

papírenství a textilním průmyslu – všude tam, kde se pracuje s chlórem. Hlavními zdroji uniků dioxinů jsou dnes spalovací procesy, ve kterých figurují chlorované látky včetně PVC. Dioxiny se kumulují v tukových tkáních živočichů. Jsou nebezpečné i ve stopovém množství. Dlouhodobé působení dioxinů vede k poškození imunitního a nervového systému, dále ke změnám endokrinního systému (zejména štítné žlázy) a reprodukčních funkcí. Některé studie prokázaly také jejich vliv na snížení inteligence, snížení schopnosti soustředění a vliv na chování (například hyperaktivita u dětí). Otrava vysokými dávkami dioxinů se proje-

vuje tzv. "chlórákné". Za ještě nebezpečnější se považují polybromované dioxiny a furany vznikající například hořením bromovaných zpomalovačů hoření.<sup>7</sup>

#### Hexachlorbenzen (HCB)

Hexachlorbenzen může vznikat jako vedlejší produkt při výrobě či likvidaci PVC. Člověk může být vystaven negativnímu působení HCB na svůj organismus několika cestami: konzumací potravin kontaminovaných hexachlorbenzen (dnes v ČR asi nejčastější cesta), dále pak v pracovním prostředí v provozech, kde HCB vzniká jako nezamýšlený vedlejší produkt (chemická

výroba, spalovny odpadů, hutnictví apod.). Jako lipofilní látka se HCB kumuluje hlavně v živočišných tucích a jeho koncentrace rostou s tím, jak vysoko stojí příslušný živočich v potravní pyramidě. HCB je nebezpečný jak pro lidi, tak pro zvířata, pokud jsou dlouhodobě vystaveni určitým dávkám této látky. Poškozuje především játra a ledviny a působí negativně na činnost štítné žlázy. Opakovaná expozice HCB či vystavení jeho vysoké koncentraci může u člověka vyvolat poškození nervového systému, podrážděnost, přecitlivělost kůže (pocit špendlíků a jehliček na kůži), oslabení svalů, problémy koordinace pohybů a chůze.

#### Zdroje:

- [1] Hsiao, Tun-Jen MD, MS; Wang, et al. *Liver Fibrosis in Asymptomatic Polyvinyl Chloride Workers*. September 2004. *Journal of Occupational & Environmental Medicine*. 46(9):962-966.
- [2] Mastrengelo G., Fedeli U., Fadda E. et al. *Lung cancer risk in workers exposed to poly(vinyl chloride) dust: a nested case-referent study*. 2003. <http://oem.bmj.com/cgi/content/abstract/60/6/423>.
- [3] Ohlson C., Hardell L.. *Testicular cancer and occupational exposures with a focus on xenoestrogens in polyvinyl chloride plastics*. 2000. *Chemosphere* 40(9-11):1277-82
- [4] Express News Service. August 12, 2007 - Gas poisoning: Two more dead, factory owner held. [http://www.besafenet.com/pvc/news/archives/2007/08/august\\_12\\_-\\_gas.htm](http://www.besafenet.com/pvc/news/archives/2007/08/august_12_-_gas.htm).
- [5] IOL. August 14, 2007 - Tragedy hits Siberian chemical plant. [http://www.besafenet.com/pvc/news/archives/2007/08/august\\_14\\_-\\_tra.htm](http://www.besafenet.com/pvc/news/archives/2007/08/august_14_-_tra.htm)
- [6] Costner P. *Comparison of Global Warming Potential and Energy Demend of Eco-Flexx and PVC Billboard Flex*. 2007.
- [7] Watson A., *Pozor! Nebezpečný prach!* 2006. Arnika.
- [8] Bornehag, CG., Sundell, J., Weschler, C.J., Sigsgaard, T., Lundgren, B., Hasselgren, M., Hägerhed-Engman, L. *Allergic symptoms and asthma among children are associated with phthalates in dust from their homes: a nested case-control study*. 2004. *Environmental Health Perspective*.
- [9] Jaakkola JJ, Øie L, Nafstad P, Botten G, Samuelson SO, Magnus P. *Interior surface materials in the home and the development of bronchial obstruction in young children in Oslo, Norway*. *Am J Public Health*. 1999;89:188-192.
- [10] Tuomainen A., et. All. *Experimental PVC material Challenge in Subjects with Occupational PVC Exposure*. 2006. <http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=1570076>.
- [11] Castle L, Mercer AJ, Startin JR, Gilbert J. *Migration from plasticized films into foods. 2. Migration of di-(2-ethylhexyl)adipate from PVC films used for retail food packaging*. *Food Addit Contam*. 1987 Oct-Dec;4(4):399-406.
- [12] Goulas AE, Anifantaki KI, Kolioulis DG, Kontominas MG. *Migration of di-(2-ethylhexylexyl)adipate plasticizer from food-grade polyvinyl chloride film into hard and soft cheeses*. *J Dairy Sci*. 2000 Aug;83(8):1712-8.
- [13] Page BD, Lacroix GM. *The occurrence of phthalate ester and di-2-ethylhexyl adipate plasticizers in Canadian packaging and food sampled in 1985-1989: a survey*. *Food Addit Contam*. 1995 Jan-Feb;12(1):129-51.

