

# PVC jako nechtěný materiál

Šárka Zatloukalová

---

Bakalářská práce  
2013



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2012/2013

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Šárka ZATLOUKALOVÁ  
Osobní číslo: T10634  
Studijní program: B2808 Chemie a technologie materiálů  
Studijní obor: Polymerní materiály a technologie  
Forma studia: prezenční

Téma práce: PVC jako nechtěný materiál

Zásady pro vypracování:

Literární rešerše bude pojednávat o problematice náhrady tvrdého i měkčeného PVC vynucené jak potřebami výrobců a konečných uživatelů, tak i náhradami vynucenými marketingem a dodavateli primárních surovin. Práce uvede stručně historii PVC, jeho výrobu, zpracování a nejběžnější výrobky. V dalších částech student/ka představí v současnosti vyráběné výrobky, které dříve byly z PVC, ale nyní jsou vyráběny z jiných materiálů, nebo se takové náhrady v brzké době plánují. By měla zmínit vlastnosti materiálů, které jsou nejčastěji používané k náhradě PVC. Práce by měla obsahovat kritické srovnání vlastností PVC a jeho substituentů a popsat hlavní důvody náhrad, včetně problematiky tzv. PVC-free marketingu.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1) MLEZIVA, J. a ŠŇUPÁREK, J. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 8085920727.

2) KUBÍK, J. a GRUNDĚL F. *PVC výroba, zpracování a použití*. Praha: SNTL, 1965, 657 s.

3) WILKES, C. a kol. *PVC handbook*. Munich: Hanser, 2005, 723 s. ISBN 3446227148.

4) internetové zdroje a podniková literatura – např:

<http://www.pvcinformation.org>

[http://www.noharm.org/global/issues/toxins/pvc\\_phthalates/alternatives.php](http://www.noharm.org/global/issues/toxins/pvc_phthalates/alternatives.php) atp.

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Miroslav Janíček**

Ústav inženýrství polymerů

Datum zadání bakalářské práce:

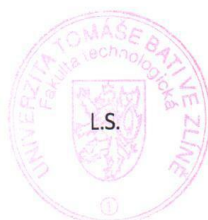
**11. února 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**31. května 2013**

Ve Zlíně dne 11. února 2013

  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*děkan*



  
doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

Příjmení a jméno: Šárka Zatloukalová

Obor: Chemie a technologie materiálů

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby <sup>1)</sup>;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně .....<sup>15.5.2013</sup>.....

.....*Zatloukalová*.....

<sup>1)</sup> zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

<sup>2)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

<sup>3)</sup> zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce pojednává o největších problémech spojených s používáním výrobků z polyvinylchloridu a také o možnostech jeho nahrazování. V posledních letech se diskutovalo o zdravotních dopadech tohoto plastu, a to zejména kvůli nutnosti přidávat do něj změkčovadla a stabilizátory při výrobě. Touto prací bych chtěla dokázat, že neexistuje závažný důvod, proč se vyhýbat polyvinylchloridu.

Klíčová slova:

Polyvinylchlorid, nahrazování, změkčovadla, stabilizátory

## **ABSTRACT**

This bachelor thesis deals with the major issues associated with the use of polyvinyl chloride products and the potential for its substitution. In recent years, there was discussion on the health effects of this plastic, especially because of the need to add plasticizers and stabilizers in the production. With this work I would like to prove that there is no compelling reason to avoid polyvinyl chloride.

Keywords:

Polyvinyl chloride, substitution, plasticizers, stabilizers

Ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce Ing. Miroslavu Janíčkovi za jeho vstřícnost, cenné rady a čas, který mi věnoval při zpracování bakalářské práce.

## ***Blues o PVC***

*(Miroslav Raab, Materiály a člověk)*

*Kampak jsem tě položil, můj igelitáku?*

*Nechal jsem tě v tramvaji anebo ve vlaku?*

*Kampak jsem tě zanechal a kde tě hledat mám?*

*Já bez tebe si hrozně osamělý připadám.*

*Když jsi ztratil plášť*

*polyvinylový*

*každého se ptáš,*

*nikdo ti však neodpoví.*

*Nikdo ti však neodpoví, kde ho hledat máš,*

*polyvinylový plášť.*

*Z Grónska níže tlaková se přesunuje k nám,*

*Já chodím v dešti bez pláště a bez děvčete sám.*

*Od kapek se dělají kolečka na řece*

*a já jsem smuten, zradilo mě i to PVC.*

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>1 POLYVINYLCHLORID</b> .....	<b>11</b>
1.1 HISTORIE PVC .....	11
1.2 MONOMER.....	11
1.2.1 Výroba monomeru .....	12
1.3 VÝROBA PVC .....	12
1.4 VLASTNOSTI PVC .....	14
1.5 ZPRACOVÁNÍ PVC .....	14
1.5.1 Zpracování tvrdého PVC.....	15
1.5.2 Zpracování měkčeného PVC.....	15
1.6 APLIKACE PVC .....	16
1.6.1 Stavebnictví.....	16
1.6.2 Zdravotnictví .....	16
1.6.3 Doprava .....	16
1.6.4 Obaly .....	17
1.6.5 Další aplikace .....	17
<b>2 ZMĚKČOVADELA</b> .....	<b>18</b>
2.1 PRINCIP ÚČINKU ZMĚKČOVADEL .....	18
2.2 ROZDĚLENÍ ZMĚKČOVADEL PODLE JEJICH ÚČINKU .....	18
2.2.1 Primární změkčovadla.....	18
2.2.2 Sekundární změkčovadla .....	19
2.2.3 Změkčovadla PVC .....	19
2.2.3.1 Polárně aromatická změkčovadla (rozpouštědlová) .....	19
2.2.3.2 Polárně alifatická změkčovadla (nerozpouštědlová) .....	19
2.2.4 Estery kyseliny ftalové .....	19
2.2.5 Estery dikarboxylových alifatických kyselin .....	20
2.2.6 Estery kyseliny fosforečné .....	20
2.2.7 Polyesterová změkčovadla .....	21
2.2.8 Epoxidová změkčovadla .....	21
2.3 TOXICITA ZMĚKČOVADEL.....	21
<b>3 STABILIZÁTORY</b> .....	<b>23</b>
3.1 SKUPINY STABILIZÁTORŮ .....	23
3.1.1 Olovnaté stabilizátory .....	23
3.1.2 Stabilizátory na bázi Ca/Zn .....	23
3.1.3 Stabilizátory na bázi kadmia .....	24
3.1.4 Kapalně stabilizátory .....	24
3.1.5 Cínaté stabilizátory.....	24
<b>4 SUBSTITUENTY PVC</b> .....	<b>26</b>
4.1 NAHRAZOVÁNÍ PVC POLYOLEFINY .....	26
4.1.1 Polyetylen.....	26
4.1.1.1 Kopolymery etylenu .....	27
4.1.2 Polypropylen .....	27
4.1.3 Ostatní polyolefiny.....	27



4.2	NAHRAZOVÁNÍ PVC POLYURETANY .....	27
4.3	NAHRAZOVÁNÍ PVC SILIKONY .....	28
4.4	NAHRAZOVÁNÍ PVC KAUČUKY .....	28
4.5	NAHRAZOVÁNÍ PVC POLYAMIDY .....	29
4.6	NAHRAZOVÁNÍ PVC POLYSTYRENOVÝMI PLASTY .....	29
4.7	NAHRAZOVÁNÍ PVC POLYESTERY .....	29
4.8	NAHRAZOVÁNÍ PVC PŘÍRODNÍMI MATERIÁLY .....	30
4.8.1	Dřevo .....	30
4.8.2	Sklo .....	30
4.8.3	Kůže .....	30
4.8.4	Keramika .....	31
4.8.5	Přírodní vlákna .....	31
4.8.6	Linoleum .....	31
4.8.7	Ostatní přírodní materiály .....	31
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>32</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>33</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>39</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>41</b>

## ÚVOD

Polyvinylchlorid (PVC) je jedním z nejběžnějších plastů a má bohatou historii i velmi širokou škálu použití. Stal se nedílnou součástí našeho každodenního života, aniž bychom si to vůbec uvědomovali – od dobře těsnících oken, izolace kabelů, podlahoviny, medicínské aplikace až po oblečení.

V minulých letech ale i dnes stále probíhají různé kampaně ekologických skupin, které velmi tvrdě bojují proti PVC, a právě tento materiál dokonce označují za „největší zlo“ mezi plasty. Tyto kampaně se zaměřují hlavně na důsledky pro lidské zdraví při používání PVC výrobků. Největším trnem v oku jsou pak pro tyto skupiny zejména změkčovadla – nejvíce kritizované jsou ftaláty, a stabilizátory, které mohou obsahovat těžké kovy, např. olovo, cín a kadmium. Změkčovadla a stabilizátory jsou při zpracování PVC naprosto nezbytné. Ftaláty jsou údajně zodpovědné např. za neplodnost, astma, rakovinu, alergie nebo dokonce i za dětskou obezitu. Proto se v mé práci blíže zaměřím na toxicitu změkčovadel a stabilizátorů.

Dalším tématem, kterým se budu podrobněji zabývat je problematika tzv. PVC-free marketingu neboli nahrazování PVC ostatními plasty nebo přírodními materiály. Tento trend se výrazně prosazuje u hraček, zdravotnických pomůcek, podlahovin a v menší míře i v mnoha dalších oblastech. V práci uvedu nejběžnější substituenty PVC a jejich srovnání – tedy zda je nahrazování PVC vůbec výhodné a jestli někdy není na úkor vlastností výrobků nebo naopak má PVC-free produkt vlastnosti lepší.

