

**Česká Zemědělská Univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra biotechnických úpravy krajiny**



**Zvýšení efektivity třídění odřezků polyvinyl butyralové fólie  
při výrobě stavebního laminovaného skla a její maximální  
využití při recyklaci.**

**Increased efficiency grading the trimmings of polyvinyl  
butyral film in manufacture of laminated glass construction  
and maximize recycling .**

**Diplomová práce**

**Vedoucí diplomové práce:** Ing. Dana Tollingerová, Ph.D.

**Vypracoval:** Bc. Roman Jungwirth

**2011**



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

pro: Bc. Roman Jungwirth  
obor: Regionální environmentální správa

Název tématu: Zvýšení efektivity třídění odřezků polyvinyl butyralové fólie při výrobě  
stavebního laminovaného skla a její maximální využití při recyklaci

Název tématu v anglickém jazyce: Increased efficiency grading the trimmings of polyvinyl  
butyral film in the manufacture of laminated glass  
construction and maximize recycling.

### Zásady pro vypracování:

Práce bude zaměřena na výrobu stavebního laminovaného skla pomocí PVB fólie a její aplikace v architektuře. Práce bude hlavně zaměřena na zlepšení třídění a sběr odřezků PVB vznikajících při výrobě, kdy bude ve vytypovaných závodech popsán současný stav a bude připraven návrh projektu, který povede ke zlepšení současné situace. Součástí návrhu bude vytvoření kalkulace ušlého zisku za neuskutečněný prodej odřezků a zbytečně vynaložených prostředků do skladování a uložení na skládku. Pozornost bude věnována novému trendu ochrany životního prostředí při úspoře energie.



Rozsah grafických prací: nepožadováno  
Rozsah průvodní zprávy: cca 40 stran bez příloh  
Seznam odborné literatury:  
Božek F. a kol., 2003: Recyklace, Moravia tisk Vyškov, 238s., ISBN 80 – 238 – 9919 – 8  
Mikoláš, J.Moucha, B., 2004: Váš podnik a životní prostředí – příručka pro podnikatele.  
MŽP, Praha 173s., ISBN 80 – 7212 – 268 – 1  
Zpráva o životním prostředí České republiky, MŽP, Praha 2009  
Tematická strategie prevence a recyklace odpadů. Evropská komise. 2006  
Směrnice ES 98/2008 o odpadech  
Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů v platném znění  
Vyhlášky MŽP č. 294/2005 Sb., o podmínkách ukládání odpadů na skládky a jejich  
využívání na povrchu terénu a změně vyhlášky č. 383/2001 Sb. o podrobnostech nakládání  
s odpady  
Metodický pokyn MŽP pro zpracování Základního popisu odpadů, Věstník MŽP, únor  
2007, ročník XVII, částka 2  
Metodický návod MŽP – odboru odpadů pro řízení vzniku stavebních a demoličních  
odpadů a pro nakládání s nimi, [www.mzp.cz/cz/metodicke\\_pokyny\\_legislativa](http://www.mzp.cz/cz/metodicke_pokyny_legislativa)  
Internetové stránky: [www.mzp.cz](http://www.mzp.cz), [www.arsm.cz](http://www.arsm.cz), [www.cenia.cz](http://www.cenia.cz), [www.eea.europa.eu](http://www.eea.europa.eu),  
[www.recyklace.net](http://www.recyklace.net)  
POPOVIČ, Š. (2009): Výroba a zpracování plochého skla. 1. vydání, GRADA 2009, 256s.  
ISBN 978-80-247-3154-4  
GLASS PROCESSING DAYS, 13–15 Sept. '97. Recycling of architectural and  
Automotive glass in Europe, Glass Performance Days, Tampere 1997, 811s. ISBN 952-90-  
8959-7  
GLASS PROCESSING DAYS 2005. State of The Art Separation-technology for the  
Processing of Recycled Glass, Glass Performance Days, Tampere 2005, 710s. ISBN  
GLASS PROCESSING DAYS 2007. Minimizing the environmental impact of vehicles end of  
life glass recycling, Glass Performance Days, Tampere 2007, 842s. ISBN  
Trosifol manual (2007): 4.vydání, Bonn, Německo, 135s.  
SPL Recycling a.s. (2010) [online] c2008 [cit.2010-03-10] Dostupné z URL:  
<[http://www.splrecycling.com/recyklace:\\_skla.html](http://www.splrecycling.com/recyklace:_skla.html)>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Dana Tollingerová, Ph.D.  
Konzultant diplomové práce: RNDr. Vlastimila Mikulová  
Datum zadání diplomové práce: červen 2010  
Termín odevzdání diplomové práce: duben 2011

L.S.

  
Vedoucí katedry



  
Děkan

V Praze dne ..... 9. 9. 2010 .....

#### Místopřísežné prohlášení

Místopřísežně prohlašuji, že diplomovou práci na téma „Zvýšení efektivity třídění odřezků polyvinyl butyralové fólie při výrobě stavebního laminovaného skla a její maximální využití při recyklaci“ jsem vypracoval samostatně pod vedením Vedoucí práce Ing. Dany Tollingerové, Ph.D. s použitím literatury, kterou uvádím v příloženém seznamu.

V Teplicích dne 28. dubna 2011

Podpis .....

Poděkování:

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Daně Tollingerové, Ph.D., a RNDr. Vlastimile Mikulové za cenné rady a ochotu pomoci při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval pracovníkům německé společnosti Kuraray Europe GmbH za poskytnutí potřebných informací a při shánění potřebných dat.

V Teplicích dne 28. dubna 2011

Podpis .....

## **Abstrakt**

Ve své práci se zabývám využitím polyvinyl butyralové fólie v různých odvětvích průmyslu a jejím dalším zpracováním. Tato práce volně navazuje na předešlou bakalářskou práci, která byla zaměřena na seznámení s polyvinyl butyralovou fólií a její aplikaci a zpracování.

Cílem této práce je nalézt řešení snížením odpadu odřezků PVB fólie. Ke zpracování tohoto tématu jsem používal dostupnou literaturu, odborná periodika, internetové stránky a zákony v platném znění.

Závěrem jsem dospěl k názoru, že se tato PVB fólie da velice dobře dále zpracovávat recyklací a snižovat její skládkování.

## **Klíčová slova:**

PVB fólie, laminované sklo, recyklace, třídění , PVB odřezky

## **Abstract**

In my work I deal with use of polyvinyl butyral films in various industries and further processing. This work is a continuation of previous bachelor thesis, which focused on introducing butyralovou polyvinyl film and its application and processing.

The aim of this work is to find solutions to reducing waste trim PVB film. The elaboration of this theme, I used the available literature, professional journals, websites and laws, as amended.

Finally, I came to the conclusion that this PVB film da very well as the recycling process and reduce its landfill.

## **Key words:**

PVB film, lamination glass, recycling, sorting , PVB scrap

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

<b>3G7</b>	triethylene glycol-di-n-heptanoate
<b>3G8</b>	triethylene glycol-di-2-ethylhexanoate
<b>BLS</b>	boční laminované sklo
<b>DHA</b>	dihexyl adipate
<b>ESG</b>	kalené sklo
<b>ETFE</b>	etylentetrafluoretylen
<b>EVA</b>	ethylvinyl alkohol
<b>HOE</b>	holograficko-optické elementy
<b>IČ</b>	infračervené záření
<b>LS</b>	boční laminované sklo
<b>PE</b>	polyethylen
<b>PV</b>	photovoltaic systém
<b>PVA</b>	polyvinyl alkohol
<b>PVB</b>	polyvinyl butyral
<b>PVF</b>	polyvinyl fluorid
<b>UV</b>	ultrafialové záření
<b>VBS</b>	vrstvené bezpečnostní sklo
<b>VSG</b>	laminované sklo
<b>WS</b>	čelní laminované sklo

# Obsah

<b>1 ÚVOD</b> .....	<b>10</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>2 HISTORIE VZNIKU A VÝVOJE POLYVINYL BUTYRALOVÉ FÓLIE</b> .....	<b>13</b>
<b>3 VÝROBA POLYVINYL BUTYRALOVÉ FÓLIE</b> .....	<b>13</b>
3.1 CHEMICKÁ STRÁNKA PVB FÓLIE .....	13
3.1.1 VÝROBNÍ POSTUP.....	13
3.1.2 VYSVĚTLENÍ CHEMICKÉ PODSTATY .....	15
3.1.3 VÝROBNÍ SCHÉMA .....	15
3.1.4 FUNKCE PVB.....	16
3.4 SKLADOVÁNÍ A MANIPULACE S PVB .....	17
3.4.1 PŘEVZETÍ A SKLADOVÁNÍ .....	17
3.4.2 ZACHOVÁNÍ CELISTVOSTI OBALU .....	17
3.4.3 SKLADOVACÍ DOBA .....	17
3.4.4 MANIPULACE A PŘEMÍSTĚOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ROLÍ.....	18
<b>4 POUŽITÍ PVB FÓLIE</b> .....	<b>19</b>
4.1 AUTOMOBILNÍ PRŮMYSL.....	19
4.1.1 ČELNÍ AUTOMOBILOVÁ SKLA .....	20
4.1.2 BOČNÍ LAMINOVANÁ SKLA .....	20
4.2 ARCHITEKTURNÍ PRŮMYSL .....	20
4.2.1 INTELIGENTNÍ FASÁDY .....	20
4.2.2 OCHRANA PŘED UV ZÁŘENÍM.....	22
4.2.3 AKUSTICKÁ FÓLIE .....	22
4.2.4 BAREVNÁ FÓLIE .....	23
4.3 SOLÁRNÍ ENERGIE .....	23
4.3.1 FOTOVOLTAIKA .....	24
4.3.2 HISTORIE.....	24
4.3.3 PRVNÍ GENERACE.....	24
4.3.4 DRUHÁ GENERACE .....	26
4.3.5 TŘETÍ GENERACE .....	26
4.4 OCHRANA PŘED HURRIKÁNY .....	27
<b>5 ZDROJE PVB FÓLIE URČENÝCH K RECYKLACI</b> .....	<b>28</b>
5.1 ODPAD Z VÝROBY PVB FÓLIE .....	28
5.2 TRIM .....	28
5.3 REKUPEROVANÁ FÓLIE Z AUTOMOBILOVÝCH SKEL .....	29
<b>6 TŘÍDĚNÍ A NAKLÁDÁNÍ S PVB FÓLÍ</b> .....	<b>30</b>
6.1 SBĚR A BALENÍ ODŘEZKŮ .....	30
6.2 SKLADOVÁNÍ ODŘEZKŮ .....	30
<b>7 RECYKLACE PVB FÓLIE</b> .....	<b>31</b>
7.1 RECYKLACE FÓLIE Z LAMINOVANÝCH SKEL .....	31
7.2 SUCHÝ ZPŮSOB RECYKLACE FÓLIE .....	31
7.3 MOKRÝ ZPŮSOB RECYKLACE .....	31
7.4 PROBLÉMY RECYKLACE .....	31
<b>8 NOVÝ PATENT RECYKLACE PVB FÓLIE</b> .....	<b>32</b>
<b>9 DEGRADACE POLYMERŮ A PVB FÓLIE</b> .....	<b>33</b>
9.1 DEGRADACE PŮSOBENÍM KYSLÍKU L .....	33
9.2 DEGRADACE PŮSOBENÍM VYSOKÝCH TEPLŮT .....	34
9.3 DEGRADACE MECHANICKÝM NAMÁHÁNÍM .....	34



9.4 ODOLNOST PVB PROTI DEGRADACI .....	34
<b>10 CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE .....</b>	<b>36</b>
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>37</b>
<b>11 METODIKA NÁVRHU SBĚRU A TŘÍDĚNÍ ODŘEZKŮ .....</b>	<b>38</b>
11.1 PROČ TŘÍDIT PVB ODŘEZKY .....	38
11.2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU U ZPRACOVATELŮ .....	40
11.3 PROVEDENÍ NÁVRHU.....	41
11.3.1 <i>ELIMINACE PŘÍŘEZŮ</i> .....	41
11.3.2 <i>SBĚR A TŘÍDĚNÍ ODŘEZKŮ</i> .....	44
11.4 SKLADOVÁNÍ VYTŘÍDĚNÝCH ODŘEZKŮ .....	46
<b>12 VÝSLEDKY .....</b>	<b>47</b>
12.1 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ SBĚRU A TŘÍDĚNÍ .....	47
12.2 PROPOČET ZTRÁT .....	48
12.3 NÁVRH ŘEŠENÍ PRO DALŠÍ KROKY .....	50
<b>13 DISKUSE.....</b>	<b>51</b>
<b>14. ZÁVĚR .....</b>	<b>52</b>
<b>PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>53</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>55</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>55</b>

# 1. ÚVOD

Tématem a hlavním cílem této diplomové práce je seznámení širšího okruhu lidí s využitím polyvinyl butyralové fólie v různých odvětvích architekturního a automobilového průmyslu, ale taktéž v novém odvětví při využití solární energie. Nedílnou součástí je třídění a recyklace této suroviny. Smyslem je poukázat na PVB fólii jako produkt, který je možné komplexně zpracovávat

Ve své práci využívám data uvedená v tabulkách, v textu tak i z internetu.

Při zpracování diplomové práce byla použita literatura zabývající se využití laminovaného skla při fasádních aplikacích, literatura popisující využití solární energie a fotovoltaiky, literatura popisující výrobu, třídění a recyklaci PVB odřezků a laminovaných skel. V některých případech byla použita literatura z dílny výrobce fólie, která, lépe vymezuje a vysvětluje problematiku při aplikacích PVB fólie.

Z internetových odkazů jsem využil stránky výrobců a zpracovatelů PVB fólie, dále firem, které se zabývají výrobou fotovoltaiky a možnosti recyklace PVB produktu jako součást laminovaného skla. Pro osvětlení základních pojmů posloužily stránky encyklopedie, které sice nepatří k těm pravým vědeckým poznáním, nicméně v našem případě splnili svůj účel.

Téma jsem si vybral z důvodu zájmu o architekturní a solární aplikace a moderní trend třídění a recyklace. Jsem si jist, že v této práci využiji svých znalostí a zkušeností z tohoto oboru a tyto znalosti si dále prohloubím.

Pevně doufám, že tato diplomová práce poslouží jako zdroj informací, či jako zdroj zájmu a zvědavosti o tuto problematiku.

# I. TEORETICKÁ ČÁST

## 2. HISTORIE VZNIKU A VÝVOJE POLYVINYL BUTYRALOVÉ FÓLIE

- 1905** - První patent datován k tomuto roku. Je definována Nitrocelulózová fólie jako transparentní, bezbarvý a flexibilní materiál s dostačující adhezí se sklem.
- 1910** - Postupuje dopředu jednoduchá upravená procedura, která nitrocelulózovou fólii ponořenou v acetonu lisuje mezi dvě skla. Později je aceton nahrazen želatinou
- 1935** - Navzdory všem těmto nevýhodám zůstává nitrocelulózová fólie jako mezivrstva mezi dvěma skly až do roku 1935. První patenty týkající se PVB byly publikovány firmou Union Carbide a velice brzy je přijali další americké chemické firmy.
- 1936** - V tomto roce byla popsána první aplikace zahrnující polyvinyl butyral jako bezpečnostní sklo následně patentována.
- 1938** - Chemická společnost DuPont představuje svoje portfolio s názvem Butacite
- 1940** - Firma Solutia registruje svojí PVB výrobu pod názvem Saflex
- 1940** - Již v tomto roce přesahuje výroba tohoto materiálu více jak 3.000 tun ročně. Již osvědčený PVB materiál posílený o výsledky z dalších výrob a aplikacích v technických vývojích, zejména leteckém průmyslu
- 1950** - V tomto roce American Standards Association udělila povinně používat laminovaná bezpečnostní skla jako spolehlivý prvek automobilu.
- 1952** - Firma dynamit Nobel registruje značku Trosifol a zahajuje výrobu PVB fólie v Německu.
- 1968** - Trosifol si patentuje výrobu PVB s prokladovou polyethylenovou fólií
- 1970** - Japonská společnost Sekisui dokončila vývoj a začíná vyrábět PVB fólii pod obchodním názvem S-lec (*Trosifol 2007*).

### 3. VÝROBA POLYVINYL BUTYRALOVÉ FÓLIE

V této části bude objasněna chemická stránka výroby PVB fólie, její fyzikální vlastnosti, které ovlivňují bezpečnostní prvky laminovaného skla. Nedílnou součástí výroby je testování výrobku, které nám určí skutečné vlastnosti produktu a napoví nám, kde jsou ukryta možná úskalí v procesu výroby.

Poslední částí před laminací je správná manipulace a skladování produktu před samotným vložením PVB filmu mezi dvě nebo více tabulí skla.

#### 3.1 CHEMICKÁ STRÁNKA PVB FÓLIE

Polyvinyl butyralová fólie chemický výrobek, který prochází velice složitou výrobní procedurou v několika krocích, než je dosaženo požadovaného produktu.

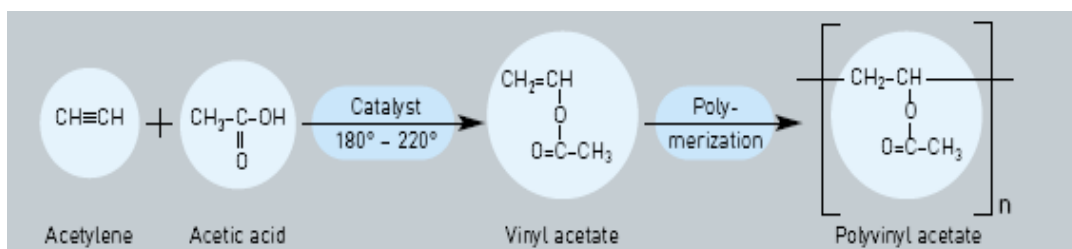
Ačkoli je znám pouze jeden název pro PVB fólii, tak výrobců je hned několik a vlastnosti finálního produktu se mohou velice lišit. Je to zejména vstupní surovinou, kterou vyrábějí v největší míře tři velké chemické skupiny a každá trochu jinou cestou.

Následně použitím různého typu změkčovadla dosáhneme ještě více odlišností a variant PVB fólie (Jungwirth 2009).

##### 3.1.1. VÝROBNÍ POSTUP

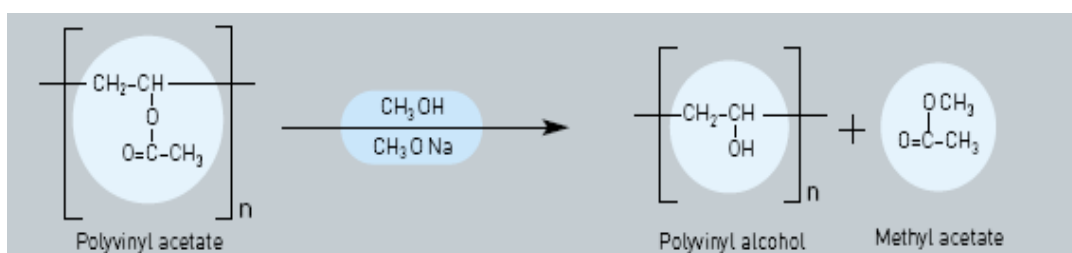
Polyvinyl butyral je vyroben z polyvinyl alkoholu ve třech fázích:

V první fázi – acetylen a kyselina octová jsou použity pro výrobu vinyl octanu za pomoci katalyzátoru. Následně při polymerizaci získáme polyvinyl octan. Viz obr. 1.



