

Česká zemědělská univerzita v Praze  
Technická fakulta

**Návrh inovace technologické linky na zpracování  
odpadního papíru a lepenky ve vybraném  
podniku**

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Petr Vaculík, Ph.D.

Autor práce: Bc. Pavel Bilík

Praha 2013

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra technologických zařízení staveb

Technická fakulta

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bilik Pavel

Technika a technologie zpracování odpadů

Název práce

**Návrh inovace technologické linky na zpracování odpadního papíru a lepenky ve vybraném podniku**

Anglický název

**The proposal of innovation of the technologically line for waste paper and paperboard processing in the selected company**

### Cíle práce

Seznámit se s problematikou zpracování odpadního papíru a lepenky. Navrhnout inovaci technologické linky na zpracování odpadního papíru a lepenky s technicko-ekonomickým posouzením.

### Metodika

1. Přehled poznatků z literatury, tj. charakteristika problematiky zpracování odpadního papíru a lepenky
2. Řešení inovačního stupně a změny dosavadního stavu výběrem technologického systému
3. Výběr sledovaných parametrů navrhovaného zařízení
4. Ekonomické posouzení návrhu

### Osnova práce

1. Úvod
2. Cíl práce a metodika
3. Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování odpadního papíru a lepenky
4. Charakteristika výchozích podmínek vybraného podniku
5. Návrh řešení a dosažené výsledky
6. Závěr a diskuze
7. Seznam literatury
8. Přílohy

## Rozsah textové části

45 až 55 stran

## Klíčová slova

Odpadové hospodářství, odpadní papír, odpadní papírová lepenka, recyklace odpadů, drcení, třídění

## Doporučené zdroje informací

ALTMANN, V. – VACULÍK, P. – MIMRA, M.: Technika pro zpracování komunálního odpadu. Praha, Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010. 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2

HRÁZSKÝ, J. – KRÁL, P.: Výroba vláknin a papíru. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno: 1999, 216 s., ISBN 80-7157-355-8

KURAŠ, M. – DINER, V. – SLIVKA V. – BŘEZINA M.: Odpadové hospodářství. Ekomonitor, Chrudim 2008, 143 s. ISBN 978-80-86832-34-0

FOTR, J. – SOUČEK, I.: Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů. Praha, Grada, 2011, 408 s., ISBN 978-80-247-3293-0

MÜLLER, M.: Zpracovny nekovového odpadu. Česká zemědělská univerzita, Praha 2008, 154 s., ISBN 978-80-213-1840-3

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů

Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, ve znění pozdějších předpisů

Příslušné zákony, nařízení vlády, vyhlášky, ČSN, oborové předpisy a odborné časopisy

## Vedoucí práce

Vaculík Petr, Ing., Ph.D.

## Termín zadání

listopad 2011

## Termín odevzdání

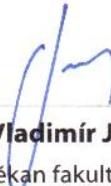
duben 2013

  
**doc. Ing. Miroslav Příkrýl, CSc.**

Vedoucí katedry

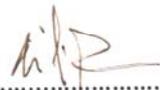


V Praze dne 6.2.2012

  
**prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.**

Děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Petra Vaculíka, Ph.D., za použití uvedené literatury, poznatků z měření v daném podniku a po odborných konzultacích s Ing. Václavem Bassettem z firmy Ciur, a. s.



.....

Pavel Bilik

Rád bych na tomto místě poděkoval zejména vedoucímu práce Ing. Petru Vaculíkovi, Ph.D., a Václavu Bassetovi z firmy Ciur a.s., dále Pavlu Martínkovi z firmy Bluetech, s.r.o., a Pavlu Murčovi z firmy LUBO Screening and Recycling Systems BV.

**Abstrakt:** Tato diplomová práce se zabývá inovací technologické linky na třídění odpadního papíru. V úvodní a teoretické části je shrnut vývoj papírenského průmyslu a jsou popsány druhy a způsoby zpracování odpadového papíru.

Technologická linka na třídění odpadového papíru je primárně určena pro zajištění vstupní suroviny pro výrobní linku stejné společnosti. Návrh spočívá v ponechání stávajícího uspořádání a ve výměně lisu za výkonnější typ. Volba lisu je provedena ve výběrovém řízení a je posouzena z hlediska ekonomických důsledků. Inovace je prováděna s cílem zajistit zvýšení výkonnosti a současně výnosů třídící linky.

**Klíčová slova:** odpadové hospodářství, odpadní papír, odpadní papírová lepenka, recyklace odpadů, drcení, třídění

### **A selected company's technological waste paper and cardboard processing line innovation draft**

**Summary:** This diploma thesis concerns about an innovation of a technologic line for waste paper processing. The development of the paper industry and the types and waste paper processing methods are described in the introductory and theoretical sections.

The processing line's primal purpose is to provide feedstock for the company's production line. The improvement suggestion consists in innovating the baling press for one with a higher production rate while retaining the current line lay-out. The press choice is made in the selection procedure and is assessed in terms of economic consequences. Innovation is carried out to ensure an increase in the processing line production rate and therefore income.

**Keywords:** waste management, waste paper, waste paperboard, recycling, grinding, separation

# Obsah

1	Úvod.....	1
1.1	Základní pojmy.....	1
1.2	Tissue papír jako ukazatel.....	2
1.3	Současný stav a vývoj papírenského průmyslu.....	3
2	Cíl práce a metodika.....	6
2.1	Cíl práce.....	6
2.2	Metodika.....	6
3	Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování odpadního papíru a lepenky.....	7
3.1	Členění papírových odpadů.....	7
3.1.1	Členění papírových odpadů dle katalogu odpadů.....	7
3.1.2	Kvalitativní členění papírového odpadu.....	8
3.1.2.1	Označování sběrového papíru.....	9
3.1.3	Členění papírenských výrobků dle plošné hmotnosti.....	9
3.1.4	Členění odpadního papíru dle účelu pro výrobu papíru.....	10
3.1.5	Členění sběrového papíru dle vhodnosti pro recyklaci.....	11
3.2	Způsoby odstranění a využití papírového odpadu.....	12
3.2.1	Skládkování.....	13
3.2.2	Spalování.....	13
3.2.3	Pyrolýza.....	13
3.2.4	Kompostování.....	13
3.2.5	RDF.....	14
3.2.6	Papírové brikety.....	14
3.2.7	Materiálové využití ve výrobě papíru.....	14
3.2.7.1	Další způsoby zpracování na vodolátku.....	18

3.2.8	Průmyslová celulózová vlákna .....	19
3.3	Technologické prvky používané v třídírnách odpadového papíru a lepenky .....	19
3.3.1	Dopravníky .....	20
3.3.2	Příjmový stůl .....	20
3.3.3	Magnetický separátor .....	21
3.3.4	Hvězdicové síto .....	22
3.3.5	PaperSpike .....	23
3.3.6	Třídící kabina .....	23
3.3.7	Drtič .....	24
3.3.8	Lis .....	24
4	Charakteristika výchozích podmínek ve vybraném podniku .....	26
4.1	Historie a současný stav firmy Ciur a.s. ....	26
4.2	Popis výrobní technologie navazující na třídící linku .....	27
4.3	Popis technologické třídící linky .....	27
4.3.1	Druhy surovin .....	27
4.3.2	Popis toku materiálu linkou .....	29
4.3.3	Výkonnostní parametry linky .....	31
5	Návrh řešení a dosažené výsledky .....	33
5.1	Teoretický rozbor vybrané části linky .....	33
5.1.1	Výpočet dopravníku D09 .....	34
5.2	Vlastní měření .....	37
5.2.1	Naměřené hodnoty .....	37
5.2.2	Matematicko-statistické zhodnocení měření .....	38
5.2.3	Shrnutí měření .....	39
5.3	Inovace linky .....	40
5.3.1	Výběrové řízení .....	41

5.3.1.1	Vyhodnocení výběrového řízení.....	42
5.4	Ekonomické posouzení návrhu .....	43
5.4.1	Vstupní údaje .....	43
5.4.2	Stanovení celkových investičních nákladů .....	45
5.4.3	Posouzení ekonomické efektivnosti investice.....	47
5.4.4	Shrnutí ekonomického posouzení .....	49
6	Závěr a diskuze .....	50
	Seznam literatury.....	51
	Seznam obrázků.....	56
	Seznam tabulek .....	57
	Seznam použitých symbolů .....	58
	PŘÍLOHOVÁ ČÁST.....	1
	Příloha 1 – Třídící linka, pohled shora .....	2

# 1 Úvod

Historie lidstva, a zejména lidské vzdělanosti, je úzce spjata s papírem. Papír byl a je prostředkem pro šíření myšlenek a informací. V poslední době se hovoří o nástupu digitálních médií na úkor těch tradičních, ale jen těžko se dá předpokládat, že se v blízké budoucnosti informace napsaná na papíře stane přežitkem nebo vzácností.

Nezanedbatelný není ani význam papíru jako balícího materiálu, především ve formě lepenky. Pro svůj výhodný poměr pevnosti a hmotnosti je lepenka velmi oblíbeným obalovým materiálem.

V roce 2011 tvořily papírové obalové materiály cca 50 % evropské produkce papíru a lepenky. (Kilby, 2012)

Spolu s nástupem strojní výroby se začalo uvažovat i o využití použitého papíru při výrobě nového. Podobně, jako tomu je např. u skleněných střepek nebo u kovového odpadu, sběrový papír, používaný jako surovina pro výrobu nového papíru a lepenky, snižuje nákladnost výroby. Podíl sběrového papíru a dřeva jako surovin pro výrobu papíru je v ČR 44 % sběrového papíru ku 56 % dřeva, celoevropský průměr těchto surovin je asi 1:1.

Dle CEPI (Confederation of European Paper Industries) dosáhly v roce 2011 v některých zemích Evropy odpadní papíry a lepenky míry recyklace 78 %. Staly se tak nejvíce recyklovaným materiálem. (Tymich, 2011)

Z výše uvedeného lze usoudit, že recyklace papíru je aktuálním tématem, nejen z důvodu úspory nákladů při výrobě, ale i z hlediska stále se zvyšujícího tlaku na ochranu životního prostředí.

## 1.1 Základní pojmy

Pro jednodušší orientaci jsou vysvětleny používané termíny:

**Papír a lepenka** – materiály složené především z celulózových vláken zbytkového ligninu a inertních aditiv (jíly, kaolin, uhličitán vápenatý, škrob). Vstupními surovinami jsou dřevo a sběrový papír.

**Odpadový papír** – papír a lepenka, která se stala odpadem (ve smyslu zákona 185/2001 Sb., O odpadech).

**Sběrový papír** – odpadový papír, který se materiálově využívá (recykluje).

**Tissue papír** – tenký papír vyrobený z krátkovláknité buničiny, zesvětleného sběrového papíru nebo z bělené buničiny. Vyznačuje se měkkým povrchem a charakteristickým omakem. Používá se na výrobu toaletního papíru, papírových kapesníků, papírových ubrousků, kosmetických utěrek apod.

**Grafický papír** – papír pro výrobu novin, časopisů nebo letáků, obalové papíry a lepenky (papíry pro vlnitou lepenku, balicí papíry, pytlový papír).

**Buničina** – surovina pro výrobu papíru získaná z dřeva.

**CEPI** – Confederation of European Paper Industries, mezinárodní nezisková organizace sdružující podniky papírenského odvětví. Patří do ní 18 evropských národních papírenských organizací, včetně české Asociace českého papírenského průmyslu.

## 1.2 Tissue papír jako ukazatel

Spotřeba tissue papíru na obyvatele za rok je zajímavým ukazatelem popisujícím životní úroveň spotřebitelů a sociální a zdravotní vyspělost státu. V Tab. 1 je uvedeno 20 států s největší spotřebou tissue papíru na obyvatele.

**Tab. 1: Roční spotřeba tissue papíru na jednoho obyvatele dle státu**

Pořadí	Země	Spotřeba [kg.rok <sup>-1</sup> .obyv <sup>-1</sup> ]	Pořadí	Země	Spotřeba [kg.rok <sup>-1</sup> .obyv <sup>-1</sup> ]
1.	USA	23,9	11.	Itálie	13,9
2.	Kanada	22,2	12.	Maďarsko	10,1
3.	Švédsko	20,2	13.	Česko	8,7
4.	Norsko	19,3	14.	Slovensko	7,7
5.	Finsko	18,2	15.	Polsko	7,1
6.	Švýcarsko	17,8	16.	Bulharsko	5,3
7.	Velká Británie	17	17.	Rumunsko	4,1
8.	Německo	16,3	18.	Ukrajina	2,2
9.	Rakousko	15,2	19.	Rusko	2,1
10.	Slovinsko	14,8	20.	Albánie	1,9

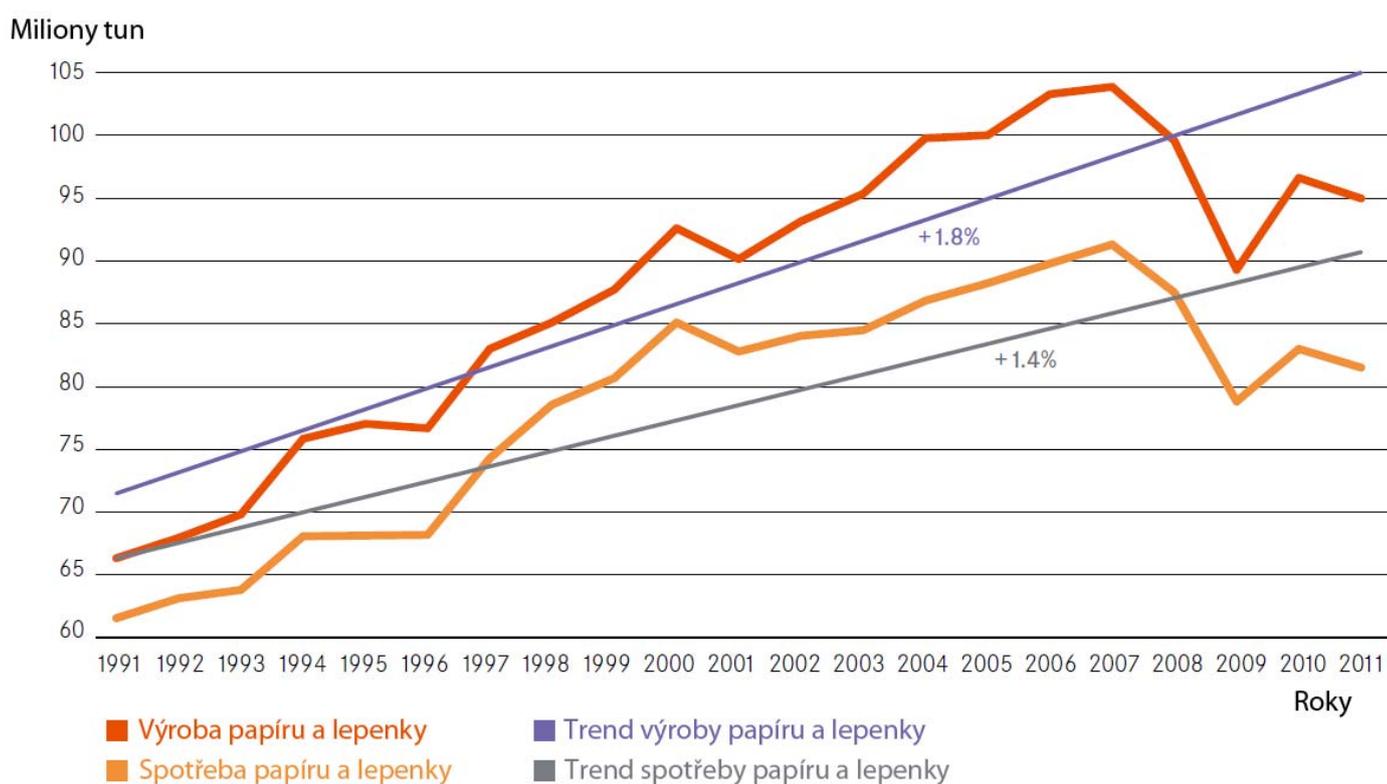
**Zdroj:** Bilik, P., 2013 *podle* Tissue papír a jeho spotřeba ve vybraných zemích. *Papír a celulóza*. 2011, č. 01, s. 1. ISSN 0031-1421.

