



**KATEDRA TECHNOLOGICKÝCH ZAŘÍZENÍ STAVEB**

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Návrh inovace technologické linky na výrobu TAP  
v podniku .A.S.A., spol. s r.o. provozovna Úholičky**

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

**Vypracoval: Bc. Martin Klufa**

## **Inovace linky na výrobu tuhého alternativního paliva**

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jana Malat'áka, Ph.D., odborného asistenta Katedry technologických zařízení staveb. Také prohlašuji, že jsem uvedl všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

**Datum a místo:** .....

**Podpis:** .....

## **Poděkování**

Na tomto místě bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Malatřákovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení, které mi velmi pomohly při psaní této práce.

## **Autorský referát**

Diplomová práce se zabývá návrhem inovace linky na výrobu tuhého alternativního paliva v podniku Regios a.s. Úholičky.

Inovace by měla značně zvětšit kapacitu výrobní linky tuhého alternativního paliva. Předpokládaná produkce výrobní linky by měla mít hodnotu po inovaci cca 25 000 tun vyrobeného alternativního paliva za rok.

Do výběrového řízení se přihlásily tři firmy. Jsou to firmy Terier s.r.o., Unikasset s.r.o. a firma Pavel Jelínek – Stroje s.r.o.. Jako vítězná vyšla z výběrového řízení firma Terier s.r.o. hlavně z důvodu zkušenosti s danou problematikou a také z důvodu ceny a kapacity stroje.

Měření proběhlo odebráním vzorku tuhého alternativního paliva a určení jeho prvkového procentuálního složení. Z těchto hodnot byly následně stanoveny všechny stechiometrické výpočty potřebné ke spálení paliva o daném složení.

Teoretický rozbor byl věnován drcení odpadu a nožovému mlýnu, protože právě nožový mlýn je klíčovým prvkem celé technologie linky na výrobu tuhého alternativního paliva.

V kapitole ekonomické posouzení návrhu jsou vyčísleny nutné investiční náklady na realizaci projektu, které činí celkem 7 000 000 Kč. Investice je hrazena z vlastních zdrojů podniku Regios a.s. a z bankovního úvěru. Součástí ekonomického hodnocení jsou také odpisové plány pro technologickou část projektu, splátkový kalendář a analýza celkových nákladů a výnosů. Doba návratnosti investice je jeden rok.

Na základě technologických i ekonomických analýz lze uvedenou investici doporučit k realizaci v uvedeném rozsahu.

## Obsah

<b>1. Úvod</b>	1
<b>2. Využití odpadu jako paliva</b>	2
2.1 Legislativa v ČR	2
2.1.1 Pojem odpad	2
2.1.2 Původce odpadu	2
2.1.3 Oprávněná osoba	3
2.1.4 Katalog odpadů	3
2.1.5 Zařazování odpadu podle Katalogu odpadů	3
2.2 Komunální odpad	4
2.3 Metody termického odstraňování tuhých odpadů	6
2.3.1 Spalování odpadů	6
2.3.2 Tabulkové porovnání výhřevností odpadů	9
2.4 Spalování v cementářských pecích	11
2.5 Komunální odpad jako palivo do cementářských pecí	13
2.6 Tuhé alternativní palivo – TAP	15
2.6.1 Vliv použití TAP na emise	17
2.7 Porovnání alternativních paliv	17
2.7.1 .A.S.A., spol. s r.o.	18
2.7.2 OZO Ostrava, s.r.o.	19
2.7.3 SITA CZ, s.r.o.	19
<b>3. Výchozí podmínky podniku Skládky Regios, a.s. Úholičky</b>	21
3.1 Charakteristika dosavadní výroby podniku	21
3.1.1 Požadavky na palivo	22
3.2 Uspořádání dosavadního technologického zařízení	23
3.2.1 Obecný popis technologie	23
3.2.2 Strojní zařízení	24
3.3 Uspořádání strojního zařízení v linkách	27
3.3.1 První linka na výrobu TAP	27
3.3.2 Druhá linka na výrobu TAP	31

3.3.3 <i>Situační plán Regios, a.s. Úholičky</i>	33
3.4 <i>Nedostatky provozu</i>	33
<b>4. Návrh řešení a dosažené výsledky</b>	<b>34</b>
4.1 <i>Návrh řešení</i>	34
4.1.1 <i>Požadavky na dodanou technologii</i>	34
4.1.2 <i>Výběrové řízení</i>	35
4.1.3 <i>Vyhodnocení výběrového řízení</i>	36
4.1.4 <i>Specifikace dodávky a její financování</i>	38
4.2 <i>Vlastní měření</i>	39
4.2.1 <i>Stechiometrické výpočty</i>	40
4.2.2 <i>Spalování tuhých a kapalných paliv</i>	41
4.2.3 <i>Výpočet spalovacího procesu pomocí objemových podílů</i>	43
4.2.4 <i>Výpočet pro vzorek paliva ASAPAL forma flus</i>	44
4.3 <i>Teoretický rozbor technologického zařízení</i>	45
4.3.1 <i>Popis funkce stroje</i>	45
4.3.2 <i>Výpočet parametrů pásového dopravníku</i>	46
4.4 <i>Ekonomické zhodnocení projektu</i>	50
4.4.1 <i>Investiční náklady na technologickou část linky</i>	50
4.4.2 <i>Investiční zdroje</i>	50
4.4.3 <i>SWOT analýza</i>	51
4.4.4 <i>Odpisový plán pro technologickou část</i>	52
4.4.5 <i>Bilance nákladů, výnosů a zisků</i>	53
4.4.6 <i>Další ekonomická hlediska</i>	56
<b>5. Závěr a diskuze</b>	<b>58</b>
<i>Použitá literatura</i>	59
<i>Summary</i>	61
<i>Příloha</i>	62

## 1. Úvod

V této diplomové práci se navzájem prolínají dva základní problémy dnešní doby.

Začátkem minulého století lidé nejčastěji používali přirozené, jednoduché a všude dostupné palivo – dřevo. Zásoby dřeva v lesích byly dostačující pro pokrytí tehdejších požadavků. Obrat nastal po objevení ropných ložisek a uvědomění si, jaký užitek nám využívání ropy a fosilních paliv přinese. Dnes, po mnohaletém využívání až drancování těchto zásob, je už všeobecně známé, že tyto zdroje nejsou neomezené a že musíme v nejbližší době počítat s jejich vyčerpáním. A toto je první problém, který je obsažen v této práci.

Řešením tohoto problému je využívání druhotných surovin, konkrétně odpadu, jako primárních zdrojů energie.

Druhý a neméně závažný problém se týká odpadů samotných. V dnešní době se enormně zvětšuje celosvětová lidská populace a také životní úroveň v oblastech, které ještě v nedávné době pařily mezi velmi zaostalé. Zvyšování kvality života jde ruku v ruce se zvyšováním spotřeby zboží a tedy i pochopitelně k masivnímu růstu spotřeby nerostného bohatství a zároveň k neustále se zvětšující produkci odpadů.

Skládky odpadů znečišťují prostředí a jejich realizací vytváříme ve většině případech jen nové zátěže pro budoucí generace. Energetickým zhodnocením odpadů jednak snížíme zatížení skládek a zároveň získáme energii.

Cílem této diplomové práce je ukázat možnosti účinného energetického zhodnocení odpadů.

Diplomová práce se opírá o údaje a zkušenosti firmy Regios a.s., která provozuje linku na zpracování tuhého odpadu na tuhé alternativní palivo.

## **2. Využití odpadu jako paliva**

Dříve než se bude diplomová práce věnovat odpadům jako palivu, musím objasnit základní legislativní pojmy vycházející ze zákona 106/2005 Sb., tedy ze zákona o odpadech.

### **2.1 Legislativa v ČR**

Zákon 106/2005 Sb. ve znění pozdějších předpisů (zákon o odpadech), upravuje nakládání s odpady v ČR. Tento zákon stanovuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a pro nakládání s nimi s ohledem na dodržování ochrany životního prostředí a ochrany zdraví člověka. Zákon dále jednoznačně určuje práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působnost orgánů veřejné správy.

#### **2.1.1 Pojem odpad**

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 zákona 106/2005 Sb. (Katalog odpadů). [1]

#### **2.1.2 Původce odpadů**

Původcem odpadů je právnická osoba, při jejíž činnosti vznikají odpady, nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, při jejíž podnikatelské činnosti vznikají odpady. Pro komunální odpady vznikající na území obce, které mají původ v činnosti fyzických osob, na něž se nevztahují povinnosti původce, se za původce odpadů považuje obec. Obec se stává původcem komunálních odpadů v okamžiku, kdy fyzická osoba odpady odloží na místě k tomu určeném; obec se současně stane vlastníkem těchto odpadů. [1]



### **2.1.3 Oprávněná osoba**

Oprávněnou osobou se rozumí každá osoba, která je oprávněná k nakládání s odpady podle zákona 106/2005 Sb. Nebo podle zvláštních právních předpisů. [1]

### **2.1.4 Katalog odpadů**

Katalog odpadů je dokument vydán vyhláškou. Definuje jednotlivé kódy pro každý druh odpadu. Každému druhu odpadu je přiřazen šestimístný kód:

XX XX XX

První dvojčíslí značí skupinu odpadu, kterých zná katalog odpadů dvacet. Každá skupina odpadů má určitý počet podskupin, které značí druhé dvojčíslí. Nejužší charakteristiku má druh odpadu, kterému je přiřazeno poslední dvojčíslí.

Dalším dělením v Katalogu odpadů rozlišujeme, zda je odpad nebezpečný nebo ne. Pokud není, označujeme tento odpad jako „ostatní“. V katalogu odpadů potom pro nebezpečný odpad máme označující písmeno **N** a pro ostatní odpad písmeno **O**. V Katalogu odpadů můžeme také pro nebezpečný odpad používat označení hvězdičkou \*.

### **2.1.5 Zařazování odpadu podle Katalogu odpadů**

Původce a oprávněná osoba jsou povinni pro účely nakládání s odpadem odpad zařadit podle Katalogu odpadů, který Ministerstvo životního prostředí vydá prováděcím právním předpisem.

V případech, kdy nelze odpad jednoznačně zařadit podle Katalogu odpadů, zařadí odpad ministerstvo na návrh příslušného obecního úřadu obce s rozšířenou působností. [1]

Komunální odpad je zařazen v odpadové skupině 20 „Komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů), včetně složek z odděleného sběru“.

V podskupinách jsou dále odpady členěny:

20 01 00 – „Složky z odděleného sběru (kromě odpadů uvedených v podskupině 15 01 – obaly)“

20 02 00 – „Odpady ze zahrad a parků (včetně hřbitovního odpadu)“

20 03 00 – „Ostatní komunální odpady“

V případě, že se odpad skládá z více složek, které jsou v Katalogu odpadů uvedeny pod samostatnými katalogovými čísly, má úřednost přiřazení k takovému druhu odpadu, který je z hlediska škodlivosti účinků na člověka a na životní prostředí nejvíce nebezpečný. [2]

## 2.2 Komunální odpad

Komunální odpad je produkován téměř ve všech sférách hospodářského, ale hlavně občanského života. Komunální odpad tvoří jen malou část z celkového množství vznikajících odpadů.

Tab. 1: Podíl KO v celkovém množství vznikajících odpadů

Druh odpadu (mil. tun)	Rok	
	2005	2006
<b>Celkem odpadu</b>	25,0	24,6
<b>Komunální odpad</b>	3,2	3,4

Produkce komunálního odpadu rok od roku v České republice vzrůstá. S narůstajícím množstvím komunálního odpadu se značně mění i jeho skladba. Od 90. let minulého století se značně snížil obsah popelovin na úkor zvětšujícího se podílu papíru a plastů.

Rok 2004 – 279 kg na osobu na rok

Rok 2005 – 288 kg na osobu na rok

Rok 2006 – 296 kg na osobu na rok

Pro zajímavost uvádím tabulku podílu látkových skupin na skladbě komunálního odpadu (% hm). U konkrétních regionů se mohou hodnoty značně lišit, hodnoty v tabulce jsou průměrového charakteru.

Tab. 2: Podíl látkových skupin KO v % na základě typů zástaveb [3]

Látková skupina	Typ zástavby			
	Centrální	Smišená	Vilová	Vesnická
Papír, lepenka	13,5 – 27,5	8,5 – 20,5	3,0 – 22,5	3,5 – 19,5
Plasty	6,0 – 9,0	3,5 – 6,0	3,0 – 8,5	2,5 – 6,0
Sklo	8,5 – 9,0	5,5 – 10,0	3,0 – 9,0	4,0 – 6,0
Železné kovy	2,5 – 3,0	2,0 – 3,0	1,5 – 3,0	2,0 – 3,0
Ostatní kovy	0,8 – 1,0	0,5 – 1,0	0,5 – 1,0	0,5 – 0,7
Textil	3,0 – 4,0	3,0 – 3,5	1,5 – 3,0	1,9 – 2,0
Dřevo	0,8 – 0,9	0,1 – 0,5	0,1 – 0,3	0,2 – 0,3
Kuchyňský odpad	15,5 – 16,0	6,5 – 8,0	12,0 – 14,0	6,5 – 10,5
Minerální odpad	2,0 – 3,5	4,0 – 5,0	2,5 – 3,0	2,5 – 3,0
Zbytek nad 40 mm	4,0 – 4,1	1,5 – 3,5	1,5 – 4,0	1,5 – 2,0
Zbytek 8 až 40 mm	19,0 – 32,0	21,6 – 26,5	22,5 – 29,5	23,0 – 27,0
Frakce do 8 mm	5,5 – 8,5	19,0 – 37,5	10,5 – 41,5	39,0 – 43,5
Charakteristika typu zástavby	Sídlště s centralizovaným zásobováním teplem, bez možnosti využití odpadu v místě vzniku.	Zástavba městských čtvrtí se smíšeným vytápěním z domovních a blokových kotelen i individuální vytápění tuhými palivy.	Zástavba městských čtvrtí s lokálním vytápěním tuhými palivy s větším podílem spalování hořlavé složky a kompostování.	Vesnická zástavba s vytápěním převážně tuhými palivy s možností značnou část odpadů spalovat, kompostovat či zkrmovat.