- [14] Petersen JH, Lillemark L, Lund L. *Migration from PVC cling films compared with their field of application*. *Food Addit Contam*. 1997 May-Jun;14(4):345-53
- [15] Wallace, D.N. *Dangers of Polyvinylchloride Wire insulation decomposition*. 1981. *Journal of Combustion Toxicology*, vol 8 .
- [16] European Commission: *The Behaviour of PVC in Landfill*. Final Report. Brussels, July, 2000
- [17] US EPA, 2006: *An Inventory of Sources and Environmental Releases of Dioxin-Like Compounds in the United States for the Years 1987, 1995, and 2000*. EPA/600/P-03/002F. November 2006.
- Wallace, D.N. *Dangers of Polyvinylchloride Wire insulation decomposition*. *Journal of Combustion Toxicology*. 1981. vol 8.
- [18] European Commission: *Green Paper. Environmental issues of PVC*. July, 2000 Brussels.
- [19] UBA. *Environmental Damage by PVC – An Overview*. 1992. Federal Office of the Environment. Berlin. 6/192.
- [20] Rankine K. *Building the future – a guide to bulding without PVC*. 1996. Greenpeace UK, London.
- [21] Johnston, P. Troendle, 1993. *PVC 93: The Future; An environmental perspective*. Institue of Material, London. P.17.
- [22] Ware G.W. *Rev. Environ. Contam. Toxicol*. 107,166. 1989
- [23] Castle L, Mercer AJ, Startin JR, Gilbert J. *Migration from plasticized films into foods. 2. Migration of di-(2-ethylhexyl)adipate from PVC films used for retail food packaging*. *Food Addit Contam*. 1987 Oct-Dec;4(4):399-406.
- [24] Goulas AE, Anifantaki KI, Kolioulis DG, Kontominas MG. *Migration of di-(2-ethylhexylexyl)adipate plasticizer from food-grade polyvinyl chloride film into hard and soft cheeses*. *J Dairy Sci*. 2000 Aug;83(8):1712-8.
- [25] Page BD, Lacroix GM. *The occurrence of phthalate ester and di-2-ethylhexyl adipate plasticizers in Canadian packaging and food sampled in 1985-1989: a survey*. *Food Addit Contam*. 1995 Jan-Feb;12(1):129-51.
- [26] *Vinyl 2010 uvádí do praxe závazek vinylového průmyslu EU minimalizovat dopady výroby PVC na životní prostředí, stanovení ucelené strategie odpadového hospodářství a zajištění bezpečného používání změkčovadel a stabilizátorů*.
- [27] *Vinyl 2010 Progress report 2007. Report on the activities of the previous year*.



nadace rozvoje občanské společnosti



Podpořeno grantem z Islandu, Lichtenštejska a Norska v rámci Finančního mechanismu EHP a Norského finančního mechanismu prostřednictvím Nadace rozvoje občanské společnosti. Dále tisk letáku podpořili také Ministerstvo životního prostředí a Global Greengrants Fund. Jmenovaní nenesou odpovědnost za obsah tohoto letáku. Tato publikace je vytištěna na recyklovaném papíře.



Sdružení Arnika  
Chlumova 17  
130 00 Praha 3  
tel./fax. 222 781 471

# Negativní dopady výroby, používání a likvidace PVC na zdraví a životní prostředí

Polyvinylchlorid (PVC) patří k nejrozšířenějším plastům. Nalezl své uplatnění ve všech oborech lidské činnosti. Používá se ve stavebnictví, při výrobě nábytku a bytových doplňků, v oděvním a obuvnickém průmyslu. Vyrábí se z něj hračky, kancelářské potřeby, zdravotnické pomůcky, obaly včetně potravinových a mnoho dalších předmětů. Nelze mu upřít dobré technické vlastnosti jako je pružnost, nízká hmotnost, dobrá tepelná odolnost. PVC však představuje zbytečný hazard pro životní prostředí a také pro naše zdraví. Celý jeho životní cyklus – od výroby až po likvidaci – doprovází úniky toxických látek. Mnohé z nich jsou rakovinotvorné, způsobují poruchy reprodukce, vrozené vady, poškozují imunitní systém. Záleží samozřejmě také na jejich koncentracích a na době, po jakou jsme působení těchto látek vystaveni. Níže je uveden přehled rizik, která s sebou přináší výroba, používání a likvidace polyvinylchloridu.