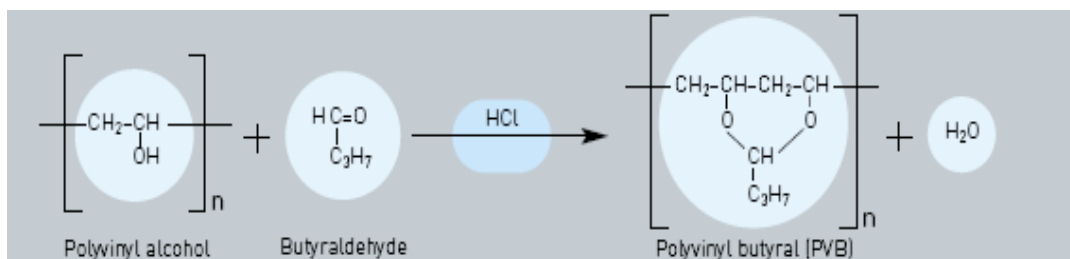
Obr. č. 1. První fáze – výroba polyvinyl octanu (Trosifol 2007).

Ve druhé fázi - od monomerního vinyl octanu je nestabilní a jako volná směs je nevhodná pro polymerizaci. Polyvinyl octan je přeměněn zmydlením za přítomnosti methanolu do polyvinyl alkoholu. Viz obr. 2.



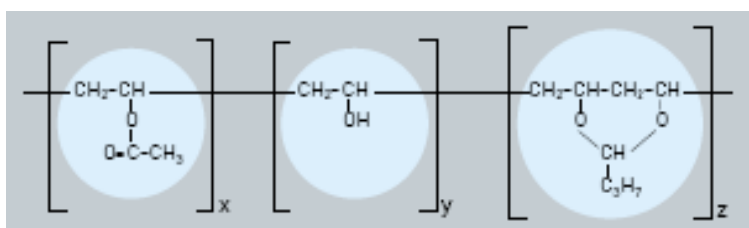
Obr. č. 2. Druhá fáze – výroba polyvinyl alkoholu (PVA) (Trosifol 2007).

Ve třetí fázi - acetalizací polyvinyl alkoholu s butyraldehydem v kyselém médiu vyrobíme polyvinyl butyral. Viz obr. 3.



Obr. č. 3. Třetí fáze – Výroba polyvinyl butyralu PVB (Trosifol 2007).

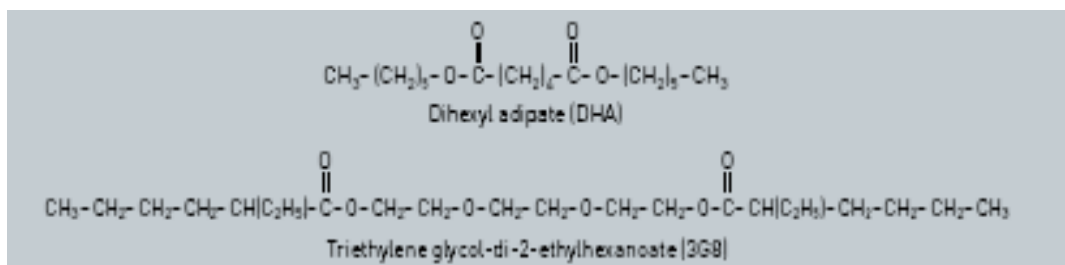
Použitím PVB pryskyřice jako mezivrstvy v laminovaných sklech je úzce spjata s chemickým složením zejména s číslem skupiny volných hydroxidů v polymerovém řetězci. Různost PVB pryskyřic vyrobených výběrem molekulární váhy základních polyvinylových oktanů stupněm hydrolyzy v PVA množstvím butyraldehydu použitým pro acetalizaci. Následkem toho může být PVB považováno jako terpolymer z vinyl oktanu (x), vinyl alkoholu (y) a vinyl butyralu (z). Viz obr. 4.



Obr. č. 4. Možné varianty složení terpolymeru (Trosifol 2007).

Další velice širokou oblastí pro aplikaci PVB pryskyřic se nachází při výrobě barev a laků. Nicméně tyto typy PVB jsou rozdílné v chemickém složení.

PVB pryskyřice je bílý prášek nebo také granulát, který je přeformován na fólii, proto nemá dostatečnou elasticitu být použit jako fólie pro laminované sklo. To je slučitelnost se změkčovadly určenými v první řadě s vinyl butyralem. Na obr. 5. jsou základní typy změkčovadel, které se v současné době nejvíce používají (Jungwirth 2009).



Obr. č. 5. Nejrozšířenější dva typy změkčovadel (Trosifol 2007).

### 3.1.2. VYSVĚTLENÍ CHEMICKÉ PODSTATY

#### Změkčovadla:

PVB je termoplast, nebo-li pryskyřice, která může být přechodně tvarována za tepla. Při běžné okolní teplotě však PVB vykazuje příliš vysokou pevnost pro předpokládané aplikace. Změny termomechanických vlastností se docílují pomocí změkčovadla. To totiž snižuje bod změny stavu teploty (kritické teploty zesklenní, teploty plastoelastivity, tání s postupným měknutím) a napomáhá tak jednodušší přeměně v závislosti na obsahu změkčovadla. Změkčovadlo je malá molekula, která je vložena za tepla mezi polymerové makromolekuly, čímž oslabuje působení mezimolekulárních sil (vazba mezi molekulami vodíku, polární vazby). Je zde poukazováno na různé mechanismy.

1. Nahrazení jedné vazby vodíku mezisousedními makromolekulárními vazbami vodíku mezi polymerem a změkčovadlem, což umožňuje větší reaktivitu makromolekulárních řetězců
2. Vsunutí malých molekul s vysokým volným objemem do bodů propojení makromolekulárních řetězců, čímž se zvýší reaktivita jednotlivých segmentů těchto řetězců.
3. Vysoká reaktivita molekul změkčovadla (působení změkčovadla v elektrickém poli)

Volba změkčovadla vyplývá ze sladění parametrů rozpustnosti příslušných polarit jednotlivých skupin makromolekuly a změkčovadla. Při volbě chemické povahy změkčovadla se rovněž přihlíží k určitým vlastnostem, jako je například pevnost za studena. Tak například ftaláty mají seskupení polarizovatelné indukci (benzenová jádra) a při nízké teplotě způsobí jejich vzájemná indukce pevnost vůči nárazu za studena, na rozdíl od molekul, které nemají polarizovatelné skupiny. Slučitelnost je závislá na chemickém složení polymeru (poměr mezi skupinami hydroxid/butyral) a změkčovadla.

V případě PVB je volba změkčovadla dána kombinací nezbytných mechanických a adhezivních vlastností, slučitelnosti, dostupnosti a ceny.

Změkčovadly volenými pro tento účel jsou adipáty (adipáty n hexylu či benzylu a oktylu či butoxyetoxyetylu - MONSANTO), případě deriváty tri nebo tetraetylenoglykolů (DUPONT).

Obsah změkčovadla přidávaného do pryskyřice je většinou vyjádřen v dílech (D) na 100 dílů pryskyřice. Běžně se pohybuje okolo 30% (Jungwirth 2009).

### 3.1.3. VÝROBNÍ SCHÉMA

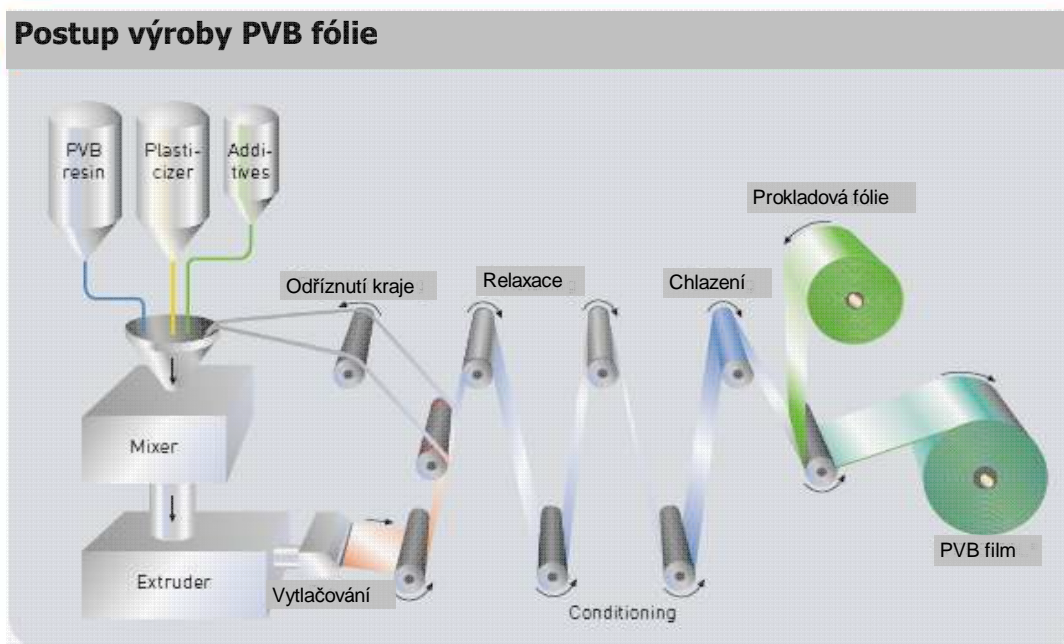
Výroba PVB fólie je poměrně komplikovaná. Základ tvoří speciální suroviny polyvinylbutyral a změkčovadla, jež se spolu smíchají a na vytlačovací lince se vyrobí fólie. Směs pro její výrobu tvoří přibližně 70 % polyvinylbutyral a 30 % změkčovadlo. Další surovinu tvoří příměsi, kterými se ovlivňuje barva či odstín fólie, nebo vlastnosti PVB fólie jako je měkkost nebo zápach.

Cena surovin pro výrobu PVB fólií byla a je vysoká. V roce 1980 stál 1 kg směsi 8 - 10 DEM a v dnešní době cena přepočtena na euro zůstává skoro stejná. Z 1 kg směsi se vyrobí přibližně 1,2 m<sup>2</sup> fólie o tloušťce 0,76 mm, která se pro výrobu automobilových nebo architekturních skel používá nejvíc. Váha 1m<sup>2</sup> PVB filmu ve standardní tloušťce 0,76mm se pohybuje okolo 0,8kg.

Polyvinylbutyralový prášek a z něj následně fólii vyrábějí ve světě pouze čtyři firmy. Dvě americké, DuPont a Solutia, které v roce 1938 také polyvinylbutyral syntetizovaly acetylací polyvinylalkoholu butylaldehydem a rozvinuly technologii přípravy této fólie. Dalšími výrobci jsou japonská firma Sekisui a německá

společnost Trosifol, která se spojením s chemickou skupinou Kuraray stává jedním z největších producentů na trhu.

V posledních osmi letech zahájilo výrobu PVB filmu okolo padesáti producentů, převážně z Číny, ale kvalita fólie je velice nízká a dle mého názoru pro aplikace zvláště v automobilovém průmyslu nevhodná a v některých případech i nebezpečná (Jungwirth 2009).



Obr. č. 6. Postup výroby PVB fólie ze tří základních surovin po jednotlivých krocích (Trosifol 2007).

### 3.1.4. FUNKCE PVB

Jednou z hlavních ochranných funkcí skla spleného s PVB je odolnost vůči průniku cizích těles, která je přesně vymezena homologačními normami a ověřena pomocí rázových testů

Energie nárazu je pohlcována deformací skla a deformací PVB folie.

Důležitým prvkem je zde to, aby PVB pohltila průnik v dostatečné míře.

Faktorem ovlivňujícím deformaci PVB je zejména přilnavost PVB ke sklu.

Vysoká přilnavost PVB má za následek:

- Nemožnost, aby se PVB oddělila od skla. V případě rozbití se PVB okamžitě roztrhá. Odolnost vůči průniku je malá, sklo se rozbijí i při nízké kinetické energii.

Střední či nízká přilnavost vyvolává:

- Obtížné oddělení PVB a skla, PVB film může tudíž absorbovat více energie.
- Odolnost vůči průniku je velká.

Je tedy třeba nalézt kompromis mezi těmito dvěma typy případů při postprocessingu.



Mezi další faktory, ovlivňující deformaci PVB a následkem toho i jeho odolnost proti průniku patří:

- U všech testů je přesně specifikována teplota, při níž mají být testy prováděny.
- Tloušťka mezivrstvy (*Jungwirth 2009*).

### **3.4 SKLADOVÁNÍ A MANIPULACE S PVB**

Správná manipulace s PVB a jeho skladování zabezpečí standardní vlastnosti tohoto výrobku i vysokou kvalitu následného válcování. Protože je PVB ve své podstatě pojidlo, bude mít při vysokých teplotách tendenci se zdrcnout či přilepit. Proto je PVB dodávána v kamíonech či kontejnerech s vnitřním chlazením. Teploty vyšší než 30°C škodí PVB filmu a dochází ke ztrátě embossového povrchu, který hraje důležitou roli při odvádění vzduchu při laminaci

Výjimku tvoří PVB film proložený PE fólií, který se může převážet za standardních klimatických podmínek a nevyžaduje chlazení (*Jungwirth 2009*).

#### **3.4.1 PŘEVZETÍ A SKLADOVÁNÍ**

Okamžitě po převzetí musí být PVB role uloženy do chlazených skladovacích prostor nebo ve zvláštních studených komorách, kde je nutno je skladovat při teplotě nižší než 10°C. Doporučuje se vybavit tyto chlazené skladovací prostory či speciální studené komory monitorovacím zařízením teploty a poplachovým signalizačním zařízením tak, aby byla vyloučena možnost poškození v případě, že u chladicích systémů dojde náhle k dlouhodobému výpadku.

U rolí proložených PE fólií je možnost skladování kdekoli, kde balení není vystaveno nepříznivým povětrnostním podmínkám, jako je déšť či intenzivní sluneční záření. Obvykle se balení skladují na provezech co nejbližší skládacímu prostoru laminovací linky, aby byla zajištěna co nejkratší cesta ze skladu (*Jungwirth 2009*).

#### **3.4.2 ZACHOVÁNÍ CELISTVOSTI OBALU**

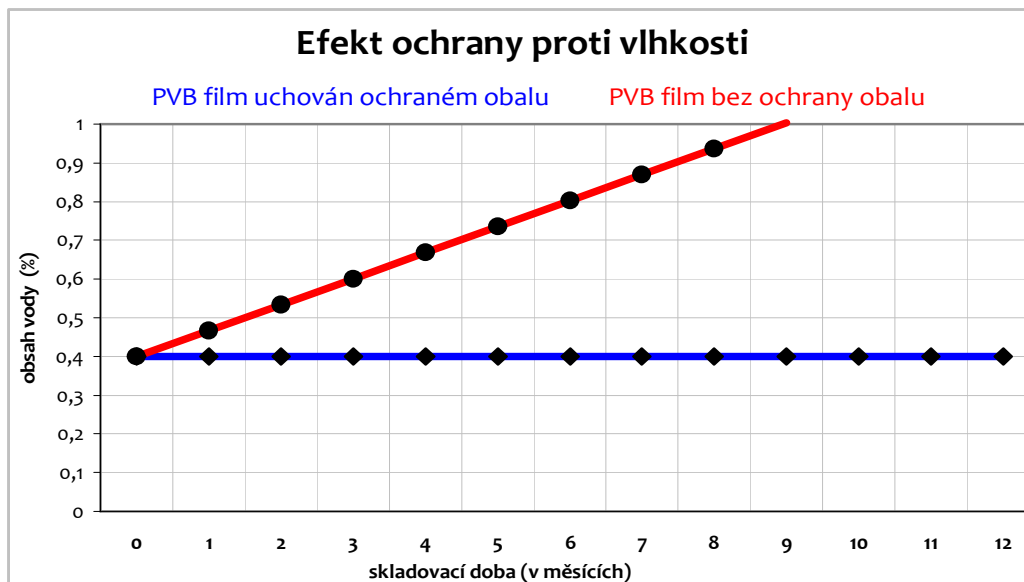
Role PVB jsou dodávány v obalu, chránícím výrobek před roztrháním, pomačkáním a jakýmkoli dalším fyzickým poškozením. Při skladování a manipulaci s tímto materiálem by měli být uplatňovány náležité postupy tak, aby obalový karton nebyl roztržen, pomačkáno či proraženo. Z důvodu bezpečnosti se nedoporučuje dávat na sebe více než tři palety.

Příslušná kontrola přilnavosti a odolnosti proti průniku u finálních výrobků je ve značné míře ovlivněna procentem vlhkosti mezivrstvy. Každá role chlazeného PVB filmu je vložena do hliníkového obalu, kde je udržována vlhkost nezávisle na vlhkosti okolního prostředí.

Je třeba dbát na uchování celistvosti tohoto obalu po dobu skladování a přepravy (*Jungwirth 2009*).

#### **3.4.3 SKLADOVACÍ DOBA**

Je-li PVB skladována déle než dva roky, tak se zvyšuje tendence mezivrstvené fólie k drhnutí. Kromě toho zvyšuje delší skladování tohoto výrobku i nebezpečí poškození role a mění i procento vlhkosti fólie. Na grafu 2 je vidět působení skladovací doby a průběh vlhkosti role vystavené teplotě 10°C a relativní vlhkosti prostředí s 90% (Jungwirth 2009).



Obr. č. 7. Znázornění působení různých skladovacích dob na průběh (Trosifol 2007).

### 3.4.4 MANIPULACE A PŘEMÍSTOVÁNÍ JEDNOTLIVÝCH ROLÍ

Při manipulaci a přemísťování PVB rolí je v první řadě nutno se vyvarovat povrchového poškození a znečištění. Pokud nějakou roli sklápíme, abychom ji dostali do horizontální polohy, tak se musíme vyvarovat toho, abychom ji neupustili, anebo nepoložili na znečištěnou plochu. Když sklápěcí zařízení dosáhne podlahy, doporučuje se rozestřít na podlaze pružnou matraci, aby se ztlumil náraz pokládané role a zvětšila se kontaktní plocha. Kromě toho by se role měly sklápět i přemísťovat s jejich neporušeným hliníkovým obalem, aby se zabránilo jakémukoli znečištění.

Pokud jde o přepravu jednotlivých rolí, i zde je nutno postupovat tak, abychom minimalizovali riziko povrchového poškození. Je lepší používat takových přepravních zařízení, u nichž se styk s rolí omezuje jen na pouzdro či koncové partie. Máme-li roli v horizontální poloze, můžeme použít hřídel, kterou protáhneme plastovým pouzdrům a roli na ni zdvihneme a přemístíme pomocí jeřábového vozíku nebo rámu. Použít můžeme i motorových nebo manuálních vozíků vybavených manipulační tyčí (Jungwirth 2009).