## 2.3 Metody termického odstraňování tuhých odpadů

Odpady lze podle §22 zákona č. 185/2001 Sb. ve znění pozdějších předpisů spalovat, jen pokud jsou splněny podmínky stanovené právními předpisy o ochraně ovzduší (zákon č. 86/2002 Sb.) a o hospodaření s energií (zákon č. 359/2003). Za termické metody odstraňování odpadů označujeme technologie, při nichž je odpad zahříván nad mez své chemické stability, případně dochází ke spolupůsobení teploty a regulovaného množství kyslíku. Mezi tyto metody patří spalování, zplyňování, pyrolýza, plasmové a speciální metody.

Podle chemických vlastností prostředí, kde probíhá termické zpracování odpadů, můžeme termické procesy dělit na :

- *procesy oxidační* – při nich je obsah kyslíku v reakčním prostoru stechiometrický nebo vyšší vzhledem k obsahu hořlavých látek v odpadu. V tomto případě se jedná o spalování odpadů. Spalování dále dělíme podle teploty v reakčním prostoru na:

- nízkoteplotní – s teplotou do 1000 °C
- vysokoteplotní – s teplotou nad 1000 °C

- *procesy redukční* – při nich je obsah kyslíku v reakčním prostoru podstechiometrický vzhledem k obsahu hořlavých látek v odpadu. Mezi tyto procesy řadíme pyrolýzu a zplyňování. [4]

### 2.3.1 Spalování odpadů

Jak bylo řečeno v předchozí kapitole, spalování odpadů je řízené exotermické slučování hořlavých složek odpadů s kyslíkem za stechiometrických nebo nadstechiometrických podmínek. Spalováním můžeme zneškodňovat mnoho druhů odpadů nejen ve skupenství pevném, ale i kapalném a plynném. Převážná většina technologických zařízení je dokonce uzpůsobena ke spalování více skupenství

najednou. Spalitelné odpady tvoří většinou nehomogenní směs, která má vysoký obsah balastních látek a vody. Největším problémem při jejich spalování je vznik mnoha škodlivých látek. Vznik těchto látek nutí provozovatele spalovacích zařízení investovat velké částky do zařízení k čištění spalin vznikajících právě při spalování.

Spalování odpadů má ovšem mnoho výhod. Největší výhodou spalování odpadů ve srovnání s ostatními metodami odstraňování odpadů je velké snížení jejich objemu na cca 10 % až 15 % původního objemu a snížení množství kontaminantů. Snížení množství kontaminantů zjednodušuje podmínky pro následné ukládání zbytků formou skládkování. Pro některé odpady, hlavně zdravotnické a odpady z chemického průmyslu, je to ve své podstatě jediný způsob jejich odstranění, protože zbytek po spálení je tuhý a hlavně stabilní a v neposlední řadě také sterilní. Dalším velkým plusem tohoto způsobu odstranění odpadů je možnost využít uvolněné teplo k přeměně na jiný druh energie, přípravě teplé užitkové vody nebo k výrobě materiálů jako je např. cement nebo vápno, čemuž se budu věnovat v dalších kapitolách.

Další předností spalování je v čase potřebném k odstranění odpadu, což můžeme vidět v tabulce č. 3:

*Tab. 3: Specifické časy nezbytné pro odstranění odpadu [5]*

<b>Metoda</b>	<b>Doba setrvání odpadu</b>
spalování Vortex (obohacení spalovacího vzduchu kyslíkem)	sekundy (drcený odpad)
fluidní spalování	minuty (drcený odpad)
roštová spalovna	1-2 hodiny
kompostování	2–10 dní (+ doba zrání několik měsíců)
skládkování	léta

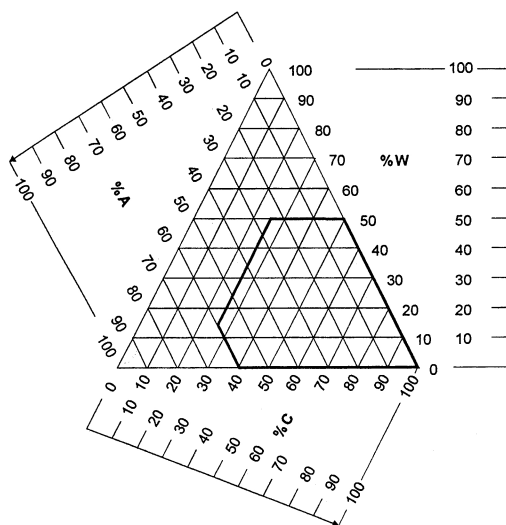
Tuhý odpad lze spalovat bez přívodu podpůrného paliva, pokud je jeho výhřevnost alespoň  $5\,000\text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Při této podmínce má odpad následující složení:

- **obsah popela  $A$  je menší než 60 %**
- **obsah vlhkosti  $W$  je menší než 50 %**
- **obsah hořlaviny  $C$  je větší než 25 %**

a platí

$$A + W + C = 100 \% \quad (2.1)$$

Tyto podmínky poměru třech složek paliva jsou reprezentovány Tannerovým diagramem, který je na obr. 1. Pokud nejsou tyto podmínky splněny, je nutno pro spálení odpadu přivádět tzv. podpůrné palivo. [4]



Obr. 1: Tannerův diagram [4]

Spalování tuhých odpadů je podmíněno jejich vysušením a zahřátím na zápalnou teplotu, k čemuž dochází sáláním horkých spalin a zdíva pece a také konvencí spalin nebo předehřátého vzduchu. Po vysušení probíhajícího při teplotách od  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  dochází v důsledku rozkladu ke vzniku těkavých látek.

Tyto látky jsou většinou hořlavé a po jejich vznícení dochází ke vzniku plamene. Zbývající tuhý materiál je postupně odplyňován a po dosažení zápalné teploty je spalován. K dokonalému spálení odpadu se musí zabezpečit tři základní podmínky:

- dostatečný přebytek vzduchu 1,5 až 2,5
- dostatečný vývin tepla
- zdržení spalin při teplotě 1 000 °C až 1 300 °C po dobu minimálně dvou sekund

Zbytek po spalování tvoří z 92 % škvára, kterou je možno po úpravě využít ve stavebnictví nebo při stavbě cest. Asi 8 % zbytků jsou odpady nebezpečné, tvořené odpady z čištění spalin a popílkem. [5]

Zjednodušeně platí, že spálením uhlíku vznikne CO<sub>2</sub>, vodíku vznikne H<sub>2</sub>O a síry vznikne SO<sub>2</sub>. Kyslík obsažený v hořlavině působí jako okysličovadlo a dusík odchází jako N<sub>2</sub> v plynné formě spolu se spalinami. Pokud je ve spalovaných odpadech přítomen Cl, F, S a N vzniká při spalování HCl, HF, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO a NO<sub>2</sub>. [4]

### 2.3.2 Tabulkové porovnání výhřevností odpadů

Tab. 4: Ukazatele vlhkosti a výhřevnosti komunálního (domovního) odpadu (včetně odděleně sebraných využitelných složek) [3]

Ukazatel	Průměrné hodnoty ukazatelů			
	sídlíštní zástavba velkých měst	sídlíštní zástavba menších měst	smíšená zástavba	venkovská zástavba
<b>Vlhkost [%]</b>	25,8	27,1	24,1	29,7
<b>Výhřevnost [MJ.kg<sup>-1</sup>]</b>	12,6	13,0	13,2	7,8

Tab. 5: Výhřevnosti vybraných průmyslových odpadů [5]

Druh odpadu	Výhřevnost MJ.kg <sup>-1</sup>
dřevěný odpad	12,6
pryžové odpady	13,4
papírový odpad	14,6
reaktoplasty (analytický vzorek)	15,9
kožené odřezky	18,3
odřezky plastických kůží	25,0
termosety	25,1
polyamid	31,0
polyetylenové odpady	41,8

Tab. 6: Charakteristická složení hořlavých zemědělských odpadů [4]

Odpad	Výhřevnost (MJ.kg <sup>-1</sup> )	Voda (%)	Popel (%)	Prchavá hořlavina (%)
pazdeří	16,2	4,18	-	-
kakaové slupky	11,2-16,3	8-9	7-23	65
sláma	14,0	10	1,8	60
slámový prach	14,2	8	2	60
sisalové odp.	11,8	11	22	64
rýžové slupky	12,1	9	18-20	56-58



Tab. 7: Výhřevnost některých druhů nemocničních odpadů [4]

Zdroj odpadu	Výhřevnost [MJ.kg <sup>-1</sup> ]
fakultní nemocnice	11,7
porodnické nemocnice	8,78
operační a porodnické sály	9,40
dermatologická oddělení	10,45
všeobecné nemocnice	8,78

#### 2.4 Spalování v cementářských pecích

V cementářské rotační peci se působením vysokých teplot mění vstupní materiál, kterým je moučka vzniklá semletím vápenců, břidlice a železité korekce, na slínek, což je hlavní komponenta pro výrobu cementu. V peci proběhnou všechny potřebné termické pochody od dokončení kalcinace přes suché a posléze taveninové slínování až po částečné zchlazení. Po průchodu materiálu pecí se dokončí chlazení slínku v roštovém chladiči. Maximální teplota vypalovaného materiálu je 1450 °C a maximální teplota plamene je 2100 °C. Doba zdržení paliva v zóně teplot nad 1200 °C je 3 – 7 vteřin. [6]



Obr. 2: Cementářská pec

Výroba slínku v cementářské rotační peci je bezodpadovou technologií. Podmínky spalování v cementářských pecích jsou takové, že je možno spalovat alternativní paliva v širokém rozsahu složení, původu a vlastností bez rizika pro životní prostředí. Proces je charakterizovaný vysokou filtrační schopností souprůdně a protiprůdně se pohybujících částic, obsahujících kromě  $\text{CaCO}_3$  i volné  $\text{CaO}$ . Tyto částice díky intenzivnímu styku s kouřovými plyny jsou schopny zachytit ze spalin veškeré kyselé reagující složky jako jsou  $\text{SO}_2$ ,  $\text{Cl}$ ,  $\text{F}$ . Kromě toho hlavně ve stabilizátoru a elektrostatickém odlučovači slouží jako kondenzační jádra, na nichž se účinně zachycují i sloučeniny těkavých těžkých kovů, kterými jsou  $\text{Hg}$  a  $\text{Tl}$ . Ostatní kovy se váží do krystalové mřížky slínkových minerálů s účinností více jak 95 % tak pevně, že se ani ze zatvrdlého betonu, vyrobeného z takového cementu neuvolňují a výluhy z takového betonu splňují požadavky na pitnou vodu. Teplota plamene společně s dobou zdržení paliva v plameni umožňuje také dokonalou destrukci a vyhoření všech organických látek včetně PCB a chlorovaných uhlovodíků. [7]

Výhoda zhodnocení různých vyříděných částí odpadů ve formě alternativních paliv spočívá v bezodpadové destrukci organických látek a v intenzivním a vysoce účinném zachycení těžkých kovů a kyselých škodlivin, čímž je umožněna úspora přírodních neobnovitelných zdrojů paliv a surovin a redukce objemu odpadů ukládaných na skládky při minimálním riziku pro životní prostředí a zdraví. [7]

Některé z alternativních paliv a materiálů představují pouze druhotný zdroj energie, byť i třeba velmi vydatný (např. směsi odpadního papíru a plastů mají výhřevnost jako kvalitní černé uhlí), některé svým nespalitelným podílem jsou významnou součástí surovinové směsi pro výpal cementářského slínku. V některých případech se tato nespalitelná složka může stát velmi důležitým zdrojem, např. oxidu železitého v surovině. Při výrobě slínku se jejich nespalitelná složka stává součástí surovinové směsi a nahrazuje jiné surovinové složky. Celý pecní systém sestávající z disperzních výměníků tepla, rotační pece, chladiče slínku, stabilizátoru a elektrostatického odlučovače prachu představuje dokonalý systém pro zachycení a bezodpadové zneškodnění škodlivin vznikajících při spalování procesu. [7]

## 2.5 Komunální odpad jako palivo do cementářských pecí

Tuhý komunální odpad se vyskytuje ve formě, která neumožňuje přímé dávkování do rotační pece, a je nutno jej předem upravovat a třídít. Úprava odpadů je změnou fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností odpadů za účelem umožnění jejich přepravy, dopravy, využití nebo zneškodnění nebo za účelem snížení, případně odstranění jejich nebezpečných vlastností. Využívání odpadů je činnost vedoucí k získání druhotných surovin z odpadů, k recyklaci odpadů, případně jiné využití fyzikálních, chemických nebo biologických vlastností odpadů. Recyklace odpadů je systém opětovného využití odpadů jako surovinového zdroje.

Fyzikální stav odpadu je rozhodující pro způsob manipulace a dávkování. V zásadě je nutno, aby odpad či jeho složka určená ke spálení přicházela ve formě vhodné k spalování v hořáku na tuhé palivo. V současné době jsou cementárny vybaveny z důvodů operativní změny paliv vícepalivovými hořáky s možností vstupu přídatného paliva do centrální trysky hořáku, takže toto palivo vždy prochází nejteplejší centrální zónou plamene. To umožňuje dokonalé spálení dávkovaného přídatného paliva. Podmínkou pro spalování tohoto paliva cestou přes hořák je vhodná zrnitost, přibližně odpovídající mletému uhlí (většinou do 5 mm, bývá ale i větší), a dostatečné vysušení, aby materiál nebyl lepivý. V praxi to znamená úpravu odpadu či jeho spalitelné složky sušením, mletím a granulací. Dávkování odpadů jako druhotného paliva jinou cestou než přes hořák nelze připustit s ohledem na možný obsah některých škodlivin, které nelze při nižších teplotách spolehlivě zneškodnit.