## 1 POLYVINYLCHLORID

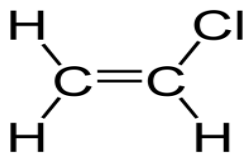
Polyvinylchlorid (PVC) je jedním z nejdůležitějších termoplastů. Příčinou jeho oblíbenosti je především poměrně levný a snadný způsob výroby a významné vlastnosti, jako např. dobrá chemická a tepelná odolnost, dobrá zpracovatelnost a schopnost želatínace s různými změkčovadly. V posledních letech vyvolaly kampaně ekologických hnutí obavy z vlivu PVC na lidské zdraví a životní prostředí. [1]

### 1.1 Historie PVC

PVC je jedním z nejstarších syntetických materiálů. Tato látka byla náhodně objevena v 19. století nezávisle na sobě dvěma muži. V roce 1838 to byl francouzský fyzik a chemik Henri Victor Regnault a druhý byl německý chemik Eugen Baumann, který PVC objevil v roce 1872. V obou případech se polymer objevil jako bílá pevná látka, která vznikla v baňce s vinylchloridem, který nechali stát na slunci. Materiál ale ještě nedovedli komerčně zpracovávat. V roce 1913 si nechal patentovat německý vynálezce Friedrich Heinrich August Klatte metodu polymerace vinylchloridu na slunečním světle. Nejvýznamnější zlom nastal v USA, když společnost B. F. Goodrich najala vědce Waldo Semon, aby pracoval na syntetické náhradě kaučuku. Jeho práce ale byla ohrožena recesí a hrozilo mu propuštění. Semon ale dostal nápad, používat PVC jako voděodolnou vrstvu pro tkaniny. Další významný zlom nastal během druhé světové války, kdy PVC nahradilo tradiční materiál pro izolace vedení na vojenských lodích. Ve druhé polovině 20. století objem výroby PVC dramaticky vzrostl téměř po celém světě. PVC nacházelo uplatnění ve stále více oborech, hlavně ve stavebnictví, zdravotnictví, informačních technologiích, dopravě a v textilním průmyslu. [2]

### 1.2 Monomer

Monomerní vinylchlorid (Obr. 1) je plyn o  $M_w=62,5$  g/mol a o bodu varu  $-13,9$  °C. Jelikož vyvolává rakovinu jater a ledvin, je při výrobě a zpracování povolena maximální přípustná koncentrace v pracovním prostředí zpravidla od 2 ppm (pro nové provozy) po 5 ppm (pro staré provozy). [3]



Obr. 1 - monomer vinylchloridu

### 1.2.1 Výroba monomeru

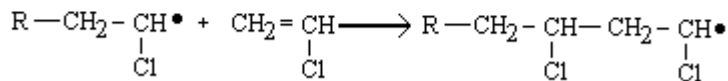
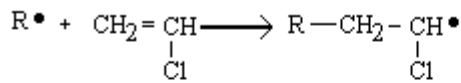
Základními surovinami pro výrobu vinylchloridu (VC) jsou chlorid sodný, ropa, případně zemní plyn. Roztok chloridu sodného se rozloží na chlór, který se použije pro syntézu VC, vodík a hydroxid sodný působením elektrického proudu. Ropa se krakováním v rafinériích štěpí na etylen. Chlór s etylenem spolu reagují za vzniku etylendichloridu (EDC). Z EDC se odštěpením HCl získává vinylchlorid. Tomuto procesu se říká přímá chlorace, která je ale v praxi kombinována ještě s oxidovanou chlorací. Ta probíhá tak, že HCl vznikající při přímé chloraci, reaguje s etylenem v přítomnosti katalyzátoru a vzduchu za vzniku dalšího EDC.

Dříve se vinylchlorid získával reakcí acetylenu (získávaného z uhlí) s HCl v přítomnosti katalyzátoru chloridu rtuťnatého. Od této metody se ale upustilo, kvůli ekologické zátěži. Používá se jenom v Číně, kde je uhlí relativně levným surovinovým zdrojem oproti omezeným zásobám ropy. [4]

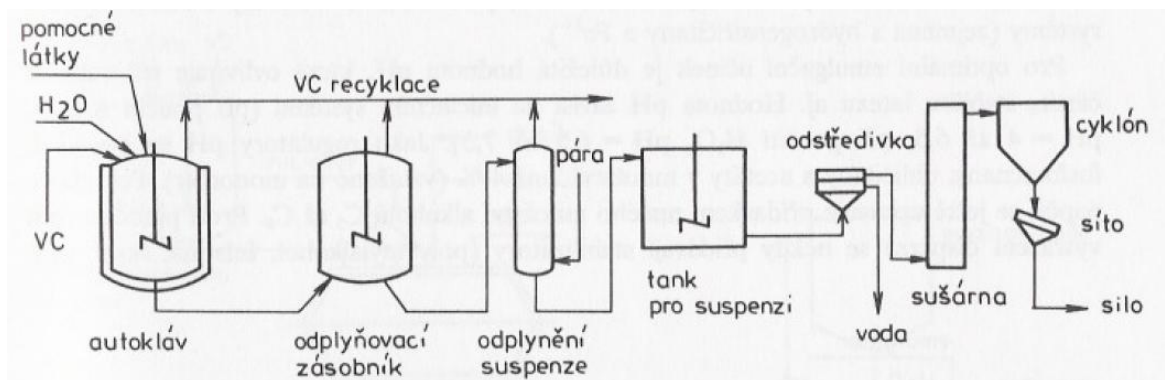
### 1.3 Výroba PVC

Vinylchlorid polymeruje snadno za různých podmínek (radikálovým a aniontovým mechanismem). V průmyslu se používá radikálový mechanismus a techniky suspenzní, emulzní a blokové polymerace. V současné době se nejčastěji používá technika suspenzní polymerace (Obr. 2) Pracuje se v autoklávu opatřeném míchadly, kde se monomer, opatřený ochranným koloidem (polyvinylalkohol (PVAI), želatina, deriváty celulozy aj.), rozptýlí ve vodě intenzivním mícháním. Jako iniciátory se používají peroxidy rozpustné v monomeru (dibenzoylperoxid) a pH se upravuje pomocí  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

Schéma reakce je:



Polymeruje se při konstantní teplotě (mezi 45–70 °C) a tlacích mezi 0,5-1,4 MPa v inertní atmosféře. Polymerace je ukončena poklesem tlaku při hodnotách konverze 75–90 %. Pak se systém odplyní a unikající monomer vytváří pórovitou strukturu.



Obr. 2 - Výroba PVC suspenzním způsobem [3]

Problémem při výrobě je tvorba tzv. „rybích ok“, což jsou částice ulpělé na stěnách reaktoru, které při další polymeraci tvoří tvrdé a špatně zpracovatelné částice.

Emulzní polymerace probíhá ve vodném prostředí, přidává se emulgátor (alkylsulfonany, sulfochlorované alkany aj.), iniciátor (peroxid vodíku, peroxidisíran draselný) a stabilizátory (PVAI, želatina, škrob). Reakční teploty jsou mezi 20–60 °C a tlak 0,3–0,8 MPa. Produkt je čistší než při suspenzní polymeraci, ale proces je finančně nákladnější.

Nejčistší PVC vzniká blokovou polymerací, kde je ale největším problémem odvod reakčního tepla. Získává se polymer, který je ve svém monomeru nerozpustný. Při konverzi 15–20 % vzniká zrnitá kaše, která absorbuje zbylý monomer. Polymerace je dvoustupňová. Používá se speciální iniciátor, který má účinnost právě do 20% konverze, to je tzv. polymerace do mrtvého bodu. Ještě tekutá směs se převádí do dalšího autoklávu, kde se polymerace dokončí. Demonomerizace se provádí v tom samém autoklávu intenzivním odplyněním. Takto získané PVC má vysokou sypanou hustotu a pórovitost a také úzkou distribuci částic.

V České republice vyrábí PVC suspenzním mechanismem Spolana Neratovice pod názvem Neralit. [3]

#### 1.4 Vlastnosti PVC

PVC je jemný bílý prášek amorfního charakteru s nízkým stupněm krystalinity (3–10 %). Řetězce jsou lineární s mírným větvením. Obsah chloru v PVC je hmotnostně asi 56 % a chlor také způsobuje jeho polárnost. Hodnota  $M_w$  se vyjadřuje pomocí  $K$  z Fikentscherovy rovnice:

$$\log \eta_r = \frac{75 \cdot k^2 \cdot c}{1 + 1,5 \cdot k \cdot c} + k \cdot c \quad \text{pro } K = 1000 \text{ k}$$

Kde:  $\eta_r$  – relativní viskozita,  $c$  – koncentrace v g / 100 ml

Hodnota  $K$  nabývá hodnot 50–80. Pro neměkčené výrobky se používá PVC s  $K = 55–68$  a pro měkčené  $K = 70–80$ .