## 4 POUŽITÍ PVB FÓLIE

Polyvinylbutyralová fólie (PVB) se používá pro výrobu laminovaných bezpečnostních skel. Je to jediná fólie, která dovede slepit pomocí speciální technologie dvě stejná skla navzájem. Tímto spojením vznikne vrstvené bezpečnostní sklo. Vrstvené znamená, že je složeno ze dvou vrstev skla a jedné vrstvy PVB fólie. Bezpečnostní znamená, že když se toto sklo rozbije, nerozpadne se, ale zůstane pohromadě bez uvolnění střepin a kousků skla, které mohou zranit člověka. Proto nachází stále větší uplatnění také ve stavebnictví.

Při výrobě vrstvených bezpečnostních skel je nutné odstranit okrajové defekty. To se provádí tak, že se vždy vrství větší plocha fólie, než je plocha skla. Po první operaci, kdy se skla částečně přilepí k fólii, se přesah fólie odřeže a vznikne odpad-odřezek (anglicky trim), který se musí likvidovat. Množství takto vzniklého odpadu závisí na rozdílu ploch použité fólie a skla a dosahuje průměrně kolem 10 % (*Autosklo 2009*).

### 4.1 AUTOMOBILNÍ PRŮMYSL

Vývoj autoskel sahá až na samý počátek rozvoje automobilové výroby. Prapůvodní funkcí autoskla bylo zvyšování bezpečnosti a pohodlí cestujících. Dnes už čelní sklo automobilu využíváme i pro jeho další funkce jako je odraz slunečního záření, vyhřívání, díky akustické fólii dokáže snížit hluk v kabině. Do autoskel se také umisťují antény a různé komunikační senzory jako například senzor pro průjezd a registraci mytného na dálnicích.

Autoskla jsou po technické stránce vysoce pokročilé výrobky, důležité i ve výsledném vzhledu vozu a tedy i jeho schopnosti konkurovat na trhu (*Autosklo 2009*).

#### 4.1.1 Čelní automobilová skla

Nejrozšířenějším výrobkem zasklení v automobilovém průmyslu je čelní automobilové sklo. Jeho funkce je pevně vymezena homologací jako jeden z bezpečnostních prvků automobilu. Čelní sklo pouze nezabraňuje vniknutí nežádoucích předmětů do vozidla, ale taktéž při rozbití si sklo ponechá svůj tvar, jelikož střepy jsou pevně spojeny s fólií a zabrání poranění řidiče a spolujezdců.

Pokud si něco řekneme, jak se tato skla vyrábějí, tak na počátku produkce autoskel se nachází takzvaná linka přířezů, která řeže z velkých skleněných tabulí přířezy. Ty už mají rozměr autoskel, která z nich budou vyráběna.

Další částí výroby je přípravná řezací linka, jejíž pomocí se uřízne z přířezu obrys vnějšího i vnitřního modelu skla. Ostré hrany skel jsou obroušeny a polotovar se v myčce důkladně zbaví nečistot. Integrovaná síťotisková tiskárna poté na vznikající autosklo po okraji vytiskne černý pruh, takzvaný potisk, jehož funkcí je zakrytí montážních zón popř. rozšíření stínící částí skla. Pruh se vysuší pomocí ultrafialového světla. Vnější strana autoskla je posypána separačním práškem, který zabraňuje slepení skel v další výrobní fázi.

Tou je ohyb autoskla v elektrické peci, což je klíčovým procesem celé výroby. Proto si technologický postup ohybu autoskel každý výrobce pečlivě střeží. Pár autoskel je plynule zahříván a prohýbán do výsledného tvaru působením gravitační síly. Dále je ochlazeno, díky čemuž vzniká vnitřní napětí autoskla. Toto

napětí brání prasknutí, i proto je sklo vysoce odolné proti mechanickému poškození i pnutí karoserie.

Následnou operací v pořadí je vložení bezpečnostní (PVB) folie mezi vnitřní a vnější skleněné části. Tento proces se nazývá laminace. Poté je potřeba odsát naprosto všechen vzduch mezi skly, nejdříve za studena, následně po zahřátí za značného tlaku v tzv. autoklávu.

V předposledním bodě výrobního procesu se autosklo dostává na linku konečné kontroly, která na výrobku kromě důkladné kontroly provede i finální úpravy, jakými jsou letování konektorů vyhřívaným autosklům, ořízne přečnávající konce folie a podobně.

Na závěr je provedeno nanesení polyuretanového profilu na vnitřní hranu autoskla (tzv. extruze), ta pomáhá k dosažení maximální prachutěsnosti, zvukotěsnosti, vodotěsnosti, a zrychluje následné vsazení autoskla do automobilu (*Autosklo 2009*).

#### **4.1.2 Boční laminovaná skla**

Dalším výrobkem při aplikaci skel v automobilovém průmyslu jsou boční laminovaná skla. V současné době nahrazují boční kalená skla, avšak jejich zařazení se objevuje pouze u luxusnějších modelů jako je BMW, Mercedes nebo Audi. U kategorií střední třídy a níže je limitujícím faktorem pro spotřebitele cena, která se pohybuje např. u škody octavia okolo 25.000,- nad rámec základního vybavení. Bohužel se v tomto případě domnívám, že zde částečně selhal marketing u prodejců automobilů, protože své potenciální zákazníky neseznámili s výhodami tohoto zasklení, které jim mohou nabídnout.

Boční laminovaná skla nabízejí stejný komfort, jako čelní skla to znamená již zmíněnou redukci venkovního hluku, větší ochranu před zářením a redukci propustnosti tepelného záření. Výhodou bočních skel proti čelním je fakt, že boční skla jsou částečně zakalená a tím pádem velice pružná a hůře zničitelná. V praxi to znamená, že pokud budete chtít násilně vniknout do takto zaskleného automobilu, tak Vám to nemusí zcela vyjít, jelikož se Vám nemusí podařit sklo zcela zničit a do automobilu vniknout.

Výroba těchto skel probíhá obdobně jako u čelních skel, akorát ohýbací fáze je odlišná. V tomto případě se sklo neohýbá v párech vlastní gravitací na kovových formách, ale putuje pecí po kusech samostatně a na konci se lisuje na formě. Následně se sklo zchladí, aby získalo vlastnosti částečně kaleného skla (*Jungwirth 2009*).

## **4.2 ARCHITEKTURNÍ PRŮMYSL**

Lepené sklo se skládá ze dvou nebo více tabulí skla, spojených vysoce elastickou Polyvinyl-Butyralovou (PVB) fólií. Fólie může být čirá, matná, zvukově izolační, barevná nebo s různými motivy (Colorprint).

#### **4.2.1 Inteligentní fasády**

Technické plánování staveb je určováno přírodními skutečnostmi, jako je síla zemské tíže, síla větru, teplota a vlhkost, světlo a hluk, kvalita a pohyb vzduchu, kmitání a zpětný náraz. Budova má ve svém výsledku vytvořit takové vnitřní

prostředí, které splní požadované funkce, jako je osvětlení, topení, chlazení, tlumení hluku, dodávání čerstvého vzduchu.

Nebylo tomu tak vždy, protože v uplynulém století jsme se naučili spoléhat pouze na špičkovou technologii a tento přístup se stal po celou dobu příčinou nejednoho problému, neboť důsledkem bylo především oddělování člověka od přirozeného životního prostředí.

Novou roli sehrály průmyslové postupy výroby taženého tabulového skla, založené na objevech Emila Fourcaulta v roce 1904 a Irwina W. Colburna v roce 1905 nahradily konvenční a složitou výrobu skla litím a velmi tak zjednodušily výrobu plochého skla.

Při častém používání skla na fasádách budov převažovaly nevýhody v podobě nadměrného zahřívání či tepelných ztrát, a proto již v roce 1930 navrhl architekt Le Corbusier opatření na odstranění těchto nedostatků pomocí „la respiration exacte“ a „le mur neutralisant“. Položil tak základ mechanickým klimatizačním systémům.

V 50. letech 20. století bylo zásluhou Alastaira Pilkingtona vyvinuto sklo float, což v důsledku znamenalo zvýšení výroby skleněných výrobků při současném poklesu cen. Ve stejné době však opět sílily hlasy, které kritizovaly zcela zasklené budovy charakteristické nejen velkými tepelnými ztrátami, ale také velkou spotřebou energie na větrací systémy, chlazení a osvětlení. Po zhoršení situace, která vyvrcholila ropnou krizí v letech 1973–74, nastal obrat ve vývoji architektury využívající konstrukčních a optických vlastností skla až v 80. letech 20. století, v době, kdy se začal zvyšovat tlak na vývoj stavebních technologií, které nepoškozují životní prostředí. Rozhodující obrat nastal, když si člověk uvědomil, jak využít obrovský energetický potenciál skrytý ve slunečním záření dopadajícím na obal budovy. Sluneční energie se stala synonymem ideální formy energie, protože nenarušuje životní prostředí a v jakémkoli množství se vyskytuje všude v každé denní či roční době.

80. léta byla dobou, kdy okno začalo být chápáno jako systém, který má plnit více funkcí částečně si i odporujících, a proto vznikla představa aktivního okna. Mozek (čipy), cit (senzory), svaly (pohony) a oděv (vrstvy) by měly dát banálnímu předmětu, jakým je okno, skutečnou samostatnost. Vzhledem k tomu, že je člověk přetížen stálým obsluhováním, měly by být všechny řídicí, regulační a kontrolní funkce převedeny na okno.

V tomto období se začal formovat nový inženýrský obor v oblasti umělé inteligence, který se plně rozvinul v 90. letech 20. století a je znám pod názvem inteligentní systémy (*Florián 2005*).

### **Příklady stále se vyvíjejících materiálů:**

Konstrukční materiál, jenž sám kontroluje stav poškození svých složek. Jde o kompozit vyztužený uhlíkovými vlákny, kdy vlákna nemají jen zpevňující funkci, ale současně slouží pro měření úrovně deformací či poškození tím, že se zjišťují změny elektrického odporu a vodivosti vláken.

Systémy s vysokým IQ jsou – i přes dosažené úspěchy – hlavně předmětem výzkumu. Mnoho funkcí inteligentních systémů s vysokým IQ zastávají takové inteligentní materiály, které obsahují všechny nezbytné funkční složky na atomové – molekulární úrovni. Vývoj těchto materiálů umožňuje realizaci takových inteligentních systémů, jež mají schopnost aktivně potlačovat možnost porušení, samy se mohou regenerovat, a dokonce se mohou samy vytvářet. Můžeme pozorovat pokroky v oblasti technologie výroby nanokompozitů, v molekulární elektronice, mikrooptice, chemii a fyzice polymerů.

Vedle úsilí zaměřeného na sklo se výzkum orientuje i na materiály z polymerů či z plastů. Fluoropolymerový materiál etylenetrafluoretylen (ETFE) prokázal – jako jeden z mnoha produktů v tomto směru velmi dobré účinky. Jeho extrémně nízká hmotnost, vysoká propustnost světla, skvělá chemická odolnost vůči kyselinám a zásadám, relativně dlouhá životnost a téměř naprostá recyklovatelnost z něj tvoří cenný a hospodárný materiál. Dalším tradičním materiálem při použití chytrých fasád je PVB fólie, která jako jediná splňuje požadavky na lepené bezpečnostní sklo. Kombinací různých typů PVB vrstvy lze dosáhnout požadovaných vlastností fasády, jako jsou barevné odstíny, snížení hluku a eliminace UV záření.

Lze předpokládat, že plasty v nedaleké budoucnosti díky materiállovému výzkumu nahradí sklo a dojde k uskutečnění polyvalentního pláště s mnohonásobným výkonem, který by byl schopen dynamicky regulovat tok energie. Výsledky výzkumu v tomto směru jsou důležité zvláště v souvislosti se současnými tendencemi v architektuře (*Florián 2005*).

#### **4.2.2 Ochrana před UV zářením**

Tradiční ochrana proti slunečnímu záření v podobě rolet, skleněných a metalických žaluzií či metalické tkaniny může být integrována přímo do izolačního skla okenních prvků nebo je umístěna v prostoru mezi pláště. Vnější plášť bývá většinou sestaven pouze z transparentních či potitštěných desek nebo lamel z bezpečnostního laminovaného skla. I v tomto pláště mohou být integrovány systémy, které řídí, odklání denní světlo do místností a vyrábějí energii.

Jedním ze zajímavých cílů na konci 20. století a na počátku 21. století je vývoj jednoplášťové inteligentní fasády, která by zcela nahradila dvouplášťovou fasádu, neboť by byla schopna automaticky regulovat přenos tepla podle podmínek prostředí. Pozornost se proto koncentruje na aplikaci principu chemické nanotechnologie do procesu vývoje první generace nových skel s elektrochromickými, termochromickými, plynochromickými a elektrooptickými povlaky. Ve všech případech stupeň zabarvení skla určuje množství světla a sluneční energie, které pronikají do místností. Zasklení pláště se přizpůsobuje měnícím se vnějším podmínkám v průběhu dne (*Florián 2005*).

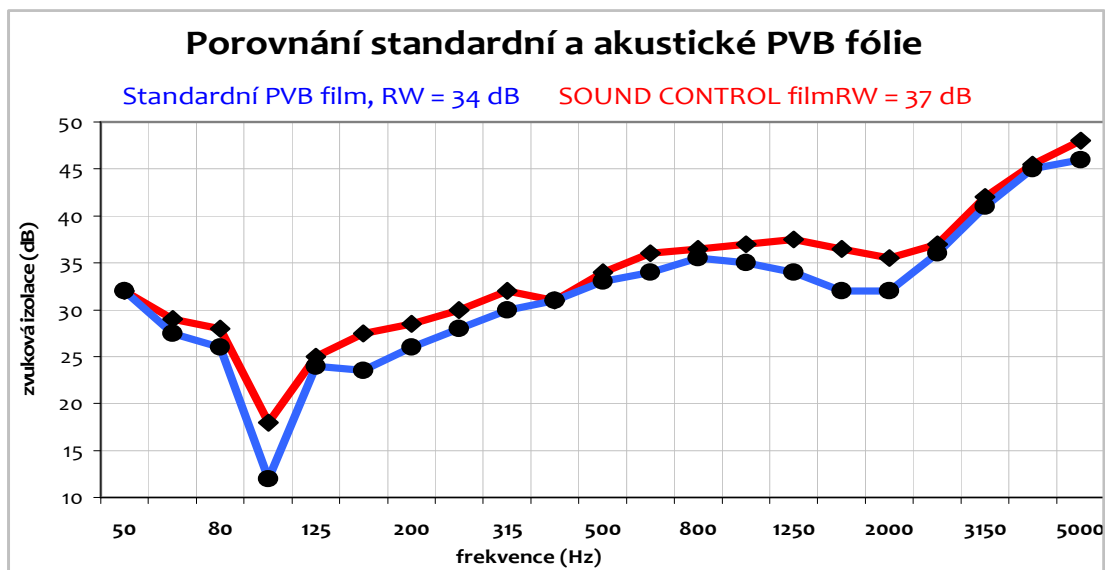
#### **4.2.3 Akustická fólie**

Nedílnou součástí nabídky PVB fólie se v posledních letech stává akustická fólie, která je schopna redukovat úroveň hluku. Schopnosti standardní tloušťky fólie jako je 0,76mm se pohybuje okolo hodnoty 3dB viz Graf 3. Samozřejmě lze kombinací více vrstev lze dosáhnout vyšších hodnot, ale výrobek se stává velice nákladným.

V automobilovém průmyslu se používá samostatně jako monolayer nebo v kombinaci s PET fólií, která redukuje UV záření. Její aplikace zahrnuje většinou vozy vyšší třídy výjimečně třídy střední. Všeobecně se doporučuje použití tloušťky 1,14mm oproti standardní 0,76mm, protože fólie obsahuje více prvků změkčovadel a je daleko houževnatější. Toto má za následek nižší, někdy až nevyhovující hodnoty při testování výrobku v laboratoři.

Další použití akustické fólie je ve stavebním průmyslu, kde zažívá obrovský nárůst při fasádním zasklívání hlavně ve městech, kde je vysoká doprava. Tento krok je zcela logický, protože při současných velmi přísných normách by nebylo

možné stavět ne využívat administrativní budovy u dálnic nebo silnic s vysokou obslužností (Jungwirth 2009).



Obr. č. 8. Porovnání standardní a akustické PVB fólie (Trosifol 2007).

#### 4.2.4 Barevné fólie

Další možností využití PVB jsou její odstíny a barvy. Pod pojmem odstíny je PVB fólie částečně natónována a splňuje transmisní normy i pro aplikaci v automobilovém průmyslu. To znamená, že průstup světla je tak vysoký, že zabezpečuje bezpečný výhled z automobilu a nezhoršuje optické vlastnosti.

Oproti tomu barevné PVB fólie se dají používat pouze a architekturním odvětví, kde jsou v současné době velmi vyhledávaným artiklem z důvodu módních trendů ve stavebnictví.

Možnosti uplatnění jsou velmi velké od vnějšího zasklení fasád až po vnitřní aplikace jako například v obchodních centrech, letištích a uměleckých budovách. V posledních letech je velice vyhledávána v kancelářích, ale i domácnostech.

Částečně odrazujícím faktorem je cena, která je zhruba 4x vyšší než standardní čirá PVB fólie. Důvodem je složitost výroby a stále malá poptávka na trhu (Jungwirth 2009).



Obr. č. 9. Základní škála barevných PVB fólií (Trosifol 2009).

### 4.3 SOLÁRNÍ ENERGIE

Zásobování energií se na začátku třetího tisíciletí stalo jedním z klíčových problémů naší společnosti. Pokud mají být naplněny cíle tzv. trvale udržitelného rozvoje, nemůže k dalšímu technickému pokroku docházet na úkor zvyšování výroby a spotřeby energie z neobnovitelných zdrojů - ropa, uhlí, zemní plyn. Ty se

totiž nejen postupně vyčerpávají, ale také neúměrně zatěžují naše životní prostředí.

Jako alternativa se jeví využívání obnovitelných zdrojů energie, mezi které solární energie bezesporu patří. V současné době je tato technologie na vzestupu a mezi největší výrobce solárních článků Německo a Japonsko. Při aplikacích solárních článků je bezkonkurenční Španělsko, kde se za poslední rok postavilo osm z deseti největších solárních farem (*Solární energie 2009*).

#### **4.3.1 Fotovoltaika**

Fotovoltaika je technologie, která umožňuje výrobu elektrické energie přímo ze slunečního záření. Z tohoto hlediska lze fotovoltaiku chápat jako technologii s neomezeným růstovým potenciálem a časově neomezenou možností výroby elektrické energie. Nejedná se však pouze o zajímavou technologii, ale také o vyspělé (hi-tech) průmyslové odvětví, které ve světě zažívá neobvyklý rozvoj a pozitivně ovlivňuje nejen obchodní aktivity, ale např. také zaměstnanost nebo kvalifikaci vědeckých pracovníků.