Ze všech dosud známých výsledků spalování různých alternativních paliv získaných úpravou různých odpadů vyplývá, že spalování vytříděné spalitelné složky tuhého komunálního odpadu v cementářských rotačních pecích nepředstavuje pro životní prostředí žádné riziko. Naopak tato technologie je výhodná pro obě strany - pro cementárny alternativní palivo znamená úsporu konvenčního paliva a pro životní prostředí toto představuje snížení množství odpadů ukládaných na skládky. [7]

Skutečná spotřeba TKO při výpalu slínku bude ovlivněna následujícími faktory:

- při vyšším podílu TKO v palivu může neúnosně vzrůst spotřeba korekčního vysokoprocentního vápence nebo jiné korekční přísady při přípravě surovinové směsi
- podíl TKO v palivu může být limitován působením některých složek TKO na provoz pece, na průběh výpalu či na výslednou kvalitu slínku
- podíl TKO v palivu může být limitován zvýšením emisí některých škodlivin pocházejících z TKO
- podíl TKO v palivu může být limitován spotřebou vzduchu na dopravu sekundárního paliva do hořáku a spotřebou vzduchu ke jeho spalování

V další tabulce můžeme vidět srovnání emisí při konvenčním výpalu slínku a při využití spalitelné složky tuhého komunálního odpadu:

*Tab 8: Emise při výpalu slínku [7]*

<b>Emise</b> (mg.m <sup>-3</sup> )	<b>Konvenční palivo</b>	<b>Konvenční palivo + 30% spalitelné složky</b>
<b>TZL</b>	9,0 - 10,0	9,0 – 10,0
<b>CO</b>	19,0	13,4
<b>NO<sub>x</sub></b>	160	162
<b>SO<sub>2</sub></b>	76,0	56,36
<b>Cl</b>	1,045	0,762
<b>F</b>	0,057	0, 0519
<b>Pb</b>	0,006	0,006
<b>Cd</b>	0,005	0,001
<b>Hg</b>	0,011	0,005
<b>Cr</b>	< 0,001	< 0,001
<b>Zn</b>	< 0,001	< 0,001

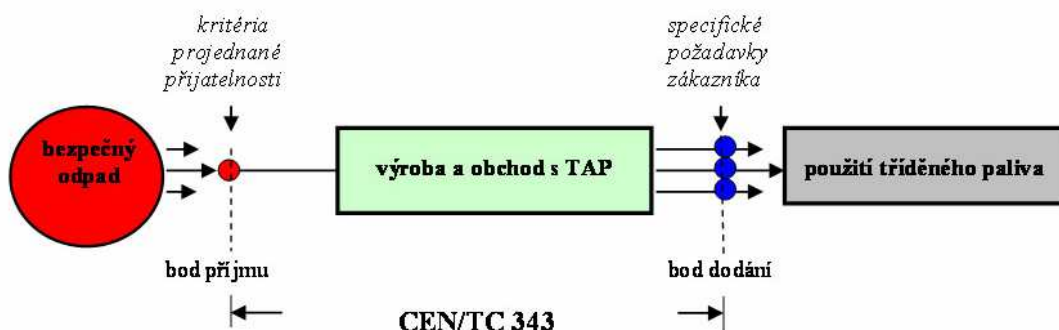
## 2.4 Tuhé alternativní palivo – TAP

Tuhá alternativní paliva neboli TAP jsou paliva připravená z bezpečného odpadu, který se využívá pro znovuzískání energie z odpadu spálením nebo společným spálením regulovaným legislativou společného životního prostředí.

TAP jsou paliva vyrobená přímo nebo nepřímo z biomasy. TAP mohou být na bázi biomasy, proto se zpracovala tato norma ČSN CEN/TR 14980 „Tuhá alternativní paliva – Zpráva o vzájemném rozdílu mezi biologicky rozložitelnými a biogenními složkami tuhých alternativních paliv“.

TAP se tak rovněž v normotvorné činnosti zařazují k „tuhým palivům“ (např. ČSN ISO 1213-2 Tuhá paliva „Terminologie“) a „tuhým biopalivům“ (např. ČSN P CEN/TS 14588 „Tuhá biopaliva – Terminologie, definice a popis“).

Na obr. 3 jsou ukázány základní vazby mezi bezpečným odpadem jako výchozí surovinou, výrobou, obchodem a využitím tuhého alternativního paliva. [8]



Obr. 3: Spojení mezi vybranými termíny v oblasti odpadů, TAP a jejich energetického využití [9]

Tuhé alternativní palivo je certifikovaný výrobek s vlastním normovým předpisem, dokladem o primárním původu paliva, bezpečnostním listem a ekologickým atestem. Výrobce paliva je 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. [8]



*Obr. 4: Příklady vstupních surovin pro výrobu tuhého alternativního paliva*

Třídy TAP jsou definovány hraničními hodnotami pro výběr palivové charakteristiky, která se využije pro obchodování, jakož i pro informaci schvalovacích orgánů a ostatních zainteresovaných stran.

Aby bylo možno udělat jakákoliv rozhodnutí o metodách zkoušení potřebných pro stanovení biologicky rozložitelné složky a biogenní složky TAP, je nutné mít jasné definice těchto termínů. Termíny biologicky rozložitelný a biogenní nemají stejný význam. Termín biologicky rozložitelný se vztahuje k rozkladu materiálu, zatímco termín biogenní se vztahuje k jeho vzniku a původu:

*Biomasa je označován nefosilizovaný a biologicky rozložitelný organický materiál pocházející z rostlin, živočichů a mikroorganismů, tento materiál zahrnuje produkty, vedlejší produkty, zbytky, zemědělský a lesní odpad a odpad souvisejících průmyslových odvětví, zahrnuje také nefosilizované a biologicky rozložitelné organické složky z průmyslových a komunálních odpadů, druhotné plyny a kapaliny z rozkladu nefosilizovaného a biologicky rozložitelného organického materiálu. [8]*

*Biologicky rozložitelným je materiál schopný podstoupit biologicky anaerobní nebo aerobní rozklad za podmínek přirozeně se vyskytujících v biosféře. [9]*

*Biogenní je materiál produkováný přirozeným procesem živých organismů, který však není fosilizován nebo nepochází z fosilních zdrojů. [9]*

### **2.5.1 Vliv použití TAP na emise**

Emise TZL jsou závislé na stavu elektrostatických odlučovačů a na teplotě a vlhkosti odprašovaných plynů. Při správné funkci stabilizátoru a elektroodlučovače nemůže mít spalování TAP na emise TL žádný vliv. Emise SO<sub>2</sub> jsou v zásadě ovlivňovány obsahem sloučenin síry v surovinové směsi. Síra vstupující do systému s palivem je prakticky úplně zachycována kalcinující surovinou v peci a předkalcinátoru, případně na posledním stupni výměníků tepla.

TAP obecně mají nižší výhřevnost než standardní paliva. V důsledku toho má plamen hořáku poněkud nižší teplotu než při použití pouze standardních paliv. Vznik NO<sub>x</sub> je tak poněkud potlačen. Praktické zkušenosti ze zahraničí se spalováním odpadů tento předpoklad potvrdily. Při spalování TAP tedy je očekáván spíše pokles emisí NO<sub>x</sub>.

Emise CO jsou ovlivněny především přebytkem spalovacího vzduchu. Snížení teploty plamene při spalování TAP není tak významné, aby vedlo ke zvýšení emisí CO. Kromě toho obsah CO ve spalinách je přísně sledován a automaticky regulován kvůli bezpečnosti provozu elektrostatických odlučovačů.

Praxe rovněž prokázala, že i metaloidy jak ze suroviny, tak z paliva, se velmi dobře vážou v krystalové mřížce vznikajících slínkových minerálů. Stupeň vázání těchto kovů ve slínku činí více jak 99 %. [7]

## **2.6 Porovnání alternativních paliv**

V České republice fungují tři hlavní producenti tuhých alternativních paliv pro použití v cementářských pecích. Jedná se o firmy .A.S.A., spol s r.o.; OZO Ostrava, s.r.o. a SITA CZ, s.r.o..

### 2.6.1 .A.S.A, spol. s r.o.

Zdrojem suroviny pro výrobu TAP Asapal jsou z hlediska obecného členění především odpady z průmyslových podniků, významnou roli zde hrají firmy, které působí např. v oblasti automobilového průmyslu. U těchto odpadů je jednoznačně definována jejich kvalita a mají většinou dobře zvládnutou technologickou kázeň při nakládání s odpady, takže nedochází k výskytu nežádoucích složek v odpadech jako jsou např. kovy. Z materiálového hlediska jsou to především odpady plastů, gumy a syntetického textilu, většinou ve formě kompozitních materiálů. Společným jmenovatelem těchto odpadů je, že jejich skladba neumožňuje zpětnou materiálovou recyklaci.

Další skupinou jsou odpady dřeva, většinou zničené přepravní palety a jiné dřevěné obaly.

Odpady papíru jsou zpracovávány takové, které opět nemohou být recyklovány, nebo je to neekonomické (např. dutinky, laminovaný papír etiket). Zde jsou zdrojem mimo jiné i vytříděné odpady z vlastních linek společnosti .A.S.A. na zpracování papíru.

Možným zdrojem odpadů jsou také zbytky z třídění separovaného svozu plastů. Protože ale u těchto odpadů je riziko větší proměnlivosti kvality, je nutné je před přijetím na linku dlouhodoběji sledovat a hodnotit z hlediska jejich průměrného chemického složení tak, aby nebyla ohrožena kvalita výsledného alternativního paliva.

Linka dále nabízí možnost bezpečného zneškodnění odpadů např. textilního zboží, obuvi, cenin, CD disků, archivních materiálů atd. [10]



*Obr. 5: Logo společnosti .A.S.A, s.r.o.*



### **2.6.2 OZO Ostrava, s.r.o.**

Společnost OZO Ostrava, s. r. o. začala vyvíjet výrobu náhradních paliv z odpadů cementárnách v roce 1997 v rámci projektu Ministerstva průmyslu ČR, kde spolupracovala s odborníky z cementáren (Prachovice, Hranice) a výzkumných ústavů (Výzkumný ústav maltovin Praha, s. r. o.). Tento vývoj byl ukončen realizací technologie včetně reglementů pro výrobu náhradního paliva s obchodním názvem PALOZO v roce 2000.

Jako zdroj suroviny pro výrobu PALOZO se používají vyříděné složky komunálního odpadu (40 %) a průmyslové odpady (60 %), které zajišťují stabilitu kvality vyrobeného paliva. PALOZO se vyrábí ze směsi materiálů, kde jsou v určitém poměru zastoupeny tyto složky - papír - plast - dřevo - textil. Jedná se o odpadní materiály, které nelze využít pro materiálovou recyklaci jak z důvodů technických, tak ekonomických. [10]

### **2.6.3 SITA CZ, s.r.o.**

Společnost SITA Ecotech v současné době provozuje dvě zařízení na výrobu alternativního paliva v Brně a Praze. Od začátku roku 2001 je společnost vlastníkem certifikátu na výrobek TAP. Vstupním materiálem jsou odpady, které nelze z hlediska složení nebo nakládání s nimi recyklovat, ale přitom mají velký energetický potenciál. V provozovnách SITA CZ je zpracováván průmyslový odpad v podobě nerecyklovatelných zbytků, zmetků a odřezků. Dále zpracovávají směsné plasty s vyloučením PVC, dřevěné palety, zbytky z recyklace papíru či definované směsi těchto materiálů.

Všechny části linky jsou odsávány z důvodu prašnosti materiálu, vzduch je filtrován na látkovém filtru. Celá linka je vyrobena v České republice. Nepřetržitý provoz linky zajišťuje 8 pracovníků. [10]

Tab. 9: Porovnání TAP různých výrobců [10]

<b>Porovnání výroby TAP</b>			
<b>Výrobce</b>	<b>.A.S.A.</b>	<b>OZO</b>	<b>SITA CZ</b>
<b>Zdroj surovin</b>	Průmysl (automobilový)	Komunální 40% Průmyslový 60%	Průmysl
<b>Hustota (kg.m<sup>-3</sup>)</b>	méně 400	250	60 – 250
<b>Měrná hmotnost paliva (kg.m<sup>-3</sup>)</b>	250	100	100 – 200
<b>Výhřevnost paliva (MJ.kg<sup>-1</sup>)</b>	23 – 25	min. 19	20 - 26
<b>Roční kapacita linky (t)</b>	2 x 5000 – 7000	15 000	15 000
<b>Hodinový výkon linky (t.hod<sup>-1</sup>)</b>	2,5	2,5	2
<b>Frakce výstupu (mm)</b>	20 – 25	30	20
<b>Charakteristiky složení (%)</b>			
<b>Voda</b>	4 – 8	Do 15	7,7
<b>Popel</b>	4 – 8	Do 10	11,8
<b>Chlor</b>	0,25	Do 0,5	0,15
<b>Použité drtiče</b>	Drtiče nožový a jednomotorový	Drtič nožový, kladivo – nožový mlýn	2 drtiče, kladivo-nožový mlýn
<b>Odběratel</b>	Českomoravský cement, a.s. Lafarge Cement, a.s.	Cement Hranice	Českomoravský cement, a.s., Lafarge Žižkovice, a.s.

### **3. Výchozí podmínky podniku Skládky Regios, a.s. Úholičky**

V této kapitole je popsán stávající stav dvou výrobních linek na tuhé alternativní palivo ASAPAL ve firmě Regios, a.s. Úholičky. Diplomová práce se zaměřuje na strojní zařízení, ze kterých se linky skládají, včetně výkresové dokumentace a připojení strojního zařízení na rozvody inženýrské energie.

#### **3.1 Charakteristika dosavadní výroby podniku**

Firma .A.S.A. byla založena v roce 1988 v Rakousku a v relativně krátkém období se stala jednou z nejvýznamnějších evropských firem zabývajících se nakládáním s odpady a poskytováním komunálních služeb. V České republice působí od roku 1992 a dnes je největší a nejperspektivnější firmou v odpadovém hospodářství.