PVC lze krátkodobě používat asi do 75 °C ( $T_g = 80$  °C), dlouhodobě asi do 65 °C. Při teplotách nad 100 °C se z PVC začíná odštěpovat HCl. V polymeru tak vznikají dienové vazby, které způsobují žluté zabarvení plastu. Z tohoto důvodu se musí do PVC přidávat stabilizátory. Neměkčený PVC má výbornou odolnost proti vodě, kyselinám, alkáliím i organickým chemikáliím. Má také vysokou tvrdost, mechanickou pevnost, odolnost proti oděru, dobré elektroizolační vlastnosti a díky vysokému obsahu chloru je i samozhášivý. [3]

#### 1.5 Zpracování PVC

Aby bylo možné úspěšně zpracovávat PVC, který je ve formě bílého prášku, přidávají se do něj změkčovadla. Do směsi se pak přidávají ještě další látky, které zlepšují vlastnosti polymeru, např. stabilizátory, plniva, pigmenty, lubrikanty a různé modifikátory. Typickými plnivými PVC jsou křemičitany, sklo, uhličitan vápenatý, oxidy kovů a kovové prášky. Mezi hlavní způsoby zpracování PVC patří vyfukování, válcování, vytlačování, tvarování, lisování, přetlačování a odlévání, případně vstřikování. [5]

### 1.5.1 Zpracování tvrdého PVC

PVC je tvarovatelný teplem nad 150 °C. Fólie z tvrdého PVC se vyrábějí válcováním na vyhřátých válcích o teplotě okolo 170 °C. Fólie se poté chladí na chladících válcích. Desky z PVC se vyrábějí lisováním více vrstev fólií v etážových lisech. Různé profily a trubky se vytlačují na vytlačovacích strojích. Technické dílce lze vyrobit přetlačováním, tvarováním nebo vstřikováním. Materiál se může svařovat a také lepit (lepidlo na bázi chlorovaného polyvinylchloridu rozpuštěného v methylenchloridu). PVC jde i zvláknovat z roztoku (tetrahydrofuran) vytlačováním tryskami do srážecího vodného roztoku s následným dloužením. Tato vlákna se používají díky své chemické odolnosti jako filtry. Typickými výrobky jsou např. trubky, okenní profily, folie, desky k obkládání fasád, duté lahve na kosmetiku a čisticí přípravky a jiné. (Obr. 3 a 4)



Obr. 3 – trubky z PVC [6]



Obr. 4 – okenní profil z PVC [7]

### 1.5.2 Zpracování měkčeného PVC

Měkčené PVC se zpracovává válcováním, vytlačováním, odléváním, máčením a přetlačováním. Směs s přídavkem 30–70 hmotnostních dílů změkčovadla na 100 hmotnostních dílů PVC se zahřívá až na teplotu 180 °C, při které dochází k želatinaci. Želatinace je přeměna polymerního disperzního solu na homogenní gel působením tepla. Tento děj je nevratný. Asi jedna třetina vyrobeného PVC se používá ve formě past. Pastotvornost je ovlivněna charakterem povrchu a velikostí částic (nejvhodnější je polymer s kulovým tvarem částic, neboť nepravidelný a velký povrch způsobuje větší absorpci změkčovadel) a chování částic vůči rozpouštěcímu a botnacímu účinku změkčovadel. Pasty PVC se používají na výrobu ochranných rukavic máčením nebo natíráním pasty na textilní podklad pro výrobu koženek. Pasty se také dají zpracovávat rotačním odléváním. Tato metoda se používá při vý-

robě hraček a míčů. Dalšími typickými výrobky z měkčeného PVC jsou podlahoviny, izolace elektrických vodičů, folie a těsnění. (Obr. 5 a 6) [3]



Obr. 5– výroba rukavic máčením [8]



Obr. 6– hračky z PVC [9]

## 1.6 Aplikace PVC

### 1.6.1 Stavebnictví

Přes 50 % výroby PVC se uplatňuje právě v tomto sektoru. Využívá se hlavně jeho samozhášivosti. Díky své dlouhé životnosti a nízké údržbě se používá zejména na okenní a dveřní profily, ale tyto výrobky je nutno stabilizovat proti UV záření. Dále se z PVC vyrábí potrubní systémy pro pitnou a odpadní vodu, které jsou ale použitelné jen do 60 °C. Jednou z hlavních aplikací ve stavebnictví jsou podlahoviny, folie, lišty a obklady. PVC se také používá na izolaci vodičů. [12, 10, 11]

### 1.6.2 Zdravotnictví

Více než třetina plastových zdravotnických produktů je vyrobena z PVC, které je bezpečné, chemicky stabilní a inertní. Hlavní použití je pro flexibilní obaly a hadičky (pro odběr krve, moči aj.), bypass soupravy, rukavice, nafukovací dlahy, blistry na tablety a inhalační masky. V poslední době jsou tyto výrobky nahrazovány termoplastickými polyurethany a silikony. [11–14]

### 1.6.3 Doprava

Hlavní aplikace z PVC jsou: nátěry podvozku, izolace kabelových svazků, přístrojová deska, loketní opěrky, imitace kůže a jiné. [10, 11]



### 1.6.4 Obaly

PVC je flexibilní, cenově efektivní a transparentní. Nemá vliv na chuť balených potravin. Vyrábí se z něj široká škála obalů na potraviny (maso, zelenina, ryby, sýry...), lepicí pásy, obaly pro toaletní potřeby, obaly pro léky, obaly pro jednorázové injekční stříkačky a mnoho dalších využití. [10, 11, 15]

### 1.6.5 Další aplikace

Nábytek – neměkčené PVC se používá ve světlých odstínech na kliky a panely, měkčené PVC má uplatnění hlavně jako podlahová krytina, imitace kůže, nafukovací lehátka i křesla. Velmi často se na kuchyňský a koupelnový nábytek používá tenká PVC folie, která jej chrání proti vodě. [1, 10]

Obuv – PVC slouží na výrobu podešví a svršků moderní sportovní obuvi, holínky

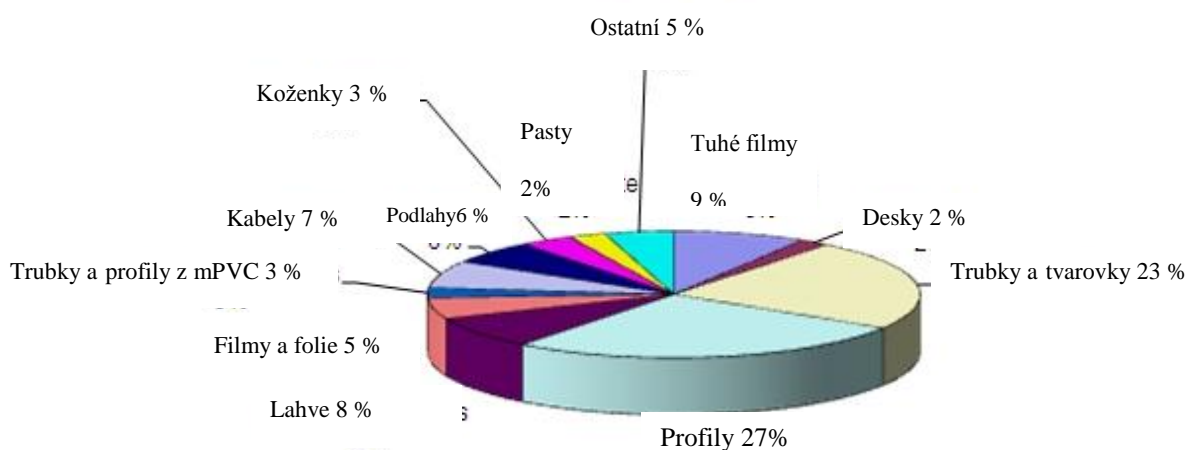
Oblečení – koženka, nepromokavý oděv do deště a ochranné pracovní oděvy (zástěry), PVC se jako materiál pravidelně objevuje na předních módních přehlídkách

Sportovní vybavení – míče, zorbingové koule a další

Kreditní karty – snadná potiskovatelnost [10]

Hračky – nafukovací hračky, míče, skákací hradky

Procentuální zastoupení jednotlivých aplikací je zobrazeno na Obr. 7.



Obr. 7– aplikace PVC [10]

## 2 ZMĚKČOVADLA

Změkčovadla jsou málo těkavé organické látky, které poskytují polymerům ohebnost, tvárnost, vláčnost a snižují teplotu skelného přechodu a viskozitu taveniny. Změkčovadlo má schopnost pronikat mezi makromolekulární řetězce a oddalovat je od sebe. To znamená, že je pro polymer rozpouštědlem. Takže se dá říct, že polární látky jsou změkčovadly polárních polymerů a nepolární změkčují nepolární polymery. Pro změkčování vinylových polymerů se používají estery dikarboxylových kyselin (ftaláty, adipáty, sebakáty), estery kyseliny fosforečné, polyesterová změkčovadla a epoxidová změkčovadla. [5, 16]

### 2.1 Princip účinku změkčovadel

Principem je zvyšování Brownova pohybu polymerních řetězců, který určuje tuhost a teplotu skelného přechodu (pod níž Brownův pohyb ustává). Teplota skelného přechodu je dána ohebností makromolekul a jejich vzájemnou přitažlivostí. Pod touto teplotou také nedochází ke zmenšení volného objemu polymerní směsi.

Změkčovadlo má účinek pouze na amorfnní podíl polymeru. Tento účinek se vyjadřuje za pomoci změkčovací účinnosti  $\vartheta$ , která je dána:

$$\vartheta = d T_g (d_w)^{-1}$$

kde  $w$  je hmotnostní zlomek změkčovadla ve směsi. [16]

### 2.2 Rozdělení změkčovadel podle jejich účinku

#### 2.2.1 Primární změkčovadla

Tato změkčovadla jsou snášitelná (kompatibilní) s polymery, rozpouštějí je. Molekuly primárních změkčovadel difundují mezi makromolekuly polymeru, solubilizují je, zvětšují jejich vzájemné vzdálenosti a tím oslabují intermolekulární i intramolekulární vazby. Výsledkem je zvýšení pohyblivosti a ohebnosti makromolekul, zmenšení vnitřního tření, snížení viskozity směsi i tvrdosti výsledného materiálu a zvýšení elasticity.