Tuto skutečnost pochopily již mnohé vyspělé země světa včetně zemí Evropské unie, snaží se fotovoltaiku podporovat a v delším časovém horizontu jí přisuzují nezastupitelné místo v energetickém „mixu“. V tomto kontextu lze tedy fotovoltaiku po odstranění některých překážek, zejména ekonomických, vnímat jako jedno z dostupných řešení, jako univerzálně použitelný energetický zdroj, jako technologii, která jde ruku v ruce s trvale udržitelným rozvojem, prostě jako technologii budoucnosti...

Je velmi rozšířeným mýtem, že fotovoltaický článek po dobu své životnosti nedokáže vyrobit ani tolik energie, kolik se spotřebuje na jeho výrobu. Ve skutečnosti běžný průmyslově vyráběný článek zapojený do panelu dokáže vygenerovat množství energie, které byla potřeba na jeho výrobu, už během dvou až tří let v závislosti na zeměpisných podmínkách. Pro podmínky České republiky je příklad výpočtu energetické návratnosti fotovoltaického článku – uveden na stránkách Cz RE Agency a dosahuje hodnoty 3,86–5,22 let. Při předpokládané životnosti fotovoltaických článků až 30 let tak může fotovoltaický článek vyrobit až patnáctkrát více energie, než bylo spotřebováno na jeho výrobu. (*Trosifol 2008*).

#### **4.3.2 Stručný generační vývoj**

V této části se pokusím popsat jednotlivé etapy vývoje solárních článků, které se většinou rozdělují do současných tří generací. Jednotlivé generace se liší zejména dvěma faktory a to: volbou použitých materiálů a efektivitou solárních článků (*Sunbird 2009*).

#### **4.3.3 První generace**

První generací se nazývají fotovoltaické články využívající jako základ křemíkové desky. Jsou dnes nejrozšířenější technologií na trhu (cca 90 %) a dosahují poměrně vysoké účinnosti přeměny (v sériové výrobě 16 až 19 %, speciální struktury až 24 %). Komerčně se začaly prodávat v sedmdesátých letech. Přestože je jejich výroba relativně drahá (a to zejména z důvodu drahého vstupního materiálu – krystalického křemíku), budou ještě v několika dalších letech na trhu dominovat.



Fotovoltaika využívá přímé přeměny světelné energie na elektrickou energii v polovodičovém prvku označovaném jako fotovoltaický nebo také solární článek. Solární článek je velkoplošná dioda alespoň s jedním PN přechodem. V ozářeném solárním článku jsou generovány elektricky nabitě částice (páry elektron – díra). Elektrony a díry jsou separovány vnitřním elektrickým polem PN přechodu. Rozdělení náboje má za následek napěťový rozdíl mezi „předním“ (-) a „zadním“ (+) kontaktem solárního článku. Vnější obvodem zapojeným mezi oba kontakty potom protéká stejnosměrný elektrický proud, jenž je přímo úměrný ploše solárního článku a intenzitě dopadajícího slunečního záření.

Napětí jednoho článku s hodnotou přibližně 0,5 V je příliš nízké pro další běžné využití. Sériovým propojením více článků získáme napětí, které je již použitelné v různých typech fotovoltaických systémů. Standardně jsou používány sestavy pro jmenovité provozní napětí 12 nebo 24 V. Takto vytvořené sestavy článků v sériovém nebo i sériově-paralelním řazení jsou hermeticky uzavřeny ve struktuře krycích materiálů výsledného solárního panelu.



Obr. č. 10. Barevné možnosti solárních článků (Isolar 2009).

Sluneční záření dopadající na povrch Země (po průchodu atmosférou) se skládá z fotonů různých vlnových délek a tedy i různých energií. Z celého slunečního spektra je lidským okem viditelná pouze jeho část v oblasti 380 až 780 nanometrů. Oblast s kratší vlnovou délkou (větší energií) se nazývá ultrafialová (UV) a oblast s delší vlnovou délkou se říká infračervená (IČ).

Základním požadavkem na sluneční články je schopnost pohlcovat co nejširší oblast slunečního spektra a co nejlépe využít energii fotonů.

Sluneční článek se skládá z části mající elektronovou vodivost (materiál typu n, např. křemík s příměsí fosforu) a z části mající děrovou vodivost (materiál typu p, např. křemík s příměsí boru). Na přechodu p-n dojde k oddělení elektronů a děr a na kontaktech vznikne napětí (v případě křemíku typicky 0,5-0,6 V). Připojíme-li ke kontaktům spotřebič (zátěž), protéká tímto elektrický proud.

Na obr. č.11 je popis FV panelu a jeho konstrukce. Z obrázku je také patrná poměrně složitá konstrukce panelu realizovaná v průběhu procesu výroby panelů tzv. Laminace (Iso 2009).



Obr. č. 11. Složení solárního článků při použití PVB (Isolar 2009).

Z aplikačního hlediska jsou pro nás nejdůležitější části konstrukce nacházející se nad povrchem přední strany FV článků, tedy EVA folie (ethylen vinyl acetát) a kalené sklo (popř. teflon, litá pryskyřice). EVA folie je organickým materiálem, který může vykazovat při silném ozáření UV světlem efekt „žloutnutí“ a tedy snížení optické transparentnosti s nepříznivým vlivem na množství generovaného elektrické výkonu slunečními články. Řešením bývá používání PVB fólie, která dosahuje lepších vlastností a výsledků v porovnání s EVA. V současné době je více jak 90% solárních panelů zvrstveno s EVA fólií, ale situace se velice rychle zvyšuje ve prospěch PVB filmu, protože je schopen dosahovat lepších výsledků při výrobě solárních článků druhé a třetí generace (*Sunbird 2009*).

#### **4.3.4 Druhá generace**

Impulsem pro rozvoj článků druhé generace byla především snaha o snížení výrobních nákladů úsporou drahého základního materiálu – křemíku. Články druhé generace se vyznačují 100 krát až 1000 krát tenčí aktivní absorbující polovodičovou vrstvou (thin-film) a jejími představiteli jsou např. články z amorfního a mikrokystalického křemíku (případně silicon-germania, či silicon-karbidu, ale také tzv. směsné polovodiče z materiálů jako Cu, In, Ga, S, Se, označované obecně jako CIS struktury). S úsporou materiálu došlo v porovnání s články první generace k poklesu výrobních nákladů (a tedy za předpokladu velkosériové výroby i k poklesu ceny), nicméně dosahovaná účinnost je obvykle nižší (v sériové výrobě obecně pod 10%). Nespornou výhodou tenkovrstvých článků je možnost volby substrátu (na něhož se tenkovrstvé struktury deponují) a v případě použití flexibilních materiálů (organické, kovové či textilní folie) i značně širší aplikační sféra. Komerčně se začaly články druhé generace prodávat v polovině osmdesátých let (*Sunbird 2009*).

#### **4.3.5 Třetí generace**

Pokus o „fotovoltaickou revoluci“ představují solární články třetí generace. Zde je hlavním cílem nejen snaha o maximalizaci počtu absorbovaných fotonů a následně generovaných párů elektron - díra („proudový“ zisk), ale i maximalizace využití energie dopadajících fotonů („napěťový“ zisk fotovoltaických článků). Existuje řada směrů, kterým je ve výzkumu věnována pozornost (*Sunbird 2009*).

- vícevrstvé solární články (z tenkých vrstev)
- články s vícenásobnými pásy
- články, které by využívaly „horké“ nosiče náboje pro generaci více párů elektronů a děr
- termofotovoltaická přeměna, kde absorbér je současně i radiátorem vyzařujícím selektivně na jedné energii
- termofotonická přeměna, kde absorbér je nahrazen elektroluminiscencí
- články využívají kvantových jevů v kvantových tečkách nebo kvantových jamách
- prostorově strukturované články vznikající samoorganizací při růstu aktivní vrstvy
- organické články (např. na bázi objemových heteropřechodů)

Zatím jediným komerčním příkladem dobře fungujících článků třetí generace (přímo navazující na FV druhé generace) jsou vícevrstvé struktury (dvovrstvé – tzv. tandemy a trojvrstvé články), z nichž každá sub-struktura (p-i-n) absorbuje určitou část spektra a maximalizuje se tak energetická využitelnost fotonů. Příkladem tandemového solárního článku je struktura skládající se z p-i-n přechodu amorfního (hydrogenovaného) křemíku (a-Si:H) a p-i-n přechodu mikrokrytalického (hydrogenovaného) křemíku ( $\mu\text{-Si:H}$ ). Tohoto materiálů se např. využívá komerčně právě pro trojvrstvé solární články, kde dva spodní články jsou vyrobeny s různou koncentrací Si a Ge. Základní podmínkou pro dobrou funkci vícevrstvých článků je, aby každý z článků generoval stejný proud. V opačném případě, horší (příp. nejhorší) z článků limituje dosažitelnou účinnost. Výsledné napětí je pak dané součtem obou (příp. všech) článků (Haller a kol. 2001).

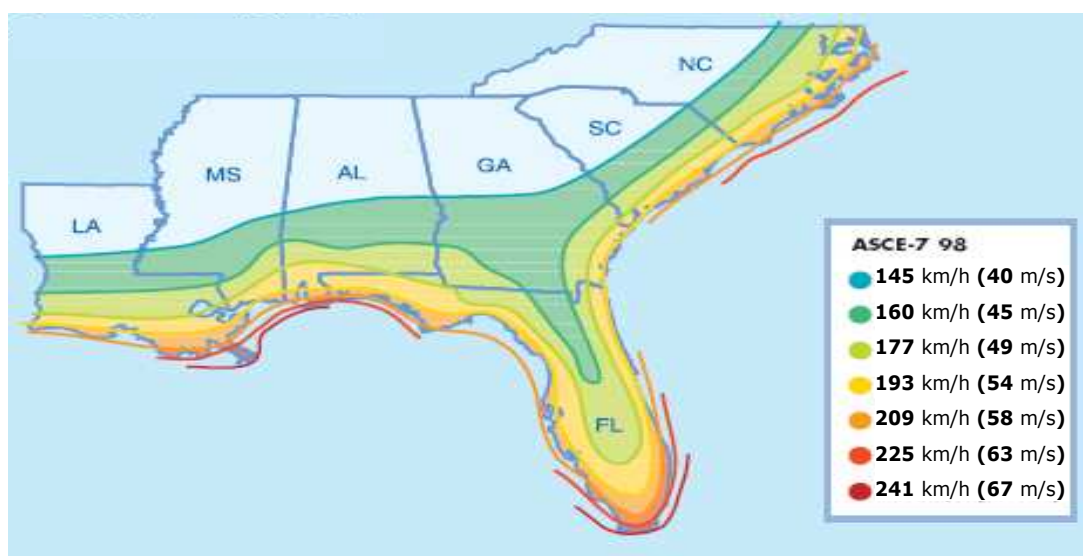
#### 4.4 OCHRANA PŘED HURIKÁNY

Poměrně novou oblastí využití PVB fólie jsou aplikace, které ochraňují před dopady silných bouří a hlavně v USA s ochranou před častými hurikány.

Při dopadu ničivé síly hurikánu na dům dochází nejčastěji k poškození oken a k jejich následnému rozbití. V tuto chvíli je volný prostor pro devastaci vnitřního zařízení domu. Alternativou je zabezpečení oken dřevěnými deskami. Bohužel tato ochrana není vždy uspokojivá, protože je potřeba zabezpečení předmětem sice pevným, ale také pružným, který je schopen absorbovat neustálý tlak hurikánu.

Tato kritéria splňují laminovaná skla s PVB fólií vyvinutou právě pro tuto ničivou sílu hurikánu. Odlišností od běžné PVB fólie je větší tloušťka produktu 2,28mm, ale i složení PVB, kde je použito menší množství změkčovadel a tím dosaženo požadovaných vlastností. U takto složeného skla je předpoklad, že se sklo rozbije, ale po celou dobu bude udržovat celistvost tabule a ochrání majetek občanů a eliminuje možné škody.

Takto složené sklo se podrobuje těm nejpřísnějším certifikačním a homologačním testům a zatím si vede velice dobře. Jeho použití je především ve spojených státech, kde dochází nejčastěji k ničivým přírodním katastrofám, které si každoročně vybírají oběti na životě a stojí domácnosti a pojišťovny obrovské sumy peněz (Jungwirth 2009).



Obr. č. 12. Průměrná síla hurikánu na jihovýchodním pobřeží USA. (Trosifol 2007).

## 5. ZDROJE PVB FÓLIE URČENÝCH K RECYKLACI

Výrobní linky celosvětově významných výrobců, jako je firma Solutia, DuPont, Sekisui a Kuraray produkují ročně tisíce tun PVB fólií určených k automobilnímu a stavebnímu použití, jenž budou dále lisovány ve zmíněných vrstvených bezpečnostních sklech. Odpad PVB fólie, který bude dále popsán, vzniká ve třech úrovních její existence:

1. při výrobě fólie samotné, kdy tato neodpovídá předepsaným požadavkům na kvalitu
2. při výrobě VBS, jedná se o odřezky fólie, tzv. trim,
3. při recyklaci použitých VBS (*Tupý a kol. 2008*).

### 5.1 ODPAD Z VÝROBY PVB FÓLIE

Tento druh PVB materiálu můžeme hodnotit jako nejčistší z celé škály recyklátů. Lze jej dále dělit na odpady, které jsou kontaminovány prachovými částicemi, špatně dispergovanými složkami ve fólii, které tvoří PVB, změkčovadlo, stabilizátory, přídavky pro nastavení adheze, pigmenty a další prvky systému. Tento typ se musí velmi důkladně hodnotit a většinou se přimíchávají k čistému materiálu jenom v menším množství, aby se udržely specifikované optické vlastnosti

Jiný typ výrobku, který nelze prodat zákazníkovi, ale lze jej podrtit a následně vrátit do vytlačovacího procesu, jsou okraje, které se musí odřezávat při výrobě fólie na ploché vytlačovací hlavě. Při vytlačování zde dochází na krajních stranách k nadměrné relaxaci této fólie a vytváří se tak zvaný neck in. Tato část šíře fólie neodpovídá jakostním normám.

Tyto role vznikají plynule se měnící recepturou složení fólie např. chceme-li změnit stupeň adheze PVB ke sklu. Jsou velmi časté, bez kontaminací a jsou vhodným vstupním materiálem pro linku zpracovávající recyklát. S celým know-how opětovné extruze PVB fólie včetně řízení stupně adheze PVB ke sklu, přijatelné žlutosti i požadované drsnosti povrchu se zabývá firma RETRIM-CZ sídlící ve Zlíně. RETRIM-CZ, kterou dnes plně vlastní společnost DuPont má již bohaté zkušenosti s přepracováním trimu na plnohodnotný produkt použitelný pro výrobu bezpečnostních skel, již od jejího zakladatele – institutu VÚGPT a od firmy FATRA Napajedla. V současné době se používá k recyklaci trim ze skláren a uvedené odpady z výroby světových producentů, které nevyhovují požadavkům na kvalitu této PVB fólie (*Tupý a kol. 2008*).

### 5.2 TRIM

Při výrobě vrstvených bezpečnostních skel je nutné odstranit okrajové defekty. To se provádí tak, že se vždy použije větší plocha fólie, než je plocha skla. Po první operaci, kdy se skla částečně fixují k fólii, se přesah fólie odřeže a vznikne odpad – odřezek (anglicky trimm), který se musí likvidovat.

Důvod proč si technologie výroby VBS vyžaduje při pokládání do skla větší přesah fólie, než je sklo je v tom, že PVB fólie je vysoce elastická a má tendenci se při odvinutí z role a při lisování smršťovat. Kdyby se fólie odřezala přesně na hraně skla, došlo by k při následném tepelném lisování k částečnému zajetí fólie do skla a na okrajích by se vytvořily viditelné defekty, které jsou nepřijatelné z hlediska požadované kvality VBS.

Množství trimu, které vzniká při výrobě VBS, je jednoznačně závislé na poměru geometrie vyráběného VBS automobilového skla a geometrie připraveného přířezu PVB fólie. Geometrie předních VBS je často nelineární a odpovídá celkovému designu karoserie vozu. Zpracovatelé fólie ve sklárnách se snaží snížit

objem odpadu postupy, které minimalizují rozdíl těchto geometrií. I tak se ořez fólie z vrstvených předlaminovaných skel pohybuje kolem 1-20cm, dle typu a tvaru laminovaného skla. Podle současného stavu technologie přípravy VBS se množství vznikajícího trimu při výrobě automobilových skel pohybuje kolem 7-10% z celkového množství zpracované fólie. To ukazuje, že množství čistého trimu, které je určeno k recyklaci, závisí na počtu vyrobených předních skel nových automobilů a náhradních VBS. Při roční výrobě 15 mil. aut v Evropě představuje kapacita trimu pro přepracování 1,5 až 2 tis. tun.

Trim vzniká také při výrobě VBS určených pro interierové použití. Vzhledem k menší tloušťce používané PVB fólie a vyšší kontaminaci tohoto trimu sklem při ořezávání vrstvených skel je podíl tohoto trimu na sběru menší a provádí se jen v malé míře (Tupý a kol. 2008).



Obr. č. 13. Odpad při výrobě laminovaných skel

### 5.3 REKUPEROVANÁ FÓLIE Z AUTOMOBILOVÝCH SKEL

Touto možností použití rekuperované PVB fólie z automobilových skel se zabývá několik firem mající zájem na přepracování tohoto levně nabytého materiálu, tak i výrobci rekuperované fólie, pro něm je tento polymer odpad a rádi by je nějak zužitkovali a nemuseli platit za jeho likvidaci. Firmy, které recyklují odpadní automobilní VBS jsou např. MAGNA, Shark Solution nebo NIPPON Sheet Glass, Slovakia Consulting, Sklopan liberec, PATÉ a další. Tyto firmy dodávají značné množství skleněného odpadu, který se přidává jako druhotná surovina do sklářských kamenů. PVB fólie se z různých důvodů dosud nerecykluje. V současné době probíhá testování jednotlivých recyklátů a hledání možnosti jejichž využití, případně návrh na změnu technologie recyklace (Tupý a kol. 2008).



Obr. č. 14. Smíchané odřezky z výroby čelních skel

## 6. TRÍDĚNÍ A NAKLÁDÁNÍ S PVB FÓLIÍ

Jako velká většina plastů, tak i polymery mezi, které patří PVB fólie jsou schopny dalšího zpracování a recyklace. Při zpracování této suroviny vzniká odpad, který nemusí zákonitě končit na skládkách nebo ve spalovnách, kde zákazník za tyto činnosti musí vynaložit finanční prostředky, ale při správném nakládání je zde možnost odprodeje a tím snížením vstupních nákladů při výrobě.

### 6.1 SBĚR A BALENÍ ODŘEZKŮ

Nejednodušší a nejefektivnější způsob sběru a balení odřezků je balení do plastických pytlů. Ve většině případech je to možné přímo při výrobě laminovaných skel a následném ořezu přebytečné fólie. Tímto způsobem zamezíme možnost kontaminace odřezků vnitřními nečistotami, protože skládání laminovaných se provádí v super čistých prostorách. Do plastických pytlů je nejvhodnější vkládat pouze jeden typ PVB fólie od jednoho výrobce, aby při následném zpracování podobné chemické a fyzikální vlastnosti. Váha odřezků by neměla přesáhnout 20 kilogramů a objemu 0.4m<sup>3</sup>, což je ideální tvarový objem pro zpracování na řezacím noži. Pytle s odřezky je vhodné v co nejkratší době uložit do finálního baleí, jelikož vlivem zvýšené teploty a vlhkosti dochází k degradaci PVB fólie a jejímu okamžitému tvrdnutí. Po pár dnech jsou odřezky tak tvrdé a slepené, že je nelze od sebe oddělit (*Popovič 2009*).

