

**Česká zemědělská univerzita v Praze**  
**Technická fakulta**

**Technologie a technika  
zpracování odpadního plastu  
na tuhá alternativní paliva**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jan Malat'ák, Ph.D.**  
**Autor práce: Veronika Svobodová**

**PRAHA 2008**

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Technologie a technika zpracování odpadního plastu na tuhá alternativní paliva vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které uvádím v příložené bibliografii.

V Praze, dne 15. 4. 2008

.....

podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Janu Malat'ákovi, Ph.D. za metodické vedení, cenné rady a připomínky.

**Abstrakt:**

Téma bakalářské práce se týká technologií a technik zpracování odpadního plastu. Hlavní zaměření je na zpracování odpadního plastu na tuhá alternativní paliva.

V první kapitole jsou popsány jednotlivé druhy plastu a plastových odpadů. Dále následuje seznámení s některými metodami zpracování odpadního plastu v České republice i v zahraničí. Ve čtvrté kapitole je probrána výroba tuhého alternativního paliva, způsoby jeho využití a některé novinky při spalování tuhých alternativních paliv v cementárenském průmyslu. V další kapitole jsou zhodnoceny jednotlivé způsoby zpracování odpadního plastu. Závěrečná šestá kapitola zdůrazňuje některé výhody a nevýhody používání tuhých alternativních paliv. Závěr obsahuje shrnutí celkového pohledu na problematiku tuhých alternativních paliv v České republice.

**Klíčová slova:** tuhá alternativní paliva, odpadní plast, recyklace

**Summary:**

My bachelor's thesis aims to describe technology and technics of plastic waste processing. Its main focus is on plastic waste processing and its transformation into solid refused fuels. In the first chapter there is a description of different types of plastic and plastic waste. What follows is the presentation of various types of plastic waste processing technologies used in the Czech republic and abroad. In the fourth chapter I am dealing with production of the solid refused fuels, different ways of exploiting it and some innovations in solid refused fuels burning technologies in cementary industry. The next chapter is dedicated to evaluation of particular methods of plastic waste processing. The last chapter emphasizes some advantages and disadvantages of using solid refused fuels. The summary presents more complex view on solid refused fuels issue in the Czech republic.

**Keywords:** solid refused fuels, plastic waste, recycling

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>ODPADNÍ PLAST .....</b>	<b>6</b>
2.1	PLAST.....	6
2.1.1	PET.....	7
2.1.2	HDPE .....	7
2.1.3	LDPE .....	7
2.1.4	PP.....	7
2.1.5	PS.....	8
2.1.6	PVC .....	8
2.2	ODPADY Z PLASTŮ .....	8
<b>3</b>	<b>METODY ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍHO PLASTU .....</b>	<b>10</b>
3.1	SBĚR A SVOZ ODPADNÍHO PLASTU.....	10
3.1.1	Čárový kód – prospěšná novinka.....	11
3.2	VYUŽITÍ PLASTOVÉHO ODPADU.....	12
3.2.1	Materiálová recyklace .....	12
3.2.2	Surovinová recyklace.....	13
3.2.3	Energetické využití.....	13
3.2.4	Zpracování PET lahví.....	14
3.2.5	Zpracování polystyrenu .....	15
3.3	TECHNOLOGIE ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍHO PLASTU .....	16
3.3.1	Rozmělňování, drcení .....	16
3.3.2	Regranulace.....	17
3.3.3	Zpracování netříděných odpadů.....	18
3.3.4	Termické zpracování.....	19
3.4	ZPRACOVNÝ PLASTOVÉHO ODPADU V ČR.....	20
3.4.1	Vybraná zpracovna plastového odpadu.....	22
3.5	ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍHO PLASTU V ZAHRANIČÍ.....	25
3.5.1	Reversen .....	25
3.5.2	Remarker .....	26
3.5.3	Recykloplast.....	26
<b>4</b>	<b>TECHNOLOGIE A TECHNIKA ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍHO PLASTU NA TUHÉ ALTERNATIVNÍ PALIVO .....</b>	<b>27</b>
4.1	ODPAD JAKO PALIVO .....	27
4.2	TUHÉ ALTERNATIVNÍ PALIVO .....	29
4.2.1	Definice.....	29
4.2.2	Výroba TAP .....	29
4.2.3	Používání TAP .....	31
4.3	LINKA NA TAP.....	31
4.4	VYUŽITÍ ODPADŮ V CEMENTÁRNÁCH.....	36
4.4.1	Technologie HOTDISC v cementárnách .....	38
4.5	PRÁVNÍ ASPEKTY ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ.....	40
<b>5</b>	<b>ZHDNOCENÍ JEDNOTLIVÝCH ZPŮSOBŮ ZPRACOVÁNÍ ODPADNÍHO PLASTU.....</b>	<b>41</b>
5.1	ENERGETICKÉ VYUŽITÍ.....	41
5.2	MATERIÁLOVÁ RECYKLACE.....	41
5.3	SUROVINOVÁ RECYKLACE .....	41
<b>6</b>	<b>DISKUZE A ZÁVĚRY .....</b>	<b>42</b>
6.1	VÝHODY TUHÝCH ALTERNATIVNÍCH PALIV Z ODPADNÍCH PLASTŮ .....	42
6.2	NEVÝHODY TUHÝCH ALTERNATIVNÍCH PALIV Z ODPADNÍCH PLASTŮ .....	42
6.3	ZÁVĚR.....	42

# 1 Úvod

Od šedesátých let minulého století prudce roste produkce plastu a tím se samozřejmě zvyšuje i množství plastu odpadního. Protože dlouho nebyla věnována dostatečná pozornost zneškodňování plastového odpadu, skončila velká část plastových lahví, pytlů a polyetylenových fólií na skládkách.

Každý člověk v Evropě vyprodukuje ročně průměrně 150 až 200 kg odpadů. Kdyby každý poctivě třídil odpad, mohl by vytřídit za rok až 30 kg papíru, 25 kg plastu a 15 kg skla. Třídění odpadu umožňuje jejich další zpracování a odpad nemusí končit na skládce. Trend zvyšování množství tříděného odpadu v naší republice je dlouhodobě příznivý. Do sběru plastového odpadu je zapojeno 92% obcí v České republice, což znamená, že 99% obyvatelstva má možnost třídít. V roce 2002 připadalo na každého občana 16 kg vytříděného odpadu, v roce 2006 to už bylo dvakrát více, tj. 32 kg.

Celková produkce plastových odpadů dosáhla roce 2006 v České republice 240 tisíc tun. V současné době existují pro všechny známé odpadní plasty způsoby pro jejich využití. Každý druh plastu je podle vlastností a složení zpracován jinou technologií. Cílem této práce je nastínit některé způsoby zpracování odpadního plastu odpadního plastu v ČR i v zahraničí. (Český statistický úřad, 2007; Balner 2004)

## 2 Odpadní plast

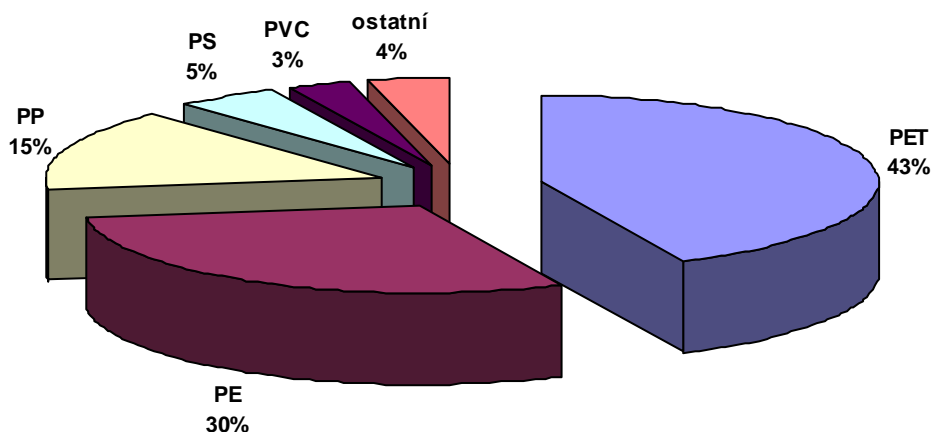
### 2.1 Plast

Plasty jsou organické materiály. Obsahují různé uhlovodíkové sloučeniny, které se tvoří změnou celulózy, bílkoviny nebo chemickou syntézou. Podle vlivu tepla rozdělujeme plasty na termoplasty a reaktoplasty.

Termoplasty jsou plastické, dobře deformovatelné materiály, které si své vlastnosti uchovávají i po zahřátí a opětovném ochlazení. Reaktoplasty naproti tomu po zahřátí dosáhnou tvrdosti při formování za tepla a dalším zahřátím již nedosáhneme změknutí. Tyto vlastnosti plastů jsou pro hodnocení odpadních plastů velmi důležité. (Brož 2003; Horáček 2001)

Termoplasty se velice dobře zpracovávají a proto se dostaly v naší společnosti do širokého, především spotřebitelského užívání. Tomu odpovídá i složení odpadního plastu (viz Obr.1).

Obr.1 Složení odpadního plastu



zdroj: Čížek, Čížek 2006

### **2.1.1 PET**

Pod zkratkou PET se skrývá polyetylén tereftalát. PET je čirý a používá se především k výrobě PET lahví plněných různými, většinou nealkoholickými, nápoji. Dále se využívá na výrobu lahví vyráběných injekčním vstřikováním, obalů na máslo, fólií, potravinových tácků, nákupních tašek, oblečení, některých druhů nábytku nebo koberců.

Základními vlastnostmi tohoto materiálu je pevnost, houževnatost, tepelná odolnost, odolnost proti pronikání plynů a vlhkosti.

### **2.1.2 HDPE**

HDPE je polyetylén o vysoké hustotě a je vhodný zejména pro balení výrobků s krátkou trvanlivostí. Používá se k výrobě kanystrů na mléko, džusy, vody a pro svou odolnost vůči chemikáliím také na balení průmyslových výrobků, jako jsou detergenty a bělicí prostředky. Obaly z nepigmentovaného HDPE jsou průhledné, mají dobré bariérové vlastnosti a tuhost. Barvené HDPE výrobky jsou obecně odolnější proti vzniku trhlin při namáhání a mají lepší chemickou odolnost než nebarvené.

Významnými vlastnostmi je tuhost, pevnost, odolnost proti chemikáliím, odolnost proti vlhkosti, propustnost plynů a snadná recyklovatelnost.

### **2.1.3 LDPE**

LDPE je nízkohustotní polyetylén, který se používá na výrobu fólií. Využívá se zejména tam, kde je nutné uzavření tepelným svarem. Je vhodný jako obal na chléb, na zmrazené potraviny, na výrobu ohebných víček a lahví, dále na výrobu nákupních tašek, koberců, plastových poštovních obálek, pytlů na smetí a také drátů či kabelů.

Důležitými vlastnostmi jsou ohebnost, pevnost, snadné zpracovatelnost, houževnatost a průhlednost.

### **2.1.4 PP**

PP je polypropylen. Má výbornou chemickou odolnost, je pevný a má nejnižší hustotu ze všech plastů používaných jako obaly. Vysoký bod tání jej činí ideálním materiálem pro lítí za horka. Je pevný, houževnatý a nepropustný pro vlhkost, tuky a oleje. Z polypropylenu se



vyrábějí ohebné i tuhé obaly, například lahve na kečup, jogurtové kelímky, vaničky na margarín, také kbelíky na barvy, škrabky na led a obaly autobaterií.

### **2.1.5 PS**

PS neboli polystyren je velmi všestranný materiál, který může být jak pevný, tak pěnový. Má dobré izolační vlastnosti, průzračnost, lze ho snadno napěnit. Používá se například na ochranná balení, lahve, tácky, nástěnky a květináče.