Valná většina tissue papíru spotřebovaného v České republice je z dovozu, a to především ze Slovenska, kde byly ještě v době socialistického Československa vybudovány významné výrobní kapacity v Harmanci a Žilině. (Tissue papír a jeho spotřeba ve vybraných zemích, 2011)

### 1.3 Současný stav a vývoj papírenského průmyslu

Papírenský průmysl víceméně stabilně rostl až do roku 2008, kdy globální finanční krize způsobila značný pokles poptávky po grafických a balicích papírech. Zajímavé je, že zájem o tissue papíry byl krizí ovlivněn jen nepatrně. Na Obr. 1 je vidět vývoj výroby a spotřeby papíru a lepenky v zemích CEPI.

**Obr. 1: Vývoj množství výroby a spotřeby papíru a lepenky v rámci CEPI v miliónech tun v letech 1991 až 2011 s vyznačenými trendy vývoje**



Zdroj: Bilik, P., 2013 podle KILBY, Eric a Ariane CRÈVECOEUR. CEPI. *Key Statistics 2011*. 2012. Dostupné z: [www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key Statistics 2011 FINAL.pdf](http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key Statistics 2011 FINAL.pdf)

V roce 2008 se poprvé v historii stala světovou jedničkou v produkci papíru a lepenky Čína, když předběhla USA. Zatímco výroba papíru a lepenky v USA dosáhla svého maxima v roce 1999, v Číně vzrostl ukazatel výroby v letech 1999 až 2009 o 180 %. (Timych, 2011)

Globální zotavování papírenského odvětví začalo ve druhé polovině roku 2009, další náznaky zpomalení se však začaly objevovat znovu v druhém pololetí 2011. Velké podniky se zaměřily na restrukturalizaci a investice do inovací výroby ve snaze zachovat si konkurenceschopnost. V Evropě se na počátku roku 2010 výroba papíru a lepenky pohybovala na úrovni produkce z let 2001 a 2002, zatímco v USA to bylo dokonce na úrovni počátku 90. let 20. století.

V Evropě i v roce 2012 panovaly zhoršené tržní podmínky a klesala produkce i ceny u většiny papírenských komodit – zejména u papíru a lepenky. Výjimkou byla pouze buničina a recyklovaný papír, zejména díky vysoké poptávce na asijských trzích.

Pokles spotřeby papíru a lepenky v Evropě i ve světě je připisován stále rostoucí konkurenci digitálních médií a rozmachu elektronických knih.

(Vývoj papírenského průmyslu ve světě, 2011)

Zajímavý vývoj zaznamenaly i sběrné systémy odpadního papíru. V sebraném množství převažují průmyslové a komerční zdroje nad sběrem z komunálních systémů. Papír z průmyslových a komerčních zdrojů vykazuje zpravidla vyšší kvalitu, s čímž souvisí i menší náklady na jeho úpravu. Poptávka po takovém papíru je poměrně stálá. U komunálního papíru je kvalita nižší a i proces úpravy je technicky náročnější a nákladnější.

Mezi další způsoby sběru patří výkup papíru prostřednictvím soukromých výkupen surovin nebo jednorázové sběry zájmových sdružení (hasiči, sběr ve školách apod.). Tyto způsoby jsou nejnestabilnějším prvkem celého sběrného systému a fungují pouze v době zvýšené poptávky po druhotných surovinách. V krizovém období 2008/2009 byl výkup sběrového papíru omezen nebo úplně zastaven, což znamenalo přesun dříve vykupovaných odpadů do veřejných obecních sběrových systémů. Náklady s tím spojené nesly obce.

(Timych, 2011)

Přepřerování a úprava sběrového papíru je realizována buď přímo u zdroje (papírny), nebo na dotřídňovacích linkách. Dotřídňovací linky jsou většinou provozovány jako

kombinovaná zařízení na dotřídění a další úpravu plastových a papírových odpadů. V ČR je v současné době provozováno 112 takových zařízení, přičemž ve 13 % případů se jedná o dotřídovací linky zaměřené pouze na papír. Ostatní zařízení jsou víceúčelová, slouží k třídění papíru a plastů, případně i nápojových kartonů. (Timych, 2011)

## **2 Cíl práce a metodika**

### **2.1 Cíl práce**

Cílem práce je popsat problematiku zpracování odpadového papíru a lepenky a navrhnout inovaci technologické linky na zpracování odpadového papíru a lepenky, včetně technicko-ekonomického posouzení.

### **2.2 Metodika**

Při řešení této diplomové práce byla zvolena následující metodika:

1. Charakteristika dané oblasti odpadového hospodářství, tj. studium dokumentů, a to jak tištěných tak elektronických,
2. rozdělení a popis vybraných druhů papírových odpadů,
3. popis jednotlivých postupů zpracování vybraných druhů papírových odpadů,
4. základní charakteristika vybraného podniku a technologické linky na zpracování papírových odpadů,
5. vlastní měření vybraných charakteristik inovované technologické linky,
6. vyhodnocení měření,
7. návrh inovace technologické linky na zpracování papírových odpadů,
8. ekonomické posouzení návrhu inovace,
9. shrnutí a celkové zhodnocení návrhu inovace
10. závěr.

### 3 Charakteristika jednotlivých technologií a technologických zařízení používaných při zpracování odpadního papíru a lepenky

Tato kapitola se zabývá způsoby členění papírových odpadů, možnostmi jejich využití nebo odstranění, a popisuje technologická zařízení používaná v třídírnách odpadového papíru.

#### 3.1 Členění papírových odpadů

##### 3.1.1 Členění papírových odpadů dle katalogu odpadů

V katalogu odpadů (vyhláška MŽP 381/2001 Sb.) se papír vyskytuje v následujících podskupinách:

- 03 03 08 Odpady ze třídění papíru a lepenky určené k recyklaci (odpad z výroby)
- 15 01 01 Papírové a lepenkové obaly
- 19 12 01 Papír a lepenka (odpad z úpravy odpadů)
- 20 01 01 Papír a lepenka (složka z odděleného sběru)

V Tab. 2 je uvedena produkce zmíněných papírových odpadů v ČR. Data od roku 2009 obsahují také dopočtená data (např. produkci odpadů od neohlašujících subjektů).

**Tab. 2: Produkce vybraných druhů papírových odpadů na území ČR v tunách**

Kód odpadu	2007	2008	2009	2010	2011
<b>03 03 08</b>	63 599	53 855	56 453	58 548	53 109
<b>15 01 01</b>	426 872	488 834	477 074	545 911	566 067
<b>19 12 01</b>	68 242	43 632	81 969	87 386	123 270
<b>20 01 01</b>	259 046	310 248	254 566	240 421	266 945
<b>Celkem</b>	<b>817 759</b>	<b>896 569</b>	<b>870 062</b>	<b>932 266</b>	<b>1 009 391</b>

**Zdroj:** Informační systém odpadového hospodářství. MŽP ČR. *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2012 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://isoh.cenia.cz/groupisoh/>

### 3.1.2 Kvalitativní členění papírového odpadu

Kvalita sběrového a odpadního papíru se určuje na základě normy ČSN EN 643 – Papír a lepenka – Evropský seznam normalizovaných druhů sběrového papíru a lepenky. Norma popisuje jak materiály, se kterými se na evropských trzích běžně obchoduje, tak i materiály, které by se ve sběrovém papíru neměly objevit (nebo jen v malém dohodnutém množství).

Dle ČSN EN 643 se sběrový papír řadí do skupin a každá skupina do druhů a poddruhů. Zde je uveden přehled:

- Skupina 1: běžné druhy
  - např. smíšené papíry a lepenky netříděné, smíšené papíry a lepenky tříděné, šedá lepenka, vlnitý papír a lepenka z obchodních domů, neprodané časopisy, tříděný grafický papír pro zesvětlování
- Skupina 2: středně kvalitní druhy
  - např. noviny, potištěné bílé odřezky, tříděný kancelářský papír, barevné dokumenty, přímopropisovací papír, lepenky potažené polyethylenem, dřevité výtisky z počítače
- Skupina 3: vysoce kvalitní druhy
  - např. směs odřezků bezdřevých tiskových papírů, bezdřevé knihařské odřezky, roztrhané bílé odřezky, bílá bezdřevá korespondence, bílé obchodní formuláře, bělená sulfátová lepenka, bílý novinový papír, bílý dřevitý papír
- Skupina 4: druhy obsahující sulfátový papír
  - např. odřezky vlnité lepenky, sulfátové pytle
- Skupina 5: speciální druhy
  - např. směsný sběrový papír a lepenka, obaly ze sulfátového papíru, mokré etikety, bílé bezdřevé papíry pevné za mokra

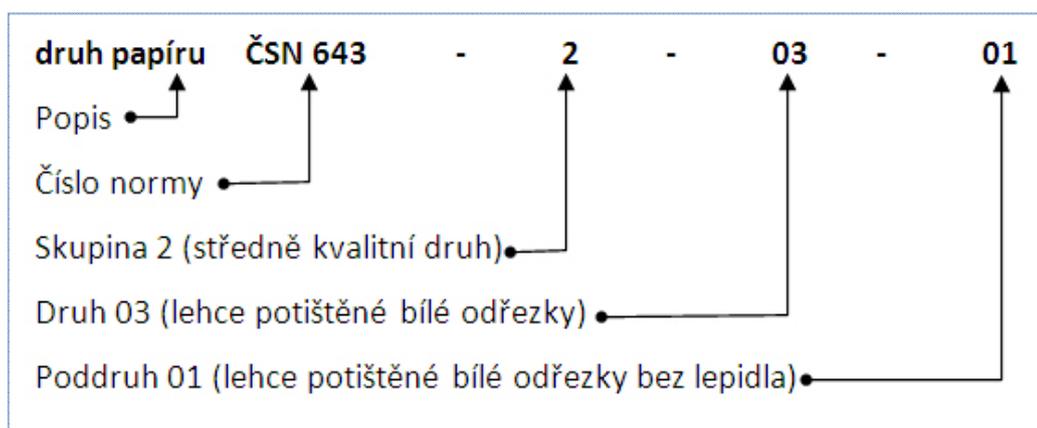
Až na minimální odlišnosti najdeme identické rozdělení také v tzv. Evropském seznamu tříd sběrového papíru a lepenky, který vytvořily The Confederation of European Paper Industries (CEPI) a The Bureau of International Recycling (BIR), s tím rozdílem, že druhy a poddruhy z normy ČSN EN 643 se zde nazývají třídami.

Termíny vztahující se k druhům papíru a lepenky a zpracovaných výrobků definuje norma ČSN ISO 4046-4.

### 3.1.2.1 Označování sběrového papíru

Označování sběrového papíru se provádí dle normy ČSN EN 643 číselným kódem, příklad značení je uveden na Obr. 2.

**Obr. 2: Příklad označování sběrového papíru dle normy ČSN EN 643**



**Zdroj: ČSN EN 643. Papír a lepenka - Evropský seznam normalizovaných druhů sběrového papíru a lepenky. Praha: Český normalizační institut, 2002.**

Pokud poddruh neexistuje, připojí se „00“.

### 3.1.3 Členění papírenských výrobků dle plošné hmotnosti

Papírenské výrobky se podle plošné hmotnosti dělí následovně:

dřívě: papír	<	150 g.m <sup>-2</sup>
karton	<	150–250 g.m <sup>-2</sup>
lepenka	>	250 g.m <sup>-2</sup>

Protože v angličtině neexistuje pro karton zvláštní výraz, byla snaha sjednotit názvosloví, a proto se výrobky dělí v současné době spíše takto:

nyní: papír	<	225 g.m <sup>-2</sup>
lepenka	>	225 g.m <sup>-2</sup>

(Smejtková, 2004)

Dnes je však možné se v literatuře setkat s oběma způsoby dělení.

Pro představu lze uvést, že běžný kancelářský papír má cca  $70 \text{ g.m}^{-2}$ .

**Papírem** rozumíme soudržnou stejnosměrnou vrstvu vláken zpravidla celulózového původu, která byla vytvořena nabráním nebo naplavením, zplstěním, odvodněním a vysušením. Jde o materiál, který vznikl spojením jednotlivých vláken na jemném sítu ze zředěné vodní suspenze.

**Kartonem** byl označován tužší papír, který tvořil přechod mezi papírem a lepenkou.

**Lepenka** vzniká slepováním několika papírových vrstev na lepenkovém stroji.

(Smejtková, 2004)

Vlnitou lepenku můžeme ještě dále dělit dle velikosti vln (počtu vln na 1 m):

- hrubovlnná lepenka:  $105-125 \text{ vln.m}^{-1}$
- středněvlnná lepenka:  $126-150 \text{ vln.m}^{-1}$
- jemnovlnná lepenka:  $151-182 \text{ vln.m}^{-1}$
- mikrovláknová lepenka:  $233-310 \text{ vln.m}^{-1}$

Mechanické vlastnosti lepenky se můžou navíc měnit střídáním směru a velikosti vln.

(Smejtková, 2004)

### 3.1.4 Členění odpadního papíru dle účelu pro výrobu papíru

V rámci papírenského průmyslu se rozlišují tři druhy sběrového papíru, které se po splnění své funkce či po ztrátě některé z vlastností vrací do výroby. Jsou to:

- sběrový papír (obecně)
- papírenský výmět
- odpadní papír a lepenka (ze zpracování)

(Müller, 2008)

**Sběrový papír** je takový papír nebo lepenka, který byl po své výrobě určitým způsobem použit nebo využit, splnil svůj účel, a přitom si zachoval své hlavní charakteristické papírenské a mechanické vlastnosti a čistotu. Díky tomu se může vrátit jako sekundární

surovina pro výrobu (i jiného) papírenského výrobku. Jedná se například o papír a lepenku z odděleného sběru.

**Papírenský výmět** vzniká při výrobě papírenských výrobků. Jedná se o materiál vyřazený z výroby pro kvalitativní závady (díry, nečistoty, nestejná plošná hmotnost, vadné navíjení, záhyby atd.). Výmět se však nestává sběrovým papírem, nýbrž je na místě výroby vrácen zpět do procesu jako vedlejší surovina. Lze jej použít i do výroby obdobného výrobku bez znatelné újmy na kvalitě výrobku.

**Odpadní papír ze zpracování** vzniká při zpracování papíru a lepenky na papírenské výrobky. Jsou jimi např. odřezky, zbytky z balíren a tiskáren apod.  
(Müller, 2008)

Podobně, ale jednodušeji rozděluje odpadní papír McKinney, 1995, a to na odpadní papír „před spotřebou“ (pre-consumer wastepapers), do něhož by mohl být zařazen papírenský výmět a odpadní papír ze zpracování, a odpadní papír „po spotřebě“ (post-consumer wastepapers), kam může být zahrnut sběrový papír.

### 3.1.5 Členění sběrového papíru dle vhodnosti pro recyklaci

Dále rozděluje sběrový papír dle jeho vhodnosti pro další zpracování Müller, 2008.

#### **Sběrový papír vhodný pro recyklaci**

Před vstupem do recyklačního procesu je sběrový papír dělen do jednotlivých kvalitativních tříd (viz kap. 3.1.2). Obecně platí, že čím méně je papír zušlechtěn a klížen, tím více je vhodný pro materiálovou recyklaci. Jedná se např. o kancelářský nebo novinový papír, časopisy, reklamy a různé lepenky. U některých materiálů může být kvalita vláken snížena předchozí (často vícenásobnou) recyklací.

(Müller, 2008)

## **Sběrový papír nevhodný pro recyklaci**

Mezi druhy papírenských výrobků, které se nehodí pro recyklaci, patří např.:

- kompozitní papíry – materiály složené z více vrstev, z nichž se některé liší od struktury papíru (např. hliníkové či polyethylenové folie apod.); tyto materiály sice v zásadě recyklovat lze, ale mezi běžnými zpracovateli odpadního papíru o ně zájem není
- impregnované papíry a papíry s vodou odpuzujícími nátěry, čajové sáčky, mastné, voskované, dehtované, kopírovací papíry – tyto materiály nelze rozvláknit a zanáší strojní zařízení zpracovatelských linek
- pergameny, pauzovací papíry – mají příliš krátká vlákna a negativně ovlivňují vlastnosti vyrobeného papíru
- silně znečištěné a hygienicky závadné papíry
- smirkový papír
- papír obsahující lepidlo – lepidla se z nich obtížně odstraňují, mohou způsobit poškození strojů, zvýšit spotřebu energie nebo zhoršit kvalitu finálního výrobku

Pro uvedené materiály se jeví jako nejvhodnější je využít energeticky (termický rozklad, tj. spalování, pyrolýza apod.), lze je i kompostovat (viz kap. 3.2.4).

