



**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**Fakulta strojní**

Studijní program B2341 – Strojírenství

Materiály a technologie  
zaměřením tváření kovů a plastů

Katedra strojírenské technologie  
Oddělení tváření kovů a plastů

**Teoretický rozbor vlastností a zpracovatelských metod  
polyvinylchloridu**

**Theoretical analysis of the properties and processing  
methods of polyvinylchloride**

Libor Dvořák

**KSP – TP – B**

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: Ing. Jakub Zeman

**Rozsah práce a příloh:**

<b>Počet stran</b>	55
<b>Počet tabulek</b>	6
<b>Počet obrázků</b>	53
<b>Počet příloh</b>	0

**Datum: 5. 1. 2011**

**zadání**

# A N O T A C E

## TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

**Katedra strojírenské technologie**

**Oddělení tváření kovů a plastů**

Studijní program: B2341 – Strojírenství

Student: Libor Dvořák

Téma práce: Teoretický rozbor vlastností a zpracovatelských metod polyvinylchloridu  
Theoretical analysis of the properties and processing methods of polyvinylchloride

Číslo BP: KSP – TP – B

Vedoucí BP: Ing. Aleš Ausperger, Ph.D. - *TU v Liberci*

Konzultant BP: Ing. Jakub Zeman - *TU v Liberci*

### **Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá posledními trendy v oblasti využití polyvinylchloridu, dále vlastnostmi a technologiemi zpracování tohoto materiálu. Práce je založena na teoretickém rozboru současného využití výrobků z PVC v různých odvětvích průmyslu. Popsány jsou i vlastnosti a některé metody zpracování polyvinylchloridu.

### **Abstract:**

The bachelor thesis deals with latest trends in the use of polyvinyl chloride, discusses the features and technologies of processing this material. The work is based on a theoretical analysis of the current use of PVC products in various industries. Some of the methods of processing polyvinylchloride and properties are described in this beachelor thesis.

## **Místopřísežné prohlášení:**

Místopřísežně prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci, 5. 1. 2011

.....

Libor Dvořák  
Přemyslova 1212/12  
46001 Liberec 1

## **Poděkování:**

V úvodu bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Auspergerovi, Ph.D. za jeho odborné vedení, rady a věcné připomínky, díky kterým jsem se mohl lépe orientovat v celé problematice při vypracování předkládané bakalářské práce.



## **Obsah**

<b>1. Seznam použitých symbolů a zkratk</b>	8
<b>2. Úvod</b>	9
<b>3. Historie PVC</b>	10
<b>4. Výroba PVC</b>	11
<b>5. Vlastnosti PVC</b>	14
5.1. Měrná hmotnost	15
5.2. Absorbce vody	15
5.3. Mechanické vlastnosti	15
5.4. Teplotní vlastnosti	18
5.5. Elektrické vlastnosti	20
5.6. Vlastnosti hoření PVC	21
5.7. Optické vlastnosti	23
<b>6. Využití PVC v různých oblastech průmyslu</b>	24
6.1. Stavebnictví	25
6.2. Zdravotnictví	38
6.3. Automobilový průmysl	41
6.4. Spotřební průmysl	43
6.5. Obaly	43
<b>7. Technologie zpracování PVC</b>	44
<b>8. Životní prostředí a recyklace PVC</b>	47
<b>9. Diskuze</b>	50
<b>10. Závěr</b>	51
<b>11. Seznam použité literatury</b>	52



## **1. Seznam použitých symbolů a zkratek**

ABS - Akrylonitril-butadien-styren-kopolymer

APME - Association of Plastics Manufacturers in Europe

CO – Oxid uhelnatý

CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý

DBP – Dibutyl ftalát

DEHP - Di-2-ethylhexyl ftalát

DIDP – Disodecyl ftalát

DINP – Disononyl ftalát

DOP – dioctyl ftalát

EDC – Etylén dichlorid

HCl – Kyselina chlorovodíková

HDPE – Polyetylén s vysokou hustotou

LDPE – Polyetylén s nízkou hustotou

PA – Polyamid

PBT – Polybutylén

PC – Polykarbonát

PE – Polyetylén

PET – Polyethylentereftalát

PMMA – Polymethylmethakrylát

POM – Polyoxymetylén

PP – Polypropylén

PVC – Polyvinylchlorid

PVC – C – Chlorovaný polyvinylchlorid

PVC – P – Měkčený polyvinylchlorid

PVC – U – Neměkčený polyvinylchlorid

SHORE A – Tvrdost podle Shoreho, typ A

UV – Ultrafilové záření

VCM – Vinylchlorid

$\sigma$  – Tažné napětí

$\Omega$  - Elektrický odpor



## 2. Úvod

Výroba umělých materiálů je známá od rané existence lidstva. Hlavní důvod, proč se člověk začal zabývat výrobou umělých materiálů, bylo zlepšit a nahradit vlastnosti běžně se vyskytujících látek v přírodě. Plast byl poprvé vyvinut v 19. stol. a dnes v době moderní společnosti s ním přicházíme do kontaktu prakticky každý den.

První plast - celulóza - byl vyroben v polovině 19. stol. Přidáváním dalších přísad se podařilo vynalézt celulooid. Je zřejmé, že nové polymerní materiály, ve svých počátcích představovaly spíše modifikace přírodních látek. Následně byl vynalezen první plně syntetický plast Bakelit. Vyznačoval se pevností, lehkostí, tepelnou odolností a dobrými izolačními vlastnostmi. Proto byl dlouhodobě využíván převážně v oboru elektroniky.

V první polovině dvacátého století se plasty dále vyvíjely. Během druhé světové války se začaly masově využívat a v druhé polovině dvacátého století si našly cestu do běžných domácností. Další průlom nastal po roce 1994, kdy celková spotřeba plastu vzrostla na neuvěřitelných 120 milionů tun oproti období před druhou světovou válkou, kdy se spotřeba pohybovala okolo 1 milionů tun.

V dnešní době se tradiční materiály jako dřevo, kov, sklo, kůže, papír a pryž běžně nahrazují plasty. Jednoznačně díky lepším celkovým vlastnostem a ekonomické výhodnosti. Plasty mají široké uplatnění ve všech průmyslových oblastech ale i v našich domácnostech, ovlivňují současný design, architekturu, módu a v poslední řadě i náš život. Mezi nejnámější plasty patří např. nylon, polyester, polyetylen a jedním z nich je i polyvinylchlorid – PVC.

Práce se bude zajímat o poslední trendy v oblasti využití PVC dále také vlastnostmi PVC a zároveň budou zmíněny používané technologie během zpracování.

Na začátku bude krátce vysvětleno něco z oblasti historie polyvinylchloridu, kdy byl vynalezen, kdy se začal komerčně využívat. Poté bude stručně popsána samotná výroba PVC a vliv aditiv používaných při výrobě. V další části nás seznámí s vlastnostmi PVC, kde budou probrány mechanické, teplotní, elektrické, optické vlastnosti a v neposlední řadě také hořlavost. Dále nás provede trhem vyráběných konečných produktů z PVC v různých oborech jako je stavebnictví, zdravotnictví, automobilový a spotřební průmysl. Různé technologie a metody při zpracování PVC se proberou v následující kapitole, která popíše základní i inovativní technologie

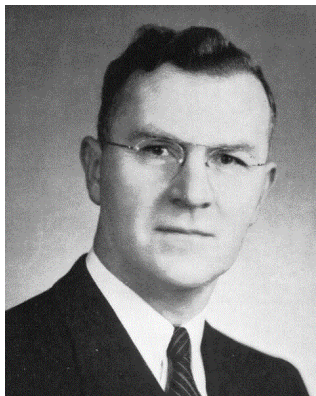




zpracování PVC. Poslední kapitola nás zavede do oblasti životního prostředí a recyklace, kde se proberou rizika při výrobě a likvidaci PVC. Chybět samozřejmě nebude závěrečné shrnutí práce, diskuze a seznam použitých pramenů.[1, 2]

### **3. Historie PVC**

Z hlediska historie je PVC nejstarší syntetický materiál v průmyslové výrobě. Jedny z prvních objevů proběhly v 19. století. Zasloužili se o ně francouzský vědec Regnault a následovně pak němec Baumann. V obou případech se podařilo vyrobit pouze bílou pevnou látku, která byla těžko zpracovatelná. Proto dlouho nikdo nedokázal vyhovět výzvě komerčních aplikací.



Obr. 1 - Waldo Semon objevitel PVC [3]

Až v roce 1931 Waldo Semon (obr. 1) ve firmě BF Goodrich (USA) připravil zahříváním PVC v rozpouštědlech s vysokým bodem varu měkčený PVC. Objev byl brán jako laboratorní kuriozita až do druhé světové války. Poté byl úspěšně využíván jako náhrada přírodního kaučuku pro výrobu pneumatik. Ve druhé polovině 20. století PVC rychle nahrazoval tradiční materiály. Začal se vyrábět celosvětově. Nejvíce inovativní metody přicházely ve stavebnictví díky odolnosti proti UV záření, chemikáliím a korozi. Dnes je PVC druhý nejvíce se prodávající plast na světě po polyetylenu a polypropylenu. Zejména díky nízké ceně vynikající trvanlivosti a zpracovatelnosti. [4, 5]

#### **Důležité mezníky a fakta o PVC**

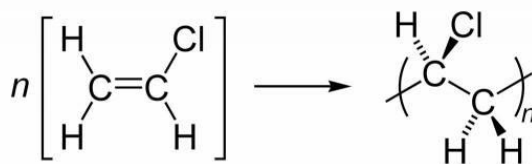
- Vinylchlorid byl poprvé laboratorně syntetizován v roce 1835 a PVC bylo poprvé připraveno v roce 1872.
- Dnes je PVC druhým nejvíce vyráběným komoditním plastem po polyetylénu.
- V roce 1996 činil celosvětový trh PVC přibližně 20 milionů tun, z čehož Evropa představovala přibližně 25%.
- V roce 1998 předpověď spotřeby PVC ve světě uvádí 5% růst do r. 2000.



- Hodnota evropských prodejků výrobků z PVC je odhadována na 35-40 bilionů €.
- Německo představuje největší evropský trh PVC s podílem přibližně 26%.
- Základními surovinami pro výrobu PVC jsou dva velké světové přírodní zdroje, sůl (57%) a ropa (43 %).
- S PVC je možno bezpečně nakládat v řízených programech zacházení s odpady. To se týká i materiálové a surovinové recyklace a zpětného získávání energie.
- Chlor obsažený v PVC snižuje jeho hořlavost, což je s výhodou využíváno ve stavebnictví. PVC se obtížně zapaluje a samovolně nehoří.
- Příspěvek PVC ke světové tvorbě a emisím dioxinu je minimální, Nezávislé studie dokázaly, že vzhledem k množství PVC ve spalovacím procesu nemá toto podstatný vliv na vznik a množství emisí dioxinů. [1]

## 4. Výroba PVC

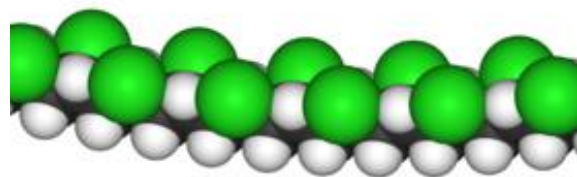
Polyvinylchlorid je ze skupiny plastických hmot vyráběných z etylénu. K výrobě se používá základní látky zvané monomery, které se řetězovitě



Obr. 2 - Polymerizace PVC [5]

spojují při chemické reakci zvané polymerace (obr. 2). Dlouhé řetězovité makromolekuly jsou nazývány polymery (obr. 3).  
Samotná výroba PVC je následující. Roztok kuchyňské soli se rozloží pomocí elektrolýzy na chlor, vodík a louh sodný. V rafinériích se ropa štěpí na etylén. Sloučením chloru a etylénu vznikne etylén dichlorid (EDC). Poté odštěpením molekuly HCl se vyrábí vinylchlorid (VCM). Jedná se o monomer, který je základem PVC.