Ve většině případů zákazníci vhazují odřezky na zem, které se znečistí a dále nejsou vhodné pro opakovanou výrobu PVB fólie. Ale i takto znečištěná PVB fólie se dá prodat výrobcům lepidel a tmelů, kteří jsou schopni ji použít jako chemickou přísadu.

### 6.2 SKLADOVÁNÍ ODŘEZKŮ

A zde se dostáváme do poslední fáze před odesláním k dalšímu třídění a následné recyklaci. V tomto stadiu se velice často stává, že zhruba 30% již pracně vytříděných a uložených odřezků v pytlích se vyřadí a nedostane se ke koncovému spotřebiteli vlivem nevhodného skladování nebo manipulace.

Pokud je balení již zabaleno a připraveno k odeslání, je potřeba zajistit vhodné skladování palet na vyhrazeném místě do doby transportu. Obaly se plní postupně a svos se provádí jednou za zhruba tři měsíce. Velice častým případem je poškození papírového balení deštěm, kdy je balení ponecháno bez ochrany a déšť v tomto případě pouze nezničí jen papírový obal, ale také se voda dostane dovnitř a znehodnotí odřezky. Je potřeba vytipovat takové místo, kde balení bude v suchém a pokud je to trochu možné, tak čistém prostředí. Jako ideální se jeví zákoutí výrobní haly nebo zbudovaný provizorní přístřešek.

Dalším problémem je manipulace s balením, kdy je potřeba zvýšené opatrnosti při přesouvání a stohování jednotlivých balení. Běžně se stává, že pokud se nalezne vhodné místo pro skladování, tak řidiči manipulačních vozíků poškodí obal, který je následně znehodnocen a dojde k poškození odřezků. Velice častým jevem je stohování po třech i čtyřech balení na sebe i když je na balení znázorněno pouze po dvou.

V praktické části se pokusím vysvětlit můj návrh jakým způsobem balení uchovávat a jak s nimi manipulovat.

## 7. RECYKLACE PVB FÓLIE

### 7.1 RECYKLACE FÓLIE Z LAMINOVANÝCH SKEL

Opotřebením nebo znehodnocením automobilu při nehodě vzniká velký objem automobilových skel. Při recyklaci autovraků, kde se jednotliví díly demontují a třídí vzniká nutnost recyklace všech jeho dílů, jsou-li opětovnému využití schopny. Povinnost recyklace se vztahuje i na přední automobilová skla vyrobená vrstvením, kdy je mezi dvě skla vložena fólie (*Tupý a kol. 2008*).

Dalším zdrojem, který v žádném případě nelze opomenout jsou vyřazená nebo poškozená laminovaná skla použitá v architektuře. Svým počtem nedosahují objemu vyřazených automobilních skel nicméně svým složením, kdy se používá více vrstev mezi jednotlivými tabulemi skla.

### 7.2 SUCHÝ ZPŮSOB RECYKLACE FÓLIE

Suchý způsob rekuperace byl vyvinut firmou ZIPPE Industrieanlage, jeho principem je mechanické stírání skla suchou cestou. Tento postup využívá např. firma Sklopan Teplice při recyklaci plochého, drátového i vrstveného bezpečnostního skla. Produktem procesu je pouze čisté sklo, PVB fólie je natolik znečištěna, že je ukládána na skládkách (*Tupý a kol. 2008*).

### 7.3 MOKRÝ ZPŮSOB RECYKLACE

Mokrý způsob je pro separaci skla z PVB fólie mnohem přijatelnější a to zejména proto, že voda je schopna zaručit výrazně efektivnější odplavení skelných střepeň a především má spolu se zvyšující se teplotou rušivý účinek na vodíkovou vazbu, která je, zodpovědná za velikost adhezivního spoje mezi zbytkovými OH skupinami na řetězci polymeru a polárním sklem. Je však třeba brát do úvahy ten fakt, že vyšší obsah vody způsobuje relativně velkou změnu mechanických, fyzikálních a chemických vlastností PVB fólie. Voda působí mezi molekulami jako změkčovadlo, což má za následek dočasné zblednutí fólie a snížení její pevnosti v tahu (*Matys 1973*).

### 7.4 PROBLÉMY RECYKLACE

Mokrý způsob separace skla od PVB fólie se v současné době jeví jako jediný použitelný pro dokonalou separaci a získání čistých složek jak anorganické, tak i organické fáze laminátu. Je třeba jej ještě důkladně studovat a po správné interpretaci chemismu procesu této separace stanovit přesný technologický postup. Za nejzávažnější problémy recyklace PVB fólie automobilních skel považujeme:

- zbytkové sklo v množství více jak 0,1 % v matrici PVB, které nelze již dále separovat a tím se tento recyklát stává nevhodným pro opětovnou extruzi PVB fólie, neboť částice skla ve fólii zvyšují zákal u vyráběných VBS,
- zbytky tmelů z těsnění skel,
- barevný sluneční pás čelních skel, který pak ve směsi fólií znehodnotí jejich požadované optické vlastnosti,
- nedostatečná identifikace výrobce fólií, jejich chemicko-fyzikální vlastnosti a použité změkčovadlo. Míchání více typů není povoleno, mění se vlastnosti PVB. Produkce PVB fólie, resp. odpadu z VBS má v celosvětovém měřítku stoupající charakter a je nutno se zaměřit na možnost její rekuperace tak, aby získaný PVB materiál byl z velké většiny zbaven skla i jiných nečistot a bylo jej možné použít jako materiál pro opětovnou výrobu fólie pro bezpečnostní vrstvená skla (*SPL Recycling 2011*).

## 8. NOVÝ PATENT RECYKLACE PVB FÓLIE

Metoda pro recyklaci polyvinylbutyralu na základě získání recyklovaného polyvinylbutyralu z vrstveného skla, které je pak rozbito a dojde k oddělení polyvinylbutyralu. Tento patent si v lonžském roce podala skupina pěti odborníků pocházejících ze Španělska a jižní ameriky, kteří jako první přišli komplexní metodou. Osobně se domnívám, že se nejedná v pravém slova smyslu o recyklaci, pouze návod jak nejlépe získat zatím nejlepší kvalitu PVB fólie a tu následně použít k recyklaci.

Tento proces lze rozdělit do fází v kterých nejprve PVB prochází chemickou úpravou pomocí činidla. Poté následuje etapa chemického ošetření, doplňující předešlou fázi prostřednictvím úpravy v tuhém stavu, aby došlo k získání zcela vyčištěného PVB připraveného k opětovnému použití při výrobě vrstveného skla. Process se vyznačuje tím, že činidlem je kyselina octová nebo ekvivalentní směs. Proces vyznačuje tím, že to může být provedeno na celé ploše přířezu PVB aniž by se přistoupilo k předchozímu procesu řezání. Předmětem vynálezu je získání vysoce čistého recyklovaného polyvinylbutyralu z laminovaných skla pro opětovné použití do vrstveného skla.

### Oblast použití

Tato specifikace popisuje metodu pro recyklaci polyvinylbutyralu (PVB), který je použitelný ve sklářském průmyslu, konkrétně ve výrobě vrstveného skla při použití především v automobilech a ve stavebnictví.

### Souvislosti vynálezu

Jak je známo, vrstvené sklo se skládá ze dvou nebo více vrstev skla, mezi nimi jedno nebo více vrstev PVB fólie. PVB fólie se používá jako vrstva mezi skly, vzhledem ke svým vynikajícím vlastnostem: Skvělá přilnavost na sklo, vysoká rázová pevnost, vysoká flexibilita, vynikající optická jasnost, vysoká stabilita (zejména proti ultrafialovému záření) nebo tepelná stabilita. V kontrastu se všemi výše uvedenými ctnostmi, k výrobě PVB je potřeba 6-9 vstupní suroviny, takže recyklace je technika, která může poskytnout tento produkt s vysokým stupněm přidané hodnoty. Likvidace materiálu skládkováním nebo spálením by znamenalo nemalý dopad na životní prostředí v důsledku znečištění ovzduší.

V minulých letech proběhli úspěšné pokusy oddělit sklo od PVB, nicméně tota PVB, bohužel není vhodná pro opakované použití díky vysokému obsahu kaučuku a skleněných zlomků. Flotační separace a různé taveniny a filtrovacích metod vyústila v materiál čistší, ale i přes velké množství znečišťujících částic, jako jsou guma a sklo, které působí na kvalitu výsledného materiálu, který nebude dostatečně přijatelný pro jeho opětovné použití v různých typech aplikací. Úsilí vynaložené pro aktuální recyklaci PVB získaného z vozidel s ukončenou životností (ELV) byla obrovská, ale použité technologie nedosáhly na odstranění plastu, který je čištěn v ně dostatečně vysoké míře. Až do dnešního dne, nižší aplikace, jako jsou obklady, zvuková izolace, asfaltových směsí, atd. byly uzpůsobeny pouze na využití recyklovaného PVB (*Fernandez a kol. 2010*)



## 9. DEGRADACE POLYMERŮ A PVB FÓLIE

Ve srovnání s jinými látkami se polymery vyznačují značnou odolností vůči korozi. Vzhledem k této své vlastnosti našly uplatnění jako ochranné prostředky proti korozi jiných materiálů – kovů, dřeva, stavebních hmot, apod. (*Doležel 1981*).

Polymerní materiály nejsou nikdy při svém praktickém použití vystaveny vlivu jediného degradačního faktoru, ale vždy jejich kombinaci. Některé z těchto faktorů mohou polymer degradovat, jak chemicky, tak fyzikálně či fyzikálně-chemicky, a to i současně. Některé faktory působí na polymer protichůdně a při jejich spojení je výsledná degradace polymeru menší, než když tyto působí izolovaně. V praxi většinou ale dochází k tomu, že jejich součinností je poškození polymeru větší (*Měřínská a kol. 2008*).

Korozi polymerů lze definovat jako nežádoucí změnu jejich chemického složení, a proto i vlastností, způsobenou vnějšími podmínkami a vedoucí ke znehodnocení výrobku. Korozi mohou způsobit různé vlivy, např. povětrnostní, vlivy mikroorganismů, zvýšené teploty, chemických činidel (*Ducháček 2006*).

Makromolekulární látky se chovají z hlediska chemické reaktivity podobně jako látky nízkomolekulární obdobného chemického složení. Odlišný je však průběh reakcí. Chemické reakce polymerů, na rozdíl od reakcí nízkomolekulárních látek, neprobíhají většinou v homogenním nýbrž v heterogenním systému. O průběhu těchto reakcí rozhodují především pochody, při kterých následkem tepelného pohybu makromolekul přechází určitá látka z jedné fáze do druhé ve směru nižší koncentrace nebo tlaku a tak postupně proniká hmotou polymeru. Tyto pochody zahrnuje pojem difúze (*Doležel 1981*).

K nežádoucím změnám polymerních materiálů nedochází jen při aplikaci výrobků, ale může k ní docházet i v závěrečných fázích výroby nebo při zpracování polymeru a to nejčastěji vlivem tepelného nebo mechanického namáhání. V takových případech mluvíme zpravidla o degradaci polymeru. Je velmi žádoucí studovat průběh degradace, podmínky, při kterých k ní dochází a následnou vhodnou skladbou směsí či volbou zpracovatelských podmínek korozi a degradaci omezovat, nebo jim dokonce předcházet.

### 9.1 DEGRADACE PŮSOBENÍM KYSLÍKU

Vzdušný kyslík, oxidující zejména za zvýšených teplot některé nízkomolekulární látky, působí obdobným způsobem i na polymerní materiály. Na změny jejich fyzikálních vlastností má však nesrovnatelně větší účinek. Na odolnost polymeru vůči působení vzdušného kyslíku má významný vliv kromě chemického složení polymeru i difúze a rozpustnost kyslíku v polymeru, jež souhrnně charakterizujeme propustností polymeru pro kyslík. Oxidace, v případě polymeru označována spíše jako tepelně oxidační degradace je autokatalytický proces. Náhodně vznikající hydroperoxydy a jejich rozkladné produkty, které tuto řetězovou radikálovou reakci iniciují, jsou zároveň jejími katalyzátory.

Složitější poměry panují při oxidaci polymerů, jejichž makromolekuly obsahují heteroatomy. Např. v případě polyvinylchloridu nebo polychloroprenu komplikuje oxidaci ještě odštěpování chlorovodíku, tzv. dehydrochlorace, a s ní související vznik dvojných vazeb. Některé polymery, např. epoxidové pryskyřice nebo polyakryláty, se oxidují pouze při vysokých teplotách. (*Doležel 1981*).

## 9.2 DEGRADACE PŮSOBENÍM VYSOKÝCH TEPLOT

Účinek zvýšené teploty se u polymerů může projevit dvojím způsobem. V prvním případě polymer měkne, případně se přijatým teplem zvyšuje jeho kinetická energie až do míry, kdy překoná přitažlivé síly a polymer se začne projevovat jako kapalina. V druhém případě dochází ke změně struktury polymeru. Mluvíme o degradaci polymeru, ke které dochází buď depolymerizací, kdy se makromolekulární látky štěpí na nízkomolekulární produkty, eventuálně až na monomer, aniž se změní jejich chemické složení, nebo destrukcí, odštěpováním nízkomolekulárních zplodin a změnou chemického složení. Destrukce se může projevit, zejména v závěrečné fázi procesu, buď vznikem dvojných vazeb a následnou karbonizací polymerního systému, nebo vznikem intermolekulárních vazeb – síťováním (*Popelková 2009*).

K depolymerizaci dochází u polymerů, jejichž makromolekuly neobsahují skupiny schopné chemicky reagovat při teplotách depolymerizace, nebo je-li jejich vazebná energie příliš vysoká. Rychlost produkce monomeru při pyrolýze takových polymerů se vysvětluje řetězovou reakcí, při níž se začne uvolňovat monomer od konců makromolekulárních řetězců. To se týká např. polymethylmetakrylátu nebo polytetrafluorethylenu. Polymery, které obsahují snadno odštěpitelné reaktivní skupiny, uvolňují nízkomolekulární produkty (např. vodu, chlorovodík, alkohol), tj. destrukují dříve než by mohlo dojít k jejich depolymerizaci. Např. polyvinylchlorid a polychloropren se rozkládá za vzniku chlorovodíku, polyvinylacetát za vzniku kyseliny octové. Degradací síťování převládá nad štěpnými reakcemi např. při tepelném stárnutí pryží z homopolymerů a kopolymerů butadienu nebo v závěrečné fázi destrukce polyvinylchloridu (*Doležel 1981*).

## 9.3 DEGRADACE MECHANICKÝM NAMÁHÁNÍM

Při mechanickém namáhání, jako válcování, hnětení, mletí atd. dochází, zvláště za přítomnosti vzdušného kyslíku, k degradaci polymerních řetězců a k jejich zkracování. Tato mechanická degradace může probíhat jak radikálově, tak i iontově. degradace probíhá v případě, kdy jsou v makromolekule méně pevné iontové vazby, nebo když je pevnost těchto vazeb snížena polaritou prostředí. Rychlost degradace je závislá především na frekvenci pohybu, teplotě, přítomnosti kyslíku, charakteru a velikosti částic přidávaných látek a samozřejmě na struktuře a složení polymeru. (*Doležel 1981*).

Je-li polymer vystaven současně působení chemického činidla či kyslíku a zároveň mechanickému namáhání, je korozní účinek daleko vyšší. Tomuto jevu říkáme koroze za napětí a je charakterizována vznikem jemných trhlinek, které postupně rostou a v místech nejvíce namáhaných může dojít až k praskání výrobků. Koroze za napětí některých polymerů je ovlivněna také způsobem a kvalitou jejich zpracování, zejména zpracovatelskou teplotou.

Obecně se usuzuje, že nepříznivě působí takové zpracovatelské vlivy, které způsobují vzrůst vnitřního pnutí ve výrobku, tj. nesprávná rychlost ochlazování výrobku po jeho vytvarování, nevhodně na něj působící síly během další manipulace, ale i příliš velké napětí vzniklé během tvářecího procesu apod. (*Doležel 1981*).

## 9.4 ODOLNOST PVB PROTI DEGRADACI

Chování měkčeného PVB připomíná pryž. U pryže je její elasticita dána síťováním, zatím co u PVB jde o případ dlouhých asymetricky zamotaných molekul, které jsou absolutně amorfní a navíc s přidavkem až 30 % změkčovadla.

Podobnost PVB s pryží se usuzuje zejména na základě vysoké molekulové hmotnosti; PVB se dá oproti pryži tavit a přetvářet, je transparentní a částečně polární. PVB je citlivý na smykovou, oxidační, světelnou a tepelnou degradaci.

Při přepracování za studena (do 100 °C) je PVB materiál namáhán na smyk, převažuje mechanické trhání řetězců, jež jsou velmi reaktivní a za přítomnosti vzdušného kyslíku téměř okamžitě reagují za vzniku peroxidových radikálů a hyperperoxidů. Tyto následně přechází na stabilní molekuly, zakončené skupinami –OH, –COOH, =CO a –CHO. Materiál vlivem rapidního snížení molekulové hmotnosti rychle ztrácí pevnost v tahu a viskozitu. Při přepracování za tepla (nad 160 °C) materiál měkne, jeho namáhání na stříh a smyk se výrazně snižuje. Tento fakt má za následek snížení účinnosti plastikace materiálu při zpracovatelských operacích. Se vzrůstající teplotou, v přítomnosti kyslíku, se začíná projevovat degradace termická a termooxidační. Intenzita této degradace je přímo úměrná vlivu mechanické energie, tepla a koncentraci kyslíku. (Popelková 2009).

PVB materiál je rovněž citlivý na společné působení UV záření a kyslíku, kdy kombinací těchto degradačních faktorů dochází k fotodegradaci, polymer se radikálově štěpí za vzniku nestabilních peroxidových radikálů a hyperperoxidů a tyto vlivem působení kyslíku následně hydroxylově, karboxylově, karbonylově či ketonicky zakončují rozštěpený řetězec; snižuje se molekulová hmotnost materiálu (Jiránek 2009)

Vlivem hydrolýzy PVB se typický 1,3-dioxanový kruh na jeho řetězci rozkládá a eliminací vznikají nízkomolekulární látky jako butyraldehyd, butenal, kyselina octová a některé další degradační produkty. Na původním řetězci tak zůstane hydroxylová dvojná vazba, případně hydroxylová skupina. Voda je v PVB vždy absorbována ze vzduchu vlivem jeho hydroskopie (Popelková 2009).

Ovšem při aplikacích PVB do laminovaných skel k těmto degradacím většinou nedochází. PVB fólie je mezi skly chráněna od působení vzdušného kyslíku i UV záření, jež běžné sodnovápenaté skla z velké části absorbují. Dále je PVB fólie mezi skly chráněna před degradací chemickou, fotodegradací, smykovou degradací, biodegradací a dalšími, které by mohly materiál jakkoliv poškodit. Vzhledem k přítomnosti termostabilizátorů v polymeru je zamezeno i tepelné degradaci vlivem slunečního záření (Měřínská a kol. 2008).