### **2.1.6 PVC**

Polyvinylchlorid je společně s polyetylénem a polypropylenem nejběžněji vyráběným syntetickým plastem. Důvodem jeho mimořádného rozšíření je levný způsob výroby a dobrá zpracovatelnost válcováním, vytlačováním, vstřikováním, vakuovým tvarováním a jeho velká chemická odolnost. Je to termoplast. Jeho problematickým prvkem je chlór, který je základní surovinou při výrobě. Kromě chlóru se skládá z mnoha dalších přísad, které zajišťují průhlednost a pružnost. Mnohé z nich jsou mimořádně jedovaté a bývají známé jako příčiny závažných poškození lidského zdraví i životního prostředí. Nejběžnější přísadou jsou změkčovadla, která se obecně označují jako ftaláty. Nejčastěji se používá di-2-ethylhexylftalát (DEHP), který má také mírně estrogení účinky. Při výrobě PVC unikají do ovzduší nebezpečné látky – např. dioxiny, jichž je výroba PVC největším zdrojem. Při likvidaci PVC spalováním vznikají chlorovodíky, hexachlorbenzeny (HCB), polychlorované bifenyly PCB, furanů a dioxiny. Ty jsou nežádoucími vedlejšími produkty spalování, jsou karcinogenní a narušují funkci endokrinního systému. Používá se mimo jiné k výrobě průhledných obalů na šampony, lékařské hadičky, pásy a podlahoviny. (Petrecycling CZ 2001; Kozáková 2005)

## **2.2 Odpady z plastů**

Plastový odpad rozdělujeme na odpad z výrobků spotřeby rychlé, které se spotřebují do 1 roku od výroby, střednědobé, které mají životnost do 15 let a výrobky s plánovanou dlouhodobou životností. Dále je dělíme na průmyslové plastové odpady, technologické plastové odpady a uživatelské plastové obaly. Průmyslový plastový odpad pochází z vnitropodnikové činnosti, není znehodnocený používáním výrobku. Jsou to například

odřezky, zmetky, plast zatuhlý ve vstřikovacích soustavách atd. Může obsahovat jeden či více druhů plastů. Technologické plastové odpady jsou ty odpady, které pocházejí z technologických operací. Nejsou znečištěné používáním výrobku a obsahují pouze jeden druh plastů. Uživatelské plastové odpady jsou plastové výrobky, které byly použity a posléze byly dány k recyklaci. (Mleziva, Šňupáček, 1993; Horáček, 2001)

V katalogu odpadů jsou plastové odpady řazeny v těchto skupinách:

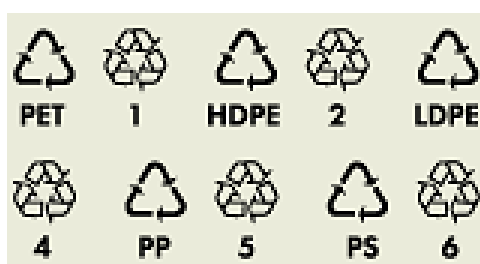
- 07 02 00 Odpady z výroby, ze zpracování, z distribuce a z používání plastů, syntetického kaučuku a syntetických vláken.
- 12 00 00 Odpady z tváření a obrábění kovů a plastů.
- 15 01 02 Plastový obal.
- 16 02 07 Odpady ze zpracování použitých plastů.
- 17 02 03 Plast (součást stavebního odpadu).
- 20 01 03 Drobné plastové předměty (součást komunálních odpadů).
- 20 01 04 Ostatní plasty (součást komunálních odpadů).

### 3 Metody zpracování odpadního plastu

#### 3.1 Sběr a svoz odpadního plastu

Každý obal je vyroben z nějakého materiálu. Pro lepší rozlišení druhu materiálu jsou na obalech značky, které nás informují, jak s použitým obalem naložit. Podle značek můžeme poznat do kterého kontejneru odpad patří. Značky, vyskytující se na plastových obalech, jsou na obrázku 2.

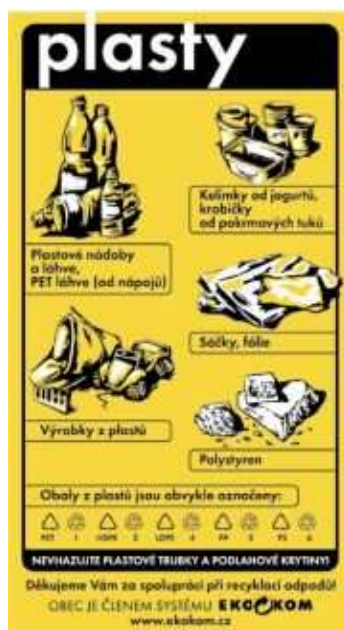
Obr. 1 Značky na plastových obalech



Zdroj: <http://www.jaktridit.cz/odpady/index.html>

Stejně značky jsou pak uvedeny i na sběrových nádobách na plastový odpad – viz obrázek 3.

Obr. 2 – Nálepka na nádoby s plastovým odpadem



Zdroj: <http://www.jaktridit.cz/odpady/jak.html>

Prvotním krokem při znovuvyužívání odpadního plastu je doprava odpadu producentem do sběrných nádob. Nádoby na odpadní plast jsou většinou žluté a můžeme do nich umístit PET láhve, kelímky, sáčky, fólie, výrobky a obaly z plastů, polystyrén.

Nádoby jsou následně sváženy odpadovou společností pomocí svozové techniky s lisovacím zařízením pro větší kompresy odpadu. Po naplnění kapacity vozu je odpad odvezen na místo, kde je provedeno jeho přetřídění. Materiál je tříděn na třídící lince, kterou obsluhuje několik zaměstnanců. Odpad přihrnutý na dopravník je rozdělen podle zadaných kritérií na jednotlivé frakce a dále zpracováván. Odpad, který se nedá roztrždit na požadované frakce je vyneseno třídícím pásem do velkoobjemového kontejneru nebo do nádoby s lisem a poté je převezen k zaskládkování nebo do spalovny. (Horáček, 2001)

Separace plastových odpadů je v České republice převážně ruční, protože je tento způsob jednodušší a méně poruchová. Při používání automatické separace dochází k nedokonalému roztrždění frakcí plastů a větší poruchovosti.

Po vytřídění odpadu na požadované frakce následuje úprava na vhodný formát k přepravě k dalším zpracovatelům. Typy úprav se liší podle druhu odpadu a požadavků zpracovatele. Například PET lahve se lisují a balí nebo jsou mlety na tzv. flejky a baleny do bigbagů. Ostatní frakce mohou být drceny, lisovány nebo granulovány. (Svojtka, 2004)

### **3.1.1 Čárový kód – prospěšná novinka**

Zajímavou motivaci občanů k třídění odpadů provozují ve městě Letohrad. Spolu s poštovní složkou na úhradu poplatku za odpady posílají i samolepky s čárovými kódy. Tento kód obsahuje informace o producentovi odpadu, který lepí samolepku na pytle s tříděným odpadem. Místa, kde jsou odpady sbírány a pracovníci svozové firmy, která zajišťuje svoz tříděného odpadu, jsou vybaveni čtečkami čárových kódů. Pomocí čteček získávají v Letohradě informace o množství a druzích vytříděného odpadu jak na svozovou oblast, tak i na jednotlivé občany, případně rodiny. Ze získaných dat přiznávají slevu z místního poplatu za shromažďování, sběr, přepravu, třídění, využívání a odstraňování odpadu komunálního odpadu pro ty občany, kteří třídí odpad a tím motivují občany k dalšímu třídění. Metoda je poněkud časově náročnější než svoz kontejnerů, ale kvalita a množství vytříděného odpadu to

plně nahradí. Identifikace pomocí čárového kódu na pytlích s plasty, nápojovými kartóny nebo papírem umožní zpětnou kontrolu kvality třídění. Při nedodržení základních pravidel třídění je občan upozorněn na zjištěné nedostatky a bonus v podobě slevy z poplatku za odpady mu není přiznán. Tento systém se osvědčil a v Letohradě značně zvýšili podíl tříděného odpadu. (Kurtev, Janoušek, 2007)

### **3.2 Využití plastového odpadu**

Pro všechny druhy odpadů z plastů existují v současné době vhodné postupy pro jejich využití. V zásadě jsou možné tři způsoby:

- 1) materiálová recyklace
- 2) surovinová recyklace
- 3) energetické využití.

Který způsob využití je nejvhodnější závisí na druhu a kvalitě odpadních plastů.

#### **3.2.1 Materiálová recyklace**

Tento způsob recyklace je pro obzvláště vhodný termoplasty. Zahrnuje procesy od nejjednoduššího mletí upotřebených výrobků a následné tepelně mechanické zpracování meliva pro výrobu nových výrobků až po kompatibilizační postupy v tavenině sloužící k přípravě vícesložkových materiálů ze směsí odpadních plastů. Pokud se jedná o kontaminovaný odpad, je nutné zařadit do procesu i jeho čištění. Materiálová recyklace je založena na dodávce tepelné a mechanické energie a dále aditiv, jako jsou stabilizátory, barviva a plniva, pro přetvoření odpadní suroviny na nový materiál s mechanickými i estetickými vlastnostmi blízkými výchozímu polymeru. Materiálová recyklace vyžaduje odpadní plasty pouze jednoho druhu a čisté. Typickým příkladem jsou plastové odpady z výrobních nebo zpracovatelských provozů, přepravní obaly nebo odpadní fólie. Recyklace z těchto odpadů není energeticky náročná, zpracovatelské náklady nejsou vysoké a recyklované výrobky se na uplatňují trhu. Nevýhodou je, že tento druh recyklace není využitelný pro všechny druhy vstupní suroviny. Některé polymery jsou zvláště náchylné k degradaci při

opakovaném zpracování, což komplikuje technologické provedení recyklace a významně zhoršuje kvalitu recyklátu. (Kruliš, 2004)

### **3.2.2 Surovinová recyklace**

Surovinová recyklace umožňuje látkově znovuvyužít velké množství odpadního plastu. Použité plasty se štěpí na výchozí látky nebo na chemické suroviny, které se pak dají použít k výrobě nových plastů nebo jiných výrobků. Takto získané výrobky nemají žádná omezení v použití. Plasty získané polykondenzací se mohou štěpit vodou nebo alkoholy na výchozí monomery pomocí speciálních rozpouštěcích postupů. Glykolýza PET se v USA používá ke znovuvyužívání PET láhví. V Německu byla počátkem 90. let uvedena do provozu depolymerizační zařízení na využívání výrobních odpadů, obalových odpadů, fólií a automobilových součástí z PET.

Termické procesy, které se používají především u polyethylenu, polypropylenu, polystyrenu a polvinylchloridu zahrnují:

- 1) výrobu syntézního plynu termickým štěpením za přítomnosti kyslíku
- 2) pyrolýzu termickým štěpením v nepřítomnosti kyslíku
- 3) hydrogenaci – termické štěpení za přítomnosti vodíku.

Uvedené postupy jsou vhodné především pro znečištěné odpady menších rozměrů oddělených z komunálního odpadu. (Kruliš, 2004)

### **3.2.3 Energetické využití**

Spalování odpadních plastů s energetickým využitím je výhodné využití pro odpady z plastů, které nelze vhodně recyklovat. Patří sem silně znečištěné plasty nebo plasty spojené s jinými materiály (kompozity). V rakouském Lenzingu bylo v roce 1998 uvedeno do provozu první komerčně využívané zařízení na spalování výhradně odpadních plastů.