### 2.2.2 Sekundární změkčovadla

Jsou nesnášenlivá (nekompatibilní) s polymery. Rozpouštějí je pouze omezeně. V polymeru mají hlavně mazací účinek. Téměř neovlivňují viskozitu směsí, v nichž existují dvě fáze: jedna je bohatá na změkčovadlo a druhá málo změkčeného polymeru.

### 2.2.3 Změkčovadla PVC

Tato změkčovadla se často klasifikují dle charakteru nepolárních částí jejich molekul. Rozlišujeme je na dvě základní podskupiny. V praxi se obvykle používá směs změkčovadel.

#### 2.2.3.1 Polárně aromatická změkčovadla (rozpouštědlová)

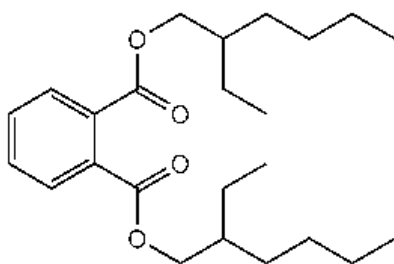
Mají ve svých molekulách na nepolárních, ale polarizovatelných částech vázány polární skupiny. Patří sem např. estery kyseliny ftalové a trikresylfostát, v nichž je vlivem pohyblivosti  $\pi$  elektronů polarizovatelný benzenový kruh. Proto se molekula změkčovadla chová jako dipól, je vtahována mezi póly makromolekulárních řetězců, kde přenáší jejich intermolekulární přitažlivé síly. U této skupiny změkčovadel se můžeme setkat s tzv. antizměkčujícím účinkem, který nastává, pokud je koncentrace změkčovadla příliš malá (pod 15%) a může způsobit zkřehnutí polymeru. Hlavní nevýhodou těchto změkčovadel je jejich malý účinek na mrazuvzdornost materiálu.

#### 2.2.3.2 Polárně alifatická změkčovadla (nerozpouštědlová)

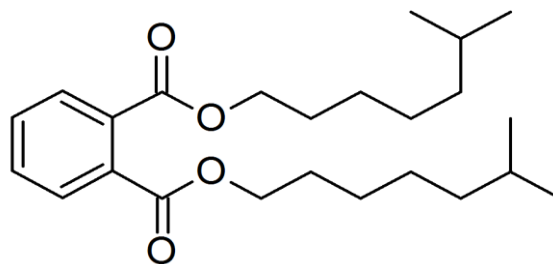
Molekuly se skládají z polární a nepolární části, která je ale nepolarizovatelná. Do této skupiny patří např. estery alifatických kyselin s alifatickými alkoholy a alkylestery kyseliny fosforečné. Dipóly esterových skupin změkčovadla jsou sice vtahovány mezi řetězce polymeru, ale jejich alifatická část, která je volně pohyblivá, je odstiňuje. Změkčující účinek u této skupiny je větší, protože změkčovadla nepřenášejí přitažlivé síly mezi makromolekulami. Jejich mísitelnost je horší než u předcházející skupiny. Při vysokých koncentracích migrují k povrchu a mohou dokonce vystupovat z výrobku ve formě kapek (tzv. vypocování). Jejich mrazuvzdornost je ale dobrá a dokonce i dobře odolávají teplu. [5, 16]

### 2.2.4 Estery kyseliny ftalové

Nejpoužívanější je bis(2-ethylhexyl)ftalát, který má zkratku DEHP, často je také nazýván dioctylftalátem se zkratkou DOP (Obr. 8). Dále sem patří diizooktylftalát DIOP (Obr. 9), dibutylftalát DBP a butylbenzylftalát BBP.



Obr. 8- molekula DEHP

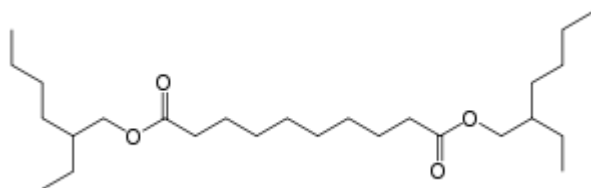


Obr. 9- molekula DIOP

Nejčastějšími jsou DEHP a DIOP kvůli své dobré snášenlivosti s PVC, malou těkavost, dobrou barevnou stálost a odolnost vůči vodě. DEHP patří mezi perzistentní organické polutanty a může poškodit reprodukční schopnost a plod v těle matky. Výše uvedené látky patří do skupiny nízkomolekulárních ftalátů. Ty jsou v posledních letech nahrazovány vysokomolekulárními ftaláty, které jsou zdravotně nezávadné. Do této skupiny patří diizooxylftalát DINP, diizodecylftalát DIDP, bis(2-propylheptyl)ftalát DPHP a diizoundecylftalát DIUP. [16, 17]

### 2.2.5 Estery dikarboxylových alifatických kyselin

Nejvíce se používá zejména dioktylsebakát DOS (Obr. 10), dibutylsebakát DBS a diizobutyladipát DIBA. DOS vyniká účinností, nízkou těkavostí a odolností vůči vodě. Je vhodný pro výrobky, které se používají při nízkých teplotách. DBS a DIBA jsou přípustné pro výrobky, které přicházejí do styku s potravinami.



Obr. 10– molekula DOS

### 2.2.6 Estery kyseliny fosforečné

Patří sem trikresylfosfát TCP a trioktylfosfát TOP. Mají malou těkavost. TCP má použití pro výrobky s omezenou hořlavostí a dobrými dielektrickými vlastnostmi. Není vhodný pro výrobky, které mají vykazovat elasticitu i při nízkých teplotách. Patří mezi zdravotně závadné látky. TOP má lepší vlastnosti při nízkých teplotách. Nevýhodou je horší odolnost vůči vyluhování benzinem a oleji.

### 2.2.7 Polyesterová změkčovadla

Mají následující strukturu:



kde: K je monokarboxylová kyselina, G je glykol, DK je dikarboxylová kyselina, A je alkohol a  $n = 2 - 40$ .

Jako výchozí kyseliny lze použít např. adipovou, azelovou, ftalovou, glutarovou, jantarovou, korkovou, pimelovou, sebakovou a thiodipropionovou. V praxi se nejvíce uplatňují vysokomolekulární estery kyselin adipové, ftalové a sebakové, které se používají pro PVC společně s dalšími nízkomolekulárními změkčovadly. Používají se hlavně kvůli své odolnosti proti migraci změkčovadel ve směsích a jejich extrakci benzínem, oleji, vodou a smáčedly.

### 2.2.8 Epoxidová změkčovadla

Tvoří dvě podskupiny. Do první patří epoxidované oleje, které se uplatňují jako primární změkčovadla vinylových polymerů a mají nízkou těkavost. Do druhé skupiny se řadí butyl- a oktyl- epoxystearáty, které patří mezi sekundární změkčovadla a při použití větších koncentrací mohou migrovat na povrch polymeru, zejména při vyšších teplotách. Vykazují ale stabilizační účinek pro světelnou a tepelnou degradaci. [16]

## 2.3 Toxicita změkčovadel

Hlavním důvodem kritiky PVC je nutnost používání změkčovadel při jeho zpracování. Velký rozruch způsobují zejména ftaláty a jejich dopad na lidské zdraví. Ftaláty se do lidského těla mohou dostat několika způsoby - orální expozicí, přímým kontaktem se sliznicí a v potravě. S nebezpečím pro lidské zdraví jsou spojovány hlavně nízkomolekulární ftaláty.

DEHP byl podezřelý z rozvoje astmatu u dětí, nicméně tento účinek se nedal definitivně prokázat kvůli nedostatku objektivních informací.[18] Ftaláty byly rovněž podezřelé z karcinogenity a ani tento účinek se nepodařilo prokázat. Ftaláty mají negativní dopad zejména na reprodukční orgány. V největším ohrožení jsou kojenci mužského pohlaví, kteří jsou intenzivně vystavováni ftalátům ze zdravotnických pomůcek, např. při dialýze, v inkubátoru atd., důsledkem pak může být dysfunkce Sertoliho buněk (ty dodávají potřebné živiny a enzymy pro správný vývoj spermií), což způsobuje neplodnost. U žen riziko neplodnosti

způsobené ftaláty nebylo prokázáno. Dosud nebyly zjištěny ani účinky ftalátů u těhotných a kojících žen. Protože ftaláty nejsou v PVC vázány žádnými kovalentními vazbami, můžou se snadno z výrobku uvolňovat. Proto bylo zakázáno jejich používání do hraček pro děti do tří let, kde je značné riziko, že se ftaláty dostanou do těla dítěte slinami při sání a cucání hraček. V EU jsou DEHP, DBP a BBP klasifikovány jako reprodukčně toxické. DINP a DIDP jsou pro nedostatek vědeckých důkazů pouze limitovány pro použití do hraček, které mohou děti vkládat do úst.[19] V USA jsou od roku 2008 trvale zakázány DEHP, BBP a DDP pro používání do hraček a dočasně jsou zakázány DIDP, DINP a DNOP, a to do té doby než bude jejich vliv na zdraví člověka přezkoumán. [20]

Většina studií na zdravotní rizika způsobená ftaláty byla prováděna na laboratorních zvířatech. U pokusných myší a potkanů, vystavených během těhotenství účinkům nízkomolekulárních ftalátů, se objevily tyto poruchy potomstva: vady ocasu, kosterní abnormality, vývojové zpoždění a nitroděložní smrt. U samců byly pozorovány poruchy Sertoliho buněk a u samic nastaly poruchy ovulace. Nutno podotknout, že testy prováděné na primátech takto závažných účinků nedosahovaly. Toxicita ftalátů se tedy velmi liší v závislosti na druhu zvířete. To je způsobeno rozdílnými metabolickými procesy jednotlivých druhů. Z tohoto důvodu nejsou tyto testy zaměřené na dopady ftalátů na lidské zdraví příliš průkazné. [21]

### 3 STABILIZÁTORY

Další kritikou PVC je nutnost používání stabilizátorů při zpracování. Působením tepla (již při teplotách nad 100 °C) se odštěpuje molekula HCl. Aby bylo vůbec možné PVC zpracovávat (zpracovatelské teploty pro vytlačování jsou 150–200 °C), musí se používat tepelné stabilizátory. Používají se ještě také světelné stabilizátory, které mají chránit PVC před účinky UV záření. Stabilizátory mají zabránit odštěpování HCl z PVC působením tepla a UV záření. Mohou působit jako antioxidanty, absorbéry UV záření, akceptory HCl nebo se mohou vázat na dvojnou vazbu, která vznikne po odštěpení HCl. [22]

#### 3.1 Skupiny stabilizátorů

Použití různých skupin stabilizátorů se liší hlavně podle způsobu aplikace. Stabilizátory se rozdělují do skupin podle jejich chemického složení. V praxi se většinou přidávají ještě kostabilizátory, které zlepšují účinky samotných stabilizátorů.

