risk is optimal risk with the goal achieve minimal socially acceptable level of health and ecological risk.

Key words: Risk, chemical substances, hazard

Úvod

Prístup hodnotenia rizika systémových toxických látok sa odlišuje od prístupu hodnotenia rizika karcinogenity, nakoľko aj mechanizmus pôsobenia týchto látok je odlišný. Kým v prípade karcinogénnych látok sa predpokladá, že aj malý počet zmien na molekulárnej úrovni môže vyvolať zmeny v jedinej bunke, ktoré môžu viesť k nekontrolovateľnému bunkovému bujneniu, v prípadoch systémovej toxicity musia byť najskôr prekonané homeostatické, kompenzačné a adaptačné mechanizmy organizmu, až potom sa prejaví toxické účinky. Teda skôr, ako sa prejaví účinok systémového jedu, musí dôjsť k výraznému zničeniu veľkého množstva buniek, ktoré mali rovnakú alebo podobnú funkciu.

Pojem prahovej hodnoty je dôležitý pre formuláciu smerníc a predpisov. Vychádzajúc z hypotézy prahu existuje rozsah expozícií od nuly po istú hodnotu, ktorá je organizmom znášaná bez toho, aby sa prejavil akýkoľvek nepriaznivý toxický účinok.

Pri hodnotení rizika, resp. pri charakterizácii vplyvu chemických látok na človeka alebo zvieratá vychádzame z nasledovných typov informácií:

1. **Identifikácia nebezpečenstva;** stanovenie negatívnych účinkov rizikového faktora na základe výsledkov štúdií uskutočnených na ľuďoch alebo zvieratách a laboratórnych skúmaní.
2. **Hodnotenie vzťahu dávka (koncentrácia) - reakcia (účinkov);** kvantitatívne zhodnotenie vzťahu medzi prijatou dávkou rizikového faktora a ňou vyvolaným účinkom v organizme na základe podrobného vyhodnotenia štúdií na identifikáciu nebezpečnosti.
3. **Hodnotenie vystavenia (expozície) - určenie dávky rizikového faktora, pre každú z ľudských populácií,** ktorú organizmus prijíma, alebo ktorú možno primerane predvídať ako výsledok vyhodnotenia kvantitatívnych podmienok vystavenia organizmu jeho pôsobeniu.
4. **Klasifikácia rizika - určenie rizika pre prijímateľa syntézou výsledkov z identifikácie nebezpečnosti, z odhadu expozície a hodnotenia vzťahu dávka - účinok s opisom neistôt celého procesu.**

Identifikácia nebezpečenstva

Cieľom prvého kroku v procese hodnotenia zdravotného rizika je identifikácia účinku (účinkov) a preskúmanie (predbežnej) klasifikácie vo svetle všetkých dostupných údajov, určenie aké zdraviu škodlivé chemické či iné rizikové faktory sa vyskytujú v skúmanom prostredí a posúdenie či látka alebo rizikový faktor má nebezpečnú vlastnosť schopnú poškodzovať ľudský organizmus.

Na to sa používajú metódy a poznatky rôznych vedných odborov (chémia, biológia, medicína), toxikológie a predovšetkým epidemiológie na skúmanie zmeny zdravotného stavu populácie pôsobením rôznych toxických faktorov.

Nebezpečnosť (hazard) je schopnosť rizikového faktora spôsobiť nepriaznivé účinky na zdravie človeka a rizikom je vyjadrená pravdepodobnosť, s ktorou k nim za definovaných podmienok expozície skutočne dôjde.

Pri **identifikácii nebezpečenstva** sa zbierajú a vyhodnocujú dva druhy údajov:

- údaje o druhoch poškodenia zdravia alebo chorobe, ktoré rizikový faktor spôsobuje,
- údaje o expozičných podmienkach, pri ktorých k poškodeniu zdravia alebo chorobe dochádza.