Další skupinou jsou papíry natírané vodou neodpuzejícími nátěry, často to jsou křídové papíry. Obecně natírané papíry obsahují 20-45 % hm. tuhých látek (pigmentů). U nich nelze materiálovou recyklaci jednoznačně zavrhnout ani doporučit, záleží na vlastnostech konkrétního zpracovatelského závodu.

(Müller, 2008)

## **3.2 Způsoby odstranění a využití papírového odpadu**

Papírový odpad nabízí díky svým vlastnostem několik způsobů využití nebo odstranění. Patří mezi ně tradiční způsoby odstraňování, jako jsou skládkování či spalování, ale např. i netradiční pyrolýza a RDF (z angl. refuse-derived fuels). Odpadní papír se ale v současné době využívá hlavně ve výrobě nového papíru, případně se zpracovává na průmyslová vlákna.

### **3.2.1 Skládkování**

Skládkování je tradičním způsobem odstraňování odpadu. Papír se na skládku dostává jako nevytříděná složka tuhého komunálního odpadu.

Skládkování je nevhodné vzhledem ke snaze snížit podíl biologicky rozložitelných složek odpadu ukládaného na skládky. Směrnicí č. 1999/31/ES je uložena povinnost omezení ukládání biologicky rozložitelného odpadu z komunálního odpadu na skládky a to do roku 2010 na 75% hmotnosti tohoto druhu odpadu vzniklého v roce 1995, do roku 2013 na 50 % hmotnosti a nejpozději do roku 2020 na 35%.

### **3.2.2 Spalování**

Ačkoliv je z technologického hlediska suchý papír pro spalovací proces vítaný, spalování v případě papíru a lepenky není vhodné pro jeho relativně snadnou recyklaci. Ke spalování části papíru ale dochází ve spalovnách komunálního odpadu, dle Nováka, 2012, je výhřevnost papíru je cca  $14 \text{ MJ.kg}^{-1}$ . Ve spalovnách je spalován nevytříděný papír a lepenka jako složka tuhého komunálního odpadu.

### **3.2.3 Pyrolýza**

Pyrolýza je druh termického zpracování, kdy se materiál rozkládá za vysokých teplot a při absenci oxidačních činidel. Dochází k uvolňování těkavých látek a ke štěpení dlouhých molekulových řetězců na kratší. (Voštová, 2003)

Ačkoliv technologie pyrolýzy není nikterak nová, v ČR se v současné době masově nevyužívá. Zpracování papíru a lepenky pyrolýzou je vhodné obdobně jako u spalování.

### **3.2.4 Kompostování**

V současné době se provádí výzkumy s kompostováním odpadního papíru a lepenky spolu s čistírenskými kaly, zatím ale bez výsledků široce uplatnitelných v praxi. (Altman, 2012)

### 3.2.5 RDF

RDF (z angl. refuse-derived fuels) je jedním z výstupů linky na mechanicko-biologickou úpravu (MBÚ) komunálního odpadu. Dalšími jsou stabilizovaný bioodpad, těžká frakce (kamenivo, sklo) a kovy.

Tyto linky se v ČR nevyskytují, ale v rámci Evropské unie je to rozšířený způsob zpracování odpadu. Jedná se o linku, jejímž vstupem je komunální odpad po vytřídění. Hlavním cílem linek MBÚ je úprava odpadů před skládkováním a případným využitím cenných složek, které je snaha z odpadu „vytěžit“. Používá se kombinace mechanického třídění a aerobního nebo anaerobního zpracování v různém pořadí.

Alternativní RDF palivo tvoří cca 40 % výstupu z linky. Obsahuje zejména plasty, papír a lepenku, proto se mu někdy říká lehká frakce. Jeho výhřevnost je cca  $18 \text{ MJ.kg}^{-1}$  a používá se jako palivo v elektrárnách, teplárnách, cementárnách nebo speciálních spalovacích zařízeních. Dá se také peletizovat.

(Gemrich 2009, Pačesová 2008, Wikipedia 2013)

### 3.2.6 Papírové brikety

Protože v roce 2009 došlo k poklesu poptávky papíren po starém papíru a tím pádem i k poklesu výkupních cen, začaly se hledat alternativní způsoby jeho využití. Jedním z nich je spalování ve formě briket. Brikety se vyrábějí buď z čistých složek (lepenkové, papírové), nebo ze směsných materiálů, a to prostým lisováním bez přísad. Výhřevnost takových briket je cca  $14 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .

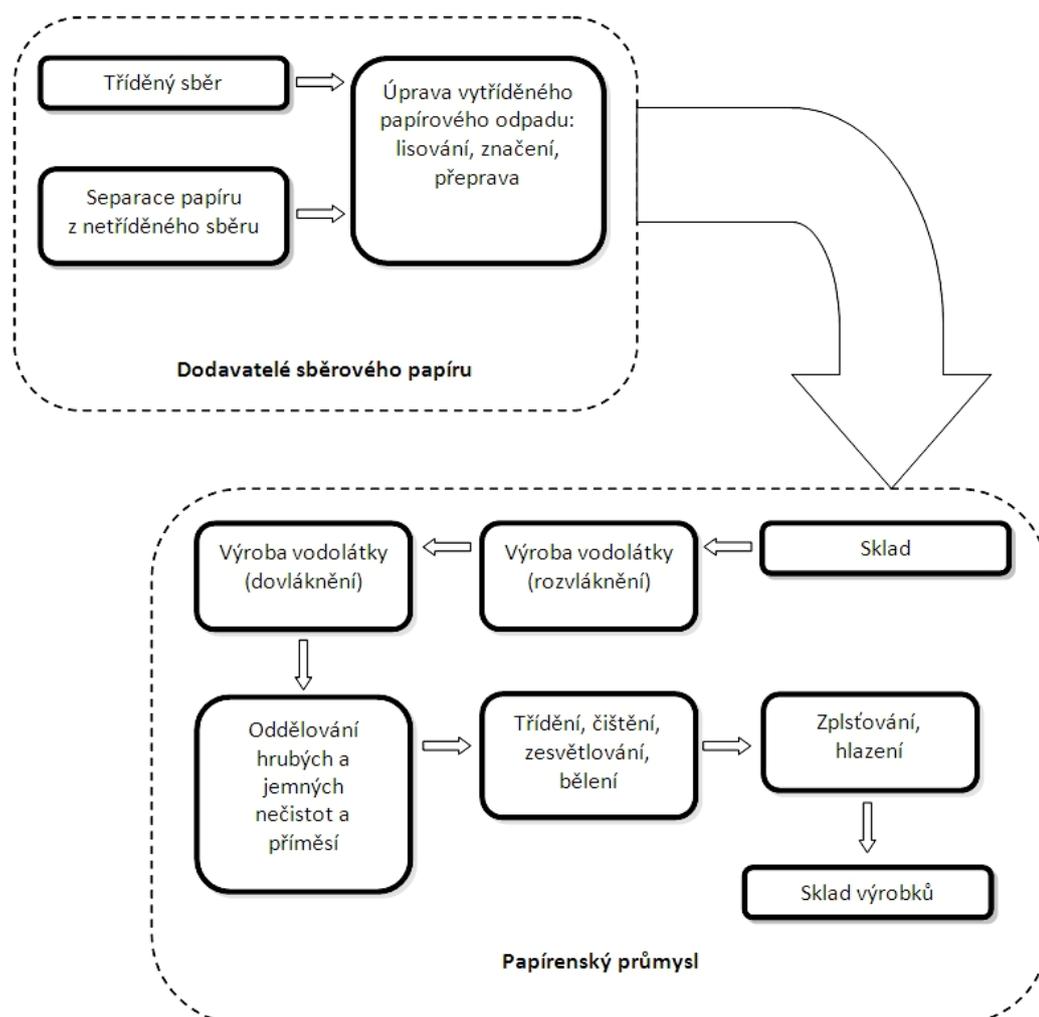
(Šmejkal 2009, Pačesová 2008)

### 3.2.7 Materiálové využití ve výrobě papíru

Samotná výroba papírenských výrobků probíhá přidáváním vodolátky vyrobené ze sběrného papíru do vodolátky vyráběné z primárních surovin. Vodolátka je suspenze vláken celulózy ve vodě.

Na Obr. 3 lze vidět cyklus zpracování sběrového papíru při výrobě nového.

**Obr. 3: Schéma papírenského průmyslu**



**Zdroj: Bilik, P., 2012, podle MÜLLER, Miroslav. *Zpracování nekovového odpadu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, katedra materiálu a strojírenské technologie, 2008, s. 100, 154 s. ISBN 978-80-213-1840-3.**

Je třeba zdůraznit, že papír lze – s úzkou návazností na kvalitu finálního výrobku – použít pro výrobu papíru ze 100 %, nebo jej lze ve formě vodolátky přimíchávat do vodolátky vyrobené z primární suroviny. Zpracování probíhá v několika krocích, které popisuje Müller, 2008.

### **Rozvolňování sběrového papíru**

Jedná se o mechanický proces, při kterém se balíky slisovaného sběrového papíru zbaví vázacího materiálu. Sběrový papír se „nakypří“ tak, aby byl co největší povrch při dávkování do zvlhčovací zóny přístupný vodě nebo páře. (Müller, 2008)

### **Rozvlákňování sběrového papíru a zpracování na vodolátku**

Vstupem do technologického procesu rozvlákňování je dobře hydratovaný rozvolněný papír. Hydrodynamicky zde působí voda na papír. Rozvlákňování se zpravidla provádí kontinuálně s plynulým přidáváním sběrového papíru. Z menších kousků papíru se ve vířivém rozvlákňovači uvolní jednotlivá vlákna nebo malé svazečky vláken. Konstrukčně bývá rozvlákňovač řešen jako válcovitá vana s kónickým dnem, na němž se otáčí lopatkový disk (rotorová část) a materiál prochází dál přes matici (statorová část). Pracovní ústrojí rozvlákňovače je na Obr. 4.

Nečistoty obsažené ve sběrovém papíru utvářejí shluky, proto je zde zařazen lapač těžkých nečistot. Tzv. spřádatelné nečistoty (hřbety knih, provázky, nitě) jsou smotávány do pletence a vytahovány. Odstraněním nečistot je důležité mimojiné kvůli ochraně dalšího technologického zařízení před poškozením. (Müller, 2008)

Rozvlákňování může probíhat různými způsoby, ty jsou blíže popsány v kap. 3.2.7.1 .

**Obr. 4: Pracovní ústrojí rozvlákňovače LCV firmy Papcel**



**Zdroj: Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač LCV. PAPCEL. Výroba papírenských strojů, stroje pro přípravu látky prodej papírenských strojů [online]. 2012 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.papcel.cz/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/nizkokonzistencni-vertikalni-rozvlaknovac-lcv/>**

### **Dovláknování sběrového papíru**

Je to proces, při kterém se mechanickým tlakem v dovláknovacím zařízení ve vodní suspenzi zcela dokončí rozvláknění na jednotlivá vlákna. Navíc dochází k oddělení dalších nečistot. Na konci dovláknovacího procesu by látka měla obsahovat pouze volná vlákna.

(Müller, 2008)

Na Obr. 5 je diskový dovláknovač firmy Papcel.

***Obr. 5: Diskový dovláknovač a mlýn D firmy Papcel***



***Zdroj: Diskové dovláknovače a mlecí stroje. PAPCEL. Výroba papírenských strojů, stroje pro přípravu látky prodej papírenských strojů [online]. 2012 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.papcel.cz/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/diskove-dovlaknovace-a-mleci-stroje/>***

### **Separace nečistot**

Separace je technologická operace, při níž jsou oddělovány nevláknité nečistoty od jednotlivých vláken. Separace může probíhat různými způsoby, např. sedimentací, vodním vírem, odstředováním, přes síta, flotací atd. (Müller, 2008)

### **Zahušťování vodolátky**

Zahušťování vodolátky znamená zvýšení hustoty rozvolněných a rozvlákněných vláken a je nezbytné pro další technologické operace. Navíc dochází k zvýšení hospodárnosti provozu. (Müller, 2008)

### **Zesvětlování vodolátky**

Zesvětlování, neboli deinking (též de-inking), v sobě zahrnuje mechanicko-chemické postupy, při kterých se z povrchu vláken odstraňují tuhé částice pigmentu (tiskových barev).

Zesvětlování lze použít jen u dobře tříděných materiálů. Při dovláknění se přidávají alkalická činidla (např. NaOH), která částečně způsobují zmýdelnění pojiv tiskových barev. Ty jsou poté vázány na nosič a z vlákniny se odstraňují praním a flotací.

Zesvětlená vláknina má lepší pevnostní vlastnosti než dřevovina. (Müller, 2008)

### **Bělení vodolátky**

Při bělení se již vyčištěná vláknina vybělí na požadovanou bělost, vláknina z primární suroviny má totiž kvůli zbylému obsahu ligninu hnědavou až nažloutlou barvu. Bělí se ve dvou nebo třech cyklech a používají se buď sloučeniny chlóru, nebo peroxidy.

Bělení sběrového papíru se téměř neprovádí. Důvodem je vysoká cena bělicích činidel v porovnání se získaným výsledkem. Dále bělicí proces mírně kvalitativně znehodnocuje vlákna. (Müller, 2008)

### **Vlastní výroba papíru**

Materiál, který prošel jmenovanými technologickými operacemi, pokračuje na papírenská síta, kde zplstnatí a zbaví se velké části vody. Poté pokračuje do tzv. papírenského stroje, kde se dále suší, lisuje a hladí. Nakonec se navíjí do rolí. (Müller, 2008)

#### **3.2.7.1 Další způsoby zpracování na vodolátku**

Dále popsané způsoby zpracování na vodolátku, které popisuje Müller, 2008, se zařazují do procesu rozvláknění sběrového papíru.

### **Zpracování suchou cestou**

Tato metoda se uplatňuje výhradně u čistého a tříděného papíru, nejčastěji papírenského výmětu. Materiál se hněte v kolovém mlýnu, trhačích nebo hnětačích. Přitom se látka hydratuje a vlivem mechanického působení se mírně zahřívá. Sušina vlákniny klesá na 20-23 %.

### **Zpracování termodisperzní metodou**

Na začátku této metody se musí sběrový papír nejdříve rozvláknit a hrubě předčistit. Následně se zahustí pomocí šroubových extraktorů a odvodní na obsah sušiny cca 25-35 %. Zahuštěná látka poté vstupuje do tlakové jednotky, kde se ohřívá zpravidla párou na teplotu cca 120-145 °C. Zvýšená teplota způsobuje dovláknění a rozptýlení tavitelných příměsí. Zbylé znečišťující částice jsou uvolněny od vláken a lze je snadno oddělit. Výsledná vláknina má velmi dobré pevnostní vlastnosti.

### **3.2.8 Průmyslová celulózová vlákna**

Jako vstupní surovina se používá sběrový papír, na který jsou kladeny vysoké nároky z hlediska jeho čistoty. Po rozvláknění se k celulózovým vláknům přidávají další látky (modifikanty), které mění vlastnosti výstupní hmoty. Materiál tak získá žádoucí konzistenci a mechanické vlastnosti, stane se nehořlavým či odolným vůči plísním apod.

Hotovým výrobkem může být foukaná tepelná a akustická izolace, hydrovýsevni substrát, suroviny pro silniční stavitelství atd.

(Rozvlákněný starý papír se uplatní i na dálnicích, 2008)

## **3.3 Technologické prvky používané v třídírnách odpadového papíru a lepenky**

Technologické linky na třídění odpadního papíru a lepenky lze sestavovat modulárně, proto budou vyjmenovány a popsány jednotlivé technické a technologické prvky, které je možné použít.

### 3.3.1 Dopravníky

Při zpracování odpadového papíru a lepenky se nejčastěji využívá pásových dopravníků, které slouží ke kontinuálnímu přesunu zpracovávaného materiálu mezi jednotlivými technologickými prvky linky. Dopravníky s nenulovou dopravní výškou, u kterých by hrozilo zpětné sesouvání dopravovaného materiálu, bývají vybaveny příčně osazenými L profily.

Pro dopravu rozdrčeného nebo namletého papíru je možné použít redlery, případně pneumatickou dopravu.

### 3.3.2 Příjmový stůl

Příjmový stůl je zařízení, které slouží k plně automatickému dávkování odpadu. Rozdruží zpracovávaný materiál a předává jej v rovnoměrné vrstvě na následující dopravník k dalšímu zpracování.

