

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů**

**Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin**



**Fakulta agrobiologie,  
potravinových a přírodních zdrojů**

**Nakládání s odpadním papírem**

**Bakalářská práce**

**Petra Franců**

**Ochrana krajiny a využívání přírodních zdrojů**

**Vedoucí práce: doc. Ing. Aleš Hanč, Ph.D.**

**Konzultant: Ing. Tereza Hřebečková, Ph.D.**



## **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Nákládání s odpadním papírem" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 22.4.2022

---

## **Poděkování**

Ráda bych touto cestou poděkovala vednoucím bakalářské práce doc. Ing. Alešovi Hančovi, Ph.D. a konzultance Ing. Tereze Hřebečkové, Ph.D. za cenné rady a věnovaný čas při vedení mé bakalářské práce.

# Nakládání s odpadním papírem

## Souhrn

Práce se zabývá nakládáním s odpadním papírem. V úvodní části je popsána historie papíru. Dále je představen proces výroby papíru spolu s vysvětlením pojmů celulóza a buničina, s informacemi o odpadech, které mohou vznikat při výrobním procesu. Následně je dopodrobna rozebrána charakteristika papíru a jeho význam v každodenním životě. Jsou představeny jednotlivé druhy papíru včetně nasávané kartonáže a uvedené jednotlivé vlastnosti papíru.

V další části práce je pozornost věnována, sběru, třídění, recyklaci a následnému využití odpadového papíru.

Existuje celá řada efektivních systémů sběru papíru. V práci je popsán sběr donáškový, odvozový, pytlový a mobilní. Jsou uvedeny základní informace o jednotlivých způsobech sběru, a jejich přednosti a nedostatky, se kterými se daný sběr potýká. V kapitole o sběru je zmíněna společnost Eko-kom, která zajišťuje zpětný odběr a využití odpadů z obalů.

Třídění papíru je významným klíčem k dosažení udržitelného životního prostředí. V práci jsou popsány postupy při třídění, včetně informací ohledně symbolů na obalech, které také napomáhají ke správnému třídění. Symboly na obalech hrají zásadní roli při třídění a sběru, neboť občas není lehké rozpoznat, z čeho byl daný produkt vyroben.

Recyklace je nejlepší současné řešení spojené s odstraněním odpadů. Je zde vysvětlen pojem recyklovaný papír, a s ním i jeho výhody a přínosy vzhledem k životnímu prostředí. V této kapitole jsou napsány informace o procesech potřebných při recyklaci. Dále jsou vypsány vhodné a nevhodné materiály k recyklaci. Jsou zde také uvedeny ekonomické a environmentální výhody, které jsou spojené s procesem recyklace. Recyklace a následná obnova přispívá ke snížení objemu komunálního odpadu.

Poslední kapitola je věnována tématu nakládáním s odpadním papírem. Odpadní papír je sice levná surovina, ale jeho hodnota je plusová. V této kapitole dochází k vysvětlení pojmů recyklovatelný a nerecyklovatelný odpadní papír. Odpadní papír je přínosný zejména ve stavebnictví. Ve stavebnictví se neustále využívají materiály, které jsou udržitelné a snižují negativní dopad z hlediska neobnovitelných zdrojů. V práci je podrobně popsána izolace z celulóзовých vláken, akustické izolační desky, papírové desky či omítka obohacená o odpadní papír. Nerecyklovatelný odpadní papír již nelze vhodně využít. Nerecyklovatelný papír lze skládkovat a spalovat. Nerecyklovatelný odpadní papír, stejně jako jakýkoliv odpad, lze kompostovat a vermikompostovat. Výsledkem těchto procesů je hnojivo, které lze dále využívat.

**Klíčová slova:** papír; odpad; obal; recyklace

# Waste paper handing

## Summary

The work deals with waste paper management. The introduction describes the history of paper. Furthermore, the paper-making process is introduced, together with an explanation of the terms cellulose and pulp with information on waste that can be created during the manufacturing process. Subsequently, the characteristics of paper and its significance in everyday life are discussed in detail. The individual types of paper, including pulp moulding, and the individual properties of paper are introduced.

In the next part of the work, attention is paid to the collection, sorting, recycling and subsequent use of waste paper.

There are a number of efficient paper collection systems. The work describes the different methods of waste collection: sorting, removal, bag drop-offs and mobile collection. Basic information about individual methods of collection is given, and their advantages and disadvantages pertaining to each type. The chapter on waste collection mentions Eko-kom, which ensures the take-back and utilisation of packaging waste.

Paper sorting is essential in achieving a sustainable environment. The work describes the procedures for sorting, including information about the symbols on the packaging, which also help to sort correctly. The symbols on the packaging play a crucial role in sorting and collection, as it is sometimes isn't so easy to identify what the product was originally made of.

Recycling of paper waste is the best current solution to waste disposal. The concept of recycled paper is explained here, as well as its advantages and benefits with respect to the environment. This chapter provides information on the processes needed for recycling. Suitable and unsuitable materials for recycling are also listed. There are also economic and environmental benefits associated with the recycling process. Recycling and subsequent recovery contributes to reducing the volume of municipal waste

The last chapter is devoted to the topic of waste paper management. Waste paper is a cheap raw material, but it has a positive value. This chapter explains the concept of recyclable and non-recyclable waste paper. Waste paper is especially beneficial in construction. The construction industry constantly uses materials that are sustainable and reduce the negative impact in terms of non-renewable resources. The work describes in detail the insulation made from cellulose fibres, acoustic insulation boards, paper boards and plasterboard. Non-recyclable waste paper can no longer be used properly. Non-recyclable paper can be landfilled and incinerated. Non-recyclable waste paper, like any waste, can be composted and decomposed (vermi-composting). The result of these processes is a fertiliser that can be further used.

**Keywords:** paper; waste; packing; recycling

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>Cíl práce</b>	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>Literární rešerše</b>	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Historie</b>	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Výroba papíru</b>	<b>12</b>
3.2.1	Toky materiálů v papírenském průmyslu	13
3.2.2	Buničina	13
3.2.3	Celulosa	14
3.2.4	Odpady vznikající při výrobě papíru	14
3.2.5	Energetická náročnost při výrobě papíru	15
<b>3.3</b>	<b>Charakteristika papíru</b>	<b>16</b>
3.3.1	Papírové materiály	17
3.3.1.1	Druhy papírů	17
3.3.1.2	Druhy kartónů	22
3.3.1.3	Druhy lepenky	22
3.3.2	Nasávaná kartonáž	23
3.3.3	Vlastnosti papíru	24
3.3.3.1	Fyzikální vlastnosti papíru	24
3.3.3.2	Mechanické vlastnosti papíru	25
3.3.3.3	Chemické vlastnosti papíru	26
<b>3.4</b>	<b>Sběr papíru</b>	<b>26</b>
3.4.1	Donáškový způsob sběru	27
3.4.1.1	Přednosti a nedostatky donáškového způsobu sběru	27
3.4.2	Odvozový způsob sběru	28
3.4.2.1	Přednosti a nedostatky odvozového způsobu sběru	28
3.4.3	Pytlový způsob sběru	28
3.4.3.1	Přednosti a nedostatky pytlového sběru	29
3.4.4	Mobilní sběr papíru	29
<b>3.5</b>	<b>Třídění, recyklace a jiné využití</b>	<b>29</b>
3.5.1	Třídění	30
3.5.1.1	Symboly na obalech	31
3.5.2	Recyklace	32
3.5.2.1	Ekonomická a environmentální pozitiva při recyklaci papíru	34
<b>3.6</b>	<b>Nakládání s odpadním papírem</b>	<b>34</b>

3.6.1	Odpadní papír ve stavebnictví.....	34
3.6.1.1	Izolace z celulózových vláken.....	35
3.6.1.2	Akustické izolační desky.....	36
3.6.1.3	Papírový beton.....	37
3.6.1.4	Omítka obohacená odpadním papírem.....	37
3.6.2	Nakládáním s nerecyklovatelným odpadním papírem.....	38
3.6.2.1	Kompostování.....	38
3.6.2.2	Vermikompostování .....	38
3.6.2.3	Spalování odpadního papíru.....	39
3.6.2.4	Skládkování odpadního papíru .....	39
<b>4</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>40</b>
<b>5</b>	<b>Literatura .....</b>	<b>41</b>
<b>6</b>	<b>Seznam použitých zkratk a symbolů .....</b>	<b>46</b>



# 1 Úvod

Papír je jeden z nejdůležitějších vynálezů a jedná se o základní komoditu světa. Skutečnost, že používáme dennodenně papír a papírové výrobky, umožňuje snadno podcenit jeho hodnotu a význam (Rojas & Martin 2005).

Zvyšování množství odpadů je vážný problém. Odpady přispívají ke znečištění životního prostředí a vyčerpání přírodních zdrojů. Papír představuje přibližně  $\frac{1}{4}$  celkového množství domovního odpadu. Jeho podíl se neustále zvyšuje, neboť dochází k rozvoji obalové techniky a obalů. Více než polovinu tvoří noviny a časopisy, což odpovídá 4 kg odpadního papíru na domácnost každý týden (Kalpana et al. 2009).

Papír je vyráběný z buničiny, která je získávána převážně ze dřeva, tedy z rostlinných vláken. Buničina se nejčastěji vyrábí z měkkého dřeva, kam se řadí například borovice či smrk. Buničinu lze získat i z dřeva tvrdého, které nalezneme u osiky či břízy (Kuraš 2004).

Největší hmotností část z tříděných odpadů vyrobených domácností představuje papír. Existuje několik systémů sběru papíru a každý způsob má své přednosti i nedostatky. Třídění papíru je významným klíčem k dosažení dobré kvality životního prostředí. Ke správnému třídění napomáhají symboly a značky na papírových obalech, které nám napovídají, jak s daným obalem naložit (Eko-kom 2022).

Opětovné použití a recyklace je nejlepší současné řešení pro snížení problémů s odpady. Zájem o recyklaci neustále stoupá, neboť papír je materiálem s vysokým recyklačním potenciálem (Defalque et al. 2021). Cílem recyklace je získat surovinu s co nejvyšší čistotou a kvalitou. Recyklace umožňuje papírovým výrobkům prodloužit jejich životní cyklus a zajistit opětovné využití (Bobu et al. 2010). Papír nelze recyklovat do nekonečna. Při každé další recyklaci je znát ztráta kvality. Vlákna se při recyklaci zkracují, až se po 6. až 7. recyklaci úplně ztratí. Pro zachování kvality je potřeba přidávat do systému nová, delší vlákna (Villanueva & Wenzel 2007).

Součástí papírenského průmyslu je i odpadní papír. Cena odpadního papíru je velmi nízká, ale stále má plusovou hodnotu a umožňuje s papírem naposledy smysluplně naložit (Liu et al. 2020).

## **2 Cíl práce**

Cílem práce bylo charakterizovat jednotlivé druhy papíru, včetně nasávané kartonáže. V práci jsou popsány možnosti sběru papíru a zdůrazněny přednosti a nedostatky jednotlivých způsobů sběru. Dále je zde popsána recyklace papíru či jiné využití a následné nakládání s odpadním papírem.

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Historie

Papír je jeden z nejdůležitějších vynálezů v historii civilizace, neboť se jedná o základní komoditu světa. Ačkoliv je papír v dnešní době naprosto obyčejnou a prostou věcí, jeho historie je dlouhá tisíce let (Rojas & Martin 2005).

Mezi předchůdce papíru patří bezpochyby papyrus, který si vytvořila stará Egyptská civilizace. Jednalo se o velmi tenkou a lehkou hmotu, na kterou se dalo psát. Papyrus je o něco málo mladší než hliněné destičky mesopotámské, které jsou z doby téměř 3 500 let před našim letopočtem (Rojas & Martin 2005). Dále existoval pergamen, který byl vyroben z kůží zvířat a využíval se k záznamům již v dávném středověku. Pergamen byl oceňován pro svoji pevnost a trvanlivost. Používal se zejména v oblastech, kde nebyl k dispozici vhodnější materiál. Zajímavé je, že výrobci pergamenu se také nazývali papírníky (Filip 1946).

První podrobný popis výroby papíru byl zaznamenán v Číně roku 105 Číňanem Cchan Lunem. Základní myšlenkou výroby bylo vytvořit vodní vláknitou kaši a tu následně odvodnit tak, aby vznikla jednotná vrstva papíru s rovnoměrným rozložením vláken. K odstranění vody se využívaly síta či jakési čerpací formy (Rojas & Martin 2005).

Číňané tajili výrobu papíru do 8. století. Roku 751 Číňané prohráli bitvu u Samarkandu a tento vynález se dostal mezi Arabů. V roce 793 byla v Bagdádu založena výroba papíru, kde pracovali Číňané (Šalda 1962). Zajímavé je, že již v této době Arabové zhotovovali papíry barevné na povrchu. Žlutá barva představovala bohatství, červená představovala štěstí a lidskost a modrá barva představovala smutek. Na modrý papír se psaly rozsudky smrti. Díky Arabům dosáhlo papírnické umění rozmachu a výroba papíru se stala státním monopolem (Filip 1946). Již v této staré době se využívání papíru velmi rychle rozšiřovalo a proto mu Číňané věnovali velkou pozornost. Začali dodávat papíry barevné, balící, vyráběli i papírové ubrousky a jsou zde i první pokusy o toaletní papír. Papír se stal vynikajícím obchodním a vývozním zbožím. Díky vývozu do celé Evropy se stal Damašek proslulým středověkým městem. V 9. století v Egyptě nahradil papír papyrus a v 11. století se znalost jeho výroby dostala do Evropy. K jeho rozšíření přispěla i jeho cena, která byla o poznání nižší než cena pergamenu. Dalším podmětem k jeho využití a uplatnění byl vynález knihtisku (Šalda 1962).

V Čechách vznikla první papírna roku 1499, která byla založena na Zbraslavi za vlády krále Vladislava II. Další papírny vznikly roku 1505 v Trutnově a v Olomouci a koncem 16. století už bylo vybudováno 21 papíren. V 17. století bylo v Čechách 60 papíren a v 18. století dokonce 114 (Šalda 1962).

Významnou papírnu se stala papírna Velké Losiny, která svoji činnost zahájila v období 1591-1596 a funguje dodnes. Během století papírna vystřídala mnoho majitelů a zažila jak roky úspěchu, tak i neúspěchu. V roce 1913 zde byla uvedena do provozu i vodní elektrárna. Tento podnik se řadí k jedněm z nejstarších svého druhu v celé Evropě. Od 70. let 20. století docházelo k mnoha opravám a rekonstrukcím celého areálu a tyto opravy trvají dodnes. Výroba ručního papíru zde probíhá tradičním způsobem z bavlny a lnu. Od roku 2001 byla papírna prohlášena za národní kulturní památku (Ruční papírna Velké Losiny 2022).