V prvej fáze sa pri identifikácii škodliviny vychádza z krátkodobých štúdií toxicity (**akútne testy toxicity**). V ďalšej fáze sa znižujú dávky skúmanej látky a predlžuje sa čas experimentu (**subchronické a chronické testy toxicity**). Často sa stretávame s chronickými štúdiami, ktoré spravidla trvajú po celý život pokusného zvieratá. Cieľom týchto štúdií je definovanie takých dávok, pri ktorých sa účinky preukázateľne prejavujú, resp. určenie takej dávky, ktorá je tak dostatočne nízka, že nevyvolá nepriaznivé účinky, v takom prípade, že bude prijímaná počas celého života jedinca.

Vzťah dávky a účinku, vplyv rôznych faktorov

Dávka je definovaná ako množstvo škodliviny prijatej subjektom a je vyjadrená v mg alebo v g škodliviny na 1 kg telesnej hmotnosti príjemcu za deň. Do celého procesu hodnotenia vzťahu dávka - reakcia vstupuje potreba **extrapolácií**, a tým aj celý rad neistôt, ako sú:

- medzidruhová extrapolácia zo štúdií uskutočnených na zvieratách extrapolovaná na ľudí, ako aj na tkanivách,

- extrapolácia z vysokých na nízke dávky,
- extrapolácia z krátkodobej expozície na dlhodobú,
- správnosť a presnosť výsledkov.

Podľa povahy účinku látky existujú dva základné prístupy ku kvantifikácii vzťahu dávka - reakcia: prahový a bezprahový účinok.

Látky s nekarcinogénnym účinkom

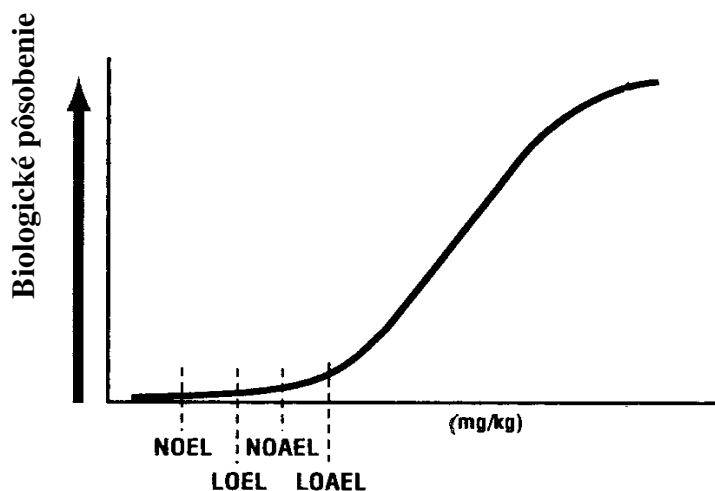
Koncepcia hodnotenia rizík nekarcinogénnych účinkov vychádza z predstavy, že nepriaznivý účinok sa prejaví až po prekročení **prahovej dávky**. Cieľom kvantifikácie dávka - reakcia je nájsť (odhadnúť) hornú hranicu úrovne expozície, ktorá bude tolerovaná.

Prvým krokom pre toxicitu opakovanej dávky a reprodukčnú toxicitu je hodnotenie vzťahu dávka - reakcia a kde je to možné, je identifikovaná úroveň žiadnych pozorovaných nepriaznivých účinkov (**NOAEL**).

NOAEL (No-Observed-Adverse-Effect Level); je definovaná ako najvyššia dávka (úroveň expozície), pri ktorej ešte nie je pozorovaná žiadna nepriaznivá odpoveď na štatisticky významnej úrovni v porovnaní s kontrolovanou skupinou. Určité účinky môžu byť pozorované, nie sú ale považované za nežiaduce, ani za prekuzory nežiaducich účinkov. Pre charakterizáciu rizika sa z niekoľkých rôznych hodnôt NOAEL berie do úvahy vždy najvyššia hodnota.

Ak nie je možné identifikovať NOAEL, musí byť identifikovaná najnižšia dávka/koncentrácia súvisiaca s nepriaznivým účinkom, t.j. najnižšia úroveň pozorovaného nepriaznivého účinku (LOAEL). Hodnota NOAEL slúži pre určenie tolerovateľného denného príjmu pre nepracovné prostredie.