Lze uvést např. příjmový stůl Gassner Fördermat „R“, jehož výkonnost je plynule nastavitelná na 2000-20000 kg.h<sup>-1</sup>. Ten je vidět na Obr. 6.

Fördermat „R“ se skládá z posuvného dopravníkového dna a z dávkovací stěny. Dopravníkové dno je dlouhé šest metrů a v závislosti na provedení bočních stěn má objem 6 až 30 m<sup>3</sup>. Po jeho dně se pohybuje příčkový dopravník a posouvá materiál směrem k dávkovací stěně. Dopravník se automaticky zapíná a vypíná v závislosti na množství materiálu na dávkovací stěně. Dávkovací stěna stoupá pod úhlem 45° a je rovněž vybavena dopravníkem s vynášecími lištami, které jsou osazeny hroty. Na horním konci dávkovacího zařízení se nachází pohyblivý odlučovací hřeben uložený volně na čepu. Materiál po projití pod odlučovacím hřebenem přepadává přes hranu na následující dopravník.

(Roučka, 2009)

Součástí příjmového stolu bývá magnetický separátor. Ten může být zařazen i zvlášť.

**Obr. 6: Příjmový stůl Fördermat "R" firmy Gassner RecTec Maschinenhandel**



**Zdroj: Bilik, P., 2012, Brandýs nad Labem (archiv autora)**

### **3.3.3 Magnetický separátor**

Magnetické separátory mají za úkol z materiálu vytřídit kovy. Separátory lze dle konstrukce rozdělit na blokové (deskové, stacionární), pásové a bubnové. Dle principu činnosti pak na separátory s permanentními magnety a elektromagnety (pro separaci feromagnetických materiálů, tzn. kovů s obsahem železa) a na separátory využívající vířivých proudů (para- a diamagnetické materiály vedoucí elektrický proud, tzn. neželezné kovy).

Separátory s permanentními magnety nejsou závislé na elektrické energii a jsou oproti ostatním druhům levnější, na druhou stranu elektromagnety se lépe čistí (stačí je vypnout) a mají větší působící pole. Výhodou pásových a bubnových separátorů jejich samočisticí schopnost.

### 3.3.4 Hvězdicové síto

Toto zařízení lze najít pod názvy StarScreen, PaperStar či hvězdicový dopravník. Slouží např. k oddělení a třídění papíru a lepenky, nebo k oddělení různých velikostí papíru.

Materiál k vytřídění je veden přes rotující speciálně tvarované a na ose namontované gumové, méně často ocelové, kotouče. Těžce ohebná lepenka je oddělena od novin a časopisů.

Velikost vytříděných frakcí lze určit pomocí rozměrů hvězdic, jejich rozestupů, rychlosti rotace a nakloněním síta. Pokud je možné sklon síta nastavit ve dvou rovinách, lze materiál roztřídit na více frakcí – materiál buď přepadne přes boční okraj, bude vynesena hvězdicemi na horní okraj nebo propadne mezi hvězdicemi.

(Bollegraaf Recycling Solutions, 2012)

V Tab. 3 jsou uvedeny používané tvary hvězdic.

**Tab. 3: Příklady druhů hvězdic pro hvězdicová síta**

Průměr hvězdice	Tvar	Velikost separované frakce
165 mm		6 až 30 mm
235 mm		30 až 80 mm
330 mm		50 až 150 mm
660 mm		80 až 500 mm
510 mm		100 až 500 mm

**Zdroj: BOLLEGRAAF RECYCLING SOLUTIONS. Hvězdicová síta. 2012.**

### 3.3.5 PaperSpike

PaperSpike je zařízení, které odděluje zbytky lepenky od papíru, může být zařazeno např. za hvězdicovým sítím. Materiál se přivádí v jedné vrstvě na hroty přichycené na pásech nebo válcích. Na ně se papír i lepenka napíchnou, ale papír brzo odpadne a lepenka je unášena až k místu, kde je hrably sejmuta a padá do samostatné sekce.

(Bollegraaf Recycling Solutions, 2012)

Pracovní ústrojí pásového PaperSpike je na Obr. 7.

**Obr. 7: Pracovní ústrojí zařízení PaperSpike (pásový) firmy Bollegraaf**



**Zdroj:** PaperSpike. BOLLEGRAAF RECYCLING SOLUTIONS. *Bollegraaf Recycling Solutions* [online]. [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.bollegraaf.com/en/product-categorieen/paperspiker>

### 3.3.6 Třídící kabina

Třídící kabina, ačkoli není výrazně technicky zajímavá, je v českých podmínkách (po dopravnících) nejpoužívanější prvek linek na třídění odpadu. Obsahuje zpravidla pomalu jedoucí pásový dopravník s tříděným materiálem.

Dochází buď k pozitivní nebo negativní separaci. Při negativní separaci pracovníci z toku materiálu ručně vybírají nežádoucí příměsi a hází je do shozů nebo do přistavených nádob. Při pozitivní analogicky vybírají žádoucí příměsy a třídí je, zbytek je pro účel třídirny odpadem.

### **3.3.7 Drtič**

Drtič může být v lince zařazen, pokud např. stávající technologii třídění nevyhovuje vstupní surovina. Slouží k desintegraci a částečné homogenizaci materiálu. V případě papírenských výrobků to mohou být celé role papíru nebo velké lepenkové krabice.

Většinou se využívá drtičů dvouhřidelových, pomalo- i rychloběžných, s různě profilovanými noži.

### **3.3.8 Lis**

Lis slouží k maximálnímu objemovému zmenšení výstupního materiálu z důvodu usnadnění manipulace. V českých podmínkách je nejvíce používán kontinuální lis, tzn. lis s plynulým přísunem a výdejem materiálu. Na Obr. 8 je lis HSM VK 5212.

Součástí lisu bývá tzv. wirbulátor, což je zařízení, které se stará při přísunu lisovaného materiálu plnicím otvorem o rovnoměrně slisované balíky. Jakmile materiál spadne plnicím otvorem do zařízení, rozděluje rotující hvězdice materiál rovnoměrně po plnicí komoře. Tím garantuje wirbulátor pravouhlé, homogenní a dobře slisované balíky.

Vázání balíků bývá prováděno plnoautomaticky drátem.

**Obr. 8: Kontinuální lis HSM VK 5212**



**Zdroj: Bilik, P., 2012, Brandýs nad Labem (archiv autora)**

## 4 Charakteristika výchozích podmínek ve vybraném podniku

Vybraným podnikem je společnost Ciur a.s., která byla založena před více než dvaceti lety a celou svou existenci se věnuje recyklaci papírových a plastových odpadů.

Společnost je mimojiné zajímavá tím, že jako jedna z mála ve střední Evropě využívá ve svém provozu příjmové stoly. Původně byly výrobcem určeny pro zemědělskou výrobu, například k prosévání kompostu, technologie se ale uplatnila i v oblasti odpadového hospodářství. Společnost Ciur a.s., je díky dobrým zkušenostem používá ve svých výrobních i třídících linkách.

### 4.1 Historie a současný stav firmy Ciur a.s.

**1991** – Založení společnosti, zakoupení licence na výrobu tepelné a akustické izolace CLIMATIZER PLUS, v říjnu téhož roku zahájení výroby.

**2003** – Dokončení vývoje dalších speciálních průmyslových vláken z celulózy. Doplnění výrobní technologie o nové balicí zařízení.

**2004** – Do výroby byly zavedeny nové speciální druhy celulózových vláken pro různé průmyslové obory a stavebnictví.

**2006** – Výrazný nárůst celkového objemu výroby.

**2007** – Zahájení výstavby třetího výrobního komplexu s výrobní a skladovou plochou 5000 m<sup>2</sup>. Inovace výroby průmyslových vláken.

**2008** – Dokončení nové výrobní haly s technologií na třídění papíru a plastů s celkovou plochou více než 5000 m<sup>2</sup>.

(Buráň, 2012)

V současné době má výrobní závod rozlohu 44 000 m<sup>2</sup> a logistická základna 66 000 m<sup>2</sup>. Společnost má 176 vlastních zaměstnanců, 3 samostatné výrobní technologie, obchodní zastoupení ve 26 zemích světa, je držitelem certifikace ISO 9002, ISO 14002, OHSAS 18001 a zajišťuje recyklaci přes cca 35 000 tun surovin ročně. (Buráň, 2012)

Společnost se zabývá čtyřmi odvětvími:

- izolace – foukané tepelné izolace, zvukové izolace, protipožární izolace, fasádní systémy, vnitřní a vnější zateplení, vzduchotěsnost
- průmyslová vlákna – celulózová vlákna pro průmyslové použití, granuláty pro silniční stavitelství, vývoj a výroba vláken pro speciální aplikace
- klimatizace, tepelná čerpadla, regulace – obchod a servisní zastoupení v ČR pro několik značek
- výkup papíru a recyklace – nákup, svozový systém, třídící technologie, drcení a zpracování odpadových surovin na nové výrobky (Buráň, 2012)

## **4.2 Popis výrobní technologie navazující na třídící linku**

Nároky na vytríděný papír jako na vstupní surovinu pro výrobu foukané izolace jsou určující pro požadavky na výstup z třídící linky.

Papír ve výrobním zařízení je zpracován do konečných výrobků na bázi až 100% rozvlákněných celulózových vláken. Vlákna jsou rozvlákněna hrubě nebo jemně se zachováním nebo upravováním délky vláken, dále zušlechťována přidáním surovin impregnační nehořlavými, protiplísňovými přísadami a modifikantů surovin.

Hotový výrobek se využívá jako tepelná a akustická izolace, impregnovaná přísada do asfaltových nátěrových hmot, stavebních výrobků – omítkových směsí, jako žáruvzdorné materiály nebo vlákna pro silniční stavitelství.

Výrobní technologie je zajímavá tím, že umí zpracovat i tzv. silikonový papír, který se nehodí pro výrobu nového papíru. Silikonový papír nepatří do žádné ze skupin ČSN EN 643.

## **4.3 Popis technologické třídící linky**

### **4.3.1 Druhy surovin**

Prvotní záměr třídící linky je zajistit dostatečně kvalitní vstupní surovinu pro výrobu (kap. 4.2), nadbytečné množství odprodat.

Linka je schopna zpracovávat různé druhy odpadního papíru a lepenky. Pro účely provozu se odpadní papír a lepenka dělí na 6 skupin, přičemž každá skupina je směsí určitých kvalitativních tříd, skladba je uvedena v Tab. 4.

Stěžejním výstupem je surovina pro výrobu, tedy tzv. směs G (směs pro granulování). Obsahuje papír kvalitativní třídy 1.11 (Tříděný grafický papír pro zesvětlování) a dále silikonový papír, který není v ČSN EN 643 zmíněn a který se nehodí pro výrobu nového papíru. Provozní zkušenosti ukazují, že, bez újmy na kvalitě finálního produktu, lze před vlastní výrobou granulátu míchat suroviny směs G a směs v poměru až 4:1. To se provádí za účelem úspory nákladů.

**Tab. 4: Rozdělení vstupní suroviny dle ČSN EN 643**

Druh suroviny (provozní označení)	Odpovídající druh dle ČSN EN 643
noviny	2.01 – Noviny
	2.02 – Neprodané noviny
časopisy	1.06 – Neprodané časopisy
	2.08 – Barevné bezdřevé časopisy
letáky	2.06 – Barevné dokumenty
směs	1.08 – Směs novin a časopisů 1
	1.09 – Směs novin a časopisů 2
	1.10 – Směs časopisů a novin
	1.11 – Tříděný grafický papír pro zesvětlování
lepenka	1.05 – Použité obaly z vlnité lepenky
	4.01 – Nové odřezky vlnité lepenky
ostatní	

**Zdroj: Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., Technická dokumentace k třídící lince, 2009.**

### 4.3.2 Popis toku materiálu linkou

Pro popis toku materiálu linkou se nejvíce hodí pohled shora, viz Příloha 1. Pro přehlednost jsou dopravníky označeny D a číslem a technologická zařízení písmenem T a číslem. Vyznačené pozice s vysvětlivkami jsou v Tab. 5.

**Tab. 5: Přehled označení dopravníků a technologických zařízení linky**

D01	Pásový dopravník příjmový	T01	Příjmový stůl Gassner Fördermat „R“
D02	Pásový dopravník příjmový	T02	Kontinuální lis HSM VK 5212
D03	Pásový dopravník	T03	Drtič VAZ 1800 KT
D04	Pásový dopravník reverzní	T04, T05	Kontejnery
D05	Pásový dopravník reverzní	T07	Zasouvací podlaha s reverzním motorem
D06	Pásový dopravník		
D07	Pásový dopravník		
D08	Pásový dopravník reverzní		
D09	Pásový dopravník		
D10	Pásový dopravník reverzní		
D11	Pásový dopravník přebírací		
D12	Pásový dopravník		
D13	Pásový dopravník reverzní		
D14	Redler		
D15	Zásobníkový dopravník s posuvným dnem reverzní 2ks		
D16	Zásobníkový dopravník s posuvným dnem 2ks		

**Zdroj:** Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., *Technická dokumentace k třídící lince, 2009.*

#### Příjem

Vstupní surovina se dopraví do provozovny až k lince nákladními vozidly nebo v kontejnerech. Dále je manipulace prováděna nakladačem nebo vysokozdvížným vozíkem.

Příjem je rozdělen na dvě části – příjem vytříděného materiálu, který je naskladněn, a příjem nevytříděného materiálu, který musí projít přes třídící linku.

Materiál je do linky dávkován na několika místech.

Sběrový papír z tříděného sběru (odpad z domácností) se v závislosti na obsahu pytlů a čistotě (odhad provede obsluha na místě) dávkuje do linky buď přes příjmový stůl T01 (méně pytlů), nebo je přihrnován ručně na dopravník D01, který je částečně zapuštěn pod úroveň podlahy haly. Obsluhující pracovník zde provádí vizuální kontrolu a odstraňuje nevhodné příměsi, které by mohly porušit nebo zahltit technologickou linku, které třídí do kontejnerů, zvláště nevhodný materiál a zvláště velké kusy lepenky, které se následně dávkují na dopravník D07.

Ostatní sběrový papír je dávkován nakladačem do příjmového stolu Fördermat "R" od německé firmy Gassner RecTec Maschinenhandel (viz kap. 3.3.2). Na příjmový stůl se nasype odpad, který je automaticky dávkován na pásový dopravník D04. Odtud může pokračovat buď do třídící kabiny na přebíracím dopravníku D12 a D11, nebo přes dopravníky D01, D02 a D10 do drtiče VAZ 1800 KT, který je označen T03.

Poslední možností, která se využívá zejména u časopisů, je dávkování přímo do drtiče T03. Rozdrcený materiál je odsud vynášen redlerem D14 na dopravník D13, odtud je dopravován buď do kontejneru, nebo přes dopravník D09 do násypky lisu T02.

Pokud se dávkuje materiál přes příjmový stůl, v závislosti na kusovosti a složení materiálu, je možné zatáhnout zasouvací podlahu T07 tak, aby materiál, který propadne přes třídící stůl, padal přímo na dopravník D07 a byl dopraven rovnou do lisu (přes dopravník D08). O poloze zasouvací podlahy T07 rozhoduje obsluha dle aktuálně zpracovávaného materiálu.