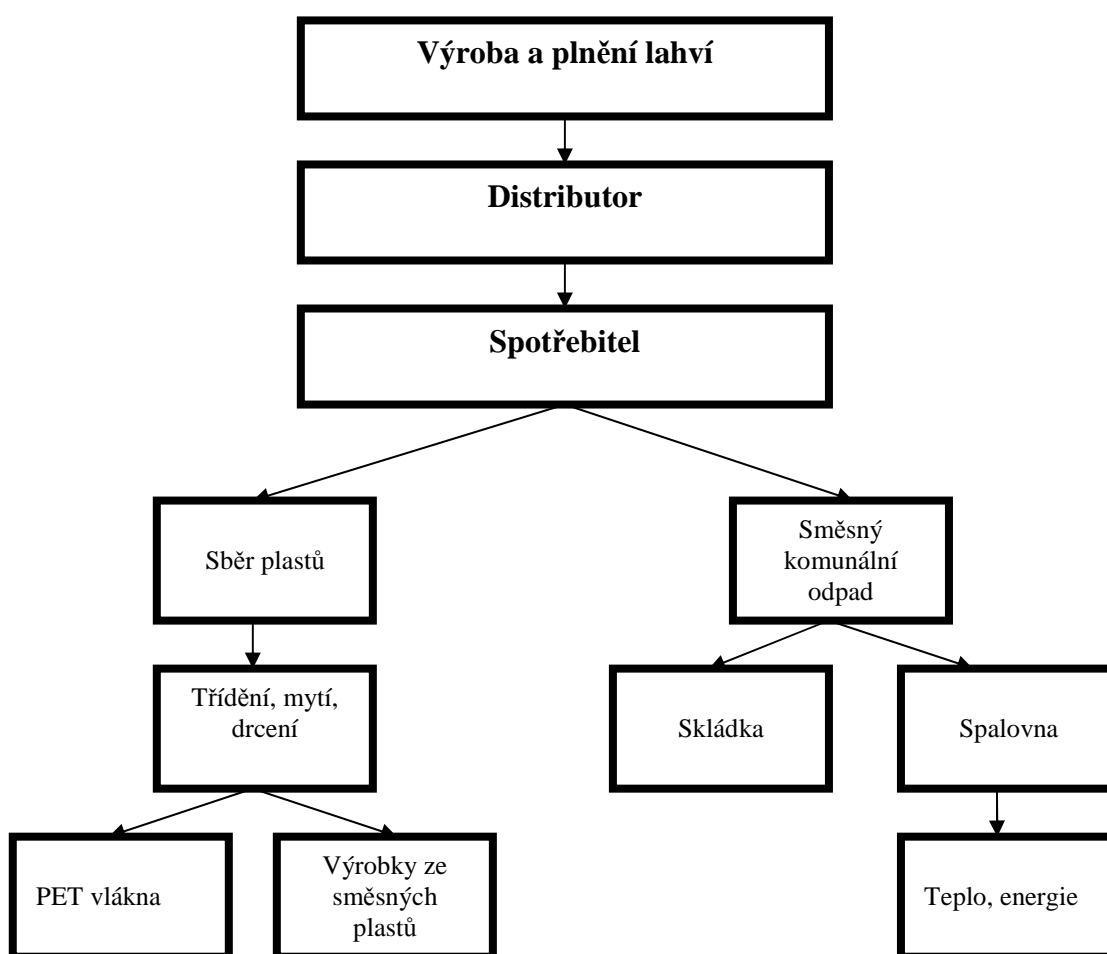
Současně energetickým i surovinovým využitím je využívání odpadních plastů při výrobě železa. V první fázi se plast štěpí na oxid uhelnatý a vodík. Vzniklý plyn slouží z 50-60 % na redukci oxidů železa, zbývající plyn se používán na ohřev pece a na výrobu elektřiny. (Huckenstein, 2000)

### 3.2.4 Zpracování PET lahví

Česká republika v rámci EU vyniká ve využívání odpadních PET lahví. Drží se na druhém místě za Rakouskem s využitím okolo 50%. Vysoké procento využití zapříčinila hlavně vysoká poptávka po PET materiálu v Číně.

PET lahve jsou pro společnosti zabývající se jejich svozem, separací a prodejem nemalým zdrojem příjmů. Materiálové toky PET lahví jsou znázorněny na obrázku 4.

Obr. 4 – Materiálové toky PET lahví



Zdroj: Horáček, 2001

Při základní separaci u svozové firmy musí dojít především ke kvalitnímu oddělení PET materiálu od ostatních odpadních plastů. Důležité je hlavně oddělení od PVC, které je největším problémem při zpracování, protože má stejnou měrnou hmotnost jako PET a je z toho důvodu obtížně odstranitelné. Také rozlišení PET lahví podle barev má vliv na další zpracování suroviny v různých průmyslových oblastech.

Ve většině případů jsou svezené PET lahve lisovány do balíků o hmotnosti 100 až 300 kg a rozváženy kamiony k odběratelům. Balíky PET materiálu od svozových firem se rozeberou a dále dotřídí na pásových dopravnících. Vyseparovaný odpad musí projít detektorem kovů, který je umístěn před vstupem materiálu do drtiče. Pro drtič jsou kovy velkým nebezpečím, protože mohou způsobit jeho poškození. Po oddělení kovových částí přichází na řadu drcení. PET lahve jsou drceny pod proudem vody. Výsledkem jsou PET-vločky o rozměrech od 5 – 15 mm. Materiál dále postupuje složitým systémem praní a separace za neustálé přítomnosti vody. V tomto procesu jsou odděleny všechny hrubé nečistoty pomocí systému cyklónů. Nežádoucí plastové materiály, papír a lepidlo jsou odstraněny. Čistý PET-materiál je vysušen, naplněn do velkokapacitních pytlů a kamionovou přepravou expedován ke zpracovatelům. (Ključovský, 2007)

### **3.2.5 Zpracování polystyrenu**

Recyklace polystyrenu v evropských státech zatím nedosahuje velkého měřítka. Například v Německu se recykluje jen 20% obalů z polystyrenu. Způsob recyklace technologicky nenáročný, problémem bývá hlavně čistota materiálu.

Odpadní polystyren bývá často znečištěn různými lepícími páskami, papírovými štítky, maltou, betonem, asfaltem nebo sádrokartonem. Druh a rozsah znečištění se liší podle způsobu použití. Materiál, který není znečištěn se ve většině případů drtí a lze ho opětovně použít na výrobu obalů. V případě výroby pěnového polystyrenu je možné přimíchávat do čerstvé suroviny i odřezky z výroby. Pomocí moderních technologií je možné zajistit, aby vyšší podíl recyklátu neovlivnil kvalitu výrobku.

Odpad z pěnového polystyrenu můžeme využít i ve stavebnictví. Odpadový materiál se rozdrtí na zrna a mísí s dalšími stavebními materiály. Produktem pak mohou být izolační omítky, malty nebo polystyrenem lehčený beton. Výhodou tohoto způsobu recyklace nízká



náročnost na čistotu odpadního polystyrenu. Ořezy polystyrénových desek vzniklé při pokládce končí většinou na skládkách nebo ve spalovnách.

Okrajově se recyklovaný polystyren používá jako příměs do půdy, kde zlepšuje půdní odvodnění a provzdušnění a prospívá tak růstu rostlin.

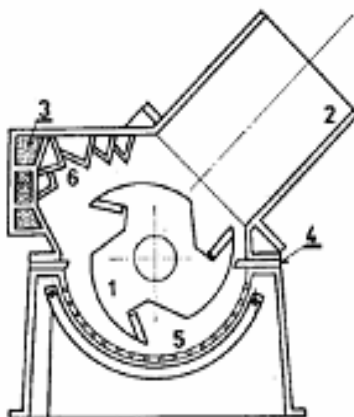
Velmi čistý a hodnotný recyklát můžeme získat pomocí chemické recyklace. Vybrané druhy polystyrenových plastů jsou rozpouštěny ve speciálních rozpouštědlech. Nevýhodou této nové technologie je vysoká cena. (Mukařovský, 2004; Sdružení EPS, 2008)

### 3.3 Technologie zpracování odpadního plastu

#### 3.3.1 Rozměňování, drcení

Nožový mlýn na znázorněný na obr. 5 má rotor, který se spolu s noži otáčí vysokou rychlostí a řeže, rozměňuje materiál padající z násypky na určenou velikost.

Obr. 5 – Nožový mlýn



1 – rotor s pevnými noži, 2 - násypka, 3 – chlazení, 4 – statorový nůž, 5 - síto, 6 - řezné plochy

*Zdroj: Horáček, 2001*

K hrubému rozrušení velkých kusů odpadu se většinou používají kladivové drtiče. Teplo vznikající při rozměňování plastů musí být odváděno, jinak by docházelo k natavování částic

plastu. Nejjednodušší metodou kryogenního drcení plastů je vstřikování kapalného dusíku přímo do pracovního nástroje. U reaktoplastů obvykle stačí chlazení vzduchem tak, aby teplota nepřekročila 30 stupňů Celsia. (Horáček, 2001)

### 3.3.2 Regranulace

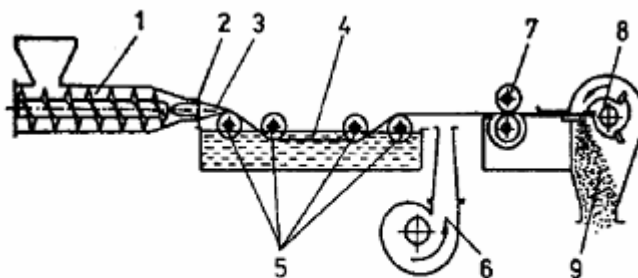
Zvolení způsobu granulace závisí na vlastnostech zpracovávané taveniny. Šnekový vytlačovací stroj nebo kontinuální hnětač může zpracovávaný materiál vytlačovat ve formě pásků nebo strun. Metoda pásků je vhodná zejména pro měkké plasty, například pro měkčené PVC. Granulace strun je vhodná pro tvrdé plasty, jako jsou polyamidy, polystyreny, tvrdé PVD. Většina granulačních zařízení zpracovává taveninu na tenké plné profily – struny. Tento způsob zpracování je vysoce produktivní a může probíhat dvojím způsobem:

1) granulací za tepla

2) granulací za studena.

1) Granulace za studena je způsob, kdy je plastová drť je v kontinuálních hnětacích strojích převáděna do plastického stavu. Granulace za studena je znázorněna na obr. 6. Šnekové vytlačovací zařízení nebo hnětací stroj buď vytlačuje materiál štěrbinou ve formě pásku nebo víceotvorovou hlavou ve formě strun. Výtlačky jsou následně dopraveny do granulačního zařízení, kde získá odpadový materiál zpracovaný na hnětacích strojích konečný tvar. Tento regranulát je vhodný pro přesné dávkování polymeru do zpracovatelských strojů. Granulace za studena probíhá pomocí granulační hlavy s mnoha otvory, kterou jsou protlačovány struny. Po ochlazení v lázni a odstranění vody jsou kolmo rotujícími noži sekány na granule. Nevýhodou této technologie je, že se struny v případě příliš velkého ochlazení mohou slepovat nebo lámat. Obtíže se zvětšují s narůstajícím počtem strun, takže tato technologie se využívá jen do výkonnosti 2000 kg.hod<sup>-1</sup>.