## Výroba

Výrobu PVC lze zjednodušeně popsat následovně: sloučením etylenu a chlóru vzniká etylendichlorid (EDC), z něj se dále vyrábí vinylchlorid monomer (VCM) – základní stavební jednotka PVC. Tento plast se nepoužívá v podobě, v jaké je vyroben, ale ve směsi s dalšími látkami – aditivy, které mu dávají celou řadu různých vlastností. Výrobě PVC musí předcházet výroba chlóru spojená rovněž s úniky celé řady látek, včetně rtuti a jejích sloučenin.

## Výroba PVC = riziko rakoviny

Skutečnost, že samotná výroba PVC ohrožuje zdraví lidí pracujících přímo v továrnách na PVC potvrzují studie z celého světa. U dělníků pracujících ve výrobě PVC byl zjištěn v souvislosti s úniky rozličných látek vznik různých typů rakoviny. Zatímco vysoké dávky VCM jsou dávány do souvislosti především s rakovinou jater,<sup>1</sup> vdechování prachu z provozu může mít za následek hlavně rakovinu plic. Bylo zjištěno, že každý rok práce v továrně na výrobu PVC může zvyšovat riziko rakoviny plic až o 20%.<sup>2</sup> Rakovina varlat je spojována se zvýšenou koncentrací změkčovadel (ftalátů) ve výrobních provozech.<sup>3</sup> Výjimečností nejsou ani havárie spojené se úmrtími dělníků. Jen v srpnu 2007 zemřelo 7 dělníků během havárií, ke kterým došlo v továrnách vyrábějících PVC v Indii<sup>4</sup> a Rusku.<sup>5</sup>

## Výroba PVC a globální oteplování

Porovnáme-li výroby některých výrobků z PVC a z jiných plastů, můžeme dojít k zajímavému závěru. Například výroba billboardových plakátů z PVC klade o 61 % větší nároky na energii než stejný výrobek ze směsi polyetylenu (tzv. Eco-Flexx). Výroba billboardových plakátů z PVC tak přispí-

vá k celosvětovému problému globálního oteplování.<sup>6</sup>

## Používání

PVC představuje přímé riziko pro své uživatele. Některá aditiva, která se do PVC přidávají během výroby, nejsou v PVC pevně vázána a postupně se z něj uvolňují – změkčovadla, těžké kovy anebo zpomalovače hoření.

## Změkčovadla PVC

Do měkkého, pružného PVC, které se používá v celé řadě oborů se přidávají změkčovadla, která dávají PVC větší ohebnost. Hlavní, nejvíce používanou, skupinou změkčovadel jsou ftaláty, dále pak adipáty či citráty. Některé ftaláty a adipáty se řadí k neškodlivějším látkám, které se musejí do PVC přidávat. Používání nejvíce nebezpečných (toxických) ftalátů již bylo omezeno v hračkách a výrobcích určených pro děti. Nicméně stále se používají například ve zdravotnických pomůckách, ze kterých se snadno dostávají do těla hlavně u lidí dlouhodobě léčených v nemocnici, včetně kojenců. Měkčené PVC se používá například k opláštování kabelů, na podlahové krytiny, izolační fólie, lékařské pomůcky, části oblečení, dětské hračky, různé profily apod..

## Stabilizátory

Stabilizátory se přidávají do PVC, aby umožnily jeho zpracování a zvýšily jeho odolnost vůči vnějším silám, včetně vyšší teploty a slunečního světla (ultrafialového záření). Výrobci PVC donedávna používali jako stabilizátory nejčastěji kadmium a olovo. Od kadmia se v rámci EU již zcela upustilo. Postupně se přestává používat i olovo, nicméně stále je to v PVC nejpoužívanější stabilizátor. Dále se využívají vápenato-organické a cínové stabilizátory.

## Další přísady

K dalším nebezpečným látkám, které se přidávají do PVC a mohou se z něj uvolňovat, patří různé zpomalovače hoření, například polybromované difenylétery (PBDE).

## Nebezpečný prach

Ftaláty se běžně přidávají například do podlahových krytin z PVC, odkud se uvolňují do ovzduší a následně jsou vdechovány. Prach odebraný v hydrometeorologické stanici vysoko v horách obsahoval mnohonásobně více ftalátů, než vzorek prachu z kanceláře v Praze. Meteorologická stanice, na rozdíl od kanceláře, byla vybavena PVC podlahovou krytinou.<sup>7</sup> Tento případ z České republiky zachycuje, jak může vnitřní vybavení budov ovlivnit kvalitu prostředí, ve kterém se každodenně pohybujeme. Vdechování látek, které se z PVC uvolňují může

mít za následek zhoršení průběhu respiračních onemocnění, astmatu, alergií.<sup>8, 9, 10</sup>