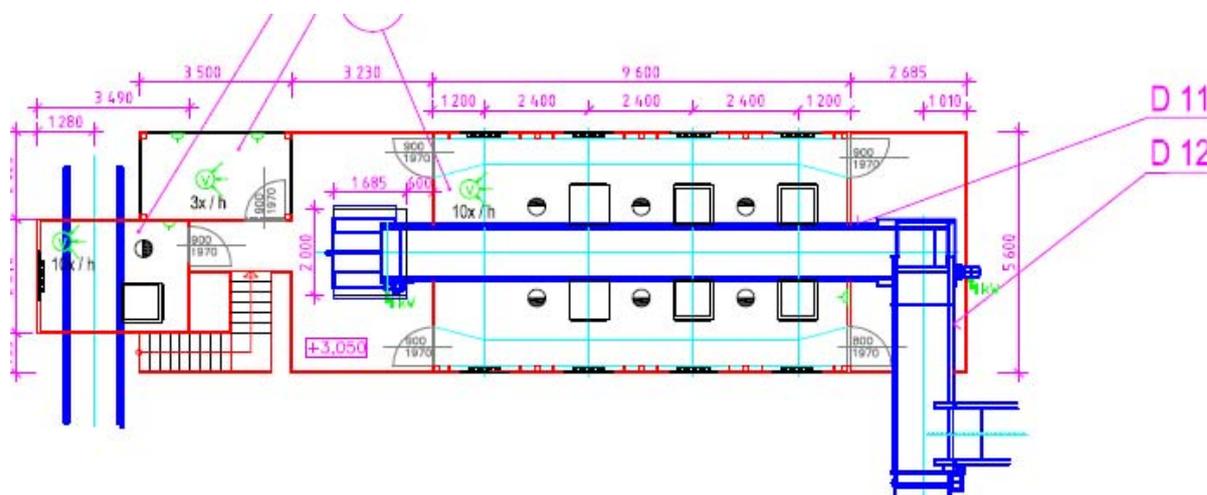
### **Třídění a drcení**

Materiál je ručně tříděn na přebíracím dopravníku D11 (délka 12,9 m, šířka pásu 1,2 m). Schéma třídící kabiny je na Obr. 9. Provádí se ruční, zpravidla negativní separace, nežádoucí složky padají dvěma páry shozů do dvou kontejnerů s pohyblivým dnem (tzv. bunkrových dopravníků) D15, odkud může být materiál posouván buď přes dopravníky D02 a D10 do drtiče T03 nebo kontejneru T04, nebo na druhou stranu na dopravník D07. Dále třetím párem shozů může materiál padat na dopravník D06 a být dopraven do kontejnerů T05.

Průchozí materiál padá do bunkrových dopravníků D16, odkud je dávkován na dopravník D08, který může materiál poslat buď přes dopravníky D02 a D10 do drtiče, nebo rovnou na druhou stranu přes dopravníky D07 a D09 do lisu.

Drtič VAZ 1800 KT (T03) má příkon 132 kW. Je to jednohřídelový drtič s nastavitelnými otáčkami, používá se buď jako vstup pro směs a směs pro granulování v nízkootáčkovém režimu nebo pro časopisy ve vysokootáčkovém režimu.

**Obr. 9: Třídící kabina shora**



**Zdroj: CIUR a.s., Technická dokumentace k třídící lince, 2009.**

## Lisování

Materiál je vynášecím dopravníkem D09 dopraven do násypky lisu. Linka je vybavena kontinuálním lisem HSM VK 5212 o příkonu 42 kW (ozn. T02). Tlačný tunel lisu má rozměry 800 x 800 mm, délka balíku je automaticky nastavena na 1200 mm. Provozní zkušenosti ukazují, že velmi záleží na tom, jak se naplní komora (např. nežádoucí vzpříčení kusu lepenky), takže délka balíků je 1100-1400 mm, někdy vyjde delší než 1800 mm. Takový balík se vrací, protože by se obtížně skladoval. Skladují se tedy balíky rozměrů 800 x 800 x 1200-1500 mm. Průměrná hmotnost balíku za rok 2012 byla asi 655 kg.

### 4.3.3 Výkonnostní parametry linky

Za rok 2012 bylo nakoupeno celkem 28 744 tun materiálu, z čehož bylo 15 854 tun již vytríděného. Zbývajících 12 890 tun prošlo přes třídící linku. Celkem za rok 2012 bylo nalisováno 19 376 ks balíků. Průměrná hodinová produkce balíků dle suroviny je v Tab. 6.

**Tab. 6: Průměrná hodinová produkce balíků dle druhu suroviny**

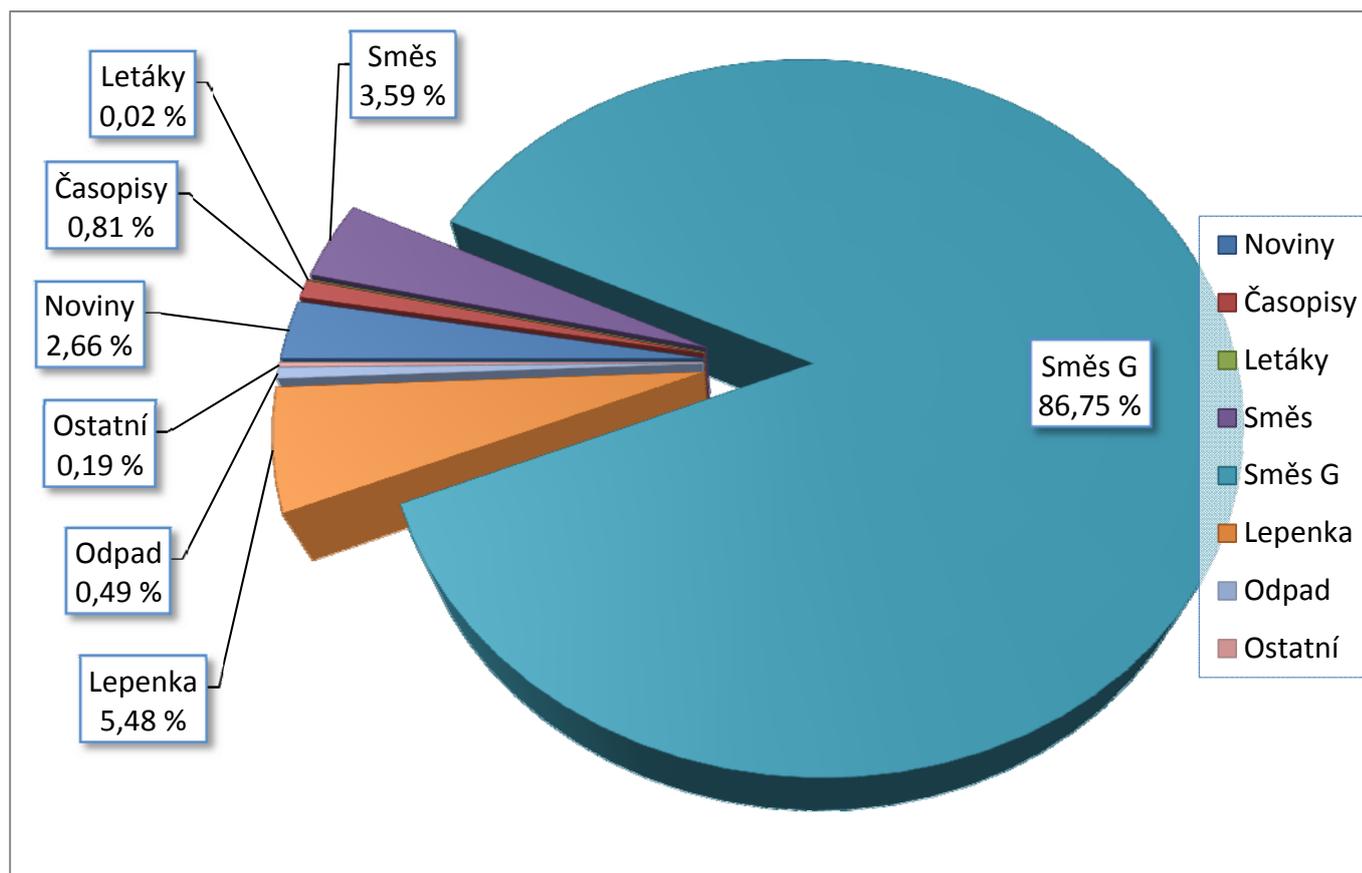
Druh suroviny	noviny	časopisy	letáky	směs	směs G	lepenka
Průměrná produkce balíků za hodinu [h <sup>-1</sup> ]	5	6	9	9	7	3

**Zdroj:** Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., *Výkazy produkce třídící linky, 2013.*

Složení vytříděného materiálu v závislosti na druhu suroviny je patrné z Obr. 10. Je vidět, že linka je zejména využita pro potřeby výroby, směsi pro granulování se vytřídilo 11 182 tun.

Zajímavým ukazatelem je odpad, jež představuje vytříděný materiál, který firma neumí využít pro svou výrobu, ani se nehodí pro prodej, a je odvážen externí firmou k odstranění. Množství jeho produkce za rok 2012 bylo asi 65 tun.

**Obr. 10: Poměrné zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin na celkovém vytříděném množství (2012)**



**Zdroj:** Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., *Výkazy produkce třídící linky, 2013.*

## 5 Návrh řešení a dosažené výsledky

Pásový dopravník D09 je podroben teoretickému rozboru, jehož obsahem je ověření, zda výkon současného pohonu dopravníku je postačující. Inovace technologické linky spočívá ve výměně stávajícího lisu za nový a výkonnější. Dále je v této kapitole uvedeno ekonomické zhodnocení inovace.

### 5.1 Teoretický rozbor vybrané části linky

Je nutné ověřit, zda bude navýšení provozu stačit stávající vynášecí dopravník D09, který je v provozu při všech režimech třídění. Oproti stávajícímu provozu nebude okamžité dopravované množství materiálu větší, ale dopravník bude využíván častěji, a proto se stává kritickým článkem linky. Jelikož je pravděpodobné, že bude nový lis vyšší, změní se šikmá délka a dopravní výška dopravníku. Nové rozměry jsou uvedeny ve výpočtové části.

Vynásobíme-li průměrnou hodinovou produkci balíků z Tab. 6 s průměrnou hmotností balíků odpovídajícího materiálu z Tab. 11., získáme hodinové hmotnostní toky jednotlivých surovin. Výsledek je uveden v Tab. 7.

**Tab. 7: Průměrné hmotnostní toky linkou pro jednotlivé druhy surovin (2012)**

Druh suroviny	noviny	časopisy	letáky	směs	směs G	lepenka
Průměrný hmotnostní tok [kg.h <sup>-1</sup> ]	2 735,4	5 323,5	6 213,6	6 199,8	4 819,9	1 840,5

**Zdroj: Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.**

Dopravník je vhodné navrhovat na nejvyšší možný tok materiálu navýšený o rezervu. Předpokládaná výkonnost dopravníku bude stanovena na 6 500 kg.h<sup>-1</sup>. Postup výpočtu je proveden dle ČSN ISO 5048 a dle Poláka, 2003.

### 5.1.1 Výpočet dopravníku D09

#### Vstupní hodnoty

Výkonnost hodinová	$H_q = 6\,500 \text{ kg}\cdot\text{h}^{-1}$
Výkonnost sekundová	$Q = 1,81 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$
Rychlost pásu	$v = 0,15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$
Délka dopravníku	$L = 12,813 \text{ m}$
Úhel sklonu dopravníku	$\delta = 30^\circ$
Dopravní výška	$H = 6,67 \text{ m}$
Sypný úhel přepravovaného materiálu	$\alpha = 30^\circ$
Sypná hmotnost dopravovaného materiálu	$\rho = 105 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
Tíhové zrychlení	$g = 9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$
Globální součinitel tření	$f = 0,02$
Součinitel tření mezi pryžovým pásem a ocelovým plechem	$c = 0,65$
Hmotnost jednoho metru dopravního pásu	$q_B = 4,5 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-1}$
Hmotnost rotujících částí válečků dolní větve	$m_{RU} = 4 \text{ kg}$
Počet válečků dolní větve	$n_U = 8$
Průměrný tah v pásu na bubnu	$F = 10\,000 \text{ N}$
Tloušťka pásu	$d = 0,005 \text{ m}$
Průměr bubnu	$D = 0,4 \text{ m}$
Průměr hřídele v ložisku	$d_0 = 0,015 \text{ m}$
Účinnost elektromotoru	$\eta = 0,9$

#### Průřez náplně pásu

$$S = \frac{Q}{\rho \cdot v} = \frac{1,81}{105 \cdot 0,15} = 0,115 \text{ m}^2 \quad [1]$$

kde

$S$	$[\text{m}^2]$	Průřez náplně pásu
$Q$	$[\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}]$	Výkonnost sekundová
$v$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	Rychlost pásu

### Šířka pásu

$$b = \sqrt{6 \cdot \frac{S}{\operatorname{tg} \alpha}} = \sqrt{6 \cdot \frac{0,115}{\operatorname{tg} 30}} = 1,092 \text{ m} \quad [2]$$

$$B_1 = \frac{b + 0,05}{0,9} = \frac{0,946 + 0,05}{0,9} = 1,268 \text{ m} \quad [3]$$

$$B = 1,4 \text{ m}$$

kde

$b$	[m]	Ložná šířka pásu
$\alpha$	[°]	Sypný úhel přepravovaného materiálu
$B_1$	[m]	Předběžná šířka pásu
$B$	[m]	Zvolená šířka pásu

Šířka stávajícího pásu 1400 mm odpovídá spočtené hodnotě.

### Hlavní odpory

Horní větev dopravníku klouže po plechovém žlabu, dolní větev je podpírána válečky. Hlavní odpor se počítá jako

$$F_H = c \cdot L \cdot g \cdot \left( q_B + \frac{Q}{v} \right) + f \cdot L \cdot g \cdot \left( \frac{Q}{v} \cos \delta + \frac{m_{RU} \cdot n_U}{L} \right) \quad [4]$$

$$F_H = 0,65 \cdot 12,813 \cdot 9,81 \cdot \left( 4,5 + \frac{1,81}{0,15} \right) + 0,02 \cdot 12,813 \cdot 9,81 \cdot \left( \frac{1,81}{0,15} \cos 30 + \frac{4,8}{12,813} \right)$$

$$F_H = 1382,03 \text{ N}$$

kde

$F_H$	[N]	Hlavní odpor
$c$	[-]	Součinitel tření mezi pryžovým pásem a ocelovým plechem
$L$	[m]	Délka dopravníku (vzdálenost os bubnů)
$g$	[m.s <sup>-2</sup> ]	Tíhové zrychlení
$q_B$	[kg.m <sup>-1</sup> ]	Hmotnost jednoho metru pásu
$f$	[-]	Globální součinitel tření
$\delta$	[°]	Úhel sklonu dopravníku
$m_{RU}$	[kg]	Hmotnost rotujících částí válečků dolní větve
$n_U$	[-]	Počet válečků dolní větve

### Vedlejší odpory

Vedlejší odpory jsou součtem odporu setrvačných sil v místě nakládání, odporu ohybu pásu na bubnech a odporu v ložiskách bubnu

$$F_N = Q \cdot v + 9B \left( 140 + 0,01 \frac{F}{B} \right) \frac{d}{D} + 0,005 \frac{d_0}{D} \quad [5]$$

$$F_N = 1,81 \cdot 0,15 + 9 \cdot 1,4 \left( 140 + 0,01 \frac{10000}{1,4} \right) \frac{0,005}{0,4} + 0,005 \frac{0,015}{0,4}$$

$$F_N = 2,91 \text{ N}$$

kde

$F_N$	[N]	Vedlejší odpory
$F$	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu
$d$	[m]	Tloušťka pásu
$D$	[m]	Průměr bubnu
$d_0$	[m]	Průměr hřídele v ložisku

### Odpor k překonání dopravní výšky

$$F_{St} = \frac{Q}{v} \cdot H \cdot g \quad [6]$$

$$F_{St} = \frac{1,81}{0,15} \cdot 6,67 \cdot 9,81 = 787,62 \text{ N}$$

kde

$F_{St}$	[N]	Odpor k překonání dopravní výšky
----------	-----	----------------------------------

### Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu

$$F_U = F_H + F_N + F_{St} \quad [7]$$

$$F_U = 1382,03 + 2,91 + 787,62 = 2172,56 \text{ N}$$

kde

$F_U$	[N]	Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu
-------	-----	---

## Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku

$$P = \frac{F_U \cdot v}{\eta} \quad [8]$$

$$P = \frac{2172,56 \cdot 0,15}{0,85} = 2555,95 \text{ W} = 2,56 \text{ kW}$$

kde

$P$  [W] Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku

$\eta$  [-] Účinnost elektromotoru

Potřebný výkon elektromotoru je 2,56 kW. Stávající elektromotor o výkonu 3 kW je vyhovující.

## 5.2 Vlastní měření

### 5.2.1 Naměřené hodnoty

V rámci měření byly zjišťovány hmotnosti jednotlivých balíků vstupní suroviny směs ve dnech 5., 6. a 7. listopadu 2012. Hmotnosti měří váha, která je součástí lisu.

5. listopadu bylo slisováno 78 balíků a 6. a 7. listopadu 77 balíků. V Tab. 8, Tab. 9 a Tab. 10 jsou uvedeny naměřené hodnoty.