Obr. 6 – Granulace za studena



1- šnekový vytlačovací stroj, 2 – víceotvorová granulační hlava, 3 – struny vytlačovaného plastu, 4 – chladicí lázeň, 5 – vodící válečky, 6 – ventilátor, 7 – podávací válečky, 8 – nožový granulátor, 9 – granule

*Zdroj: Horáček, 2001*

## 2) Granulace za tepla

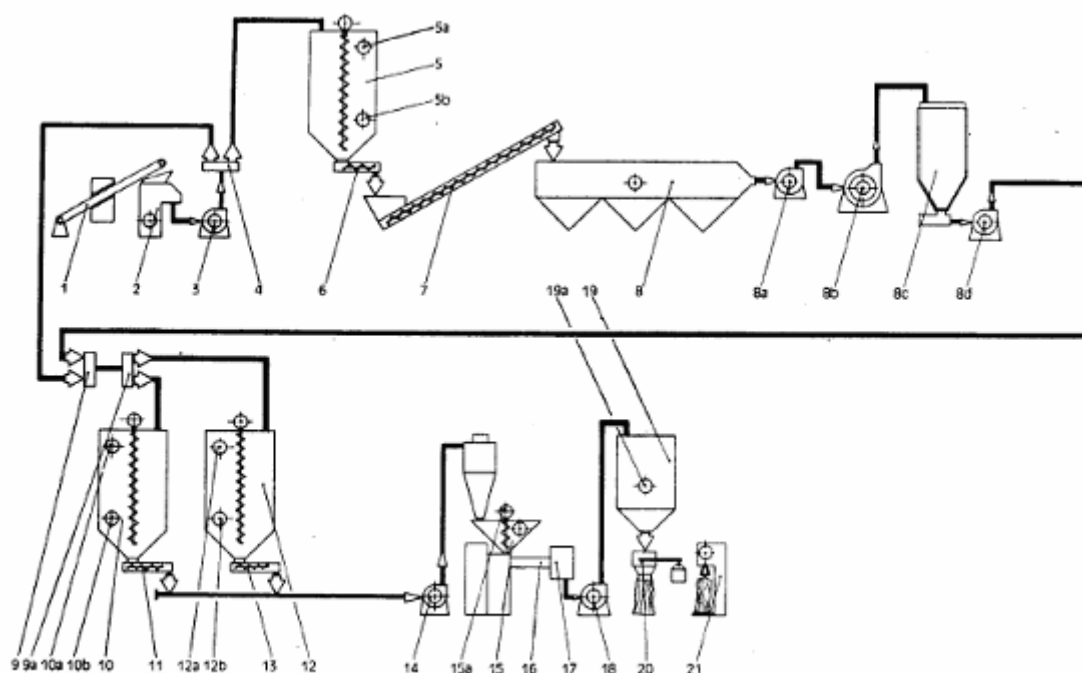
Granule jsou za sucha seřezávány z čela granulační mnohaotvorové hlavy. Metody granulace za tepla jsou ve většině případů použitelné pro polymery s velmi nízkou viskozitou taveniny. Nad granulační hlavou jsou umístěny řezací zařízení s mnoha noži, které se otáčejí velkou rychlostí. Silně proudící směs vody a vzduchu ochlazuje granule u výstupního otvoru, následuje sušení a skladování. Tento způsob granulace je použitelný pro rozsah výkonnosti stroje 50 – 7000 kg za hodinu. (Horáček, 2001)

Zařízení pro zpracování znečištěného plastového odpadu na regranulát je znázorněno na obrázku 7.

### 3.3.3 Zpracování netříděných odpadů

Největší potíže způsobuje netříděný plastový odpad. Nehomogenní odpad se většinou zpracovává v diskontinuálním hnětači, kde za vlivu tepla a tlaku dochází k homogenizaci materiálů a drť je stlačena pod teplotu tavení. Vzniklý produkt lisuje nebo zpracovává do formy. Výrobky můžeme použít například jako rohožky, podlahy nebo zvukové stěny. (Horáček, 2001)

Obr. 7 - zařízení pro zpracování znečištěného plastového odpadu na regranulát



1 1

1 – dopravní pás, 2 - nožový mlýn, 3 – transportní dmychadlo, 4 – potrubní pneumatický rozvod, 5 – čidla, 6 - vynášecí šnek, 7 – šnekový dopravník, 8 – zařízení pro praní, 8 - zařízení na sušení a dopravu, 9 – potrubní výhybky, 20 – zásobník, 10 – dopravní dmychadlo, 15 – násypka, 15a – čidlo, 16 – vytlačovací stroj, 17 – granulační zařízení, 18 – dopravní dmychadlo, 19 – zásobník pytlovacího zařízení, 19a – čidlo, 20 – automatická váha, 21 – zařízení pro svařování plastových pytlů.

Zdroj: Horáček, 2001

### 3.3.4 Termické zpracování

Plastový odpad představuje také zdroj energie, protože má vysokou výhřevnost. Pojem termické zpracování plastového odpadu zahrnuje:

- 1) spalování
- 2) pyrolýzu
- 3) různé způsoby zplyňování a zkapalňování.

Spalování plastového odpadu společně s komunálním odpadem nebo přídatným palivem se provádí v pecích na posuvném roštu nebo při fluidním spalování. Vlastnosti odpadního plastu jsou ve srovnání s klasickými tuhými, kapalnými nebo plynnými palivy odlišné. Klasická paliva hoří poměrně snadno a dochází k jejich téměř dokonalému vyhoření při zajištění dostatečného množství přiváděného vzduchu. Naproti tomu v plastovém odpadu se vyskytují

složky, při jejichž nesprávném spalování může dojít k významným škodám na životním prostředí. Obzvláště nebezpečné jsou karcinogenní dioxiny, furany, toxické plyny obsahující CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dále HCl, HF a těžké kovy. Aby nemohly exhalace ze spalovny ohrozit okolí, je nutné při spalování dodržet tyto podmínky:

- spalovací vzduch musí být přiváděn s 1,5 až 2,0 násobným přebytkem
- odpad se musí rychle zahřát na zápalnou teplotu
- teplota hoření musí být nad 850 °C
- spaliny musí být zdrženy v pásmu vysokých teplot nejméně 1 až 2 vteřiny.

Pyrolýza plastového odpadu je technologický bezodpadový uzavřený proces, při kterém nemůže dojít k úniku škodlivých emisí do vzduchu ani k znečištění půdy a vod. Obsahuje tepelné štěpení makromolekulárních sloučenin při němž jsou zachovány vazby mezi uhlíkem a vodíkem. Při pyrolýze se používají tavicí kotle, šachtové pece, komorové pece, šnekové reaktory, rotační bubnové pece nebo fluidními reaktory. Produktem tohoto procesu je benzín, plynový olej, těžký olej, oleje s vysokým obsahem alkanů, vodík, metan a další.

Zplyňování je přeměna polymeru tepelným štěpením na plynné palivo. Plynné palivo se lépe přepravuje a lze ho akumulovat k pozdějšímu využití. Provádí se v šachtových pecích, rotačních pecích nebo fluidních reaktorech. Výhodou oproti spalování jsou nižší investiční a provozní náklady, menší objem spalin a nižší emise. U čistých plastů je tato metoda jeví jako nevýhodná, naopak se velmi osvědčila při zpracování komunálního odpadu s nízkým obsahem plastů, pro směsi netříděných plastů s oleji, bitumeny, papírem, pryží atd. (Horáček, 2001)

### **3.4 Zpracování plastového odpadu v ČR**

Většina zpracovatelů plastového odpadu v České republice se věnuje zpracování PET vložek, využívaných na výrobu PET vlákn a netkaných textilií. Přehled zpracovatelů plastového odpadu je uveden v tabulce 1.

Tabulka 1 – Zpracovatelé odpadních plastů v ČR

Kód odpadu	Konkrétní název odpadu	Typ technologie	Provozovatel
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39		Drcení odpadů pro energetické zhodnocení, výroba alternativního paliva	A.S.A., spol. s r.o.; ADC Služby, s.r.o.; BISOB, s.r.o.; ECO - F Systém a.s.; Kapo, s.r.o.; Rumpold s.r.o.; Pavel Schwär - SCHWÄKOV METAL PRODUCT; SITA BOHEMIA, a.s.; SITA Moravia a.s.;
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39		Drcení plastů	Anbos Brno, s.r.o.; EKO-CHEM-Z s.r.o.; Ekotrend Ludky s.r.o.; Ing. Zdeněk Flasar; GUMMITEC s.r.o.; Zdeněk Hamouz; JELÍNEK - TRADING spol. s r.o.; Věra Kesidisová; Zdeněk Kužílek; Marotta s.r.o.; Metalia s.r.o.; Model Plast, spol. s r.o.; PLAST PLUS, s.r.o.; PREX a.s.; Recyklace odpadů a skládky, a.s.; REGIOS a.s.; RESTAP CZ s.r.o.; Rumpold, s.r.o.; SAN REO TRADE v.o.s.; Sdružení PNEU-PLAST; Pavel Schwär - SCHWÄKOV METAL PRODUCT; Josef Šeps - Wastemat; Jiří Šesták; Martin Štenc
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39	PET	Drcení plastů (PET)	Brnometal, s.r.o.; ESOKOM, s.r.o.; JELÍNEK - TRADING spol. s r.o.; RE-PLAST DESIGN, s.r.o.; Sdružení PNEU-PLAST; Pavel Schwär - SCHWÄKOV METAL PRODUCT; Sledge s.r.o.; Technické služby města Přerova; WANSIDA Int. s.r.o.
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39		Přepřacování odpadních plastů na regenerulát	Bali, s.r.o.; Radek Cupák; JTC Mnichovice s.r.o.; Kordservice, a.s.; Miroslav Vala - MARCUS; PF PLASTY CZ s.r.o.; PREX a.s.; REVIPLAST s.r.o.; UNIFLEX Moravia s.r.o.
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39		Přepřacování odpadních plastů na regenerulát, výroba fólií z regenerulátu	ACF - CZ spol. s r.o.; JELÍNEK - TRADING spol. s r.o.; Vladimír Mucha - EKOPLAST; PEBAL s.r.o.; Superplast s.r.o.; TEMPLUM s.r.o.
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39	PET	Recyklace plastů: Zpracování PET odpadů na polyesterovou stříž	SILON a.s. Planá nad Lužnicí
15 01 02	Polystyren pěnový	Výroba plniva do betonu z odpadního polystyrenu	Prostyren s.r.o.
15 01 02, 17 02 03	Polystyren pěnový	Výroba směsi pro přípravu polystyrenbetonu	ENROLL CZ spol. s r.o.
15 01 02, 17 02 03	Polystyren pěnový	Výroba stavebně izolačního materiálu s použitím odpadního polystyrenu	SEPAS a.s.
15 01 02, 17 02 03	Polystyren pěnový	Výroba tepelné a akustické izolace	ENROLL CZ spol. s r.o.
15 01 02, 17 02 03, 20 01 39		Výroba výrobků z recyklovaných plastů	JELÍNEK - TRADING spol. s r.o.; KAMAplast s.r.o.; LM Technologies s.r.o.; Model Plast, spol. s r.o.; Purus Kostelany a.s.; Stabilplastik spol. s r.o.; TRANSFORM a.s. Lázně Bohdaneč; U-TRANSFORM CZ a.s.

Zdroj: Odpadové fórum, září 2005

Výrobou PET stříží a kabelů se zabývá největší podnik SILON a.s. v Plané nad Lužnicí. Na vysoce kvalitní surovinu dokáže přeměnit odpad z PET společnost Plastic Technologies and Products s.r.o. v Jílovém u Prahy. Přeměňují odpad na surovinu, která se dá znovu využít k výrobě obalů. V Kostelanech na Moravě vyrábí zatravněvací dlaždice z minimálně 80% odpadního polyolefinu firma Purus Kostelany a.s. Směsné odpadní plasty s příměsí maximálně 10% PET zpracovávají například společnosti TRANSFORM a.s. Lázně Bohdaneč a Mosev plast s.r.o. Odpad využívají na výrobu zatravněvací dlažby, květináčů, plastových sloupků či protihlukových stěn. (Čížek, 2006)

### **3.4.1 Vybraná zpracovna plastového odpadu**

Společnost TRANSFOM a.s. Lázně Bohdaneč zpracovává odpady z plastů od roku 1992. Areál společnosti leží na okraji města Lázně Bohdaneč a jsou na něm postaveny výrobní i skladové haly. Ke zpracování jsou přijímány následující druhy odpadu:

02 01 04 Odpadní plasty (kromě obalů)

07 02 13 Plastový odpad

12 01 05 Plastové hobliny a třísky

15 01 02 Plastové obaly

16 01 19 Plasty

17 02 03 Plasty

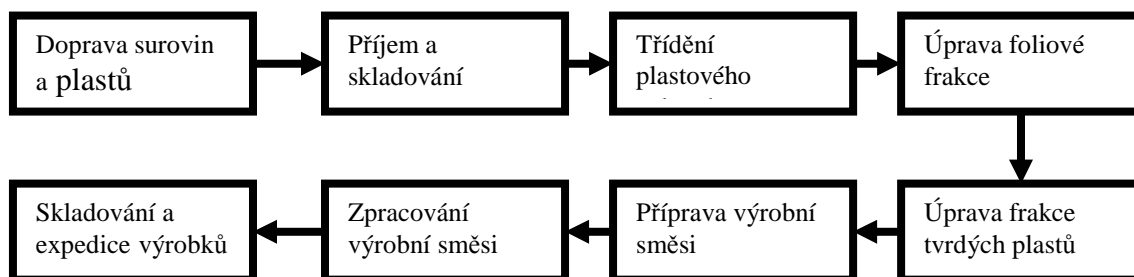
19 12 04 Plasty a kaučuk

19 12 12 Jiné odpady (včetně směsí materiálů) z mechanické úpravy odpadu  
neuvečené pod číslem 19 12 11

20 01 39 Plasty

Výrobní postup používaný ve společnosti TRANSFORM a.s. je znázorněn na obrázku 8.