Okrem NOAEL a LOAEL je niekedy uvádzaná aj hodnota NOEL najvyššej dávky (úrovne expozície), pri ktorej nie je pozorovaný žiadny účinok na štatisticky významnej úrovni v porovnaní s kontrolnou skupinou, ktorá je dôležitá pre určenie expozičných limitov, napr. prípustného (akceptovateľného) denného príjmu, pre určenie bezpečnej dávky pre aditíva v potravinách a kontaminanty, napr. pesticídy, reziduá veterinárnych liekov, tiež sa používa pre určenie expozičných limitov v pracovnom prostredí a iné.



Obr. 1

rôznymi druhmi dávok a odpoveďami organizmu

Vzťahy medzi

Výpočet hodnoty ADI (Acceptable Daily Intake) s RfD (Reference Dose)

Exaktným výpočtom dennej dávky chemickej noxy pre človeka, resp. pre zvieratá sa zaoberá v súčasnosti celý rad odborníkov (toxikológovia, farmaceuti, hygienici, patológovia a i.). Ideou tohto výpočtu je určenie takej dennej dávky (limitu) príslušnej chemickej škodliviny, ktorá by počas príjmu po dobu celého života nevyvolala žiadne patologické zmeny v organizme človeka alebo zvierat. Uvedené dávky sa musia evidentne pohybovať pod prahom jej biologického účinku.

V poslednom čase sa prezentujú a zhodnocujú metodické prístupy k výpočtu hodnoty ADI, ktorá sa používa najmä v krajinách Európskeho spoločenstva a hodnoty RfD (Reference Dose), ktorá je obdobou ADI a používa sa v USA. Zjednotením metodických postupov možno dospieť k podobným hodnotám v rôznych laboratóriách.

Pri výpočte ADI, resp. RfD sa v princípe vychádza z komplexných toxikologických štúdií chemických látok, najmä zo vzťahu dávka – účinok. Ako základ pre výpočet ADI (resp. RfD) sa berie hodnota **NOAEL** (obr. 1), t. j. hodnota, pri ktorej neboli pozorované žiadne nepriaznivé účinky toxickéj látky. Hľadá sa hranica, kedy dávka vyvolá už preukázateľne pozorované zmeny v organizme (napr. poškodenie pečene, obličiek bunkových štruktúr, biochemických procesov a i.).

Pri výpočte hodnoty RfD vychádzame zo vzorca:

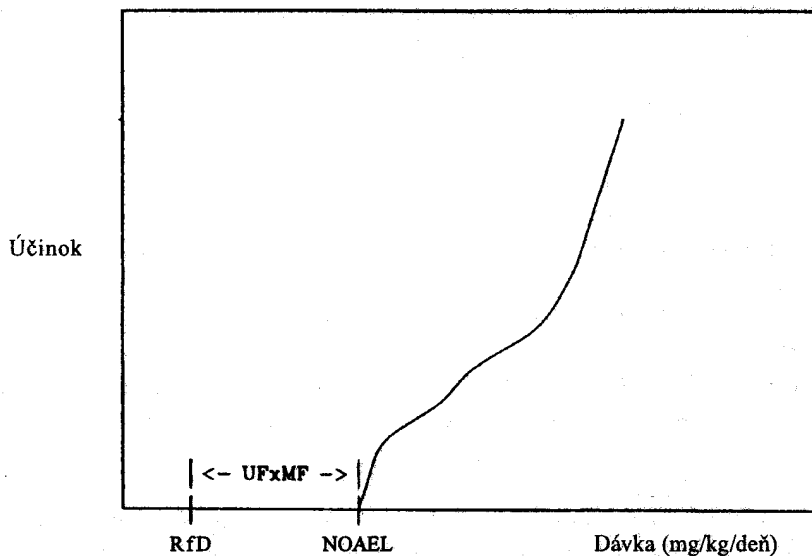
$$RfD = \frac{NOAEL}{MF \times UF}$$

kde

- NOAEL - experimentálne získaná hodnota,
- MF - modifikačný faktor (Modifying factor) – je hodnota pohybujúca sa medzi 1 – 10, rešpektuje také atribúty, akými je interpolácia zo zvierat'a na človeka, druhová špecifickosť, veková závislosť, pohlavie a pod.
- UF - faktor neistoty (Uncertainly factor) – v plnej miere rešpektuje spochybnenie výsledkov takými činiteľmi, akými sú napr. početnosť experimentálnych súborov, validita výsledkov, chybná interpretácia, laboratórne odlišnosti, laboratórne metodiky, individuálne prístupy k riešeniu problémov a i.. Jeho hodnota sa pohybuje rádovo 1 – 10 (tab.10). Hodnoty oboch faktorov (MF aj UF) nie sú limitované a môžu prekročiť i hodnotu 10. Za predpokladu, že MF je 10 a UF je 10 (čo sú bežne používané horné hranice hodnôt), hodnota RfD sa rovná jednej stotine NOAEL.