### Potravinové obaly

Další rizikovou oblastí, kde se PVC používá, jsou potravinové obaly. Změkčovadla (ftaláty či adipáty) uvolňující se z PVC mohou přímo kontaminovat potravinu. Při chemické analýze sýrů balených v PVC foliích bylo zjištěno, že množství změkčovadla, které se může z PVC folie uvolnit do potravin, dosahuje 15–37 % obsahu změkčovadla.<sup>11, 12, 13, 14</sup>

### Požáry – nedokonalé spalování PVC

Při náhodných požárech budov či skládek, kde je přítomno PVC, se do ovzduší uvolňuje chlorovodík – plyn s vysokou toxicitou způsobující popáleniny kůže nebo poškození zraku. Při vdechnutí se ve vlhkém prostředí lidského těla mění na kyselinu chlorovodíkovou, která může způsobit vážné a trvalé poškození plic. Další skupinou rizikových látek, které obsahuje štiplavý dým z hořícího PVC, jsou dioxiny. Během požáru v klubu v Beverly Hills (1977), který se začal šířit od elektrických kabelů z PVC, zemřelo 161 lidí. Aniž by byli zasaženi plameny, dříve, než úroveň oxidu uhelnatého dosáhla nebezpečných hodnot.<sup>15</sup>

### Likvidace PVC

Když se PVC stane odpadem, nastává velký problém, jak ho bezpečně zlikvidovat. Nabízí se několik postupů, které však mají svá úskalí.

### Skládkování

Většina PVC končí na skládkách, kde degraduje a kde se z něho uvolňují ftaláty a těžké kovy. Ty kontaminují skládkové vody a když jsou likvidovány na čistírnách odpadních vod, dostanou se tyto látky do řeky nebo skončí v čistírenských kalech. Čistírny je nezachytí a ani jejich únik nesledují. Technologicky by to bylo drahé. Ftaláty byly zjištěny i ve skládkovém plynu. Při aerobních podmínkách (za přítomnosti kyslíku) se z PVC uvolní 30–35% a při anaerobních podmínkách (bakteriálním rozkladu za vzniku metanu) 4–40% ftalátů. Při náhodných požárech skládky jsou největším problémem již zmíněné dioxiny. Podle US EPA požáry skládek patří k největším zdrojům emisí dioxinů vůbec. V České republice dochází k několika stovkám požárů skládek za rok.<sup>16, 17</sup>

### Spalování

Spalování je vůbec nejhorším způsobem likvidace PVC, protože se při něm uvolňují do životního prostředí nebezpečné látky jako chlorovodík, dioxiny, hexachlorbenzen, polyaromatické uhlovodíky. Do škváry a popílku ze spaloven se z PVC dostávají těžké kovy. Celkově při spalování PVC často vznikne více odpadu než se spálí samotného plastu, protože je nutné vzhledem ke zvýšené tvorbě kyseliny chlorovodíkové v emi-

sích přidávat větší množství látek k čištění spalin. Současně se celý proces prodražuje a toxické látky zachycené v popílku stejně v lepším případě skončí na zabezpečené skládce.<sup>18</sup> K velkým nešvarům patří spalování PVC v domácích topeništích anebo na otevřených ohništích. Následující tabulka ukazuje závislost zvyšující se koncentrace dioxinů na množství PVC ve spalovaném materiálu.

Množství dioxinů v emisích v závislosti na obsahu PVC ve spalovaném materiálu				
Obsah PVC ve spalovaném materiálu	0%	0,2%	1%	7,5%
Množství dioxinů v emisích Průměrné ng I-TEQ/kg paliva	14	80	200	4 900
Rozmezí v ng I-TEQ/kg paliva	2-28	9-150	180-240	3 500-6 700

Zdroj: *Guidelines on BAT and Provisional Guidance on BEP Relevant to Article 5 and Annex C of the Stockholm Convention on POPs*. 2006.

### Recyklace

I přes usilovné snahy vinylového průmyslu se v rámci EU zrecyklovalo v roce 2003 jen 2–3 % PVC. V roce 2020 se předpokládá, že se v Evropské unii zrecykluje 9–18 % PVC.<sup>18</sup> Příčinou nevhodnosti PVC k recyklaci je, že každý výrobce přidává do PVC odlišná aditiva, aby docílil požadovaných vlastností. Relativně dobře lze recyklovat PVC kabeláž či okenní profily. Doposud není vyřešen separovaný sběr PVC k recyklaci. PVC nepatří do směsného plastu určeného k recyklaci, protože negativně ovlivňuje jeho vlastnosti. Například jedna láhev z PVC může znehodnotit recyklaci 30–50 tisíc láhví z PETu.