Obr.8 – Výrobní postup ve společnosti TRANSFORM a.s.



Zdroj: Pozděna, 2007

### 1. Doprava surovin a plastů

v nejrůznějších dopravních prostředcích jako jsou např. kamiony, menší nákladní automobily, kuka vozy, sběrné vozy vybavené lisovacím zařízením, kontejnery apod. Vlastní dopravu zajišťují dodavatelé odpadů pomocí kamionů, sběrných vozů, nákladních automobilů atd.

### 2. Příjem a skladování surovin a odpadů

Materiál je po náoze dopravci skladován v uzavřeném skladu na betonové podlaze. Za běžného provozu je skladováno okolo 700 tun plastového odpadu. Manipulaci s balíky a big bagy provádí pracovník firmy vysokozdvížným vozíkem nebo u volně loženého materiálu pomocí nakladače.

### 3. Třídění plastového odpadu

Plastové odpady jsou pomocí podávacího pásu dopravovány do rozduřovacího bubnu, kde se rozvolní, oddělí se kovy, sklo, keramika a plastové materiály z bubnu vypadnou na třídící pás. Obsluha linky vybírá ručně z třídícího pásu jednotlivé plasty dle stanovených kritérií a hází je do zásobních boxů. Jedná se především o dělení PET lahví podle barev, vytřídění folií a rozměrných plastových výrobků. Nevhodné příměsi jsou shromažďovány v nádobách a využívány či odstraňovány jiným způsobem.



#### 4. Úprava foliové frakce

Vytříděné plastové folie a drobné předměty z plastu jsou dávkovány do aglomerátoru, kde je rychle rotující nože rozmělní. Materiál se zahřeje frikčním teplem, speče se a vytvoří těstovitou hmotu. Poté se prudce ochladí vodou a je znovu rozmělněn noži na aglomerát. Ten se dopraví přes magnetický separátor do rotačního síta, kde je oddělena hrubá frakce, která se zpracovává na mletinu a jemná frakce, která je dopravena do velkoobjemového kontejneru.

#### 5. Úprava frakce tvrdých plastů

Vytříděné tvrdé plasty jsou pásových dopravníkem přiváděny do předdrtiče, kde jsou nahrubo nadrceny. Materiál projde přes magnetický separátor do násypek mlýnů, kde je namlet na velikost 8 – 15 mm. Poté je přemístěn do zásobních jímek.

#### 6. Příprava výrobních směsí

V míchacích silech se připravuje výrobní směs TRAPLAST z aglomerátu a mletiny.

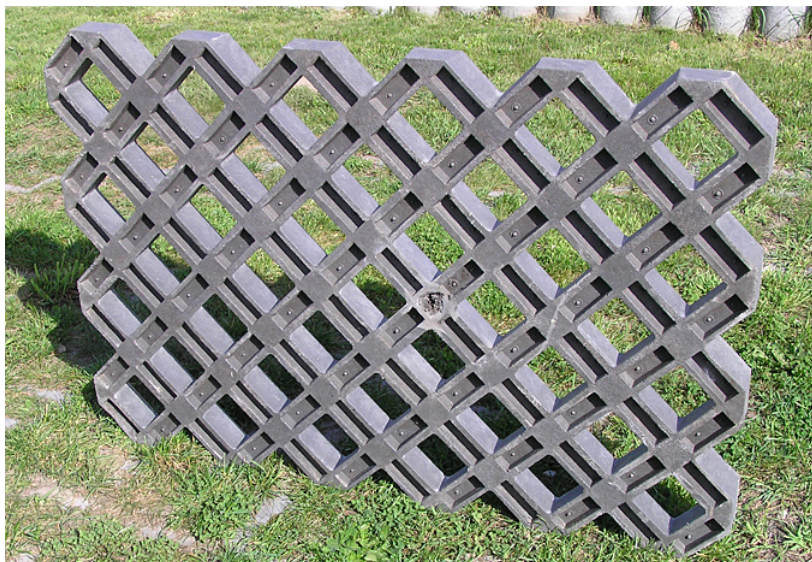
#### 7. Zpracování odpadních plastů na konečné výrobky

Výrobní směs je přes magnetický separátor dopravena ze sila do extrudérů. Pokud je požadován barevný výrobek, pak je do násypek extruderu nasypán přípravek na barvení směsy. Dochází k roztavení směsi na požadovanou teplotu a směs je vtlačována do připravené formy pod nastaveným tlakem. Poté je vyplněná forma ochlazená ve vodní lázni, výrobek je vybrán z formy, obroušen a uložen. Mezi výrobky patří například kabelové žlaby, kanalizační vpustě, stropní vložky nebo zatravnovací dlažby – viz obrázek 10. Přetoky, odřezky a zmetky z výroby jsou rozemlety a použijí se znovu jako mletina.

#### 8. Skladování a expedice výrobků

Výrobky jsou uskladněny v hale a posléze expedovány k odběratelům. (Pozděna, 2007)

Obr. 9 – Zatravnovací dlažba společnosti TRANSFORM a.s. Lázně Bohdaneč



Zdroj: <http://www.recyklace.cz/cs/fotoalbum/>

### **3.5 Zpracování odpadního plastu v zahraničí**

#### **3.5.1 Reversen**

Dřevěné výrobky jsou nahrazovány předměty vyrobenými z plastových odpadů. Mohou to být například kolíky, příčky, palety a podobně. Tento proces je používán zejména v Japonsku a dělí se na tři základní fáze:

- 1) Drcení – provádí se na drtičích, které drtí současně více druhů obalových odpadů. Výsledkem je drť o různé velikosti, která se homogenizuje a pneumaticky nebo pomocí transportéru se dopravuje do násypky a odtud šnekovým dopravníkem ke zpracovatelskému stroji.
- 2) Zpracování – za určitých teplot se dosáhne požadované tekutosti odpadů a ten se mísí s nadouvadly. Celý proces zpracování se provádí za vysokých tlaků na vlačovacím stroji se šnekem o průměru 250 mm a délce asi 1000 mm. Speciálně konstruovaný kužel, který je umístěn na konci šneku, tlačí roztavený odpad za stálého promíchávání

do vytápěné akumulární komory. Pomocí odplyňovače umístěného v akumulární komoře dochází k odstranění těkavých podílů.

- 3) Výroba předmětu – akumulární komora má kapacitu asi 6 litrů a po naplnění vytlačí píst s vertikálním šnekem taveninu do formy. Vzhledem k nízké hodnotě výtlačného tlaku je možno používat levné plechové formy.

Tento způsob zpracování odpadního plastu má velice nízké náklady, vyrobené díly jsou nehořlavé, jsou odolné proti stárnutí a nejsou na rozdíl od dřeva napadány hmyzem ani houbami. Technika výroby nedovoluje výrobu předmětů s vysokou přesností nebo s velkou technickou náročností. Proto je proces spíše vhodnější na výrobu těžkých dílu jako je oplocení, sloupy, stropnice, dlažební desky, kabelové bubny, palety a podobně.

### **3.5.2 Remarker**

Je podobný proces jako Reversen. Zpracovávají se odpady z PVC a plasty obsahující i textilní příměsi. Odpadový materiál je ve formě odpadové drti taven pod tlakem 40 až 60 MPa ve vytlačovacím stroji. Materiál dokonale homogenizuje a náhlým otevřením speciálního tryskového uzávěru se vstříkuje hmota do formy. Pomocí tohoto procesu lze vyrábět díly až do hmotnosti 20 kg.

### **3.5.3 Recykloplast**

Je to proces zpracování plastových odpadů na regranuláty. Při zpracování se používá postup tepelného rozkladu polymerů na monomerní jednotky nebo chemická proces se selektivním rozpouštěním plastových odpadů jako je tomu u PVC a PET. Rakouská firma Greiner zpracovává termoplasty na regranuláty lisováním nebo vyrábí lineární profily kontinuální extruzí roztavené směsy odpadových plastů chlazenou tryskou. (Horáček, 2001)

## **4 Technologie a technika zpracování odpadního plastu na tuhé alternativní palivo**

O využívání odpadu jako alternativní energie se poprvé probíralo na evropském kongresu o životním prostředí v Ženevě v roce 1979. V dřívějších letech nebyla z důvodu dostatečných a levných zásob energie hledána alternativa v podobě používání odpadu jako zdroje energie. (Brož, 2003)

### **4.1 Odpad jako palivo**

Podle zákona je alternativním palivem směs tuhých, kapalných nebo plyných látek, s rovnoměrným rozložením složek a vlastností, o definovaném složení, určená k energetickému využití ve stacionárním zdroji, jejíž spálením nedojde ke zvýšení emisí tuhých částic frakce PM<sub>2,5</sub>, oxidu siřičitého, oxidů dusíku a těkavých organických látek do ovzduší oproti spalování referenčního paliva a k uvolnění znečišťujících látek nad emisní limity stanovené zvláštním právním předpisem.

Alternativní palivo nesmí obsahovat polyvinylchlorid v zastoupení nad 0,1 % hmotnostních v sušině.

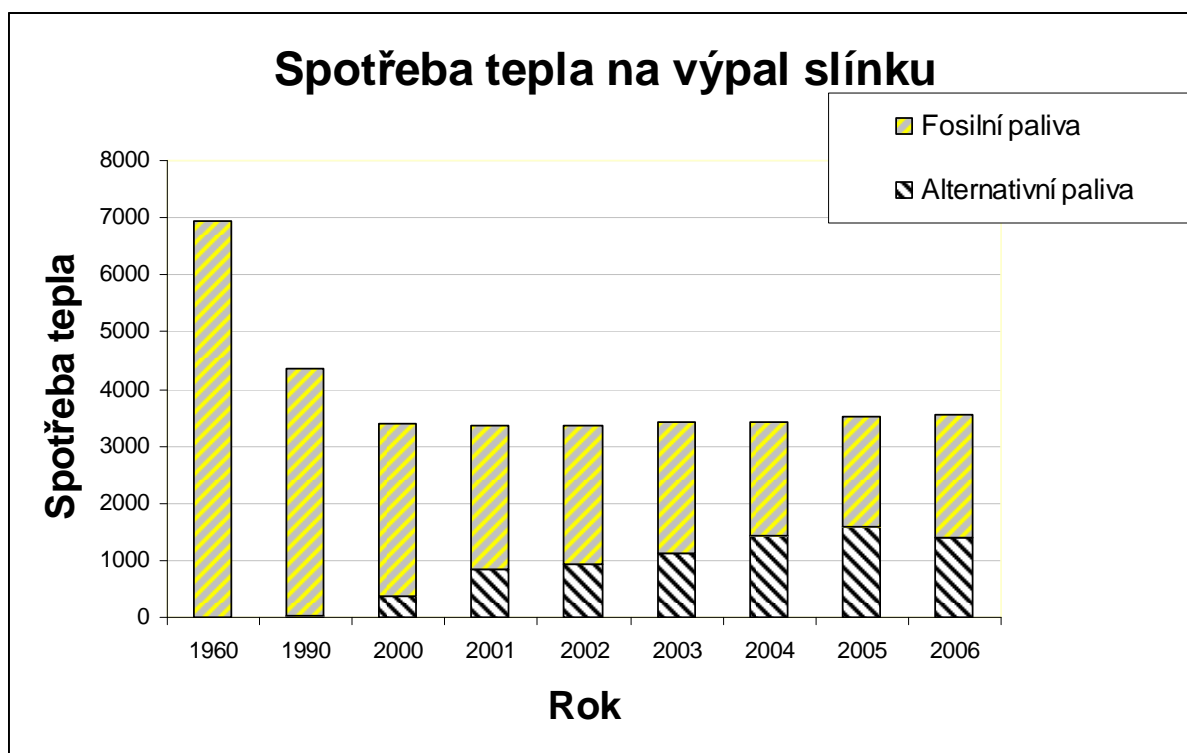
Ve spalovacích zdrojích lze spalovat alternativní palivo pouze v případě, že se jedná o zvláště velký, velký a nebo střední spalovací zdroj, pro jehož konkrétní technologii bylo alternativní palivo vyrobeno, a na kterém byla provedena spalovací zkouška včetně měření emisí, jež provádí osoba autorizovaná podle §15 zákona k měření emisí znečišťujících látek.