V súhrne možno konštatovať, že hodnotenie vzťahu dávky k účinku je ďalším krokom k poznaniu rizika škodlivej látky. Experimentálne sledovanie dokazuje, že so zvyšovaním dávky sa zvyšuje i toxická odozva škodliviny. Ale odozva môže narastať i pri stálom prísune tej istej koncentrácie chemickej látky.

Pri pokusoch na zvieratách treba brať do úvahy vedeckú validitu štúdií a zvážiť to, s akým cieľom je hodnotená dávka verzus účinok, či možno transformovať výsledky na človeka, alebo hľadať vzťah k iným voľne žijúcim zvieratám v rôznych ekosystémoch.



Obr. 12 Grafické znázornenie výpočtu RfD (Deference Dose), t. j. dennej prijateľnej dávky pre človeka lebo zvieru v mg.kg-1.den-1 (Beseda, I. a kol , 1997)

Pri výpočte hodnoty **ADI** vychádzame zo vzorca:

$$ADI = \frac{NOAEL}{SF}$$

kde

NOAEL je experimentálne získaná hodnota,

SF - bezpečnostný faktor (Safety factor), ktorého hodnota sa spravidla pohybuje okolo 100. Bezpečnostný faktor rešpektuje v zásade tie isté atribúty, ktoré sú obsahom MF a UF. Môžeme konštatovať, že v zásade ADI sa rovná jednej stotine NOAEL.

Hodnoty AFDI a RfD sa používajú ako miera potenciálnej systémovej toxicity a rizika príslušnej podozrivej toxickéj látky. Dávky, resp. expozície pohybujúce sa pod hodnotami ADI alebo RfD pravdepodobne nie je potrebné považovať za rizikové z hľadiska systémovej toxicity. Tieto by sa mali brať do úvahy pri tvorbe hygienických predpisov a smerníc. Ak však dôjde k systematickému prekračovaniu uvedených hodnôt, možno predpokladať, že nepriaznivé účinky chemickej škodliviny na organizmus človeka alebo zvierat sa časom prejavia. Nemôžeme však kategoricky prehlásiť, že všetky dávky prekračujúce hodnotu ADI alebo RfD sú pre organizmus neprijateľné.

Látky s karcinogénnym účinkom

Pri **karcinogénnych látkach** sa vychádza z bezprahového (non - treshold) prístupu. Predpokladá sa, že neexistuje prahová dávka a akákoľvek koncentrácia látky vyvolá nepriaznivé

účinky. Pre jednotlivé látky sa stanovuje **faktor smernice (Slope Factor - SF)** samostatne pre inhalačnú a orálnu cestu príjmu, ktorý predstavuje konštanty karcinogénneho potenciálu látky. V prípade inhalačnej expozície pri linearizovanom viacúrovňovom modeli vzťah medzi koncentráciou a rizikom nízkej dávky predpokladá priamku, ktorej smernicou je **inhalačné jednotkové riziko (Inhalation Unit Risk - IUR)** ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)⁻¹. V prípade orálnej alebo dermálnej expozície sa určuje tzv. **karcinogénny faktor smernice (Cancer Slope factor - CSF)** ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$)⁻¹.

Riziko vzniku rakoviny sa stanovuje dvoma spôsobmi:

a) **Celoživotné riziko vzniku rakoviny jednotlivca (Individual Lifetime Cancer Risk -ILCR)**

Vypočíta sa podľa rovníc:

v prípade **inhalačnej expozície**:

$$\text{ILCR} = C \times \text{IUR}$$

v prípade **orálnej expozície**:

$$\text{ILCR} = I \times \text{CSF}$$

kde C je koncentrácia ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$),

IUR - inhalačné jednotkové riziko ($\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$)⁻¹,

I - dávka ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$),

CSF - karcinogénny faktor smernice ($\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$ alebo $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{den}^{-1}$)⁻¹.