## 3.2 Výroba papíru

Papír a lepenka jsou vyráběny z buničiny získávané převážně ze dřeva, tedy z rostlinných vláken. Buničina pochází zejména z měkkého dřeva, kam se řadí například borovice a smrk. Je možné ji získávat z osiky či břízy, které se řadí mezi dřevo tvrdé. Vzácně lze buničinu získat ze slámy nebo trav. Tato vlákna z dřevní hmoty lze získat mechanicky či chemicky (Kuraš 2004).

Papír je vyráběn ze vláken buničiny a jiných lignocelulózových materiálů. Dřevo musí mít vnitřní stavbu a chemické složení takové, aby se dalo mechanicky, chemicky či oběma způsoby rozvláknit a následně zplstít na papírenském stroji, a proto musí mít požadovanou délku a vhodný poměr délky k tloušťce (Škára et al. 1998).

Mechanické rozvláknování získává vlákna při zvýšeném tlaku drcením či mletím dřeva za vysokého výtěžku krátkých vláken. Mechanické rozvláknování je proces využívaný zejména pro izolaci vláken bez přidání chemikálií. Proces zaručuje získání buničiny s vysokou tuhostí, objemovou hmotností a měkkostí, z důvodu přítomnosti ligninu jsou vlákna velmi křehká. Takto vyrobená buničina se zpravidla využívá pro časopisy či noviny (Kuraš 2014). Pro mechanické tiskové papíry je důležitý koeficient rozptylu, délka vláken pro pevnost a hustota pro potiskovatelnost. K bělení buničiny se využívají peroxidy, neboť papír vyžaduje určitou kvalitu (McDonald et al. 2004).

Chemické rozvláknování spočívá v izolaci celulóзовého vlákna chemickou cestou. K tomuto rozvláknování se používá hydroxid sodný, sulfáty nebo sulfity, ty mají za cíl oddělit vlákna celulózy od ligninu a dalších nečistot varem za vysokého tlaku. Převažuje sulfátový proces k výrobě buničiny, sulfitový představuje pouze 10 % produkce buničiny. Buničina ze sulfátového procesu se využívá pro lepenky a obaly potravin, zatímco sulfitová má nižší pevnost a své využití najde jako lesklý papír. Tento druh rozvláknění má menší výtěžek, ale vlákna jsou delší. K bělení se využívají peroxidy stejně jako při získání buničiny mechanickým způsobem (Kuraš 2014). Chemické procesy mají při výrobě buničiny nízkou výtěžnost, ale výsledně vyrobená buničina má vysokou pevnost (Zhang et al. 2022).

Kombinovaný chemickomechanický způsob spočívá v mechanickém rozbrušování dřeva, které je předem chemicky připravené nebo v rozvláknění tvrdých štěpků na diskových rozvláknovačích (Škára et al. 1998).

Dále je potřeba buničinu mechanicky zpracovávat s různou intenzitou podle toho, jaké požadované vlastnosti má mít konečný papír. Vlákno se zpracovává ve vodním prostředí v holandrech či průtočných mlýnech a rafinériích, kde se vlákno krátí, rozčesává, roztlouká, bobtná vodou a následně se rozděluje na ještě menší vlákna podle žádaných vlastností hotových výrobků. Dochází ke směšování různých typů vláknin v daném poměru podle toho, jak má výsledný papír vypadat. Následuje klížení, které zvyšuje odolnost papíru proti vnikání vody a vodních roztoků, a které se provádí přidáním klíždidel do hmoty, povrchovým klížením nebo odlišnou úpravou povrchu. Dalšími úpravami při tomto stupni výroby je plnění minerálními plnivými, přibarvování nebo úplné barvení a konečné čištění. Těmito postupy vzniká vodní suspenze, které se říká papírovina (Škára et al. 1998).

Papírovina se dostává do papírenského stroje, kde se rozprostře na napnuté síto mezi dvěma válci. Řídká papírovina na sítu je dokonale rozprostřená a voda sítem protéká nebo je odsávána. V lisovací části papírenského stroje je odstraňována další voda a papír se zpevňuje a vyrovnává se. Vyrovnaný papír se dostává mezi válce, kde se tlak řídí žádanou výslednou

kvalitou papíru. Na konci této lisovací části stále papír obsahuje vodu, a proto putuje do části sušící, kde je odstraněna přebytečná voda a konečný zůstatek by se měl pohybovat okolo 6-7 %. Papír se dostane mezi sušící bubny, které jsou vytápěné parou při 100°C. Podle potřeby je možno ještě papír na povrchu upravovat, může docházet k povrchovému klížení, povrchovému barvení papíru nebo natíráním barevnými pastami (Škára et al. 1998).

Poslední úpravou je hlazení, neboli kalandrování, což je zušlechťovací proces, kde pás papíru prochází soustavou leštěných válců za působení tlaku podle požadovaných konečných vlastností papíru. Hlazení zlepšuje hladkost povrchu, zvyšuje homogenitu papíru, popřípadě i lesk (Škára et al. 1998).

### **3.2.1 Toky materiálů v papírenském průmyslu**

Materiálový tok představuje pohyb materiálů ve výrobním procesu, který má daný směr, intenzitu, frekvenci a také strukturu. V papírenském průmyslu materiálový tok zahrnuje prvky, jako je primární vlákno, recyklovatelné vlákno, sběrový papír, nevláknité složky či také konečný produkt, kterým je papír. Rámec materiálového toku představuje jakési pomyslné kolo, které nemá přesně daný výchozí, ale ani konečný bod. Nepřetržitě zde probíhá vstup a výstup materiálu, který se vyskytuje nepřetržitě v různých fázích. Také jsou zde různé přítoky a odtoky materiálů, který se pohybují v těchto fázích. Vlákna jsou součástí toku biomasy a pocházejí z jednoletých rostlin a lesů. Vlákna, která byla poprvé použita při výrobě buničiny a papíru, získávají recyklací nový život. Stále je ovšem velmi důležité dodávat primární vlákna do systému, aby nahradil materiál, který byl ztracen během každého recyklačního kola. Spotřebovaný papír mění svoji formu na odpadový papír, který je po sběru a třídění přeměněn na sběrový papír. Sběrový papír se po rozvláknění mění na recyklované vlákno. Toto recyklované vlákno je následně využito jako surovina při výrobě papíru (Ervasti 2016).

### **3.2.2 Buničina**

Buničina je vlákno, které je chemicky vyrobeno ze dřeva nebo jiných rostlinných materiálů. Buničinu lze rozdělit podle původu na krátkovláknitou a dlouhovláknitou a vyrábí se nebělená, polobělená a bělená (Korda 1992).

Vlákna dřevní buničiny jsou obnovitelným zdrojem a využívá se hlavně při výrobě papíru, lepenky nebo hygienických ubrousků. Tato vlákna jsou průmyslově zpracovaná dřevitá vlákna, která mají anizotropní vlastnosti a vzhledem k výrobě obsahují kompozitní vrstvenou strukturu s odlišnou orientací vláken (Czibula et al. 2021).

Ve středu vlákna se nachází dutý prostor, který se nazývá lumen. Buněčná stěna jednotlivých dřevěných vláken je složena celulózových mikrofibril, které jsou nejčastěji obklopené hemicelulózou a ligninem. Buněčná stěna má mnoho různých vrstev, které se odlišují chemickým sloužením, tloušťkou a také uspořádáním celulózových mikrofibril. Prostřední, neboli sekundární vrstva tvoří až 95 % celkové hmotnosti vlákna a v této vrstvě jsou mikrofibrily celulózy velmi vyrovnané a to je důvodem anizotropního mechanického chování vlákna. Při procesu rozvláknění dochází u dřevěného vlákna k několika strukturálním změnám. Primární vrstva se obvykle odstraní během výroby papíru, protože obsahuje vysoké

množství ligninu a náhodné uspořádání fibril. Dochází ke kolapsu lumenu a na mikrostrukturní úrovni se zvyšuje pórovitost v důsledku odstranění ligninu (Czibula et al. 2021).

Při výrobě buničiny lze oddělit celulózová vlákna chemicky či mechanicky. Při chemickém oddělování se dřevěné štěpky vaří při vysokých teplotách ve směsi, která obsahuje hydroxid sodný, sulfid sodný a vodu, zatímco při mechanickém se dřevěné štěpky melou, aby se vlákna od sebe oddělila. Mechanický proces poskytne větší množství buničiny, zatímco chemický proces poskytne vyšší pevnost a buničinu, kterou lze bělit dále na rozdíl od mechanické buničiny (Czibula et al. 2021).

### 3.2.3 Celulosa

Celulóza je polymerní surovina, která se používá především jako materiál ve formě papíru či lepenky nebo ve formě nenarušených dřevěných vláken. Lze ho využít jako výchozí materiál při výrobě umělých vláken a fólií na bázi celulózy. Celulóza je polysacharid a vyskytuje se v různých typech rostlin (Wüstenberg 2014).

Celulóza je považována za jeden z nejrozšířenějších organických polymerů. Jedná se o téměř nevyčerpatelnou polymerní surovinu s kvalitními vlastnostmi, mezi které patří biologická odbouratelnost, hydrofilita a chemická modifikační schopnost. Délka celulózového řetězce se liší podle úpravy suroviny a původu. U dřevní buničiny se délka řetězce pohybuje od 300 do 1700 počtu složek, zatímco u bavlny a dalších rostlinných vláken se hodnoty pohybují od 800 do 10 000. Celulózová vlákna, která byla recyklována, obsahují přibližně 250 až 500 opakujících se jednotek na jeden řetězec (Klemm et al. 2005).

Polymerní struktura byla objasněna již v roce 1920 prací Hermanna Staudingera, který prostřednictvím deacetylace a acetylace celulózy poznal, že se struktura celulózy neskládá pouze z agregace jednotek D-glukózy. Dále bylo zjištěno, že glukózové jednotky jsou navzájem kovalentně spojeny za vzniku dlouhých molekulárních řetězců. Spolu s Staudingerovým výzkumem dalších řetězových molekul to znamenalo objev polymerního stavu molekul, a také to byl počátek vědy o polymerech (Klemm et al. 2005).

Celulózu produkují také některé řasy, houby a bakterie. Tyto celulózové formy jsou často využívány pro vývoj nových materiálů a biomateriálů, a také jako modelové látky pro další výzkum struktury. Na základě toho byla zkoumána biosyntéza celulózy a díky tomu je známo, že biosyntéza celulózy je po více než 3,5 miliardy let součástí životního cyklu sinic (Klemm et al. 2005).

### 3.2.4 Odpady vznikající při výrobě papíru

Mnoho procesů v papírenském a celulózovém průmyslu vede ke vzniku pevných odpadů či kalů. Pevný odpad vzniká především při výrobě buničiny a při čištění odpadních vod. Složení a množství tohoto odpadu závisí nejvíce na použitých surovinách, procesech, na jakosti vyrobeného papíru a na požadovaných vlastnostech konečného papíru. Toky zbytkového odpadu z papíren zahrnují kaly vápenné, kaly z čištění odpadních vod, drť z hašeného vápna a další. Pevné odpady vznikající při výrobě buničiny jsou obecně vlhké a s obsahem organických látek, a značným množstvím popela a v malé míře se zde vyskytují i těžké kovy (Monte 2009).

Prvním typem pevných odpadů jsou tzv. zmetky. Jsou to nečistoty, které se skládají z kusů vláken z písku, skla, plniv, různých činidel a dalších chemikálií. Zmetky mají nízký obsah vlhkosti a nejčastěji se spalují nebo skládkují (Monte 2009).

Dalším odpadem je odbarvovací kal, který zahrnuje zejména vlákna krátká a jemné částice, částice inkoustu, plnidla a další odbarvovací látky. Často se tento kal spaluje, i když má horší výhřevnost, ale své využití nalezne i v průmyslovém cementu, například u keramiky (Monte 2009).

Primární kal se vytváří při čištění procesní vody, například při flotaci rozpuštěného vzduchu. Kal se skládá převážně z jemných látek a plniv. Primární kal se pro využití u kvalitních produktů smíchává se sekundárním kalem nebo se využívá do procesu lepenkového průmyslu (Monte 2009).

Sekundární kal neboli biologický kal vzniká v čističce biologických jednotek čistírny odpadních vod. Oproti primárnímu kalu je sekundárního kalu mnohem méně, neboť většina rizikových a anorganických látek je zachycena v primárním čističi. Sekundární kal lze recyklovat na produkt, spalovat nebo skládkovat (Monte 2009).

V průmyslu celulózy a papíru představuje kal největší zbytkový odpad. Celkový odpad je velmi těžko dohledatelný, neboť papírny využívají vnitřní zpracování procesů, které snižují celkové množství pevných odpadů. Například zbytky kůry jsou spalovány v kotli na kůru a tak se z odpadu stane popel. Úplně stejný proces může platit pro spalování kalů (Monte 2009).

Dále se papírenský průmysl vyznačuje velkým množstvím spotřeby vody a tím i vysokou mírou tvorby odpadních vod, které se týkají znečištění vody. Zejména při procesu bělení a rozvláknování je za potřebí velké množství vody. V důsledku toho vzniká stejné množství odpadních vod a jejich vypouštění je závažný problém. Odpadní voda se skládá z organických a anorganických látek a vyskytují se zde silné barvy spolu s 300 chlorovanými sloučeninami. Vzhledem k vysokému obsahu znečišťujících látek je uvolňování nečištěných odpadních vod do recipientu velký ekonomický problém (Nafees et al. 2017).

Z tohoto důvodu jsou odpadní vody recyklovány papírnou za účelem úspory energie a surovin. Odpadní voda z papírny na recyklaci je biologicky odbouratelná a lze jí snadno čistit. Konvenční metody čištění odpadních vod jsou fyzikální, chemické a biologické. Koaguace je metoda rychlého čištění odpadních vod v krátkém časovém období a obsahuje soli silných kyselin a slabé dávky kamence, chloridu železitého, síranu železitého a další. Výhodou koagulačního čištění je snížení znečišťujících látek v odpadních vodách až na nejnižší úroveň (Nafees et al. 2017).

### **3.2.5 Energetická náročnost při výrobě papíru**

Průmysl celulózy a papíru je jeden z energeticky nejnáročnějších průmyslových odvětví. V procesech výroby papíru a buničiny spotřebovává velké množství energie a surovin. Papírenský průmysl spotřeboval v roce 2020 6 % celosvětové průmyslové energie a zařadil se na čtvrté místo v celosvětově největším spotřebiteli průmyslové energie (Kong 2020).

Zpracování buničiny a papíru převádí vláknité materiály, jako je dřevo, nedřevěný a recyklovaný papír, na buničinu, papír a lepenku. Spotřeba energie v celulózovém a

papírenském průmyslu tvoří významnou část nákladů na výrobu celulózy a papíru (Xu et al. 2013).

V papírenském průmyslu dochází ke zlepšení a to zejména k poklesu spotřeby nové a čisté vody, která je potřebná pro výrobu papíru. Voda se pohybuje převážně v rámci uzavřených cyklů používané vody. Odpadní voda z výroby je důkladně čištěna a vypouštěna zpět do řek (Kong 2020).