Nedílnou součástí osvědčení o kvalitě alternativního paliva je certifikát o skutečném složení alternativního paliva, vydaný akreditovanou zkušebnou a prokazující splnění požadavků stanovených touto vyhláškou a prohlášení o shodě podle zvláštního právního předpisu, dokládající stálost složení. Certifikát o skutečném složení alternativního paliva pozbývá platnosti v případě, že dojde k jakékoliv změně látek vstupujících do jeho výroby, nebo ke změně složení alternativního paliva.

Odpad, který má být spalován a energeticky využíván, musí splňovat určité podmínky. Důležitá je především výhřevnost, která musí splňovat určitou minimální úroveň. Rovněž složení odpadu je významným kritériem. Na složení odpadu závisí nejen jeho výhřevnost, ale i obsah vody a popela. Kvalita odpadu musí být pečlivě analyzována podle jeho složek a musí být stanoven obsah vody, popela a spalitelných látek. Teoreticky je pro spalování bez přídavného paliva vhodný jen ten odpad, který obsahuje maximálně 60 % popela, nejméně 25 % spalitelných látek a jeho vlhkost je nižší než 50 %. (Bebár, 2005; Kořínek, 2006; Cerembau 2007)

Úspěšně je využíván odpad jako energetický zdroj především v cementárnách. Na obrázku 11 je uveden vývoj spotřeby prvotního a druhotného zdroje paliv.

Obr. 10 – Spotřeba tepla na výpal slínku



Zdroj: <http://www.svcement.cz/data2006.html>

## **4.2 Tuhé alternativní palivo**

Výroba tuhých alternativních paliv z průmyslových a komunálních odpadů v České republice se datuje od konce 90. let. Jedná se převážně o materiály, které nejsou dále materiálově využitelné. Palivem je směs plastů, papíru, dřeva, textilu a v některých případech i pryže. Výroba paliv z odpadů byla a je v drtivé většině případů orientována na cementárny. Roční objem takto vyrobených paliv (mimo pneumatiky a masokostní moučku) se pohybuje zhruba kolem 30 tisíc tun. (Bielan, 2007)

### **4.2.1 Definice**

Současně používaná definice tohoto tuhého alternativního paliva říká, že TAP na bázi plastopapírové je materiál vzniklý separací a následnou úpravou odpadních materiálů z plastů, papíru, textilu, pryže a jiných spalitelných látek. Je to drcená směs látek obsahující spalitelný průmyslový a tříděný komunální odpad s minimálním obsahem nebezpečného nebo nebezpečnými látkami znečištěného odpadu.

Tuhé alternativní palivo je certifikovaný výrobek, který má vlastní normový předpis, doklad o primárním původu paliva, bezpečnostní list a ekologický atest. Výrobce paliva bývá obvykle firma působící v oblasti nakládání s odpady nebo cementárna a příjemcem paliva pouze cementárna. Palivo jako výrobek je tedy uváděno na trh s prohlášením o shodě ve smyslu zák. č. 22/1997 Sb., ve znění zák. č. 71/2000 Sb. o technických požadavcích na výrobky a respektuje zákonná ustanovení o odpadech a ochraně ovzduší. (Gemrich, 2002; Pospíchal, 2001)

### **4.2.2 Výroba TAP**

Pro výrobu tohoto paliva jsou vhodné především směsné plasty, textil, textilní vlákno, koberce, pryž, pneumatiky, papír, plastopapírové kompozitní obaly, dřevo a dřevotříska.

Obecné požadavky na tuhá alternativní paliva na plastopapírové bázi můžeme shrnout následovně:

- zrnitost - granulometrický rozměr drtě vhodný pro manipulaci a dávkování, tj. sypká, nelepivá, biologicky stabilizovaná hmota, prostá zápachu, manipulovatelná s vhodnou měrnou hmotností (min.  $200 \text{ kg.m}^{-3}$ ).

- obsah vody, popela a hořlaviny

obsah vody max. 20 %

obsah popelu max. 22 %

- spalné teplo a výhřevnost

výhřevnost min.  $15 \text{ MJ.kg}^{-1}$

- obsah alkálií, síry, chloridů

Cl max. 1 %

S max. 8 %

- chemické složení popela

- obsah těžkých kovů a dalších znečišťujících látek

PCB max. 30 ppm

Tl max. 10 ppm

Hg max. 2 ppm

Pb max. 0,2 %

Zn max. 1 %

Z požárního hlediska je TAP hodnoceno jako látka vznětlivá. Schopnost samovznícení vrstvy TAP je vzhledem k převažujícímu obsahu syntetických látek, které nepodléhají biologickým

rozkladným procesům spojeným s vývinem tepla, velmi nízká a při krátkodobému skladování tuhého alternativního paliva zanedbatelná. (Gemrich, 2006)

### **4.2.3 Používání TAP**

TAP můžeme spalovat spolu s dalšími alternativními palivy, většinou to bývají pneumatiky, směs černého uhlí s palivem KORMUL. Některé cementárny mohou TAP dávkovat a spalovat pouze pomocí hlavního hořáku. Jiné pak mají pece s předkalcinací a TAP mohou spalovat v předkalcinátoru. Navenek se ale systémy s předkalcinací a bez ní výrazně neliší.

TAP mají nižší výhřevnost než standardní paliva. Plamen hořáku má proto nižší teplotu než při používání standardních paliv. Díky nižší teplotě hořáku je potlačen vznik NO<sub>x</sub>, takže při spalování TAP dochází k poklesu emisí NO<sub>x</sub>. Emise TZL jsou závislé na stavu elektrostatických odlučovačů a na teplotě a vlhkosti odprašovaných plynů. Spalování tuhých alternativních paliv nemůže mít při správné funkci stabilizátoru a elektroodlučovače na emise TL žádný vliv. Emise SO<sub>2</sub> jsou v podstatě ovlivňovány obsahem sloučenin síry v surovinové směsi. Síra, vstupující do systému s palivem, je zcela zachycována kalcinující surovinou v peci a předkalcinátoru, případně na posledním stupni výměníků tepla.

Snížení teploty plamene při spalování TAP oproti teplotě při spalování fosilních paliv není tak významné, aby vedlo ke zvýšení emisí oxidu uhelnatého. Emise CO jsou ovlivňovány především přebytkem spalovacího vzduchu. Obsah CO ve spalinách je přísně sledován a automaticky regulován z důvodu bezpečnosti provozu elektrostatických odlučovačů.

Teplota plamene v rotační peci se pohybuje mezi 2000 a 2100 °C. Palivo se zdržuje v zóně teplot nad 1200 °C 3 – 7 vteřin. Přebytek vápenatých iontů, mírně oxidační prostředí v peci a rychlé zchlazení plynů ve výměňkovém systému a stabilizátoru na teplotu nižší než 180 °C potlačují vznik sloučenin typu PCDD/F. Koncentrace těchto látek ve spalinách se pohybují pod emisním limitem, který je 0,1 ng.m<sup>-3</sup>. (Gemrich, 2006; Stag, 2007)

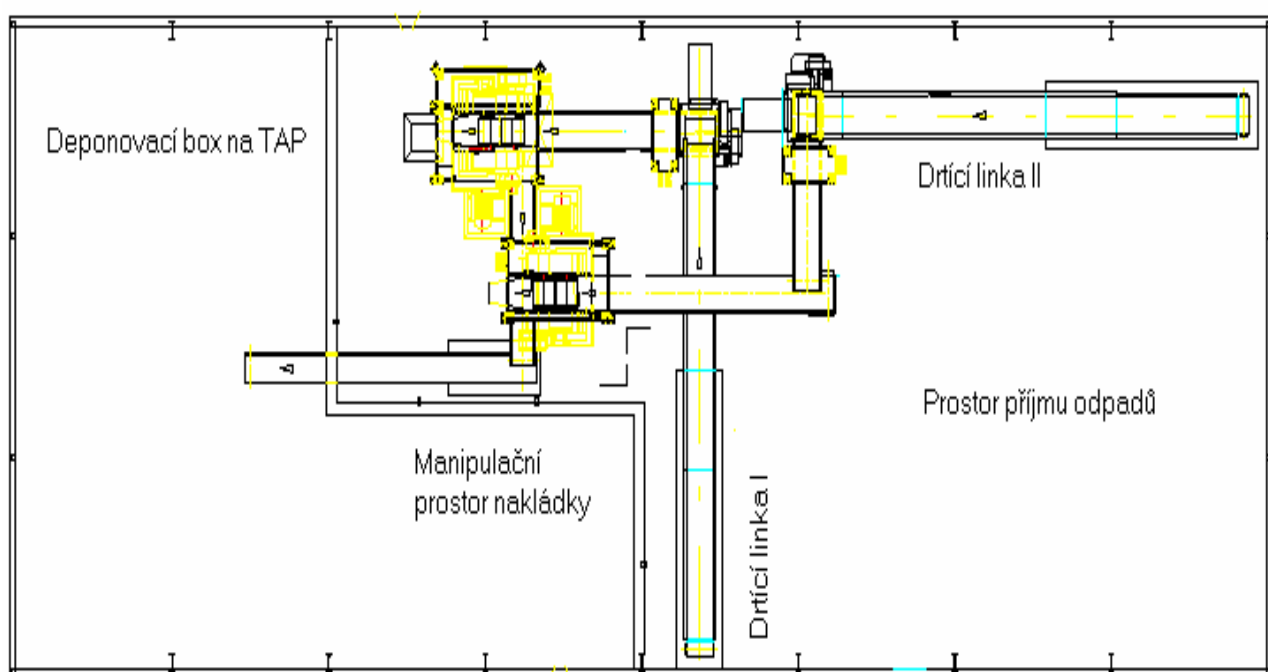
## **4.3 Linka na TAP**

Linku na tuhá alternativní paliva na bázi plastů mají například v Úholičkách. Uspořádání výrobní haly vidíme na obrázku 12. Odpad je přijímán v přední části haly. Součástí tohoto



prostoru je příjmová plocha, opěrná zeď pro manipulaci s nakladačem a nádoby na vytříděný nevhodný odpad. Nádoby na vytříděný odpad označeny kódem a názvem odpadu. Prostor příjmu odpadů je ohraničen zapuštěnými příjmovými dopravníky. Vstupní dopravník je zapuštěný, řetězový a krabicový. Využitelná šířka jeho pásu je 996 mm, výška bočnice nad páskem je 550 mm. Délka vodorovné v zemi zapuštěné části je 5 m. Délka šikmé části 8,6 m, sklon 30 stupňů. Pohon elektropřevodovkou má příkon 5,5 kW.

Obr. 11 Uspořádání haly na výrobu tuhého alternativního paliva v Úholičkách.