**Tab. 8: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 5. listopadu**

648	656,5	657	632	245,5	642,5	651,5	653	647,5	657	662,5	650,5	716,5	721	734,5
760	759,5	697,5	627	638,5	643,5	682,5	715,5	757,5	719,5	724	723,5	727,5	656	674,5
674	615	635	653	637,5	689	634,5	728	743	641	664,5	638	637,5	674	678
678,5	680	757	677,5	737,5	720,5	651,5	761	703	724,5	643,5	747	725,5	747	718
744,5	699	647	650	651	759	762	705,5	671,5	696,5	639	649,5	785	728,5	677
689,5	733	724												

**Tab. 9: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 6. listopadu**

712	766	726	734	696	745,5	732,5	684	670,5	669,5	658,5	672,5	694	676	788,5
703	711,5	729,5	678	722,5	731	694,5	719,5	700	691	731	640,5	772	778	809
727	723	725,5	672,5	697	723,5	678,5	682	772,5	731,5	639	790	791,5	766	681
731,5	673,5	632,5	774	697	623,5	692	689	744,5	678	751,5	654,5	675,5	689	675,5
651,5	661	737,5	670,5	580	678,5	797	618,5	725,5	657	704	652,5	748,5	699	695
744	606,5													

**Tab. 10: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 7. listopadu**

671	691,5	672	630	619	718	662	695	679,5	714	687	626,5	660	680	620,5
628	666,5	699,5	633,5	596	647	635	656	617	682,5	652	690,5	635,5	677	649,5
644,5	651,5	656,5	664,5	679,5	692	798	638	823,5	701,5	777,5	729,5	627,5	631	641
846	756,5	675,5	672	672,5	690	693,5	694	680,5	801,5	728	678	757	719	706
662	662,5	666	701	702	704	725,5	725	729,5	693,5	652	738	605,5	599	654,5
598	643,5													

## 5.2.2 Matematicko-statistické zhodnocení měření

V rámci vyhodnocení měření se postupuje následujícím způsobem:

1) Průměrná hmotnost balíku suroviny směs

$$\overline{m}_b = \frac{\sum_{i=1}^N m_{b_i}}{N} = 689,4 \text{ kg} \quad [9]$$

$$N = 232,$$

kde

$\overline{m}_b$  [kg] průměrná hmotnost balíku suroviny směs

$m_{b_i}$  [kg] hmotnost i-tého balíku suroviny směs

$N$  [-] počet vážených balíků

2) Směrodatná odchylka aritmetického průměru

$$s_{\overline{m}_b} = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N \Delta_k^2}{N-1}} = 56,0 \text{ kg} \quad [10]$$

kde

$s_{\overline{m}_b}$  [kg] směrodatná odchylka aritmetického průměru hmotností balíků

$\Delta_k$  [m] k-tá odchylka

Výsledek lze zapsat ve tvaru

$$m_b = (689,4 \pm 56,0) \text{ kg}, \text{ kde}$$

$m_b$  [kg] hmotnost balíku suroviny směs

### 5.2.3 Shrnutí měření

Měření má významnou vypovídající hodnotu, protože je třeba při kalkulaci nákladů na produkci jednoho balíku počítat s dopravou slisovaného materiálu mezi halou třídící linky a halou výroby. Čím vyšší bude mít slisovaný materiál objemovou hmotnost, tím efektivnější bude jeho přeprava.

Naměřená průměrná hmotnost jednoho balíku suroviny směs je 689,4 kg, což je velmi blízko celoročnímu průměru 688,9 kg. Průměrné hmotnosti balíků všech surovin za rok 2012 jsou v Tab. 11.

**Tab. 11: Shrnutí produkce lisu za rok 2012**

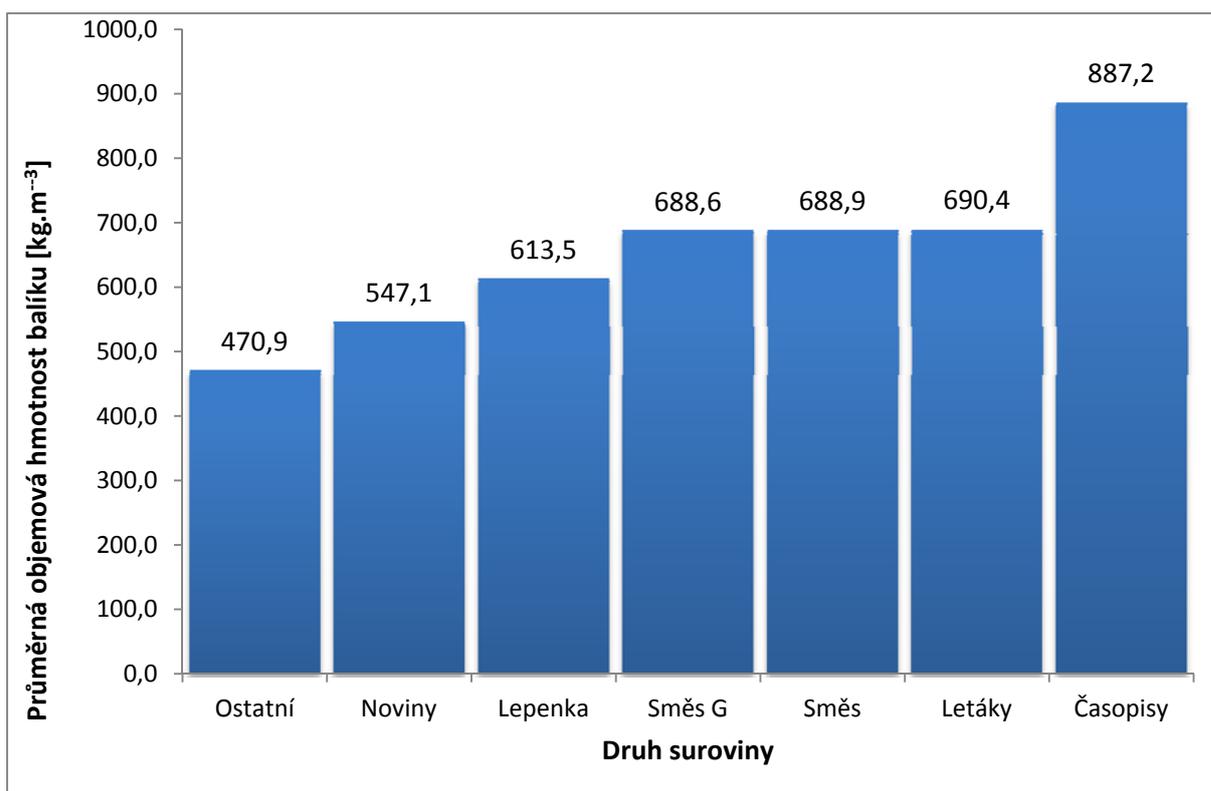
	Množství [kg]	Počet balíků [ks]	Průměrná hmotnost balíku [kg.ks <sup>-1</sup> ]
<b>noviny</b>	334 055	626	547,1
<b>časopisy</b>	73 563	85	887,2
<b>letáky</b>	3 367	5	690,4
<b>směs</b>	462 952	689	688,9
<b>směs G</b>	11 182 086	16 650	688,6
<b>lepenka</b>	706 709	1 181	613,5
<b>ostatní</b>	64 298	140	470,9
<b>odpad</b>	62 936	-	-
<b>souhrn</b>	<b>12 889 965</b>	<b>19 376</b>	<b>655,2</b>

**Zdroj: Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.**

Protože se balík po vyjetí z lisu mírně zvětší, šířka a výška jednoho balíku je 850 mm, průměrná délka reálně naskladňovaných balíků je 1350 mm. Průměrný objem jednoho balíku je tedy 0,975 m<sup>3</sup>.

Podílem průměrné hmotnosti balíku průměrným objemem balíku lze získat průměrnou objemovou hmotnost balíků, přehled v závislosti na složení je vidět na Obr. 11.

**Obr. 11: Průměrná objemová hmotnost jednoho balíku v závislosti na druhu suroviny**



**Zdroj: Bilik, P., 2012, podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.**

Je vidět, že nejučinněji lze lisovat časopisy. Je to z toho důvodu, že před lisováním procházejí drtičem, který zmenší jejich kusovost, a materiál lépe zaplní lisovací komoru. U surovin směs a směs G se potvrdil předpoklad, že se jejich objemová hustota pohybuje mezi objemovou hustotou časopisů a novin, protože právě tyto dva druhy papírových odpadů směs a směs G obsahují.

Nejhůře slisovatelný materiál je ve skupině ostatní. Jsou to materiály, které se zařazují pod jiné kvalitativní třídy, než jsou uvedeny v Tab. 4.

### **5.3 Inovace linky**

Společnost má v plánu v roce 2013 zvýšit produkci směsi G o 6 256 tun, to představuje množství 19 146 tun materiálu, které by mělo projít přes třídící linku za rok.

Základní technické parametry stávajícího lisu jsou v Tab. 12.

**Tab. 12: Základní technické parametry lisu HSM VK 5212**

příkon hlavního motoru [kW]	42
lisovací síla [kN]	560
specifický tlak [N.cm <sup>-2</sup> ]	67,9
lisovací takt [s]	10
hmotnostní tok slisovaného materiálu [kg.h <sup>-1</sup> ]	6 200
počet drátů vázání	5
rozměr balíku š x v x d [mm]	800 x 800 x 1100-1400
hmotnost lisu [t]	17,5

**Zdroj: CIUR a.s., Technická dokumentace k třídící lince, 2009.**

### 5.3.1 Výběrové řízení

Byly vybrány tři lisy od tří světových výrobců. Požadavkem bylo kontinuální plnění, automatické vázání balíků, hmotnostní tok minimálně 6,5 tun za hodinu a specifický tlak o minimální hodnotě stávajícího lisu (67,9 N.cm<sup>-2</sup>).

První možností je lis TB-091160/9 od firmy Techgene Machinery Co., Ltd. z Taiwanu, která svoje lisy dodává i např. do sousedního Německa, kde má místní zastoupení. Základní parametry lisu jsou v Tab. 13.

**Tab. 13: Základní technické parametry lisu TB-091160/9**

příkon hlavního motoru [kW]	45
lisovací síla [kN]	785
specifický tlak [N.cm <sup>-2</sup> ]	100
lisovací takt [s]	14
hmotnostní tok slisovaného materiálu [kg.h <sup>-1</sup> ]	8 000
počet drátů vázání	4
rozměr balíku š x v x d [mm]	1 050 x 750, délka variabilní
Pořizovací cena [Kč]	4 155 000,-

**Zdroj: Bilik, P., 2013 podle Automatic Horizontal Baling Press. TECHGENE MACHINERY CO., Ltd. Techgene Machinery Co., Ltd. [online]. 2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.techgene.com.tw/en/product/Automatic-Horizontal-Baling-Press/tg\\_007.html](http://www.techgene.com.tw/en/product/Automatic-Horizontal-Baling-Press/tg_007.html)**

Druhým lisem výběru je lis GB-7575F-II firmy Godswill Paper Machinery Co., Ltd., která také sídlí v Taiwanu, ale má obchodní zastoupení v Evropě. Lis je popsán parametry uvedenými v Tab. 14.

**Tab. 14: Základní technické parametry lisu GB-7575F-II**

příkon hlavního motoru [kW]	30
lisovací síla [kN]	540
specifický tlak [N.cm <sup>-2</sup> ]	96
lisovací takt [s]	14
hmotnostní tok slisovaného materiálu [kg.h <sup>-1</sup> ]	7 000
počet drátů vázání	4
rozměr balíku š x v x d [mm]	750 x 750 x 1 600
hmotnost lisu [t]	8
Pořizovací cena [Kč]	2 570 000,-

**Zdroj:** Bilik, P., 2013 *podle* GB-7575F-II. GODSWILL PAPER MACHINERY CO., Ltd. *Godswill Paper Machinery Co., Ltd.* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.recycling-machine-manufacturer.com/automatic-baling-press/02.htm>

Posledním lisem ve výběru je lis německého výrobce HSM VK 6015, který dodává česká firma LFM-Servis s.r.o. Tato firma dodala i lis stávající. Parametry lisu jsou uvedeny v Tab. 15.

**Tab. 15: Základní technické parametry lisu HSM VK 6015**

příkon hlavního motoru [kW]	30
lisovací síla [kN]	580
specifický tlak [N.cm <sup>-2</sup> ]	112
lisovací takt [s]	17,5
hmotnostní tok slisovaného materiálu [kg.h <sup>-1</sup> ]	9 000
počet drátů vázání	4
rozměr balíku š x v x d [mm]	720 x 720 x 600-1200
hmotnost lisu [t]	15,5
Pořizovací cena [Kč]	3 950 000,-

**Zdroj:** Bilik, P., 2013 *podle* HSM VK 6012. LFM-SERVIS S.R.O. *LFM* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.lfm.cz/cz/produkty/lisy-odpadu/hsm-vk-6015.html>

### 5.3.1.1 Vyhodnocení výběrového řízení

Vyhodnocení výběrového řízení je uvedeno v Tab. 16. K posouzení byla vybrána tato kritéria:

- specifický tlak – na rozdíl o prosté lisovací síly dává reálnou představu o tom, jak efektivně bude materiál slisován
- hmotnostní tok slisovaného materiálu – výkonnost linky je jedním ze základních inovačních požadavků

- lisovací takt – čím vyšší lisovací takt, tím rychleji bude možné naskladňovat slisované balíky
- pořizovací cena – je důležitým parametrem pro ekonomické posouzení návrhu inovace

Hodnocení je provedeno bodovacím systémem, bodovací škála je od 1 do 3. Přisouzený počet bodů je vynásoben příslušnou váhou kritéria, výsledky jsou pro jednotlivé lisy sečteny a uvedeny v posledním řádku.

**Tab. 16: Vyhodnocení výběrového řízení na nový lis**

Kritérium	Váha kritéria	Body		
		TB-091160/9	GB-7575F-II	HSM VK 6015
specifický tlak [N.cm <sup>-2</sup> ]	0,25	2	1	3
hmotnostní tok slisovaného materiálu [kg.h <sup>-1</sup> ]	0,3	2	1	3
lisovací takt [s]	0,1	2	2	1
Pořizovací cena [Kč]	0,35	1	3	2
<b>Celkové hodnocení (součet)</b>	<b>1</b>	<b>1,65</b>	<b>1,8</b>	<b>2,45</b>

Vítězem výběrového řízení se stal lis HSM VK 6015, jehož dodavatelem je firma LFM-Servis s.r.o. To s sebou přináší další výhodu, protože již v současné době jsou společnosti v kontaktu ohledně servisu stávajícího lisu.

## 5.4 Ekonomické posouzení návrhu

### 5.4.1 Vstupní údaje

Pro rok 2013 a další slouží jako výchozí údaje z roku 2012. Množství vytríděného materiálu v závislosti na jeho druhu a na měsíci v roce je v Tab. 17, jeho nákupní, resp. prodejní, ceny jsou v Tab. 18, resp. v Tab. 19.

Požizovací cenu investice tvoří pořizovací cena lisu zvýšená o cenu za dopravu montáž, celkové náklady na investici jsou 4 150 000,- Kč.

**Tab. 17: Množství vytríděného materiálu v jednotlivých měsících roku 2012 v kg**

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI
<b>noviny</b>	64 210	106 734	35 532	0	52 917	24 553
<b>časopisy</b>	0	0	24 041	0	0	0
<b>letáky</b>	0	0	0	0	0	0
<b>směs</b>	0	0	0	0	0	0
<b>směs G</b>	976 058	540 257	834 205	1 114 578	875 004	842 237
<b>lepenka</b>	48 413	25 895	99 737	24 630	73 305	49 644
<b>ostatní</b>	3 964	730	2 274	908	9 734	2 939
<b>odpad</b>	5 266	3 473	4 477	4 862	5 382	4 531
Měsíc	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<b>noviny</b>	16 276	0	8 650	0	0	25 184
<b>časopisy</b>	0	0	18 654	18 140	0	12 729
<b>letáky</b>	0	0	0	0	0	3 367
<b>směs</b>	0	0	3 397	0	458 146	1 409
<b>směs G</b>	556 359	932 202	1 268 048	1 432 566	981 103	829 471
<b>lepenka</b>	49 021	95 129	6 297	72 046	75 952	86 642
<b>ostatní</b>	4 409	865	28 960	4 006	2 724	2 785
<b>odpad</b>	3 027	4 949	6 800	7 028	7 250	5 891

**Zdroj: Bilik, P., podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.**

**Tab. 18: Nákupní ceny nevytříděného materiálu v Kč.kg<sup>-1</sup> v roce 2012**

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
noviny	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40	2,20	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00	2,20
časopisy	2,00	2,00	2,40	2,40	2,40	2,20	1,80	1,80	2,00	2,00	2,00	2,00
letáky	1,60	1,60	2,00	2,00	2,00	1,60	1,50	1,50	1,80	1,80	1,80	1,60
směs	1,50	1,50	2,00	2,00	2,00	1,60	1,50	1,50	1,80	1,80	1,80	1,60
lepenka	1,00	1,00	1,50	2,00	1,60	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
ostatní	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Zdroj: Bilik, P., podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.