Průmysl celulózy a papíru je důležitou součástí zpracovatelského průmyslu v Číně. Celosvětově se na produkci buničiny a papíru nejvíce podílí Čína, která podle OSN představuje 25,5 %. Spotřeba energie papírenského průmyslu v Číně odpovídá 60 % finské průmyslové energii a 10 % průmyslové spotřeby energie v USA (Kong 2020).

### 3.3 Charakteristika papíru

Jedním z hlavních materiálů, který je v dnešní době využíván a stal se součástí běžného života člověka, je papír. V dětství se tento materiál nejčastěji vnímá jako plocha určená k malování a nekonečnému tvoření. Čím starší člověk je, tím více si uvědomuje jeho funkce a důležitost v životě. Často se podceňuje jeho hodnota i význam, ačkoliv denně člověk využije a setká se s nespočtelným množstvím papírových výrobků (Kocman 2004).

*„Obecně rozumíme papírem relativně tenkou stejnosměrnou vrstvu vláken (převážně rostlinného původu) vodou naplavených na síto, zploštěných, odvodněných a usušených“* (Kocman 2004).

Společensky hraje papír velkou roli ve společnosti a to zejména v poskytování nezbytných produktů každodenní potřeby, které přispívají ke kvalitě našeho života. Papír je hnacím motorem v lidském vzdělání a znalostí. Z pohledu ekologie je založený na obnovitelné surovině, protože ukládá uhlík a tím se snižují emise skleníkových plynů (Bobu et al. 2010).

Papír je k dostání buď jako kotoučový nebo v daných formátech. Existují tři řady formátů, a to řada A, B a C. Řada A představuje základní rozměry, řada B rozšiřující a řada C jsou formáty určené pro obálky. Řada A má obsah přesně 1m<sup>2</sup>, poměr mezi šířkou a výškou je 1:1,414 a využívá se především na sešity, dopisy, časopisy, letáky a podobně. Řada B je geometrický průměr listů z řady předchozí a využití nalezne pro noviny, knihy, etikety a další. Poslední řada C má stejný poměr stran jako A a B a využívá se pro obálky (Kocman 2004).

Z technického hlediska má papír dvojí význam. Obecný význam zahrnuje druhy papíru vláknité hmoty o slabé tloušťce a ploše. Obsahuje z velké části vlákna rostlinná, jejichž základ je tvořen celulózu. V užším slova smyslu lze papír vnímat jako zplstnatělou vrstvu, která vykazuje ohebnost, malou tloušťku a plošnou váhu 150 g/m<sup>2</sup> (Šalda 1962).

Ruční papír se rozděluje na dva druhy, západní a východní. Západní ruční papír neboli Evropský je složen ze 100 % z hadroviny, bez plnění a je zde nevýraznost směru vláken. Západní druh papíru mívá filigrány, což je místo, kde je vrstva papíru silnější nebo slabší. Filigrány mohou stínit či prosvítat. Ruční okraje se neodřezávají. Východní papír neboli orientální je vyroben z orientální vláknoviny, bez plnění a bez nevýraznosti směru vláken. Na rozdíl od západního papíru nemá filigrány a ruční okraje se odřezávají (Kocman 2004).



Životní cyklus papíru zahrnuje zalesňování, kácení stromů, těžbu stromů, pilařství, výrobu primární buničiny a dále také výrobu recyklované buničiny, výrobu papíru, spotřebu papíru, sběr starého papíru, skládkování, spalování a recyklovatelný odpad (Rahman 2014).

Domácnosti, komerční zařízení a kanceláře jsou tři hlavní sektory, které spotřebovávají papír. Bílé knihy se využívají pro akademické účely, novinové papíry v novinových odvětví a vlnité lepenky při balení. Pro komerční účely se pro úřední dokumentaci používají kvalitní bílé papíry. Papír je dále klasifikován do třech kategorií, a to pro průmyslové použití (filtrování), kulturní použití (psaní, měna) a obaly na potraviny (čajové sáčky) (Rahman 2014).

### 3.3.1 Papírové materiály

Obsah  $1\text{m}^2$ , neboli plošná hmotnost rozděluje papírové materiály na papír, kartón a lepenku. Hranice mezi těmito papírovými materiály nejsou ostré (Kocman 2004).

#### 3.3.1.1 Druhy papírů

Papíry se nejčastěji rozdělují podle způsobu použití a to do 9 skupin. Často dochází k překrývání skupin, tudíž je nutné jednotlivé skupiny dále specifikovat (Kocman 2004).

Existuje spousta druhů papíru, kartónů a lepenek, jejichž způsoby výroby a následného konečného využití jsou rozmanité, stejně tak tomu je i s jejich složením a následným zpracováním (Kocman 2004).

Papír a kartón se rozděluje podle jejich znaků a hledisek do následujících skupin. První skupina je charakterizována podle podílu vlákniny, ze kterých jsou složeny a řadí se sem bezdřevé, středně jemné, dřevité a hadrové papíry. Záleží zda také byly vlákněny, běleny nebo neběleny. Druhá skupina je dána podle výrobní techniky, což znamená, že tato skupina je dále rozdělována na strojní nebo ruční. Následující, třetí, skupina je dána podle stupně klížení, které jsou tři, a to neklížené, poloklížené a plně klížené. Čtvrtá skupina je závislá na obsahu minerálních plniv, rozdělují se na plněné nebo neplněné. Pátá skupina je charakterizována úpravou povrchu, která může být hladká, matně hlazená, ostře hlazená, leštěná a v poslední řadě jednostranně hladká a natíraná. Šestá skupina je dána tvarem listů, kam jsou zařazeny tvary archové, rotační, formátové nebo kotoučové. Předposlední sedmá skupina je dána podle plošné váhy a rozděluje se na 50 g, 60 g a 100 g. U poslední, osmé, skupiny záleží na způsobu jejich konečného určení či použití (Šalda 1962).

#### *Tiskové papíry*

Nejrozšířenější skupinou jsou papíry tiskové. Tyto papíry vynikají sníženou průsvitností, stejnoměrnou nasáklivostí barev a přesnou rovností. Jednotnou vlastností těchto papírů je také ostré mletí papíroviny s pestrou zanáškou barev a plnidel. Do tohoto druhu papíru spadá papír novinový, plakátový, barevný tiskový a například i papír ofsetový, který je dále rozdělen na bezdřevý, středně jemný a dřevitý (Kocman 2004).

Novinový papír je využíván převážně k tisku novin, ale také k tisku letáků, katalogů nebo například brožur. K tisku novin se nejčastěji používá v gramážích  $45\text{ g/m}^2$  a  $48,8\text{ g/m}^2$ .

Nejčastější využívaný formát je 470\*315 mm, ale v zahraničí se používá také formát 600\*380 mm nebo 430\*280 mm. Novinový papír je tvořen nejméně ze 70 % recyklovaných vláken (Donát 1963).

Plakátový papír je pevný papír a díky jeho vlastnostem je vhodný pro umístění ve venkovních prostorách, na plochy určené k reklamě. Od plakátového papíru se očekává pevnost, neprůhlednost a barvy by neměly pouštět. Plakátový papír je rozdělen podle obsahu vláken na bezdřevý, z bělené sulfitové buničiny s bělostí 80 % a střední tržnou délkou 3 500 m, dále středně jemný s 60 % nebělené buničiny s tržní délkou 3 000 m nebo dřevitý s podílem buničiny 40 % a tržní délkou 200 m (Donát 1963).

Tiskový papír je využíván na vstupenky, štítky nebo obálky zápisníků a sešitů. U tiskového papíru je dbáno na jeho pevnost proti natržení. Tento papír je vyráběn v středně jemné jakosti s obsahem sulfitové a nebělené buničiny a to alespoň 50 % (Donát 1963).

Ofsetový papír je podle složení vláken rozdělován na bezdřevý a dřevitý. Bezdřevé i dřevité papíry obsahují papír, bezdřevý bývá z břízy a dřevitý ze smrku. Tyto papíry se odlišují zpracováním při výrobě, neboť buničina u bezdřevných vzniká chemicky, zatímco u dřevitého papíru mechanicky (Donát 1963).

### *Psací a kreslicí papíry*

Druhou skupinou jsou papíry psací a kreslicí. Řadí se sem ruční papír, bankovní, knihový, sešitový, náčrtkový a další. Na tento druh papíru jsou kladeny velmi vysoké nároky. V první řadě tento papír musí mít dobré zaklížení, aby nedocházelo k rozpíjení inkoustu, čistý povrch s odolností proti oděru. Tento papír nachází využití především na obálky, bloky či sešity (Šalda 1962).

Ruční papír je vždy bezdřevý a z bělené hadroviny. Tento druh papíru je velmi tvrdý a pevný. Využívá se na doklady, vzácné tisky a oblíbenost si najde i u malířů a grafiků. Tento papír se vyrábí pouze na pár místech na světě a konkrétně v České republice je to ve Velkých Losinách na Moravě (Kocman 2004).

Knihový papír je využíván k výrobě knih nebo rastrovaného papíru. Tento papír je vyráběn z bělené sulfitové buničiny a mezi jeho vlastnosti bezpochyby patří dobrá pevnost, jemnost a klížení, což snižuje jeho nasáklivost. Pokud se jedná o zpracování na knihy, je kladen důraz na směr vláken, neboť musí být rovnoběžný s hřbetem, jinak by docházelo k jeho vlnění (Donát 1963).

Bankovní papír je bezdřevý papír, který je vyroben z bělené sulfitové buničiny. Vyznačuje se dobrým klížením, bělostí a povrchovou pevností a pružností. Dříve se využíval při psaní na stroji. Jeho tloušťka se pohybuje kolem 0,07 až 0,13 mm a gramáž 110 až 140 g (Donát 1963).

Náčrtkový papír je vhodný na náčrtky či na skicování. Jeho obvyklá plošná váha se pohybuje okolo 90 g/m<sup>2</sup>. Tento papír je vyroben až z 60 % nebělené sulfitové buničiny a zbytek je tvořen bílou dřevovinou. U tohoto druhu papíru je posuzována zejména čistota jeho povrchu, klížení a také pravidelnost povrchu (Donát 1963).

Sešitový papír je často potisknut lehkými linkami či čtverečky a určený převážně k výrobě školních a dalších sešitů. U tohoto druhu papíru je důležitá jeho neprůsvitnost, pevnost, dále zaklížení a jeho celkový vzhled. Sešitový papír je vyráběn buď jako bezdřevý

z bělené sulfitové buničiny nebo jako středně jemný, a to s obsahem buničiny 65 % (Donát 1963).

### *Potahové a předsádkové papíry*

Třetí skupina je tvořena papíry potahovými a předsádkovými a do této skupiny je bezpochyby zařazován papír mramorovaný, natíraný lesklý a pololesklý, kembrik, velurový a další. Tento papír se vyznačuje odolností proti odírání, důležitá je jeho rozměrová stálost a vláčnost. Důležitou část této skupiny papírů tvoří papíry jednostranně hlazené. Potahové papíry se využívají k potahování krabiček či knižních desek. Dříve se tyto papíry využívaly k potahování knihařského plátna. Předsádkový papír se využívá jako spoj mezi knižní deskou a knižním blokem (Šalda 1962).

Natíraný papír lesklý se využívá především na polepování a potahování při výrobě potažené kartonáže. Jak už název napovídá, tento papír je vyráběn natřením jedné strany středně jemného natíracího papíru. Nátěr musí být vždy stejnosměrný, čistý a dále nesmí pouštět. Po natření se papír hladí na frikčních kalandrech, do hladkosti minimálně 250 vteřin (Donát 1963).

Natíraný pololesklý papír se vyrábí stejně jako papír lesklý, vlastnosti jsou také stejné, až na hlazení, které je mdlé s hladkostí okolo 150 vteřin. Jako u lesklého papíru se hodnotí jeho čistota a stejnoměrnost nátěru. Využívá se nejčastěji při výrobě potažené kartonáže.

Mramorovaný papír se nejčastěji využívá na dopisy a pozvánky. Jedná se o ozdobný papír, který se využívá především na různá tvoření (Korda 1992).

Velurový papír se vyrábí jako dekorační či jako potahový. Dekorační papír je vyroben z přívěskového kartónu a z papíru textilní dutinky. Potahový papír je vyroben ze středně jemného natíracího papíru a na povrchu se nachází lesklá viskózová stříž, která musí být stejnoměrně nanesená. Potahový papír dále musí být měkký a pevný. Velurový papír se využívá na různé tvoření, práni nebo dekorace (Donát 1963).

Papír kembrik se vyrábí jednostranným natíráním středně jemného natíracího papíru bílého nebo barevného o plošné váze 70 g/m<sup>2</sup>. Nanáší se barevné pigmenty a laky v sušině s plošnou váhou okolo 18 g/m<sup>2</sup>. Po natření se papír lakuje leští a opatruje ražbou. Tento druh papíru se využívá k výrobě různých desek, obalů, pouzder, anebo při výrobě potažené kartonáže (Donát 1963).

### *Balící papíry*

Čtvrtou skupinou jsou papíry balící. Spadají sem papíry sulfátové, sulfitové, střední balící, pergamenové, hedvábné, albino a další. Tyto papíry slouží především k ochraně výrobků proti chemickým, fyzikálním nebo mechanickým poškozením. Některé balící papíry jsou tvrdší a tlustší a mohou být využity jako výplňový materiál. Balící papíry musí být pevné, dále nepropustné pro vodu či tuky (Kocman 2004).

Sulfátový balící papír je vyroben v hnědé barvě a také ze sulfátové nebělené buničiny, jednostranně hladké nebo strojně hlazené. Je k dostání v rolích o plošné váze od 40 až do 140 g/m<sup>2</sup> a je vhodný k výrobě sáčků, tašek a k jakémukoliv běžnému balení. Sulfátový proces převažuje nad procesem sulfitovým, a to zejména z důvodu menší spotřeby energie, a ta je zde nízká (Donát 1963).

Sulfitový papír obsahuje minimálně 90 % nebělené sulfitové buničiny a zbytek je tvořen dřevovinou a je jednostranně hlazený. Sulfitový papír je buď přírodně bílý nebo barevný. Využívá se k běžnému balení (Donát 1963).

Papír albino je vyroben z bělené sulfitové buničiny, je jednostranně hlazený v bílé barvě. Jedná se o univerzální a ekologický obal, který je recyklovatelný. Přední vlastností tohoto druhu papíru je poměrná pevnost, lehká průsvitnost a pravidelnost průhledu. Využívá se k uchovávání a balení potravinářského sortimentu (Donát 1963).

Hedvábný papír se vyrábí bílý či různě zbarvený a je vyroben ze sulfitové bělené či nebělené buničiny. Hedvábný papír je měkký, průsvitný a strojně hladký a řadí se mezi tenké balící papíry. Je určený k různému vyrábění a kreativnímu tvoření (Šalda 1962).