Zdroj: [http://tomcat.cenia.cz/eia/detail.jsp?view=eia\\_cr&id=STC111](http://tomcat.cenia.cz/eia/detail.jsp?view=eia_cr&id=STC111)

Odpad určený ke zpracování je vysypán na příjmovou plochu, kde je nakladačem rozprostřen a zběžně zkontrolován pracovníkem, který zbaví odpad nevhodných příměsí, které by mohly ohrozit výslednou kvalitu TAP nebo by mohly poškodit technologická zařízení. Vytříděné nevhodné odpady jsou ukládány do shromažďovacích nádob podle typu odpadu a následně jsou využity nebo odstaněny. Přetříděný odpad využitelný pro výrobu TAP je překládán

velkoobjemovým nakladačem typu HON na řetězové příjmové dopravníky, které jej dopravují na místo, kde probíhá 1. stupeň drcení – viz obrázek 17. V prostoru příjmových dopravníků je umístěn ovladač pro nouzové zastavení drtících linek.

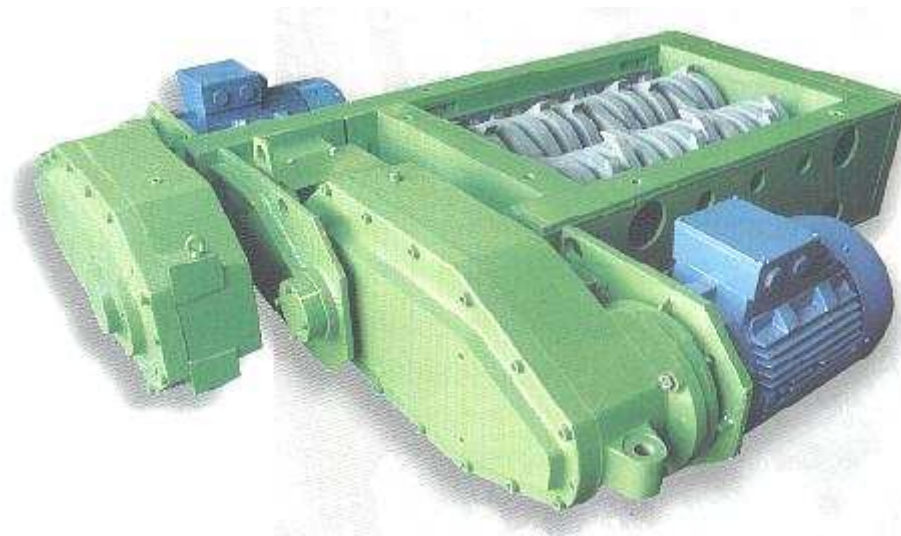
*Obr. 12 Dopravní pásy*



*Zdroj: [http://www.asa-cz.cz/t\\_treatment\\_tap.htm](http://www.asa-cz.cz/t_treatment_tap.htm)*

První stupeň drcení probíhá pomocí dvou pomaloběžných dvourotorových drtičů DUC 16/1150/50, vynášecích dopravníků a magnetických separátorů. Drtič řady DUC 16 firmy UNIKASSET, spol. s r. o. můžeme vidět na obrázku 14.

*Obr. 13 Drtič řady DUC 16*

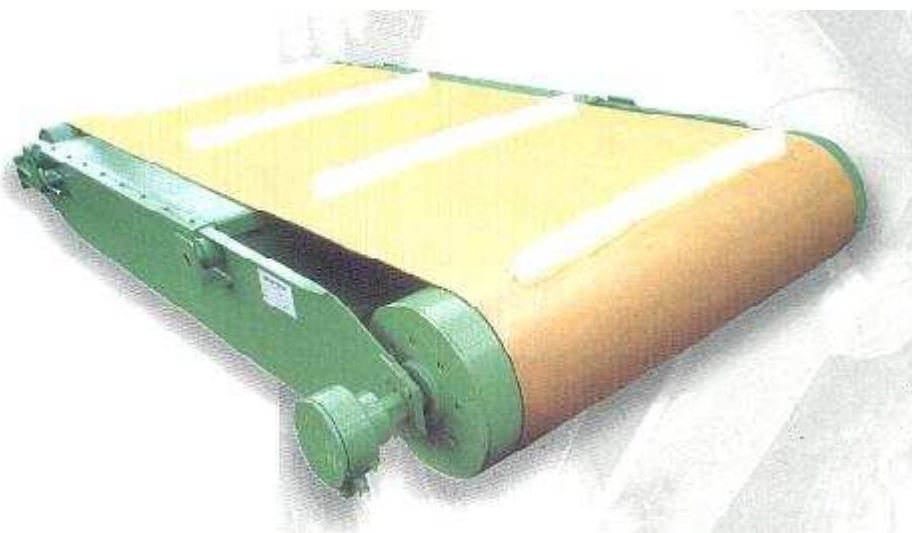


*Zdroj: <http://www.unikasset.cz/draml.html>*

Zpracovávaný odpad je veden do násypky pomaloběžného drtiče, kde je drcen na proužky šířky cca 50 mm. Předdrcený materiál padá na dopravník, a ten jej přemísťuje do násypky druhého stupně drcení.

Magnetický separátor SPUC 700, který můžeme vidět na obrázku 15, je umístěn nad dopravníkem a z odpadu vyseparovává železné části, které by mohly poškodit drtiče.

*Obr. 14 Magnetický pásový separátor feromagnetických předmětů typu SPUC*



*Zdroj: <http://www.unikasset.cz/magsep.html>*

Druhý stupeň drcení je tvořen dvěma jednohřídelovými drtiči Lindner Micromat MS 2000 a dvěma vynášecími dopravníky.

Odpad je v jednohřídelových drtičích nadrcen na požadovanou frakci. Kalibraci jednotlivých částic zajišťuje výstupní síto. Poté je materiál vynášen výstupními dopravníky do deponovacího boxu na TAP.

Deponovací box na TAP je umístěn v západní části haly, od prostoru příjmu odpadů a obou stupňů drcení je kompletně oddělen, pouze s průchody pro přísun materiálu ve stěně. Vstup do tohoto prostoru je samostatným vchodem ze zadní části haly.

V tomto prostoru je nadrcené alternativní palivo, které vidíme na obrázku 16, promícháváno nakladačem proti opěrné stěně až do stadia požadované homogenizace. Zároveň box slouží k vytvoření provozní zásoby TAP, před jeho expedicí k odběrateli. Palivo je expedováno pod obchodní značkou ASAPAL.

*Obr. 15 Nadrcené tuhé alternativní palivo ASAPAL*



*Zdroj: [http://www.asa-cz.cz/t\\_treatment\\_tap.htm](http://www.asa-cz.cz/t_treatment_tap.htm)*

Manipulační prostor je součástí deponovacího boxu na TAP a v tomto prostoru probíhá nakládka TAP pro expedici k odběrateli do přistavených velkoobjemových kontejnerů. Provádí se pomocí kolového nakladače HON. (Adamec, 2003)

#### **4.4 Využití odpadů v cementárnách**

Cementárny využívají energii spalného tepla z pneumatik, plastů a podobných odpadů. Toto teplo může z větší či menší části nahradit neobnovitelné fosilní energetické zdroje, jako zemní plyn, topné oleje a uhlí, které při výrobě cementářského slínku tradičně používají.

Spalování alternativního paliva může probíhat společně s primárním palivem v hlavním hořáku rotační pece nebo případně samostatně v pomocném hořáku. U pecí, které jsou vybavené předkalcinátorem je možné využít hořáku předkalcinátoru.

Nejdříve byly jako alternativní paliva v cementárnách používány odpadní oleje. V dnešní době již klasickým cementářským palivem jsou použité pneumatiky. Nízkoenergetickým palivem s výhřevností do  $10 \text{ MJ.kg}^{-1}$  jsou vysušené kaly z čistíren odpadních vod.

*Obr. 16 Dopravní pás s alternativním palivem cementárnách*



*Zdroj: <http://si.vega.cz/clanky/hotdisc-nejmodernejsi-zarizeni-na-vyuziti-paliv/>*

Palivo KORMUL je standardně vyráběné aditivní palivo na bázi odpadních ropných kalů. Ropné kaly se získávají asanační starých ekologických zátěží ze sludgeových rybníků. Jejich vznik pobíhal při rafinaci minerálních olejů kyselinou sírovou. Obsah sušiny během let vzrůstal díky probíhajícímu odvodnění až na 96%. Vytěžené odpady mají pastovitou konzistenci a mísí se s uhelnými prachy, vápnem a vápencem, aby došlo k získání sypké konzistence nebo aby byl produkt briketovatelný.

Paliva vyráběná ze složek komunálního odpadu neboli Refused Derived Fuels (RDF), jsou vyráběna změnou fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností odpadu. Prvotní odpad je formě neumožňující přímé dávkování do rotační pece. Jako tuhé alternativní palivo při energeticky náročné výrobě používají odpadní plast.

Nahrazení klasických paliv alternativními přináší cementárnám výhody v podobě snížení nákladů na paliva a snížení emisí. Podle výrobců paliv přináší využívání alternativních paliv úsporu 30 % oproti klasickým palivům. Nabídka tuhých alternativních paliv stoupá v současné době díky zvětšujícímu se množství separovaného plastového odpadu.

Alternativní paliva se mohou spalovat pouze při dodržení vyhlášky č. 354/2005 Sb., která má vyšší nároky na měření emisí ze spalování. Splnění podmínek vyhlášky znamená pro společnosti používající tuhá alternativní paliva vyšší investiční náklady. Další investice v podobě náhrady elektrostatických filtrů jsou nutné ke snížení vypouštěných emisí ze spalování tak, aby se vyhovělo zpřísněným požadavkům vyhlášky. Pro splnění podmínek bylo nutné změnit řídicí systém rotační pece. Pokud dojde k překročení emisních limitů, musí systém automaticky zastavit přísun alternativních paliv. Například společnost Holcim přišly investice související s novou vyhláškou z roku 2005 na 15 milionů korun.

Provozní problémy může způsobovat vyšší vlhkost tuhých alternativních paliv a výkon rotační pece se může snížit až o stovky tun slínku za den. Další potíže způsobují cementářské škodliviny v podobě síry nebo chloru v palivech.

K nákladům spojeným se spalováním alternativních paliv v cementářském průmyslu patří také finance nutné na vybavení a provozování laboratoře, která bude sledovat vlastnosti TAP.

Přes všechny zvýšené náklady a potíže při používání tuhých alternativních paliv je nesporná výhoda v tom, že se jedná o bezodpadovou náhradu neobnovitelných fosilních paliv. Energie paliva je plně využívána na výpal slínku, popel neovlivňuje negativně kvalitu výstupního produktu a stává se jeho součástí. Spalování odpadů je z hlediska cementáren nejefektivnějším a nejlevnějším způsobem odstranění odpadů. (Holas, 2005; Pecina, 2004, Veverka, 2004)

#### 4.4.1 Technologie HOTDISC v cementárnách

Cementárna Holcim Slovensko v Rohožníku uvedla v roce 2005 do provozu technologii Hotdisc. Jedná se jedno z nejmodernějších zařízení na zhodnocování alternativních paliv v cementářském průmyslu. Hotdisc umožňuje snížení výrobních nákladů na energii, snižuje emise kysličníku uhličitého a spotřebu fosilních paliv. Technologie Hotdisc je v principu jednoduché zařízení, jehož fotografii můžeme vidět na obrázku 18.

Obr. 17 Zařízení HOTDISC



Zdroj: <http://si.vega.cz/clanky/hotdisc-nejmodernejsi-zarizeni-na-vyuziti-paliv/>

Toto zařízení umožňuje účinnější způsob zhodnocení alternativních paliv. Výhodou je především to, že u spalovaného odpadu není nutná komplikovaná příprava v podobě drcení, mletí a podobně. Podstatou systému je vertikální komora s centrálně umístěným rotujícím diskem. Teplo vyrobené v Hotdiscu je využito pro částečnou kalcinaci surovinové moučky v procesu její proměny ve slínku a pro ohřev terciálního vzduchu vystupujícího do kalcinátoru.