**Tab. 19: Prodejní ceny naskladněného vytříděného materiálu v Kč.kg<sup>-1</sup>**

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
noviny	2,85	2,85	3,10	3,10	3,10	2,80	2,70	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80
časopisy	2,35	2,35	3,00	3,00	3,00	2,80	2,75	2,85	2,85	2,85	2,85	2,85
letáky	2,25	2,35	2,85	2,85	2,85	2,75	2,65	2,75	2,75	2,75	2,75	2,65
směs	1,70	1,80	2,30	2,30	2,30	2,30	2,20	2,50	2,50	2,50	2,50	2,40
lepenka	2,40	2,40	2,60	2,60	2,60	2,40	2,00	2,50	2,50	2,50	2,50	2,50
ostatní	1,10	1,10	1,50	1,50	1,50	1,20	1,00	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20

Zdroj: Bilik, P., podle CIUR a.s., Výkazy produkce třídící linky, 2013.

#### 5.4.2 Stanovení celkových investičních nákladů

##### Investiční zdroje

Investici bude hradit společnost kompletně ze svých zdrojů.

##### Odpisový plán

Investice spadá do 2. odpisové skupiny. Bude se odepisovat rovnoměrně. V Tab. 20 je uveden odpisový plán investice. Majetek se bude odepisovat 5 let.

**Tab. 20: Odpisový plán investice, hodnoty jsou v Kč**

Rok	Odpis	Oprávký	Zůstatková cena
1	456 500	456 500	3 693 500
2	923 375	1 379 875	2 770 125
3	923 375	2 303 250	1 846 750
4	923 375	3 226 625	923 375
5	923 375	4 150 000	0

### Bilance nákladů a výnosů

Za rok 2012 byl nakoupen materiál za 23 357 310,- Kč. Výkupní ceny v roce 2012 jsou uvedeny v Tab. 18. Po zvýšení produkce v roce 2013 bude nakoupen materiál k vytřídění celkem za 34 096 777,- Kč. K tomu je třeba započítat cenu dopravy z třídící haly do skladu, která je 0,20,- Kč za kg pro směs G, náklady na naskladněný materiál jsou pro rok 2012 25 593 728,- Kč a 36 333 194,- Kč pro rok 2013.

Fixní náklady zahrnují náklady na energii, mzdové náklady, režijní náklady atd.

Výnosy tvoří prodej vytříděných surovin noviny, časopisy, letáky, směs, lepenka a ostatní, dále zvýšení zásob směsi G.

Vynásobí-li se příslušející si položky z Tab. 17 s těmi z Tab. 19 a výsledky se sečtou, získá se objem výnosu tržeb za prodaný vytříděný materiál ve výši 4 177 556,50,- Kč. Naskladněná surovina směs G za rok 2012 měla hodnotu 28 049 552,- Kč. Celkem tedy výnosy z třídící linky za rok 2012 činí 32 227 108,20,- Kč.

Od roku 2013 se plánuje zvýšení produkce směsi G o 6 256 tun, což představuje nárůst výnosů na 47 710 708,- Kč.

Příklad výpočtu ceny suroviny:

Upravená surovina směs by se vykoupila od dodavatele za 2,50 Kč.kg<sup>-1</sup>. K tomu se přičítají náklady na přepravu 0,20 Kč.kg<sup>-1</sup>, celkem by tedy společnost za nákup suroviny zaplatila 2,70,- Kč.kg<sup>-1</sup>.

Společnost nakoupí neupravenou směs za 1,30,- Kč.kg<sup>-1</sup>. K tomu se připočtou variabilní náklady na drcení 0,30,- Kč.kg<sup>-1</sup>, na lisování 0,50,- Kč.kg<sup>-1</sup> a na přepravu 0,20,- Kč.kg<sup>-1</sup>.

Cena je 2,30 Kč.kg<sup>-1</sup> oproti 2,70 Kč.kg<sup>-1</sup> nakoupené suroviny. Tento rozdíl je různý pro období v roce a u různých surovin.

Uvažuje se s roční úrokovou sazbou 2 %. Bilance výnosů a nákladů pro dobu životnosti investice je uvedena v Tab. 21.

**Tab. 21: Bilance výnosů a nákladů v Kč**

	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Výnosy</b>	47 710 708	48 187 815	48 669 693	49 156 390	49 647 954
<b>Nákup materiálu</b>	36 333 194	37 059 858	37 801 055	38 557 076	39 328 218
<b>Odpisy</b>	456 500	923 375	923 375	923 375	923 375
<b>Fixní náklady</b>	7 476 400	7 625 928	7 778 447	7 934 015	8 092 696
<b>Náklady celkem</b>	44 266 094	45 609 161	46 502 877	47 414 467	48 344 288
<b>Zisk</b>	3 444 614	2 578 654	2 166 817	1 741 924	1 303 666
<b>Daň z příjmu</b>	654 477	489 944	411 695	330 965	247 696
<b>Čistý zisk</b>	2 790 137	2 088 710	1 755 121	1 410 958	1 055 969
<b>Cashflow</b>	-248 886	3 502 029	3 090 192	2 665 299	2 227 041
<b>Kumulativní Cashflow</b>	-248 886	3 253 143	6 343 335	9 008 633	11 235 674

### 5.4.3 Posouzení ekonomické efektivnosti investice

#### Čistá současná hodnota

Čistá současná hodnota investice vyjadřuje rozdíl mezi současnou hodnotou výnosů investice a současnou hodnotou investičních výdajů na pořízení investice. Vypočítá se jako

$$CSH = \sum_{k=1}^M \frac{CF_k}{(1+i)^k} - IV \quad [11]$$

kde

$CSH$  [Kč] Čistá současná hodnota

$CF_k$  [Kč] Cashflow v k-tém roce

$IV$  [Kč] Investiční výdaje

$i$	[-]	Úroková sazba
$M$	[-]	Počet let hodnocení provozu investice

Čistá současná hodnota investice po 5 letech je 6 716 165,- Kč.

### Index rentability

Index rentability je podíl současné hodnoty cashflow a investičních výdajů.

$$IR = \frac{SHCF}{SHIV} \quad [12]$$

kde

$IR$	[-]	Index rentability
$SHCF$	[Kč]	Současná hodnota cashflow
$IV$	[Kč]	Současná hodnota investičních výdajů

Index rentability po 5 letech (životnosti investice) je 2,5.

### Diskontovaná doba návratnosti investice

Diskontovaná doba návratnosti vyjadřuje čas, za který se diskontovaný kumulovaný cashflow vyrovná investičním nákladům. Vypočítá se jako

$$dDN = \frac{IN}{dCF} \quad [13]$$

kde

$dDN$	[rok]	Diskontovaná doba návratnosti
$IN$	[Kč]	Investiční náklady
$dCF$	[Kč.rok <sup>-1</sup> ]	Diskontovaný cashflow

Z Tab. 21 vyplývá, že doba návratnosti je mezi prvním a druhým rokem. Konkrétně to je 1 rok a 2 měsíce.

### Vnitřní výnosové procento

Vnitřní výnosové procento vyjadřuje míru zhodnocení investice s ohledem na časovou hodnotu peněz. Vypočítá se jako fiktivní diskontní míra cashflow. Stanovení vychází ze vztahu

$$CSH = \sum_{k=1}^5 \frac{CF_k}{(1 + VVP)^k} - IN \quad [14]$$

kde

VVP [Kč]                      Vnitřní výnosové procento,

přičemž se čistá současná hodnota blíží nule. Metodou iterace bylo stanoveno vnitřní výnosové procento 36,5 %.

#### 5.4.4 Shrnutí ekonomického posouzení

Pokud je čistá současná hodnota investice kladná, značí to, že investice je výhodná. Pro investici mluví i index rentability, který v tomto konkrétním případě říká, že za pět let se investice vrátí 2,5krát. Investice se doporučuje, pokud je doba návratnosti investice nejméně polovina životnosti investice, v tomto případě odpovídá doba návratnosti zhruba čtvrtině životnosti. Investice se také považuje za přijatelnou, je-li vnitřní výnosové procento vyšší, než diskontní míra stejně rizikových investic, v tomto případě lze uvažovat 36,5 % za ukazatel hovořící pro investici.

## 6 Závěr a diskuze

Spotřeba papíru, jak bylo blíže popsáno v úvodu, dlouhodobě stabilně roste (s výjimkou let 2008 až 2010). Současně s tím roste i množství papírového odpadu. Proto je třeba uvažovat nad jeho využitím. Jako nejvýhodnější se jeví materiálové využití při výrobě nového papíru nebo lepenky. Pro odpadní papír s krátkými celulóзовými vlákny, který se jako surovina k výrobě nového papíru nehodí, existuje využití ve formě výroby průmyslových surovin, popsaných v kapitole 3.2.8. Jakékoli výrobě, která má za vstupní surovinu odpadový papír, musí předcházet jeho třídění. To platí zejména pro výrobu průmyslových vláken.

Cílem této práce bylo navrhnout inovaci linky na třídění odpadního papíru a lepenky firmy Ciur a.s., která se nachází v Brandýse nad Labem. Důvodem inovace je předpokládané zvýšení množství zpracovávaného materiálu. V práci byly popsány techniky a technologie používané při nakládání s papírovým odpadem (tzn. při jeho využití, odstranění nebo úpravě). Zvláštní pozornost byla věnována třídírnám odpadního papíru a lepenky.

Vlastní měření probíhalo ve třech listopadových dnech roku 2012. Byla stanovena závislost hmotnosti, resp. objemové hmotnosti, slisovaného balíku na jeho materiálovém složení, což je důležitým faktorem při posuzování hospodárnosti manipulace a přepravy balíků.

Předmětem návrhu inovace byla výměna lisu za výkonnější. Protože jedním z nejdůležitějších prvků inovované linky je dopravník předcházející lisu, byl podroben teoretickému rozboru a bylo ověřeno, že stávající pohon dopravníku bude i nadále výkonově vyhovovat.

Dále bylo provedeno výběrové řízení, do kterého byly zařazeny tři lisy podle vybraných parametrů. Multikriteriálním bodovacím hodnocením byl vybrán lis HSM VK 6012, jehož dodavatelem je firma LFM-Servis s.r.o.

Inovace byla zhodnocena čtyřmi ekonomickými ukazateli. Podle všech ukazatelů je přínosné do inovace investovat.

Zpracování odpadového papíru je moderní a stále se rozvíjející odvětví, proto se vyplatí stávající provozy inovovat.

## Seznam literatury

### Tištěné Zdroje

1. ALTMANN, Vlastimil, Petr VACULÍK a Miroslav MIMRA. *Technika pro zpracování komunálního odpadu: vědecká monografie*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2010, 120 s. ISBN 978-80-213-2022-2.
2. ĎURKOVIČ, Oto. *Dopravní a manipulační stroje*. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská, Technická fakulta, 1995, 223 s. ISBN 80-213-0134-1.
3. FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011, 408 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3293-0.
4. GEMRICH, Jan, Petr SCHLATTAUER a Jiří JUNGSMANN. Spoluspalování produktů MBÚ při výrobě cementu. *Odpady: Odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii*. Praha: Economia, a.s, 2009, roč. 2008, č. 12. ISSN 1210-4922.
5. KORDA, Josef. *Papírenská encyklopedie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1992, 469 s. ISBN 80-030-0647-3.
6. MCKINNEY, R. et al. *Technology of paper recycling*. New York: Chapman, 1995, xiv, 401 p. ISBN 07-514-0017-3.
7. MÜLLER, Miroslav. *Zpracovny nekovového odpadu*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta, katedra materiálu a strojírenské technologie, 2008, 154 s. ISBN 978-80-213-1840-3.
8. PAČESOVÁ, Terezie. Každá země řeší MBÚ jinak. *Odpady: Odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii*. Praha: Economia, a.s, 2008, roč. 2008, č. 2. ISSN 1210-4922.
9. POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003, 104 s. ISBN 80-248-0493-X.
10. Průmysl papíru a celulózy v Evropě. *Papír a celulóza*. 2013, č. 01, s. 4. ISSN 0031-1421.
11. ROŠOCHATECKÁ, Eva. *Ekonomika podniků*. Vyd. 7. V Praze: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2006, 196, [9] s. ISBN 80-213-1482-6.
12. Rozvlákněný starý papír se uplatní i na dálnicích. *Odpady: Odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii*. Praha: Economia, a.s, 2003, roč. 2008, č. 12. ISSN 1210-4922.
13. SMEJTKOVÁ, Andrea a DOBIÁŠ, Jaroslav. *Obaly a obalová technika*. Vyd. 1. V Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2004, 119 s. ISBN 80-213-1315-3.

14. SVOBODA, Jan. *Magnetic techniques for the treatment of materials*. Boston: Kluwer Academic Publishers, c2004, xii, 642 p. ISBN 14-020-2107-0.
15. ŠMEJKAL, Miroslav. Brikety ze starého papíru pro energetické využití. *Odpady: Odborný časopis pro odpadové hospodářství a ekologii*. Praha: Economia, a.s, 2009, roč. 2009, č. 4. ISSN 1210-4922.
16. Tissue papír a jeho spotřeba ve vybraných zemích. *Papír a celulóza*. 2011, č. 01, s. 1. ISSN 0031-1421.
17. TYMICH, J. Sběrový papír a jeho využití II. *Papír a celulóza*. 2011, č. 02. ISSN 0031-1421.
18. TYMICH, J. Sběrový papír a jeho využití. *Papír a celulóza*. 2011, č. 01. ISSN 0031-1421.
19. Vývoj papírenského průmyslu ve světě. *Papír a celulóza*. 2011, č. 01, s. 4. ISSN 0031-1421.