Pergamenový papír se vyrábí z čistých bezdřevých papírů, které neobsahují plnidla ani klíždla. Papír je pevný, průsvitný a nepropustný pro vzduch i vodu. Využívá se k tisku pro laserové tiskárny a k pečení, neboť je nepřilnavý (Korda 1992).

### *Papíry pro elektrotechniku*

Pátá skupina jsou papíry pro elektrotechniku, kam spadají kabelové, kondenzátorové, izolační, pro silové kabely, a další speciální papíry (Šalda 1962).

Kabelové papíry jsou vyrobeny ze sulfátového papíru s vysokou dielektrickou pevností. Využívají se při výrobě kabelů, jako izolanty (Šalda 1962).

Kondenzátorový papír je velmi tenký papír a je vyroben ze sulfátové buničiny. Mezi jeho vlastnosti patří stejnoměrná tloušťka, dobré hlazení, musí mít určité elektrické vlastnosti a musí být velmi tenký. Využívají se jako dielektrika v kondenzátorech (Korda 1992).

Papír pro silové kabely je strojně hladký papír, má stejnoměrnou tloušťku a využívá se k izolaci kabelů do 35 kV. Objemová hmotnost by měla být 0,80 g/m<sup>3</sup>, elektrická pevnost minimálně 7 kV/cm, sací výška minimálně 12 mm a tloušťka 120 μm (Korda 1992).

### *Technické a průmyslové papíry*

Následující šestá skupina zastupuje technické a průmyslové papíry, kam spadají papíry pytlivé, filtrační, cigaretové, nábojnicové, brusné, fotodokumentární, papír na umělé květiny, a podobně (Donát 1963).

Pytlivý papír je rozdělen na druh A a druh N. Druh A je se vyrábí ze sulfátové buničiny a je strojně hladký a jednostranně hlazený, zatímco druh N ze sulfitové buničiny a je rovněž strojně hladký. U pytlivého papíru je důležitá pevnost, dále volba papíru a stupeň zaklížení závisí na vlastnostech lepidel (Donát 1963).

Filtrační papír má výbornou savost a zachycovací schopnost. Je vyroben z bělené sulfitové buničiny, bělené hadroviny nebo jejich směsí. Pro průmysl a zdravotnictví se využívají specifické filtrační papíry (Šalda 1962).

Pro cigaretový papír se používá vysoce kvalitní celulósový papír získaný ze lněných vláken či jiných vláknitých materiálů. Mezi hlavní složky tohoto materiálu se řadí buničitá vlákna, výplňový materiál a modifikátor rychlosti hoření. Buničitá vlákna jsou buď lněná nebo dřevěná, jako výplňový materiál se využívá uhličitan vápenatý a jako modifikátor rychlosti hoření citrát sodný či draselný (Jing et al. 2014).

Nábojnicový papír je velmi pevný bezdřevý papír, který má vyšší plošnou hmotnost, je strojně hladký a stejnoměrné tloušťky. Používá se k výrobě loveckých nábojnic (Korda 1992).

Brusný papír má jednu vrstvu nalepeného brusiva, například smirkovým či skleným práškem. Jedná se o velmi pevný papír s velkou pevností v přehýbání a je bezdřevý. Čísluje se podle velikosti brusného zrna a je vyráběn ve tvaru listů či pásů (Korda 1992).

Fotodokumentární papír má citlivou fotografickou vrstvu, která obsahuje soli stříbra. Jedná se o želatinový papír s nižší plošnou váhou a využívá se ke zhotovení fotokopíí dokumentů (Šalda 1962).

Papír na umělé květiny je bezdřevý bělený papír, který je strojně hladký a vyrábí se z nebělené buničiny. Je neklížený, má dobrou nasákavost a využívá se na součásti umělých květin (Korda 1992).

### *Hygienické papíry*

Sedmá skupina představuje hygienické papíry, kam spadá toaletní papír, ubrouskové, sací papíry a buničitá vata, papíry na papírové kapesníky a další. Tyto papíry jsou vyráběny především ze sběrového papíru nebo alespoň s vysokým obsahem sběrového papíru (Donát 1963).

Toaletní papír je hygienický papír, který je vyroben z bělené buničiny, bílý nebo barevný. Jeho plošná hmotnost se pohybuje okolo 25 až 30 g/m<sup>2</sup>. Dodává se v kotoučcích a může být potištěný a několika vrstvý. Důležitá je dobrá rozmáčivost ve vodě, jeho stejnoměrnost a také čistota povrchu. Vyrábí se jako jednostranně hlazený a nesmí obsahovat zeslabená místa (Donát 1963; Korda 1992).

Ubrouskový papír je jemný a tenký papír, který může být potištěný či nepotištěný, ražený či neražený, skládaný či neskládaný a také bílý nebo barevný. Jedná se o jednorázový papír, který se využívá se v domácnostech jako hygienický prostředek (Korda 1992).

Sací papír „piják“ je hygienický papír, který má vyšší savost díky přidané hadrovině. Vyrábí se bílý nebo barevný a využívá se především k nasávání nadbytečného inkoustu a jeho skvrn (Šalda 1992).

Buničitá vata je vyrobena z několika vrstev tenkého krepovaného bezdřevého papíru a jedná se o měkký, elastický a nasáklivý výrobek, který je velmi podobný obyčejné vatě. Buničitá vata nalezne využití v kosmetice, hygieně či k lékařským účelům (Donát 1963).

### *Ostatní papíry*

Do této skupiny se zařazují papíry zušlechtované, krepované a jim podobné.

Zušlechtěný papír je všeobecný název pro papíry velmi různorodého vláknitého složení. Tento druh papíru byl na povrchu nebo v hmotě upraven. Řadí se sem papíry lakované, linkované či natírané (Kocman 2004).

Krepovaný papír je papír uměle vrásněný, aby byla zvýšena pružnost a přilnavost k nerovným povrchům. Je to rovněž velmi oblíbený papír ke tvoření či různému vyrábění, neboť je velice tvárný a pružný (Kocman 2004).

### *Speciální papíry*

Poslední devátá skupina představuje speciální papíry, které do žádné předchozí skupiny nezapadají. Řadí se sem například papír bankovkový, pauzovací, uhlový a mnoho dalších.

Bankovkový papír se využívá při tisknutí bankovek. Bankovkový papír musí být velice odolný z důvodu neustálého brání do ruky a mačkání, ale na druhou stranu musí být papír měkký a pružný, neboť je často potisknutý jemnými rytinami. Aby se předcházelo padělání, jsou do papíru přidány různé chemické látky. Nejčastěji je vyroben z hadroviny a je hlazený (Šalda 1962).

Pauzovací papír je průsvitný papír, který dříve sloužil ke kresbě výkresů a plánů, dnes se používá při kopírování a tisku. Jedná se o hladké, mírně vodoodpudivé papíry, které jsou průsvitné a gramáž papíru ovlivňuje propustnost světla (Šalda 1962).

Úhlový papír, též známý pod názvem kopírovací papír nebo „kopírák“, je velmi tenký papír či fólie, který se vkládá mezi dva psací papíry, aby na spodním papíře vznikla kopie papíru vrchního (Šalda 1962).

#### 3.3.1.2 Druhy kartónů

Kartón je tužší materiál, který má plošnou hmotnost 150 až 250 g/m<sup>2</sup>, který bývá tvořen jednou nebo několika vrstvami (Kocman 2004).

Kartóny jsou jednovrstevné, dvouvrstevné, vícevrstevné a slepované a dělí se do čtyř skupin. První skupina uvádí tiskové kartóny, kam spadá ofsetový, křídový, lístkovnicový, navštívenkový a kartóny jim podobné. Druhá skupina představuje kartóny psací, kreslicí a rýsovací, kam jsou bezpochyby zařazeny právě tyto kartóny a následně ruční, akvarelový, pastelový či konfekční. Předposlední skupinu jsou technické a průmyslové kartóny a ty obsahují fotografické, šablonové, pergamenové, kelímkové či kartóny na vlnitou lepenku. Poslední skupina je tvořena ostatními kartóny, a to zejména sacími kartóny, albovými, paspartovacími nebo surovými fotografickými kartóny (Šalda 1962).

#### 3.3.1.3 Druhy lepenky

Lepenka je oproti papíru silnější materiál, který vzniká spojením mnoha vrstev a nese plošnou hmotnost 250 g/m<sup>2</sup> až do 4 000 g/m<sup>2</sup> (Kocman 2004).

Lepenky se nejčastěji rozdělují podle způsobu výroby. Existují čtyři skupiny, a to ruční strojní, slepované a vlnité lepenky. Ruční lepenka se využívá zřídka. Strojní lepenky se vyrábějí jednovrstvé, dvouvrstvé a třívrstvé. Slepované lepenky jsou vyrobeny slepováním strojních lepenek, aby se dosáhlo požadované tloušťky. Vlnité lepenky jsou dvou až sedmi vrstvé a díky zvlnění dochází k úspoře hmoty, velké tloušťce a pevnosti (Šalda 1962).

Dále se lepenky rozdělují do třech skupin a to kartonážní a knihařské, technickoprůmyslové a ostatní. Pod pojmy kartonážní a knihařské lepenky jsou skryty lepenky bílé ruční, hnědé ruční, bílé strojní, bednové, vlnité dvojité a další. Mezi technickoprůmyslové patří lepenky nábytkové, jízdenkové, asfaltové bez posypu nebo s posypem, izolační a krytinová nebo například pro podlahové krytiny. Posledním druhem lepenek jsou ostatní

lepenky, kam jsou zařazeny hadrové, hadrové s nitěnou vložkou a surové krytinové (Šalda 1962).

### 3.3.2 Nasávaná kartonáž

Nasávaná kartonáž je vyrobena z ekologicky šetrného materiálu, který je 100% biologicky rozložitelný. Skládá se z vody a sběrového papíru. Vlákno i voda jsou recyklovány a nevzniká téměř žádný odpad. Na výrobu nasávané kartonáže se využívají vyřazené výrobky vyrobené z papírových vláken, a to zejména noviny, časopisy, vlnité lepenky, knihy a další (Martínez et al. 2016). Díky přírodním lignocelulózovým vláknům jsou výrobky z lisovaných vláken biologicky odbouratelné. Nasávaná kartonáž má velmi nízký vliv na životní prostředí, neboť se jedná o výrobek se 100% recyklačními vlastnostmi. Tyto vlastnosti tvoří výrobek ideálním obalem, který má téměř neomezené možnosti průmyslových aplikací. V důsledku těchto vlastností je zde silná poptávka po těchto udržitelných produktech (Zhang et al. 2022).

Základními a hlavními surovinami pro výrobky z lisované buničiny jsou celulósová a lignocelulósová vlákna. Tato přírodní vlákna mohou pocházet z již recyklovaných vláken dřeva, pomocí mechanického či chemického procesu rozvlákňování a odpadu ze zemědělské biomasy, jako jsou konopná vlákna, rýžová sláma či pšeničná brčka. Při výrobě nasávací kartonáže jsou zahrnuty procesy jako míšení, formování, sušení a někdy také lisování a tisk (Zhang et al. 2022). Rozvlákňování v rozvlákňovači by mělo být co nejrychlejší a obsah vloček v suspenzi co nejnižší, aby se ušetřila energie a zlepšila se kvalita nasávané kartonáže (Cho et al. 2009).

Prvním krokem je míšení, ve kterém noviny, časopisy, recyklovaný papír a další podobné produkty, vyrobené z papírových vláken, putují do rozvlákňovače. Materiály se mísí s horkou vodou a vlákna se od sebe oddělují při hydrodynamickém rozpadu (Martínez et al. 2016).

Následně procházejí recyklovaná vlákna procesem odbarvování, čištěním a proséváním, při kterém se odstraňují kovy, plasty a další nečistoty (Martínez et al. 2016).

Dalším krokem je proces formování. Tento proces využívá rotační stroj s několika plochami, na nichž jsou připevněny formy na zakázku. Formy klesají do nádrže s buničinou, buničina se seskupuje na požadovanou tloušťku a tvar a pomocí vakuového nasávání dochází k odstranění přebytečné vody (Zhang et al. 2022).

Sušení probíhá po procesu formování. Odstraňuje se zbytková voda, která se pohybuje kolem 40 až 55 %. Sušení probíhá při 140 až 240°C, cílem je získat lisovanou buničinu s obsahem vlhkosti 4 až 8 %. Existuje technologie suchého lisování a lisování za mokra, a ta se provádí na základě využití konečného produktu. Výhodou procesu suchého lisování je vysoká účinnost ohřevu a nízké výrobní náklady, nevýhodou je nízká kvalita povrchu. Zatímco proces lisování za mokra má vysokou kvalitu povrchu a dobrý tvar, ale nízkou produktivitu a nízkou účinnost ohřevu. Technologie suchého lisování se využívá především pro ploché formování (Zhang et al. 2022; Martínez et al. 2016).

Proces sušení je pro některé výrobky poslední (misky na ovoce), ale výrobky jako plata na vejce či kelímky zahrnují proces lisování s následným tiskem (Martínez et al. 2016).

Při výrobním procesu lisovaných buničinových výrobků vznikají odpady. Tyto odpady zahrnují plasty, slámy či přebytečné kaly. Ty mohou být skládkovány či spalovány (Zhang et al. 2016).

Hodnota a mechanický výkon nasávací kartonáže závisí na původu vláken, zda bylo využito prvotní vlákno či recyklované vlákno. Cenově nejvýhodnější je využití kombinace těchto dvou druhů vláken. Dalšími faktory, které ovlivňují hodnotu jsou lisovací procesy a různé další úpravy (Zhang et al. 2016).

Poptávka po použitém nevytríděném starém novinovém papíru se zvýšila z důvodu jeho nižší ceny. Nevytríděný obsahuje letáky či starý novinový papír, který představuje potištěný křídový papír. Využít tento nevytríděný papír je velmi obtížné, neboť letáky mají vysokou odolnost proti smáčení, tedy rozbřednutí. Kvůli tomu zůstane v rozmělněné suspenzi mnoho vloček, pokud se jedná o nevytríděný novinový papír. Současný proces rozvlákňování by měl správně rozmělnit nevytríděný starý novinový papír, který se dále využívá jako surovina pro lisovanou buničinu (Cho et al. 2009).

Nasávaná kartonáž se využívá pro ochranné obaly, průmyslové obaly, při balení potravin (vejce či různé ovoce), či nosiče nápojů. Obaly z nasávané kartonáže jsou především využívány jako tlumící obal průmyslových výrobků (Zhang et al. 2022).

### 3.3.3 Vlastnosti papíru

Jednotlivé druhy papíru mají odlišné vlastnosti a ty určují jejich způsoby a možnosti zpracování. Vlastnosti papíru určují konkrétní druh papíru podle svých specifických vlastností. Papíry mají vlastnosti chemické, mechanické a fyzikální (Škára et al. 1998).