##### 3.1.1 Olovnaté stabilizátory

Tato skupina se stala nejvíce kritizovanou, a proto se výrobci PVC dobrovolně rozhodli na základě programu VinylPlus, nahrazovat ve svých výrobních procesech olovnaté stabilizátory jinými, a to zejména stabilizátory na bázi Ca/Zn a Ca/organické sloučeniny do konce roku 2015. Tyto stabilizátory se používají ve stavebnictví při výrobě trubek, profilů, tvarovek a kabelů. Díky svým vlastnostem jako např. vynikající tepelná a světelná stabilita, velmi dobré krátkodobé i dlouhodobé mechanické vlastnosti, dobrá elektrická odolnost a nízká nasákavost, jsou vhodné pro materiály s dlouhou životností. [17, 23, 24]

Je třeba uvést, že studie potvrdily, že stabilizátory na bázi olova jsou absorbovány do polymerní matrice a z plastu tedy nemigrují. Vyluhovatelnost olova z PVC je proto velmi nízká. Například množství olova uvolněného z trubek, které se používají pro pitnou vodu, je zcela zanedbatelné. [25]

##### 3.1.2 Stabilizátory na bázi Ca/Zn

Tento druh stabilizátorů se používá na výrobky s vysokým stupněm jasnosti, hračky, zdravotnické pomůcky (krevní vaky), polotuhé a flexibilní fólie na balení potravin, lahve na pitnou vodu a jako náhrada olovnatých stabilizátorů. Při nahrazování docházelo k technickým obtížím ve výrobě, ale tento problém je dnes už téměř vyřešen v důsledku vývoje nových stabilizátorů s komplikovanější strukturou. Nevýhodou je však vyšší cena. Technické

problémy přetrvávají v oblasti nahrazování stabilizátorů na bázi Ba/Zn pro použití na flexibilní fólie. [23, 24]

### 3.1.3 Stabilizátory na bázi kadmia

Stabilizátory na bázi kadmia jsou rovněž součástí dohody VinylPlus a jejich používání je dnes omezené. Přestože se kadmium (Cd) běžně vyskytuje v přírodě, a to v nízkých koncentracích ve vodě, v půdě i ve vzduchu, tak vyšší koncentrace kadmia by mohla mít negativní dopad na lidské zdraví a životní prostředí. Směrnice EU 91/338 omezuje používání sloučenin Cd pro většinu aplikací. Výjimku tvoří používání stabilizátorů na okenní profily a střešní membrány. Úpravou směrnice v roce 2011 nařízením 494/2011 se dovoluje používání výrobků s limitem 0,01 % hmotnostních Cd v plastu pro výrobky z PVC, ale obsahuje výjimku pro většinu pevných stavebních výrobků z PVC, kde je limit 0,1 % hmotnostních Cd. [17, 23, 24]

### 3.1.4 Kapalné stabilizátory

Do této kategorie se řadí stabilizátory na bázi Ba/Zn, ale také Ca, Mg a K. Používají se hlavně do podlahovin, filmů, fólií, hadic, koženek a vytlačovaných profilů. Mají vysokou stabilitu, nízkou migraci, dobrou odolnost proti povětrnosti, nízký zápach a dobrou kompatibilitu s pigmenty a dalšími látkami přidávaných do PVC. Mohou být použity i pro výrobky s bílou barvou. Sloučeniny barya jsou klasifikovány jako zdraví škodlivé a tento typ stabilizátorů není schválen pro styk s potravinami, hračkami a lékařské aplikace. Pokud jsou ale dodržovány běžné postupy pro manipulaci s výrobkem, tak nehrozí žádné nebezpečí. [23, 24]

### 3.1.5 Cínaté stabilizátory

Hlavní používání cínatých stabilizátorů je hlavně v oblasti filmů a fólií pro farmaceutické a potravinářské účely, kreditní karty a vytlačované trubky a profily. Největší předností cínatých stabilizátorů je jejich světelná stálost a odolnost proti žloutnutí. Navíc poskytují velmi dobrou zpracovatelnost. V roce 2006 došlo v důsledku testovacího programu klasifikací podle systému v EU k úpravám v používání cínatých stabilizátorů. Ty byly klasifikovány jako toxické a některé i jako toxické pro reprodukci. Nicméně v praxi jsou úrovně expozice tak nízké, že veškerá zdravotní rizika jsou považována za zanedbatelné. V USA a v evropských zemích (s výjimkou Francie a Belgie) jsou cínaté stabilizátory povoleny pro styk s potravinami i pro trubky pro pitnou vodu. Některé stabilizátory jsou zakázány pro výrobu



ky, které přicházejí do styku s kůží. V komplexní zprávě sdružení ORTEP o toxicitě cínatých stabilizátorů se potvrdilo, že tyto látky jsou bezpečné, a to jak pro zpracovatele, tak pro spotřebitele. Cínaté stabilizátory také nejsou kumulativní v lidském těle ani v životním prostředí. [23, 24, 26]

## 4 SUBSTITUENTY PVC

Jako reakci na kampaně proti PVC, pořádané různými ekologickými skupinami (např. Go PVC-Free, Greenpeace; Nehrajme si s PVC, Arnika; PVC Free University, Center for Health, Enviroment and Justice a další...), začali výrobci plastových výrobků nabízet produkty označované jako PVC-free, tedy neobsahující PVC. [27–29]

### 4.1 Nahrazování PVC polyolefiny

Stejně jako PVC, patří polyolefiny mezi běžné komoditní plasty, a proto jsou jeho častou alternativou. Mezi nejdůležitější polyolefiny patří polyetylen (PE), polypropylen (PP), poly-1-buten (PB), poly-4-metyl-1-penten (PMP) a jejich kopolymery etylen/vinylacetát (EVA), etylen/kyselina akrylová, etylen/kyselina metakrylová a etylen-propylenové elastomery. [3]

Mezi hlavní výhody polyolefinů patří cena srovnatelná s PVC, dobrá zpracovatelnost, snadná recyklace a nezloutnou s věkem výrobku. PVC má lepší chemickou odolnost a delší životnost, proto polyolefiny nahrazují zejména výrobky s kratší životností např. fólie, obaly na potraviny, hračky a další. [30, 31]

Přehled jednotlivých polyolefinů a jejich aplikací, které nahrazují PVC:

#### 4.1.1 Polyetylen

Polyetylen lze používat v rozmezí teplot od  $-50\text{ °C}$  do  $+90\text{ °C}$ , zatímco PVC má rozsah pracovních teplot jen  $-15\text{ °C}$  až  $+60\text{ °C}$ . PE je také lehčí než PVC a má nižší nasákavost. Na rozdíl od PVC má ale nižší pevnost, tvrdost a velmi dobře hoří, přičemž rozšiřování případného požáru je podporováno odkapáváním hořící taveniny. PE je také méně odolný proti povětrnostním vlivům než PVC, a proto je PVC upřednostňováno pro výrobky s dlouhou životností.

Polyetylen vytlačuje PVC především v obalovém průmyslu, a to u výrobků jako jsou potravinové fólie a lahve na potraviny, kosmetiku a čisticí prostředky. Dále např. hygienické ochranné podložky, zemědělské fólie, krycí střešní fólie, izolace kabelů a hračky. PE se používá také na výrobu trubek, ale analýzou celkových nákladů provedenou v Itálii a Německu se zjistilo, že PE má vyšší náklady o 9 % v Itálii a v Německu dokonce o 12 %. [3, 30–33]

#### 4.1.1.1 *Kopolymery etylenu*

Kopolymery EVA, které obsahují asi 20 % vinylacetátu, se svými vlastnostmi blíží měkkému PVC. Proto se používají pro výrobu ohebných hadic, fólií a obalových materiálů. EVA je také schopen nahradit PVC v nábytkářském průmyslu v aplikacích jako olepování hran, dýchování a používání tenkých filmů na povrchu dřeva. Kopolymery etylen/kyselina akrylová a etylen/kyselina metakrylová mají podobné využití jako EVA. Etylen-propylenové kaučuky se mohou používat jako střešní fólie ve stavebnictví, ale nemohou PVC konkurovat cenově. [3, 34]

#### 4.1.2 **Polypropylen**

Výhodou PP je jeho teplotní odolnost a lze ho krátkodobě používat i do 135 °C. Pod teplotou 0 °C se ale stává značně křehkým. Mezi jeho další výhody patří nízká hmotnost a tvarová stálost. Jako nevýhody lze uvést nízkou oděruvzdornost, odolnost vůči oxidaci a na rozdíl od PVC špatnou lepitelnost a nelze jej používat pro vysokofrekvenční sváření, zatímco PVC je pro tento typ svařování nejvhodnějším plastem. PVC je také levnější než PP.