Firmy .A.S.A. v České republice obsluhují cca 1,5 milionu obyvatel a nabízejí služby nejen pro obce, ale i pro podniky a živnostníky. Součástí podnikové nabídky služeb je zpracování druhotných surovin, provoz solidifikační jednotky a biodegradačních ploch. .A.S.A. také zajišťuje sanaci starých ekologických zátěží, projektuje, staví a rekultivuje vlastní skládky.

Rozhodujícím faktorem pro stavbu linek na výrobu tuhých alternativních paliv bylo schválení zákona o odpadech č. 185/2001 Sb. Společnost vystavěla dvě linky, jednu v Brně a druhou u Prahy v areálu společnosti Regios, a.s. V pozdější době byla vystavěna ještě jedna linka v areálu společnosti Regios, a.s. kvůli nedostačující kapacitě první linky. Všechny tři linky jsou schopny vyrábět TAP ze směsi papíru, plastů, pryže, textilu a dřeva. TAP z těchto linek je dodáváno do cementáren v ČR jako výrobek a musí splňovat požadavky na paliva dané vyhláškou MŽP č. 357/2002 Sb.

Linky v podniku Regios, a.s. Úholičky se skládají ze vstupního dopravníku, dvou drtičů, separátoru kovů a dopravníků, které vhodně usměřují tok materiálu.

### 3.1.1 Požadavky na palivo

Vzhledem k tomu, že musí vyrobené palivo splňovat charakteristické hodnoty, musí i vstupní materiály, ze kterých se palivo vyrábí, splňovat nějaké charakteristické mezní hodnoty. Jako vstupní materiály pro výrobu paliva ASAPAL se používají vybrané přesně specifikované druhy odpadů. Každý dodavatel odpadu, který je určen pro výrobu paliva, má se společností Region, a.s. uzavřenu smlouvu, v níž musí jasně specifikovat vlastnosti dováženého odpadu. Pro výrobu paliva se používá mnoho druhů odpadů, které splňují podmínky nastavené společností Regios, a.s. Výhodou pro dodavatele, kteří dodávají odpady na výrobu paliva, je asi o 300 Kč nižší cena, než kterou zaplatí při likvidaci odpadu na skládce.

Tab. 10: Mezní hodnoty ukazatelů vstupních odpadů pro výrobu paliva Asapal [11]

Ukazatel	Mezní hodnota
výhřevnost	min 13 MJ.kg <sup>-1</sup>
voda	max 20 % hm.
popel	max 20 % hm.
chlor	max 1 % hm.
síra	max 8 % hm.
thalium	max 10 mg.kg <sup>-1</sup>
rtuť	max 2 mg.kg <sup>-1</sup>
olovo	max 0,2 % hm.
zinek	max 1 % hm.
PCB	max 30 mg.kg <sup>-1</sup>
alkálie	max 1,2

Tab. 11: Požadované max. rozměry jednotlivých částic TAP ASAPAL [11]

Typ částice	Jednotka	Maximum
tvrdé materiály	mm	20
fólie	mm	25
fólie do 15 % hmotnostních	mm	40

### 3.2 Uspořádání dosavadního technologického zařízení

Linky na výrobu TAP jsou umístěny v hale o rozměrech 18x48 m. Hala je rozdělena příčkou na dvě části. První část slouží jako manipulační prostor pro příjem materiálu a jsou tady také obě linky. Druhá část haly slouží k ukládání paliva a také k jeho expedici.

#### 3.2.1 Obecný popis technologie

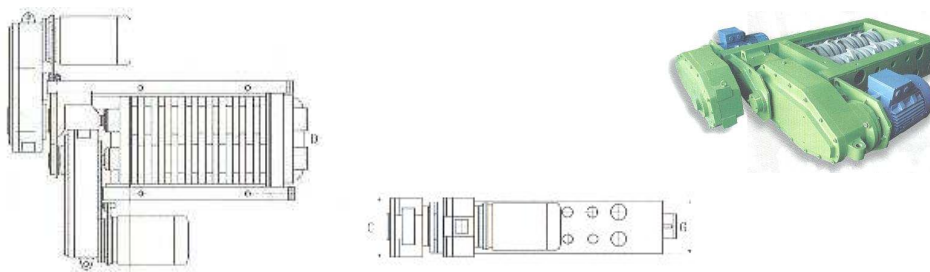
Prvním kontaktem s odpadem je příjem a váha. Po zvážení je odpad zavezen přímo do první části haly, kde je vysypán přímo na zem. Poté je provedena základní vizuální prohlídka kvůli kontrole nekvalitních částí odpadu nevhodných ke zpracování v lince. Jedná se například o cihly, kameny, velké kusy kovů a také o velké kusy pryžových odpadů. U pryžových odpadů je problém při drcení v jejich zahřívání a následné vulkanizaci (pryž měkne, lepí se a ničí drtič). Když je vše v pořádku, tak je odpad dopraven na vstupní řetězový dopravník. Vstupní řetězový lomený dopravník vede materiál do dvourotorového drtiče, kde dojde k podrcení materiálu na pruhy o šířce 50 mm. Po předdrcení je drť dopravena šikmým pásovým dopravníkem do jednorotorového drtiče MICROMAT. Drtič MICROMAT je vybaven přítlačným zařízením. Nad násypnou částí tohoto dopravníku je umístěn magnetický pásový separátor s permanentními magnety, který zabezpečuje oddělení feromagnetických předmětů a značným způsobem snižuje možnost poškození drtiče

MICROMAT. Oddělené feromagnetické předměty jsou gravitačním skluzem dopravovány do připravené palety. Po drcení v drtiči MICROMAT propadává již hotové tuhé alternativní palivo přes kalibrační síto s oky o průměru 25 mm na vodorovný vynášecí dopravník. Přes kolmý přesyp pokračuje materiál na další šikmý pásový dopravník. Tímto dopravníkem je palivo dopraveno do druhé části haly, která slouží jako sklad TAP.

### 3.2.2 Strojní zařízení

#### ***Dvumotorový Drtič DUC 16/1150 / 50 – 2 x 22 kW***

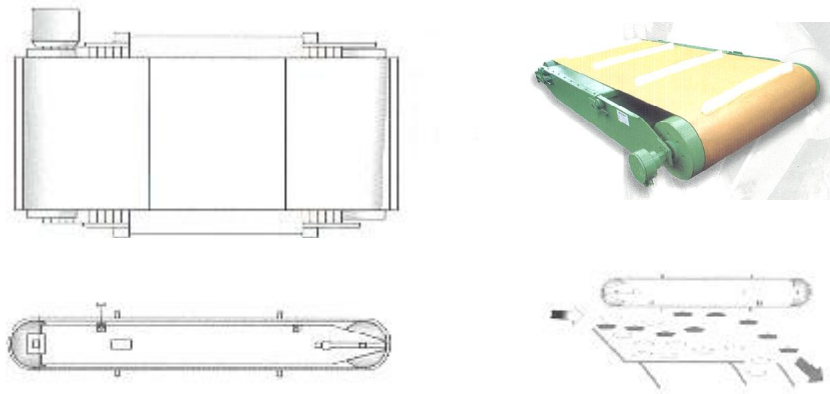
- drticí prostor 1 150 mm x 720 mm
- šířka drticích segmentů 50 mm
- příkon 2x22 kW
- otáčky pracovních válců  $18 \text{ min}^{-1}$
- hydraulický přítlak s výkonem hydrauliky 3 kW



*Obr. 6: Drtič DUC 16/1150/50 – 2 x 22 kW [12]*

#### ***Magnetický separátor SPUC 700***

- magnet permanentní
- rychlost vynášecího pásu  $1,2 \text{ m.s}^{-1}$
- šířka vynášecího pásu 680 mm
- celková hmotnost 810 kg
- pohon elektropřevodovkou
- příkon 2,2 kW

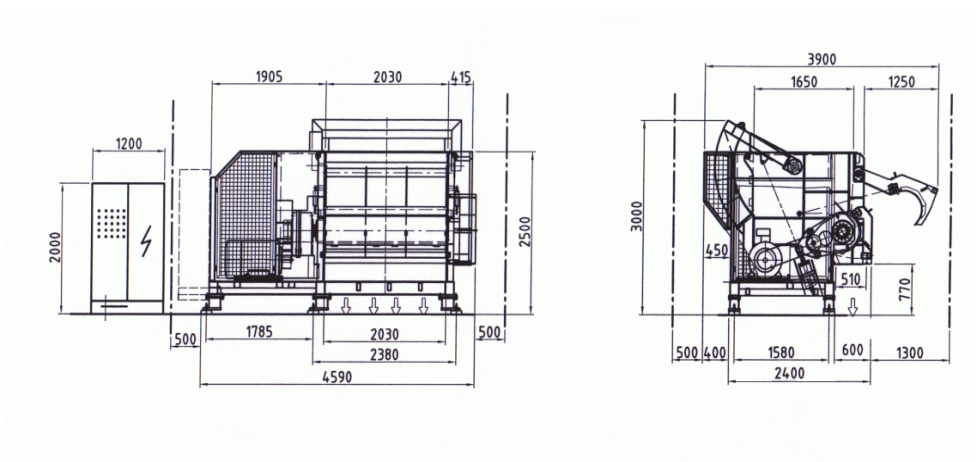


*Obr. 7: Magnetický separátor SPUC 700 [12]*

***Drtič MICROMAT MS 2000***

- plnicí násypka 2030 x 1650
- objem plnicí násypky cca 4 m<sup>3</sup>
- pracovní šířka cca 2000 mm
- kruhová dráha rotoru 563 mm
- otáčky rotoru jsou 120 min<sup>-1</sup>
- počet nožů 104
- sada protinožů (3)
- tři stírací hřebeny
- příkon 110 kW
- průměr síta 30 mm
- hmotnost cca 11 000 kg

V tomto drtiči probíhá finální drcení odpadu na požadovanou velikost. Na ochranu pracovního nástroje v drtiči je nad drtičem použit magnetický separátor k odloučení feromagnetických látek. Materiálový tok přes drtič je hlavně závislý na materiálovém složení odpadu. Při optimálním složení se uvádí schopnost drcení až 3 t za hodinu. Při špatné kvalitě odpadu ovšem může klesnout až pouze na 2 t za hodinu.



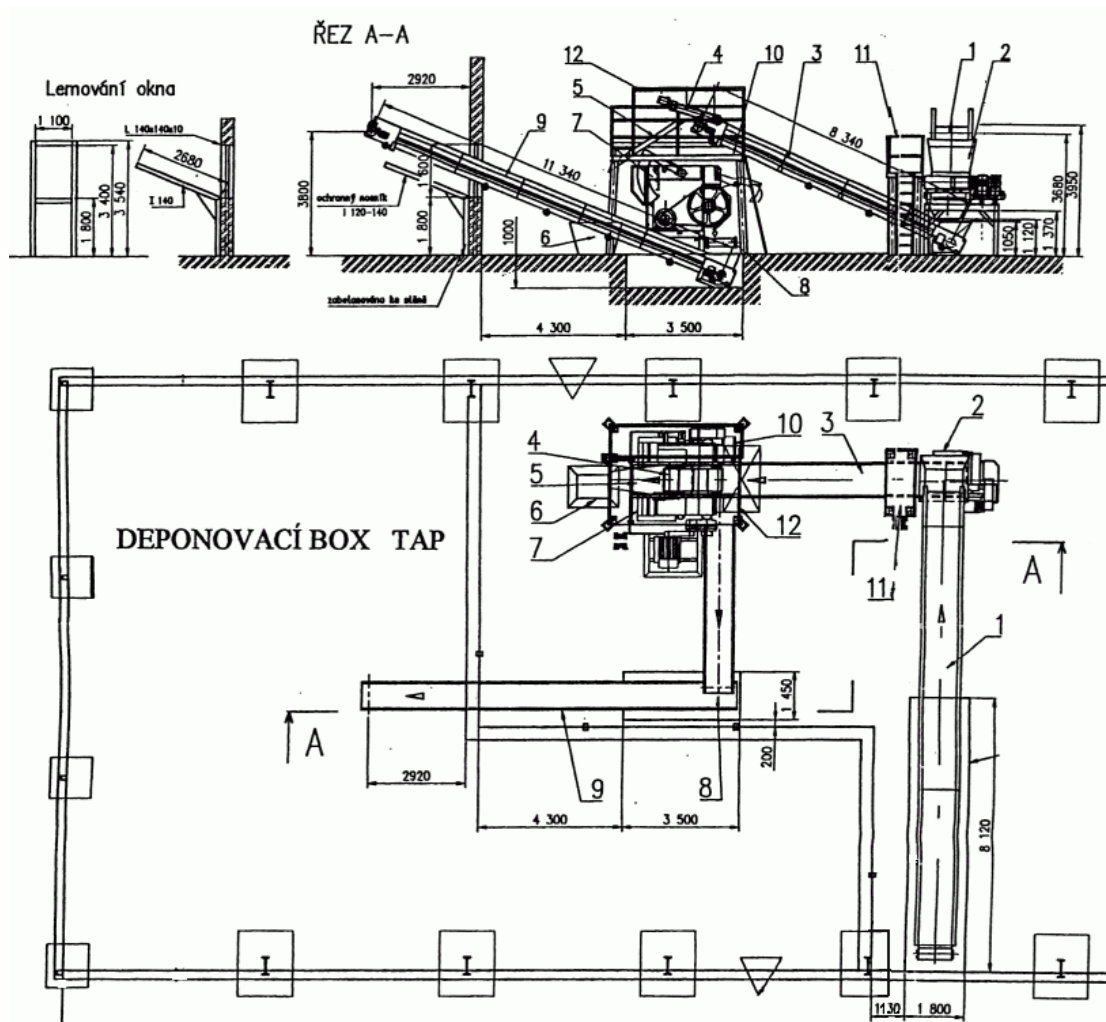
*Obr. 8: Drtič MICROMAT MS 2000 [12]*



### 3.3 Uspořádání strojního zařízení v linkách

V této kapitole je uvedena výkresová dokumentace výrobních linek na TAP včetně připojení zařízení k inženýrským sítím. V hale jsou dvě výrobní linky a každou z nich rozebírám zvlášť.