Podstatou papíru jsou vlákna a různé druhy buničin, polobuničin a dřevovin. Tato vlákna nám určují vlastnosti, cenu i jejich celkový vzhled. Podle vláknitého složení je rozeznáván papír bezdřevý a dřevitý. Bezdřevý má 100 % bělené buničiny nebo 50 % bílé dřevoviny. Naopak dřevité obsahují 35 % nebělené buničiny a 65 % bílé dřevoviny (Škára et al. 1998).

#### 3.3.3.1 Fyzikální vlastnosti papíru

Jednou z nejdůležitějších fyzikálních vlastností je plošná hmotnost. Jedná se o hmotnost 1 m<sup>2</sup> užitého materiálu a vyjadřuje se v g/m<sup>2</sup>. Plošná hmotnost je ovlivněna tloušťkou vrstvy vláken a jejich slisováním, druhem vlákniny a plnidly. Plošná hmotnost se stanovuje vážením vzorku papíru se známou plochou a následně přepočtem na 1 m<sup>2</sup> a běžně se pohybuje od 8 g/m<sup>2</sup> do 120 g/m<sup>2</sup> (Kocman 2004).

Další důležitou fyzikální vlastností je pórovitost. Pórovitost se nejvíce týká tiskových a psacích papírů a má vliv na absorpční schopnosti papíru vůči tiskařským barvám a inkoustu. Papíry s vysokou pórovitostí jsou vhodné k impregnaci. Hustota papíru je opakem pórovitosti (Škára et al. 1998).

Bezpochyby mezi fyzikální vlastnosti náleží savost, vsákavost a nasákavost papíru. Savost umožňuje papíru přijímat svým průřezem různé kapaliny vztlínáním. Vyjadřuje se jako výška, do které vystoupí vztlínající kapalina za 10 minut. Největší význam má u savých papírů



a pokud dosáhne výšky pouze 20 mm, považuje se za nedostatečnou. Vsákavost je schopnost papíru přijímat kapalinu jednou ze svých stran. Vsákavost vyjadřuje množství vody v gramech, která je pohlcena plochou 1m<sup>2</sup> za určitý čas při výšce vodního sloupce 10 mm. Nasákavost je podobná jako vsákavost, ale znamená to schopnost přijímat vodou celým svým povrchem. Tato vlastnost se vyjadřuje procentem vody, které je ponořený papír schopný pojmout (Škára et al. 1998).

Podélný a příčný směr vláken se také zařazuje do fyzikálních vlastností papíru. Papír, který je vyráběn strojním způsobem, má vlákna uspořádána převážně jedním směrem a tento směr je určen zejména směrem výroby a chodem papírenského stroje. Tomuto směru se říká směr podélný nebo směr výroby a k němu kolmý směr se říká příčný (Škára et al. 1998).

Nepromastitelnost je důležitá u papírů, které se používají k balení másel, sýrů a podobně mastných potravin. Tyto papíry musí být zdravotně nezávadné. Nepromastitelnost se zjišťuje tak, že se pod zkoušený vzorek papíru se položí čisté bílé papíry a na vzorek se kápne kapka oleje, ten se následně se rozetře prstem. Pokud zkoušený vzorek nezanechá na spodní straně papíru žádnou stopu po oleji, je splněna podmínka nepromastitelnosti (Škára et al. 1998).

Dvoustrannost papíru je další fyzikální vlastnost, která zahrnuje rozdíly v hladkosti a pórovitosti papíru. Vrchní a spodní strana papíru, neboli strana síťová a plstěncová mají rozdílnou strukturu. Vrchní strana je drsnější, protože je v ní otištěná struktura sítě, a dále je také pórovitá a otevřená, zatímco strana spodní není pórovitá a je uzavřená (Škára et al. 1998).

Rožměrová nestálost je další velmi důležitou vlastností papíru, která určuje a ovlivňuje řadu dalších vlastností papíru. Rožměry papírů se zvětšováním vlhkosti zvětšují a naopak při sušení se papír sráží (Škára et al. 1998).

Optické vlastnosti zahrnují bělost a její odstíny, barvu papíru, neprůsvitnost, průhled papíru, lesk a čistotu. Optické vlastnosti mohou kontrast mezi tiskařskou barvou a provoskovanou plochou papíru zvýšit či snížit a jsou výsledkem pohlcování, propouštění a odrazu světelných paprsků hmotou papíru (Škára et al. 1998).

### 3.3.3.2 Mechanické vlastnosti papíru

Pevnost v tahu je schopnost papíru odolávat za určitých podmínek proti vnějším silám působícím v jeho rovině a směřujícím k jeho přetržení. Pevnost v tahu je důležitá při zpracování kotoučových papírů a zjišťuje se měřícím přístrojem (Šalda 1962).

Pevnost povrchu je důležitá především pro tiskaře, neboť při přilnavosti barvy je důležitá soudržnost povrchových vláken. Pokud nejsou povrchová vlákna dostatečně spojena mezi sebou nebo není nátěrová vrstva dost pevně na podkladovém papíru, dochází tak při tisku k vytrhávání jejich částech (Škára et al. 1998).

Pevnost v ohybu je další velmi důležitá vlastnost a zkouší se pomocí zkušebního přístroje. Do tohoto stroje se upevní proužek papíru a ten se přehýbá na jednu či druhou stranu při určitém napětí tak dlouho, dokud nedojde k přetrhnutí (Škára et al. 1998).

Pevností v průtlaku zajišťuje odolnost papíru proti přetržení. Pevnost v průtlaku se vyjadřuje tlakem, který působí kolmo na plochu papíru v okamžiku přetržení. Podle ní se posuzuje celková jakost papíru, a ta je důležitá pro papíry obalové (Šalda 1962).

Dále se uvádí pevnost v natržení, která představuje schopnost papíru vzdorovat proti síle působící na natržení jeho okraje za stanovených podmínek (Šalda 1962).

A poslední pevností je pevnost ve zkrutu, která představuje schopnost snést zkroucení za určitého tahu, Tyto poslední dvě pevnosti jsou důležité zejména u papírů pro obalové účely (Šalda 1962).

Tvrdoost a stlačitelnost papíru jsou dalšími důležitými mechanickými vlastnostmi. Tvrdoost je velmi nepříznivá vlastnost, neboť lepšího tiskařského výsledku se dosáhne s měkkým, pružným a ne příliš hladkým papírem (Škára et al. 1998).

Tuhost souvisí s hustotou, plošnou hmotností, tloušťkou a s tvrdostí. V České republice není tuhost stanovená, ale je důležitá zejména u bankovních a bankovkových papírů či hracích karet (Škára et al. 1998).

### 3.3.3.3 Chemické vlastnosti papíru

Trvanlivost představuje schopnost papíru odolávat proti stárnutí. Nejvíce trvanlivé jsou papíry z čisté přírodní buničiny a bez chemických přísad. Naopak za nejméně trvanlivé se považují papíry, které obsahují dřevovinu (Šalda 1962).

Stárnutí je vlastnost papíru, která se projevuje zejména změnou odstínu a mnoha dalšími mechanickými a chemickými vlastnostmi. Stárnutí představuje změny papíru, ke kterým dochází působením vnějších vlivů po určitou dobu (Škára et al. 1998).

Stálost zabarvení na světle je vlastnost, která představuje neměnnost barvy po delší dobu při působení denního světla. Stálost zabarvení ve vlhkém prostředí znamená, že papír nepustí barvu na předmět, se kterým se papír dotýká (Škára et al. 1998).

## 3.4 Sběr papíru

Před recyklací papíru je potřeba papír shromáždit a následně vytřídit. Existuje celá řada efektivních systémů sběru. V České republice má oddělený sběr papíru dlouholetou tradici. Podobně jako sklo byl papír od 70. do 90. let minulého století organizovaně vykupován od obyvatelstva, ale na začátku 90. let došlo k privatizaci tohoto sektoru (Balner & Franková 2009).

Separovaný sběr zahrnuje lepenky a papíry všeho druhu, mezi které patří například noviny, časopisy, sešity, knihy, balící materiál a další. Ty se vracejí v individuálním či organizovaném sběru přes pověřenou organizaci zpět do papíren a lepenkáren. Dochází zde k regeneraci vláken a tím k sekundárnímu využití papíru. Zpracovatelé jsou vázáni smluvně na síť dodavatelů, kteří nakupují papír od dotřídňovacích linek či od velkých svozových firem. Papír lze získat kromě sběru od občanů i od supermarketů či menších obchodních sítí nebo od průmyslových podniků (Vrbová 2003).

Papír má nižší objemovou hmotnost a ve vozidle s lisovací nástavbou ho lze stlačit, aniž by byla narušena kvalita, a tím dochází k úspoře přepravních nákladů. Při přepravě volně loženého papíru je nutné ho zabezpečit, aby nedošlo k jeho uvolnění. Kvalita závisí na přístupu obyvatel zapojených do sběru. Papír je vhodnou komoditou pro pytlový sběr v malých obcích, kde je nádobový systém nevhodný nebo provozně náročný (Balner & Franková 2009).

Komunální papír je méně kvalitní směs papíru, kartónu a lepenky. Jedná se především o suroviny s nižší kvalitou, což je způsobeno nežádoucími příměsemi. Množství těchto příměsí se pohybuje okolo 5 až 20 %. Čistota a kvalita sbíraného papíru předurčuje jeho další využití a dále také prodejní cenu (Balner & Franková 2009).

Zpětným odběrem obalů se zabývá firma Eko-kom. „*Autorizovaná obalová společnost EKO-KOM, a.s. provozuje celorepublikový systém, který zajišťuje zpětný odběr a využití odpadů z obalů – dle zákona č. 477/2001 Sb., o obalech.*“ (Eko-kom 2022).

„*Systém EKO-KOM je založený na spolupráci průmyslových podniků (klientů), měst a obcí. Tento neziskový systém zajišťuje, aby odpady z použitých obalů byly spotřebitelem vytríděny, svezeny sběrovou technikou, dotříděny a konečně využity jako druhotná surovina.*“ (Eko-kom 2022).

Systém Eko-kom funguje tak, že spotřebitelé si zakoupí výrobek, který je zabalený a po otevření obal vyhodí. Svozové firmy dopraví odpad na dotřídňovací linku, kde se následně roztřídí na jednotlivé skupiny podle jejich dalšího zpracování. Skupiny vytríděného papírového odpadu putují ke spotřebiteli, kde jsou z nich vyráběny recyklované výrobky (Eko-kom 2022).

### 3.4.1 Donáškový způsob sběru

Donáškový systém sběru papíru je založen na aktivní roli obyvatelstva. Nejčastěji se lze s tímto způsobem sběru setkat v zástavbě rodinných domů či v zástavbě panelových sídlištních domů (Vrbová 2003).

Při donáškovém způsobu sběru se využívají kontejnery s rozměrem do 2,5 m<sup>3</sup> a nejčastěji se rozmisťují v místech zvýšeného výskytu obyvatel, což mohou představovat místa v blízkosti restaurací, obchodů, zastávek městské hromadné dopravy nebo na křižovatkách ulic (Vrbová 2003).

Donášková vzdálenost by se měla pro svou efektivitu pohybovat od 100 do 200 m. Vzdálenost se odvíjí od hustoty výstavby v obci, neboť při velkých donáškových vzdálenostech je celková výtěžnost nízká. Dále je důležitá hustota, která by měla představovat 300 až 400 obyvatel na jeden kontejner. U zástavby rodinných domů je výhodnější hustota 200 obyvatel (Balner & Franková 2009).

Klasický kontejner na papír by měl mít 1100 litrů a měl by být na místech určených obcí. Nově se lze setkat také s podzemními kontejnery, které jsou vhodné do center historických měst. Nevýhodou je mnohem větší finanční nákladnost oproti klasickým kontejnerům. Papír se sváží jednou za 1 až 3 týdny, ale četnost svozu se upravuje podle potřeb (Balner & Franková 2009).

#### 3.4.1.1 Přednosti a nedostatky donáškového způsobu sběru

Mezi přednosti donáškového sběru se řadí nižší pořizovací náklady na zakoupení dostatečného a požadovaného množství kontejnerů modré barvy. Dále mezi výhody patří nižší frekvence svozu vytríděných odpadů a následně nároky na organizaci tříděného sběru u obyvatel (Balner & Franková 2009).

Nedostatků donáškového sběru je podstatně více. V první řadě je zde donášková vzdálenost, která při odvozovém systému téměř nehrozí. Při přepravě a svozu může docházet k znečištění prostředí. Může docházet k ničení sběrných kontejnerů obyvatelstvem. Výtěžnost odpadů ze systému je nižší při přepočtu na ekvivalentního obyvatele, neboť kontejnery jsou využívány jen omezeným počtem obyvatel. Kontejnery nejčastěji využívají obyvatelé, kteří žijí v bezprostřední blízkosti kontejneru. Kvalita odpadu může být znehodnocena znečištěním, které je způsobeno vyhozeným mastným, mokrým nebo jinak nevhodným papírem (Balner & Franková 2009).

### **3.4.2 Odvozový způsob sběru**

Odvozový způsob sběru se stal preferovanějším u obyvatel. Sběrové nádoby jsou umístěny přímo v budově, nebo se nachází v její blízkosti (Vrbová 2003).

Umístění těchto nádob by nemělo přesáhnout vzdálenost 30 m od domu. Odvozový sběr je pro občany pohodlnější, investičně náročnější a dochází ke snižování množství směsného domovního odpadu (Vrbová 2003).

Velikost nádob na papír pro donáškový způsob sběru se pohybuje okolo 120 litrů. Četnost svozu záleží na počtu obyvatel žijících v jedné domácnosti. Nádoba s horním výsypem bývá často totožná s nádobou na domovní odpad, jenom bývá odlišně označena. Pokud bývají popelnice v prostorách domu či ve vnitrobloku, je potřeba sběrnou nádobu přemístit na přístupné místo, nebo musí mít firma pro svoz odpadů k dispozici klíče (Balner & Franková 2009).

#### **3.4.2.1 Přednosti a nedostatky odvozového způsobu sběru**

Velikou výhodou v tomto způsobu sběru je téměř minimální donášková vzdálenost, proto je tento způsob sběru preferován obyvateli nejvíce. Dochází k vyšší účinnosti tříděného sběru a papíru, a následně i dobrá kvalita sbíraných surovin. Suroviny pocházejí od méně obyvatel, tudíž je zde menší šance na vhození nesprávného či nevhodného odpadu. Menší velikost sběrné nádoby má za následek jednodušší manipulaci a umístění v prostoru. Tím se snižuje pravděpodobnost poškození nádoby (Balner & Franková 2009).

Nedostatků je méně než při donáškovém sběru. Mezi nedostatky patří například častější frekvence svozu. Tento způsob sběru je finančně náročnější a zvyšují se nároky pro obyvatel, neboť při tomto sběru je potřeba lepší organizace práce (Balner & Franková 2009).