PP se stejně jako PVC používá v obalovém průmyslu na balení potravin a spotřebního zboží. Ve zdravotnictví je ve spotřebě PVC na prvním místě se 40 % a hned za ním je na druhém místě PP s 20 %. V tomto odvětví PP nahrazuje PVC u výrobků jako jsou blistry a obličejové masky. PP se ve velké míře používá na výrobu hraček, kde pro PVC platí již zmíněná omezení. [3, 32, 35–37]

#### 4.1.3 **Ostatní polyolefiny**

Z ostatních polyolefinů může PVC konkurovat PB, protože PMP se používá pro speciální aplikace (kalibrační laboratorní nádoby, pipety), kde se PVC neuplatňuje. PB odolává dlouhodobě teplotám až 90 °C, má vysokou pevnost a ohebnost a také jednu z nejnižších tepelných roztažností u plastů (nižší má pouze PVC).

PB a PVC mají společnou celou řadu aplikací, např. potrubní systémy, fólie, obaly léků a potravin, izolace kabelů a výroba podrážek. [3, 38]

## 4.2 **Nahrazování PVC polyuretany**

Existuje spousta typů polyuretanů, ale PVC konkuruje zejména termoplastický polyuretan (TPU). Termoplastické polyuretany se vyrábí v široké škále tvrdostí, mají výbornou odolnost proti oděru, jsou značně flexibilní i za nízkých teplot a velmi dobře odolávají povětr-

nostním podmínkám (s výjimkou aromatických TPU, které žloutnou při delší expozici na slunečním záření). Oproti PVC mají TPU vyšší hořlavost a také cenu.

Hlavními aplikacemi TPU, které vytlačují PVC z trhu, jsou zdravotnické potřeby jako např. hadičky, katetry, vaky na tělesné tekutiny (krevní vaky z PVC se mohou skladovat déle než vaky z ostatních materiálů), sportovní vybavení (podrážky, míče), pláštěnky, deštníky, umělá kůže, těsnění a opláštění kabelů. [13, 39–41]

### 4.3 Nahrazování PVC silikony

Silikony se vyskytují v různých formách – pevné látky, kapaliny, semiviskózní pasty a oleje. Používají se buď jako silikonové oleje, kaučuky nebo pryskyřice. Z hlediska aplikací nahrazují PVC především silikonové kaučuky. Ty jsou velmi odolné vůči UV-záření a povětrnosti. Silikony s věkem výrobku nekřehnou, nedrobí se a nevysychají. Silikony jsou lehčí než PVC a mohou být krátkodobě vystaveny teplotám až 260 °C. PVC má ale lepší odolnost vůči hoření, vyšší pevnost v tahu a nižší cenu.

Společnými aplikacemi silikonů a PVC jsou nátěrové hmoty, těsnění, izolace kabelů, zdravotnické potřeby (hadičky, respirátory, odsávačky mateřského mléka), holínky, hračky, dudlíky, kousátka, nafukovací hračky a lehátka, bryndáčky a sprchové závěsy. [3, 42, 43]

### 4.4 Nahrazování PVC kaučuky

V mnoha oblastech můžou PVC nahrazovat různé typy kaučuků. Byl to právě PVC, který v historii dokázal v některých aplikacích nahradit přírodní kaučuk, jehož spotřeba velmi rychle rostla a stal se nedostatkovým zbožím. I dnes je přírodní kaučuk nedostatkovým zbožím, a proto je jeho nahrazování pro PVC výrobky cenově nesmyslné. PVC tedy nahrazují syntetické kaučuky. Syntetické kaučuky mají vysokou pevnost, odolnost proti oděru a vysokou pružnost, ale mají poměrně špatnou odolnost vůči stárnutí za tepla a nízkou odolnost proti ozonu, a proto se do nich přidávají stabilizátory.

Kaučuky se stejně jako PVC používají ve stavebnictví na výrobu hadic, profilů, izolaci kabelů, těsnění a na izolaci střech. V ostatních oblastech mají společné využití u výrobků jako jsou rukavice, dopravní pásy, holínky, nepromokavý oděv, hračky a nafukovací čluny. [2, 44, 45]

#### 4.5 Nahrazování PVC polyamidy

Polyamidy (PA) nahrazují PVC jen v omezené míře. PA mají vysokou houževnatost, odolnost proti oděru, ale mají vysokou nasákavost, která způsobuje zhoršení jejich vlastností. Polyamidy se mohou také zvláknovat, PVC zvláknovat nelze. PVC je lehčí než PA a má nižší hořlavost a cenu.

Polyamidová vlákna se používají na výrobu vzducholodí, které mají delší životnost a lepší ovladatelnost než vzducholodě vyrobené z PVC, ty jsou ve vzduchu příliš lehké a mohou se proto chovat nevyzpytatelně. Další společnou aplikací mohou být ventily. [3, 46, 47]

#### 4.6 Nahrazování PVC polystyrenovými plasty

Mezi polystyrenové plasty se řadí polystyren (PS), houževnatý polystyren (HIPS), lehčený polystyren (EPS), kopolymery styren/akrylonitril, akrylonitril-butadien-styren (ABS) a akrylonitril-styren-akrylát (ASA). Polystyrenové plasty mají špatnou odolnost vůči povětrnosti, a proto se nehodí pro venkovní aplikace, neboť vlivem fotooxidace žloutnou a křehnou. S výjimkou HIPS a ABS jsou polystyrenové plasty značně křehké. Poměrně snadno hoří, ale mají velmi nízkou nasákavost. PVC konkurují hlavně PS, EPS, HIPS a ABS. Polystyrenové plasty jsou také častým cílem kritiky ekologických skupin, stejně jako PVC.

EPS a PVC se používají na výrobu pěn. Z ABS se vyrábí různé profily, trubky a hračky. Aplikacemi HIPS, které má společné s PVC, jsou např. domácí potřeby (misky) a obaly na CD. [3, 27, 48–50]

#### 4.7 Nahrazování PVC polyestery

Polyestery se dělí na typy termoplastické, kam patří polyethyltereftalát (PET) a polybutyltereftalát (PBT), a reaktoplastické typy, mezi něž se řadí nenasycené polyesterové pryskyřice. Jako náhrada PVC se používají termoplastické polyestery. PET a PBT jsou odolné vůči světlu, vysokou pevnost a nízkou navlhavost a mohou se zvláknovat. PVC má ale nižší hořlavost a také cenu.

Z polyesterů nahrazuje PVC zejména PET, a to v aplikacích jako jsou např. fólie, které svou mechanickou pevností předčí fólie z ostatních termoplastů, z dalších aplikací potom lahve a sprchové závěsy. [3, 51]

## 4.8 Nahrazování PVC přírodními materiály

Jako nejlepší PVC-free variantu uvádějí ekologické skupiny přírodní materiály. Konkrétně pak dřevo, sklo, kůži, keramiku, přírodní vlákna, linoleum, korek, beton, kovy a asfalt.

### 4.8.1 Dřevo

Dřevo je snadno dostupná a obnovitelná surovina, která má dobré mechanické vlastnosti, hlavně pružnost a pevnost, ty ale silně závisí na orientaci dřevěných vláken. Ve své struktuře obsahuje poměrně dost vad ve formě suků a trhlin. Také podléhá hnilobě a může být napadáno škůdci a plísněmi. Dobře hoří a je dražší než PVC. Dřevo se zpracovává na prkna, papír, karton a třísky s pilinami se používají na výrobu dřevotřískových desek.

Dřevo se považuje za ekologickou variantu okenních profilů, ale PVC okna lépe izolují, takže snižují náklady na vytápění objektů a tím se i snižují emise CO<sub>2</sub>. Uvádí se, že 1€ vložené do plastových se oken se vrátí zpět v hodnotě 2€. Dřevo je také velmi používaná podlahovina. PVC podlahy jsou levné, jejich instalace je rychlá a hodí se na více frekventovaná místa, dřevěné podlahy ale mají delší životnost. Další společnou aplikací jsou různé obklady a lišty. Dřevěné obklady jsou náročnější na údržbu a negativem pro PVC obklady může být jejich venkovní používání, kdy mohou vlivem slunečního záření změnit barvu a ztratit na mechanických vlastnostech. Ze dřeva se vyrábějí i hračky, nábytek a další předměty denní potřeby, které konkurují PVC výrobkům. Karton a papír nahrazují PVC v obalovém průmyslu. [33, 52–54]

### 4.8.2 Sklo

Sklo je nekystalická průhledná látka, která má vysokou pevnost a tvrdost, ale značnou křehkost (křehkost se dá odstranit tvrzením). Na druhou stranu je však chemicky odolné a má dlouhou životnost. Jeho výroba je nákladná a vyžaduje vysokých teplot 1300–1500 °C.

PVC pak sklo může nahrazovat hlavně v obalovém průmyslu (lahve), ale také ve zdravotnictví, kde se využívalo dříve (nádoby na tělní tekutiny, inhalační masky,...). [55, 56]

### 4.8.3 Kůže

Tvrdá a neohebná surová zvířecí kůže se zpracovává na useň, která je ohebná, měkká a prodyšná. Přírodní kůže může mít na svém povrchu vady, jako jsou jizvy, zatímco PVC koženka má jednotný vzhled a strukturu. Přírodní kůže ale na rozdíl od koženky lépe odo-

lává nízkým teplotám a je schopná se přizpůsobovat různým tvarům (např. kožená bota kopíruje tvar nohy). Koženka je méně náročná na údržbu a je výrazně levnější. [57, 58]

#### 4.8.4 Keramika

Keramika je anorganický materiál, mezi jehož výhody patří velká tvrdost, oděruvzdornost a odolnost i za vysokých teplot. Na druhé straně je tento materiál křehký, náročný na přípravu složitějších tvarů a špatné plastické chování.