## 10. CÍL DIPLOMOVÉ PRÁCE

Cílem diplomové práce je z efektivit třídění odřezků polyvinyl butyralové fólie a zamezit zbytečnému a nákladnému skládkování této suroviny, která se dá velice dobře opětovně použít při prvovýrobě. Zde je potřeba zmapovat jak vytipování výrobci laminovaných skel nakládají s tímto odpadem a zda jsou si vědomi jeho dalšího využití a zpracování.

Dále se zaměřím jakým způsobem jsme schopni snížit náročnost procesu na tuto surovinu. To znamená přizpůsobení jednotlivých šířek PVB fólií současnému procesu a skladbě výroby, vytipování možnosti skladování více šířek PVB rolí a zlepšit ořezávání přetoků PVB fólie. Pokud dojde k navýšení počtů druhů a rozměrů PVB fólie, tak bude zapotřebí připravit řešení kam tyto role umístit.

Pokusíme si spočítat kolik výrobce laminovaných skel stojí jednotlivé operace a kde by se dali ušetřit náklady při výrobě a při zamezení potencionálnímu uložení odřezků na skládku.

Na základě těchto těchto poznatů bude vytvořena studie třídění a sběru PVB odřezků, která by měla vyústit přes oficiální instrukci k plně hodnotnému nakládání s odpadem.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 11. METODIKA NÁVRHU SBĚRU A TŘÍDĚNÍ ODŘEZKŮ

Je potřeba zdůraznit, že odpadu vzniká stále více a více, protože si lidé pořizují stále více nových věcí. V první řadě bychom proto měli uvažovat tak, aby při naší práci vznikalo co nejméně odpadu. Pokud ale už vznikne tolik odpadu, tak bychom ho měli snažit alespoň recyklovat. Slovo recyklace znamená opětovné využití odpadu. Díky recyklaci můžeme výrazně snížit množství uloženého odpadu. Rozumným využitím odpadu si zároveň šetříme zdroje, ze kterých se původně materiál vyrobil. Tříděný odpad se ale ještě musí roztřídit, což je někdy velice náročné (Božek a kol. 2003)

Nejdříve bude důležité se seznámit se situací ve vytipovaných závodech, jakým způsobem probíhá výroba laminovaných skel a kolik odpadu při této výrobě vzniká. Dále je potřeba se zaměřit na snížení vzniku odpadů, eliminací stávajících výrobních parametrů a spustit sběr a třídění odřezků. V poslední řadě budou provedeny návrhy, které povedou ke snížení náročnosti na tuto surovinu.



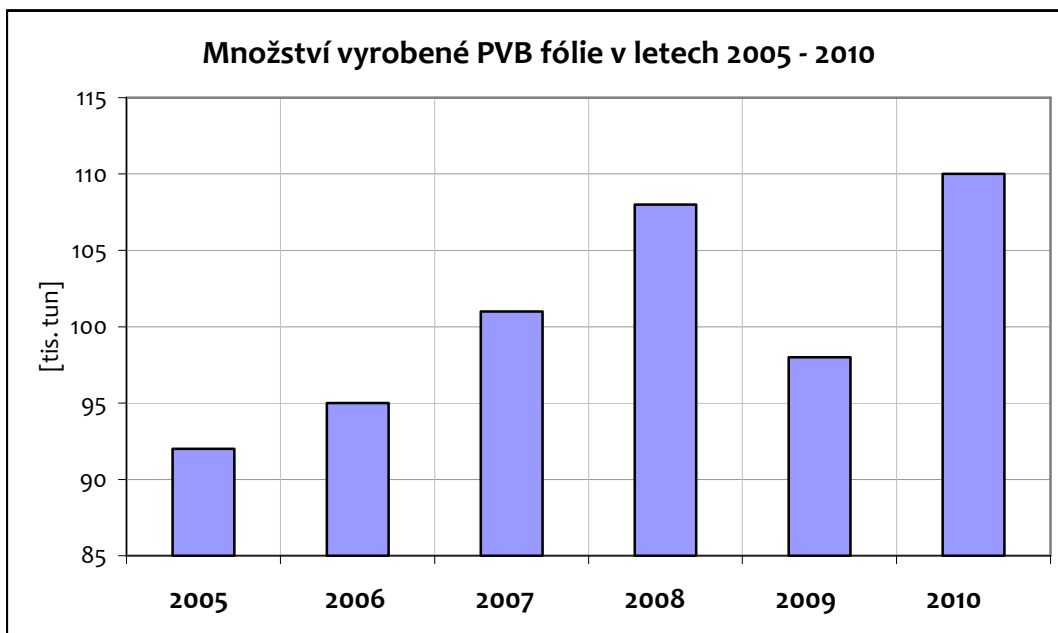
Obr. č. 15. Skládka severně od Kaunasu, kde jsou ukládány plasty a PVB (Eskauskait 2009).

### 11.1 PROČ TŘÍDIT PVB ODŘEZKY

Pokud se ponoříme do světa čísel, tak zjistíme, že čtyři nejvýznamější výrobci této suroviny vyrobí ročně více jak 110 tis. Tun polyvinyl butyralové fólie pro architekturní a automobilní průmysl. Tento trend je stopající pouze byl zaznamenán pokles v roce 2009 po vypuknutí světové hospodářské recese v roce 2008. Následně již v loňském roce se vyrobilo nejvíce této suroviny v historii. Do tohoto grafu nebyly zařazeny údaje od čínských výrobců, jelikož nejsou známy, ale je zde předpoklad, že se na čínském trhu vyrobí zhruba 20 tis. tun a do roku 2015 se minimálně ztrojnásobí. V současné době je to nejrychleji rostoucí trh na světě.

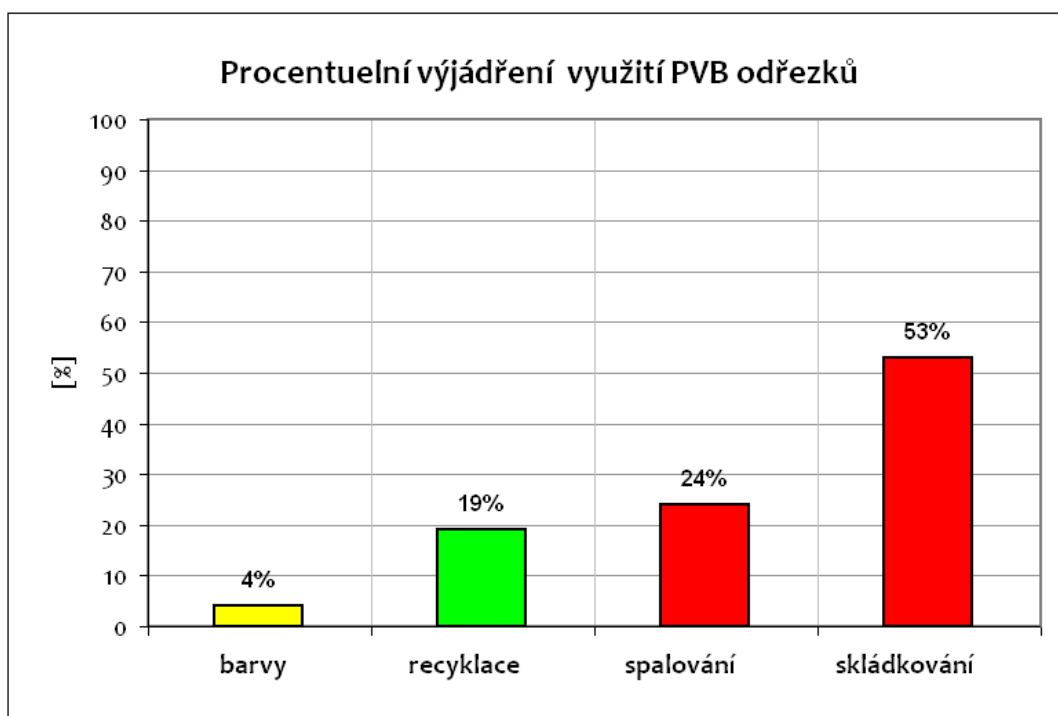
Při zpracovávání u koncových zákazníků vzniká odpad v podobě odřezků, který se pohybuje v rozmezí 7-10% v závislosti na tvaru skla. Pokud budeme pracovat s údajem 10%, tak zde máme 11 tis.tun odpadu, který čeká na své další

využití. Za loňský rok bylo z odřezků vyrobeno zhruba 2 tis. tun recyklované PVB fólie a velmi nepatrné množství bylo použito při výrobě barev. Otázkou zůstává, kde skončilo zhruba 9 tisíc tun odřezků, které vznikly při výrobě laminovaných skel.



Obr. č. 16. Množství vyrobené PVB fólie v letech 2005 - 2010 ( *Vlastní sběr dat dle, Smith a kol. 2010*).

Samozřejmě, že nejvýhodnější variantou je opětovné zpracování tohoto materiálu a vyrobením recyklované PVB fólie. Ta se může zpracovávat při laminaci a znovu vytřídit a recyklovat. V tomto případě hovoříme o recyklaci, jelikož se takzvaný kruh uzavírá a snižuje se podíl vstupní suroviny vyráběné z neobnovitelných zdrojů. Toto má ovšem svá specifika a takto požadované odřezky musí splňovat přísná pravidla pro další zpracování.



Obr. č. 17. Vyjádření zpracování PVB odřezků ( *Vlastní sběr dat dle, Smith a kol. 2010*).

Pokud zpracovatel není schopen dodržet tyto přísná pravidla, tak se naskýtá další řešení v podobě odprodeje výrobcům barev, kteří tento polymer jsou schopni použít jako změkčovací přísadu pro nátěry. I v tomto případě jsou pro výrobce barev tyto odřezky levnější než kupovat či vyrábět tuto surovinu. Tento způsob využití dle mého názoru není v pravém slova smyslu recyklace, protože odřezky, které poslouží jako změkčovadlo při výrobě barev se již dále nedá použít. Ale i tento způsob využití odřezků je daleko výhodnější než následující likvidace odpadu metodou spalováním nebo skládkováním.

Bohužel poslední dvě metody jsou nejrozšířenější a zhruba 75% odřezků se nezpracovává a končí ve spalovnách a skládkách. Jednotlivé rozložení odřezků a metody zpracování je na obrázku č.16. Tyto možnosti by měli být jako krajní řešení a zaměřit se na recyklaci zhruba 8 tis. tun odřezků.

Jestliže ve vyspělých státech západní evropy jako je Německo, Francie a Skandinávie recyklace odřezků bezproblémů funguje, tak na druhou stranu v ostatních zemích je v plenkách. Vyjimku tvoří velké podniky či korporace, které si uvědomují veškeré dopady na průmysl, ekonomiku a také samozřejmě na oblast životního prostředí (*Glass processing day 2007*).

Na tomto základě jsem se rozhodl pro spolupráci se dvěma závody v Litvě, kteří se snaží snížit své náklady a být více konkurence schopné na trhu.

## 11.2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU U ZPRACOVATELŮ

Výběr padl na dva závody v Litvě, které se zabývají výrobou laminovaných bezpečnostních skel pomocí PVB fólie. Závody Panevėžhis stiklas a Maristika jsou podniky vlastněné zahraničním kapitálem, a objem výroby laminovaných skel nepřesahuje 80 tis.m2 za rok . Odpad z odřezků, který jim vznikne se pohybuje mezi 4-5 tunami za rok. Zajímalo mě jakým způsobem oba podniky nakládají s tímto vzniklým odpadem. Litva stejně jako Česká Republika a státy západní evropy jsou součástí neustále se rozšiřující se Evropské Unie a proto i zde platí stejně přísná pravidla nakládání s odpadem jako kdekoli jinde.

Velice mě zajímalo proč se obě společnosti nezbaví tohoto odpadu za finanční narovnání, když jim to výrobci PVB fólie nabízejí a raději vynakládají již tak chybějící finanční prostředky. Kontaktoval jsem výrobce PVB fólie společnosti DuPont a Trosifol, které oběma podnikům nabízejí zpětný odkup odřezků a zajištění dodání balení a transport. Oba mi potvrdili, že za poslední čtyři roky se jim nepodařilo zpětně vykoupit ani 1 kilogram odřezků.

Při pátrání příčin jsem zjistil, že by se rádi zbavili tohoto odpadu a získali prostředky za odprodej odřezků, ale nejsou schopni dodržet pravidla pro zpětný odkup. Tou prvotní příčinou je samotný sběr suroviny. Ačkoli existují nějaké informace jak postupovat, tak se tak stejně neděje. Problémem je to, že není přesně stanoveno jak postupovat v tomto případě je potřeba připravit pracovní instrukci a vložit jí jako součást pracovního postupu, ale také kontrola dodržování ze strany nadřízených. Zaměstnanci v tom vidí práci navíc a pokud jim to nikdo nenařídil a nikdo je nekontroluje, tak samozřejmě tak nečiní.

Odřezky se odkládají jak se zaměstnancům hodí, převážně na podlahu, kde se znečistí. V průběhu nebo na konci směny odřezky vyhodí do obalů od dodavatele, které skladují na provozu nebo ve skladech, kde jim zabírají místo. Jakmile se naplní, tak ho nechají odvézt specializovanou firmou, které samozřejmě musí za likvidaci zaplatit.

Při prvotním setkání mi zaměstnanci sdělili snad sto důvodů proč to tak v současné době nečiní, ale já jsem chtěl slyšet alespoň jeden návrh jak by to šlo. S tímto stavem se obě společnosti nechtějí spokojit a proto vítají mou snahu jim pomoci a slíbili spolupracovat na řešení tohoto projektu.



## 11.3 PROVEDENÍ NÁVRHU

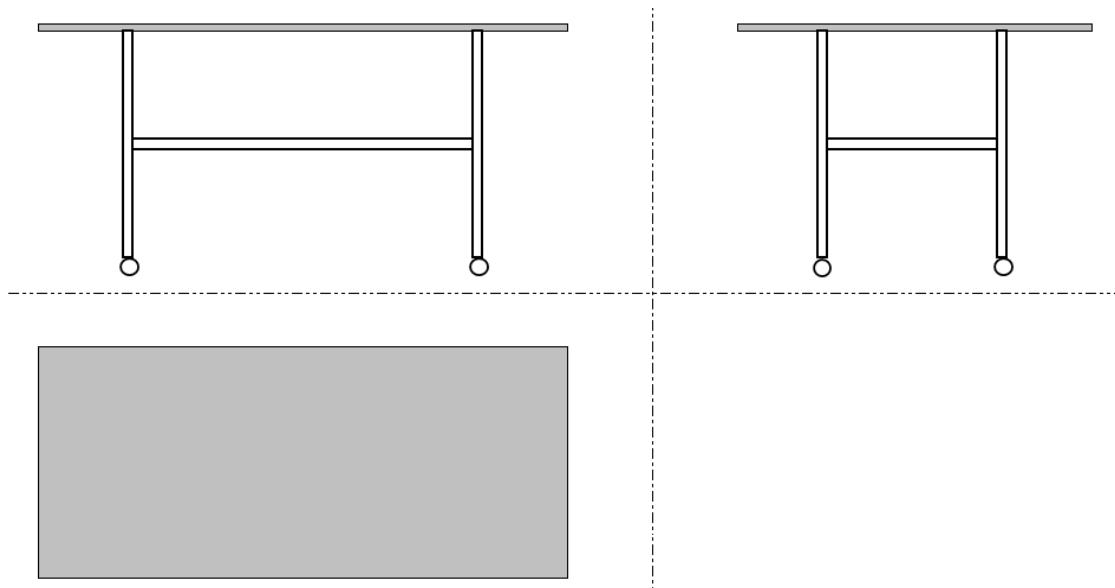
Samotný návrh na sběr a třídění PVB odřezků musí počítat s více kroky, které je potřeba učinit. Samotnému sběru a třídění předchází eliminace rozměrů přířezů, abychom snížili množství odpadu v tomto případě již zmíněných odřezků. Následným krokem bude nastavení přesných pravidel a postupů pro sběr a třídění PVB fólie.

### 11.3.1 ELIMINACE PŘÍŘEZŮ

Na samém počátku se dá velice jednoduše docílit snížení odřezků tím, že se objedná více šířek PVB rolí a dojde k větší variabilitě použití. V současné době se firmy snaží snížit své náklady tím, že objednají obvykle dva nebo tři rozměry PVB fólie. Při samotné výrobě vždy použijí ten rozměr fólie, který je rozměrově nejbližší danému rozměru skla. Pokud máte šíře od 1m přes 2m do 2,8m, tak zde dochází k velkému prořezu fólie a je potřeba pro ni nalézt další uplatnění. Jakmile dojde k tak velkému prořezu, tak je potřeba daný přířez uchovat pro další zpracování, které by mělo být do jednoho měsíce od odříznutí z role, protože poté dochází k větší absorpci vody a PVB přířez začíná ztrácet svoje fyzické a chemické vlastnosti, převážně dochází ke ztrátě drsnosti a přilnavosti povrchu. Takto odříznutý přířez musí zůstat ve skládacím prostoru a jeho skladování je možné buď v horizontální poloze při pokládání na stůl, který by měl být v minimálních rozměrech 1 x 2m, aby zde nedocházelo k prověšování přířezu a jeho deformování. Druhou variantou je je připravit zásobník horizontálních tyčí, kde by se odřízly přířez zavěšovat. Tato varianta je z mého hlediska vhodná pokud dojde k včasnému zpracování např. do týdne.

Obě společnosti využívali k odkládání zcela nevhodný stůl svými rozměry a použitým materiálem. Dřevo jako materiál do skládacího prostoru nepatří a nevhodnějším řešením je použití nehomogenního materiálu jako je sklo nebo kov. Na zcela malém stole docházelo k prověšování PVB přířezu, který se deformoval do nové polohy a při okamžitém vložení ho nebylo možné použít pro své zvlnění. V tomto případě osádka položila přířez na připravené sklo a snažila se přířez nahovnat. Tento zcela nevhodný způsob měl za následek daleko větší procento znečištění, protože olymery jsou elektrostatické a při snaze narovnávání dochází při kontaktu pracovníka obsuhy ke vzniku elektrického náboje, který začne přitahovat veškeré nečistoty uvnitř skládacího prostoru.

V první části jsme se rozhodli změnit odkládání přířezů na zcela nevhodný stůl a jeho nahrazení novým, který by splňoval požadované rozměry. Při volbě materiálu odkládací části stolu jsem měli možnost výběru mezi sklem a nerezovou ocelí (použití oceli není vhodné protože by se musela opatřit nátěrem, který by po čase způsoboval problémy s odíráním barvy). Sklo je sice levnější, ale na takový rozměr by bylo nutné použít laminované sklo o tloušťce minimálně 2x10mm, což by představovalo velkou váhu odkládacího stolíku a sníženou manipulaci. Nejvhodnějším řešením je použití nerezového plechu o tloušťce 1,5mm, který je dostačující a velice nenáročný na údržbu. Jako základ konstrukce jsme použili jakl o rozměrech 40x15mm ze kterého se svařila základní nosná část a jako odkládací plocha nám poloužil již zmíněný nerezový plech, kde byly hrany stolu ohnuty do spodní části a zamezilo se případnému poranění. Stolík je opatřen kolečky pro snadnější manipulaci uvnitř skládacího prostoru. Prvotní jednoduchý náčrt je vidět na obrázku č.17, který posloužil jako předloha pro výrobu stolíku.