### **3.4.3 Pytlový způsob sběru**

Pytlový způsob je další možností systémového sběru papíru. Jedná se o sběr papíru, ke kterému jsou využívány plastové pytle modré barvy. Pytlový způsob je vhodný převážně pro obyvatele rodinných domů, kteří mají dostatek prostoru ke skladování pytlů před jejich odvozem. Ke sběru jsou využívány pytle o objemu 40 litrů až 70 litrů. Před odvozem je důležité pytel zavázat, aby nedošlo k vysypání (Balner & Franková 2009).

Je více možností, jak přistupovat ke svozu pytlů s papírem. Jednou z možností je pravidelný svoz ve stanovený svozový den, kdy obyvatelé připraví naplněné pytle na ulici k domovní popelnici a osoby, pověřené svozem odpadu, pytel odvezou na třídící linku nebo na mezisklad. V meziskladu se pytle vysypávají a dotřídí do sběrných kontejnerů. Občané také mohou pytel s papírovým odpadem odvézt na určené místo, které vyčlenila obec. Následně na vymezené místo s odpadem přijede dodávka a pytle zaveze na mezisklad k dotřídění nebo přímo ke zpracovateli (Balner & Franková 2009).

#### 3.4.3.1 Přednosti a nedostatky pytlového sběru

Požizovací náklady na zavedení tříděného pytlového sběru jsou nižší než při nákupu sběrových nádob. Dále vykonavatel nemusí platit za pronájem extra popelnice nebo prostory, protože se jedná o veřejné prostranství. Odvozový systém pytlového sběru bývá pro občany pohodlný. Při svozu pytlů není potřeba žádná speciální svozová technika, postačí například automobil s korbou (Vrbová 2003).

Při donáškovém systému pytlů na určené místo obcí vznikají náklady na pronájem těchto ploch, dále náklady na údržbu a na provozování této plochy. Pytle musejí být uzavřeny, aby nezpůsobovaly znečištění prostředí. Pytlový sběr mohou provozovat převážně domácnosti, které mají prostory ke skladování naplněných pytlů (Vrbová 2003).

#### 3.4.4 Mobilní sběr papíru

Nákladní automobil nebo kontejner je přistaven na určené místo v obci v předem oznámených dnech a časech. Mobilní sběr je oznámen občanům s dostatečným předstihem. Tento sběr se velmi často provádí ve školách a je to skvělá možnost k ekologické výchově studentů. Informace ke školnímu sběru jsou uvedené v zákoně č. 541/2020 Sb.. Škola od studentů přebírá odpady papíru z jejich domácností a v tu chvíli se stává vlastníkem odpadu. Obec, ve které se škola nachází, se stává jeho původcem. Tento sběr je velmi náročný na organizaci a záleží na spolupráci občanů (Balner & Franková 2009; Sbíрка zákonů 2020).

### 3.5 Třídění, recyklace a jiné využití

Na základě zvýšeného zájmu o udržitelnost se trendy využití odpadového papíru a jeho recyklace zvyšují. Papír je surovina s vysokým recyklačním potenciálem, ale také s velkou znečišťující kapacitou (Defalque et al. 2021).

Papír je obnovitelný zdroj a díky tomu mohou být papírové výrobky recyklovány, tím dochází k prodloužení jeho životního cyklu. Cílem recyklace je získat surovinu s co nejvyšší čistotou a kvalitou. Pokud již papír nelze znovu využít, tak je možné ho převést do obnovitelného zdroje energie. Všechny tyto prostředky jsou součástí ekologického cyklu, který činí papírenský průmysl jedním z neudržitelnějších v Evropě (Bobu et al. 2010).

Papírenský průmysl má spousty předností a recyklovaný papír a lepenka je důležitá surovina pro evropský papírenský průmysl. Dále také hraje důležitou roli v budoucnu

udržitelného rozvoje. Z hospodářského hlediska vytváří bohatství a poskytuje zaměstnání pro miliony lidí. Papír je důležitou hnací silou ve vzdělávání. Je založený na obnovitelných surovinách, minimalizuje využívání skládek a pokud není recyklace možná, dochází k přeměně na obnovitelný zdroj energie (Bobu et al. 2010).

### 3.5.1 Třídění

Papír je velice vhodná surovina, která se dá třídit a recyklovat. Představuje největší část z tříděných odpadů vyprodukovaných z domácností za rok. Nejlepší způsob naložení s odpadem je ho odnést do modrého kontejneru. Největší část tříděného papíru tvoří letáky či různé noviny (Eko-kom 2022).

Třídění recyklovaného papíru má své podmínky a výhody. Předpokladem pro použití papíru jako suroviny je potřeba kvalitní recyklovaný papír, která je dán obsahem vlhkosti a obsahem nepoužitelného materiálu. Většina papíru vytříděného z domácností je pro recyklovaný papír nevhodná a škodlivá (Bobu et al. 2010).

Třídění starého papíru se provádí manuálně nebo automatizovaně. Manuální, neboli ruční, má často se opakující nevýhody. V první řadě je manuální třídění náročné na práci a zpravidla vyžaduje vysoké náklady na zpracování. Další problém je v nesoudržné kvalitě konečného produktu. V poslední řadě jsou pracovníci, kteří pracují v ručních třídících zařízeních, vystaveni organickému pachu, houbám a mikroorganismům, které mohou způsobit široké spektrum infekčních onemocnění. Automatizovaný systém třídění má výhody co se týče přesnosti, rychlosti a lidského zdraví. Jedná se o bezpečné, čisté a vysoce efektivní třídění papíru (Rahman 2014).

Nádoba určená ke sběru papíru má modrou barvu. Do modrého kontejneru je možné vhodit noviny, papírové krabice, časopisy, sešity, dále taky kancelářský papír nebo lepenkové a kartónové obaly. Krabice by měly být sešlápnuté, aby se do nádoby vešlo co nejvíce odpadu. Do modrého kontejneru lze vyhodit i obálky s plastovými okýnky či papíry spojené kovovými sponkami, neboť ty se později odstraní. Na druhou stranu by se neměl do této nádoby dostat mokrá, mastná nebo jinak znehodnocený papír. Dále do modrého kontejneru nepatří nápojové kartóny, nálepky, knihy v pevné vazbě fotografie či etikety. Nedoporučují se vyhazovat dokumenty s osobními údaji, aby nedošlo k jejich zneužití (Eko-kom 2022; Jak třídit 2022).

Po vytřídění odpadů je potřeba před samotným zpracováním, dotřídít papír na dotřídňovacích linkách. Papír, sklo i plasty prochází dotřídňovací linkou, kde se odstraňují znehodnocené prvky a nežádoucí příměsi. Od papíru se odděluje odpad, který již nelze recyklovat či jej není možné recyklovat společně s papírovým odpadem (Pluskal 2021).

Je nutné, aby se všechen získaný papír roztřídil na jednotlivé skupiny. Na dotřídňovacích linkách se papír z komunálního sběru roztřídí do skupin podle požadavků zpracovatelů, které jsou následně podrobeny různým recyklačním procesům. Vysoce vytříděný papír umožňuje zpracování na kvalitní konečné produkty. Vytříděný papír se slisuje do balíků, a to až do hmotnosti 800 kg (Vrbová 2003).

### 3.5.1.1 Symboly na obalech

Na barevných sběrných nádobách jsou podrobně popsány informace, podle kterých bychom se měli při třídění řídit. Ty nám vyobrazují, co do nich patří a co naopak ne (Samosebou 2018).

Výrobky z recyklovatelného papíru nemusí být na první pohled poznat. Na těchto výrobcích jsou různé štítky, nápisy či ekoznačky. Nejčastěji se lze setkat s nápisem „ekologicky šetrný výrobek“ nebo FSC (Forest sustainable stewardship) (Samosebou 2018).

Před samotným tříděním odpadu je důležité znát symboly, které jsou uvedeny na obalech. Ty nám napomáhají ke správnému třídění do předem určených kontejnerů. Recyklační značky hrají zásadní roli, neboť občas je těžké na první pohled rozpoznat, z čeho je obal vyroben (Eko-kom 2022).

Obrázek č. 1 představuje panáčka vyhazujícího obal do koše. Tento symbol nás informuje o tom, abychom vyhazovali odpad do komunálního odpadu. Obaly s tímto symbolem nejsou vhodné pro třídění a nejedná se ani o vratný obal. Jedná se o symbol nepovinný (Samosebou 2018).



**Obr. 1** Symbol „odhazující panáček“ (Ekospotřebitel 2022).

Obrázek č. 2 představuje trojúhelník s obrysovými šipkami. Tento trojúhelník vyobrazuje, že obal je recyklovatelný, ale také že byl vyroben z recyklovatelného materiálu. Zatímco trojúhelník s vyplněnými šipkami (obrázek č. 3) nám pouze vyobrazuje, že obal je možné recyklovat (Samosebou 2018).



**Obr. 2** Trojúhelník s obrysovými šipkami (Samosebou 2018).



**Obr. 3** Trojúhelník s vyplněnými šipkami (Samosebou 2018).

Na obalech se velmi často objevuje i symbol Zelený bod, který je vyobrazený na obrázku č. 4 (Eko-kom 2022).

*„Značka ZELENÝ BOD je ochrannou známkou. Označení obalu značkou ZELENÝ BOD znamená, že za tento obal byl uhrazen finanční příspěvek organizaci zajišťující zpětný odběr a využití obalového odpadu“ (Eko-kom 2022).*

*„Licence poskytnutá společností EKO-KOM, a.s. neopravňuje klienta k užívání značky ZELENÝ BOD mimo území ČR. Pro přímou distribuci označeného výrobku v zahraničí je proto nutné získat souhlas organizace právněné poskytovat licenci na příslušném trhu“ (Eko-kom 2022).*

Od roku 2010 má společnost EKO-KOM licenci k užívání známky, neboť splnila všechny požadavky a firma se zařadila mezi evropské systémy zpětného odběru a využití obalů (Eko-kom 2022).



**Obr. 4** Symbol zelený bod (Eko-kom 2022).

Pro papír jsou nejdůležitější symboly zobrazené na obrázku č. 5. Výrobky s tímto označením lze vyhodit do kontejneru na papír. Avšak není možné výrobek vyhodit do kontejneru v jakémkoliv stavu, neboť mokrý, mastný či jinak znehodnocený papír do kontejneru nepatří (Eko-kom 2022).

Čísla u těchto symbolů znamenají materiál, ze kterého byl daný produkt vyroben. Čísla se pohybují od 20 až do 39. Například číslo 20 značí vlnitou lepenku, číslo 21 hladkou lepenku a číslo 22 papír (Samosebou 2018).



**Obr. 5** Symboly papíru (Samosebou 2018).

### 3.5.2 Recyklace

Papír zabírá přibližně jednu pětinu obsahu popelnic v domácnostech, z čehož jedna polovina jsou časopisy a noviny. Takové množství odpovídá přibližně 4 kg odpadového papíru na jednu domácnost na týden. Recyklace je nejlepší současné řešení pro snížení problémů spojených s odstaněním odpadů (Kalpana et al. 2009).

Recyklace představuje jeden z nejlepších zavedených recyklačních programů, který se využívá u odpadových materiálů. Recyklovaný papír je nedílnou součástí výroby papíru a buničiny. Mimo to, že recyklovaný papír je důležitou surovinou pro papírenský průmysl, je také prokázáno, že recyklace papíru s sebou nese významné ekologické výhody z hlediska životního cyklu. Recyklace je přínosná z hlediska zdrojů i životního prostředí a měla by být v co nejvyšší míře podporována (Pivnenko 2015).

Recyklovatelný odpadový papír představuje papír, který má takovou hodnotu, která může být použita a obnovena k výrobě papírových produktů. Mezi nerecyklovatelný papír se zařazuje papír polepený, mastný, voskovaný a podobně. Recyklovatelným papírem se rozumí noviny, použité knihy, kartónové krabice a další recyklovatelné odpadní papíry. Pro jeho využití a třídění jsou stanoveny ukazatele, mezi které se řadí míra výtěžnosti a míra přijatelnosti standardního a nestandardního sběrového papíru (Villanueva & Wenzel 2007).

U papíru je při opakované recyklaci znát ztráta kvality. Původní papír a recyklovatelný sběrový papír nemají stejnou kvalitu, tudíž je potřeba použít vyšší hmotnost na funkční



jednotku, pokud má papír spíše vysoký obsah recyklovatelných vláken než obsah nižší. Vlákna se postupně při recyklaci zkracují a nakonec se po 6. až 7. recyklaci úplně ztratí. Musí být zachována kvalita, to znamená, že se následně do systému přidávají nová, delší vlákna. Každý recyklační cyklus potřebuje přesné množství nového papíru, které se pohybuje od 20 % až do 100 % (Villanueva & Wenzel 2007).

Recyklace s sebou nese spoustu výhod. Použitý papír nemusí být hned vyhozen do odpadkového koše nebo spálen, ale lze ho využít na výrobu nové. Recyklace papíru pomáhá snížit objem komunálního odpadu. Efektivní recyklace snižuje skládkování, šetří peníze, přírodní zdroje, energii a také snižuje obsah skleníkových plynů. Odhaduje se, že výroba jedné tuny papíru z recyklovaného vlákna ušetří přibližně 17 stromů, 1 362,6 l vody, 3 m<sup>3</sup> skládkového prostoru a 10 401 kW elektřiny (Rahman 2014). Záleží ovšem na použitých technologiích pro opětovné zpracování papíru. S uvolněním skládkového prostoru souvisí i snižování látek, které se uvolňují do půdy, vody i vzduchu. Pokud se při výrobě papíru využívá primární dřevo, spotřebuje se o 60 % více energie, než při využití recyklovaného papíru. Díky recyklaci se prodlužuje životnost skládek, neboť dochází k šetření skládkového prostoru (Merrild et al. 2008).

Do procesu recyklace papíru spadá opětovné rozvlákňování, čištění, odbarvování, rafinace, bělení a konečnou vlastní výrobu papíru (Kuraš 2014).

Ve fázi třídění musí dojít k vytrídění nevhodného papíru pro opětovné použití, třídění se provádí na pásu ručně nebo automatizovaně (Kuraš 2014).

Recyklovaný papír, popřípadě lepenka procházejí čistícím procesem, který obsahuje čištění mechanické a většinou také odbarvování (Kuraš 2014).

Během recyklace papíru představuje zbytkový inkoust největší problém, neboť snižuje jas papíru. Existuje proces, který z původního papíru odstraňuje plnidla, barviva a další nečistoty. Tento proces se nazývá deinking, jehož cílem je získat čistá vlákna pro další zpracování (Zhang et al. 2008). Deinking je založený převážně na chemické metodě, což znamená využití velkého množství chemikálií. Tento proces vede ke zvýšeným hodnotám chemické spotřeby kyslíku v odpadní vodě, a to činí čištění odpadních vod nákladnější (Nathan 2018). Chemické odbarvování může způsobit mnoho zdravotních problémů, zatímco biologické odbarvování je považováno za šetrné k životnímu prostředí. Biologické odbarvování využívá mikrobiální enzymy, které jsou pokládány za bezpečnější než chemikálie. Chemické odbarvování je nejčastěji založeno na bázi chlóru (Nathan 2018).