PVC může keramika nahrazovat zejména ve stavebnictví, a to jako podlahovina nebo obložení zdí ve formě dlaždic, dále např. porcelánové misky. [55]

#### 4.8.5 Přírodní vlákna

Přírodní vlákna mohou být jak rostlinného (len, konopí, bavlna), tak živočišného původu (vlna, hedvábí). Vlákna jsou pružná, pevná, oděruvzdorná, tepelně odolná a navlhavá.

Textilie z přírodních vláken se používají místo PVC u zástěr, školních a sportovních tašek (kde se povlak z PVC používá jako voděodolná vrstva), bryndáčky a také jako výšivky na oblečení (PVC pasty se používají na potisk triček). [59, 60]

#### 4.8.6 Linoleum

Přírodní linoleum se vyrábí z lněného oleje, dřevité či kamenné moučky a pigmentů. Povrch je odolný vůči zatížení i ohni. Nevýhodou je vyšší pořizovací cena podlahoviny a nutnost podlahu speciálně ošetřovat (není vhodné čištění vodou a saponátem) a voskovat. Po dosloužení výrobku se může kompostovat. [61]

#### 4.8.7 Ostatní přírodní materiály

Z ostatních přírodních materiálů může PVC nahrazovat např. korek (materiál získaný odřezáním borky dubu korkového), který se používá na výrobu podlah a obkladů. Dále pak asfalt, který se používá na izolaci střech a beton s kovy, které slouží na výrobu trubek, stejně jako PVC. [62, 63]

## ZÁVĚR

Polyvinylchlorid je i navzdory kritice stále velmi oblíbeným materiálem, a to hlavně z důvodu dobrého poměru ceny a vlastností. PVC se stal vůbec nejprozkoumanějším plastem z hlediska jeho zdravotních důsledků na člověka a ani jedna studie nemohla definitivně potvrdit jeho negativní dopad na lidské zdraví.

Nejkontroverznějším tématem stále zůstává používání DEHP a dalších nízkomolekulárních ftalátů jako změkčovadel PVC. Tyto látky jsou často označovány za zdraví škodlivé a za zodpovědné z řady nemocí jako např. astma, rakovina, neplodnost, alergie a dětská obezita. Z řady studií se dokázal jen negativní dopad na neplodnost mužů, kdy mohou nízkomolekulární ftaláty poškozovat Sertoliho buňky, které vyživují spermie. Toto poškození je znatelné u kojenců a batolat, kteří musí např. podstupovat dialýzu a hadičky z PVC jsou dítěti zaváděny přímo do těla. U dospělého jedince je expozice ftaláty zanedbatelná.

Dalším často diskutovaným problémem je používání stabilizátorů, které obsahují těžké kovy jako olovo a kadmium. Vyluhovatelnost těchto látek z PVC je velmi nízká, a proto žádná zdravotní rizika spojená s používáním PVC výrobků nehrozí.

Přestože se nikdy nepodařila zcela jednoznačně potvrdit škodlivost výše zmíněných látek, rozhodli se přední výrobci PVC dobrovolně v rámci dohody VinylPlus nahrazovat nízkomolekulární ftaláty těmi vysokomolekulárními, které jsou zcela zdravotně nezávadné a také vyměňují stabilizátory obsahující těžké kovy za stabilizátory na bázi vápníku či zinku.

PVC se tedy pravděpodobně stalo obětí tzv. „greenwashingu“, to znamená záměrného šíření nepravdivých informací s cílem získat pověst ekologicky zodpovědné firmy. To se stalo základem tzv. PVC-free marketingu, který je velmi prosperující. Někteří výrobci dokonce své produkty značí jako PVC-free, i když je PVC v tomto výrobku obsaženo. Příkladem mohou být výrobci elektrospotřebičů, ve kterých je PVC použito na izolaci kabelů.

Samozřejmě byla nalezena celá řada alternativ k PVC, ale neexistuje materiál, který by jej dokázal nahradit ve všech jeho aplikacích. Snad se tedy podaří zlepšit pověst tohoto materiálu a PVC čeká stejně bohatá budoucnost, jako je jeho historie.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

- [1] Plasty pro stavebnictví a architekturu 13 – Polyvinylchlorid (PVC). [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.imaterialy.cz/Materialy/Plasty-pro-stavebnictvi-aarchitekturu-13-Polyvinylchlorid-PVC.html>
- [2] The history of PVC. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.pvc.org/en/p/history>
- [3] MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠŤUPÁREK. *Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití*. 2. přepracované. Praha: Sobotáles, 2000, s. 88. ISBN 80-85920-72-7.
- [4] A petrochemical product. [online]. [cit. 2013-03-11]. Dostupné z: <http://www.pvc.org/en/p/a-petrochemical-product>
- [5] WILKES, Charles E., Charles A. DANIELS a James W. SUMMERS. *PVC Handbook*. Munich: Hanser, 2005. ISBN 3-446-22714-8.
- [6] [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.hgoyalproducts.com/rigid-pvc-pipes-1234809.html>
- [7] [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: [http://www.aratedwindows.ie/product\\_detail.php?id\\_cat=6&id\\_type=1](http://www.aratedwindows.ie/product_detail.php?id_cat=6&id_type=1)
- [8] [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: [http://i01.i.aliimg.com/img/company/v2/20/06/72/04/200672049\\_aboutus\\_3.jpg](http://i01.i.aliimg.com/img/company/v2/20/06/72/04/200672049_aboutus_3.jpg)
- [9] [online]. [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://www.hrackyfatra.cz/>
- [10] How is PVC used?. [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.pvc.org/en/p/how-is-pvc-used>
- [11] Uses of Vinyl. *www.vinylinfo.org* [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.vinylinfo.org/uses-of-vinyl/>
- [12] Vinyl windows: Environmental health and safety. *Www.plastics.ca* [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.plastics.ca/vinylwindows/healthy/index.php>
- [13] USA. Thermoplastic Polyurethane: A safer, High-quality alternative to Polyvinyl chloride for medical device and wound care product manufactures. Cleveland: Lubrizol Advanced Materials, Inc., 2012. [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.lubrizol.com/Medical/Literature/TPU-vs-PVC-English.pdf>

- [14] Vorteile von Silikon. SILROC CZ, a.s. *SILROC CZ: The World of silicone* [online]. [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.silroc.cz/medicinalni-dily/vyhody-silikonu-medicinalni-dily/>
- [15] Food Packaging Fallacy. AMERICAN CHEMISTRY COUNCIL, Inc. [online]. Washington, DC [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.vinylfacts.com/Main-Menu/Plastics-Rumor-Registry/Plastic-Food-Wraps-and-Packages-are-Made-with-Phthalates->
- [16] DUCHÁČEK, Vratislav. ČESKÁ SPOLEČNOST PRŮMYSLOVÉ CHEMIE, místní pobočka Gumárenská skupina Zlín. *Změkčovadla*. Zlín: ČSUTS, 2010.
- [17] VINYLPLUS. *Progress Report 2012*. Brusel, Belgie, 2012. Dostupné z: <http://www.vinylplus.eu/publications/68/59/Progress-Report-2012/>
- [18] JAAKKOLA, Jouni J. K. a Trudy L. KNIGHT. The Role of Exposure to Phthalates from Polyvinyl Chloride Products in the Development of Asthma and Allergies: A Systematic Review and Meta-analysis. *Environ Health Perspect* [online]. Březen, 2008 [cit. 2013-04-05]. DOI: 10.1289/ehp.10846. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2453150/>
- [19] *Directive 2005/84/EC of the European Parliament and of the Council*). 14. Prosince 2005. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32005L0084:EN:NOT>
- [20] Congress Must Ensure Important Information about Chemical Use Is Not Hidden from People: Phthalates. In: *www.saferchemicals.org* [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.saferchemicals.org/resources/chemicals/phthalates.html>
- [21] LARSEN, Søren Thor. Health and Safety Issues with plasticizers and plasticized materials. In: WYPYCH, George. *Handbook of Plasticizers*. ChemTec Publishing, 2004. ISBN 978-1-59124-705-0.
- [22] *www.lamberti.com*. LAMBERTI S.P.A. [online]. Gallarate [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.lamberti.com/technologies/pvcstabilizers.cfm>
- [23] Stabilisers. EUROPIAN STABILISER PRODUCERS ASSOCIATION. *www.stabilisers.org* [online]. 2010 [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.stabilisers.org/stabilisers-types>
- [24] How is PVC made?: Stabilisers. *www.pvc.org* [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.pvc.org/en/p/how-is-pvc-made>