Takto vyrobené PVC je ve formě bílého prášku. Samostatně se PVC nepoužívá, jsou do něj přidávány aditiva, kterými se



Obr. 3 - Řetězec PVC [5]



vhodně upravují vlastnosti PVC. Obsah chloru v molekulách PVC usnadňuje mísitelnost s dalšími látkami a snižuje jeho hořlavost. Výhodou při zpracování PVC směsi na konečné produkty je použití celé řady jednoduchých technologických postupů. [1, 4]

## Aditiva



Obr. 4 - Aditiva, pigmenty [6]

Polymery včetně PVC se neobejdou bez použití aditiv. Pro neměkčené směsi PVC je třeba užít stabilizátorů, modifikátorů a maziv. Pro měkčené PVC k dosažení flexibility jsou používána změkčovadla. Mezi další aditiva lze zařadit různé zpracovatelské přísady, plniva a pigmenty (obr. 4). Tyto přísady mohou ovlivňovat mechanické vlastnosti, světelnou a tepelnou stabilitu, barvu, čírost a elektrické vlastnosti výrobku. Po výběru aditiv jsou přísady smíšeny s polymerem. Pro míšení se používá vysokorychlostního mixéru, aby výsledná směs byla dokonale promíchána. Výsledkem je prášek, který se

nazývá suchá směs a je dále zpracováván. V druhé používané metodě jsou přísady a polymer rozmixovány na prášek a následně transportovány do tavicího míšiče (obr. 5). Tím může být míšící extrudér nebo jiné speciální zařízení pro výrobu PVC. PVC směsi jsou vyráběny pro různé produkty, různými způsoby zpracování, jako je vytlačování, vstřikování, vyfukování, kalandrování, šíření a nanášení nátěrů. Aditiva jsou u některých aplikací vybírána podle seznamů látek schválených pro styk s potravinami stanovenými v Evropě. V USA se řídí podle předpisů US Food and Drug Administration. [1, 4, 6]



Obr. 5 - Míšení PVC směsí [6]

## Stabilizátory

Pokud se PVC zahřívá na teplotu v rozmezí 170 – 180 °C, vylučují se molekuly chloru a vodíku. Jakmile takový rozklad začne, struktury molekul jsou nestabilní, urychluje se uvolňování chlorovodíku a celková degradace. Během vytlačování nebo jiného tvarovacího procesu je směs PVC vytápěna, proto je nutná prevence proti úniku HCl. Stabilizátor zabraňuje takovému počátečnímu úniku chlorovodíků z PVC. Hlavní tepelné stabilizátory se



obvykle kombinují s organickými materiály, jako jsou polyoly nebo epoxidové estery, které poskytují stejný doplňkový efekt, a zlepšují jejich celkovou výkonnost. Stabilizátory se používají do všech výrobků z PVC. Ovlivňují odolnost proti dennímu světlu, zvětrávání a stárnutí za tepla. Největší vliv mají především u fyzikálních vlastností PVC. Výběr stabilizátoru závisí na používané aplikaci a na dalších možných faktorech včetně technických požadavků, které jsou kladeny na produkty z PVC. (produkty z neměkčeného PVC např. trubky, profily, desky apod.)

Hlavní součástí stabilizátorů jsou kovová mýdla, kovové soli a organické látky. U PVC se používá organické sloučeniny barya-zinku, nebo vápníku-zinku-olova a pro některé omezené aplikace i kadmia, v souladu s příkazy EU o kadmium. V rámci dobrovolného závazku Vinyl 2010 bylo kadmium v Evropě dobrovolně vyřazeno z průmyslové výroby. Některé produkty z pevného PVC jsou uvedeny na (obr. 6, 7 a 8) [1, 4, 6]



Obr. 6 – PVC deska, průmyslová podlaha [4]



Obr. 7 - Pvc deska, dopravní značení [4]

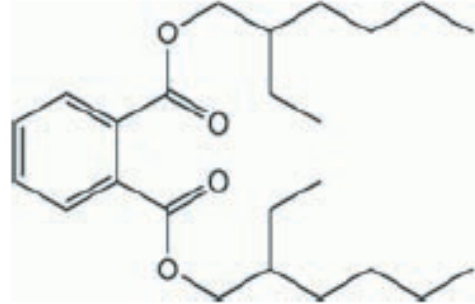
Obr. 8 - Profil plastového okna z PVC [4]

## Změkčovadla

U některých aplikací PVC je zapotřebí dosáhnout dobré ohebnosti. Ohebnost je získána přidáním změkčovadla. Existuje více než 300 různých typů plastifikátorů, z nichž asi 50 až 100 je komerčně využíváno. Nejčastěji používané jsou ftaláty a lipany. PVC je při normální teplotě tuhé a to díky krátké vzdálenosti mezi molekulami, která je způsobena silnými tažnými mezimolekulárními silami. Při zahřátí se zvýší mezimolekulární energie a pohyb molekul, to má za následek zvětšování vzdáleností mezi molekulami a vede k měknutí pryskyřice. Pokud je plastifikátor PVC přidán v této fázi, jeho molekuly zabraňují polymerním molekulám PVC navzájem se přibližovat. V důsledku toho jsou molekuly polymeru drženy oddělené při normální teplotě a PVC si zachovává svoji měkkost. To je hlavní úloha plastifikátoru a takovýto postup se technicky nazývá plastifikační.

Molekuly PVC polymeru mají pozitivní a negativní polaritu, zatímco molekuly změkčovadla mají např. polární a non-polární části. Molekuly PVC polymeru a změkčovadla se navzájem elektricky přitahují a non-polární části zvyšují vzdálenosti mezi jednotlivými molekulami polymeru. To ovlivňuje měkkost PVC. PVC výrobky, do kterých je přidáno změkčovadlo se obecně nazývají měkčené. V Evropě se asi 30% celkové výroby měkčené PVC pryskyřice používá pro pružné výrobky.

Důležité je upozornit, že změkčovadla nejsou stejné přísady jako pigmenty nebo plniva. Mají dobrou kompatibilitu s PVC, udržují potřebnou měkkost při minimálním množství (tzv. plastifikační účinnost) a jsou to hlavní komponenty, které určují fyzikální vlastnosti polymerních produktů.



Obr. 9 - Struktura DEHP [4]

V západní Evropě se každý rok vyprodukuje asi 1 milion tun ftalátů, z nichž je přibližně 900 tisíc tun slouží k plastifikaci PVC. Nejběžnější jsou, diisononyl ftalát (DINP), di-2-ethylhexyl-ftalát (obr. 9), (DEHP nebo někdy DOP) a diisodecyl ftalát (DIDP). Tato změkčovadla představují přibližně 80% všech plastifikátorů používaných pro PVC. Ftaláty bývají používány pro měkčení podlahových krytin (lino), zdravotnického příslušenství (hadiček, infuzních vaků, dýchacích masek).[1, 4, 6]

## **5. Vlastnosti PVC**

Mechanické a teplotní vlastnosti PVC jsou především závislé na molekulární hmotnosti a různých aditivech vhodně použitých pro různé aplikace. PVC se dá rozdělit do dvou základních kategorií a to na měkčené flexibilní PVC (PVC-P) a neměkčené tvrdé PVC (PVC-U). Tyto dvě kategorie mohou být modifikovány dalšími přísadami např. PVC s vyšším obsahem chloru se nazývá chlorované PVC (PVC-C). Dalším typem může být neměkčené pěnové PVC (PVC-U foam).[7, 8]



## 5. 1. Měrná hmotnost

### **PVC – U**

Neměkčené PVC má hustotu v rozmezí 1350 - 1420 kg/ m<sup>3</sup>. Oproti ostatním termoplastům je měrná hustota vyšší díky obsahu chloru. PE, PP, PS, ABS mají hustoty v oblasti 900 – 1050 kg/ m<sup>3</sup>. PET má podobnou hustotu jako PVC. [7]

### **PVC – P**

Měkčené PVC může mít hustotu okolo 1350 – 1700 kg/ m<sup>3</sup> toto široké rozmezí je díky vlivu změkčovadel a dalších aditiv. [7]

### **PVC – C**

Chlorované PVC má poměrně vysokou hustotu a to díky vyššímu obsahu chloru. Hustota se pohybuje v rozmezí 1470 – 1520 kg/ m<sup>3</sup>. [7]

### **PVC – U (strukturní pěna)**

U pěnového PVC je hustota proměnlivá. Pohybuje se však v oblasti okolo 700 kg/m<sup>3</sup>. [7]

## 5. 2. Absorbce vody

Neupravené tuhé PVC – U má absorpci 0,1 % vody. U měkčeného PVC – P, může být absorpce okolo 0,1 – 0,4 %. Absorbce PVC je o něco vyšší než u polyolefinů a PET, kde se hodnoty pohybují v oblasti 0,01 – 0,02%. [7]

## 5. 3. Mechanické vlastnosti

PVC, jako ostatní termoplasty, je viskoelastický materiál a jeho mechanické vlastnosti jsou závislé na čase, teplotě a napětí. Dále je třeba uvažovat také vliv provozního prostředí. PVC se hojně využívá pro vodovody, kanalizace, chříče apod., protože jeho mechanické vlastnosti jsou obecně lepší než u ostatních plastů. Pokud jsou přidána změkčovadla, PVC vykazuje dobrou pružnost, vysokou pevnost v tahu a únavovou pevnost. Takto upravené PVC může být použito pro průmyslové hadice, těsnění, automobilové součástky a oplášťování kabelů. Typické mechanické vlastnosti jsou uvedeny v (tab. 1) [7, 8, 9]

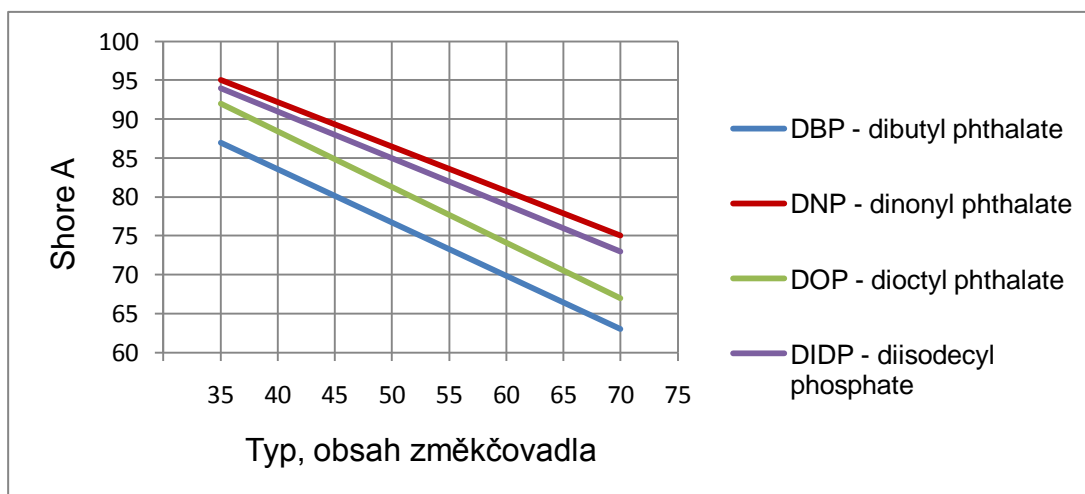


Tab. 1 – Mechanické vlastnosti PVC [7]

Vlastnost	Jednotky	PVC – U	PVC – P	PVC – U (foam)	PVC - C
Tvrdość podle Shoreho (ISO 868)	-	83 – 84 (D)	60 – 90 (A)	40 – 70 (D)	-
Mez pevnosti v tahu (DIN 53455)	MPa	50 – 75	10 – 25	15	50 – 55
Poměrné prodloužení (DIN, EN ISO 178)	%	10 - 50	150 - 400	10 – 15	23 – 50
Pevnost v ohybu (DIN, EN ISO 527-1, DIN, EN ISO 527-2)	MPa	70 – 90	-	-	-
Modul pružnosti (DIN, EN ISO 179 - 1)	GPa	2,7	-	0,9 – 1,5	2,6
Vrubová houževnatost - U- vrub 20°C (DIN 53453)	kJ/m <sup>2</sup>	2,5	-	-	-

## Tvrdość

Tvrdość je definována jako odolnost materiálu proti deformaci. Zejména proti trvalé deformaci, vtisku nebo poškrábání. Je to relativní pojem



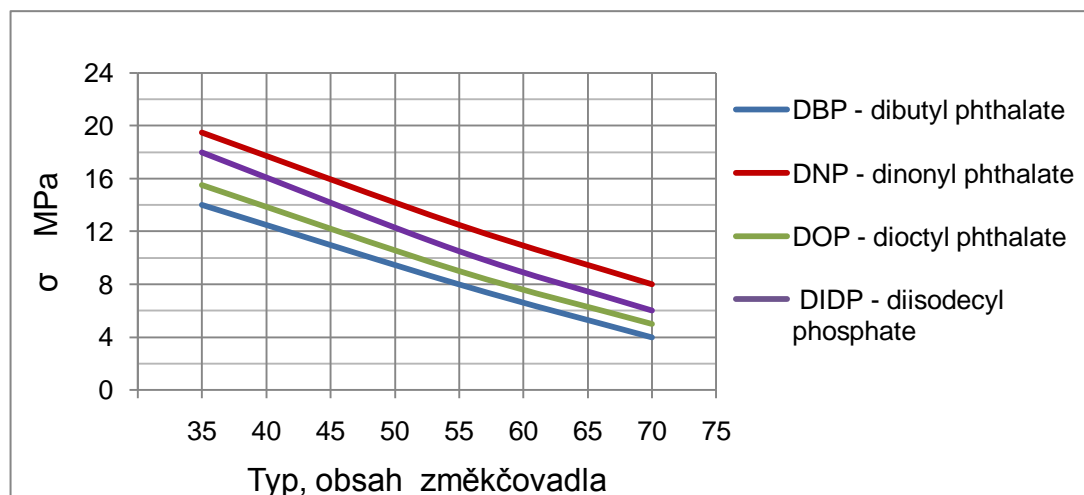
Obr. 10 – Závislost tvrdosti podle Shoreho A na typu změkčovadla [7]

a neměl by být zaměňován s opotřebením a odolností proti otěru. Zkoušky tvrdosti u plastů se mohou měřit různými metodami. Nejvíce se využívají metody podle Shoreho a to typ A nebo D. Touto metodou se měří relativní tvrdost měkkých materiálů. Je založena na pronikání specifického vnikacího tělíska do materiálu za specifických podmínek. Používají se dva typy tvrdoměrů, liší se tvarem a velikostí vnikacího tělíska. Naměřená tvrdost nemá žádné jednotky. Shore A se používá pro relativně měkké materiály a Shore D pro tvrdší materiály. Závislost tvrdosti podle Shoreho na různém typu změkčovadla je vidět z (obr. 10). [7, 9]

Pro neměkčené tvrdé PVC se používá metody podle Rocwella (ISO 2039 - 2). Tato měření jsou založena na hloubce vtisku, která se odečítá přímo na tvrdoměru. Hodnota tvrdosti. Pro plasty máme tři stupnice tvrdosti a to R, M a E. Čím vyšší je číslo na jednotlivých stupnicích, tím je materiál tvrdší. Různé stupnice se využívají pro různé velikosti ocelových kuliček a různá zatížení. Neměkčené PVC má tvrdost podle Rocwella 80 – 110 R. V porovnání s ostatními plasty, kde se hodnoty tvrdosti pohybují: PP 90R, PC 124 R, ABS 75 – 115 R, PS 100 M a PET 196 M. [7]

## Pevnost v tahu

Tahové zkoušky popisují schopnost plastického přetvoření materiálu před dosažením meze pevnosti. V laboratorních podmínkách se tahové zkoušky provádějí za konstantní deformace.