#### 3.3.1 První linka na výrobu TAP



Obr. 9: Schéma uspořádání první linky [11]



**Popis k obr. 10:** **1** – vstupní dopravník; **2** – drtič DUC 1 150/50; **3** – pásový dopravník 1 000/8 340; **4** – magnetický separátor SPUC 700; **5** – skluz separovaných kovů; **6** – kontejner na kovy; **7** – drtič MICROMAT MS 2 000; **8** – pásový dopravník 800/7 340; **9** – pásový dopravník 800/11 340; **10** – obslužná plošina drtiče MICROMAT MS 2000; **11** – obslužná plošina drtiče DUC 1 150/50; **12** – konstrukce pro zavěšení separátoru a skluzu; **13** – kontejner na vytríděný odpad; **RO1** – hlavní rozvaděč; **RO2** – podružný rozvaděč; **PE** – přívod elektrické energie; **RE** – rozvody elektrické energie.

### **1. Vstupní dopravník**

- zapuštěný, lomený, řetězový, hrabicový
- šířka pásu 1 000 mm
- délka vodorovné části zapuštěné v zemi 5 000 mm
- délka šikmé části asi 8 600 mm, sklon 30°
- délka vodorovné části nad drtičem 1 250 mm
- rychlost 0,2 m.s<sup>-1</sup> s možností regulace
- pohon elektropřevodkou, příkon 5,5 kW

### **2. Drtič DUC 16/1150 / 50 – 2 x 22 kW**

### **3. Vynášecí dopravník předdrceného materiálu DU 1 000/8 340**

- šířka pásu 1 000 mm
- délka 8 340 mm
- kapotážovaný
- hrabíčky výšky 30 mm s roztečí 500 mm
- možnost nad dopravník umístit magnetický separátor
- příkon 2,2 kW
- rychlost 1 m.s<sup>-1</sup> s možností regulace

**4. Magnetický separátor SPUC 700**

**5. Drtič MICROMAT MS 2 000**

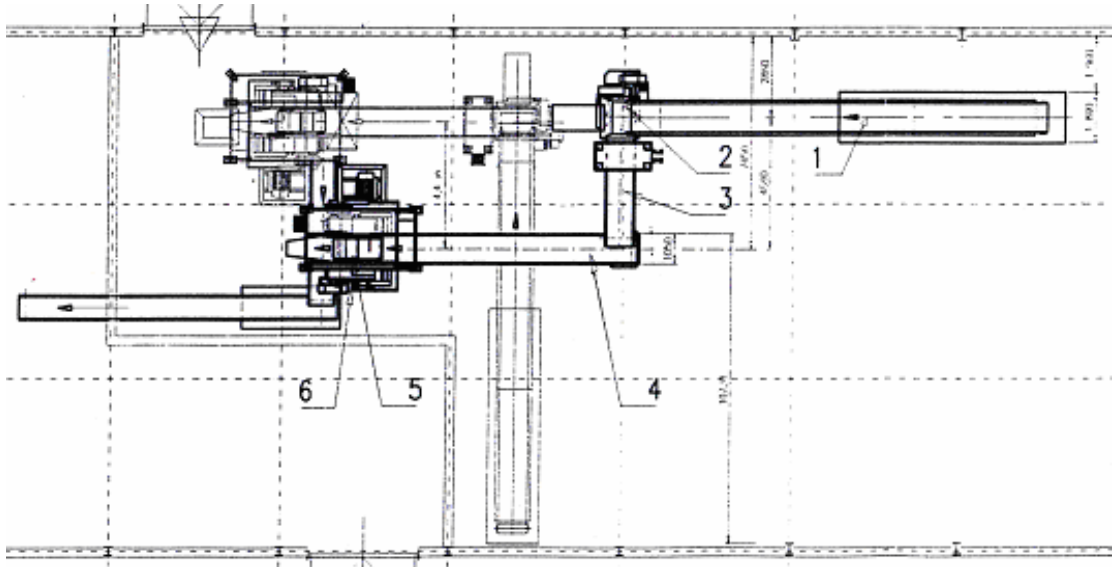
**6. Vynášecí dopravník nadrceného materiálu DU 800/7 340**

- šířka pásu 800 mm
- délka 7 340 mm
- kapotážovaný
- hrabičky výšky 30 mm s roztečí 500 mm
- příkon 2,2 kW
- rychlost  $1 \text{ m.s}^{-1}$  s možností regulace

**7. Vynášecí dopravník nadrceného materiálu DU 800/11 340**

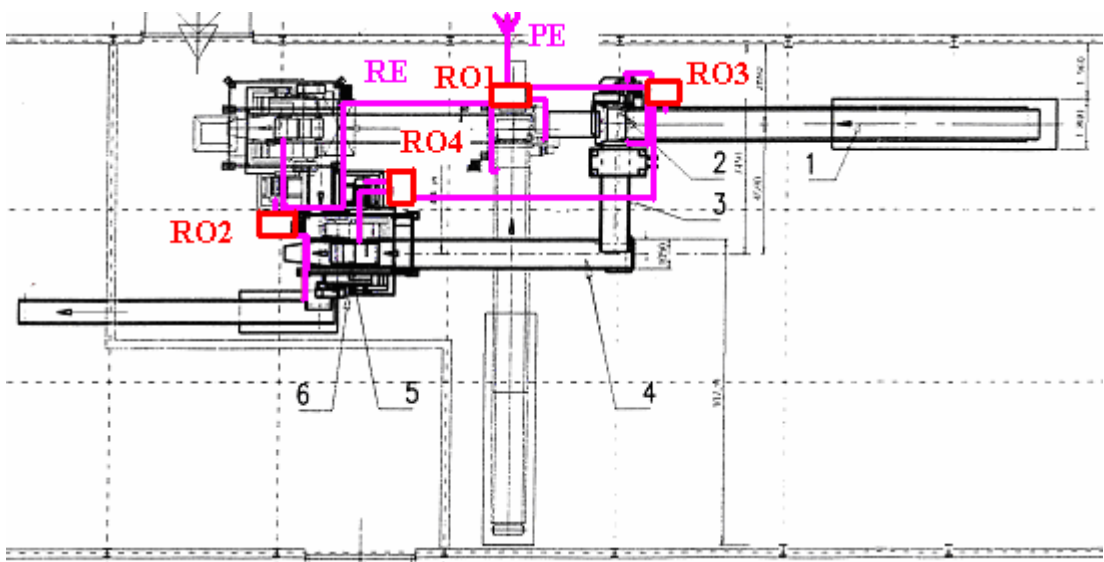
- šířka pásu 800 mm
- délka 11 340 mm
- kapotážovaný
- hrabičky výšky 30 mm s roztečí 500 mm
- příkon 2,2 kW
- rychlost  $1 \text{ m.s}^{-1}$  s možností regulace.

### 3.3.2 Druhá linka na výrobu TAP



Obr. 11: Schéma uspořádání druhé linky [11]

**Popis k obr. 11:** 1 – vstupní dopravník; 2 – drtič DUC 1 150/50; 3 – pásový dopravník 1 000/5 350; 4 – pásový dopravník 1 000/10 350; 5 - magnetický separátor SPUC 700; 6 – drtič MICROMAT MS 2 000



Obr. 12: Schéma napojení druhé linky na inženýrské síť [11]

**Popis k obr. 12:** **PE** – přívod elektrické energie; **RE** – rozvody elektrické energie; **RO1 a RO2** – rozvaděče první linky; **RO3 a RO4** – rozvaděče druhé linky

**1. Vstupní dopravník**

- zapuštěný, řetězový, hrabicový
- využitelná šířka pásu je 1000 mm
- délka 5 m vodorovná část, zapuštěná v zemi, délka šikmé části je 9870 mm, úhel sklonu 30°, délka vodorovné horní části 1250 mm
- pohon elektropřevodovkou, příkon 5,5 kW

**2. Drtič DUC 16/1150/50 – 2 x 22 kW**

**3. Vynášecí dopravník předdrceného materiálu DU 1000/5,35**

- šíře 1000 mm; délka 5350 mm
- kapotáž
- rychlost je 1 m.s<sup>-1</sup> a je regulovatelná
- příkon 2,2 kW

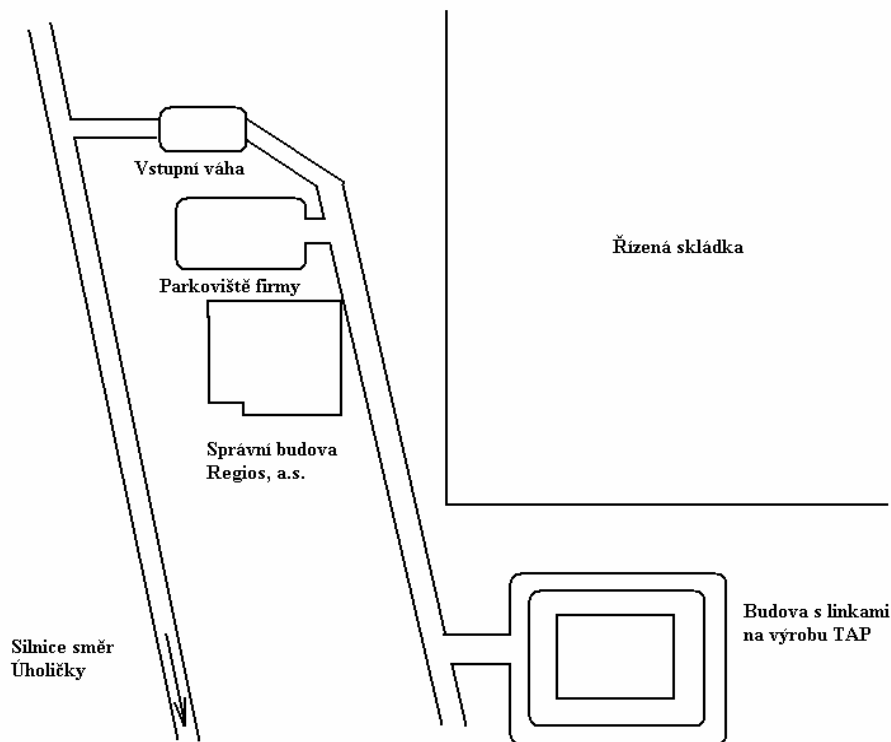
**4. Vynášecí dopravník předdrceného materiálu DU 1000/10,5**

- šíře 1000 mm; délka 10500 mm
- rychlost je 1 m.s<sup>-1</sup> a je regulovatelná
- kapotáž
- příkon 2,2 kW

**5. Magnetický separátor SPUC 700**

**6. Drtič MICROMAT MS 2000**

### 3.3.3 Situační plán Regios, a.s. Úholičky



Obr. 13: Situační plán firmy Regios, a.s. Úholičky

### 3.4 Nedostatky provozu

Firma Regios a.s. do budoucna počítá se zvyšováním výroby tuhého alternativního paliva a tedy i se zvýšením kapacity zpracovatelské linky na komunální odpad. Nyní se kapacita pohybuje na úrovni 1,7 t zpracovaného odpadu za jednu hodinu na jedné lince. Toto charakteristické množství je dáno rychlostí práce drtiče MICROMAT MS 2000.

Firma má v plánu zvýšit kapacitu obou linek cca na hodnotu 3 t.hod<sup>-1</sup>. Tomuto požadavku už ale drtič MICROMAT MS 2000 nevyhovuje, proto v této diplomové práci je vypsáno výběrové řízení na nožový mlýn pro zpracování komunálního odpadu s kapacitou až 3 t za hodinu.

## **4. Návrh řešení a dosažené výsledky**

Tato kapitola se věnuje možnostem zlepšení technologie zpracování odpadu ve firmě Regios, a.s., aby výstupní množství materiálu dosáhlo požadované hodnoty. Je zde také uvedeno ekonomické zhodnocení projektu.

### **4.1 Návrh řešení**

Jak je uvedeno výše, charakteristická hodnota množství výstupu TAP je dána drtičem MICROMAT MS 2000. Návrh zvýšení kapacity obou dvou linek je spjat s vyřazením drtičů MICROMAT MS 2000 a jejich nahrazením jiným, výkonnějším drtičem, případně nožovým mlýnem. Je snaha, aby ostatní části linek – drtič DUC, magnetický separátor a dopravníkové pásy – zůstaly v budoucím technologickém procesu neměnné.

Je nutné tedy zhodnotit, zda dopravníkové pásy budou vyhovovat značně zvýšené kapacitě provozu.

#### **4.1.1 Požadavky na dodanou technologii**

Dnešní situace je taková, že jedna linka na zpracování komunálního odpadu má kapacitu cca  $1,7 \text{ t.hod}^{-1}$ . To znamená na dvou linkách při dvousměnném provozu cca  $57 \text{ t.den}^{-1}$ .

Cílem projektu je zvednout kapacitu obou linek přibližně dvounásobně, tedy na hodnotu  $100 \text{ t.den}^{-1}$ . Hodinová produkce na jednu linku na zpracování komunálního odpadu je tedy cca  $3 \text{ t.hod}^{-1}$ .

Požadavky na projekt jsou: Ve firmě Regios, a.s. jsou dvě linky na zpracování komunálního odpadu, ze kterého se vyrábí TAP. Hlavní technologický prvek v obou linkách je drtič MICROMAT MS 2000, který je vzhledem ke vzrůstající poptávce po palivu nedostačujícím požadované kapacitě. Firma se rozhodla zdvojnásobit produkci tuhého alternativního paliva.



Projekt má vyřešit náhradu drtiče MICROMAT MS 2000 jiným drtičem, případně nožovým mlýnem s kapacitou požadované hodnoty. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o nahrazení stroje za stroj, není nutné řešit jakékoliv stavební úpravy stávající budovy ani jakékoliv technologické rozvody a elektroinstalaci.