Ročné riziko vzniku rakoviny pre populáciu (Annual Population Cancer Risk - APCR):

$$\text{APCR} = \frac{\text{ILCR} \times \text{veľkosť populácie}}{\text{priemerná dĺžka života}}$$

Pravdepodobnosť vzniku nádorového ochorenia 10^{-5} pre populáciu a 10^{-4} pre jednotlivca (podľa rôznych krajín) sa označuje za **spoločensky prijateľnú úroveň** (prípustné riziko u nás zatiaľ nebolo stanovené).

Hodnotenie vystavenia (expozície)

Tretí krok procesu hodnotenia rizika - hodnotenie expozície - predstavuje najzložitejší a zároveň najklúčovejší krok procesu opisujúci zdroje, cesty, veľkosť, intenzitu a trvanie expozície sledovaného faktora na každú z ľudských populácií, pre ktorú vystavenie je známe alebo ho možno primerane predvídať. Cieľom musí byť kvantitatívny alebo kvalitatívny odhad dávky (koncentrácie) rizikového faktora, ktorému populácia je alebo môže byť vystavená.

Expozícia v zmysle hodnotenia rizík je chápaná ako kontakt sledovaného faktora (fyzikálny, chemický alebo biologický) s vonkajšími hranicami organizmu.

Základné prístupy k hodnoteniu expozície:

Priame meranie koncentrácie alebo úrovně rizikového faktora v jednotlivých zložkách životného prostredia. Metóda sa používa pri hodnotení expozície vo vonkajšom alebo vnútornom prostredí.

Biologické monitorovanie, t. j. meranie koncentrácie rizikového faktora alebo jeho metabolitov v ľudskom tele a odhad expozície na základe zistených hodnôt.

Modelovanie opisujúce správanie sa rizikového faktora v prostredí a prostredníctvom modelovaných hodnôt odhad expozície.

Výpočet expozície

Expozícia je daná súčinom koncentrácie znečisťujúcej látky alebo úrovně rizikového faktora a doby trvania expozície.

$$\text{Expozícia} = C \times ED$$

Určenie množstva znečisťujúcej látky, ktoré skutočne prekračuje hranicu organizmu a predstavuje potenciálnu priemernú dennú dávku, ktorá je daná vzťahom:

$$\text{Priemerná denná dávka (mg.kg}^{-1}\text{.den}^{-1}) = \frac{C \times CR \times ED \times EF}{BW \times AT}$$

$$\text{Absorbovaná dávka (mg.kg}^{-1}\text{.den}^{-1}) = \text{Priemerná denná dávka} \times AF$$

pričom:

- AF je absorpčný faktor,
- C - priemerná koncentrácia škodliviny v médiu (napr. mg.m⁻³, mg.kg⁻¹, mg.l⁻¹),
- CR - rýchlosť resp. veľkosť kontaktu s kontaminovaným médiom (napr. kg.den⁻¹, m³.den⁻¹),
- EF - frekvencia expozície (den.rok⁻¹),
- ED - doba trvania expozície (rok),
- BW - priemerná telesná hmotnosť počas trvania expozície (kg),
- AT - doba, počas ktorej je C považovaná za konštantnú (deň).

V rovnici sa vyskytujú dva základné typy premenných. Chemická koncentrácia a čiastočne tiež rýchlosť kontaktu CR, ktoré sú často získavané priamym meraním, zatiaľ čo pre ostatné parametre, nazývané **expozičné faktory**, sú spravidla používané konvenčné hodnoty (napr. US EPA). Nakoľko rad týchto konvenčných hodnôt v našich podmienkach nemusí platiť, nie je možné pri ich používaní mechanicky postupovať a v prípade potreby ich modifikovať podľa domácich podmienok.