Obr. 11 – Závislost obsahu a typu změkčovadla na modulu pružnosti [7]

Pro tvrdé PVC – U je modul pružnosti v oblasti okolo 3,5 GPa. 100% modul pružnosti je poměr napětí/deformace vzhledem ke 100% prodloužení





(obr. 11). U měkčeného PVC - P je modul pružnosti ovlivněn obsahem a typem změkčovadla, jak je vidět z (obr. 11). [7, 8, 9]

### Pevnost v ohybu

Pevnost v ohybu je schopnost materiálu odolávat ohybové síle působící kolmo na podélnou osu materiálu. Ohybové napětí je kombinací tlakového a tahového napětí.

Modul v ohybu je míra tuhosti během hlavní části ohybového procesu. Je zřejmé, že vliv modifikátoru snižuje ohybový modul. Dále je vidět, že za vyšších teplot má chlorované PVC – C vyšší ohybový modul než ostatní typy PVC. Zvyšování obsahu změkčovadla má za následek snižování pevnosti v ohybu. Dynamická únava, což je životnost plastů během cyklického namáhání, je obecně menší než při statickém namáhání. Amorfni termoplasty jako je neměkčené PVC – U jsou obzvlášť citlivé na dynamické namáhání. [7, 9]

## 5. 4. Teplotní vlastnosti

Teplotní vlastnosti jsou stejně důležité jako mechanické vlastnosti. PVC jako všechny termoplasty je velmi citlivý na teplotní změny. Teplotní vlastnosti se obvykle stanovují při aplikacích za vysokých nebo nízkých teplot. Mechanické, elektrické a chemické vlastnosti musí být posuzovány vzhledem k teplotě. Typické teplotní vlastnosti jsou uvedeny v (tab. 2). [7, 8]

Tab. 2 – Teplotní vlastnosti PVC [7]

Vlastnost	Jednotky	PVC – U	Modifikované PVC - U	PVC - P	PVC – C
Tepelná vodivost	$10^{-3}$ W/m/K	1,9	2,5	1,3–1,6	-
Tepelná deformace při zatížení 1,8 MPa (ISO 75-1, ISO 75-2, ISO 75-3)	°C	70-82	65–82	-	104–115
Bod měknutí podle Vicata (ISO 306)	°C	75-82	73-82	-	106-115



Vlastnost	Jednotky	PVC – U	Modifikované PVC - U	PVC - P	PVC – C
Lineární teplotní roztažnost	$10^6$ mm/m m/K	60-80	50-100	50-200	-
Měrná tepelná kapacita	kJ/kg/K	0,9-1,0	0,9-1,2	1,2-2,0	

### Tepelná vodivost

Tepelná vodivost je schopnost materiálu vést tepelnou energii. Je to množství tepla, které projde materiálem za jednotku času při rozdílu teplot 1K. To samozřejmě ovlivňuje vytápění a chlazení PVC taveniny během zpracování. PVC má dobré izolační vlastnosti. [7]

### Tepelná deformace

Teplotní deformace může být použita k rozlišení materiálů, které jsou schopny vydržet lehká zatížení při vysokých teplotách. Teplotní deformace je teplota, při které se standardní zkušební tyčinka prodlouží o 0,01 mm při statickém zatížení 1,8 MPa. Vzorky jsou podepřeny a uprostřed mezi podpěrami působí vertikálně zatěžující síla. Tepelná deformace vzorku může být ovlivněna přítomností zbytkového napětí, způsobujícího prohýbání během zotavení. Tlakem tvarované vzorky jsou relativně bez pnutí ve srovnání se vstřikovanými vzorky. PVC má vynikající teplotní deformaci jako PP a PE, ale je nižší než u dražších termoplastů jako je ABS, PA 66, PC. [7]

### Bod měknutí podle Vicata

Vicat měknutí nebo Vicat tvrdost je stanovení bodu měknutí materiálů, které nemají definitivní bod tání - v tomto případě plasty. Bod měknutí se bere jako teplota, při které zkušební jehla pronikne do hloubky 1mm. Zkušební jehla může mít kruhový nebo čtvercový průřez o  $1\text{mm}^2$ . [7, 10]

### Koeficient teplotní roztažnosti

PVC, jako mnoho dalších plastů, se při zahřívání roztahuje a při ochlazení smršťuje. Koeficient lineární teplotní roztažnosti je nepatrná změna délky v důsledku jednotkové změny teploty materiálu. Koeficient lineární roztažnosti plastů je značně vyšší než u kovů. To může vést k vnitřnímu pnutí a koncentraci napětí. Velikost smrštění u PVC – U materiálu se pohybuje okolo 0,4 %. [7]



## Měrná tepelná kapacita

Měrné teplo je množství tepelné energie potřebné k zvýšení teploty 1kg materiálu o 1K. Kromě hodnot uvedených v (tab. 2) se měrná tepelná kapacita u tuhé strukturní pěny zvyšuje na 1,6 – 1,9 kJ/kg/ K. [7]

## 5. 5. Elektrické vlastnosti

Tab. 3 – Elektrické vlastnosti neměkčeného PVC [7]

Vlastnost	Jednotky	Tuhé PVC	Modifikované PVC	PVC - P
Odpor (23°C) (ASTM D257)	$\Omega\text{m}$	$>10^{14}$	$>10^{13}$	$10^9 - 10^{13}$
Relativní permitivita (1MHz, 23°C) (ASTM D150)	-	2,8 – 3,1	2,8 – 3,1	3,3 – 4,5
Ztrátový činitel (1Mhz, 23°C) (ASTM D150)	$\text{Tan } \delta \times 10^{-4}$	60 – 180	60 – 190	40 – 1400
Průrazné napětí	MV/m	14 – 20	14 – 20	12 -16
Odolnost proti obloukovému výboji	s	60 - 90	-	-

## Odpor - Vnitřní rezistivita

Vnitřní rezistivita neboli izolační odpor, je elektrický odpor mezi protilehlými plochami kostky z izolačního materiálu o průřezu  $1 \text{ cm}^2$ . Jedná se o prostupnost elektrického proudu skrz materiál. Vysoká rezistivita je zapotřebí pro aplikace, které vyžadují vynikající izolační vlastnosti. Rezistivita rapidně klesá s obsahem plastifikátoru a to je důvod pro široké rozmezí hodnot uvedených pro měkčené PVC v (tab. 3). [7]

## Relativní permitivita

Relativní permitivita je definována jako poměr náboje v izolačním materiálu umístěného mezi dvě kovové desky a náboje ve stejném materiálu, ale umístěného ve vakuu. Permitivita izolátoru udává schopnost izolátoru uchovávat elektrickou energii. Velmi malá permitivita naznačuje nízkou



kapacitu, a proto plasty s nízkou permitivitou mají dobré izolační schopnosti. [7]

### Ztrátový činitel

Ve všech elektrických aplikacích je žádoucí, aby elektrické ztráty byly minimální. Ztrátový činitel je míra elektrické neefektivnosti izolačního materiálu a udává množství ztrátové energie (tepla), kdy je materiál pod napětím. Je to vyjádřeno jako poměr ztrátové složky odporu proudu a kapacitní složky proudu. Poměr je roven tangenti ztrátového úhlu. PVC není vhodné pro vysokofrekvenční aplikace díky vysokému ztrátovému činiteli. [7]

### Průrazné napětí – Izolační pevnost

Průrazné napětí je míra odolnosti proti dialektrické průraznosti na svorkovém napětí. Svorkové napětí, těsně před průrazem je rozděleno zkušební tloušťkou. Výsledek tedy závisí na tloušťce. V porovnání s ostatními plasty je průrazné napětí PVC malé díky nízké hustotě, oproti PE, PS a PP. Měkčené PVC – P je svým složením vhodné pro izolaci vodičů a kabelů používaných při poměrně vysokém napětí. Podobně vysoký elektrický odpor je výborným izolátorem. [7]

### Odolnost proti obloukovému výboji

Odolnost proti výboji je schopnost materiálu odolávat působení vysokého napětí a obloukovému výboji. Odolnost je uváděna v jednotkách času potřebného k vytvoření elektricky vodivého materiálu. Vada je charakterizována karbonizací povrchu (stopa po elektrickém oblouku, nebo spálení povrchu) Neměkčené PVC – U má nízkou odolnost proti obloukovému výboji oproti ostatním plastům jako PE a PP. [7]

## 5. 6. Vlastnosti hoření PVC

Neměkčené PVC je přirozeně nehořlavé díky obsahu chloru. Pokud je tvrdé PVC v kontaktu s plamenem, vytvoří si ohořelou ochrannou vrstvu, která chrání materiál pod ní a zároveň se vylučuje kyslík nezbytný pro hoření. To omezuje zónu hoření. Chlorovodík působí také jako zpomalovač hoření. PVC má nízkou rychlost uvolňování tepla v porovnání s ostatními materiály. Pokud zdroj plamene odstraníme neměkčené PVC dlouho nehoří. Data uvedená v (tab. 4) jsou vztažena na typické standardní hodnoty nikoliv na specifické hodnoty hořlavosti. [7, 8]

Tab. 4 – Vlastnosti hořlavosti PVC [7]



Vlastnost	Jednotka	PVC – U	Modifikované PVC	PVC – P	PVC – C
Teplota samovznícení	°C	450	450	-	-
Teplota vzplanutí	°C	390	390	315	-
Limitní koncentrace kyslíku (ASTM D2863)	%	50	45	25 – 35	55 – 75
Výhřevnost, Spálené teplo (ASTM E1354)	MJ/kg	20	20 – 25	20 – 30	
Max. tepelný výkon (kuželový kalorimetr) (ASTM E1354)	kW/m <sup>2</sup>	90 – 110	100 – 150	-200	

### Teplota samovznícení

Samovznícení je vznícení vyplývající z vlastního ohřevu. Pro porovnání s hodnotami uvedenými v (tab. 4) má dřevo teplotu samovznícení 250 °C, PP a PE 350 °C. [7, 8]

### Teplota vzplanutí

Jedná se o minimální teplotu k zahájení nebo k trvalému hoření nezávisle na zdroji hoření. Pro porovnání s PVC, dřevo má teplotu vzplanutí 250 °C a PP nebo PE 340 °C. [7, 8]

### Limitní koncentrace kyslíku

Test na koncentraci kyslíku je pravděpodobně nejznámější test hořlavosti. Do zkušebního zařízení je vložen malý vzorek, který je vertikálně sevřen v trubce. V trubce je vytvořena atmosféra, ve které lze měnit relativní koncentraci kyslíku a dusíku. Cílem je otestovat zkušební vzorek na hořlavost pomocí hořáku s velmi úzkým plamenem a zároveň nalézt minimální koncentraci kyslíku potřebnou k meznímu vzplanutí vzorku. Vysoká limitní koncentrace kyslíku svědčí o nízké vznětlivosti a menší hořlavosti materiálu. Materiál s 21% limitní koncentrací kyslíku bude volně hořet na vzduchu (obsah kyslíku ve vzduchu 21%). Limitní koncentrace



tuhého PVC je okolo 60%, u dřeva je 22% a PP s PE mají koncentraci 17%. [7, 8]

### Maximální tepelný výkon

Uvolňování tepla je klíčové pro měření a posuzování hořlavosti materiálů a výrobků. Kalorimetrie kyslíku je nyní uznávanou měřicí metodou. Je založena na empirickém pozorování tepla uvolněného při spalování materiálů. Dále také sleduje množství spotřebovaného kyslíku při hoření. Hořák ve tvaru komolého kužele se využívá k ohřívání testovaného vzorku. Přednastavený tok tepla je v rozmezí 10 – 100 kW/m<sup>2</sup>. Typický tok 50kW/m<sup>2</sup> se využívá pro stavební produkty, kde jsou zapotřebí náročnější testy hořlavosti. Tepelný výkon při spalování PE a PP je jednoznačně vyšší (47 MJ/kg), než u spalování dřeva (17MJ/kg). [7, 8]

## 5. 7. Optické vlastnosti

Optické vlastnosti mohou být definovány z hlediska indexu lomu, čirosti, průhlednosti, lesku a barvy. Index lomu (rozsah lomu světla je závislý na rychlosti lomu v materiálu). PVC má index lomu 1,54. V porovnání s PP 1,49, vodou 1,33 a skla 1,51. [7, 11]

### Průhlednost

PVC, ať měkčené nebo neměkčené má dobrou čirost pokud jsou přidána potřebná aditiva. Tato vlastnost je využívána v mnoha různých aplikacích.