#### 4.1.2 Výběrové řízení

Na výběrové řízení, které bylo vypsáno firmou Regios, a.s., odpověděly tři firmy. Jedná se o firmy tradici na poli zpracování odpadu a to: UNIKASSET, s.r.o, TERIER, s.r.o. a PAVEL JELÍNEK – STROJE, s.r.o..

Rozhodování, která firma dostane zelenou pro dodávku stroje, proběhlo na základě zadaných hodnot:

- *zkušenost v oboru*
- *návaznost na stávající technologii*
- *cena stroje*
- *cena příslušenství*
- *servis*
- *záruka*
- *maximální výstupní hodnota*

Tab. 12: Firma TERIER, s.r.o. [13]

Výběrová podmínka	Parametry
Zkušenost v oboru	<b>Výborná</b>
Návaznost na stávající technologii	<b>Ano</b>
Cena stroje	<b>2 200 000,-</b>
Cena příslušenství	<b>500 000,-</b>
Servis	<b>3 dny (možnost 1 den dle smlouvy)</b>
Záruka	<b>36 měsíců</b>
Maximální výstupní hodnota	<b>4 t.hod<sup>-1</sup></b>



Tab. 15: Zhodnocení výběrového řízení

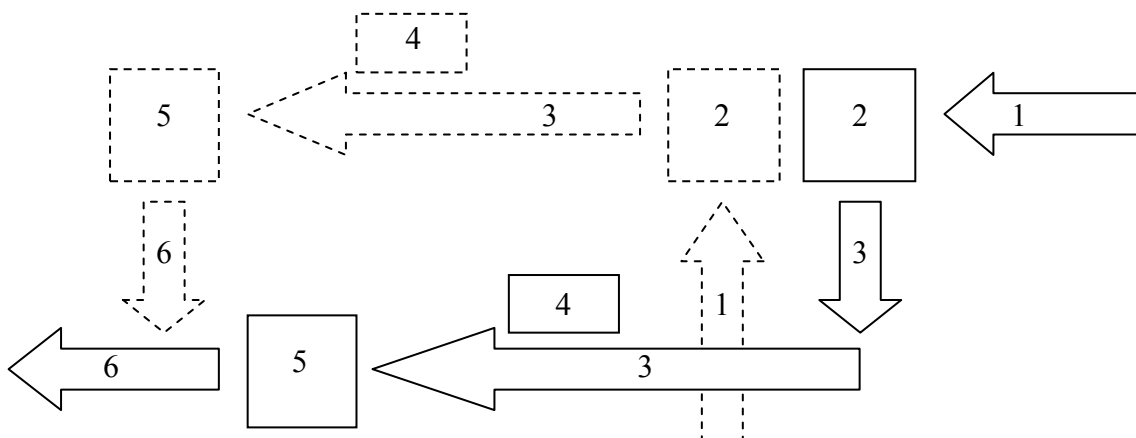
Výběrová podmínka	Známky		
	TERIER, s.r.o.	JELÍNEK, s.r.o	UNIKASSET, s.r.o
Zkušenost v oboru	1	3	1
Návaznost na tech.	2	2	1
Cena stroje	1	4	3
Cena příslušenství	2	2	4
Servis	2	5	1
Záruka	1	2	2
Max. výstup	1	5	3

Ze známek pro jednotlivé firmy uděláme průměr a získáme výslednou hodnotu, podle které určíme vítěze výběrového řízení:

- TERIER, s.r.o. **1,43**
- PAVEL JELÍNEK – STROJE, s.r.o. **3,29**
- UNIKASSET, s.r.o. **2,14**

Z výsledků výběrového řízení na dodavatelskou firmu vyšla jako vítězná firma TERIER, s.r.o.. Firma více či méně byla nejlepší v každém ze zadaných bodů do výběrového řízení. Jediná věc, která není garantovaná firmou, je rychlost servisu stroje. Podle jednatele firmy TERIER, s.r.o. se ovšem dá ve smlouvě rychlost servisu specifikovat až na jeden den, což je srovnatelné s rychlostí servisu firmy UNIKASSET, s.r.o..

#### 4.1.4 Specifikace dodávky a její financování



Obr. 13: Blokové schéma linek po realizaci projektu

**Popis k obr. 13:** 1 – vstupní dopravník; 2 – drtič DUC; 3 – vynášecí pásový dopravník předdrceného materiálu; 4 - magnetický separátor SPUC 700; 5 – nožový mlýn G 600/1200; 6 – vynášecí dopravník TAP

Dodávaným zařízením firmou TERIER, s.r.o. je nožový mlýn G 600 / 1200 včetně jeho příslušenství a montáže. Ceny stroje a jeho instalace do linky jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 16: Ceny úkonů firmy TERIER, s.r.o. [13]

Cena vlastního stroje	2 200 000,- x 2 = 4 400 000,-
Cena příslušenství	500 000,- x 2 = 1 000 000,-
Cena instalace stroje do linky (viz. obr. 13)	400 000,- x 2 = 800 000,-
<b>Cena celkem</b>	<b>3 100 000,- x 2 = 6 200 000,-</b>

#### **Obecné obchodní podmínky:**

Dodavatel – firma TERIER, s.r.o. – poskytuje záruku na stroj včetně příslušenství po dobu 36 měsíců. Termín dodání dle možnosti dodavatele a dohody s odběratelem se dá dohodnout v rámci smlouvy a je v intervalu od tří do šesti měsíců.

**Platební podmínky:**

30 % platba předem

70 % při předjímce u firmy TERIER s.r.o. před odvozem

**4.2 Vlastní měření**

U vybraných vzorků byl stanoven prvkový rozbor na základní parametry paliv: obsah vody (% hm.), popel (% hm.), spalné teplo ( $\text{MJ.kg}^{-1}$ ), uhlík C (% hm.), vodík H (% hm.), dusík N (% hm.), síra S (% hm.) a kyslík O (% hm.). Takto stanovená prvková analýza byla určena na elementárním analyzátoru a chromatografu Perkin Elmer a kalorimetru IKA. Výsledné hodnoty prvkového rozboru jsou uvedeny v tabulce 17. Pro určení stechiometrických a tepelných vlastností posuzovaných vzorků je prvková analýza nezbytnou součástí měření.

**Vzorek:** ASAPAL, forma fluff  
**Zadavatel:** J. Graz, REGIOS Úholičky

*Tab. 17: Výsledné hodnoty prvkového rozboru paliva*

Složení	Jednotka	Původní vzorek	Bezvodný stav
voda	% hm.	2,47	-
prchavá hořlavina	% hm.	77,55	79,51
nepřchavá hořlavina	% hm.	9,99	10,24
popel	% hm.	9,99	10,24
C	% hm.	39,39	40,39
H	% hm.	5,55	5,69
N	% hm.	1,47	1,51
S	% hm.	0,06	0,06
O	% hm.	41,64	42,69
Cl	% hm.	0,13	0,13

Popel – tavitelnost

$t_A$  (měknutí) >1 300 °C  
 $t_B$  (tání) >1 300 °C  
 $t_C$  (tečení) >1 300 °C

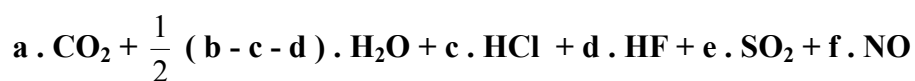
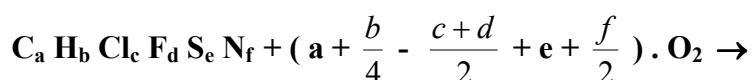
	<u>původní vzorek</u>	<u>bezvodný stav</u>
Spalné teplo	20,12 $\text{MJ.kg}^{-1}$	20,63 $\text{MJ.kg}^{-1}$
Výhřevnost	18,85 $\text{MJ.kg}^{-1}$	19.39 $\text{MJ.kg}^{-1}$

### 4.2.1 Stechiometrické výpočty

Stechiometrické výpočty spalovacích procesů doplňují charakteristiky paliva a jsou základem pro všechny tepelné výpočty spalovacích zařízení a jejich dodatkových ploch. Jsou důležité zejména pro řešení celé řady problémů projektových a konstrukčních řešení a stejně tak i při kontrole nebo modernizaci stávajících spalovacích zařízení. Při těchto výpočtech se stanoví:

- výhřevnost paliva (odpadu)
- množství kyslíku (vzduchu) potřebného k dokonalému spalování paliva (odpadu)
- množství a složení spalin vzniklých spálením daného paliva
- měrná hmotnost spalin
- adiabatická, teoretická a skutečná spalná teplota

Stechiometrie dokonalého spalování jakéhokoli tuhého nebo kapalného odpadu je založena na souhrnné rovnici, která vyjadřuje oxidaci jednotlivých složek spalovaného odpadu :



Lze očekávat, že pokud odpadní materiály obsahují prvky jako Cl, F, S a N ve svých hořlavých složkách, dochází při jejich spalování ke tvorbě HCl, HF, SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>, NO a NO<sub>2</sub>. Je zřejmé, že odpadní spaliny se skládají především z dusíku N<sub>2</sub>, oxidu uhličitého CO<sub>2</sub>, vodní páry H<sub>2</sub>O a přebytečného kyslíku O<sub>2</sub>. Ostatní uvedené plynné látky lze považovat pouze za stopové kontaminanty a ve výpočtech ke stanovení spotřeby spalovacího vzduchu a množství vznikajících spalin s nimi obvykle nemusíme uvažovat. [15]

U tuhých paliv není přesné určování složitých organických sloučenin tvořících hořlavinu, tj. sloučenin uhlíku, vodíku, dusíku a síry, dosud možné. Proto se z tuhých paliv používá tzv. elementární analýza, kterou se zjišťuje procentuální hmotnostní podíl uvedených prvků v hořlavině. Nehořlavé látky v palivu (obsah popela **A** a obsah vody **W**) se určují spálením respektive sušením příslušného vzorku paliva. [15]

Obecně platí následující vztah :

$$\mathbf{C + H + O + N + S_{celk} + A + W = 100 \%} \quad (4.1)$$

#### 4.2.2 Spalování tuhých a kapalných paliv

Použitím molekulových hmotností jednotlivých prvků lze vyjádřit vztahy pro oxidační reakce při spalování následujícími spalovacími rovnicemi :

*Pro uhlík platí :*



$$1 \text{ Mol} + 1 \text{ Mol} = 1 \text{ Mol}$$

$$12,1 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 44 \text{ kg} + 406,3 \text{ MJ}$$

$$12,1 \text{ kg} + 22,39 \text{ m}^3 = 22,37 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ kg} + 1,865 \text{ m}^3 = 1,854 \text{ m}^3$$

*Pro vodík platí :*



$$2 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 34 \text{ kg} + 482 \text{ MJ}$$

$$2 \text{ Mol} + 1 \text{ Mol} = 2 \text{ Mol}$$

$$4,0321 \text{ kg} + 22,39 \text{ m}^3 = 44,81 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ kg} + 5,553 \text{ m}^3 = 11,11 \text{ m}^3$$

*Pro síru platí :*



$$32 \text{ kg} + 32 \text{ kg} = 64 \text{ kg} + 290 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ Mol} + 1 \text{ Mol} = 1 \text{ Mol}$$

$$32,06 \text{ kg} + 22,39 \text{ m}^3 = 21,89 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ kg} + 0,699 \text{ m}^3 = 0,683 \text{ m}^3$$

Všechny výpočty spalování vycházejí z molekulové hmotnosti jednotlivých prvků hořlaviny, která se udává v kilomolech. Podle Avogadrova zákona zaujímá 1 kmol jakékoli plynné látky za normálních podmínek ( $t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $p = 101,325 \text{ kPa}$ ) přibližně objem  $22,4 \text{ m}^3$ .

*Pro převod ostatních prvků a vlhkosti do plynné fáze pak platí:*

$$1 \text{ Mol O}_2 = 31,999 \text{ kg} = 22,39 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Mol N}_2 = 28,013 \text{ kg} = 22,40 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ Mol H}_2\text{O} = 18,015 \text{ kg} = 22,41 \text{ m}^3$$



### 4.2.3 Výpočet spalovacího procesu pomocí objemových podílů

$$O_{\min} = 1,87 C + 5,6 H + 0,7 \cdot S - 0,7 \cdot O \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.5)$$

$$V_{\min} = O_{\min} \cdot 4,76 \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.6)$$

$$V_{\text{skut}} = O_{\min} \cdot 4,76 \cdot \alpha \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.7)$$

$$V_{\text{vsp}} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{H_2O} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.8)$$

$$V_{\text{ssp}} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{O_2} \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.9)$$

$$\text{kde } V_{CO_2} = 1,87 \cdot C \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.10)$$

$$V_{SO_2} = 0,7 \cdot S \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.11)$$

$$V_{H_2O} = 11,2 \cdot H + 1,24 \cdot W \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.12)$$

$$V_{N_2} = 0,8 \cdot N + O_{\min} \cdot 3,76 \cdot \alpha \quad [Nm^3 \cdot kg^{-1}] \quad (4.13)$$

Jednotlivé složky spalin pak vyjádříme procentuelně :

$$CO_2 = \frac{V_{CO_2}}{V_{\text{vsp}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.14)$$

$$H_2O = \frac{V_{H_2O}}{V_{\text{vsp}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.15)$$

$$SO_2 = \frac{V_{SO_2}}{V_{\text{vsp}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.16)$$

$$N_2 = \frac{V_{N_2}}{V_{\text{vsp}}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (4.17)$$

#### 4.2.4 Výpočet pro vzorek paliva ASAPAL forma fluff

Tab. 18: Složení paliva ASAPAL forma fluff

Voda	<b>2,57</b>	%
Popel	<b>9,99</b>	%
Vodík	<b>5,55</b>	%
Uhlík	<b>39,39</b>	%
Síra	<b>0,06</b>	%
Dusík	<b>1,47</b>	%
Kyslík	<b>41,64</b>	%
Chlor	<b>0,13</b>	%

Tab. 19: Min. spalovací vzduch

V O <sub>2</sub> min	<b>0,7522</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
V VZmin	<b>3,5819</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>

Tab. 20: Množství spalin

V CO <sub>2</sub>	<b>0,7320</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
V SO <sub>2</sub>	<b>0,0004</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
V N <sub>2</sub>	<b>2,8067</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
V H <sub>2</sub> O	<b>0,6474</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
V Ar	<b>0,0330</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>
celkem	<b>4,2194</b>	m <sup>3</sup> .kg <sup>-1</sup>

Tab. 21: Procentuální zastoupení spalin

CO <sub>2</sub>	<b>17,35</b>	%
SO <sub>2</sub>	<b>0,01</b>	%
N <sub>2</sub>	<b>66,52</b>	%
H <sub>2</sub> O	<b>15,34</b>	%
Ar	<b>0,78</b>	%
celkem	<b>100,00</b>	%

### 4.3 Teoretický rozbor technologického zařízení

Klíčovým prvkem technologie je nový typ drtiče komunálního odpadu. Teoretický popis bude tedy věnován popisu nožového mlýna určeného na drcení komunálního odpadu.