- [25] Principles of stabilization. In: WYPYCH, George. *PVC Degradation & Stabilization*. ChemTec Publishing, 2008. ISBN 978-1-60119-645-3.
- [26] Human Health Aspects. ORTEP ASSOCIATION. *www.ortepa.org* [online]. [cit. 2013-04-09]. Dostupné z: <http://www.ortepa.org/stabilizers/pages/humanhealthaspects.htm>
- [27] Go PVC-Free. *www.greenpeace.org* [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/usa/en/campaigns/toxics/go-pvc-free/>
- [28] O kampani Nehrajme si s PVC. *www.arnika.org* [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://arnika.org/pvc>
- [29] PVC Free University. *Center for Health, Environment and Justice* [online]. [cit. 2013-04-28]. Dostupné z: <http://chej.org/campaigns/pvc/projects/pvc-free-university/>
- [30] Polyolefins. *www.plasticseurope.org* [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.plasticseurope.org/what-is-plastic/types-of-plastics/polyolefins.aspx>
- [31] Polyolefin vs PVC. *www.polytheneuk.co.uk* [online]. 2011 [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.polytheneuk.co.uk/news/products/pvc-vs-polyolefin-shrink-film/>
- [32] Plastové desky a tyče PVC, PP, PE. *www.vss-plasty.cz* [online]. [cit. 2013-04-29]. Dostupné z: <http://www.vss-plasty.cz/plastove-polotovary/pvc.html>
- [33] MARANGONI, Alessandro. ALTHESYS. *PVC Products Competitiveness: A total cost of ownership approach* [Study Presentation]. Brusel, 2011.
- [34] Ethylene Copolymers Centre: Market. *www.specialchem4adhesives.com* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.specialchem4adhesives.com/tc/ethylene-copolymers/index.aspx?id=market>
- [35] Polypropylene. PLASTIPEDIA. *www.bpf.co.uk* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.bpf.co.uk/plastipedia/polymers/pp.aspx>
- [36] Polypropylene takes center stage in medical market. SMOCK, Doug. *www.plasticstoday.com* [online]. 2012 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.plasticstoday.com/articles/polypropylene-takes-center-stage-medical-market0612201201>

- [37] Perspektivy vysokofrekvenčního svařování termoplastů. STEIDL, Josef. *www.mmspektrum.com* [online]. 2012 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/perspektivy-vysokofrekvencniho-svarovani-termoplastu.html>
- [38] Polybutene-1. PLASTIPEDIA. *www.bpf.co.uk* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.bpf.co.uk/Plastipedia/Polymers/Polybutene1.aspx>
- [39] Thermoplastic Polyurethane (TPU) Plastic. UL IDES. *www.plastics.ides.com* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://plastics.ides.com/generics/54/thermoplastic-polyurethane-tpu>
- [40] PVC and medical application. ARBEITSGEMEINSCHAFT PVC UND UMWELT E.V. *www.agpu.com* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.agpu.com/en/humansenvironment/medical-application.html>
- [41] HUNTSMAN. *A guide to thermoplastic polyurethanes (TPU)*. USA Auburn Hills. Dostupné z: [http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide\\_tpu.pdf](http://www.huntsman.com/portal/page/portal/polyurethanes/Media%20Library/global/files/guide_tpu.pdf)
- [42] Compare Materials: PVC vs Silicone Rubber. *www.makeitfrom.com* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.makeitfrom.com/compare-materials/?A=Polyvinyl-Chloride-PVC-Vinyl&B=Silicone-Rubber-PMQ-PVMQ-VMQ-Silastic>
- [43] EUROPEAN SILICONE CENTRE. *www.silicones.eu* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: <http://www.silicones.eu/applications>
- [44] MALÁČ, Jiří. *Gumárenská technologie: Kaučuky*. Dostupné z: [http://web.ft.utb.cz/cs/docs/2\\_kaucuky.pdf](http://web.ft.utb.cz/cs/docs/2_kaucuky.pdf)
- [45] Synthetic rubbers. UNITED CHEMICAL PRODUCTS. *www.petrochemicals.com* [online]. [cit. 2013-05-01]. Dostupné z: [http://www.petrochemicals.com/products/supply\\_rubber/synthetic\\_rubbers/](http://www.petrochemicals.com/products/supply_rubber/synthetic_rubbers/)
- [46] Nylon vs. PVC material. *www.californiablimps.com* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.californiablimps.com/nvp.htm>
- [47] Nylon and PVC valves. NETAFIM. *www.bicpipe.com* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.bicpipe.com/bms/Images/PDF/Categeory200810141611709.pdf>

- [48] Other Foam Cores. *www.netcomposites.com* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.netcomposites.com/guide/other-foam-cores/45>
- [49] Polystyrene is a Plastic. POLYSTYRENE PACKAGING COUNCIL. *www.polystyrenepackaging.co.za* [online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.polystyrenepackaging.co.za/educationalinformation.htm>
- [50] ABS Plastic Profiles can be a Lower Cost Polycarbonate Replacement and PVC Alternative. KELLER PRODUCTS, inc. *www.kellerplastics.com*[online]. [cit. 2013-05-02]. Dostupné z: <http://www.kellerplastics.com/abs-profiles.html>
- [51] Shower curtain PVC vs. Polyester. *www.ehow.com* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: [http://www.ehow.com/about\\_6298805\\_shower-curtain\\_-pvc-vs\\_-polyester.html](http://www.ehow.com/about_6298805_shower-curtain_-pvc-vs_-polyester.html)
- [52] SOUČEK, Jiří. Dřevo-přehled základních vlastností. *www.stary.biom.cz* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: [http://stary.biom.cz/clen/jso/a\\_drevo.html](http://stary.biom.cz/clen/jso/a_drevo.html)
- [53] SEKI, Shigetaka. VINYL ENVIRONMENTAL COUNCIL. *PVC Leads Climate Change Mitigation and Risk Reduction for Sustainable Development*. Boston, 2007. Dostupné z: <http://www.vinylinfo.org/wp-content/uploads/2011/07/PVCLeadsClimateChangeMitigation.pdf>
- [54] Dřevěné podlahy nebo PVC. *www.vpodlahy.cz* [online]. [cit. 2013-05-03]. Dostupné z: <http://www.vpodlahy.cz/drevene-podlahy-nebo-pvc>
- [55] KRATOCHVÍL, B., V. ŠVORČÍK a D. VOJTĚCH. *Úvod do studia materiálů* [online]. Praha, 2005 [cit. 2013-05-04]. ISBN 80-7080-568-4. Dostupné z: [http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid\\_isbn-80-7080-568-4/pages-img/anotace.html](http://vydavatelstvi.vscht.cz/knihy/uid_isbn-80-7080-568-4/pages-img/anotace.html). VŠChT.
- [56] Sklo pro lékařství. *www.kompass.com* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: [http://www.kompass.com/guide\\_gs53110209\\_cs\\_ww/vyroba-vyrobni-firmy/sklo-lekarstvi-1.html](http://www.kompass.com/guide_gs53110209_cs_ww/vyroba-vyrobni-firmy/sklo-lekarstvi-1.html)
- [57] KUDLÁČEK, Jaroslav. *vseokuzi.webnode.cz* [online]. Praha, 2010 [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: <http://vseokuzi.webnode.cz/>
- [58] Differences Between Leatherette and Leather. SOLARO, Erin. *www.ehow.com* [online]. [cit. 2013-05-04]. Dostupné z: [http://www.ehow.com/info\\_8597044\\_differences-between-leatherette-leather.html](http://www.ehow.com/info_8597044_differences-between-leatherette-leather.html)

- [59] Natural fibre. *www.britannica.com* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.britannica.com/EBchecked/topic/406148/natural-fibre>
- [60] PVC products. *www.greenpeace.org* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.greenpeace.org/international/en/campaigns/toxics/polyvinyl-chloride/pvc-products/#a4>
- [61] Přírodní linoleum. *www.amadeopodlahy.cz* [online]. [cit. 2013-05-08]. Dostupné z: <http://www.amadeopodlahy.cz/248-1119-prirodni-linoleum.htm>
- [62] KOREK JELÍNEK, spol. s.r.o. *www.korek.cz* [online]. [cit. 2013-05-10]. Dostupné z: <http://www.korek.cz/>
- [63] CHALOUPKA, Ing.Karel. *Asfaltové pásy, nebo fólie na ploché střeše?*. 2007. Dostupné z: [http://www.stavinvest.cz/files/asfaltove\\_pasy\\_nebo\\_folie.pdf](http://www.stavinvest.cz/files/asfaltove_pasy_nebo_folie.pdf)

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

PVC	Polyvinylchlorid
VC	Vinylchlorid
EDC	Etylendichlorid
$M_w$	Molární hmotnost
ppm	Parts per milion tj. částic na jeden milion
PVA1	Polyvinylalkohol
$T_g$	Teplota skelného přechodu
UV	Ultrafialové záření
DEHP	Bis(2-ethylhexyl)ftalát
DOP	Dioktylftalát
DIOP	Diizoktylftalát
DBP	Dibutylftalát
BBP	Butylbenzylftalát
DINP	Diizoonylftalát
DIDP	Diizodecylftalát
DPHP	Bis(2-propylheptyl)ftalát
DIUP	Diizoundecylftalát
DOS	Dioktylsebakát
DBS	Dibutylsebakát
DIBA	Diizobutyladipát
TCP	Trikresylfosfát
TOP	Trioktylfosfát
ORTEP	Organotin Environmental Programme
PE	Polyetylen
PP	Polypropylen

---

PB	Poly-1-buten
PMP	Poly-4-metyl-1-penten
EVA	Etylen/vinylacetát
TPU	Termoplastický polyuretan
PA	Polyamid
PS	Polystyren
HIPS	Houževnatý polystyren
EPS	Lehčený polystyren
ABS	Akrylonitril-butadien-styren
ASA	Akrylonitril-styren-akrylát
CD	Kompaktní disk
PET	Polyetylentereftalát
PBT	Polybutylentereftalát
€	Euro



**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1 - monomer vinylchloridu .....	12
Obr. 2 – výroba PVC suspenzním způsobem .....	13
Obr. 3 – trubky z PVC .....	15
Obr. 4 – okenní profil z PVC .....	15
Obr. 5 – výroba rukavic máčením .....	16
Obr. 6 – hračky z PVC .....	16
Obr. 7 – aplikace PVC .....	18
Obr. 8 – molekula DEHP .....	20
Obr. 9 – molekula DIOP .....	20
Obr. 10 – molekula DOS .....	20