Charakterizácia rizika

Charakterizácia (klasifikácia) rizika predstavuje konečnú fázu v odhade rizika a sumarizuje všetky poznatky získané v predchádzajúcich troch krokoch. Slúži ako podklad pre riadenie rizika a zahŕňa závažnosť dôkazov pravdepodobnosti, že skúmaný faktor je nebezpečný ľudskému zdraviu,

diskusiu vzťahov dávky a odpovede použité pre odvodenie referenčných dávok, vrátane faktorov neistoty a modifikujúcich faktorov, údaje o tvare smerniciach kriviek, toxikodynamických údajoch, odhady povahy a rozsahu expozície, počte a druhu exponovaných ľudí.

V prípade **nekarcinogénnych** látok:

- ak je pomer dávka/RfD menší než 1,0; nepredpokladá sa existencia žiadneho významného rizika,
- ak je pomer väčší než 1,0; predstavuje potenciálne (reálne) riziko - je vhodné zahájiť nápravné opatrenia. Tento pomer je udávaný **koeficientom nebezpečenstva (Hazard Quocient - HQ)** nasledovne:

$$HQ = \frac{\text{Dávka}}{\text{RfD}}$$

Ak sú hodnoty pomeru väčšie ako 4, sú natoľko významné, že ide o havarijné situácie, a preto by nápravné opatrenia mali byť zahájené čo najskôr. V prípade, že existuje expozícia viacerým škodlivinám, používa sa suma všetkých koeficientov nebezpečenstva nazývaná **sumárny koeficient nebezpečenstva - index nebezpečenstva (Hazard Index - HI)**

$$HI = \cdot HQ_i.$$

V prípade **karcinogénnych látok** za predpokladu bezprahového účinku látky, je výsledkom pre x - karcinogénnych látok suma všetkých celkových celoživotných rizík pravdepodobnosti vzniku rakoviny nad úroveň jej bežného výskytu.

Charakterizácia (klasifikácia) rizika zahŕňa rozbor všetkých neistôt spojených so závermi a rozbor postupov, ku ktorým v procese hodnotenia rizík došlo, vrátane závažnosti použitých dôkazov.

Vzhľadom na skutočnosť, že hodnotenie rizika je zložitý proces, musia byť výsledky posudzované veľmi zodpovedne a opatrne. Závažnú časť celého procesu tvorí potreba poukázania na škálu neistôt.

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] BALOG, K., ZAPLETALOVÁ, I. *Základy toxikológie*. Ostrava: Edice Spektrum SPBI, 1998, 107 s. ISBN 80-86111-29-6.
- [2] BESEDA, I. a kol. *Toxikológia*. Zvolen: TU vo Zvolene, 1997, 179 s. ISBN 80-228-0657-9.
- [3] BUCHANCOVÁ a kol. *Pracovné lekárstvo a toxikológia*. Martin, Osveta, 2003. ISBN 80-8063-113-1.1133s.
- [4] ZELENÝ, J., BESEDA, I. *Inžinierstvo pracovného prostredia*. Zvolen, FEV, TU vo Zvolene, 1999. 221 s., ISBN 80-228-0894-6.
- [5] Metodický pokyn Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky z 22. októbra 1998 č . 623/98 - 2 na postup hodnotenia a riadenia rizík
- [7] Balog, K. - Tureková, I.: *Priemyselná toxikológia*. - Bratislava : STU v Bratislave, 2005. - 160 s. - ISBN 80-227-2337-1

RUSKO, M. – BALOG, K. [Eds.] 2007:

Manažérstvo životného prostredia 2007 ▼▲▼ Management of Environment '2007
zo VII. konferencie so zahraničnou účasťou konanej 5. - 6. 1. 2007 v Jaslovských Bohuniach
Proceedings of the International Conference, Jaslovské Bohunice, 5-6 January 2007
Žilina: Strix et VeV. Prvé vydanie. ISBN 978-80-89281-18-3.

ADRESA AUTOROV

doc. Ing. Ivana Tureková, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >ivana.turekova@stuba.sk<

prof. Ing. Karol Balog, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >karol.balog@stuba.sk<

Mgr. Renáta Šantavá, Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Ústav bezpečnostného a environmentálneho inžinierstva, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika

RECENZENT

doc. Ing. Viktor Wittlinger, PhD., Slovenská technická univerzita v Bratislave, Materiálovotechnologická fakulta Trnava, Botanická 49, 917 01 Trnava, Slovenská republika, e-mail: >vikwit@zoznam.sk<