Měkčená PVC fólie (potravinářská fólie) je velmi používána pro balení potravin. Dovoluje uživateli vidět produkt a zároveň zmenšuje odpařování vody, tím může potravinu vydržet déle čerstvá. Průmyslové využití měkčeného PVC s dobrou průhledností se využívá například k oddělení průmyslových hal pomocí závěsných lamelových clon. Z neměkčeného PVC se vyrábějí bublinové fólie nebo lze vyfukovat lahve. Je třeba poznamenat, že průhledný materiál může být také barevný a to průhledně modrý, čirý nebo neutrální. [7, 1]

### Lesklost

Povrchový lesk je spojen se schopností povrchu odrážet více světla v určitém směru než v ostatních směrech. Lesk je ovlivněn indexem lomu, úhlem dopadajícího světla a topografií povrchu. Používají se měřiče lesku, přičemž hodnocení lesku se získává porovnáním se zrcadlovou odrazivostí standardního vzorku, který je z vysoce leštěného černého skla (s indexem



lomu 1,567). Pod úhlem 60° (nebo pod 85° úhlem pro nízký až střední lesk) je normálně měřen stupeň lesku. Podle normy EN ISO 2813:2000. [7, 11]

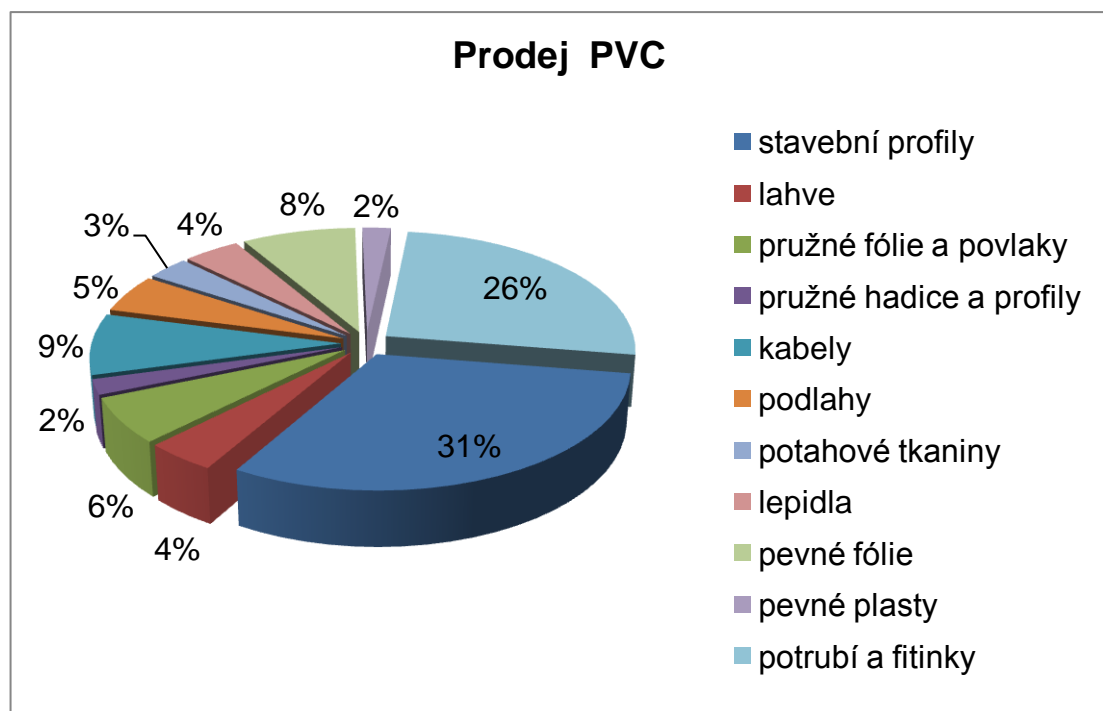
## Barva

Finální barva výrobku z PVC závisí obvykle na použitých pigmentech, ale i teplotní stabilizátory mají vliv na barevnou stálost a žloutnutí způsobené stárnutím materiálu. Optické zjasňovače, které dělají materiál bělejší a jasnější pod UV zářením, nejsou obecně používány, ale mohou mít specifické využití. [7]

## 6. Využití PVC v různých oblastech průmyslu

### Spotřeba PVC

PVC je jednou z nejpoužívanějších plastických hmot ve světě. Poptávka je vyšší než 35 milionů tun ročně a je v neustálém růstu (5% na celosvětový průměr) s vyšší mírou růstu v rozvojových zemích. V Evropě výroba výrobků z PVC včetně vývozu dosahuje přibližně 8 milionů tun ročně. Spotřeba PVC pryskyřice činí asi 6,5 milionu tun za rok (obr. 12). [12]



Obr. 12 – Prodej PVC produktů v Evropě, Slovensko, Česká republika, Maďarsko, za rok 2007 [12]



## Ekonomický materiál

Výrobky z PVC udržují život bezpečnější, pohodlnější a příjemnější. PVC má vynikající poměr ceny a ekonomie, umožňuje dostupnost lidem všech úrovní. PVC díky své rozmanitosti a univerzálnosti nachází využití od stavebních profilů až po zdravotnické prostředky. Jen málo jiných materiálů je schopno splnit takto náročné požadavky. Proto PVC umožňuje rozvoj a inovaci nejrůznějších produktů. [12]

## Bezpečnost

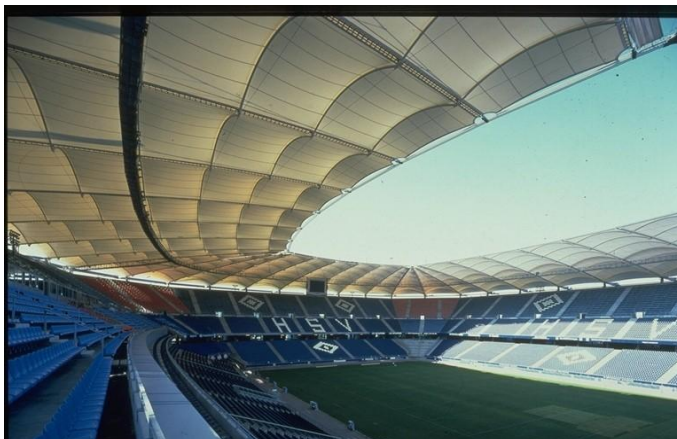
Díky opláštování drátů a vodičů z PVC lze dobře předejít zásahu elektrickým proudem. V nemocnicích po celém světě se využívá produktů z PVC např. ve formě hadiček pro dopravu tekutin a léků nemocným. Poměrně časté uplatnění nachází PVC v automobilovém průmyslu. Moderní vozy využívají součástek vyrobených z PVC, které snižují riziko zranění při nehodě a zároveň mohou sloužit jako ochrana proti korozi. Životnost výrobků může být až 60 let a po celou dobu životnosti neztrácí své vlastnosti. Tím se snižují náklady na opravy a údržbu. [12]

## Design

Funkční výkonností v žádném případě nekončí využitelnost PVC. PVC se také hojně využívá v oblasti designu, architektury, módy, nábytku, atd. Funkční a konstrukční možnosti lze využít pro dosažení působivého a velmi praktického výsledku. [12]

## 6. 1. Stavebnictví

### Výhody PVC ve stavebnictví



PVC díky svoji všestrannosti a vynikajícím vlastnostem pomáhá splnění různých potřeb moderní architektury. (obr. 13) Kromě nových projektů se PVC široce používá k rekonstrukci, kde často nahrazuje tradiční materiál jako je dřevo a kovy. [14]

Obr. 13 – AOL aréna Hamburg, Německo, střecha z PVC membrány [13]





## Silné a lehké

PVC má velmi dobrou odolnost proti oděru, nízkou hmotnost, dobrou mechanickou pevnost a tuhost. To jsou hlavní klíčové výhody pro využití ve stavebnictví a stavebních aplikacích. [14]

## Trvanlivost

Polyvinylchlorid je odolný proti povětrnostním vlivům, hnilobě, chemické korozi, nárazu a otěru. Proto je mnoha uživateli díky životnosti využíván pro venkovní aplikace. Pro dlouhodobé aplikace ve stavebnictví se zhruba využívá 85% výroby PVC. Odhaduje se, že potenciální životnost trubky z PVC by měla být až 100 let. V dalších aplikacích, jako jsou okenní profily a izolace kabelů, ukazují studie, že více než 60% z nich bude mít životnost více než 40 let. [14]

## Rentabilnost

Ve stavebnictví se PVC používá po celá desetiletí díky svým fyzickým a technickým vlastnostem, které poskytují vynikající poměr cena/ výkon. Z hlediska ceny je velmi konkurenceschopný, pro svoji dlouhou životnost, odolnost a nízké nároky na údržbu. [14]

## Životní prostředí

Jako tepelný izolant lze PVC využít k izolování oken, různým obkladům a také může sloužit jako střešní izolace. To výrazně napomáhá zvýšení energetické účinnosti budov. Potrubní systémy z PVC mohou dopravovat různé chemické látky, aniž by unikly a díky hladkému povrchu mohou snížit náklady na čerpání tekutin. Při výrobě PVC se spotřebuje méně energie a využívá se méně zdrojů. PVC je lehčí než běžně používané stavební materiály jako je beton, železo nebo ocel. Následná přeprava nebo instalace spotřebuje méně energie i emise jsou menší. Z cyklu analýz a nezávislých studií, bylo zjištěno, že polyvinylchlorid má na životní prostředí příznivý vliv. Oproti jiným vyráběným materiálům pro stavebnictví. Produkty jsou velmi odolné, proto se nemusí často měnit. Výhodou je také snadná odnímatelnost od ostatních plastů. Poté ho lze snadno recyklovat do nových aplikací. Pokud je recyklační režim dobře nastaven, tak velká část výrobků využívaných ve stavebnictví je na konci své životnosti recyklována. Každý rok jsou v Evropě vyvíjena nová zařízení na recyklaci stavebního odpadu z PVC. [14]



## Odolnost proti ohni

Stejně jako všechny organické materiály používané v budovách, včetně ostatních plastů, dřeva, textilií apod. bude PVC při požáru také hořet. Polyvinylchlorid má však samozhášecí účinky. Díky vysokému obsahu chloru má poměrně příznivé vlastnosti pro požární bezpečnost. Samozřejmě při velkém požáru bude PVC také hořet a budou unikat toxické látky, jako u všech ostatních materiálů. Nejnebezpečnější toxická látka emitovaná při požáru je oxid uhelnatý (CO), který je zodpovědný za 90 – 95 % úmrtí při požáru. Jako ostatní materiály, PVC při hoření emituje škodliviny. Tyto emise je možné cítit a jsou velmi dráždivé. Konkrétní látkou je chlorovodík. Podle různých analýz a zkoumání bylo prokázáno, že během požáru nezahynula žádná oběť na otravu HCl. Takže jsou velmi dobré důvody, proč používat PVC jako materiál v budovách v porovnání s ostatními materiály. [15]

## Nejpoužívanější produkty ve stavebnictví

### Okenní a dveřní profily

Profily z PVC se snadno vyrábějí vytlačováním. Mají dlouhou životnost až 50 let, jsou odolné proti hnilobě, UV záření a potřebují minimální údržbu. Dnes se mohou vyrábět v 5 až 6 komorovém provedení s různými kovovými výtuhami (např. pozinkovaná ocel) pro zvýšení pevnosti. Využívá se kvalitního materiálu a několikanásobné izolace, která přináší výrazné snížení nákladů na vytápění a zároveň slouží jako izolace proti hluku. Některé profily mohou mít jádro vyrobené z regenerátu (odřezky profilů vzniklé při výrobě plastových oken). Různá provedení okenních a dveřních profilů jsou uvedena na (obr. 14 až 17). [16]



Obr. 14 - čtyř komorový dveřní PVC profil se zkosenými nebo zaoblenými hranami, s dvojitým těsněním a dvojitým izolačním sklem [16]



Obr. 15 – šesti komorový okenní PVC profil s jádrem z regenerátu, dvojitým těsněním a izolačním trojsklem [16]



Obr. 16 - moderní šesti komorový PVC profil, s trojitým těsněním, trojitým izolačním sklem a izolační vložkou [16]



Obr. 17 - pěti komorový PVC profil se zaoblenými hranami na rámu, s dvojitým těsněním a dvojitým izolačním sklem [16]

## Potrubní systémy

Kanalizační a vodovodní potrubí z PVC má vynikající technické vlastnosti. Potrubí může být hladké, korugované nebo vícevrstvé. Korugované (žebrované) provedení u potrubí zvyšuje tuhost a snižuje hmotnost, přitom toto potrubí má hladké vnitřní stěny, které umožňují volný a plynulý tok. Vícevrstvé potrubí má střední vrstvu vyrobenou z recyklátu (až 60 % recyklátu) nebo z napěněného PVC (až 35% snížení hmotnosti), vnější a vnitřní tenké stěny jsou z celistvého panenského PVC. [17]

## Důležité mezníky a fakta o PVC potrubí

- 1935 – Byly vyrobeny první trubky z PVC v Německu.
- 1936 - Začaly se využívat pro vodovodní a kanalizační síť (Německo). Většina z nich je stále v provozu.
- 1949 – První využití v Severní Americe
- 1952 – První instalace odpadních trubek v USA
- 1972 - Originální publikace ASTM D3034 - Standardní specifikace pro PVC kanalizační potrubí a tvarovky
- 1995 - Triple stěny kanalizačního potrubí z PVC, se střední vrstvou z recyklovaného materiálu, instalované v San Diegu v Kalifornii.
- 1997 - Evropská studia 30 let exhumovaného kanalizačního potrubí ukazují, že je potrubí v dobrém stavu, jako při instalaci.