Rozvlákňování se rozděluje na mechanické a chemické. Mechanické se využívá pro výrobu méně kvalitního papíru a chemické je určené pro kvalitnější papír (Kuraš 2014).

Naopak některé papírové obaly nejsou vhodné k recyklaci, neboť obsahují potravinářský či jiný organický odpad. Takové obaly mohou být kompostovány pro organické využití. Avšak kompostovatelnost i recyklovatelnost jsou ovlivněny různými úpravami, které se používají během výroby nebo během jejich přeměny k dosažení obalové výkonnosti. Tyto obaly jsou založeny na obsahu hliníku, plastů či oleje (Muller 2014).

### 3.5.2.1 Ekonomická a environmentální pozitiva při recyklaci papíru

Pro průmysl je důležitá recyklace papíru a zároveň výroba nových vláken. Tyto dva procesy se doplňují a zároveň by nemohl existovat jeden bez druhého. Recyklace pomáhá udržovat výrobu nových vláken a díky tomu jsou lesy udržitelně řízeny. Nová vlákna jsou důležitá pro recyklaci, ale také pro výrobu určitého druhu papíru (Bobu et al. 2010).

Recyklace papíru a lepenky snižuje množství tuhého komunálního odpadu, který by musel být skládkován nebo spalován. Skládání a spalování odpadu má negativní vliv na životní prostředí. Papír vyrobený z recyklovaného papírového odpadu spotřebovává méně energie, produkuje méně oxidu uhličitého a emisí než nově vyrobený papír (Grossmann 2005).

V závislosti na jeho kvalitě může výroba papíru využívat méně energie jako fosilních paliv či elektřiny. Při nahrazení nových vláken vlákny recyklovanými, dochází k úspoře energie v rozmezí 28 až 70 % (Moberg et al. 2007).

Využívání recyklovaného papíru má pozitivní vliv na snížení emisí oxidu uhličitého v papírenském průmyslu. Každá jedna tuna buničiny z recyklovaného papíru ušetří zhruba 5 až 6 m<sup>3</sup> dřeva (Moberg et al. 2007).

Výroba papíru a celulózy v mnoha zemích přispívá k vyšší míře zaměstnanosti a také se podílí na tvorbě hrubého domácího produktu. Největší podíly ve výši zaměstnanosti jsou v zemích Skandinávie, přesněji ve Finsku a Švédsku (Moberg et al. 2007).

## 3.6 Nakládání s odpadním papírem

Odpadní papír je separován na recyklovatelný a nerecyklovatelný odpadní papír. Odpadní papír se dodává papírenskému průmyslu nebo výrobcům za výhodnou cenu (Rahman 2014).

Recyklovatelný odpadní papír představuje papírový odpad, který má takovou hodnotu, která může být použita a obnovena k výrobě papírových produktů. Recyklovatelným papírem se rozumí noviny, použité knihy, kartónové krabice a další recyklovatelné odpadní papíry. Pro jeho využití a třídění jsou stanoveny ukazatele, mezi které se řadí míra výtěžnosti a míra přijatelnosti standardního a nestandardního sběrového papíru (Liu et al. 2020).

### 3.6.1 Odpadní papír ve stavebnictví

Ve stavebnictví se stále více a více využívají materiály s ohledem na udržitelnost a životní prostředí. Je nutné používat ekologické materiály a technologie, které snižují negativní dopad z hlediska využití neobnovitelných zdrojů a spotřeby energie (Hurtado 2016).

Důležitým faktorem ke snižování skleníkových plynů je energetická účinnost v budovách. Vytápění a chlazení budov představuje 30 až 40 % spotřebované energie na světě. Řešením by mělo být vylepšení izolačních materiálů a zabránění tak tepelným ztrátám a zajištění tepelné pohody uvnitř interiéru budov. Tepelná vodivost charakterizuje účinnost izolačního materiálu. Čím nižší je tepelná vodivost materiálu, tím je účinnější jako izolant (Madurwar & Ralegaonkar 2013).

### 3.6.1.1 Izolace z celulózových vláken

V dnešní době se stále více využívají alternativní izolační materiály, které jsou šetrné k životnímu prostředí. Jedním takovým materiálem je izolace z celulózových vláken. Celulóza je stále více využívána díky její ekologické povaze a výborným tepelným vlastnostem. Nevýhodou těchto přírodních izolačních materiálů je jejich potenciál pro hořlavost, růst plísní a vysokou hydroskopičnost. Aby se tyto udržitelné materiály staly ve stavebnictví běžně využívanou formou, je potřeba znát jejich vliv a příčiny na vlastnosti izolačního materiálu (Hurtado 2016).

Aby se zabránilo hořlavosti celulózových vláken, přidávají se boritanové soli, které zabraňují spalování a kyselina boritá, která zabraňuje doutnání. Dalšími přidanými surovinami jsou síran hlinitý, trihydrát hlinitý, fosforečnan amonný a síran amonný. Bor má účinek na pět nejčastěji se vyskytovaných typů spór hub (Hurtado 2016).

Izolace vyrobené z celulózových vláken se skládají hlavně z mletých papírových vláken, které musejí být ošetřeny různými anorganickými přísadami, aby se zamezilo růstu plísní a tendenci hoření. Materiálem pro celulózová vlákna jsou nejčastěji recyklovatelné noviny, které jsou buď ze sběrového papíru nebo z novin, které se neprodaly. Tento zdroj materiálu má podobnou konzistenci jako vata. Celulózová izolace může být dodávána ve dvou formách. Jednak jako panel, ve kterém jsou celulózová vlákna lisována spolu s polyesterem nebo podobným pojivem. Druhou možností je, že se ručně nanáší do stěn, podkroví nebo stropů pomocí foukacího zařízení. Této izolaci se říká foukaná izolace a existují dvě metody, volná suchá výplň a mokrá nástřiku (Hurtado 2016).

Při metodě suché výplně jsou celulózová vlákna volně plněna pomocí foukacího zařízení. Předem zhutněná celulóza se přivádí do dmyhadla, které odděluje vlákna, a ty následně procházejí foukacím systémem. Celulózová vlákna jsou tlakem vzduchu foukána do uzavřených dutin stěn nebo střeš pomocí hadice. Když dojde k naplnění dutin, tak se přes vyplněné dutiny zabudují listy síťoviny. Jedinou nevýhodou při využívání této metody je, že časem může dojít k sedání materiálu, což snižuje účinnost izolace. Z tohoto důvodu se nejčastěji využívá na vodorovné plochy (Hurtado 2016).

Metoda mokrého nástřiku se většinou využívá v otevřených dřevěných dutinách. Využívá se stejný systém jako při metodě volné výplně, ale dochází k rozstříkávání vody současně s foukáním materiálu. Využití vody by mělo zlepšit přilnavost vláken. Následně je přebytečný materiál odstraněn a je znovu integrován do dmyhadla. Nevýhodou této metody je délka schnutí, která závisí na tloušťce a okolních podmínkách instalace. Tato metoda se často využívá, aby se zabránilo šíření prachu a usazování při horizontálních aplikacích (Hurtado 2016).



**Obr. 6** Obrázek vyobrazující použití foukané izolace (Climatizer 2022).

### 3.6.1.2 Akustické izolační desky

Ve stavebnictví se používají desky, které mají zvukové izolační vlastnosti. Využívají se především při rekonstrukci starších domů či bytů nebo v novostavbách. Použitím těchto desek by mělo dojít k izolaci hluku od sousedů, technických místností nebo rušných ulic (Desky Wolf 2022).

Desky jsou vyrobeny z materiálů, které jsou lehce odbouratelné, jsou přírodního charakteru a nezpůsobují žádná zdravotní rizika. Na výrobu těchto desek jsou střídavě použité vrstvy křemičitého písku a papíru. Strukturu desek tvoří několik komor, které jsou vysypány pískem, jak je vyobrazené na obrázku č. 7. Po nárazu zvuková vlna prochází přes sedm vrstev papíru a šesti vrstvami písku. Dokonale se utlumí, rozkmitává jednotlivá zrnka písku a mění se na pohybovou energii, která se vyčerpává (Desky Wolf 2022).

Použití těchto desek s sebou nese spoustu výhod. Jak již je výše zmíněno, jsou zde zvukově izolační vlastnosti, díky kterým jsou primárně využívány na izolaci stropů, stěn a podlah. Desky mají vysokou pevnost v tlaku a udržují teplo v interiéru. Výhodou je také jejich menší tloušťka, která se pohybuje kolem 1,5 cm a člověk nemusí řešit tlusté betonové stěny. Jedná se o patentovanou izolační technologii, která nabízí snadnou montáž, časovou a finanční úsporu, ale také ekologickou nezávadnost za příznivou cenu. Těmito deskami se pyšní firma Wolf, díky které se tato deska dostala i do celosvětového podvědomí a je velmi oblíbeným a využívaným izolačním akustickým materiálem (Desky Wolf 2022).



**Obr. 7** Akustická izolační deska (Desky Wolf 2022).

### 3.6.1.3 Papírový beton

V dnešní době jsou emise oxidu uhličitého ze stavenišť kvůli používání cementu celosvětový problém. Výroba papírového betonu využívá odpadní papír a dochází k využívání odpadního materiálu, který nejčastěji končí na skládkách. Papírový beton využívá papír jako částečnou náhradu portlandského cementu (Shermale & Varma 2015).

Ve stavebnictví odpadní papír najde své využití i jako konstrukční materiál. Beton obsahující drcený odpadní papír představuje alternativu stavebního materiálu a je uznáván jako šetrný k životnímu prostředí (Shermale & Varma 2015).

Základní složkou papírového betonu je jakýkoliv druh papír, například noviny, lepenka nebo reklamní letáky. Díky lehkosti materiálu může být papírový beton využitý pro vnitřní stěny výškových budov, které se nacházejí v seismické oblasti. Použití tohoto šetrnějšího materiálu také snižuje zatížení konstrukce a procento použité oceli, což ušetří množství práce a náklady na energii (Solahuddin & Yahaya 2022).

Proces papírového betonu zahrnuje namáčení odpadního papíru ve vodě tak dlouho, aby byla vlákna změkčena a míchána, dokud se nezíská homogenní buničina. Přidá se portlandský cement, písek a voda a smíchá se společně s buničinou. Následně se směs přelije do forem, aby se vytvořily bloky a formy se odstraní, jakmile bude směs suchá. Po několika dnech mohou být bloky využity ve stavebnictví. Papírový beton se využívá i jako pojivo a čím větší podíl cementu ve směsi obsahuje, tím bude směs lepivější (Solahuddin & Yahaya 2022).

Papírový cement se stane budoucností ve stavebnictví. Výhodou papírového betonu je jeho menší hmotnost a jeho dobrá absorpční a izolační vlastnost a je šetrný k životnímu prostředí (Shermale & Varma 2015).

### 3.6.1.4 Omítka obohacená odpadním papírem

Problémem starších budov je výskyt vlhkosti, která se vyskytuje zejména z důvodu malých oken a velmi silných zdí. Řešením pro tento problém být měla hliněná omítka obohacená o starý odpadní papír. Papírová směs obsahuje odpadní papír, lepidlo, jíl a vodu. Čím větší je množství přidané papírové směsi, tím lepší schopnost omítky bude tlumit vlhkost.

Schopnost stavebních materiálů tlumit vlhkost je stále více uznáván pro svůj příznivý vliv na vnitřní prostředí. Přidáním papírové omítky do hliněné omítky se zvýší její pufrovací schopnost (Nutt 2020).

### 3.6.2 Nakládáním s nerecyklovatelným odpadním papírem

Nerecyklovatelný papír je buď už tolikrát recyklovaný, že další recyklace již není možná nebo se jedná o předem upravený papír. Například jde o papír odolný vůči mastnotě, papír s lepidlem nebo se jedná o účtenky z bankomatů a supermarketů. Všechny tyto papíry jsou nevhodné pro další využití (Rahman 2014).

Nerecyklovatelný papír lze spalovat, skládkovat, kompostovat či vermikompostovat (Rahman 2014).

#### 3.6.2.1 Kompostování

Kompostování je považováno za životaschopný způsob přeměny organických odpadů na produkty, které lze bezpečně použít jako biohnojiva. Kompostování je řízený rozklad organické hmoty prostřednictvím biologických procesů, jehož výsledkem je humus bohatý na živiny (Kumar 2010).

Veškerá organická hmota se nakonec rozloží, papír však není tou nejvhodnější surovinou pro kompostování, neboť se rozkládá pomaleji a brání správnému průběhu procesu. Na kompostování se však nehodí jakýkoliv papír. Na kompost lze ukládat malé kousky papíru, papírové sáčky či ubrousky. Na kompostování není vhodný papír, který je mastný, povoskovaný nebo jakýmkoliv způsobem chemicky ošetřený. Jedná se zejména o různé druhy impregnací, které obsahují polymerní materiály, které jsou přidávány do hmoty papíru (Kumar 2010).

#### 3.6.2.2 Vermikompostování

Vermikompostování je eko-biotechnologický proces, který přeměňuje energeticky bohaté a složité organické látky na stabilizovaný humusový produkt. Vermikompostování bylo navrženo jako potenciální nástroj ke stabilizaci přírodních a antropogenních odpadů (čistírenské kaly, průmyslové kaly, domovní odpad, zvířecí trus, atd.). Žížaly jsou důležitými hybateli procesu, protože upravují substrát a mění biologickou aktivitu (Surendra 2007). Při tomto procesu dochází k přeměně organických materiálů (především odpadu) na humus, přesněji vermikompost. Vermikompostování je v podstatě stejný proces jako kompostování, ale jsou zde využity žížaly. Díky nim odpadá proces překopávání, neboť tento proces za Vás udělají žížaly (Munroe 2007).

Papír je dobrým krmivem pro žížaly díky své netoxické a biologicky rozložitelné povaze. Při vermikompostování žížaly požírají, melou a tráví organický odpad za pomoci aerobní a anaerobní mikroflóry ve svém střevě, což přispívá k urychlení mineralizace a humifikačního procesu (Gupta 2009).

Nerecyklovatelný papír lze využívat formou vermikompostování. Například je vhodné odpadní papír doplnit kravským hnojem. Vermikompostování odpadového papíru vede ke snížení obsahu popela a celkového organického uhlíku, ale dochází ke zvýšení celkového množství draslíku, dusíku a fosforu. Poměr uhlíku a dusíku klesá a dochází k pokročilému stupni stabilizace organické hmoty. Nerecyklovatelný odpadní papír musí být s kravským hnojem smíchán ve vhodném množství, které představuje 30 % odpadního papíru a 70 % kravského hnoje. Správný poměr těchto dvou složek je klíčový, aby došlo k přeměně na kvalitní vermikompost (Gupta 2009).

### 3.6.2.3 Spalování odpadního papíru

Ve zpracovatelském průmyslu stále vzniká velké množství papírových obalů a velká část toho se ukládá na skládky, kde se ztrácí energie vynaložená na výrobu papíru. Část odpadního materiálového papíru, které se ukládá na skládku, lze recyklovat. Přeměna nerecyklovatelného odpadu na vysokoenergetické palivo poskytuje cestu pro energetické využití a zhodnocení těchto odpadů jako cenný energetický zdroj. Společné využití uhlí a odpadního papíru vede ke snížení emisí hlavních znečišťujících látek z uhlí, neboť papír má menší množství síry a dusíku (Boavida et al. 2003).

Nerecyklovatelný papír musí být před použitím jako vstupní surovina zhutněn, aby se snížil potenciál pro skládkování paliva a zlepšil se výkon při spalování (Boavida et al. 2003).

Environmentální aspekty spalování papíru souvisí především s úrovní kontroly emisí do ovzduší a s energií získanou spalovnou. U spalování je důvodem výhodnosti především náhrada fosilních paliv, kdy spalovny poskytují teplo a elektřinu. Přednosti spalování závisí především na typu výroby energie, která je nahrazena teplem a elektřinou vyrobenými ze spalovny (Schmidt et al. 2007).

### 3.6.2.4 Skládkování odpadního papíru

Skládkování představuje nejstarší způsob nakládání s odpady. Skládkování je proces, při kterém jsou odpady zaváženy na skládku. V hierarchii odpadového hospodářství se považuje skládkování za konečný stupeň (Kuraš 2014).

Tento způsob likvidace je považován za jednoduchou a nenákladnou technologii při nakládání s nerecyklovatelným odpadním papírem. Skládkování není šetrné k životnímu prostředí, proto se v dnešní době od tohoto způsobu upouští. Jedním z cílů odpadové legislativy je eliminovat množství odpadu, který končí na skládkách. Z tohoto důvodu dochází ke zdražování za uložení odpadu. Cíle pro nakládání s komunálními odpady jsou stanoveny tak, že v roce 2030 by mělo dojít k zákazu skládkování využitelných zdrojů a v roce 2035 by mělo být možno skládkovat maximálně 10 % z celkové hmotnosti komunálního odpadu (Samosebou 2021; Sběrka zákonů 2020).

## 4 Závěr

Hlavním cílem bakalářské práce bylo popsat a charakterizovat jednotlivé druhy papíru, včetně nasávané kartonáže. Byly přestaveny a popsány různé způsoby sběru papíru, včetně jejich předností a nedostatků.

Papír je obnovitelný zdroj a surovina s vysokým recyklačním potenciálem. Díky jeho vlastnostem dochází k prodloužení životní cyklu. Recyklace papíru představuje jeden z nejlepších zavedených recyklačních programů, který se používá u odpadových materiálů. Recyklace je na rozdíl od skládkování a spalování šetrná k životnímu prostředí a je přínosná z hlediska zdrojů.

Recyklovaný papír je velmi důležitou surovinou pro papírenský průmysl při výrobě papíru a buničiny. Pro tento druh papíru je důležitá jeho kvalita, neboť ta určuje směr dalšího využití.

Recyklovatelný a nerecyklovatelný odpadní papír se začíná čím dál více využívat ve stavebnictví. Nalezneme ho ve formě foukané izolace, akustických desek nebo ho lze využít jako přísadu do betonu.

Nerecyklovatelný odpadní papír již nelze využít na výrobu nových produktů. Jedná se totiž o papír s velmi nízkou hodnotou a kvalitou. Tento papír lze skládkovat nebo spalovat. Pro získání hnojiva se nerecyklovatelný odpadní papír kompostuje nebo vermikompostuje. Neustále se hledají nové a nové možnosti, jak tento druh papíru znovu a naposledy zpracovat.



## 5 Literatura

Baldwin SD, Sanders EB, Myracle JL, Goodman BL, Arterbery CW, Geiszler WA, Floyd B, Claflin WE. 1992. Smoking articles using novel paper wrapper. *My Science Work* **5**:2-15.

Balner P, Franková M. 2009. *Hospodaření s odpady v obcích*. EKO-KOM, Praha.

Boavida D, Abelha P, Cabrita I. 2003. Co-combustion of coal and non-recyclable paper and plastic waste in a fluidised bed reactor. *Fuel* **82**(15-17):1931-1938.

Bobu E, El, Alina I, Florin. 2010. Potential benefits of recovered paper sorting by advanced technology. *Cellulose chemistry and technology* **44**(10):461-471.

Carey BJR. 1969. Paper and Papermaking: Some Notes on the History of the Art. *Medicine, Science and the Law* **9**(1):47-50.

Climatizer. 2022. Foukaná izolace – cena není jedinou výhodou. Available from <https://www.climatizer.cz/foukana-izolace-cena-neni-jedinou-vyhodou/> (accessed April 2022).

Defalque CM, Marins FAS, Silvia AF, Rodríguez EYA. 2020. A review of waste paper recycling networks focusing on quantitative methods and sustainability. *Journal of Material Cycles and Waste Management* **23**:55-76.

Desky Wolf. 2022. Available from <https://www.deskywolf.cz> (accessed April 2022).

Donát A. 1963. *Materiály na výroby z papíru a lepenky*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

Eko-kom. 2022. Jak systém funguje. Available from <https://www.ekokom.cz/cz/klienti/jak-system-funguje/> (accessed April 2022).

Eko-kom. 2022. Krátce o třídění. Available from <https://www.ekokom.cz/cz/ostatni/proverejnost/kratce-o-trideni/> (accessed April 2022).

Eko-kom. 2022. Zelený bod a značka EKO-KOM. Available from <https://www.ekokom.cz/cz/klienti/uzitecne-informace/zeleny-bod-a-znacka-eko-kom/> (accessed April 2022).

Ekospotřebitel. 2022. Značení obalů. Available from <http://www.ekospotrebitel.cz/ekospotrebitel/odpovedna-domacnost/odpady/znaceni-obalu/> (accessed April 2022).

Ervasti I, Miranda R; Kauranen I. 2016. Paper recycling framework, the “Wheel of Fiber”. *Journal of Environmental Management* **174**:35-44.

Filip J. 1946. Dějiny papíru, Družstvo dílo, Praha.

Gupty R. 2009. Vermiremediation and nutrient recovery of non-recyclable paper waste employing *Eisenia fetida*. *Journal of Hazardous Material* **162**(1):430-439.

Hurtado PL. 2016. A review on the properties of cellulose fibre insulation. *Building and Environment* **96**:170-177.

Cho BU, RYU JY, SONG BK. 2009. Factors influencing deflaking kinetics in repulping to produce molded pulp. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* **15**(1):119-123.

Jak tridit. 2022. Jak správně třídít - barevné kontejnery: Kde najdete informace o třídění odpadu? Available from <https://jaktridit.cz/cz/trideni/jak-spravne-tridit---barevne-kontejnery/papir> (accessed April 2022).

Jing S, Li J, Qian X, Ren W, Fatehi P. 2014. A review on engineering of cellulosic cigarette paper to reduce carbon monoxide delivery of cigarettes. *Carbohydrate Polymers* **101**:769-775.

Kalpana D, Cho SH, Lee SB, Lee YS, Misra R, Renganathan NG. 2009. Recycled waste paper-A new source of raw material for electric double-layer capacitors. *Journal of Power Sources* **190**(2):587-591.

Klemm D, Brigitte H, Hans-Petr F, Andreas B. 2005. Cellulose: fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte chemie international edition* **44**(22):3358-3393.

Kocman J. 2004. Médium papír. Vysoké učení technické, Brno.

Kong L, Jingyi Z, Jiahao L, Yao Z. 2020. Evaluating energy efficiency improvement of pulp and paper production: Case study from factory level. *Journal of Cleaner Production*, **277**:124018.

Korda J. 1992. Papírenská encyklopedie. Státní nakladatelství technické literatury, Praha.

Kumar S. 2010. Composting of municipal solid waste. *Critical Reviews in Biotechnology* **31**(2):112-136

Kuraš M. 2014. Odpady a jejich zpracování. Vodní zdroje Ekomonitor, Chrudim.

Liu M, IU, Manzhi, Shuai T, Mengya Z, Gang H, Zhizhi Ch, Zhiwei F, Changjin L. 2020. Waste paper recycling decision system based on material flow analysis and life cycle assessment: A case study of waste paper recycling from China. *Journal of environmental management* **255**:109859.

- Madurwar MV, Ralegaonkar RV, Mandavgane SA. 2013. Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review. *construction and Building materials* **38**:872-878.
- Martínez K, Toso E, Morabita R. 2016. Production planning in the molded pulp packaging industry. *Computers & Industrial Engineering* **98**:554-566.
- Mcdonald D, Miles K, Amiri R. 2004. The nature of the mechanical pulping process. *Pulp & Paper Canada* **105**(8):27-31.
- Merrild H, Damgaard A, Christensen TH. 2008. Life cycle assessment of waste paper management: The importance of technology data and system boundaries in assessing recycling and incineration. *Resources, Conservation and recycling* **52**(12):1391-1398.
- Moberg AM, Johansson M, Finnveden G, Jonsson A. 2007. Screening environmental life cycle assessment of printed, web-based and tablet epaper newspaper, Reports from the KTH Centre for Sustainable Communication, Stockholm.
- Monte MC, Fuente E, Blanco A, Nergo C. 2009. Waste management from pulp and paper production in the European Union. *Waste Management* **29**(1):293-308.
- Müller G. 2012 End-of-life Solutions for Fibre and Bio-based Packaging Materials in Europe. *Packaging Technology and Science* **27**(1):1-15.
- Munroe G. 2007. Manual of on-farm vermicomposting and vermiculture. *Organic agriculture centre od Canada* **39**:1-40.
- Nafees M, Khan NH, Noor N, Ahmad F. 2017. Reduction in Organic Waste through Recovery from Waste Paper Recycling Mill. *Pakistan Journal of Analytical* **18**(2):136-142.
- Nathan VK. 2018. Enhanced biobleaching efficacy and heavy metal remediation through enzyme mediated lab-scale paper pulp deinking process. *Journal of Cleaner Production* **203**:926-932.
- Pivenko K, Eriksson E, Astrup TF. 2015. Waste paper for recycling: Overview and identification of potentially critical substances. *Waste management* **45**:134-142.
- Pluskal J. 2021. Strategic decisions leading to sustainable waste management: Separation, sorting and recycling possibilities. *Journal of Cleaner Production* **278**:123359.
- Rahman MO, Hussain A, Basri H. 2014. A critical review on waste paper sorting techniques. *International journal of environmental science and technology* **11**(2):551-564.
- Rojas OJ, Martin AH. 2005. The Dispersion Science of Papermaking. *Journal of Dispersion Science and Technology* **25**(6):713-732.

Ruční papírna Velké Losiny. 2022. Historie. Available from <https://www.rpvl.cz/cz/rucni-papirna/historie> (accessed April 2022).

Samosebou. 2018. Vše o recyklačních symbolech na obalech. Available from [https://www.samosebou.cz/2018/04/11/vse-o-recyklačních-symbollech-na-obalech/?gclid=CjwKCAjwuYWSBhByEiwAKd\\_n\\_s87F4ldkVlSD6oXiHEGFuyFC4bMcO6cWlS7QZ8qze9UQp2kdxQ-fRoCZ8AQA\\_vD\\_BwE](https://www.samosebou.cz/2018/04/11/vse-o-recyklačních-symbollech-na-obalech/?gclid=CjwKCAjwuYWSBhByEiwAKd_n_s87F4ldkVlSD6oXiHEGFuyFC4bMcO6cWlS7QZ8qze9UQp2kdxQ-fRoCZ8AQA_vD_BwE) (accessed April 2022).

Samosebou. 2021. Jaké změny přinese do života Čechů nová odpadová legislativa. Dostupné z: <https://www.samosebou.cz/2021/03/26/jake-zmeny-prinese-do-zivota-cechu-nova-odpadova-legislativa/> (accessed April 2022).

Shermale YD, Varma MB. 2015. Papercrete: An efficient use of waste paper. *Recent Trends in Civil Engineering & Technology* **5**(3):54-59.

Schmidt J, Holm P, Merrild A, Christensen. 2007. Life cycle assessment of the waste hierarchy – A Danish case study on waste paper. *Waste Management* **27**(11):1519-1530.

Solahuddin BA, Yahaya FM. 2022. Properties of concrete containing shredded waste paper as an additive. *Materials Today: Proceedings*, , **51**:1350-1354.

Surendra S. 2007. Vermicoposting potencial of *Perionyx sansibaricus* (Perrier) in different waste materials, *Bioresource Technology*. **98**(6):1231-1237.

Šalda J. 1962. Papír-kartón-lepenka. Státní nakladatelství technické, Praha.

Škára I, Dosedla Z, Friedmann Z, Pecina J, Pospíšil R, Stibor K, Štěpánková G. 1998. Aplikace techniky. Masarykova univerzita v Brně, Brno.

Villanueva A, Wenzel H. 2007. Paper waste – Recycling, incineration or landfilling? A review of existing life cycle assessments. *Waste Management* **27**(8):29-46.

Vrbová M. 2003. Hospodaření s odpady v obcích. EKO-KOM, Praha

Wüstenberg T. 2014. Cellulose. Cellulose and Cellulose Derivatives in the Food Industry. Wiley-VCH, Germany.

Xu T, Sathaye J, Kramek K. 2013. Sustainability options in pulp and paper making: costs of conserved energy and carbon reduction in the US. *Sustainable Cities and Society* **8**:56-62.

Zákon č. 541/2020 Sb., o odpadech. Pages 6082-6192 in *Sbírka zákonů České republiky, 2020, částka 222*. Česká republika.

Zhang X, Renaud S, Paice M. 2008. Cellulase deinking of fresh and aged recycled newsprint/magazines (ONP/OMG). *Enzyme and microbial technology* **43**(2):103-108.

Zhang Y, Duan C, Bokka SK, Yonghao NI. 2022. Molded fiber and pulp products as green and sustainable alternatives to plastics: A mini review. *Journal of Bioresources and Byproducts* **7**(1):14-25.

## 6 Seznam použitých zkratek a symbolů

\* – krát

atd – a tak dále

C – celsium

cm – centimetr

g – gram

$g/m^2$  – gram na metr čtverečný

$g/m^3$  – gram na metr krychlový

kg – kilogram

kV – kilovolt

kV/cm – kilovolt na centimetr

kW – kilowatt

l – litr

m – metr

$m^2$  – metr čtverečný

$m^3$  – metr krychlový

mg – miligram

tvz. – takzvaně/takzvaný

$\mu\text{m}$  – mikrometr