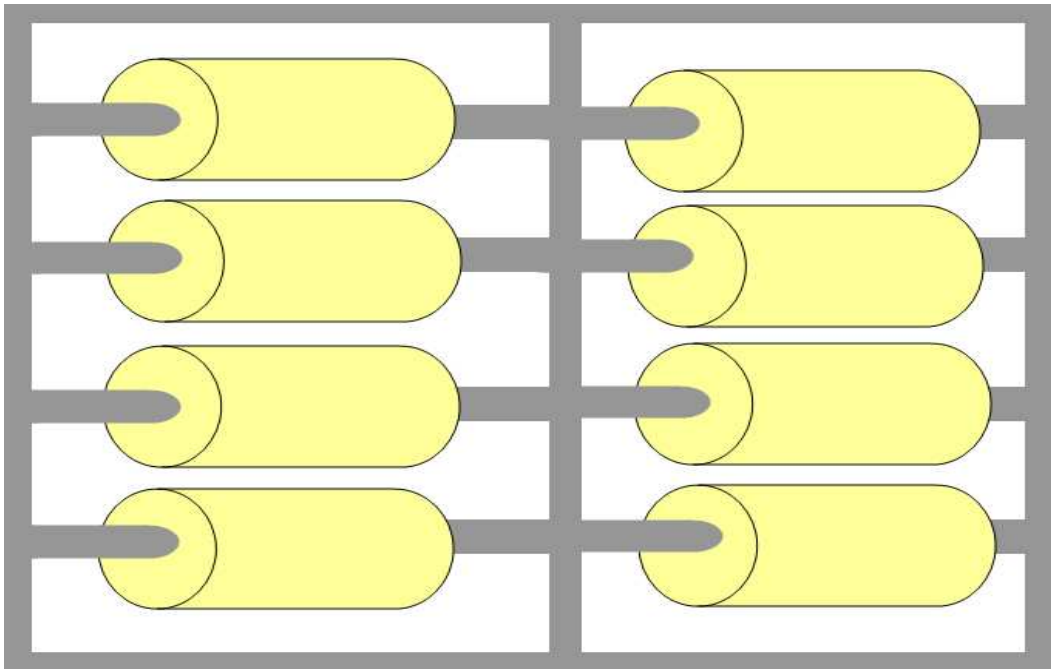
Obr. č. 18. Nákres jednoduchého odkládacího stolíku pro přířezy PVB fólie

Výrobou tohoto stolíku jsme snížili znehodnocení stávajících přířezů o zhruba 75%, protože dle vyjádření bylo možné zcela bez dalších obav použít jeden přířez ze čtyř, jelikož u ostatních se objevili následné vady po autoklávování. Při používání tohoto odkládacího stolíku jsme po dobu jednoho měsíce označovali skla, které byla složena fólií ze stolíku štítky a po autoklávu bylo pouze jedno sklo vykazující vadu. Z 52 kusů je to velká změna směrem k lepšímu.

Použití odkládacího stolíku je pouze jednou variantou, která se snaží eliminovat ztráty vzniklé neodborným uchováním odřízých přířezů, ale i přesto dochází ke ztrátám, protože výroba v časovém horizontu jednoho měsíce nenalezne vždy uplatnění pro stávající přířezy. Podle propočtů se likvuje měsíčně zhruba 40 až 50 m<sup>2</sup> PVB přířezů. Vyřazením zhruba 500m<sup>2</sup> za rok odpovídá jedné roli PVB fólie, která by mohla být zužitkována.

Osobně navrhuji řešení kdy se rozšíří škála rozměrů rolí a nebude docházet k velkému prořezu. První podmínkou je stanovení nepravděpodobnější škály produktů a tu jsem získal kontrolou rozměrů výrobků za poslední dva roky. Více jak 93% výrobků se pohybuje v rozmezí 1,45 až 2,25m a 80 % výroby je v rozmezí 1,6 až 2,1m. Pokud se rozhodneme pro tuto variantu navrhuji objednání šíře rolí od 1,5m do 2,3m vždy odstupňované po 10cm. Tímto způsobem bude za potřebí devíti druhů šířek PVB fólií. Pokud se zákazník rozhodne pro tuto variantu, tak v žádném případě nedojde k nárůstu nákladů, protože vždy objednával měsíčně zhruba 18 rolí ve třech rozměrech. V tomto případě dojde k objednání podobného množství ve více rozměrech. Toto se zdá jako velice rychlá a jednoduchá metoda, kdy jsme schopni eliminovat prořez PVB fólie a snížit náklady. Ale tak jednoduché to zas není. Jakmile budeme používat více rozměrů, tak musíme pro tyto role nalézt místo ve skládacím prostoru. Součástí laminovací linky je zásobník pouze pro tři rozdělané role. Teď je na místě otázka kam s ostatními rolemi, které rozbalíme. Otevřené se musí skladovat pouze za velice přísných teplotních a vlhkostních parametrů a ty máme pouze ve skládacím prostoru. Ukládáním otevřených rolí ve vertikální poloze je zcela vyloučeno z důvodu manipulace. Nejlepším způsobem je uchování rolí v horizontální poloze, ale role nesmí ležet na zemi, aby nedocházelo k degradaci povrchu PVB fólie.

Řešením je zbudování fixního zásobníku na stěnu skládacího prostoru. V tomto případě je možné skladovat osm rolí. Viz obr. č.18



Obr. č. 19. Skladovací zásobník pro PVB fólie umístěný na stěně skládacího prostoru

Jako druhá varianta je možné použít skladovací otočný zásobník, který je schopen pojmout až deset PVB rolí a je možné s ním dle potřeby manipulovat. Viz Obr.č.19. Nevíhodou bude pořizovací cena, kdy u automatické verze je cena 10 000 EUR a manuální verze je o tři tisíce levnější.



Obr. č. 20. Skladovací zásobník pro PVB fólie

Pro naše potřeby dostatečně poslouží skladovací zásobník umístěný na stěnu, který je možné vyrobit z závodě svépomocí a cena materiálu a práce nepřesáhne 1500 EUR. Návratnost této investice v porovnáním s eliminací vyřazených přířezů je do tří měsíců. Další úsporou je odpadnutí manipulace rolí ze skladu do skládacího prostoru.

### 11.3.2 SBĚR A TŘÍDĚNÍ ODŘEZKŮ

U obou firem se hovoří ošetření nákladů, ale v tomto případě se jedná opravdu pouze o slova, která nejsou uvedena v praxi. Obrovským problémem je stanovení jasných a závazných podmínek vedením firmy jakým způsobem nakládat s touto surovinou. Pokud se podaří připravit nějaké nařízení nebo předpis, tak po nějaké době je situace obdobná, protože nedochází ke kontrole požadovaného stavu. Zaměstnanc si vždy najdou skulinku jak předpis obejít a práci si ulehčit, ale od toho je zde jejich nadřizený, který by měl provádět kontrolu a v žádném případě se nesmířit s jakoukoli odpovědí. Pouze důsledná kontrola může zabezpečit zlepšující stav.

Výrobci PVB fólie, kteří se snaží vykupovat odřezky již definovali požadavky pro výkup suroviny, ale jakým způsobem budou sbírat a třídit surovinu zpracovatel si musí stanovit oni sami. Jelikož zde jsem viděl nejužší místo návrhu, tak jsem se dohodl se zástupci společnosti Kuraray, abychom stanovili pravidla pro sběr, aby bylo dosaženo požadované kvality odřezků pro další zpracování.

Nejdříve bylo nutné si zmapovat oba procesy u výrobců laminovaných skel, které jsou velice podobné i skladbou výrobků. Hned v první části bylo důležité nastavit kam s odřezkem. V předchozí době tyto odřezky odkládaly po různu ve skládacím prostoru a docházelo k jejich znečištění. Takto povalující se odřezky se jednou za čas odnesly a ukládaly do papírových krabic a zde čekaly jak se s nimi dále naloží. Většinou končili ve skladech nebo rozích hal, kde nebylo vhodné místo pro skladování a způsobovali nepřiliš pěkný obraz. Viz Obr.č.20



Obr. č. 21. Poházené odřezky PVB fólie ve skladu výrobní haly

Výrobci PVB fólie dodají zpracovateli veškerou balící techniku zpracovateli a ten zajistí vytřídění odřezků za které dostane zapláceno. To znamená, že součástí dodávky bude PE pytel na kterém bude nadepsán nebo lépe předtištěn druh PVB fólie, který se bude do pytle vkládat. Zde vystala první věc, kterou je potřeba dodržet a to je jakým způsobem budou pracovníci skládacího prostoru vkládat odřezky do pytlů. Tato činnost je nesmí v žádném případě omezovat, protože by hledali cestičky jak tuto činnost obejít. Jako řešení jsem navrhl dvojitou odkládací nádobu s víkem (viz Obr. č.21), kde se použijí již zmiňované nadepsané pytle. Výhodou tohoto odkládání je, že pracovník nemusí dělat zbytečné operace, nádoby má u sebe a dvojitě balení vydrží pracovníkovi celou směnu. Při odchodu balení vymění a

připraví pro další směnu. Nespornou výhodou je udržování pořádku ve skládacím prostoru.



Obr. č. 22. Dvojitá nádoba s víkem pro sběr odřezků

Společně s vedoucími výroby u zpracovatelů jsme připravili pracovní instrukci, která byla vložena do pracovního postupu zmiňovaného procesu. V praxi to znamená, že zaměstnanci jsou povinni se touto instrukcí řídit a dodržovat ji. V případě nedodržení hrozí zaměstnanci trest v podobě stržení určitého finančního obnosu, který je stanoven manažerem výroby.

Přípravná návodka obsahuje tyto instrukce:

- Odřezky se budou vkládat do předtištěných pytlů, kde bude zaznamenán typ PVB fólie a váha jakou je možné vložit do pytle
- Do pytlů nepatří plastové kelímky, žiletky, znečištěné odřezky a suroviny spadající do komunálního odpadu.
- Po naplnění se pytel zaváže, aby nedošlo k rozsypaní a vloží se do papírového obalu který je schopen pojmout zhruba 20 pytlů.
- Papírový box bude umístěn ve skladu hotové výroby a po naplnění se zapáskuje textilní páskou a označí se údaji o typu a počtu odřezků
- Po zapáskování je možné stohovat pouze dva obaly na sebe, aby nedošlo k poškození obalů.
- Pokud dojde k znečištění odřezků, tak se budou společně ukládat předem nadepsaného balení, které bude nabídnuto výrobcům barev

Již máme vytvořenou instrukci a nic nebrání sběru a třídění odřezků a nevyhovujících přířezů. V počáteční fázi je potřeba zvýšená kontrola nadřízeného, aby nedocházelo k pochybení v podobě nedodržování nebo obcházení instrukce.

## 11.4 SKLADOVÁNÍ VYTŘÍDĚNÝCH ODŘEZKŮ

Zde se dostáváme do poslední fáze projektu, kde je více operací, které mohou celou snahu třídění zhatit. Pokud již máme vytříděné a uložené odřezky

v papírových krabicích od dodavatele, tak je potřeba zajistit co nejšetrnější manipulaci a hlavně vhodné místo pro skladování krabic před odesláním k dodavateli. Jelikož se balení odváží např s novou dodávkou vstupního materiálu, tak doba potřebná pro skladování může být u obou firem až tři měsíce.

Ve firmě Maristika není absolutní problém se skladováním protože mají velký sklad přířezů skla, který je zaplněn zhruba ze 40% a ostatní prostory jsou nám k dispozici. Manipulace je zde velmi dobrá a nedochází zde k poničení balení. Zcela opačná situace je ve firmě Panevezhio Stiklas, kde po rozšíření výroby lahví chybí skladovací prostory a v současném provizorním přístřešku není možné papírové krabice skladovat, protože tam zatéká a došlo by k znehodnocení papírových obalů. Bylo mi přislíbeno, že před uložením papírových obalů bude přístřešek opraven, aby nedošlo k poškození. Při mé poslední návštěvě na konci ledna jsem bohužel zjistil, že se tak samozřejmě nestalo a pět obalů z osmi bylo poničeno deštěm a tajícím sněhem. Obaly jsme otevřely a zjistili, že ostatní operace byly provedeny v souladu s instrukcí a pytle je možné přemístit do nových papírových obalů. Pevně doufám, že si z toho zaměstnanci firmy ponaučení a pro příště bude oprava přístřešku uskutečněna nebo nalezeno vhodnější místo pro skladování. Naopak ve firmě Maristika nebyl shledán jediný problém a třídění funguje podle nastavených pravidel.

## 12. VÝSLEDKY

### 12.1 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO ŘEŠENÍ SBĚRU A TŘÍDĚNÍ

V současné době projekt stále pokračuje a již jsou známy první výsledky našeho snažení. V obou firmách se podařilo snížit počet vyřazených nebo reautoklávovaných skel o 90% vyrobením odkládacího stolíku. Obě společnosti si odkládací stolek vyrobili podle předloženého návrhu a používají ho. Další výhodou je zajištění pořádku ve skládacím prostoru. Při současném stavu jsou přířezy ukládány na jedno místo se kterým se dle potřeby dá velice dobře manipulovat. Z mého hlediska toto vidím jako provizorní řešení do doby než bude nastavena eliminace rozměrů přířezů pro jednotlivá skla.

V této fázi byly navrženy různé typy zásobníků pro PVB fólii, aby bylo možné více druhů skladovat ve skládacím prostoru. Ve firmě Panevezhio Stiklas je již vyroben zásobník umístěný na stěně skládacího prostoru pro 4 role. Přemístěním ovládacích prvků linky směrem více k zařízení vznikne místo pro další 4 role s PVB fólií. Celkem zde bude možné skladovat pro okamžité použití 11 rolí. Ve druhé firmě ještě nepadlo rozhodnutí pro jakou variantu se rozhodnou, protože uvažují o modifikaci skládacího prostoru, ktero by bylo zakoupení nového odvíjení rolí před skládáním se zásobníkem na 6, 9 nebo dokonce na 12 rolí. V tomto případě by se jednalo o zcela nejvýhodnější variantu, kdy není potřebné zhotovovat fixní nebo přenosný zásobník pro role. V tomto případě jsem jim navrhl společnost Benteler, která má na trhu a si největší zkušenosti a jejich zařízení má bezproblémový chod. Nespornou výhodou je prodloužená záruka a také pětiletý bezplatný servis. Investor se rozhodl pro firmu Benteler poloautomatickým zásobníkem pro dvanáct rolí, ale při instalaci bude instalováno pouze šest pozic. Zbylé pozice budou připravené pro dodatečnou montáž jakmile se zákazník rozhodne zakoupit zbylé pozice. Příčinou proč Maristika nespíchá s nákupem více rozměrů rolí je skutečnost, že výhledově objednala PVB role ve třech na šest měsíců a teprve po zpracování takto přebjedeného zboží.

Samotné třídění odřezků probíhalo zcela bez výhrad u obou společností. Nejdříve jsem připravil školení osádek jakým způsobem se bude třídění provádět a co je důležité dodržet. Následně vedoucí pracovníci vytvořili instrukci sběru a třídění odřezků, která se stala součástí pracovního postupu. Takto se stalo třídění oficiálním krokem, kteří jsou zaměstnanci povinni dodržovat a také se tak děje.

Posledním krokem bylo skladovat již vytříděné pytle s PVB odřezky, které byly uloženy do papírových krabic, které jsou připravené pro expedici pro odběratele. V případě Maristiky nebyl problém nalézt vhodné místo, protože skladovacího místa je dostatek. Vytipování vhodného místa zabezpečilo kvalitní místo bez poškození obalů. Jasným důkazem funkčnosti je odeslání první várky vytříděných odřezků ke zpracovateli a obdržení faktury za vytřídění odřezky. Naproti tomu Panevezhio Stiklas nezabezpečilo vhodný skladovací prostor a umístěním pod nevhodný přístřešek došlo naštěstí pouze k poškození papírového balení, ale odřezky zůstaly nepoškozené a došlo pouze k přebalení. Podle posledních informací byla střecha přístřešku opravena a byla zbudována jedna boční směna na kterou budou balení ukládána. Vše nasvědčuje, že je již nepříznivý způsob eliminován, protože zástupci firmy objednali odvoz deseti balení odřezků s další dodávkou, která by měla být uskutečněna ve 23.týdnu. Doufám, že přístřešek bude sloužit minimálně do konce září roku 2012, kdy by měl být hotov centrální sklad hotové výroby, kde je počítáno s prostorem pro odpadní materiály.

## 12.2 PROPOČET ZTRÁT

Při sběru dat o počtu vyprodukovaného odpadu v podobě odřezků v jednotlivých závodech jsem zjistil následující informace, které pocházejí za rok 2009. V případě Maristiky nebyly informace za rok 2010 uzavřeny proto jsem se rozhodl zhodnotit rok předešlý.

Společnost Panevezhio Stiklas vyprodukovala 5130kg PVB odpadu a Maristika obdobné množství v podobě 4350kg. Z tabulky č.1. je patrné, že obě společnosti vyprodukovali při výrobě laminovaných skel skoro shodně okolo 8% odřezků. Jelikož obě společnosti nepřeprodali odřezky zpracovatelům PVB fólií ani výrobcům barev, tak se ze zákona museli postarat o jejich likvidaci. V tomto případě se jedná o kategorii odpadu „Odpady z výroby, ze zpracování, z distribuce a zpracování plastů“ vedeným pod kategorizačním číslem 07 02 00. (Směrnice ES 98/2008). V rámci Evropské unie se nejedná o nebezpečný odpad a je možné ho skládkovat. Jelikož v Litvě není spalovna, tak jedinou možností je skládkování. Jediná skládka tohoto druhu, která se zaměřuje na skládkování polymerů mezi, které patří i plastyse nachází asi 5km severně od města Kaunas. Pro obě firmy se skládka nachází 109km resp. 68km.

Firma	cena 1m2	1kg (€)	objednané množství (m2)	objednané množství (kg)	celková cena (€)	podíl odřezků (kg)	podíl odřezků (%)
Panevezys	4.98	5.98	80000	64000	382464	5130	8.02
Maristika	5.04	6.05	66500	53200	321753.6	4350	8.18

Tab. č. 1. Udaje o cenách, objednaném množství a podílu vyprodukovaných odřezků

Při zjišťování cen likvidace této suroviny v České Republice se cena za jednu tunu tohoto odpadu pohybuje okolo 1228 Kč, naproti tomu v Litvě je cena podstatně vyšší a po převodu na euro se v roce 2009 pohybovala okolo 155 Euro, což odpovídá 3800 Kč. Z toho je patrné, že náklady na skládkování v porovnání již se zmiňovanou Českou Republikou jsou 3x vyšší. Viz Tab.č.2

podíl odřezků (kg)	cena skládkování (€/kg)	cena za skládkování (€)	transport na skládku (€)	Celková cena likvidace odřezků (€)
5130	0.155	795.15	163.5	958.65
4350	0.155	674.25	102	776.25

Tab. č. 2. Celkové náklady na likvidaci odřezků

V roce 2009 společnost Panevezys Stiklas vynaložila 958 Euro a společnost Maristika 776 Euro zcela zbytečně za likvidaci odpadu, který se mohl zpětně odprodat. Dle mého názoru byla ceny vyšší, protože obě společnosti zde nezahrnuli náklady svých zaměstnanců, kteří musel likvidaci zajistit.