- 2005 - Největší objem plastového potrubí je v Severní Americe s ročním obratem přesahující 6,8 miliardy liber v roce 2005.

[18]

### Korugované odpadní potrubí

Kanalizační korugovaný potrubní systém s vnitřní hladkou a vnější profilovanou stěnou dosahuje vysokou chemickou odolnost, má výborné hydraulické vlastnosti - v porovnání s plnostěnnými rourami dosahuje vyšší statickou únosnost při současném snížení hmotnosti rour.



Obr. 18 – Korugované potrubí [19]

Kanalizační korugované roury, tvarovky i gumové těsnící prvky jsou určeny pro budování gravitačních odtokových sítí k odvádění splaškových, infekčních, dešťových, podzemních a průmyslových odpadových vod. Lze využít také jako kabelové chráničky do země, pro pokládku kabelů v telekomunikacích a energetice. Materiál na výrobu rour a tvarovek je zcela recyklovatelný. Příklad korugovaného potrubí je na (obr. 18) [20]

Tab. 5 - Přehled některých vyráběných korugovaných kanalizačních rour a tvarovek [20]

Obchodní název	Název	Zobrazení	Popis
DN/OD	Roura s profilovaný m hrdlem		Roura pro vedení odpadních vod dodává se v různých délkách až 6000mm
DN/ID	Roura s hladkým hrdlem		Tuhost těchto rour může dosahovat až 8kN/m <sup>2</sup> . Stavební délka až 6 m.



Obchodní název	Název	Zobrazení	Popis
JSO-K-DN 45°	Jednoduchá šikmá odbočka korugovaná s odbočením pro hladký kanál. systém		Tvarovka, jejíž dílce se vyrábí vstřikováním. S rourami je spojena násuvným spojem. Hrdlo odbočky je podle normy pro připojení hladkých PVC rour.
K-DN 90°	Kolmá odbočka korugovaná s odbočením s hladkou rourou		Tvarovka zhotovená z rour ručním nebo kombinovaným způsobem. Hrdlo odbočky je též podle normy.
K-DN	Přechodka		Slouží ke spojení mezi korugovaným a hladkým potrubním systémem.
K-DN	Přesuvka		Slouží ke spojení rour při dodatečných montážích.



Obchodní název	Název	Zobrazení	Popis
K-DN	Spojka korugovaná		Slouží ke spojení bezhrdlových korugovaných rour.
K-DN	Spojka		Slouží ke spojení hladké ležaté kanalizace s korugovanou.

### Hladké kanalizační potrubí

Je určeno pro výstavbu a rekonstrukci kanalizačních sítí a domovních kanalizačních přípojek. Lze je používat pro odvod odpadních a splaškových vod z objektů bytové výstavby, občanské vybavenosti, průmyslových a zemědělských objektů, zatížených běžnými kontaminanty. Trubky z PVC - U o průměrech 100 a 200 mm mohou být vystaveny stálé teplotě 60 °C, větší průměry do 40 °C. Dle normy jsou zařazeny do třídy hořlavosti B – nesnadno hořlavé. Příklady hladkého kanalizačního potrubí jsou uvedeny na (obr. 19 až 21). [20]



Obr. 19 – Hladké kanalizační potrubí [20]






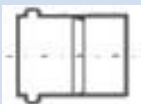
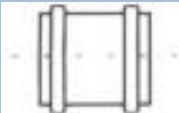


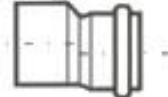
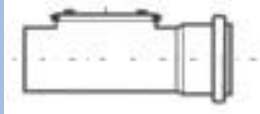
Obr. 20 – Hladké PVC potrubí [19]



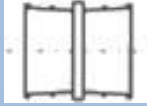
Obr. 21 – Hladká tvarovka, kolmá odbočka [17]



Tab. 6 - Přehled některých vyráběných hladkých kanalizačních rour a tvarovek KG [20]

Obchodní název	Název	Zobrazení	Popis
KGEM	Trouba s hrdlem		Je dodávána v různých stavebních délkách až do délky 6000 mm. Spojování se provádí pomocí hrdel a jazýčkového těsnícího kroužku.
KGB	Koleno		Může mít různé druhy sklonu 15°, 30°, 45°, 67°. Spolu s odbočkami se velmi používá při výstavbě, rekonstrukci kanalizačních přípojek.
KGEA	Odbočka		Dovoluje připojení boční větve o průměru menším nebo rovném průměru hlavní větve. Je dodávána v úhlech 45° a 87,5°.
KGAM	Hrdlový díl		Samostatný díl. Po přilepení k jakékoli trubě získáme plnohodnotnou troubu s hrdlem. Pro lepení se používají běžná lepidla na PVC.
KGU	Přesuvka		Nepostradatelný díl při dodatečné spojování trub, opravách či při včleňování odboček.
KGM	Hrdlový uzávěr		Zajistí těsné uzavření hrdla, vyhovují tlakovým zkouškám přetlakem i pod tlakem 0,05 MPa.
KGMM	Dvouhrdlá spojka		Uplatňuje se při spojování zbytku trub a všude tam, kde je zapotřebí spojit dva konce trub.
KGR	Nesouosá redukce		Tímto dílem lze plynule zvyšovat profil potrubí.
KGRE	Čistící tvarovka		Určena pro montáž revizních šachet a je nepostradatelnou součástí kanalizačních přípojek.



Obchodní název	Název	Zobrazení	Popis
KGF-S/B	Šachtová vložka		Prosuvka slouží k pružnému a těsnému spojení revizní betonové šachty s procházející PVC troubou.

## Kanalizační PVC roury ULTRA – RIB 1

Mohou být vyráběny podle dvou norem, a to skandinávské nebo DIN. Trouby a tvarovky s žebrovanou konstrukcí ULTRA – RIB 1 (obr. 22) jsou vhodné pro pokládání do extrémně zatížených míst, popř. do míst



Obr. 22 – Kanalizační PVC roury s konstrukcí ULTRA – RIB 1 [20]

s minimální výškou krytí potrubí zeminou. Minimální hloubka pokládky může být pouze 0,6 m. Je nutné chránit systém proti zamrznutí. Roury s touto konstrukcí lze také dobře využít do oblastí s vysokým obsahem spodní vody nad úrovní potrubí díky vysoké odolnosti proti deformaci. [20]

## Drenážní trubky a chráničky

Drenážní trubky (obr. 23 - 25) mají vysokou mechanickou i chemickou odolnost a malou hmotnost. Tyto výhodné vlastnosti zaručují trubkám vysokou pevnost a odolnost proti nárazu při zachování dobré pružnosti smotku i za nižších teplot. Dodávají se ve svitcích. Díky vlnovkové konstrukci jsou vysoce ohebné, to je výhodné při pokládání a při požadavku malého poloměru ohybu. Trubky bez otvorů jsou používány jako chráničky pro kabely uložené v zemi, instalační šachty u domovních přípojek a k odvodu vody z rybníků. [20]



Obr. 23 – drenážní trubka se spojkou [20]



Obr. 24 – drenážní trubka s výpustí [20]



Obr. 25 – drenážní trubka s T- kusem [20]





## Vícevrstvé drenážní trubky



Obr. 26 – Vícevrstvá drenážní trubka a T – kus s profilem podkovy [20]

Trubky (obr. 26) jsou vyrobeny s hladkou vnitřní vrstvou, to umožňuje bezproblémový odtok vody, a robustně vrapovanou venkovní vrstvou, která snáší velké statické a dynamické zatížení. Touto technologií je zaručena podélná tuhost trubky, což je velká přednost při pokládce těchto rour. Nízká hmotnost zaručuje bezproblémovou manipulaci na stavbě. [20]

## Víceúčelové drenážní trubky

Jedná se o jednovrstvé drenážní PVC trubky s natvarovaným hrdlem ve tvaru podkovy. Díky spodní hladké části je zajištěn snadný odtok. Vyráběny jsou jako víceúčelové nebo průsakové. [20]

## Kabelové ochranné trubky



Obr. 27 – Chráničky kabelů [20]

Slouží k ochraně zemních silnoproudých nebo slaboproudých kabelů. Využívají se zejména v průmyslové výrobě, silničních a dálničních stavbách, při tunelové výstavbě, při stavbě železnic, letišť, elektráren a energetických sítí. Jejich uložení je možné v jedné nebo při použití rozpěrek ve více vrstvách nad sebou i vedle sebe. Příklady těchto trubek znázorňuje (obr. 27). [20]

## Plastové šachty

Díky různým sestavám jednotlivých částí mají kanalizační šachty široké použití při stavbě sanitárních nebo kanalizačních systémů. Jsou používány na cestách s malým i velkým silničním provozem, na zelených plochách se zavlažováním. [20]

### Výhody

- lehká montáž
- možnost plynulého nastavení výšky šachty



Obr. 28 – Šachtový systém lepený z PVC dílů [20]



- zaručená těsnost
- odolnost proti korozi
- v poměru k tradičním betonovým šachtám snižuje teleskopická konstrukce investiční náklady

Většina šachet má dno z PP s hrdly pro připojení hladkostěnných rour, šachtová roura je z PVC. Teleskop se skládá z teleskopické roury hladkostěnné, z těsnění pro připojení do korugované šachtové roury a litinového poklopu. Různé typy šachet se liší podle výrobců. Některé šachty mohou být vyrobeny pouze z PVC dílů, které jsou mezi sebou spojovány lepidlem na PVC. Jednotlivé dílce mohou být vystaveny stálé teplotě až do 60°C. Některé typy šachet jsou uvedeny na obrázcích (28, 29). [20]



Obr. 29 – Teleskopická šachta [20]

### Vodovodní tlakové potrubí

Potrubí pro dopravu vody, ať užitkové nebo pitné, musí být vyrobena z materiálu, který je schopen po předepsanou dobu životnosti zajistit její stálou



Obr. 30 – Hrdlové potrubí určeno pro vodovodní řády [21]



Obr. 31 – Trubky pro vrtané studny trubky jsou opatřeny hladkým hrdlem s mírnou kuželovitostí [21]

kvalitu a dopravu beze ztrát. Z řady plastů, které připadají v úvahu pro budování vodovodních řadů a přípojek, se nejvíce rozvinulo používání PVC a polyetylénu. Potrubí je v zásadě vhodné k transportu všech látek, které neporušují materiál trubek a těsnících kroužků. Je odolné vůči působení běžných desinfekčních prostředků v koncentracích a při době působení běžně používané pro desinfekci rozvodů pitné vody. Odolává rovněž



Obr. 32 – Tlakové hrdlové vodovodní potrubí z molekulárně orientovaného PVC (MoPVC-Mondial), náhrada za litinové potrubí [21]



působení běžných složek půdy včetně složek umělých hnojiv. Není odolné dlouhodobému působení koncentrovaných ropných produktů. Dopravovaná média mohou mít pH v rozmezí 2 až 12, tj. vody. Mohou vykazovat jak kyselou, tak zásaditou reakci. Trubky lze proto použít pro celou řadu reakčních tekutin. Příklady vodovodních trubek jsou uvedeny na (obr. 30 až 32). [22]

## Okapový systém z PVC

Používá se pro odvodnění šikmých střech. Žlaby, odpadní trouby a tvarovky jsou vyrobeny z plně probarveného plastu, proto se jedná o bezúdržbový systém, který je vysoce odolný vůči působení povětrnostních vlivů včetně stálobarevnosti. Některé typy z okapového systému jsou uvedeny na obrázcích (33, 34 a 35). [23]



Obr. 33 – Kotlík [23]



Obr. 34 – Spojka žlabu [23]



Obr. 35 – Okapový žlab [23]

## Výhody

- **Dlouhá životnost** - okapový systém odolává povětrnostním vlivům, zejména je zcela odolný vůči korozi.
- **Tvarová stálost** - při extrémním zatížení dojde k pružné deformaci žlabu, který se po odlehčení vrátí do původního tvaru, zatímco měděné žlaby se deformují a jsou dále nepoužitelné
- **Barevné stálost** – systém zachovává svoji původní barevnost, barevné změny kovových produktů jsou však mnohem výraznější - měď nepravidelně tmavne, až zčerná, titan-zinek mění barvu do tmavo-šeda, pozinkovaný plech bez pravidelné údržby (nátěry) zkoroduje a ztrácí poté svoji spolehlivost.
- **Bezúdržbovost** - vzhledem k naprosté odolnosti vůči korozi se řadí mezi produkty, které nevyžadují údržbu (měď, titan-zinek)
- **Jednoduchá montáž** - systém nevyžaduje žádné speciální nářadí, jednotlivé díly se do sebe pouze nasouvají, případně se zajistí zaklapnutím. Montáž je tak jednoduchá a nezávislá na počasí. [23]

## Podlahové krytiny

Současná nabídka představuje PVC podlahy v mnoha dekorech, tloušťkách a šířkách. PVC umí napodobit širokou škálu přírodních materiálů,



dřevem počínaje a dlažbou či kamenem konče. PVC podlahoviny jsou lehké, odolné, pružné a cenově dostupné.

## Vlastnosti

Všechny PVC podlahy jsou vyrobeny z pružného materiálu, po kterém se příjemně chodí. Jsou trvanlivé a odolné vůči skvrnám od tekutin a mechanickému poškození (zejména proti oděru) a jejich údržba je velmi jednoduchá. PVC podlahy zaručují vysokou zvukovou i tepelnou izolaci. Mezi další speciální vlastnosti patří například elektrostatická a antistatická vodivost. Pokládka je možná i na podlahové topení.