Do pomalu rotujícího disku jsou přímo zavedena alternativní paliva a dochází k první fázi zhodnocení - pyrolýze. Palivo se při styku s horkým vzduchem vznítí a hořící materiál je dopraven do rotační pece. V rotační peci je teplota až 1500 °C a plastový materiál zcela shoří. Teplo vzniká hořením uhlíkatých látek. Části, u kterých nedošlo k úplnému vyhoření, jako jsou například výztuže pneumatik, jsou zakomponovány do struktury slínku. Hotdisc zajišťuje dokonalého zhodnocení různých paliv, protože rychlost otáčení rotačního disku je říditelná a doba setrvání paliva v peci se může měnit. V zařízení mohou být využity i velké kusy odpadů, Hotdisc nevyžaduje drcení odpadu na menší části.

*Obr. 28 Cementárna v Rohožníku*



*Zdroj: <http://si.vega.cz/clanky/hotdisc-nejmodernejsi-zarizeni-na-vyuziti-paliv/>*

Závod Holcim v Rohožníku(obr. 20) instaloval Hotdisc jako druhý na světě a investoval do zařízení přes 300 milionů slovenských korun. (Robl, 2006)



#### **4.5 Právní aspekty energetického využívání odpadů**

Definice energetického využití odpadů je podle zákona o odpadech č. 185/2001 sb., ve znění novel, použití odpadu hlavně způsobem obdobným jako paliva za účelem získání jeho energetického obsahu nebo jiným způsobem k výrobě energie.

Za energetické využití odpadů se spalování odpadů považuje pouze tehdy, jestliže:

- a) použitý odpad nepotřebuje po vlastním zapálení ke spalování podpůrné palivo a vznikající teplo se použije pro potřebu vlastní nebo dalších osob, nebo
- b) odpad se použije jako palivo nebo jako přídavné palivo v zařízeních na výrobu energie nebo materiálů za podmínek stanovených právními předpisy o ochraně ovzduší.

Sjednocováním předpisů České republiky a Evropské unie došlo v oblasti energetického využívání odpadů k výraznému zpřísnění limitů pro znečišťující látky. Toto zpřísnění se týká jak plyných exhalací, tuhých i kapalných zbytků ze zpracování i spalování odpadů. Došlo k zavedení jednotné doby zdržení spalin 2 s při předepsané teplotě, ke snížení stanovené minimální teploty spalování z 900 na 850 stupňů Celsia pro odpad, který obsahuje méně než 1 % hmotnosti chlóru. Je vypuštěn požadavek na minimální obsah kyslíku ve spalinách za posledním stupněm spalování ve výši 6 % objemových, který je nahrazen limitovaným obsahem nespáleného uhlíku v tuhých zbytcích spalování na 3 % hmotnosti. (Bébar, Pavlas, Stehlík, 2005)

## **5 Zhodnocení jednotlivých způsobů zpracování odpadního plastu**

Existuje několik možností jak využít odpadní plasty k dalším účelům. Každá má své pro i proti. Každopádně v porovnání se skládkováním snižují všechny recyklační postupy zátěž životního prostředí.

### **5.1 Energetické využití**

Výhodou energetického zpracování odpadního plastu je, že v materiálu nevádí příměsi jako je papír, dřevo, zbytky potravin atd. Spalné teplo plastů je vyšší než u většiny fosilních paliv a příměsi spolu s plastovým odpadem shoří. Cementárny využívají a zneškodňují velké množství plastových odpadů ve spalovacích zařízeních. Díky vysoké teplotě v pecích odpad dokonale shoří a vzniklý popel se může použít do slínku. Plastový odpad jako palivo používané v cementárnách neovlivňuje kvalitu cementu ani nezhoršuje vypouštěné emise. Velkou výhodou používání alternativních paliv je, že se šetří neobnovitelné zdroje energie. Energetické zpracování odpadního plastu je jednoznačně ekologicky šetrnější v porovnání s klasickým spalováním.

### **5.2 Materiálová recyklace**

Materiálová recyklace je nejlepší způsobem zhodnocení vstupních surovin i energie. Velmi komplikujícím faktorem využití tohoto druhu recyklace je ale požadavek na vysokou čistotu materiálu. Znečištěná či netříděná surovina zvyšuje náklady materiálové recyklace v podobě nutnosti čištění materiálu. V případě nedostatečné kvality použité suroviny získáme recyklát nižší kvality.

### **5.3 Surovinová recyklace**

Surovinová recyklace je šetrná k životního prostředí. Umožňuje látkově znovuvyužít velké množství odpadního plastu. Použité plasty se štěpí na výchozí látky nebo na chemické suroviny, které se pak dají znovu využít k výrobě nových plastů nebo jiných výrobků. Takto získané výrobky nemají žádná omezení v použití. Velkou nevýhodou jsou značné investice do technologií.

## **6 Diskuze a závěry**

### **6.1 Výhody tuhých alternativních paliv z odpadních plastů**

- Jde o bezodpadovou technologii, protože při spalování dochází k úplnému rozkladu jednotlivých složek paliva a úplnému zapracování pevného podílu spalin do struktury slínku.
- Využívání alternativních paliv snižuje používané množství tradičních fosilních paliv.
- Odpad je zdrojem energie, zejména tepelné, která dále využívá ve výrobním procesu.
- Zhodnotit se dají i jinak nevyužitelné plasty, které jinak končí především na skládkách.
- Použití alternativních paliv nemá vliv na proces výpalu slínku.

### **6.2 Nevýhody tuhých alternativních paliv z odpadních plastů**

- Poměrně vysoké investice spojené s certifikací paliva.
- Náklady spojené se zpřísněním norem EU.
- Tuhé alternativní palivo lze spalovat jen ve velkých spalovacích zdrojích.

### **6.3 Závěr**

V době, kdy se lidstvo snaží být ohleduplnější k životnímu prostředí, se jeví využití energie z odpadů jako nadmíru vhodné. Pokud by se odpady, které tvoří základ použitých alternativních paliv, nezhodnotily v cementárně, pravděpodobně by skončily na skládce nebo ve spalovně. Spálením odpadů ve spalovně by pak byly vypouštěny emise dvakrát. Jednou ze spalovny a podruhé v cementárně z použití fosilních paliv. Alternativní paliva z odpadů z tohoto důvodu vlastně snižují množství škodlivých emisí, zejména CO<sub>2</sub>. TAP snižují i množství popele, který se ze spaloven ukládá na skládky, protože cementárny ho využijí při výrobě cementu. Tuhá alternativní paliva na bázi odpadního plastu jsou dobrou alternativou fosilních paliv. Mají vyhovující spalné teplo a mohou nahradit neobnovitelné zdroje energie v cementářském průmyslu.

## Použité zdroje:

- 1) Balner P., Stav třídění využitelných složek KO v ČR. In *ODPADY a OBCE – Hospodaření s komunálními odpady 2004*. Praha: Ekocom a.s., 2004, s.47-50
- 2) Bebár L., Pavlas M., Stehlík P., Technické a právní aspekty energetického využívání odpadů. *Odpadové fórum*, říjen 2005, č.10, s.15-19
- 3) Bielan P., Přípravovaná norma na paliva ve srovnání s kvalitou náhradních paliv pro cementárny a kvalitou paliv z MBT. In *ODPADY a OBCE – Hospodaření s komunálními odpady 2007*. Praha: Ekocom a.s., 2007, s. 88-90
- 5) Brož K., Šourek B. *Alternativní zdroje energie*. Praha: vydavatelství ČVUT Praha, 2003, 213 s.
- 6) Cerembureau. *Alternative fuels in cement manufacture [online]*.. Dostupné z: <[www.cembureau.be](http://www.cembureau.be)>
- 7) Český statistický úřad. *Produkce, využití a odstranění odpadů v ČR v roce 2006 [online]*. Dostupné z: <<http://www.czso.cz/csu/2007edicniplan.nsf/p/2001-07>>, září 2007
- 8) Čížek K., Čížek M., Možnosti recyklace plastů. Průhledy. Březen 2006, č. 7-8 EKOKOM a.s., *Jak třídit [online]*. Dostupné z <[www.jaktridit.cz](http://www.jaktridit.cz)>
- 9) Gemrich J., *Komplexní pohled na Solid Recovered Fuels [online]*. Dostupné z: <[www.svcement.cz](http://www.svcement.cz)>, 2006
- 10) Gemrich J., *Historie a budoucnost alternativních paliv a materiálů [online]*. Dostupné z: <[www.svcement.cz](http://www.svcement.cz)>, 2002
- 11) Horáček J. *Zpracovny nekovového odpadu*. Praha: vydavatelství ČZU Praha, 2001, 96 s.
- 12) Huckenstein B., Plesnivy T., Možnosti a meze recyklace plastů. *Chemie in unserer Zeit*, 2000, č.5
- 13) Informační systém EIA. Adamec P., *Linka na výrobu tuhého alternativního paliva(TAP) pro využití v cementářských pecích [online]*. Dostupné z: <[www.env.cz](http://www.env.cz)>, 2003
- 14) Informační systém EIA. Pozděna P., *Rozšíření úpravárenské linky pro vytríděné plastové odpady [online]*. Dostupné z: <[www.env.cz](http://www.env.cz)>, 2007
- 16) Informační odpadový server., Holas V., *Využívání paliva TAP z tříděného odpadu [online]*. Dostupné z: <[www.recyklace.cz](http://www.recyklace.cz)>
- 17) Klúčovský I., Recyklace odpadních PET- lahví v provozu Modřice. *Acta metallurgica slovaci*. Leden 2007, č.1, s.194-196

- 18) Kořínek R., Tušil P., Spalování odpadů a výroba tuhých alternativních paliv. *Odpadové fórum*, říjen 2006, č.10, s.17-20.
- 19) Kozáková B., Sběr a recyklace použitých výrobků z PVC. *Odpadové fórum*, září 2005, č.9, s.17-18
- 20) Kruliš Z., Možnosti využití plastových odpadů. In *ODPADY a OBCE – Hospodaření s komunálními odpady 2004*. Praha: Ekocom a.s.,2004, s.50-55
- 21) Kurtev I., Janoušek J., Svoz dům od domu, čárový kód a následné slevy za třídění komunálního odpadu. In *ODPADY a OBCE – Hospodaření s komunálními odpady 2007*. Praha: Ekocom a.s., 2007, s. 65-66
- 22) Mleziva J., Šňupárek J., Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití. Praha: vydavatelství Sobotáles, 1993, 525 s.
- 23) Mukařovský J., *Možnosti recyklace a využití recyklovaných materiálů z komunálního odpadu ve stavebnictví [online]*. Dostupné z:  
<[http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/08\\_Udrzitelna%20vystavba%20a%20rozvoj%20sidel/8\\_01\\_Udrzitelna%20vystavba%20a%20rozvoj%20sidel/Mukarovsky\\_Jan.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/veda/dk2004texty/pdf/08_Udrzitelna%20vystavba%20a%20rozvoj%20sidel/8_01_Udrzitelna%20vystavba%20a%20rozvoj%20sidel/Mukarovsky_Jan.pdf)>, 2004
- 24) Pecina M., Energetické využití odpadů. *Odpadové fórum*, říjen 2004, č.10, s.13-14
- 25) PETrecycling CZ. *Obalové plasty [online]*. Dostupné z <[www.petrecycling.cz](http://www.petrecycling.cz)>
- 26) Pospíchal Z., Odpady jako nový zdroj energie. *Česká energetika*. Leden 2001, č.1
- 27) Robl P., HOTDISC-nejmodernější zařízení na využití alternativních paliv pro cementárny Holcim *[online]*. Dostupné z: <[si.vega.cz](http://si.vega.cz)>
- 28) Sdružení EPS. *Pěnový polystyren a jeho recyklace [online]*.  
Dostupné z:<<http://www.epscr.cz/index2.php?obsah=recyklace/zdroje&menu=20>>
- 29) Stag. *New and alternative fuels [online]*. Dostupné z: <[www.stag.net](http://www.stag.net)>
- 30) Svojtka J., Nakládání, zpracování a využití odpadních plastů(PVC). *Waste*.  
Únor 2004, č.2
- 31) Veverka Z., Alternativní paliva v cementárnách. *Odpadové fórum*, říjen 2004, č.10, s.15-16