V případě eliminace rozměrů přířezů se v případě firmy Maristika snížila náročnost přířezů vstupního materiálu o 2,5% což odpovídá snížení vstupní ceny o



6434 Euro. Pokud od této částky odečteme 1500 Euro, které byly vynaloženy na výrobu odkládacího zařízení, tak úspora za loňský rok činí částku necelých 5000 Euro a to je velmi výrazná úspora. Ve druhé společnosti bude instalace nového skládání v polovině roku 2011, proto nebylo možné připravit podobná data. Lze předpokládat, že můžeme očekávat úsporu vstupního materiálu o zhruba 2%. Paradoxně toto není špatná zpráva pro výrobce PVB fólií, protože již několik let je vstupní suroviny nedostatek a je potřeba se zaměřit na zpracování odřezků.

Z mého hlediska nejdůležitější částí je sběr a třídění odřezků zpracovatelem. V obou firmách tento proces již funguje a v letošním roce se očekávají první výsledky.

Firma	podíl odřezků (kg) 2009	podíl odřezků (kg) 2010	podíl odřezků (%)	cena za výkup (€/kg)	celková cena za výkup (€)
Panevezys	5130	3847	6.01	0,9	3462
Maristika	4350	3262	6.13	0,9	2936

Tab. č. 3. Předpokládaný výnos za odprodej odřezků

V tabulce č.3. je předpokládaná obdržená cena za vytříděné odřezky z průběhu roku 2010. Z dat vyplývá, že jsme schopni snížit celkové vstupní náklady na PVB fólii v rozmezí 1-1,5%

Jakmile s shrneme jednotlivá data, tak dojdeme k následnému závěru. Odpadne nám komplikovaná likvidace odpadu a nebudeme muset vynakládat finanční prostředky na jeho skládkování. Eliminací rozměrů přířezů jsme schopni snížit množství vstupní suroviny v rozmezí 2-2,5% z celkového požadovaného množství. Tříděním odřezků a jejich odprodej zpracovatelům je možné snížit náklady v rozmezí 1-1,5%. Pokud to převedeme na finanční úsporu, tak dojdeme ke snížení vstupní ceny v roce 2011 za tuto surovinu oproti roku 2009 ve společnosti Panevezys stiklas o přibližně 9500 Euro a u společnosti Maristika přibližně 8300 Euro.

## 12.3 NÁVRH ŘEŠENÍ PRO DALŠÍ KROKY

Po setkání a představení prvních výsledků sběru odřezků ve společnosti Kuraray byla zdůrazněna snaha implementovat podobný projekt pro další vytipované zpracovatele. Společnost Kuraray si je vědoma potřeby PVB odřezků jako významnou vstupní surovinu pro výrobu rekuperované PVB fólie pro svůj závod v ruském Nižním Novgorodě. Plán pro následující roky je zvýšit objem podílu recyklované PVB fólie o 100% převážně pro automobilní průmysl pro výrobu čelních skel pro trh náhradních dílů. Tomuto rozhodnutí je však potřeba pomoci větším výběrem odřezků od zpracovatelů. Na tomto základě bylo vytvořeno nové pracovní místo "Recycling Support Manager", který bude mít na starosti využití veškerých odpadních materiálů ve firmě a získávání co největšího množství odřezků od zpracovatelů.

V první fázi budou společně s pracovníky technického servisu vytipovány větší a střední podniky, kde je možné se sběrem pomoci a třídění koordinovat. Jelikož společnost Kuraray má více jak 600 zákazníků po celém světě, tak bude

důležité dobře vybírat, protože nevhodným výběrem by projekt nedosáhl požadovaných výsledků. Je nám jasné, že tento projekt je závod na dlouhou trať a kdykoli se může stát, že již zajaté třídění se může se změnou vedení výroby nebo managementu změnit.

Ve druhé fázi budou osloveny již vytypované zpracovatelé podniky a bude jim nabídnuta spolupráce. Některé podniky již se zbavují odřezků, které jsou znečištěny nebo znehodnoceny. Je zde otázka co se dále děje s těmito odřezky. Bylo zjištěno, že tento odpad skupují asijské investoři, kteří bohužel nemají technologii na zpracování odřezků. Taktéž surovina nekončí u zpracovatelů barev. Průzkumem trhu bylo zjištěno, že tato surovina končí na skládkách nebo ve spalovnách úmyslně, aby z ní evropští zpracovatelé nemohli vyrábět PVB fólii nižší kvality, která je obrovským konkurentem pro čínské producenty. Cíl je tedy jasný, zabránit objemu recyklované PVB fólie a na evropský a část asijského trhu nahradit tímto produktem. Společně s dalšími zpracovateli nám nezbyvá než přesvědčit a pomoci jim odřezky třídit, protože do budoucna to bude obrovská výhoda a za jejich větší námahu obdrží více prostředků.

## 13. DISKUSE

Metody materiálového a energetického využívání plastových odpadů v Evropské unii nejsou plně využívány. V důsledku ekonomické krize poklesla poptávka i nabídka po druhotných surovinách. Současný stav v oblasti druhotných surovin není jen selháním trhu, ale také selháním vládních koncepcí, která ve své podstatě ekonomicky zvýhodňuje skládkování odpadů. Recyklace je omezena spíše na technologický odpad a na PET. Možnosti jak zvýšit recyklaci využitelných komodit by mohla přinést podpora států evropské unie v oblasti druhotných surovin zajištění, dostatečných finančních zdrojů na výzkum a na provoz nových technologií a zvýšení informovanosti obyvatelstva, v tomto případě podniků k problematice třídění odpadů.

Další možností takzvané negativní motivace je navýšení poplatků za ukládání na skládky. V České Republice je situace daleko příznivější a podniky se snaží předcházet vzniku odpadů jak je to řešeno v zákoně 185/2001 Sb o odpadech. V Litvě si to začínají uvědomovat také, protože se vstupem do Evropské unie zažívá Litva příliv investorů, kteří zde staví průmyslové provozy a vedle nových produktů zde vzniká velké množství odpadu z výrobních procesů. V našem případě polyvinyl butyralové odřezky. Je zapotřebí se připravit na podobné situace a začít se zajímat jakým způsobem jsme schopni předcházet zmíněnému vzniku odpadů. Například podobnými projekty.

V souvislosti, která vedla ke zpracování této diplomové práce jsem kontaktoval některé zpracovatele PVB fólií, abych si lépe zmapoval celou situaci a dozvěděl se jakým způsobem probíhá třídění a sběr odřezků. V současné době je znát, že se jedná o ožehavé téma, protože většina oslovených zpracovatelů vyslovila obavu, že se jedná o nějakou kontrolu před kterou se musí být obezřetní.

Dalším tématem diskuse by mohla být skutečnost některých zpracovatelů, kteří si stěžují na nastavené povinnosti pro výrobce, kterým vzniká při zpracování nebo výrobě odpad v podobě nerovných podmínek. Mají tím na mysli stále narůstající regulaci a zpříšňování podmínek ze strany státu, potažmo Evropské unie, ale postrádají nějaká zvýhodnění při napřování těchto podmínek. Poukazují na skutečnost, že některé firmy si vždy najdou cestičku jak nařízení obejít a skoro pokaždé vyvážnou bez potrestání. Osobně se domnívám, že povinnosti jsou nastaveny pro všechny stejně a taktéž probíhá i jejich kontrola dodržování. Vždy bychom se měli nejprve řídit nařízením a poté se ozvat nebo se snažit vyvolat diskusi o správnosti daného kroku.

## 14. ZÁVĚR

Při zpracování diplomové práce jsou zvolené metody popisovány co nejobecněji a co nejjednodušším jazykem tak, aby bylo možno poznatků využít i při dalších podobných projektech. Z tohoto hlediska se domnívám, že by práce mohla posloužit jako návod či příručka v podobě vzniklých nebo již stávajících situacích a v nových trendech třídění a recyklace. Celý výklad je doplněn celou řadou obrázků, pro snadnější pochopení popsanych metod.

V Praktické části diplomové práce se nám společně se zpracovateli PVB fólie povedlo uskutečnit převážnou většinu stanovených cílů. V první řadě se nám podařilo velice rychlým a jednoduchým způsobem podařilo snížit podíl vyřazených kusů vyrobením adekvátního manipulačního vozíku. Takto uchované přířezy nevykazovali po autoklávování žádné defekty v podobě nedolepků a delaminací. Další poněkud komplikovanější částí bylo navrhnout takové rozměry objednávaných rolí, abychom snížili množství vznikajících odřezků a snížili tím i náročnost procesu na tuto vstupní surovinu. Tomuto kroku předcházela poměrně pracná a zdlouhavá kontrola rozměrů výrobků za předešlý rok a na vržení optimálních šířek rolí s PVB fólií. Jelikož bylo pravděpodobné, že dojde k navýšení počtu objednávaných rozměrů, tak bylo nutné připravit variantu, kde a jakým způsobem budeme uchovávat veškeré rozměry PVB rolí. Nejdůležitější částí tohoto projektu bylo začít se sběrem a tříděním PVB odřezků. Bylo nutné nejdříve zmapovat výrobní proces a připravit co nejvýhodnější variantu, která by vedla k třídění této suroviny a zcela zamezila skládkování tohoto materiálu. Toto se nám společně podařilo a obě společnosti začali třídít již zmiňovaný odpad. Výsledkem je již první dodávka vytříděných odřezků ze kterých bude vyrobe recyklovaná PVB fólie.

Jako zaměstnanec výrobce PVB fólií jsem se snažil vložit své poznatky od různých výrobců laminovaných skel. Třídění odřezků se velice pomalu rozebíhá a prvními průkopníky byly velcí výrobci, kteří si začali uvědomovat vznikající problémy se vznikem velkého odpadu z výroby a ten částečně či zcela eliminovat. V minulosti jsme se snažili spolupracovat se zpracovateli, ale přepokládané kapacitní kvóty se nám nikdy nepodařilo naplnit. Na tomto základě jsem se rozhodl vytipovat dva obdobné závody a nabídnout jim spolupráci od počátečních krůčků po závěrečný krok v podobě naplnění projektu.

Jelikož se jedná o pilotní projekt připravený v poměrně krátké době, tak zde docházelo k neustálým novým a velice důležitým zjištěním, které byly do projektu postupně začleňovány. Postupem času se mi podařilo získat celou řadu kolegů, kteří Náš nově vznikající tým obohatili o tolik potřebné nové myšlenky. V současné době se již rozeběhl plnohodnotný projekt, který si dal sice vysoké, ale dle mého názoru reálné cíle v podobě získání zhruba 10% odřezků z vyrobeného množství PVB fólie. Jsem velice potěšen, že jsem se mohl stát jedním z členů nově vzniklého projektu a přispět svými získanými zkušenostmi k naplnění těchto cílů.

## PŘEHLED LITERATURY A POUŽITÝCH ZDROJŮ

- AUTOSKLO 2009: *Postup výroby autoskel*, online: <http://www.autosklo-autoskla.cz/vyroba-a-recyklace-autoskla.html>, cit.12.2.2009.
- BOŽEK F., URBAN R., ZEMÁNEK Z. 2003: *Recyklace*. 1.vydání Vyškov [Vysoká vojenská škola pozemního vojska], 202 s. ISBN 80-238-9919-8.
- DOLEŽEL, B., 1981: *Odolnost plastů a pryží*, Státní technické nakladatelství, Praha.
- DUCHÁČEK, V., 2006: *Polymery – výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2. vydání, Praha, VŠCHT Praha, , ISBN 80-7080-617-6
- ESKAUSKAIT, I.V., 2009: *Waste management in Lithuania and Kaunas country*, online: <http://www.wastesolutions.org/fileadmin/userupload/wastesolutions/dogliani/it> cit:15.3.2011
- FERNANDEZ, A.C., MARTINEZ DE, M.O.L., OSÉS, A.D., NEDINA HERERA, G., FÉRNANDEZ, F., 2010: *Method for the recycling of polyvinyl butyral*, online: <http://www.freepatentsonline.com/y2010/0249253.html> cit:18.3.2011
- FLORIÁN, M. 2005: *Inteligentní skleněné fasády*. 1. vydání, ČVUT Praha , 190s. ISBN 80-01-03195-0
- GLASS PROCESSING DAYS, 13–15 Sept. '97. *Recycling of architectural and Automotive glass in Europe*, Glass Performance Days, Tampere, 811s. ISBN 952-90-8959-7
- GLASS PROCESSING DAYS 2005. *State of The Art Separation-technology for the Processing of Recycled Glass*, Glass Performance Days, Tampere, 710s. I
- GLASS PROCESSING DAYS 2007: *Minimizing the environmental impact of vehicles end of life glass recycling*, Glass Performance Days, Tampere, 842s. .
- HALLER, A., HUMM O., VOSS, K, 2001: *Solární energie – Využití při obnově budov*, Grada, Praha.
- ISO 2009: *International Standards for Bussines, Government Society*, online: [http://www.iso.org/iso/iso\\_catalogue/catalogue\\_tc/catalogue\\_detail.htm](http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm), cit.12.2.2009.
- ISOLAR 2009: *Fotovoltaika*, online: [http://www.isolar.cz/?p=p\\_3&sName=technologie#hist](http://www.isolar.cz/?p=p_3&sName=technologie#hist), cit.12.2.2009.
- JIRÁNEK T.,2009: *Studium degradace měkčeného PVB*. Diplomová práce, UTB Zlín, Fakulta technologická,
- JUNGWIRTH R.,2009: *Využití polyvinyl butyralové fólie v průmyslových odvětvích*. Bakalářská práce, ČZU Praha, Fakulta životního prostředí,
- MATYS, V., 1973: *Studium adhezivních vlastností PVB fólie ke sklu*, Diplomová práce, VUT v Brně, Fakulta technologická ve Zlíně.
- MĚŘÍNSKÁ, D., TUPÝ, M., POPELKOVÁ, J., 2008: *Description of degradation influence on the plasticized PVB during its re-working by kneading*, IVTH International Conference on Times of Polymers (top) and Composites, Book series: AIP Conference Proceedings.

POPELKOVÁ, J., 2009: *Porovnání mechanických a fyzikálních změn vlastností PVB při různých typech degradací*, Diplomová práce, UTB ve Zlíně, Fakulta technologická.

POPOVIČ, Š., 2009: *Výroba a zpracování plochého skla*. 1. vydání, GRADA, 256s. ISBN 978-80-247-3154-4

SMĚRNICE ES 2008. *Směrnice evropského parlamentu a rady o odpadech* 98/2008, Evropský parlament, 28s

SMITH, G.B., GRANQVIST, C.G., 2010: *Green nanotechnology*. Taylor & Francis Group, Boca Raton FL, ISBN 978-1-4200-8532-7

SOLÁRNÍ-ENERGIE 2009: *Fotovoltaické solární kolektory (panely)*, online: <http://www.solarni-energie.info/fotovoltaicke-solarni-panely-kolektory.php>, cit.12.2.2009.

SPL Recycling a.s. 2010: *Druhy recyklace*, online: <http://www.splrecycling.com/recyklace:skla.html>, cit.11.1.2011.

SUNBIRD 2009: *Energia slnečného žiarenia*, online: <http://sunbird.jrc.it/pvgis/apps/radmonth.php?lang=sk&map=europe>, cit.12.2.2009.

TROSIFOL , 2007: 4.vydání, Bonn, Německo, 135s.

TROSIFOL 2008: *Vsg-prüfung an windschutzscheiben bestimmung der glashaftung / pummel test*, online: <http://www.trosifol.com/index.php?&lang=en>, cit.2.2.2009.

TROSIFOL 2009: *Koch test für verbundsicherheitsglas nach DIN 52308/DIN EN 12543*, online: <http://www.trosifol.com/vsg-herstellung/tests-architektur/>, cit.2.2.2009.

TUPÝ, M., ZVONÍČEK, J., MĚŘÍNSKÁ, D., 2008: *Problematika recyklace PVB fólie určené pro bezpečnostní skla*, FT UTB ve Zlíně, Plasty a kaučuk.

WIKIPEDIA 2009: *Polyvinyl butyral*, online: [http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl\\_butyral](http://en.wikipedia.org/wiki/Polyvinyl_butyral), cit.12.2.2009.

ZÁKON č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění

## SEZNAM OBRÁZKŮ

- [1] Obr. č. 1. První fáze – Výroba polyvinyl oktanu
- [2] Obr. č. 2. Druhá fáze – Výroba polyvinyl alkoholu (PVA)
- [3] Obr. č. 3. Třetí fáze – Výroba polyvinyl butyralu (PVB)
- [4] Obr. č. 4. Možné varianty složení terpolymeru
- [5] Obr. č. 5. Nejrozšířenější dva typy změkčovadel.
- [6] Obr. č. 6. Postup výroby PVB fólie ze tří základních surovin po jednotlivých krocích
- [7] Obr. č. 7. Znázornění působení různých skladovacích dob na průběh vlhkosti
- [8] Obr. č. 8. Porovnání standardní a akustické PVB fólie
- [9] Obr. č. 9. Základní škála barevných PVB fólií
- [10] Obr. č. 10. Barevné možnosti solárních článků.
- [11] Obr. č. 11. Složení solárního článků při použití PVB.
- [12] Obr. č. 12. Průměrná síla hurikánu na jihovýchodním pobřeží USA.
- [13] Obr. č. 13. Odpad při výrobě laminovaných skel
- [14] Obr. č. 14. Smíchané odřezky z výroby čelních skel
- [15] Obr. č. 15. Skládka severně od Kaunasu, kde jsou ukládány plasty a PVB
- [16] Obr. č. 16. Množství vyrobené PVB fólie v letech 2005 - 2010..
- [17] Obr. č. 17. Vyjádření zpracování PVB odřezků
- [18] Obr. č. 18. Návrh jednoduchého odkládacího stolíku pro přířezy PVB fólie
- [19] Obr. č. 19. Skladovací zásobník pro PVB fólie umístěný na stěně skl. prostoru
- [20] Obr. č. 20. Skladovací zásobník pro PVB fólie
- [21] Obr. č. 21. Poházené odřezky PVB fólie ve skladu výrobní haly
- [22] Obr. č. 22. Dvojitá nádoba s víkem pro sběr odřezků

## SEZNAM TABULEK

- [1] Tab. č. 1. Udaje o cenách, objednaném množství a podílu vyprodukovaných odřezků
- [2] Tab. č. 2. Celkové náklady na likvidaci odřezků.
- [3] Tab. č. 3. Předpokládaný výnos za odprodej odřezků