## Vzhled



Obr. 36 – Imitace hnědé břidlice [25]



Obr. 37 – Imitace černé břidlice [25]

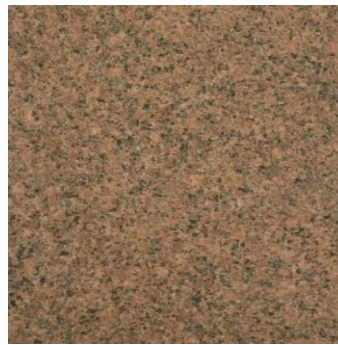


Obr. 38 – Imitace mozaiky z dubu [25]

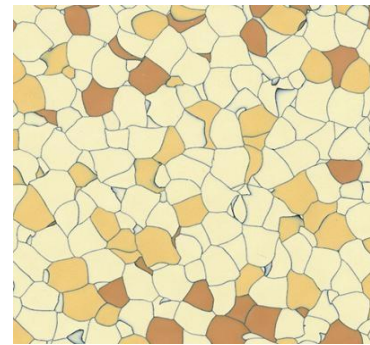
Nové technologie umožňují vyrábět povrchové úpravy takřka nerozeznatelné od jiných podlahových krytin. Moderní trendy výroby PVC podlah se vyznačují především variabilitou designu. V současných kolekcích hlavních výrobců PVC podlahovin (např. Forbo, DLW Armstrong, IVC, Tarkett) tak najdeme dekory imitující exotické dřeviny, parketové vzory, selská prkna či dlažbové vzory různé velikosti (obr. 36 až 41). Zajímavou variantou je například i imitace kamenného povrchu doplněná perleťovými chipsy. [24]



Obr. 39 – sportovní vinylový dezénový povrch [25]



Obr. 40 – Imitace kamene žula [25]

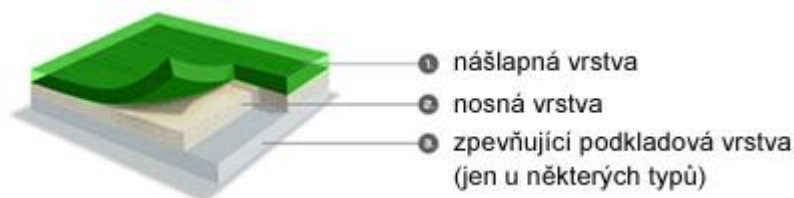


Obr. 41 – Antistatická podlahovina [25]

## Základní členění PVC podlah

Současné podlahové PVC krytiny rozdělujeme do tří hlavních kategorií:

- **Heterogenní** – jsou složeny z několika vrstev, které se od sebe liší provedením nebo složením. (obr. 42)
- **Homogenní** – mají v celé své tloušťce stejné provedení a složení. (obr. 43)
- **Speciální** – jedná se o podlahoviny, které vyhovují nějakým speciálním požadavkům (elektrostatická a antistatická vodivost)



Obr. 42 – Struktura heterogenní podlahy [26]



homogenní podlahové krytiny jsou v celé své tloušťce stejného složení i provedením

Obr. 43 – Struktura homogenní podlahy [26]

## 6. 2. Zdravotnictví

Použití sloučenin z PVC ve zdravotnickém zařízení prokazuje schopnost uspokojit náročné požadavky v oblasti zdravotní péče více než 50 let. PVC bylo původně vyrobeno jako náhrada za přírodní gumy a skla.



Zdravotnické prostředky z těchto tradičních materiálů požadovaly čištění a sterilizaci před znovupoužitím. Nízkými náklady a výkonností PVC, bylo možné vyrobit produkty na jedno použití. Na začátku 60 let to vyústilo v revoluci v oblasti zdravotní péče. Nové prostředky umožňovaly zlepšení lékařské bezpečnosti a snižovaly riziko infekce.

Dvě hlavní aplikační oblasti využívají lékařsky schválené PVC směsi. Jsou to pružné vaky a hadičky. Vaky se používají pro krev a krevní komponenty, moč nebo stomické produkty. Hadičky se využívají u krevních darovacích souprav, katetrů, baypassových souprav a dialyzačních souprav. V Evropě je spotřeba PVC pro zdravotnické prostředky asi 85 tisíc tun ročně. Téměř třetina plastických zdravotnických prostředků je vyrobena z PVC. Hlavní důvod pro tuto obrovskou spotřebu je, že PVC je relativně bezpečné, chemicky stabilní, inertní a extrémně všestranné. [27]

### Výhody PVC ve zdravotnictví

**Bezpečnostní výhody:** Před použitím lékařských pomůcek a všech komponentů musí být jasné, že nejsou toxické. Všechny materiály použité pro výrobu zdravotnických komponentů musí být před schválením důkladně testovány a hodnoceny v rámci EU. Zkušenosti na základě všech dostupných poznatků z mezinárodních ekologických a zdravotních orgánů dokazují, že PVC je bezpečné.

**Chemická stabilita:** Materiál používaný v lékařských aplikacích musí být schopen dopravovat kapaliny, aniž by zaznamenával výrazné změny ve složení a vlastnostech. PVC tyto požadavky velmi dobře splňuje.

**Biokompatibilita:** Kdykoli jsou plasty používány v přímém kontaktu s pacientovou tkání nebo krví je nutná vysoká kompatibilita mezi tkání nebo krví a materiálem. Význam této vlastnosti se zvyšuje s časem, po který je plast v kontaktu s tkání nebo krví PVC je charakterizováno vysokou biokompatibilitou, která může být zvýšena dalšími úpravami.

**Jasnost a transparentnost:** Produkty z PVC, díky fyzikálním vlastnostem, mohou být formovány s výbornou transparentností, která dovoluje kontinuální sledování proudící kapaliny. Pokud je potřeba barevného označení je možné vyrobit jakoukoli barevnou kombinaci.

**Pružnost, odolnost a spolehlivost:** PVC nejenže nabízí flexibilitu potřebnou pro aplikace, jako jsou krevní vaky a kontejnery, ale dodává jim také pevnost a odolnost, a to i při změně teploty a podmínek.



**Sterilizace:** Ochrana proti infekci je základním požadavkem v oblasti lékařských aplikací. Výrobky z PVC mohou být snadno sterilizovány pomocí páry, gama záření, nebo chemickými a dezinfekčními prostředky.

**Odolnost proti chemickému praskání:** Odolnost PVC pomáhá zajistit lékařským produktům konzistentní funkčnost a prodlužuje životnost v náročných podmínkách. Lehkost zpracování PVC umožňuje snadno vyrábět vytlačováním hadičky, tepelným formováním blistry – obaly pro tablety nebo vyfukováním pevné duté kontejnery.

**Nízkonákladovost:** Náklady na zdravotní péči se zvyšují, proto PVC ve zdravotnictví hraje velkou roli. Pro širokou škálu aplikací je důležité, že PVC je potiskovatelné, průhledné nebo průsvitné. Pro aplikace k jednorázovému použití je PVC velmi vhodné. V důsledku toho je téměř 1/3 všech plastů používaných pro jednorázové produkty z PVC. [28]

### Změkčovadla v medicínských aplikacích

Většina zdravotnických pomůcek z PVC využívá změkčovadel, aby byl materiál vhodný pro různá použití. Hlavní skupinou změkčovadel jsou ftaláty. Jedná se o bezbarvé, bez zápachové, snadno biologicky odbouratelné kapaliny. Kromě použití pro měkčené PVC mají řadu dalších použití. Například v nátěrových hmotách, výrobků z pryže, lepidel a některé kosmetiky.

Jeden z nejdůležitějších ftalátů podle tonáže je DEHP, který je aktuálně uvedený a doporučený na Evropském lékopisu, jako látka pro změkčení jednorázových zdravotnických potřeb (krevní vaky, hadičky). S ohledem na bezpečnost za posledních 50 let bylo 5 až 7 miliard pacientů krátkodobě a 1 až 2 miliardy dlouhodobě vystaveno zdravotnickým prostředkům měkčených pomocí DEHP. Je faktem, že během ošetření je člověk vystaven ftalátům, ale je důležité si uvědomit, že toxicita krátkodobého působení ftalátů je velmi nízká Ftaláty nedráždí kůži nebo sliznici. Absence zpráv o nepříznivých vlivech měkčených produktů z PVC, jasně naznačuje jejich bezpečnost.

Při revizi směrnice o zdravotních prostředcích, která se konala v roce 2007, byly účinky DEHP projednávány v Evropském parlamentu. Rada ministrů EU a Evropský parlament dosáhly dohody o DEHP 6. 3. 2007. Dohoda uvádí, že v souladu se základními požadavky směrnic o zdravotních prostředcích je třeba se vyhnout používání látek, které mohou ohrozit zdraví pacientů, zejména látkám, které jsou karcinogenní, mutagenní nebo toxické pro reprodukci, a měly by případně usilovat o rozvoj alternativních látek nebo



výrobků s nižším potenciálním rizikem. K dosažení této dohody vydala EU komise prohlášení, aby byly produkty obsahující ftaláty označovány. Cílem označování je, že Evropský parlament chce dosáhnout nahrazení DEHP ve výrobě.

Je obtížné předvídat, jak bude trh reagovat, když jsou zdravotnické prostředky obsahující DEHP označovány od roku 2010. Víceméně je důležité zdůraznit, že DEHP může být nahrazen jiným alternativním plastifikátorem. Některé alternativy už existují léta a některé nové byly vyvinuty v poslední době. Důvodem proč nenastala výměna už dříve, je že různé alternativy změkčovadel nebyly testovány ve stejném rozsahu jako DEHP. Použití nových alternativních plastifikátorů nemusí fungovat efektivně, neboť může mít za následek výrazné zvýšení nákladů na lékařskou péči. [29]

### Nejpoužívanější produkty ve zdravotnictví



Obr. 44 – Krevní vak [30]

Obr. 45 – Blistry pro prášky a tablety [30]

Obr. 46 – Set pro dialýzu [30]

Hlavní produkty z PVC používané ve zdravotnictví jsou infuzní vaky a kontejnery na krev, bypassové sety, katétrů a kanyly, dialyzační sety, chirurgické a vyšetřovací rukavice, nafukovací dlahy, dýchací masky, blistry pro tablety, podlahy na operačních sálech, matrace potažené PVC fólií. Některé z produktů jsou uvedeny na (obr. 44 až 46). [30]

## 6. 3. Automobilový průmysl

PVC významně přispívá ke kvalitě, bezpečnosti a nákladové efektivitě moderních silničních vozidel. V automobilovém průmyslu je jedním z nejdůležitějších polymerů a poskytuje mnoho výhod, které dnes považujeme za samozřejmost (obr. 47 až 49).





## Hlavní aplikace v automobilovém průmyslu

- Ochranné nátěry podvozku
- Těsnění prahů a oken
- Izolace kabelových svazků a průchodek
- Palubní desky
- Výplně dveří a loketní opěrky sedadel
- Kryty bezpečnostních pásů



Obr. 47 – Těsnění oken [31]



Obr. 48 – Palubní deska Obr. 49 – Dezénový kryt [31]

## Přínosy PVC

**Životnost:** Průměrná životnost moderního silničního vozidla je nyní 17 let, oproti roku 1970, kdy byla životnost okolo 11 let. Hlavním přínosem je ochrana podvozku v podobě nástřikových odolných vrstev z PVC. Vrstvy slouží jako těsnění proti vlhkosti. PVC se také volí pro obklady vnitřních částí, jako jsou panely a výplně dveří.

**Bezpečnostní prvky:** Při nárazu dokáží konstrukční části vozidla z PVC dobře absorbovat otřesy a snižují tak poranění v případě nehody. Vrstvené PVC se často používá ke konstrukci air-bagů. PVC má vlastnost zpomalování hoření to velmi přispívá k celkové bezpečnosti vozidla.

**Designová svoboda:** PVC umožňuje i ty nejnáročnější návrhy v interiérech vozidel. Pro zvýšení komfortu, atraktivnosti i měkkosti koženého čalounění.

**Snižování hlučnosti:** Tlumící vlastnosti se využívají pro koberečky, nátěry a obklady. Snižují hluk pro pohodlí řidiče a cestující.

**Životní prostředí:** Průměrně se odhaduje, že při výrobě jednoho vozidla je použito asi 150 kg plastu. Obvykle 3 – 10% tvoří PVC. Tento plast snižuje celkovou hmotnost vozidel a tím způsobuje snížení spotřeby paliva o 10 -12 %, což představuje úsporu 100 l po celou dobu životnosti vozidla. V evropském měřítku to představuje roční úsporu téměř 12 milionu tun paliva nebo více než 30 milionu tun CO<sub>2</sub>. [31]



## 6.4 Spotřební průmysl

PVC se využívá ve všech typech spotřebního zboží, jako jsou lahve, hračky, televizory, v módě, v umění a ve sportovním vybavení. PVC může dobře nahradit jiné přírodní materiály, příkladem toho je využití v oděvním průmyslu, kde se stále častěji používá jako náhrada za kůži.

### Výhody

- Snadné použití, převod do mnoha různých forem
- Pevné, odolné a lehké
- Voděodolnost, odolnost proti chemickým látkám
- Relativně nízká energetická náročnost při výrobě a dlouhověkost v provozu
- Inovativní materiál
- Konkurence schopný materiál,

### Druhy spotřebního zboží

**Nábytek:** Obě varianty měkčeného i tuhého PVC se používá pro moderní design nábytku. Měkčené PVC se využívá pro krytiny, podlahoviny a nafukovací křesla. Kuchyňský a koupelnový nábytek je většinou potažen ochrannou vrstvou z PVC proti vodě a vlhkosti.