#### 4.3.1 Popis funkce stroje

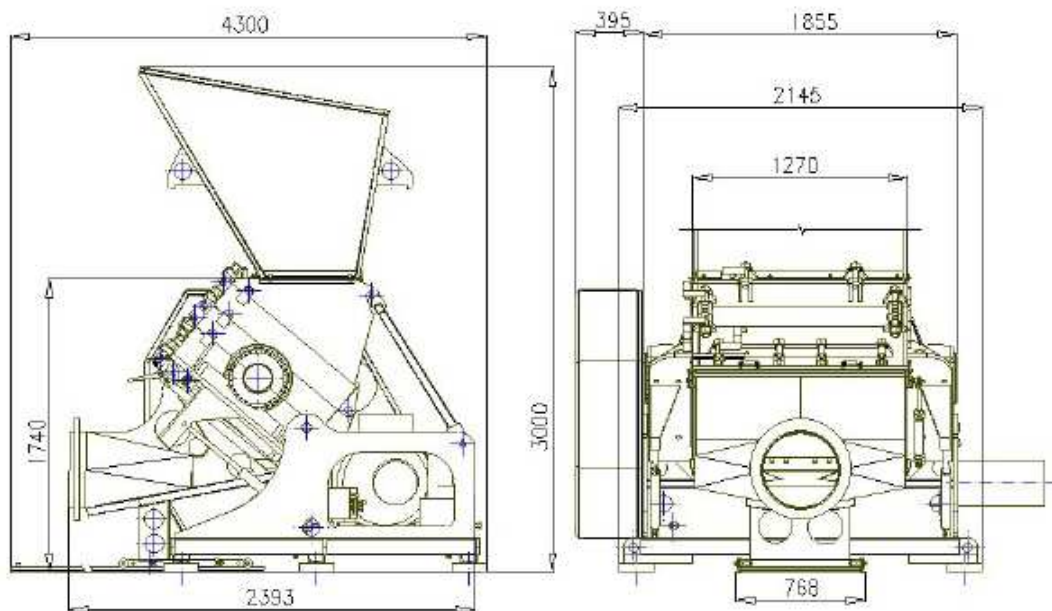
Stroj vybraný výběrovým řízením je nožový mlýn G 600 / 1200. Jedná se o produkt firmy Teriér, s.r.o.. Nožový mlýn G 600 / 1200 je ideální na drcení velkých množství pevných odpadů jako jsou plasty, guma, papír, dřevo i měkké kovy. Stroj disponuje noži z vysoce kvalitní oceli. U tohoto nožového mlýna je vysoká variabilita tvarů násypek (dlouhé profily, dopravník, atd.). Velikost recykláže je dána sítím. [13]

Tab. 22: Technické parametry nožového mlýna G 600 / 1200 [13]

<i>Technické parametry nožového mlýna G 600 / 1200</i>		
Průměr rotoru	<b>600</b>	mm
Délka nožů	<b>1200</b>	mm
Motor	<b>110</b>	kW
Váha	<b>5</b>	t
Výstup	<b>1 – 5</b>	t
Vstupní otvor	<b>600 x 1200</b>	mm



Obr. 14: Nožový mlýn firmy Teriér, s.r.o. [13]



Obr. 15: Schéma nožového mlýna firmy Teriér, s.r.o. [13]

#### 4.3.2 Výpočet parametrů pásového dopravníku

Součástí obou linek na výrobu TAP jsou pásové dopravníky sloužící k dopravě materiálu. Pro výpočet je nejvhodnější dopravník s největším zatížením, který vynáší již zpracovaný odpad na TAP. Jeho výkon 2,2 kW pro současné podmínky je plně dostačující. Úkolem tohoto výpočtu je zjistit, zda je tento výkon dostačující i po zvýšení kapacity výroby na požadovanou kapacitu linek, která činí  $6 \text{ t.hod}^{-1}$ . Základní rozměrové parametry vycházejí z konstrukce a umístění linky v budově firmy Regios, a.s..

Dopravní výkonnost ve výpočtu je zvětšena o bezpečnostní koeficient 1,5. Při výpočtu jsem postupoval dle literatury [16], kde je obdobný výpočet uveden. Výpočet byl prováděn v programu MathCad Professional 2001.

**Parametry:**

délka: 11,34 m	$L$
šířka: 0,8 m	$B$
dopravní výška: 4,8 m	$H$
dopravní výkonnost: 2,5 kg.s <sup>-1</sup>	$Q_m$
rychlost: 1,0 m.s <sup>-1</sup>	$v$
pohon: elektromotor 2,2 kW	$P$

$$L = 11.34 \text{ m} \quad B = 0.8 \text{ m} \quad H = 4.8 \text{ m}$$

$$m_p = 7.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \quad Q_m := 2.5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$v = 1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1} \quad g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

**Hlavní odpory:**

$$q_1 = \frac{Q_m}{v} \qquad q_1 = 2.5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \qquad 4.18$$

$$q_2 = B \cdot m_p \qquad q_2 = 6 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \qquad 4.19$$

$$m_{rh} = 8.8 \text{ kg} \qquad n_h = 18$$

$$m_{rd} = 8.8 \text{ kg} \qquad n_d = 14$$

$$q_{rh} = \frac{m_{rh} \cdot n_h}{L} \qquad q_{rh} = 13.97 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \qquad 4.20$$

$$q_{rd} = \frac{m_{rd} \cdot n_d}{L} \qquad q_{rd} = 10.86 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-1} \qquad 4.21$$

$$t = 13^{\circ}\text{C} \dots\dots\dots k_1 = 1,02$$

$$\mu_1 = 0.027$$

$$k_1 = 1.02$$

$$\mu = \mu_1 \cdot k_1 \qquad \mu = 0.03 \qquad 4.22$$

$$\delta := \sin\left(\frac{H}{L}\right) \qquad 4.23$$

$$O_H = \mu \cdot L \cdot g \cdot [(q_1 + q_2) \cdot \cos(\delta) + q_2 \cdot \cos(\delta) + q_{rh} + q_{rd}] \qquad O_H = 116.81 \text{ N} \qquad 4.24$$

***Vedlejší odpory:***

- *odpor pohybem pásu přes bubny:*

$$O_{v2} = (100 - 200) Z_b \qquad 4.25$$

$$Z_b = 2$$

$$O_{v2} = 170 \cdot Z_b \qquad O_{v2} = 340 \text{ N} \qquad 4.26$$

- *odpor vlivem čepového tření nepoháněných bubnů:*

$$O_{v3} = (50 - 150) Z_{b'}$$

4.27

$$Z_{b'} = 1$$

$$O_{v3} = 120 \cdot Z_{b'} \qquad O_{v3} = 120 \text{ N} \qquad 4.28$$

$$O_v = O_{v2} + O_{v3} \qquad O_v = 460 \text{ N} \qquad 4.29$$

**Přídavné odpory:**

- síla na zvednutí materiálu o dopravní výšku:

$$O_{p1} = q_1 \cdot g \cdot H \qquad O_{p1} = 117.72 \text{ N} \qquad 4.30$$

- odpor čističů pásů:

$$Z_c = 1$$

$$O_{p2} = 0.03 \cdot g \cdot B \cdot 1000 \cdot Z_c \qquad O_{p2} = 235.44 \text{ N} \qquad 4.31$$

$$O_p = O_{p1} + O_{p2} \qquad O_p = 353.14 \text{ N} \qquad 4.32$$

$$F = O_H + O_v + O_p \qquad F = 929.97 \text{ N} \qquad 4.33$$

**Výpočet napínací síly:**

- povrch bubny je ocelový, vlhký, hladký:

$$f = 0.2 \quad \alpha = \pi \qquad 4.34$$

$$T_2 = \frac{F}{e^{f \cdot \alpha} - 1} \qquad T_2 = 1063.48 \text{ N} \qquad 4.35$$

$$T_1 := T_2 \cdot e^{f \cdot \alpha} \qquad T_1 = 1993.45 \text{ N} \qquad 4.36$$

**Dovolená tahová síla v pásu:**

$$t_d = 24.7 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \qquad 4.37$$

$$T_D = t_d \cdot B \cdot 1000 \qquad T_D = 19760 \text{ N} \qquad 4.38$$

$$O_{Hd} = \mu \cdot L \cdot g \cdot (q_2 \cdot \cos(\delta) + q_{rd}) \qquad O_{Hd} = 50.14 \text{ N} \qquad 4.39$$

$$Z = 2 \cdot (T_2 - q_2 \cdot g \cdot H + O_{Hd}) \qquad Z = 1662.18 \text{ N} \qquad 4.40$$

**Výpočet příkonu elektromotoru:**

$$\eta = 0.85$$

$$P_p = \frac{F \cdot v}{\eta} \qquad P_p = 1094.08 \text{ N} \qquad 4.41$$

#### 4.4 Ekonomické posouzení návrhu

V této kapitole je projekt zhodnocen na základě základních ekonomických parametrů, které jsou určující pro rozhodování o přijetí či odmítnutí návrhu.

##### 4.4.1 Investiční náklady na technologickou část linky

Projektová dokumentace:	400 000,-
Vlastní stroje:	4 400 000,-
Příslušenství:	1 000 000,-
Instalace stroje do linky:	800 000,-
Doprava a ostatní:	400 000,-
<b>Celkem:</b>	<b>7 000 000,-</b>

##### 4.4.2 Investiční zdroje

Náklady na nové nožové mlýny včetně instalace jsou 7 000 000,- a budou uhrazeny z cizích a z vlastních zdrojů. Částka 5 000 000 Kč bude pokryta krátkodobým bankovním úvěrem u ČSOB. Délka splatnosti úvěru je pět let při roční úrokové sazbě 15%. Zbývající část nákladů, tedy 2 000 000,-, bude pokryta z vlastních zdrojů.

Tab. 23: Splátkový kalendář pro bankovní úvěr (v tis. Kč)

Rok	Splátka	Úrok	Celková splátka	Zůstatek úvěru
1	1 000	750	1 750	4 000
2	1 000	600	1 600	3 000
3	1 000	450	1 450	2 000
4	1 000	300	1 300	1 000
5	1 000	150	1 150	-
<b>celkem</b>	<b>5 000</b>	<b>2 250</b>	<b>7 250</b>	<b>-</b>



### **4.4.3 SWOT analýza**

#### **STRENGTH - silné stránky:**

Výroba TAP je velmi perspektivní, protože lze tímto způsobem ušetřit velké množství fosilních paliv.

Pro dodavatele surovin je výhodnější třídění a odevzdání svého odpadu na linku za nižší poplatek než na skládku.

Pro odběratele je výhodnější nakoupit TAP, protože má výhřevnost srovnatelnou s černým uhlím, ale jeho cena je nižší.

#### **WEAKNESS – slabé stránky:**

Nerovnoměrnost návozu surovin a odběru TAP.

Nutnost dotřídřovat navezené suroviny.

#### **OPORTUNITIES - příležitosti:**

Zvýšením výrobní kapacity nahradit v konkurenčním prostředí některé menší producenty TAP.

Vyhovět odběratelům ve specifickém složení paliva a zvýšit cenu tohoto paliva.

#### **THREATS – ohrožení:**

Růst cen na vstupu (energie, pohonných hmot, strojních součástí atd.) a konkurence ostatních společností zabývajících se výrobou TAP.

Legislativa ohledně ochrany ovzduší (spalování v cementářských pecích).

#### 4.4.4 Odpisový plán pro technologickou část

Odepisování bude probíhat lineárně. Zařazení do druhé odpisové skupiny, doba odepisování 6 let. Roční odpisová sazba v prvním roce činí 8,5%, v dalších letech 18,3%. [17]

Pořizovací cena celkem: 5 400 000 Kč

*Výpočet odpisů:*

$$RO = PC \times \frac{S}{100} \quad (4.42)$$

*kde:*

*PC* – pořizovací cena

*S* – odpisová sazba

*Výpočet stupně opotřebení:*

$$\text{Stupeň opotřebení} = \frac{T_P}{T_Z} \quad (4.43)$$

*kde:*

*TP* – doba používání

*TŽ* – doba životnosti

Tab. 24: Odpisový plán technologické části

Rok	Odpis (Kč)	Zůstatková cena (Kč)	Stupeň opotřebení (%)
1	459 000	4 941 000	16,67
2	988 200	3 952 800	33,33
3	988 200	2 964 600	50,00
4	988 200	1 976 400	66,67
5	988 200	988 200	83,33
6	988 200	0	100

#### 4.4.5 Bilance nákladů, výnosů a zisků

První rok po realizaci projektu budou linky využity na 50 % jejich kapacity a druhý rok na 75 % jejich kapacity.

##### Náklady:

Cena elektrické energie je stanovena individuálním tarifem na 2,4 Kč.kWh<sup>-1</sup>. Instalovaný příkon linek je 340,4 kW. Celkové náklady na elektrickou energii tedy činí při dvojsměnném provozu (17 hod.den<sup>-1</sup>) a plném využití linky 2 458 200 Kč.