### Ekonomické aspekty PVC

Jedním z důvodů značného používání PVC je skutečnost, že produkty z toho materiálu většinou patří k nejlépeším. Chceme-li však posoudit ekonomickou výhodnost používání tohoto materiálu, musíme se na něj podívat z širšího pohledu. Zvážíme-li celkové náklady, nejen výrobní, respektive kupní cenu PVC produktů, jeví se výrobky z přírodních materiálů jako ekonomicky výhodnější. Dalším ekonomickým přínosem náhrad PVC je předpokládané snížení nákladů ve zdravotnictví. Pokud se omezí výroba PVC, sníží se i množství toxických látek uvolňovaných do životního prostředí, což přispěje ke zlepšení zdravotního stavu obyvatel.

Situaci lze ilustrovat například na podlahových krytinách. PVC je ve srovnání s alternativními materiály zpravidla nejlépeším. Bereme-li však v úvahu jeho životnost, náklady na údržbu, náklady na likvidaci, cena PVC narůstá. Látky uvolňované z PVC mohou zhoršovat průběh alergických onemocnění či astmatu.<sup>8, 9, 10</sup> Jedná se o chronická onemocnění, která i přes nákladnou

léčbu snižují kvalitu života.

Finančně nákladná je i likvidace následků požárů v budovách, kde hořelo i PVC. Škody způsobené kyselinou chlorovodíkovou nebo dioxiny si mohou vyžádat rozsáhlé opravy anebo nákladnou likvidaci odpadů, kterých by nebylo zapotřebí pokud by PVC v budovách nebylo přítomno.<sup>19</sup> Například požár PVC kabelů, ke kterému došlo v telefonní ústředně v Düsseldorfu roku 1988, byl snadno uhašen za pomoci 10 l vody. Horší však byla kontaminace celé budovy dioxiny. Odstranit znečištění stálo 12 milionů dolarů a trvalo tři roky.<sup>20</sup>

### Nebezpečné látky spojené s výrobou, používáním a likvidací PVC

#### Některé nebezpečné látky spojené s výrobou PVC

##### Chlór

Chlór je široce využívaný, vysoce reaktivní plyn. Je to prvek přírodního původu, ovšem využívaný k výrobě celé škály často velice složitých anorganických i organických chemických sloučenin. Slouží jako základ pro výrobu PVC.

Opakované vdechování malých dávek chlóru během krátké doby má negativní dopad na dýchací soustavu. Projevuje se od kašle, přes bolest na hrudi až po vodu na plicích. Chlór dráždí kůži, oči a dýchací ústrojí. Laboratorní studie ukazují, že opakovaná expozice chlóru v ovzduší může vést k nevratnému poškození imunitního systému, krve, srdce a dýchacího ústrojí živočichů. Plyný chlór narušuje oxidací tkáně živočichů i rostlin.

Dostane-li se chlór do životního prostředí například v důsledku havárie, může bezprostředně popálit blízké rostliny, ale pak rychle zreaguje s vodními parami ve vzduchu na chlorovodík. Je to velmi korozivní látka, která napadá mnohé kovy a vápenec, což vede k narušení budov i kulturních památek. Plyný chlorovodík se velmi rychle rozpouští ve vodě (i ve vodních parách ve vzduchu) za vzniku silné kyseliny chlorovodíkové.

##### Rtuť

Rtuť je toxickým kovem, který se dosud používá při výrobě chlóru tzv. amalgánovou elektrolýzou. Monopolní výrobce PVC v České republice bude používat rtuť při výrobě chlóru do konce roku 2012. Rtuť se z tohoto procesu uvolňuje do ovzduší, do vody a velkou část jí obsahují odpady. V některých zemích (hlavně v Číně) se donedávna používala anebo používá také jako katalyzátor při výrobě vinylchloridu monomeru, z něhož se potom polymerací vyrábí PVC. Sloučeniny organické rtuti zařadila Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) k látkám možná rakovinnotvorným pro člověka (skupina 2B). Hlavně však rtuť a její sloučeniny působí negativně na nervovou soustavu u člověka a živočichů, což se projevilo například v důsledku

trvalých úniků rtuti u města Minamata v Japonsku (tzv. minamatská nemoc).

### Etylendichlorid (EDC)

EDC je toxická tekutina, lehce se vstřebává pokožkou. Způsobuje vrozené vady, poškozuje játra a ledviny. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) ho zařadila do skupiny 2B – možná karcinogenní pro člověka. Výpary EDC mohou snadno explodovat. Etylendichlorid je synonymem pro název 1,2-dichloreten (DCE).