#### Internetové Zdroje

20. ALTMANN, Vlastimil, MIMRA, Miroslav: Kompostování papíru a lepenky. *Biom.cz* [online]. 2012-11-26 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/kompostovani-papiru-a-lepenky>>. ISSN: 1801-2655.
21. Automatic Horizontal Baling Press. TECHGENE MACHINERY CO., Ltd. *Techgene Machinery Co., Ltd.* [online]. 2013 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: [http://www.techgene.com.tw/en/product/Automatic-Horizontal-Baling-Press/tg\\_007.html](http://www.techgene.com.tw/en/product/Automatic-Horizontal-Baling-Press/tg_007.html)
22. BURÁŇ, František. Celý sortiment. *Ciur a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-12-19]. Dostupné z: <http://ciur.cz/titulni-strana/produkty>
23. BURÁŇ, František. Představení firmy. *Ciur a.s.* [online]. 2010 [cit. 2012-12-19]. Dostupné z: <http://ciur.cz/spolecnost>
24. BURÁŇ, František. Představení firmy. *Ciur a.s.* [online]. 2012 [cit. 2012-12-19]. Dostupné z: <http://ciur.cz/spolecnost/obsah/historie-v-datech>
25. Diskové dovlákňovače a mlecí stroje. PAPCEL. *Výroba papírenských strojů, stroje pro přípravu látky prodej papírenských strojů* [online]. 2012 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.papcel.cz/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/diskove-dovlaknovace-a-mleci-stroje/>

26. GB-7575F-II. GODSWILL PAPER MACHINERY CO., Ltd. *Godswill Paper Machinery Co., Ltd.* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.recycling-machine-manufacturer.com/automatic-baling-press/02.htm>
27. HSM VK 5512. LFM-SERVIS S.R.O. *LFM* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.lfm.cz/cz/produkty/lisy-odpadu/hsm-vk-5512.html>
28. HSM VK 6012. LFM-SERVIS S.R.O. *LFM* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.lfm.cz/cz/produkty/lisy-odpadu/hsm-vk-6015.html>
29. Informační systém odpadového hospodářství. MŽP ČR. *Ministerstvo životního prostředí České republiky* [online]. 2012 [cit. 2013-04-03]. Dostupné z: <http://isoh.cenia.cz/groupisoh/fin.php>
30. KILBY, Eric a Ariane CRÈVECOEUR. CEPI. *Key Statistics 2011*. 2012. Dostupné z: [www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key Statistics 2011 FINAL.pdf](http://www.cepi.org/system/files/public/documents/publications/statistics/Key%20Statistics%202011%20FINAL.pdf)
31. Nízkokonzistenční vertikální rozvlákňovač LCV. PAPCEL. *Výroba papírenských strojů, stroje pro přípravu látky prodeje papírenských strojů* [online]. 2012 [cit. 2013-04-05]. Dostupné z: <http://www.papcel.cz/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/produkty-pripravna-latky-stroje/nizkokonzistencni-vertikalni-rozvlaknovac-lcv/>
32. NOVÁK, Jan. TZB-INFO. *Výhřevnost paliv* [online]. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
33. ONP screen. BOLLEGRAAF RECYCLING SOLUTIONS. *Bollegraaf Recycling Solutions* [online]. [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.bollegraaf.com/en/product-categorieen/star-screenr/onp-screen>
34. PaperSpike. BOLLEGRAAF RECYCLING SOLUTIONS. *Bollegraaf Recycling Solutions* [online]. [cit. 2013-03-30]. Dostupné z: <http://www.bollegraaf.com/en/product-categorieen/paperspiker>
35. Příjmový stůl GASSNER. WINCORP AGRI, spol. s r.o. [online]. [cit. 2012-01-05]. Dostupné z: [http://www.wincorp.cz/wincorp/?page\\_id=90](http://www.wincorp.cz/wincorp/?page_id=90)
36. Refuse-derived fuel. *Wikipedia* [online]. 2013 [cit. 2013-03-24]. Dostupné z: [http://en.wikipedia.org/wiki/Refuse-derived\\_fuel](http://en.wikipedia.org/wiki/Refuse-derived_fuel)

37. ROUČKA, Roman. Zařízení, které uspokojí i nejnáročnější. *Komunalweb* [online]. 2009 [cit. 2013-03-27]. Dostupné z: [http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Zarizeni-ktere-uspokoji-i-nejnarocnejsi\\_\\_s317x32833.html](http://www.komunalweb.cz/archiv-novinek/Zarizeni-ktere-uspokoji-i-nejnarocnejsi__s317x32833.html)
38. SKOVAJSA, Bronislav. *Papírové brikety* [online]. 2012 [cit. 2012-12-10]. Dostupné z: <http://www.papirovebrikety.eu/brikety/>
39. STEINERT: *Induktionsortiersystem ISS®* [online]. [cit. 2013-03-14]. Dostupné z: <http://www.steinert.de/de/home/produkte/induktionsortiersystem-issr/>
40. Vaz 1800. VECOPLAN. *Vecoplan* [online]. 2010 [cit. 2013-03-31]. Dostupné z: [http://www.vecoplan.de/en\\_010204vaz1800.htm](http://www.vecoplan.de/en_010204vaz1800.htm)

### **Právní předpisy a normy**

41. ČSN EN 643. *Papír a lepenka - Evropský seznam normalizovaných druhů sběrového papíru a lepenky*. Praha: Český normalizační institut, 2002.
42. ČSN ISO 4046-4. *Papír, lepenka, vlákniny a souvisící názvosloví - Slovník - Část 4: Druhy papíru a lepenky a zpracovávaných výrobků*. Praha: Český normalizační institut, 2006.
43. ČSN ISO 5048. *Zařízení pro plynulou dopravu nákladů. Pásové dopravníky s nosnými válečky. Výpočet výkonu a tahových sil*. Praha: Český normalizační institut, 1993.
44. Směrnice Rady 1999/31/ES ze dne 26. dubna 1999 o skládkách odpadů. In: *Úřední věstník L182 , 16/07/1999 S. 0001-0019*. 1999.
45. Vyhláška MŽP č. 381/2001 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů, Seznam nebezpečných odpadů a seznamy odpadů a států pro účely vývozu, dovozu a tranzitu odpadů a postup při udělování souhlasu k vývozu, dovozu a tranzitu odpadů (Katalog odpadů).
46. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. 2001.

### **Firemní materiály**

47. BASSETTO, Václav. CIUR a.s. *Provozní řád: Technologické linky na zpracování odpadového papíru a lepenky na celulózová vlákna, izolační hmoty a granulát, na sběr, výkup a třídění ostatních odpadů*. Brandýs nad Labem, 2008.
48. BOLLEGRAAF RECYCLING SOLUTIONS. Hvězdicová síta. 2012.
49. CIUR a.s. *Výkazy produkce třídící linky*. 2013.
50. CIUR a.s., *Technická dokumentace k třídící lince*, 2009.

51. GOUDSMIT MAGNETIC SYSTEMS. *Magnets for a clearer environment*. Holandsko, 2002.
52. HSM. *HSM Baling Presses: Product Overview*. 2012. Dostupné z:  
[http://en.hsm.eu/service/downloads/brochures/baling-presses/hsm-baling-presses-overview/en-hsm-baling-presses-overview/at\\_download/file](http://en.hsm.eu/service/downloads/brochures/baling-presses/hsm-baling-presses-overview/en-hsm-baling-presses-overview/at_download/file)

## Seznam obrázků

Obr. 1: Vývoj množství výroby a spotřeby papíru a lepenky v rámci CEPI v miliónech tun v letech 1991 až 2011 s vyznačenými trendy vývoje.....	3
Obr. 2: Příklad označování sběrového papíru dle normy ČSN EN 643 .....	9
Obr. 3: Schéma papírenského průmyslu .....	15
Obr. 4: Pracovní ústrojí rozvlákňovače LCV firmy Papcel.....	16
Obr. 5: Diskový dovlákňovač a mlýn D firmy Papcel .....	17
Obr. 6: Příjmový stůl Fördermat "R" firmy Gassner RecTec Maschinenhandel.....	21
Obr. 7: Pracovní ústrojí zařízení PaperSpike (pásový) firmy Bollegraaf .....	23
Obr. 8: Kontinuální lis HSM VK 5212 .....	25
Obr. 9: Třídící kabina shora.....	31
Obr. 10: Poměrné zastoupení jednotlivých druhů vstupních surovin na celkovém vytříděném množství (2012) .....	32
Obr. 11: Průměrná objemová hmotnost jednoho balíku v závislosti na druhu suroviny .....	40

## Seznam tabulek

Tab. 1: Roční spotřeba tissue papíru na jednoho obyvatele dle státu.....	2
Tab. 2: Produkce vybraných druhů papírových odpadů na území ČR v tunách.....	7
Tab. 3: Příklady druhů hvězdic pro hvězdicová síta .....	22
Tab. 4: Rozdělení vstupní suroviny dle ČSN EN 643 .....	28
Tab. 5: Přehled označení dopravníků a technologických zařízení linky .....	29
Tab. 6: Průměrná hodinová produkce balíků dle druhu suroviny.....	32
Tab. 7: Průměrné hmotnostní toky linkou pro jednotlivé druhy surovin (2012) .....	33
Tab. 8: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 5. listopadu.....	37
Tab. 9: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 6. listopadu.....	37
Tab. 10: Hmotnosti balíků v kg slisovaných 7. listopadu.....	38
Tab. 11: Shrnutí produkce lisu za rok 2012 .....	39
Tab. 12: Základní technické parametry lisu HSM VK 5212.....	41
Tab. 13: Základní technické parametry lisu TB-091160/9.....	41
Tab. 14: Základní technické parametry lisu GB-7575F-II.....	42
Tab. 15: Základní technické parametry lisu HSM VK 6015.....	42
Tab. 16: Vyhodnocení výběrového řízení na nový lis .....	43
Tab. 17: Množství vyříděného materiálu v jednotlivých měsících roku 2012 v kg .....	44
Tab. 18: Nákupní ceny nevyříděného materiálu v Kč.kg <sup>-1</sup> v roce 2012 .....	45
Tab. 19: Prodejní ceny naskladněného vyříděného materiálu v Kč.kg <sup>-1</sup> .....	45
Tab. 20: Odpisový plán investice, hodnoty jsou v Kč .....	46
Tab. 21: Bilance výnosů a nákladů v Kč .....	47

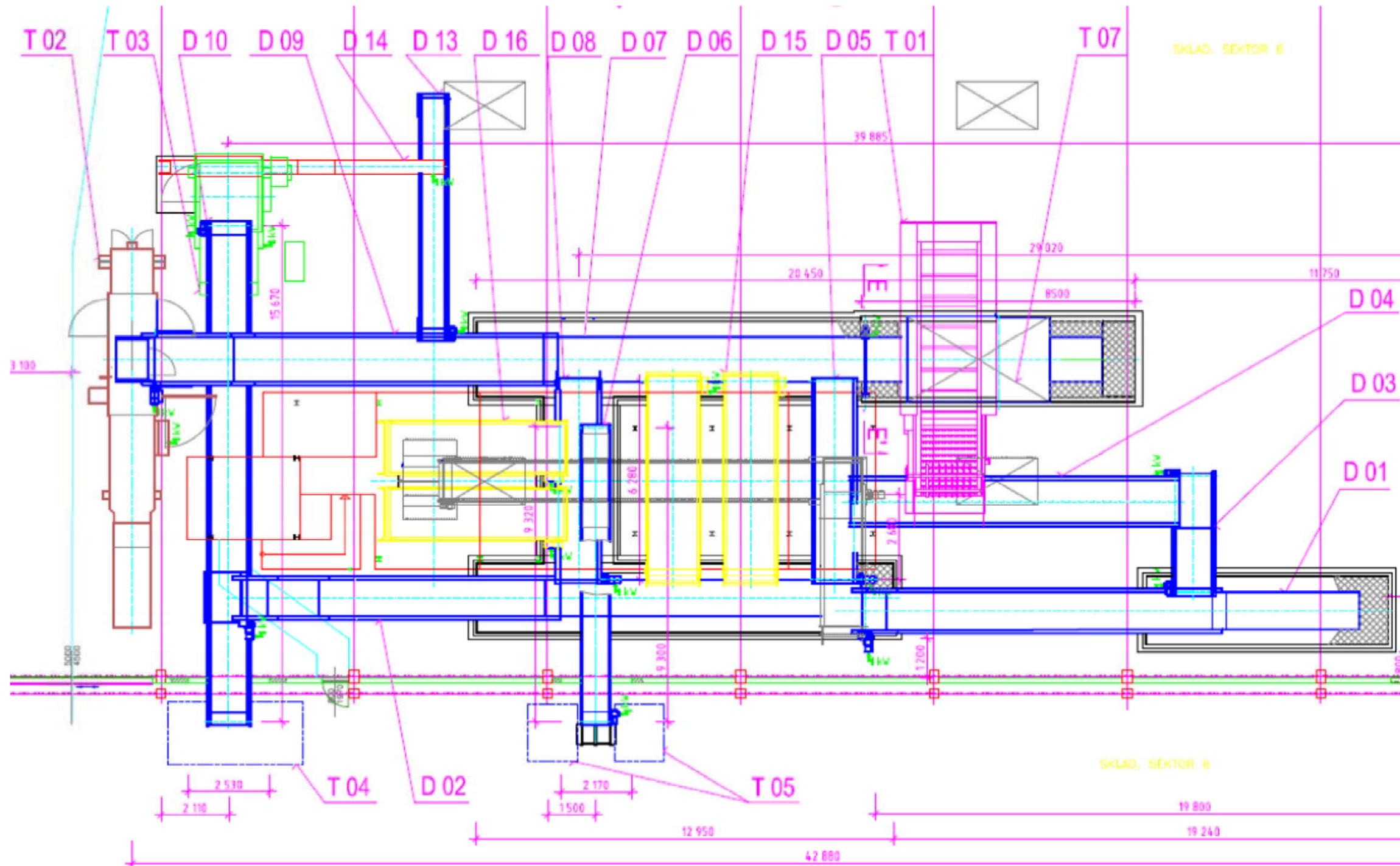
## Seznam použitých symbolů

$b$	[m]	Ložná šířka pásu
$B$	[m]	Zvolená šířka pásu
$B_1$	[m]	Předběžná šířka pásu
$c$	[-]	Součinitel tření mezi pryžovým pásem a ocelovým plechem
$c$	[-]	Součinitel tření mezi pryžovým pásem a ocelovým plechem
$CF_k$	[Kč]	Cashflow v k-tém roce
$CSH$	[Kč]	Čistá současná hodnota
$d$	[m]	Tloušťka pásu
$D$	[m]	Průměr bubnu
$d$	[m]	Tloušťka pásu
$D$	[m]	Průměr bubnu
$d_0$	[m]	Průměr hřídele v ložisku
$d_0$	[m]	Průměr hřídele v ložisku
$dCF$	[Kč.rok <sup>-1</sup> ]	Diskontovaný cashflow
$dDN$	[rok]	Diskontovaná doba návratnosti
$f$	[-]	Globální součinitel tření
$F$	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu
$f$	[-]	Globální součinitel tření
$F$	[N]	Průměrný tah v pásu na bubnu
$F_H$	[N]	Hlavní odpor
$F_N$	[N]	Vedlejší odpory
$F_{St}$	[N]	Odpor k překonání dopravní výšky
$F_U$	[N]	Potřebná obvodová síla na poháněcím bubnu
$g$	[m.s <sup>-2</sup> ]	Tíhové zrychlení
$H$	[m]	Dopravní výška
$H_q$	[kg.h <sup>-1</sup> ]	Výkonnost hodinová
$i$	[-]	Úroková sazba
$IN$	[Kč]	Investiční náklady
$IR$	[-]	Index rentability
$IV$	[Kč]	Investiční výdaje
$IV$	[Kč]	Současná hodnota investičních výdajů
$L$	[m]	Délka dopravníku
$M$	[-]	Počet let hodnocení provozu investice

$m_b$	[kg]	Hmotnost balíku suroviny směs
$\overline{m_{bl}}$	[kg]	Průměrná hmotnost balíku suroviny směs
$m_{bi}$	[kg]	Hmotnost i-tého balíku suroviny směs
$m_{RU}$	[kg]	Hmotnost rotujících částí válečků dolní větve
$N$	[-]	Počet vážených balíků
$n_U$	[-]	Počet válečků dolní větve
$P$	[W]	Potřebný provozní výkon pohonu pásového dopravníku
$Q$	[kg.s <sup>-1</sup> ]	Výkonnost sekundová
$q_B$	[kg.m <sup>-1</sup> ]	Hmotnost jednoho metru dopravního pásu
$q_B$	[kg.m <sup>-1</sup> ]	Hmotnost jednoho metru pásu
$S$	[m <sup>2</sup> ]	Průřez náplně pásu
$SHCF$	[Kč]	Současná hodnota cashflow
$\overline{s_{mb}}$	[kg]	Směrodatná odchylka aritmetického průměru hmotností balíků
$v$	[m.s <sup>-1</sup> ]	Rychlost pásu
$VVP$	[Kč]	Vnitřní výnosové procento
$\alpha$	[°]	Sypný úhel přepravovaného materiálu
$\alpha$	[°]	Sypný úhel přepravovaného materiálu
$\delta$	[°]	Úhel sklonu dopravníku
$\Delta_k$	[m]	K-tá odchylka
$\eta$	[-]	Účinnost elektromotoru
$\eta$	[-]	Účinnost elektromotoru
$\rho$	[kg]	Sypná hmotnost dopravovaného materiálu

## **PŘÍLOHOVÁ ČÁST**

**Příloha 1 – Schéma třídící linky, pohled shora**



D01	Pásový dopravník příjmový
D02	Pásový dopravník příjmový
D03	Pásový dopravník
D04	Pásový dopravník reverzní
D05	Pásový dopravník reverzní
D06	Pásový dopravník
D07	Pásový dopravník
D08	Pásový dopravník reverzní
D09	Pásový dopravník
D10	Pásový dopravník reverzní
D11	Pásový dopravník přebírací
D12	Pásový dopravník
D13	Pásový dopravník reverzní
D14	Redler
D15	Zásobníkový dopravník s posuvným dnem reverzní 2ks
D16	Zásobníkový dopravník s posuvným dnem 2ks
T01	Příjmový stůl Gassner Fördermat „R“
T02	Kontinuální lis HSM VK 5212
T03	Drtič VAZ 1800 KT
T04, T05	Kontejnery
T07	Zasouvací podlaha s reverzním motorem