Náklady na údržbu jsou stanoveny výrobcem linky 200 Kč.t<sup>-1</sup> vyrobeného alternativního paliva. Při předpokládané produkci tuhého alternativního paliva 25 000 t.rok<sup>-1</sup> činí tyto náklady přibližnou částku 5 000 000 Kč.

Náklady na mzdu uvádím v tabulce č. 26.

Tab. 25: Celkový příkon linek na výrobu TAP

Strojní zařízení	Příkon (kW)
2 x vstupní dopravník	11
2 x drtič DUC 16 + přítlak	94
5 x výstupní dopravník DU	11
2 x magnetický separátor	4,4
2 x nožový mlýn	220
<b>Celkem</b>	<b>340,4</b>

Tab. 26: Mzdové náklady

Zaměstnanci	Počet	Hrubá měsíční mzda (Kč)	Celk. osob. náklady (Kč.měs <sup>-1</sup> )
Obsluha příjmového dopravníku	3	18 000	24 300
Provozní údržbář	2	22 000	29 700
<b>Celkem</b>	<b>5</b>	<b>98 000</b>	<b>132 300</b>

Z přivezeného odpadu, který se může použít na výrobu tuhého alternativního paliva, je ještě nutné odseparovat nevhodné části odpadu. Tato odseparovaná složka činí přibližně 25 % a musí se ještě umístit za státní poplatek na skládku.

Při předpokládané kapacitě zpracování 25 000 t ročně činí odseparovaná složka 6 250 t. Státní poplatek za uložení na skládku je 300 Kč.t<sup>-1</sup> a rekultivační rezerva je 35 Kč.t<sup>-1</sup>. Celková výše poplatků státu za ukládání odpadu na skládku tedy činí 2 093 750 Kč.

*Tab. 27: Přehled ročních nákladů*

<b>Druh nákladů</b>	<b>Velikost nákladů (Kč.rok<sup>-1</sup>)</b>
Elektrická energie	2 458 200,-
Náklady na údržbu a náhradní díly	5 000 000,-
Náklady na zaměstnance	1 587 600,-
Náklady za uložení odpadu na skládku	2 093 750,-
<b>Celkem</b>	<b>11 139 550,-</b>

### **Výnosy:**

Průměrná cena, jakou musí původci platit, je cca 550 Kč.t<sup>-1</sup>. Ceny se liší podle dodávaného druhu materiálu. Předpokládaná produkce linky je 25 000 t za rok.

Vzhledem k tomu, že 25 % dovezeného materiálu se ještě vytřídí, musí se odebrat od dodavatelů cca 31 250 t odpadu za rok. Zisky podniku Regios a.s. by tedy činily z odebíraného odpadu cca 17 187 500 Kč za rok.

Prodejní cena TAP je závislá hlavně na výhřevnosti a na obsahu chloru. Aby se cementárnám vyplatilo TAP nakupovat, musí být jeho cena nižší než cena černého uhlí. Cena TAP je stanovena na 1 000 Kč.t<sup>-1</sup>. Tržby z prodeje TAP budou po zvýšení kapacity tedy cca 25 000 000 ročně.

### **Celková bilance nákladů a výnosů:**

Při výpočtu celkové bilance nákladů předpokládám, že dojde ke zvýšení inflace každý rok o cca 5%.

*Tab.28: Celková bilance nákladů a výnosů (v tis. Kč)*

<b>Rok</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Výnosy celkem</b>	21 093,75	31 640,63	42 187,50	42 187,50	42 187,50	42 187,50
<b>Náklady za uložení odpadu</b>	1 046,90	1 570,31	2 093,75	2 093,75	2 093,75	2 093,75
<b>Elektrická energie</b>	2 458,20	2 581,11	2 710,20	2 845,67	2 988,00	3 137,36
<b>Mzdy</b>	1 587,60	1 667,00	1 750,33	1 837,85	1 929,74	2 026,23
<b>Opravy a údržba</b>	5 000,00	5 000,00	5 000,00	5 000,00	5 000,00	5 000,00
<b>Splátka úvěru</b>	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	0,00
<b>Úroky z bank. úvěru</b>	750,00	600,00	450,00	300,00	150,00	0,00
<b>Odpisy technologie</b>	459,00	988,20	988,20	988,20	988,20	988,20
<b>Náklady celkem</b>	12 301,70	13 406,62	13 992,48	14 063,47	14 149,69	13 245,54
<b>Zisk před zdaněním</b>	8 792,05	18 234,01	28 195,02	28 124,03	28 037,81	28 941,96
<b>Daň</b>	2 198,00	4 558,50	7 048,76	7 031,01	7 009,45	7 235,50
<b>Zisk po zdanění</b>	6 594,04	13 675,51	21 146,27	21 093,02	21 028,36	21 706,47
<b>Cash-flow</b>	7 053,05	14 663,71	22 134,46	22 081,22	22 016,56	22 694,66

#### 4.4.6 Další ekonomická hlediska

##### Doba návratnosti investice:

Doba návratnosti investice je doba, za kterou se investice splatí z peněžních příjmů, které investice zajistí. Určí se jako období, za které se kumulovaný cash-flow vyrovná počátečnímu kapitálovému výdaji na investici. Vypočte se nalezením nejbližší nižší hodnoty k hodnotě celkové investice a zbývající částka se dopočte na měsíce.

Tab. 29: Kumulované cash-flow (v tis. Kč)

Rok	Cash-flow	Kumulované CF
1	7 053,05	7 053,05
2	14 663,71	21 716,76
3	22 134,46	43 851,22
4	22 081,22	65 932,44
5	22 016,56	87 949,16
6	22 694,66	110 643,66

**Doba návratnosti investice je tedy 1 rok.**

##### Rentabilita tržeb:

$$RT = \frac{\text{zisk}}{\text{tržby}} \cdot 100 \quad (4.44)$$

Tab. 30: Rentabilita tržeb (v tis. Kč)

Rok	Tržby	Čistý zisk	Rentabilita
1	21 093,75	6 594,04	31,26
2	31 640,63	13 675,51	43,22
3	42 187,50	21 146,27	50,12
4	42 187,50	21 093,02	50,00
5	42 187,50	21 028,36	49,85
6	42 187,50	21 706,47	51,45

### Čistá současná hodnota ČSH:

Čistá současná hodnota je rozdíl mezi diskontovanými peněžními příjmy (výnosy) z investice a kapitálovým výdajem. Za peněžní příjem se zpravidla volí cash-flow nebo čistý zisk. Efektivní je ta varianta, která má kladnou ČSH.

$$ČSH = \sum \frac{ČV}{(1+i)^n} - IN \quad (4.45)$$

*ČV* čistý výnos

*i* požadovaná úroková míra

*IN* investiční náklady

Tab. 31: Čistá současná hodnota s požadovanou úrokovou sazbou 20 % (v tis. Kč)

Rok	Čistý výnos	ČSH
0	-7 000,00	-7 000,00
1	6 594,04	5 504,97
2	13 675,51	9 496,88
3	21 146,27	12 237,42
4	21 093,02	10 172,17
5	21 028,36	8 450,83
6	21 706,47	7 269,45
<b>Celkem</b>		<b>46 131,72</b>

Tab. 32: Čistá současná hodnota s požadovanou úrokovou sazbou 60 % (v tis. Kč)

Rok	Čistý výnos	ČSH
0	-7 000,00	-7 000,00
1	6 594,04	4 121,28
2	13 675,51	5 342,00
3	21 146,27	5 162,66
4	21 093,02	3 218,54
5	21 028,36	2 005,42
6	21 706,47	1 293,81
<b>Celkem</b>		<b>14 143,71</b>

Je-li ČSH > 0, pak je investice výhodná. Je-li ČSH < 0, je investice nevýhodná. Z předchozích výpočtů tedy vyplývá, že investice je výhodná při požadovaných úrokových sazbách 20 % i 60 % .

Z výše uvedených výpočtů je patrné, že investice je velmi výhodná vzhledem k rychlosti návratnosti. Na základě těchto informací je tato investice doporučena k realizaci.



## 5. Diskuse a závěry

Úvodní část diplomové práce je zaměřena na objasnění legislativních pojmů ze zákona 106/2005 Sb. Druhá část obsahuje popis způsobu termického odstraňování odpadů - spalování. Jsou zde uvedeny charakteristiky některých skupin tuhých spalitelných odpadů. Poslední část úvodní kapitoly je věnována výrobě a využití tuhých alternativních paliv při výrobě cementu.

V následující části jsou popsány výchozí podmínky v podniku Regios, a.s. Úholičky. Jsou zde popsána jednotlivá zařízení používaná ve stávajících linkách a postup výroby tuhého alternativního paliva.

Součástí vlastního řešení zvýšení výrobní kapacity stávající linky je návrh na výměnu drtičů MICROMAT MS 2000 za nožový mlýn G 600 / 1200. Touto změnou se výkonnost linek z  $3,4 \text{ t.hod}^{-1}$  zvýší na  $6 \text{ t.h}^{-1}$ . Do výběrového řízení se s nabídkou přihlásily tři firmy: Unikasset s.r.o, Terier s.r.o. a Pavel Jelinek – stroje s.r.o.. Dodavatelem strojního zařízení se stala firma Terier s.r.o., která splnila všechny požadavky podstatně lépe než její konkurenti.

Vlastním měřením byly zjištěny hlavní parametry paliva vyráběného na stávající lince a následně z těchto hodnot spočtená stechiometrie pro daný vzorek TAP.

Teoretický rozbor je zaměřen na popis nožového mlýna G 600 / 1200. Ve výpočtech se diplomová práce zaměřuje na to, zda dopravníky v lince budou schopny zvládat dopravování materiálu při zvýšené kapacitě linky. Pro výpočet byl zvolen nejzatíženější dopravník a ten požadavkům vyhověl.

V ekonomickém zhodnocení projektu diplomové práce jsou vyčísleny investiční náklady na inovaci linky, které činí 7 000 000 Kč. Investice je hrazena z vlastních zdrojů - 2 mil. Kč - a z bankovního úvěru - 5 mil. Kč - u ČSOB s roční úrokovou mírou 15 % a dobou splatnosti 5 let. Součástí ekonomického hodnocení je také odpisový plán, výpočet celkových nákladů, výpočet celkových výnosů a analýza cash-flow. Doba návratnosti investice je jeden rok. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem lze projekt doporučit k realizaci.

## Použitá literatura

- [1] Úplné znění zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a změně některých dalších zákonů (Zákon o odpadech). Sbírka zákonů č. 106/2005.
- [2] Vyhláška č. 381/2001 Ministerstva životního prostředí (Katalog odpadů). Sbírka zákonů č. 381/2001.
- [3] KOTOULOVÁ, Z. Základní charakteristiky komunálního odpadu v ČR. In *Odpady a Obce - Hospodaření s komunálními odpady*. Praha: EKO-KOM a.s., 2003. s.87-90.
- [4] FILIP, J. – ORAL, J. *Odpadové hospodářství II*. 1. vydání. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 78 s. ISBN 80-7157-682-4.
- [5] OBROUČKA, K. *Termické odstraňování a energetické využívání odpadů*. 1.vydání. Ostrava: VŠB TU Ostrava, 2001. 143 s. ISBN 80-248-0009-8.
- [6] MAŽÁROVÁ, T. Výroba alternativního paliva na bázi odpadov v ASO s.r.o. a jeho využitie v cementárenskej rotačnej peci. In *Využití odpadu jako paliva*. Pardubice: Ekomonitor, 1998. s. 33-35.
- [7] GEMRICH, J. *Historie a budoucnost alternativních paliv a materiálů*. Praha: VÚ maltovin Praha, 23 s.
- [8] JEVIČ, P.; MALAŤÁK, J.; ŠEDIVÁ, Z. *Tuhé alternativní palivo z pohledu rozdílu mezi jeho biologicky rozložitelnými a biogennými složkami*. Praha: VÚZT, ČZU, 6 s.

- [9] CEN/TS 15357:2006 Tuhá regenerovaná paliva – Terminologie, definice a popis
- [10] *Porovnání alternativních paliv.*  
Dostupné z:  
[http://odpadyservis.ihned.cz/3-12531950-porovn%E1n%ED+alternativn%EDch+paliv-E00000\\_d-ba](http://odpadyservis.ihned.cz/3-12531950-porovn%E1n%ED+alternativn%EDch+paliv-E00000_d-ba)
- [11] Materiály firmy Regios, a.s., Úholičky
- [12] Materiály a katalogy firmy UNIKASSET, s.r.o.
- [13] Materiály a katalogy firmy TERIER, s.r.o.
- [14] Materiály a katalogy firmy PAVEL JELINEK – STROJE, s.r.o.
- [15] KŘENEK, V. *Energetické využití a zneškodňování odpadů.* 42 s.
- [16] ĎURKOVIČ, O. *Dopravní a manipulační stroje.* VŠZ Praha, 1995. 235 s.
- [17] BERVIDOVÁ, L., VANČUROVÁ, P. *Cvičení z ekonomiky podniků I.* ČZU Praha, 2004. 118 s. ISBN 80-213-1192-4

## Summary

This diploma thesis deals with processing of solid recovered fuels. Technological line is situated in REGIOS a.s. Úholičky. The process innovation is focused for increase production of solid recovered fuels. Capacity of new line is 25 000 tons per year.

Theoretic analysis deal with function description of new grinder.

The measurement was focus on combustion of solid recovered fuels.

Next chapter is an economic view point for this project. Capital costs necessary for new line are 7 000 000 Kč. Capital cost repayment period is one year.

In the light of the technology and economical indicators is possible recommend this project for building-up.

**Keywords:** solid recovered fuels, waste, waste combustion.

## Příloha



*Obr. 16: Výrobní linky na TAP ve firmě Regios a.s.*



*Obr. 17: Výrobní linky na TAP ve firmě Regios a.s.*





*Obr. 18: Vstup materiálu do drtiče MICROMAT MS 2000*



*Obr. 19: Výstupní surovina – TAP*