### Vinylchlorid monomer (VCM)

VCM je vysoce toxický, výbušný, rakovinnotvorný plyn. Způsobuje měknutí kostí, deformace prstů, kožní problémy, impotenci. Jeho účinky na organismus se mohou projevit jako rakovina jater, rakovina plic či mozku. U lidí žijících poblíž továrny, kde se vyráběl VCM, byl zaznamenán nárůst počtu vrozených vad, řadí se proto k mutagenním látkám.<sup>21, 22</sup>

### Další chlororganické sloučeniny

Během výrobního procesu PVC vznikají chlororganické sloučeniny (například polychlorované dioxiny a furany, polychlorované bifenyly, hexachlorbenzen, hexachlorbutadien). Podle měření ze švédského závodu na výrobu PVC připadlo na jednu tunu vyrobeného PVC přes 36 kg halogenových látek. Některé z nich jsou vysoce toxické, karcinogenní, poškozují hormonální, imunitní, centrální nervový systém, mají negativní vliv na reprodukci. Část z nich se díky své chemické stálosti hromadí v životním prostředí a vstupují do potravních řetězců, kde se pak kumulují hlavně v živočišných tucích – patří mezi tzv. perzistentní organické látky (POPs).

K problematickým látkám provázejícím výrobu PVC patří například také chloroform, 1,1,2-trichloreten, tetrachloreten nebo tetrachlormetan. Vesměs se jedná o těžké organické látky, které se snadno vypařují, zhoršují kvalitu ovzduší. Tetrachloreten podmiňuje vznik škodlivého přízemního ozónu. K poškozování ozónové vrstvy Země významně přispívá tetrachlormetan. Obecně by se dalo říct, že citlivě na působení těchto látek reagují především játra, ledviny, centrální nervový systém včetně mozku. Pokud chemikálie nepůsobí příliš dlouho a ve velkém množství, většinou nedochází k trvalému poškození. Některé z těchto látek jsou potenciálními karcinogeny.

### Charakteristika nebezpečných látek nejčastěji spojovaných s používáním PVC

#### Ftaláty

Ftaláty jsou organické sloučeniny – estery kyseliny ftalové s různými mastnými alkoholy. Ftaláty představují skupinu asi 40 látek. Mezi ftaláty nejvíce používané pro měkčení PVC patří dietylhexyl ftalát (DEHP), diisononyl ftalát (DINP) a diisodecyl ftalát (DIDP), dibutyl ftalát (DBP) a butylbenzyl ftalát (BBP). První tři jsou používány nejčastěji a nejdéle.

Hlavní nebezpečí, které je s těmito látkami spojováno, spočívá v jejich negativním vlivu na hormonální a reprodukční systém. Nezanedbatelné jsou také jejich účinky na játra, ledviny, plíce a na srážlivost krve. Nicméně jejich vlivy na lidské zdraví je nutné hodnotit individuálně, protože se u různých ftalátů značně liší.

#### Di(2-etylhexyl) ftalát (DEHP)

DEHP patří ke ftalátům, jejichž účinky na zdraví jsou prozkoumány nejlépe. DEHP podle studií prováděných na zvířatech ohrožuje schopnost reprodukce (poškození samčího i samičího rozmnožovacího ústrojí), způsobuje vrozené vady (např. kosterní vady, oční vady, vady nervového seskupení tvořícího základ nervové soustavy staršího embrya) a kardiovaskulární problémy. DEHP rovněž poškozuje ledviny a játra, kde se hromadí.

#### Adipáty

Negativní účinky adipátů na lidské zdraví a životní prostředí se v současné době intenzivně zkoumají. Např. americká Agentura pro registraci toxických látek a nemocí (Agency for Toxic Substances and Disease Registry - ATSDR) zařadila di(2-etylhexyl) adipát, neboli DEHA na „Priority List of Hazardous Substances“. V hodnocení účinků DEHA na lidské zdraví si vědci stále nejsou dostatečně jistí, protože veškeré studie byly prováděny pouze v laboratorních podmínkách a nejsou výzkumy, které by se zaměřily na výzkum jeho dopadů přímo na lidi. Testy na karcinogenitu odhalily při podávání vysokých dávek DEHA výskyt rakoviny jater u laboratorních myší, testy na potkanech již karcinogenitu neprokázaly. Varovným signálem je, že se DEHA stejně jako DEHP uvolňuje z měkčeného PVC používaného na potraviny a hromadí se v nich.<sup>23, 24, 25</sup>

#### Kadmium

Členové Evropské asociace výrobců stabilizátorů (ESPA) ukončili prodej stabilizátorů na bázi kadmia v zemích evropské patnáctky v roce 2001. Podle organizace Vinyl 2010<sup>26</sup> bylo používání kadmia jako stabilizátoru PVC zastaveno v rámci celé EU-25 koncem roku 2006.<sup>27</sup> Stále je však potřeba brát v úvahu zátěž životního prostředí během likvidace PVC produktů staršího výrobního data. Kadmium se jako stabilizátor PVC používalo především v okenních rámech. Kadmium patří mezi těžké kovy. Je klasifikována jako lidský karcinogen. V lidském těle se hromadí hlavně v ledvinách a játrech, přičemž příjem i velmi nízkých dávek tohoto kovu může vést k selhání ledvin. Se zvýšením jeho koncentrací v ovzduší byly zjištěny častější disfunkce ledvin, podle IARC (Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny) narůstá riziko rakoviny prostaty a dýchacího aparátu.

#### Olovo

Úniky olova byly zaznamenány u PVC

okenních rámu nebo vodovodního potrubí. Negativní vlivy olova na zdraví jsou dlouhodobě sledovány. Olovo se vstřebává převážně plícemi, ale také trávicím ústrojím (u dospělých 5–10%, u dětí až 53%). Olovo může ovlivňovat krvetvorný a nervový systém, ledviny, imunitní mechanismy, trávicí a reprodukční systém. Olovo se při vyšších dávkách hromadí v kostech, játrech a ledvinách. Trvalá expozice nízkým koncentracím může vést hlavně u dětí k poruše jejich chování, např. k hyperaktivitě. Mezinárodní agentura pro výzkum rakoviny (IARC) zařadila anorganické sloučeniny olova do skupiny látek pravděpodobně karcinogenních pro člověka (skupina 2A), zatímco jeho organické sloučeniny mezi látky, které nelze klasifikovat jako rakovinnotvorné pro člověka (skupina 3).

#### Bromované zpomalovače hoření

Polybromované difenylétery (PBDE) představují jednu z podskupin bromovaných zpomalovačů hoření (BFRs). Přidávají se do různých materiálů, včetně PVC. PBDE jsou perzistentní (velmi dlouhou dobu přetrvávající v životním prostředí či v živých organismech) a bioakumulativní (mají schopnost ukládat se v živých organismech, zejména v tucích). PBDE mohou ovlivňovat funkci hormonů a mohou narušovat vývoj mozku. Jsou spojovány s non-Hodgkinovým lymfomem u lidí a narušením rovnováhy hormonů štítné žlázy. Při pokusech na kryších s těmito látkami byl zjištěn vznik různých druhů rakoviny. Mají také genotoxické účinky.

#### Některé látky provázející výrobu anebo likvidaci PVC

##### Polychlorované bifenyly (PCB)

Polychlorované bifenyly se dříve používaly jako zpomalovače hoření, ale také třeba jako změkčovadla PVC anebo v nesmyvatelných rtěnkách. Pro jejich škodlivý zdravotní účinek, byla v Československu jejich výroba zakázána v roce 1984. Nicméně PCB i nadále vznikají jako nezamýšlené vedlejší produkty. Dioxinům podobné PCB vznikají i při hoření PVC. V nízkých koncentracích se s nimi můžeme setkat i v PVC samotném. Akutní otrava PCB se projevuje únavou, zvracením, lehkou žloutenkou a kolikou. V těžkých případech se při vysokých koncentracích PCB v prostředí dostavuje bronchitida, astma, zápal plic, vyrážky, ztráta vlasů a silné bolesti hlavy. Pravděpodobnější jsou však možnosti chronických otrav. PCB vyvolávají onemocnění jater, poruchy krevního oběhu, únavu, prodlužují těhotenství a způsobují reprodukční problémy.

##### Dioxiny

Jako dioxiny je souhrnně označováno 210 chemických látek ze dvou skupin odborně nazývaných polychlorované dibenzo-p-dioxiny (PCDDs) a polychlorované dibenzofurany (PCDFs). Nikdy nebyly záměrně vyráběny. Vznikají jako nezamýšlený vedlejší produkt v chemickém průmyslu,

## Souhrnný přehled rizik spojených s výrobou, používáním a likvidací PVC

Etapa/negativní prvek	Negativní proces/dopad na zdraví či životní prostředí
Výroba PVC	Výroba PVC ohrožuje především dělníky pracující v továrně na výrobu PVC. Mezi ohrožené skupiny dále patří lidé žijící v dosahu továrny. V případě havárie či prostřednictvím konzumace kontaminovaných potravin se skupina lidí vystavených působení toxických látek souvisejících s výrobou PVC rozšiřuje.
Chlór	- dráždí dýchací soustavu při vdechování, dráždí kůži, oči, opakovaná expozice chlóru v ovzduší může vést k nevratnému poškození imunitního systému, krve, srdce a dýchacího ústrojí
Rtuť	- toxický kov - působí negativně na nervovou soustavu, možný karcinogen
Meziprodukty EDC (etylen-dichlorid) a VCM (vinylchlorid monomer)	- způsobují poškození jater, plic, kardiovaskulárního, nervového, imunitního a reprodukčního systému - VCM je hodnocen jako lidský karcinogen (1), EDC jako možný karcinogen (2B)
Chlororganické sloučeniny dlouhodobě přetrvávající v prostředí (dioxiny, polychlorované bifenylly -PCB, hexachlorbenzen..)	- způsobují poškození imunitního a nervového systému, změny endokrinního systému (zejména štítné žlázy) a reprodukčních funkcí, dlouhodobě se kumulují v těle - poškozují játra, ledviny, poškozují nervový systém
Další chlororganické sloučeniny (například . chloroform, 1,1,2-trichloreten, trichlormetan a další)	- vesměs se jedná o těkavé organické látky, které se snadno vypařují, zhoršují kvalitu ovzduší - tetrachloreten podmiňuje vznik škodlivého přízemního ozónu - tetrachlormetan významně přispívá k poškození ozónové vrstvy Země - obecně by se dalo říct, že citlivě na působení těchto látek reagují především játra, ledviny, centrální nervový systém včetně mozku
Olovo - stabilizátor PVC	- negativně ovlivňuje nervový systém, krvetvorný systém, ledviny, imunitní mechanismy, trávicí a reprodukční systém
Kadmium - stabilizátor PVC	- těžký kov - klasifikován jako lidský karcinogen
Některé ftaláty - změkčovadla PVC	- některé ftaláty jako di(2-ethyl-hexyl) ftalát (DEHP), di-butyl ftalát (DBP), benzyl-butyl ftalát (BBP) poškozují především reprodukční a hormonální systém, jejich vdechování může způsobovat respirační obtíže, zhoršení astmatu, alergických onemocnění - používání nejrizikovějších ftalátů (DEHP, DBP, BBP, DINP, DNOP, DIDP) bylo omezeno v hračkách a výrobcích pro děti, kosmetice, nicméně stále je možné je používat k měkčení zdravotnických pomůcek z PVC
Některé adipáty - změkčovadla PVC	Například diethylhexyl adipát (DEHA) - používá se především k měkčení potravinových obalů, odkud se velmi snadno uvolňuje především do potravin obsahujících tuk - má negativní vliv na játra

<b>Používání PVC</b>	Některé látky nejsou v PVC pevně vázány, během používání se z tohoto plastu uvolňují a mohou se pak snadno dostat do lidského organismu.
Některé ftaláty	- viz charakteristika u výroby PVC
Některé adipáty	- viz charakteristika u výroby PVC
Dioxiny - vznikají při požárech hořením PVC	- jsou nebezpečné i ve stopovém množství - jejich dlouhodobé působení vede k poškození imunitního a nervového systému, ke změnám endokrinního systému (zejména štítné žlázy) a reprodukčních funkcí - některé studie prokázaly jejich vliv na snížení inteligence, snížení schopnosti soustředění a vliv na chování (hyperaktivita u dětí)
PCB - vznikají při požárech hořením PVC	- možnost chronických otrav vyvolávajících onemocnění jater, poruchy krevního oběhu, únavu, prodloužení těhotenství - způsobují problémy s reprodukcí
Chlorovodík	- vysoce korozivní plyn - leptá dýchací cesty, nadměrné působení chlorovodíku může vyvolat poškození pokožky
<b>Likvidace</b>	Poté, co PVC doslouží, nastává problém, co s ním, jak ho bezpečně zlikvidovat. Nabízí se několik možností, ale ani o jedné nelze říci, že je tím správným řešením.
Spalování	Je vůbec nejhorším způsobem likvidace PVC protože se uvolňují nebezpečné látky jako chlorovodík, dioxiny, hexachlorbenzen, polyaromatické uhlovodíky. Do škváry a popílku ze spaloven se z PVC dostávají těžké kovy. Současně se celý proces prodražuje a toxické látky zachycené v popílku stejně v lepším případě skončí na zabezpečené skládce. Celkově při pálení PVC často vznikne víc odpadu než se spálí.
PCB	- viz charakteristika u používání PVC
Dioxiny	- viz charakteristika u používání PVC
Hexachlorbenzen	- viz charakteristika u používání PVC
Chlorovodík	- viz charakteristika u používání PVC
Polyaromatické uhlovodíky	- dráždivý účinek na oči, kůži - mohou způsobovat rakovinu
Olovo	- viz charakteristika u výroby PVC
Kadmium	- viz charakteristika u výroby PVC
Skládkování	Při degradaci PVC na skládkách se z něj postupně uvolňují těžké kovy, ftaláty, které mohou zamořit podzemní vody. Ftaláty byly zjištěny i v plynu, který se na skládkách tvoří. Při náhodných požárech PVC vznikají dioxiny. Podle americké EPA jsou požáry skládek vůbec největším zdrojem dioxinů vůbec.
Olovo	- viz charakteristika u výroby PVC
Kadmium	- viz charakteristika u výroby PVC
Ftaláty, adipáty	- viz charakteristika u výroby PVC
Dioxiny	- viz charakteristika u používání PVC
Recyklace	PVC nepatří do koše na plast, neboť ho nelze recyklovat se směsným plastem. Samotná Recyklace PVC je velmi obtížná z důvodu velkého množství různých přísad. Recyklace je náročná na sběr a separaci. V roce 2003 se v EU recyklovalo jen 2- 3 % PVC.