**Obuv:** Výroba podešví a svršků moderní obuvi uplatňuje vlastností PVC. Poskytuje syntetickou alternativu k tradičním koženým botám. Sportovní obuv využívá tlumících účinků při otřesech.

**Kreditní karty:** Nejběžnějším materiálem pro výrobu kreditních karet a telefonních karet je PVC. Zaručuje odolnost, pružnost, cenovou výhodnost a snadnou potiskovatelnost. [32]

## 6.5 Obaly

PVC fólie jsou pružné, lehké, cenově efektivní, transparentní, pevné a bezpečné. PVC vyžaduje méně paliva k výrobě a dopravě ve srovnání s jinými obalovými materiály jako je kov nebo sklo. Zároveň chrání proti kontaminaci tím, že pomáhá, aby se zabránilo šíření bakterií při výrobě a distribuci. Zabraňuje zbytečnému plýtvání, protože zajišťuje potravinám delší trvanlivost.

Každý rok se v celé Evropě vyrobí přibližně 500 tisíc tun obalů z PVC. Hlavními aplikacemi jsou pevné filmy (60%), flexibilní jako fólie (11%) a uzávěry, víčka (3%).



## Obaly vyráběné z PVC

- Obaly na léky a tablety „blistry“
- Toaletní potřeby
- Tuby pro zubní pasty
- Víčka a uzávěry
- Příslušenství pro mobilní telefony
- Peněžní kontejnery

[33]

## **7. Technologie zpracování PVC**

### Vytlačování

Jedná se o technologickou operaci, při které je polymer (polymerní směs s aditivou) roztaven ve vytlačovacím stroji a tavenina plastu je kontinuálně vytlačována přes profilovací zařízení (vytlačovací hlavu) do volného prostoru. Vytlačování může sloužit k výrobě konečných výrobků nebo polotovarů.

Podle konečných výrobků nebo tvaru polotovaru lze vytlačování rozdělit do 3 základních skupin:

1. Výroba trubek a profilů
2. Výroba fólií a desek
3. Výroba vláken a opláštování

Hlavním zařízením technologie vytlačování tvoří šnekové vytlačovací stroje (extrudery), které však nepracují samostatně, ale jsou součástí výrobních linek, kde ostatní stroje a zařízení zajišťují kalibraci, odtah, dělení popřípadě doplňkovou úpravu tvaru nebo povrchu. Běžně se používají jednošnekové vytlačovací stroje, neměkčené PVC se vytlačuje pomocí dvoušnekového vytlačovacího stroje. K výrobě trubek se obvykle používá PVC, HDPE, LDPE, PP, PA, POM, PBT. Profily se vyrábějí z PVC, PS a jejich kopolymerů, PMMA, PC, POM, apod.

### Fluidní nanášení

Při fluidním nanášení se používá práškový polymer, který je udržován ve vznosu (tzv. fluidním loži) tak, že se chová podobně jako kapalina. Ponořením ohřátého kovového předmětu do prášku je vytvořena požadovaná vrstva plastového nánosu na povrchu předmětu.



## Máčení

Při máčení se používá kapalný PVC plastisol. Výroba plastisolu je založena na principu míchání práškových a kapalných složek pomocí míchacích zařízení. Práškový plastotvorný polymer spolu s práškovými komponenty je postupně dávkován do směsi kapalných složek (tzv. změkčovadel). V průběhu míchání jsou práškové komponenty smočeny ve změkčovadle a vzniká plastisol.

Při máčení se používá kapalný PVC plastisol. Ponořením ohřátého kovového předmětu do plastisolu se vytvoří požadovaná vrstva plastového nánosu na povrchu předmětu, která se následně podrobuje želatinaci. Máčením lze nanášet ochranné nebo dekorativní povlaky na kovové předměty. Pro zajištění adheze povlaku ke kovovému povrchu se využívají adhezivní úpravy lakováním.

Máčením na kovové formy s následným sejmutím výrobků lze vyrábět pružné plastové krytky a návleky. [34]

## Galvanoplastika

Galvanoplastika umožňuje dokonalé kopírování modelů vyrobených z nejrůznějších obecně dostupných materiálů jako je ocel, dural slitiny zinku, měď, mosaz, vosky a celá škála plastových materiálů. Technologie umožňuje kopírování dezénů usně, jemně gravírovaných nápisů, struktury dřeva i leštěné povrchy. Podmínkou je správný tvar modelu, aby ho bylo možno vyjmout z hotové skořepiny.

Nejpoužívanějším materiálem pro formy v galvanoplastice jsou nikl a měď. Formy dobře odolávají cyklickému tepelnému namáhání, a proto se často využívají pro rotační odlévání PVC nebo rotační spékání práškových termoplastů. [35]

## Vyfukování

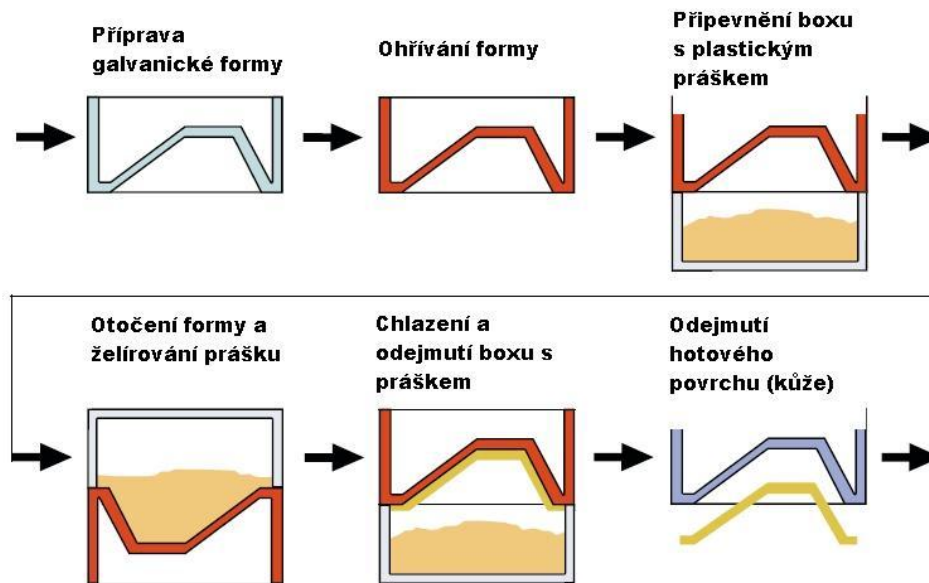
V poslední době se tímto způsobem vyrábějí „blistry“ pro široký sortiment tablet, kapslí a podobných produktů. Tato moderní metoda tvarování blisterů je založena na vyfukování zahřáté PVC fólie do formy prostřednictvím tlakového vzduchu. Je zde zaručeno dosažení rovnoměrné tloušťky stěny blisteru a jejich stoprocentní tvarové uniformity. [36]

## Vstřikování

Vstřikovací termoplastové technologie se stále zdokonalují, a to jak v oblasti vývoje nových materiálů, tak i produkcí technicky náročnějších

forem, zdokonalováním vstřikovacích lisů a zaváděním automatizace. Výrobní postupy jsou stále náročnější proto výrobci vstřikovacích materiálů, forem a strojů vytvářejí vývojové skupiny, aby bylo vůbec možné skloubit požadavky zákazníků na typické výrobky a zejména jejich užité vlastnosti. [37]

## Slush Moulding



Obr. 50 – Princip metody slush moulding, výroba umělé kůže [38]

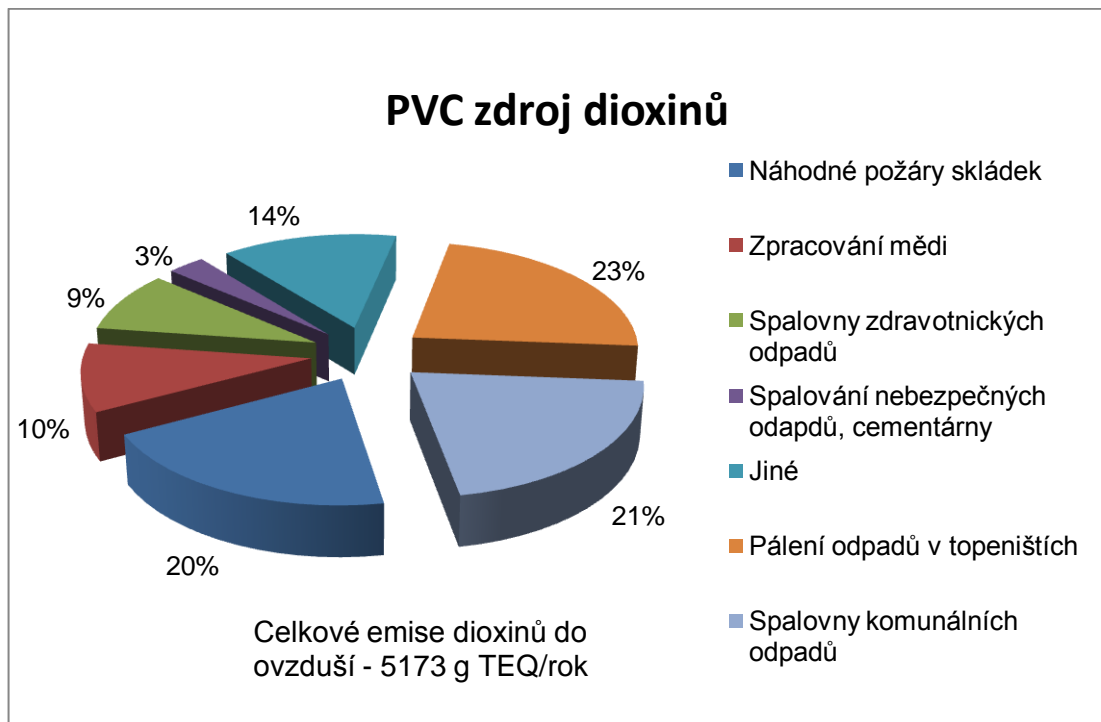
Po určitých druzích výrobků, jako jsou přístrojové desky v autě, je dnes vyžadován kvalitní povrch, který je příjemnější na pohled i na omak. Proto se podklad z tvrdého plastu potahuje ještě další vrstvou (případně několika vrstvami) tak, aby se docílilo požadovaných vlastností. Pro výrobu poslední vrstvy (tzv. umělé kůže) se obvykle používá technologie slush moulding. (obr. 50)

Základem této technologie pro výrobu umělých kůží je nanesení PVC materiálu ve formě prášku na povrch formy, která je rovnoměrně předehřátá na vhodnou teplotu. Poté se forma udržuje po určitou dobu zahřátá na příslušnou teplotu, aby došlo k úplnému spečení prášku. Hotová umělá kůže se pokládá na výlisek z tvrdého plastu a vnitřní prostor je vyplněn PUR pěnou. Tím vznikne polotovár, který je dále obráběn (např. frézováním mohou být vytvořeny vnitřní otvory) a do kterého je následně montováno další příslušenství (např. osazení pro airbag). [38]

## 8. Životní prostředí a recyklace PVC

PVC je problematická látka jak pro zdraví člověka, tak pro životní prostředí. Během výroby, spotřeby i likvidace PVC vznikají nebezpečné toxické látky, např. při hoření se uvolňují dioxiny, ale také těžké kovy používané jako přísady. PVC je největším zdrojem těchto škodlivých látek pro životní prostředí.

V České republice se PVC vyrábí pouze ve Spolaně Neratovice, v řadě dalších podniků se ale používá jako surovina pro finální produkty. [39]



Obr. 51 – Celkové emise dioxinů do ovzduší [39]

### Výroba

Výrobu polyvinylchloridu doprovází vznik nebezpečných dioxinů, které patří mezi rizikové toxické látky. Při výrobě může do prostředí uniknout toxický chlór nebo karcinogenní vinylchlorid monomer (VCM). Při výrobě PVC se mohou uvolňovat další nebezpečné látky jako chlorovodík, hexachlorbenzen, polychlorované bifenyly, furany a dioxiny. Ty jsou nežádoucími vedlejšími produkty při spalování materiálů obsahujících chlór. Jsou toxické, většinou karcinogenní a narušují funkci endokrinního systému. [40, 4]



## Spalování

Zásadním problémem PVC jsou jeho požárně technické vlastnosti. Řadí se vlastně mezi nehořlavé polymery, ovšem i PVC může za definovaných podmínek hořet. Díky tepelnému rozkladu vzniká jako hlavní složka HCL (chlorovodík), který je již při koncentraci 0,008 mg/ l zdraví nebezpečný. Při reakci s vodní parou ve vzduchu tvoří koncentrovanou kyselinu chlorovodíkovou, jež působí korozivně na kovové konstrukce a elektrické obvody.

Česká Republika patří k zemím, kde je většina nemocničních odpadů spalována. Speciální spalovny infekčního a toxického odpadu mají vedle vysokých nákladů i další nevýhody. Např. nelze spalovat všechny typy odpadů - spalování tekutin je neefektivní a náročné na energii. Dále PVC plasty v odpadu působí teplotní špičky, které přispívají k nedokonalému spalování, vznikají emise chlorovodíku a následně koroze zařízení. Obecně lze říct, že spalovny infekčních odpadů přenášejí znečišťující nebezpečné látky z pevného skupenství do jiné formy (kapalina, plyn, pevná látka) [40, 4]

## Recyklace

Průmysl plastů usiluje o nejefektivnější možné využití přírodních zdrojů. Tato jeho politika "hospodárnosti zdrojů" míří k vyrovnanosti zájmů životního prostředí a výhod průmyslové společnosti tak, aby oba tyto faktory byly ve vzájemném souladu. Strategie "hospodárnosti zdrojů" byla rozpracována Evropským svazem výrobců plastů (Associatori of Plastics Manufactures in Europe APME), který reprezentuje evropské výrobce plastů. Je známa jako "Integrovaný přístup" a zahrnuje všechny fáze použití plastů od výroby až po konečnou likvidaci.

Integrovaný přístup v oblasti odpadů zahrnuje koncepty:

- Prevence cestou u zdroje tj. minimalizaci odpadů při výrobě.
- Opakované použití formou prodloužené životnosti pro určité typy výrobků.
- Recyklace - výrobou nových předmětů z již použitých materiálů
- Získávání energie - využitím vysokého energetického obsahu plastových odpadů.
- Ukládání odpadů nevhodných k jiné formě použití a odpadů z jiných forem zpracování odpadů.



Tato strategie, jejímž jedním z nejdůležitějších prvků je i recyklace, je plně podporována evropskými výrobci PVC prostřednictvím ECVI, který je součástí APME.

## Možnosti materiálové recyklace

Materiálová recyklace představuje dvě možné cesty vhodné pro recyklaci plastů. Jsou to mechanická a surovinová recyklace.

### Mechanická recyklace



Obr. 52 – Recyklovaná drť [42]



Obr. 53 – Třídění PVC odpadu [43]

Mechanická recyklace představuje ekologicky a ekonomicky vhodné řešení v těch případech, kdy je k dispozici dostatečně velké množství homogenních a roztříděných plastových odpadů (obr. 53). V těchto případech umožňuje mechanická recyklace výrobu zboží stejné či podobné kvality jako původní plast.

Při mechanické recyklaci nedochází ke změnám chemického složení recyklovaných plastů. Předměty z PVC, které se tímto způsobem recyklují, jsou především láhve, trubky, střešní krytiny, podlahoviny a okenní profily (obr. 53).

Za určitých omezení je možná mechanická recyklace i u smíšeného plastového odpadu. Zatímco u homogenních odpadů jsou technologické procesy recyklace shodné s procesy zpracování původních plastů, recyklace smíšených odpadů vyžaduje speciální technologie. Výrobky získané recyklací smíšených plastových odpadů mají také většinou nižší užitnou hodnotu a jsou





použitelné například na prvky zahradní architektury, přepravky, palety a prvky dopravních staveb.

## Surovinová recyklace

Na významu nabývá surovinová recyklace směsných plastových odpadů. Při tomto postupu se molekuly polymerů štěpí (krakuji) působením tepla a vznikají uhlovodíkové frakce podobně jako při zpracování ropy. Tyto uhlovodíkové frakce pak mohou být využity při další chemické výrobě tedy i výrobě plastů. V případě surovinové recyklace PVC lze vznikající chlorovodík, jako hlavní produkt recyklace využít pro výrobu VCM. Tato technika otevírá do budoucna cestu pro nové recyklační procesy, je však ještě třeba nalézt hranice jejího technologického použití a vyjasnit otázky ceny těchto procesů. [1, 41, 42, 43]

## **9. Diskuse**

Práce je teoretického charakteru, proto jsou zjištěné výsledky a poznatky založeny na mnoha publikacích, článcích a internetových zdrojích, které se touto problematikou zabývají. Mezi jednotlivými zdroji se nevyskytují žádné výrazné rozpory, prameny na sebe často vhodně navazují a vhodně se doplňují.

Hlavním důvodem častého používání PVC v mnoha odvětvích materiálového průmyslu je, že PVC je velmi univerzální a flexibilní materiál. Dají se u něj podle potřeby ovlivnit mechanické a fyzikální vlastnosti konečného produktu. To přináší mnoho výhod oproti ostatním běžně používaných materiálům. Mezi základní výhody PVC lze zařadit:

- Odolnost, nízká hmotnost, pevnost a tuhost
- Dlouhá trvanlivost a životnost
- Rentabilnost, výhodný poměr cena/ výkon
- Samozhášecí účinky, nízká hořlavost
- Kluzné vlastnosti a odolnost proti korozi
- Jasnost a transparentnost, snadná potiskovatelnost
- Elektrická, teplotní a chemická odolnost
- Zpracovatelnost, svoboda v designovém umění

Díky těmto vlastnostem sice PVC převyšuje ostatní materiály, ale hlavně je cenově dostupný mnoha skupinám uživatelů, kterým při volbě vhodného materiálu výrobku splňuje jejich náročná kritéria.



## 10. Závěr

Polyvinylchlorid se jako jeden z prvních plastů začal komerčně využívat. Dnes je jeho uplatnění na trhu stále vysoké a to i v době plné diskuzí o jeho závadnosti. Z PVC vyráběno mnoho produktů, jako jsou profily oken a dveří, potrubí, dále pak zdravotní pomůcky, obaly na léky a tablety a mnoho dalších velmi potřebných produktů, které vynikají nad ostatními díky dobré pověsti

Bohužel výroba a používání PVC má i své nepříznivé vlivy. Například při výrobě a likvidaci se uvolňují do ovzduší karcinogenní látky. Při výrobě PVC je základní stavební jednotkou vinylchlorid (VCM), který je velmi karcinogenní. Toto zjištění je však známé od prvopočátku výroby plastů. Proto se postupně přijala opatření o ochraně pracovníků při výrobě a také u spotřebitelů. Při likvidaci PVC spalováním unikají do ovzduší nežádoucí dioxiny. Pokud se zamyslíme nad problémem globálně, musíme konstatovat, že i z některých dalších zdrojů se uvolňují toxické dioxiny, zejména v metalurgickém průmyslu.

Mnoho organizací zabývajících se ekologií, PVC velmi tvrdě zatracuje. Na druhou stranu nám PVC přináší velmi výhodný soubor vlastností. Otázkou je zda by nebylo možné plasty nahradit jiným inovativním materiálem. Mnoha firem je tlačeno různými ekologickými organizacemi PVC nahrazovat jinými materiály, nebo se alespoň vyvarovat toxickým přísadám. Pravdou je, že některé analýzy a výzkumy dokazují, že při výrobě, používání a likvidaci PVC, vznikají toxické produkty. Nejintenzivnější výzkum probíhá v oblasti změkčovadel PVC, kde se hledají vhodné alternativy.

Pokud pomineme nevýhody PVC, v mnoha případech nám může dokonce zachránit život. Po zamyšlení můžeme brát mírnou toxicitu jako cenu za hodnotnost tohoto materiálu. Celosvětově by se mělo však zacházet s životním prostředím opatrně a zbytečně ho nezamořovat nebezpečnými látkami a to platí, jak u PVC, tak i u ostatních materiálů.



## 11. Seznam použité literatury

### Materiálové listy a firemní literatura:

- [7] PATRIC S. G.: *Practical Guide to polyvinyl chloride*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire, SY4 4NR, UK: Repra technology limited, 2005. ISBN 1-85957-511-01
- [8] Charles E. Wilkes, James W. Summers, Charles Anthony Daniels, Mark T. Berard.: *PVC Handbook*. Munchen, Germany: Carl Hanser Verlag, 2005. ISBN 1-56990-379-4
- [22] PIPE LIFE.: *Vodovodní systémy PE, PVC*. Otrokovice: Pipelife Czech s.r.o., 2010.

### Elektronické zdroje informací:

- [1] URL:<<http://www.argona.cz/DataStorage/File/KRÁTCE%20Z%20HISTOR%20PLASTÚ.pdf>> [cit. 2011-01-05]
- [2] URL:< <http://www.pvc.org/What-is-PVC/History>> [cit. 2011-01-05]
- [3] URL:< <http://www.wired.com/geekdad/2009/05/the-grandfather-of-the-potato-cannon/>> [cit. 2011-01-05]
- [4] URL:<<http://www.tpmont.cz/docs/tp-polyvinylchlorid.pdf>> [cit. 2011-01-05]
- [5] URL:< <http://www.matnet.sav.sk/index.php?ID=483>> [cit. 2011-01-05]
- [6] URL:<<http://www.pvc.org/What-is-PVC/How-is-PVC-made/PVC-Additives>> [cit. 2011-01-05]
- [9] URL:<<http://www.pvc.org/What-is-PVC/PVC-s-physical-properties/PVC-Strength>> [cit. 2011-01-05]
- [10] URL:<<http://www.pvc.org/What-is-PVC/PVC-s-physical-properties/Heat-Distortion-Temperature-softening-temperature>> [cit. 2011-01-05]
- [11] URL:<<http://www.pvc.org/What-is-PVC/PVC-s-physical-properties/Transparency>> [cit. 2011-01-05]



- [12] URL:< <http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used> > [cit. 2011-01-05]
- [13] URL:<<http://wrs.region-stuttgart.de/sixcms/detail.php/255247>> [cit. 2011-01-05]
- [14] URL:< <http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-for-Building-and-Construction/What-makes-PVC-important> > [cit. 2011-01-05]
- [15] URL:< <http://www.pvcconstruct.org/Material> > [cit. 2011-01-05]
- [16] URL:< <http://www.oknamacek.cz/okna-a-balkonove-dvere-kbe-6k/>> [cit. 2011-01-05]
- [17] URL:<<http://www.imaterialy.cz/Clanky/Plasty-pro-stavebnictvi-a-architekturu-13-Polyvinylchlorid-PVC.html> > [cit. 2011-01-05]
- [18] URL:<<http://pprpipe.wordpress.com/2009/04/02/milestones-in-pvc-water-pipe-history/>> [cit. 2011-01-05]
- [19] URL:<<http://cws.cz/41.produkty.korugovane-trubky.html> > [cit. 2011-01-05]
- [20] URL:< <http://www.plastmont.cz/k-potrubi01c.htm> > [cit. 2011-01-05]
- [21] URL:< [http://www.sag-cz.cz/vodovodni\\_systemy.html](http://www.sag-cz.cz/vodovodni_systemy.html) > [cit. 2011-01-05]
- [23] URL:< <http://www.plastmont.cz/k-okap01.htm> > [cit. 2011-01-05]
- [24] URL:<<http://www.ceskestavby.cz/clanky/pvc-linoleum-lino-podlahove-krytiny-5876.html> > [cit. 2011-01-05]
- [25] URL:<<http://www.fatra.cz/index.php?typ=FAA&showid=368>> [cit. 2011-01-05]
- [26] URL:<<http://www.pvcmania.cz/pvc-linoleum-skupiny> > [cit. 2011-01-05]
- [27] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-for-Health> > [cit. 2011-01-05]
- [28] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-for-Health/Benefits-of-PVC> > [cit. 2011-01-05]
- [29] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-for-Health/Additives-in-medical-applications/Plasticisers-in-medical-applications> > [cit. 2011-01-05]



- [30] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-for-Health/PVC-The-most-widely-used-polymer-in-medical-applications> > [cit. 2011-01-05]
- [31] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-in-Transport/What-makes-PVC-so-useful-in-vehicles> >[cit. 2011-01-05]
- [32] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-in-Everyday-Life/PVC-in-consumer-goods> > [cit. 2011-01-05]
- [33] URL:<<http://www.pvc.org/How-is-PVC-Used/PVC-in-Packaging>> [cit. 2011-01-05]
- [34] URL:< <http://www.dplast.cz/cs/technologie/>> [cit. 2011-01-05]
- [35] URL:<<http://www.mmspektrum.com/clanek/galvanoplasticka-vyroba-forem> > [cit. 2011-01-05]
- [36] URL:< <http://www.blistr-blistry.cz/> >[cit. 2011-01-05]
- [37] URL:< <http://www.mmspektrum.com/clanek/zdokonalene-postupy-vstrikovani-plastu-a-automatizace-pri-vyrobe> > [cit. 2011-01-05]
- [38] URL:<[https://tpu-emea/en/processing/special\\_processes/Slush\\_molding.html](https://tpu-emea/en/processing/special_processes/Slush_molding.html)> [cit. 2011-01-05]
- [39] URL:< <http://www.toxickelatky.arnika.org/dioxiny> > [cit. 2011-01-05]
- [40] URL:<<http://www.plastnet.cz/ArticleDetail.asp?nBranchID=36&nArticleID=33&nPage=2>> [cit. 2011-01-05]
- [41] URL:< [http://cz.recoviny.com/recycling\\_pipeline](http://cz.recoviny.com/recycling_pipeline) > [cit. 2011-01-05]
- [42] URL:<<http://cz.recoviny.com/coveredapplications>> [cit. 2011-01-05]
- [43] URL:< <http://cz.recoviny.com/bgrade> > [cit. 2011-01-05]

## **Prohlášení**

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. O právu autorském, zejména 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnou-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL, v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 5. 1. 2011

Podpis:

## **Declaration**

I have been notified of the fact that Copyright Act No. 121/2000 Coll. applies to my thesis in full, in particular Section 60, School Work.

I am fully aware that the Technical University of Liberec is not interfering in my copyright by using my thesis for the internal purposes of TUL.

If I use my thesis or grant a licence for its use, I am aware of the fact that I use inform TUL of this fact, in this case TUL has the right to seek that I pay the expense invested in the creation of my thesis to the full amount.

I compiled the thesis on my own with the use of the acknowledged sources and on the basis of consultation with the head of the thesis and a consultant.

Datum: 5. 1. 2010

Signature: