



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ

FACULTY OF CHEMISTRY

ÚSTAV CHEMIE MATERIÁLŮ

INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE

**RYCHLOST OPAKOVANÉHO ZACHYCENÍ A UVOLNĚNÍ
VODY SMĚSNÝM RECYKLÁTEM JEDNORÁZOVÝCH
PLEN A JEHO JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT**

THE RATE OF REPEATED CAPTURE AND RELEASE OF WATER BY A MIXED RECYCLATE OF
DISPOSABLE DIAPERS AND ITS INDIVIDUAL COMPONENTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Štěpánka Březinová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. Josef Jančář, CSc.

BRNO 2021

Zadání bakalářské práce

Číslo práce: FCH-BAK1595/2020 Akademický rok: 2020/21
Ústav: Ústav chemie materiálů
Studentka: **Štěpánka Březinová**
Studijní program: Chemie a chemické technologie
Studijní obor: Chemie, technologie a vlastnosti materiálů
Vedoucí práce: **prof. RNDr. Josef Jančář, CSc.**

Název bakalářské práce:

Rychlost opakovaného zachycení a uvolnění vody směsným recyklátem jednorázových plen a jeho jednotlivých komponent

Zadání bakalářské práce:

Cílem práce je nalezení vhodného procesu separace plastové a absorpční části jednorázových plen, následná analýza získaného recyklátu, porovnání absorpčních a desorpčních vlastností polyakrylátu sodného obsaženého v recyklátu s vlastnostmi polyakrylátu draselného a pozorování absorpčních vlastností po opakovaně na jednom vzorku.

Termín odevzdání bakalářské práce: 30.7.2021:

Bakalářská práce se odevzdává v děkanem stanoveném počtu exemplářů na sekretariát ústavu. Toto zadání je součástí bakalářské práce.

Štěpánka Březinová
student(ka)

prof. RNDr. Josef Jančář, CSc.
vedoucí práce

doc. Ing. František Šoukal, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Brně dne 1.2.2021

prof. Ing. Martin Weiter, Ph.D.
děkan

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá recyklací jednorázových plen. Odpad z jednorázových plen má potenciál pro druhotné využití a zároveň jde o ekologičtější variantu než spalování tohoto odpadu. Procesem recyklace je potřeba oddělit jednotlivé části pleny, aby mohly být dále využívány. Produktem recyklace v této práci je recyklační směs (recyklát), kterou tvoří buničina společně s polyakrylátem sodným. Polyakrylát sodný patří mezi superabsorpční polymery, které mají velké absorpční schopnosti, přičemž tyto vlastnosti má i získaná recyklační směs. V experimentální části je recyklační směs analyzována a její absorpční a desorpční schopnost je porovnávána s vlastnostmi polyakrylátu draselného.

KLÍČOVÁ SLOVA

Superabsorpční polymer, jednorázová plena, recyklace, absorpční schopnost, buničina

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on the recycling of disposable diapers. The waste from disposable diapers could be potentially used again and it is also a more ecological solution than incineration of this waste. The process of recycling separates individual parts of the diaper so they could be used again. In this bachelor's thesis, the product of recycling is a recycled material that is composed of cellulose and sodium polyacrylate. Sodium polyacrylate is one of the superabsorbent polymers that have great absorptive qualities. The resulting recycled material has the same qualities as well. In the experimental part of this bachelor's thesis, the recycled material is analyzed and the absorptive and desorptive qualities are compared with the qualities of sodium polyacrylate.

KEYWORDS

Superabsorbent polymer, disposable diaper, recycling, absorption capacity, pulp

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VAŠÍ PRÁCE

Citace tištěné práce:

BŘEZINOVÁ, Štěpánka. *Rychlost opakovaného zachycení a uvolnění vody směsným recyklátem jednorázových plen a jeho jednotlivých komponent*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/123830>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie materiálů. Vedoucí práce Josef Jančář.

Citace elektronického zdroje:

BŘEZINOVÁ, Štěpánka. *Rychlost opakovaného zachycení a uvolnění vody směsným recyklátem jednorázových plen a jeho jednotlivých komponent* [online]. Brno, 2021 [cit. 2021-07-28]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/123830>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, Ústav chemie materiálů. Vedoucí práce Josef Jančář.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a že všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího bakalářské práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu této práce prof. RNDr. Josef Jančář, CSc. za odborné vedení a cenné připomínky. Také děkuji Ing. Petru Lepciovi, Ph.D. za odbornou pomoc při praktických měřeních. Poděkování patří také mému manželovi Jiřímu Březinovi a celé mé rodině za podporu při celém studiu.

OBSAH

1. ÚVOD	10
2. TEORETICKÁ ČÁST	11
2.1. Pleny.....	11
2.1.1. Jednorázové pleny	11
2.1.2. Ekopleny.....	11
2.1.3. Pleny na opakované použití.....	12
2.1.4. Srovnání plen.....	12
2.1.4.1. Výhody a nevýhody jednorázových plen.....	12
2.1.4.2. Výhody a nevýhody látkový plen	13
2.1.4.3. Výhody a nevýhody ekoplen	13
2.1.4.4. Závěr srovnávání plen.....	14
2.2. Složení jednorázové pleny.....	14
2.2.1. Polypropylenová folie	15
2.2.2. Polyethylenová folie.....	15
2.2.3. Superabsorpční polymer.....	16
2.2.3.1. Polyakrylové soli	16
2.2.3.1.1. Polyakrylát sodný	17
2.2.3.1.2. Polyakrylát draselný	18
2.2.4. Buničina	18
2.2.5. Celulóza.....	19
2.2.5.1. Oxidovaná celulóza.....	20
2.3. Životní cyklus pleny a dopad na životní prostředí	21
2.3.1. Získávání surovin	21
2.3.2. Výrobní proces a distribuce.....	21
2.3.3. Způsob likvidace (spalování a skládkování)	22
2.3.3.1. Likvidace na skládce.....	22
2.3.3.2. Likvidace spalováním	22
2.4. Degradace a absorpční schopnost.....	23
2.4.1. Degradace a absorpční schopnost celulózy	23
2.4.2. Degradace a absorpční schopnost superabsorpčních polymerů	23
2.5. Dopad na životní prostředí	24

2.6.	Recyklace	24
2.6.1.	Knowaste Ltd. technologie.....	25
2.6.2.	Fater technologie	26
2.6.3.	Společnosti v Asii.....	27
2.6.3.1.	Diaper Recycling Technology Pte Ltd technologie	27
2.6.3.2.	Super Faiths Inc. technologie.....	28
2.7.	Nové technologie recyklace	29
2.8.	Metody analýzy	30
2.8.1.	Infračervená spektroskopie.....	30
2.8.1.1.	Infračervený spektrometr	31
2.8.1.1.1.	Disperzní spektrometr.....	31
2.8.1.1.2.	FT-IR spektrometr	31
2.8.2.	Termické analýzy	32
2.8.2.1.	Termogravimetrická analýza.....	32
3.	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	34
3.1.	Klasifikace použitého materiálu.....	34
3.1.1.	Klasifikace použité pleny	34
3.1.2.	Klasifikace použitých chemikálií	34
3.1.3.	Použité přístroje.....	35
3.2.	Pracovní postup přípravy recyklátu.....	35
3.2.1.	Separace částí pleny	35
3.2.2.	Filtrace a sušení	36
3.3.	Absorpce a desorpce.....	37
3.3.1.	Postupná absorpce a desorpce	38
3.3.2.	Opakované měření absorpce	38
3.4.	Metody analýzy	39
3.4.1.	Infračervená spektroskopie metoda zeslabeného odrazu (ATR FT-IR).....	39
3.4.2.	TGA analýza	39
4.	VÝSLEDKY A DISKUZE	41
4.1.	Recyklace pleny	41
4.2.	Charakteristika polyakrylátu draselného a recyklátu	41
4.2.1.	ATR FTIR	41
4.2.2.	TGA analýza	44

4.3.	Absorpční vlastnosti polyakrylátu draselného a buničinové vaty	46
4.3.1.	Postupná absorpce a desorpce	46
4.3.2.	Opakovaná absorpce.....	51
4.4.	Absorpční vlastnosti recyklátu	54
4.4.1.	Postupná absorpce a desorpce	54
4.4.2.	Opakovaná absorpce.....	57
4.5.	Porovnání absorpčních vlastností vzorků.....	59
5.	ZÁVĚR	60
6.	ZDROJE.....	61
7.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	66
8.	SEZNAM PŘÍLOH.....	67
9.	SEZNAM TABULEK	68
10.	SEZNAM OBRÁZKŮ	69

1. ÚVOD

Jednorázové pleny tvoří velkou část odpadu, který na skládkách způsobuje značné problémy. Z toho důvodu je potřeba se zabývat tím, jak odpad z plen zpracovat a ideálně využít k dalším aplikacím, tedy ho zrecyklovat. Významnou složkou a pro další aplikace zajímavým materiálem jednorázových plen jsou superabsorpční polymery. Tyto látky jsou schopny absorbovat velké množství vody a několikanásobně zvětšit svůj objem, poté jsou schopny tekutinu opět uvolnit.

Během procesu recyklace plen je potřeba tyto superabsorpční polymery oddělit od zbytku plastové části, aby mohly být dále využity. Nejčastějším superabsorpčním polymerem využívaným k výrobě plen je polyakrylát sodný, který se v plenách nachází ve směsi s buničinou a tvoří absorpční část plen.

Superabsorpční polymery lze rovněž aplikovat v zemědělství, nejčastěji s využitím polyakrylátu draselného. Polyakrylát draselný umožňuje zadržování vody a živin v půdě s jejich následným uvolňováním rostlinám podle její potřeby. Cílem práce je nalezení vhodného procesu separace plastové a absorpční části jednorázových plen, následná analýza získaného recyklátu, porovnání absorpčních a desorpčních vlastností polyakrylátu sodného obsaženého v recyklátu s vlastnostmi polyakrylátu draselného a pozorování absorpčních vlastností opakovaně na jednom vzorku.

2. TEORETICKÁ ČÁST

2.1. Pleny

V dnešní době jsou jednorázové pleny nejpoužívanější variantou plen, nejsou však jedinou variantou na trhu. K největšímu vývoji plen došlo v 18. století. Pojem plena – látka na přebalování – se začal využívat v Anglii kolem roku 1950. V průběhu let prošly pleny různými inovacemi, aby vyhověly spotřebiteli/uživateli, ale také hygienickým požadavkům.

2.1.1. Jednorázové pleny

Jednorázová plena, jak z názvu vyplývá, je plena na jedno použití. Tento typ plen patří mezi nejpoužívanější, díky své malé velikosti, jednoduché aplikaci i likvidaci použitých plen. Plena obsahuje pásy k uchycení pleny. Některé dokonce obsahují ukazatele vlhkosti, které díky chemickým látkám mění barvu pleny podle její vlhkosti. Spotřebitelé mají velké požadavky na výrobce plen v oblasti komfortu dítěte či spolehlivosti pleny.

2.1.2. Ekopleny

V dnešní době jsou rovněž kladeny vyšší nároky z hlediska ekologie, proto někteří výrobci začali přicházet s ekologickými variantami plen. Někdy tento typ bývá označován jako pleny kompostovatelné. Tyto pleny jsou opět na jedno použití, ale jsou vyrobeny z ekologičtějších materiálů a některé lze kompostovat nebo recyklovat. Jejich velkou nevýhodou je, že neexistují žádné přesné parametry, co musí ekoplena splňovat. Proto je tato kategorie plen velmi obsáhlá, a je potřeba při jejich výběru sledovat jednotlivé parametry.

Jednou z výhod ekoplen je, že není k jejich bělení využíván chlór, který není vhodný ze zdravotních i ekologických důvodů. Při bělení vznikají dioxiny, které mohou vést k neplodnosti, zároveň je při procesu bělení spotřebováno velké množství vody.

Hlavní rozdíl od jednorázových plen je hlavně ve využitých materiálech, jelikož přibližně polovina surovin pochází z obnovitelných zdrojů ekologického hospodářství. Některé firmy jsou schopny vyrobit takové pleny, které jsou stoprocentně biologicky rozložitelné, například značka Kikko. Výrobci se snaží eliminovat klasické plasty a čisté plasty používají jen do suchého zipu nebo do elastické zadní části.

Z hlediska složení pleny evidujeme různé varianty. Jednou z variant je plena, jejíž absorpční vrstva se skládá z přírodního kukuřičného gelu a z ropného produktu polykaprolakton, který je biologicky plně rozložitelný. Další variantou je využití BIO superabsorpčního polymeru a buničiny. Vnitřní část pleny může být tvořen celulórou a speciální netkanou textilií, k výrobě vnějších částí plen některé společnosti využívají rozložitelné polymery. Dále se v plenách nachází absorbenty, aby byly dodrženy hygienické požadavky. Ty jsou ale často pro své antiseptické vlastnosti špatně kompostovatelné.

Další možností je kombinace látkových plen a kompostovatelné vložky. Tyto pleny vyrábí firma gDiapers. Plena se skládá z látkových kalhotek a kompostovatelné vložky, která je

vyrobena z celulózy, vlákniny a superabsorbéru. Vložku je možné zlikvidovat spláchnutím do toalety nebo kompostovat. Díky dusíku z moči dítěte je dobrou výživou pro půdu. Kalhotky jsou po vyprání znovu použitelné s novou vložkou. Tento typ plen ale pochází z Ameriky a je otázka, jestli by u nás tento způsob likvidace vložky do toalety nenarazil na odpor provozovatelů kanalizací a čistíren.

Na trhu je spousta různých možností ekologických plen a jiných alternativ. Nevýhodou pro některé spotřebitele může být vyšší cena těchto plen. [15]

2.1.3. Pleny na opakované použití

Také jsou známé pod názvem látkové pleny. Tyto pleny lze používat opakovaně, protože jsou prátelné. Opět existuje mnoho variant těchto plen, každá má své výhody a nevýhody. Buď se jedná o klasické čtvercové pleny, nebo o celé plenové systémy. Na výrobu se používají zejména přírodní materiály jako len, bavlna, vlna a další. Svě uplatnění ale mají i materiály jako je polyuretan nebo pryžové vlákno. [16]

Látkové pleny se skládají ze svrchních kalhotek, které bývají nejčastěji vyrobeny z PUL – nepromokavé látky vyrobené z polyesteru polyuretanovým zátěrem, vlny nebo fleecu. Tvarově se podobá jednorázové pleně a jeho funkcí je udržet výkaly a exkrementy uvnitř plen. Dále látková plena obsahuje samotnou plenu, která může být z různého materiálu například bavlna či bambus. Dále se vyrábí různé tvary těchto plen například čtvercové, vícevrstevné, tvarové, zavazovací. Plena musí mít část savou, která absorbuje tekutinu a drží ji v pleně a část dotykovou, která zajišťuje komfort dítěte, aby vlhkost byla odváděna od pokožky dítěte. [17]

Pleny také mohou obsahovat různé doplňky, jako jsou například vkládací pleny, aby byla zvýšena savost plen. Také existují tzv. pleny all in one, u kterých jsou všechny součástky plen neoddělitelně spojeny. Látkové pleny jsou často „vícevelikostní“. Dítěti vydrží déle, protože obsahují speciální zapínání, které umožňuje zapnout plenu různým způsobem dle velikosti dítěte.

2.1.4. Srovnání plen

Na trhu máme opravdu velké množství jednorázových plen, eko plen i plen látkových. Není jednoduché si vybrat tu nejlepší variantu a záleží, co je pro zákazníka prioritou. Spousta parametrů je jistě subjektivní podle potřeb zákazníka. Zároveň neexistuje mnoho studií, které by komplexně porovnávaly všechny tyto pleny. Výrobci plen často neuvádí ve svých propagačních materiálech úplné informace, a to zejména s ohledem na kompostovatelnost ekoplen.

2.1.4.1. Výhody a nevýhody jednorázových plen

Výhody:

- přebalování trvá kratší dobu,
- snadná manipulace s plenou, neobsahuje mnoho částí,
- díky malé velikosti pleny neomezují pohyb dítěte, [33]

- komfortní pro rodiče,
- snadná koupě pleny, k dostání ve všech obchodech, velká propagace.

Nevýhody:

- když se sečtou výdaje za pleny za celou dobu, kdy dítě pleny potřebuje, je cena vyšší než cena za pleny látkové, [35]
- rozklad pleny trvá stovky let,
- jejich výroba spotřebuje více neobnovitelných i obnovitelných zdrojů než látkové pleny,
- při bělení plen chlorem dochází ke znečištění vody, [34]
- jednorázové pleny podporují delší nošení plen,
- nevhodné pro děti, které mají zdravotní problémy s kyčlemi,
- chemické látky, které jsou obsaženy v pleně, způsobují problémy s pokožkou, nutno ošetřovat krémy. [33]

2.1.4.2. Výhody a nevýhody látkový plen

Výhody:

- pleny se dělají tzv. „vícevelikostní“ – dítěti vydrží jedna velikost pleny delší dobu,
- pořizovací cena pleny je vyšší, ale ve výsledku je celková cena nižší, [35]
- v případě sečtení energie, která je potřeba k výrobě jednorázové pleny a její distribuce, je energie potřebná k praní plen nižší, [35]
- dítě rychleji vedeno na nočník,
- dobře drží na těle dítěte a tím pádem dobře těsní,
- pleny neobsahují chemické látky, což je dobré pro pokožku. [33]

Nevýhody:

- pleny jsou těžce dostupné, buď v malých obchodech, nebo na internetu,
- výměna pleny je náročnější, jak z hlediska času, tak manipulace,
- počáteční vyšší cena pleny.

2.1.4.3. Výhody a nevýhody ekoplen

Výhody:

- v případě vlastního domácího kompostéru je vytvářeno hnojivo (nikoliv odpad), [36]
- možné vyhazovat do popelnic s bioodpadem, čímž snižujeme množství odpadu na skládkách, [36]
- snížení objemu odpadu na skládkách díky vlastnímu rozkladu (v případě likvidace vhozením do komunálního odpadu), [36]; [37]
- ekopleny jsou ekologičtější než jednorázové pleny,
- díky snížení množství chemických látek v plenách, jsou pleny lepší pro pokožku dítěte, [33]
- pleny neobsahují chlór,
- pleny bývají v ekologičtější balení, například papírová krabice. [37]

Nevýhody:

- ekoplena není ekologičtější variantou v případě, že je likvidována ve spalovnách, kde končí část komunálního odpadu, [36]
- je potřeba častěji vyměňovat, dítě jich spotřebuje více, [36]
- přestože je nejlepší variantou likvidace ekoplen domácí kompost, není reálné zkompostovat 5-6 plen každý den. [37]

2.1.4.4. Závěr srovnávání plen

Není možné s jistotou určit, která varianta je nejlepší. Každá plena má své výhody a nevýhody. Když se na pleny podíváme z pohledu ekologie, nejlepší variantou jsou pleny látkové, které nespotřebují tolik obnovitelných i neobnovitelných zdrojů. Dále jejich údržba nespotřebuje tolik energie jako výroba a dovoz plen jednorázových. Ekopleny jsou pak ekologičtější variantou než klasické jednorázové pleny, ale je potřeba si správně vybrat a nenechat se zmást reklamou výrobců, která tvrdí, že všechny pleny zkompostujeme.

2.2. Složení jednorázové pleny

Složení většiny klasických jednorázových plen je velmi podobné. Zadní vrstva pleny je z polyethylenové folie, která zajistí, aby neprosákla vlhkost do oblečení dítěte. Ve vnitřní obalu můžeme najít polypropylén, díky kterému je plena jemná a pohodlná. [2]

Absorpční vrstva se skládá z buničiny, která má přírodní původ. Buničina se skládá ze směsi celulózy, hemicelulózy a zbytků ligninu. Buničina je v plence využita k absorpci vlhkosti. Dále se absorpční vrstva skládá ze superabsorpčního polymerového jádra, které je schopno pojmout až 30násobek své hmotnosti, ve velmi malém čase tekutinu absorbuje a uzavře ji v sobě. [2] Absorpční materiály se skládají přibližně ze 70 % z buničiny a ze 30 % ze superabsorpčního materiálu, který pochází z ropy.

Povrchová vrstva pleny má za úkol odvádět vlhkost od těla dítěte, tedy dovnitř pleny. Tato vrstva je vyrobena z polypropylenového vlákna. [2]

Dále se na pleně nachází upevňovací pásky, které jsou potřebné k zapnutí pleny a jsou vyrobeny z polypropylénu a polyesterových vláken. Dále se na pleně nachází upevňovací manžety, které způsobují, že plena lépe přilne k tělu dítěte. Tato část bývá v dnešní době vyráběna hlavně z elastanu a polypropylénu, ale u některých plen můžeme najít pryž a latex, které mohou vyvolat alergickou reakci. [2]

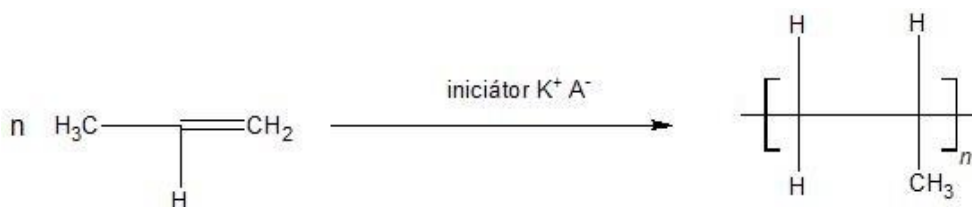
V pleně se také nachází adheziva, která zajišťují, aby jednotlivé složky pleny držely pohromadě. Tyto látky ale nejsou v kontaktu s pokožkou dítěte. Aby nedocházelo k vyrážkám, nebo k jiným podrážděním kůže dítěte, obsahuje plena také pleťové mléko, které by těmto problémům mělo zabránit. U firmy Pampers se pleťové mléko skládá konkrétně z petrolátu, extrakt z listů aloe vera, tekutý parafin a stearyl alkohol. Některé plenky mohou také obsahovat identifikátor vlhkosti, který určuje, jak moc je plena mokrá. [2]

Tabulka 1 Složení jednorázové pleny [7]

Látka	Složení v %
buničina	42,8
superabsorpční polymer	27,6
polypropylen	15,3
polyetylén	7,7
elastické a adhezivní pásy	3,5
ostatní látky	3,1

2.2.1. Polypropylenová folie

Polypropylen je termoplastický polymer, který patří do skupiny polyolefinů. Připravuje se polymerací propylenového plynu. Také se získává z vysokoteplotního krakování ropných uhlovodíků a propanu. Je hojně využíván díky své nízké ceně, mezi jeho významné vlastnosti patří termooxidační degradace a vysoká hořlavost. Oproti polyethylenu má nižší hustotu, a je také tvrdší a odolnější vůči popraskání vlivem okolí. Polypropylen existuje v základních třech strukturách – izotaktickém, ataktickém a syndiotaktickém uspořádání. Polypropylen, který je komerčně využíván je z 95 % izotaktický. [9]; [6]



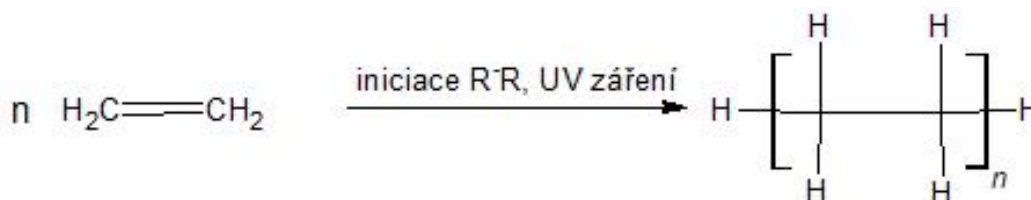
Obrázek 1 Kationtová polymerace polypropylenu [8]

2.2.2. Polyethylenová folie

Polyethylen je velmi často používaný termoplastický polymer. K jeho výrobě se používá monomer ethen. Polyethylen může být vyroben třemi způsoby, a to buď radikálovou polymerací, aniontovou polymerací nebo kationtovou polymerací. Důvodem je, že jeho monomer neobsahuje žádné vedlejší skupiny, které by ovlivňovaly stabilitu propagační hlavy polymeru. Každá ze třech typů polymerace ethen vede k jinému typu polyethylenu. Polyethylén je dělen podle svých fyzikálních (zejména dle hustoty) a mechanických vlastností na HDPE, MDPE, LLDPE a LDPE, z nichž jsou nejčastěji používány HDPE a LDPE, známé jako polyethylen se střední hustotou a polyethylen s nízkou hustotou. Na výrobu plen se využívá LDPE polyethylen.[6]

Tabulka 2 Typy polyethylenu podle hustoty

Typ polyethylenu	Hustota (g/cm ³)
HDPE	0,940
MDPE	0,940 - 0,926
LLDPE	0,925 - 0,919
LDPE	0,925 - 0,910



Obrázek 2 Radikálová polymerace polyethylenu

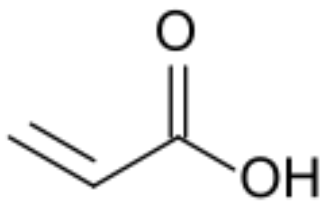
2.2.3. Superabsorpční polymer

Superabsorpční polymer má velmi dobré absorpční vlastnosti, což je důvod, proč se využívá v absorpční vrstvě pleny. Tato látka je schopna absorbovat a zadržovat velké množství kapaliny, v tomto případě moči, oproti své vlastní velikosti. Jak moc je schopen polymer absorbovat kapalinu, záleží na iontové koncentraci roztoku, který je vsakován. Například destilovaná voda je superabsorpční polymer schopen absorbovat až 300násobek své hmotnosti a může se stát až 99,9% kapalinou, naopak kontaktem se solným roztokem je schopnost absorbovat mnohem nižší. Celková absorpční schopnost polymeru a následná bobtnavost látky jsou závislé na typu a stupni síťovaných činidel použitých gelů. Více kapaliny jsou schopny přijmout superabsorpční polymery, které mají nízkou hustotu zesítení, a které mají rovněž sklon bobtnat ve větší míře. Typické pro tyto typy polymerů je jejich měkkost a lepivější tvorba gelu. Superabsorpční polymery, které mají vysokou hustotu zesítení, disponují menší schopností absorbovat kapalinu, pevnost gelu je vyšší a polymer je schopen udržovat tvar částice i při působení mírného tlaku. [12]

2.2.3.1. Polyakrylové soli

Polyakrylátové soli jsou nízkomolekulární polymerační produkty kyseliny akrylové, které jsou neutralizované například hydroxidem sodným nebo hydroxidem amonným. Tyto látky se hojně využívají jako dispergační prostředky pro pigmenty, protože jsou schopny izolovat škodlivé multivalentní kationty, jako je například vápník nebo hliník a vytvářet s nimi komplexy. V případě velké koncentrace multivalentní kationtů, ale dojde k vysrážení veškeré polyakrylátové soli, což způsobí její neúčinnost.

Polyakryláty jsou významnou skupinou polymerů. Jsou to polymery, které mají vysokou elasticitu a relativně vysokou tepelnou odolnost, která dosahuje až 177 °C. Jedná se o látky, které jsou průhledné a díky absenci násobných vazeb jsou odolné vůči větru a ozonu. V řadě případů se jedná o estery, například polymethakrylát, časté jsou také soli kyseliny polyakrylové, která je nejjednodušším zástupcem polyakrylátů. Polyakryláty jsou polyelektrolyty, což znamená, že každý monomer obsahuje izolovatelnou skupinu. U kyseliny polyakrylové se jedná o karboxylovou skupinu. [13]



Obrázek 3 Kyselina akrylová

2.2.3.1.1. Polyakrylát sodný

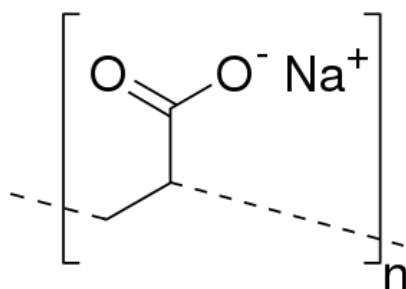
Nejčastěji se superabsorpční materiál skládá právě z granulovaného polyakrylátu sodného $(C_3H_3NaO_2)_n$ odvozeného z ropy, který je díky svým vlastnostem schopen výrazně zvýšit absorpční vlastnosti pleny a také snížit množství buničiny, které je potřeba na plenu. [1]; [14]

Polyakrylát sodný, resp. sodná sůl kyseliny polyakrylové, je známý také pod názvem waterlock. Jedná se o aniontový polyelektrolyt se záporně nabitými karboxylovými skupinami na hlavním řetězci. Látka také obsahuje sodík, který mu umožňuje absorbovat tak velké množství vody. Kladně nabitý sodík se při kontaktu s vodou uvolní do roztoku a poté vzniká disociací makro iont, který má velký počet elementárních záporných nábojů. Karboxylová skupina reaguje s molekulami vody za vzniku vodíkové vazby. Uvnitř zesíťovaného polyakrylátu vzniká vysoká nábojová hustota, takže voda difunduje dovnitř jako při osmóze polopropustnou membránou po koncentračním spádu. Absorpce končí ve chvíli, kdy dojde k nahromadění maximálního množství vody, které je dáno maximálním rozestoupením zesíťovaných řetězců. Díky tomu je polyakrylát sodný schopen zvětšit objem a udržet velké množství vody. Některé studie uvádějí, že 1 kg polyakrylátu sodného pojme až 86 litrů vody. [3]

Polyakrylát sodný lze připravit různými způsoby. Nejčastěji se připravuje synteticky přidáním vodného roztoku hydroxidu sodného do kyseliny akrylové, poté dojde k úpravě pH na 7-8. Do neutralizovaného roztoku je přidán iniciátor a směs je vložena do tenkovrstvého reaktoru. Dalším krokem je opakovaná vakuace a vhněnění dusíku. Následuje polymerace a při vhodné teplotě dojde k vytvoření gelového produktu, který je poté sušen, drcen a peletován. [47]

Polyakrylát sodný má řadu dobrých mechanických vlastností, mezi které patří dobrá mechanická stabilita, silná hydratace a vysoká tepelná odolnost (ještě při 240 °C je stabilní).

Látka se využívá nejen na výrobu dětských plen, nebo hygienických vložek, ale také při výrobě obvazů na rány, zahušťovadel, lepidel, nátěrů nebo ledových obalů. [3]

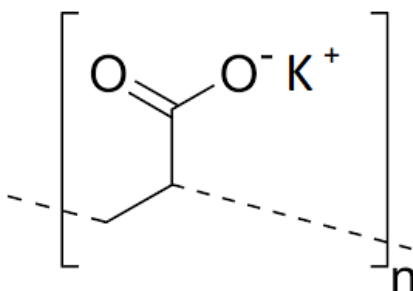


Obrázek 4 Polyakrylát sodný

2.2.3.1.2. Polyakrylát draselný

Polyakrylát draselný je draselná sůl kyseliny polyakrylové s chemickým vzorcem $(C_3H_3KO_2)_n$. Je zbarven do „špinavě“ bílé a je typický mírným zápachem. Není karcinogenní, a pokud je správně používán, není ani nebezpečný. Jedná se o nehořlavou látku, při zahřátí se uvolňují štiplavé páry. Za normálních podmínek je stabilní.

Polyakrylát draselný má stejnou schopnost zadržovat vodu jako polyakrylát sodný. Jeho velkou výhodou je jeho využití v zemědělství, protože polyakrylát draselný není pro půdu škodlivý a nezpůsobuje zasolení půdy. Látka se využívá hlavně pro zadržování vody při deštích, a dále podle potřeby rostliny dodává postupně jejím kořenům vodu a živiny. Nedochozí tedy k přemokření rostliny vlivem naplnění vzduchových dutin v půdě vodou. Látka se využívá při povlékání semen, pěstování sazenic nebo při přesazování stromů. [50]



Obrázek 5 Polyakrylát draselný

2.2.4. Buničina

Jedná se o lignocelululozový vláknitý materiál, který lze připravit chemickou nebo mechanickou separací. Vyrábí se z jednoletých rostlin (bavlna, len), z víceletých dřevin (nejčastěji smrk), dále ze starého papíru nebo starého oblečení. Při procesu výroby je potřeba, aby nedošlo k poškození molekuly celulózy v rostlinném vlákně. [52]

Výroba buničiny má několik částí. Nejprve musí dojít k těžbě stromů, poté je ze stromu odstraněna kůra, která se dále používá jako palivo pro výrobní proces. V dalším kroku se ze dřeva tvoří štěpky. Ty je při skladování nutno kontrolovat, aby nedošlo k biologickým procesům, a tím i k poškození struktury ligninu. [53]

Další fází je provaření štěpek a následné rozvláknění, což lze realizovat několika způsoby. Mechanicky připravenou buničinu lze vyrobit broušením dřevěných kulatin nebo třísek pomocí brusných kamenů, které obsahují karbid křemíku nebo oxid hlinitý. Před broušením je

také možné dřevo napařit. Tento typ buničiny se využívá například na papír nebo lepenky. [53]

Dalším způsobem je chemický způsob výroby. Proces probíhá ve velkých nádobách zvaných digestory, kam se dávají dřevní štěpky a potřebné chemikálie. V těchto nádobách dochází k rozkládání ligninu, který váže celulózová vlákna. Tento proces probíhá tak, aby nedošlo k poškození vláken. Chemikálie mohou být dvojího typu. Prvním typem je kyselý (sulfitový) proces, kdy jsou základními chemikáliemi oxid siřičitý, oxid vápenatý nebo oxid hořečnatý a proces probíhá při pH 1-2, při teplotě 140 °C. Druhým typem je zásaditý (sulfátový) způsob, kde jsou jako základní chemikálie využívány sulfid sodný a hydroxid sodný. PH se může blížit až hodně 13 a teplota se pohybuje kolem 170 °C. Chemická buničina se používá v aplikacích, kde je potřeba silnější buničina, používá se také v kombinaci s mechanickou. [53]

Dalšími způsoby jsou například příprava recyklací buničiny, termomechanická výroba nebo chemicko-termomechanická výroba. V další kroku je buničina vypírána od chemikálií, které byly na tuto část procesu potřeba. [53]

Dalším krokem, který už ale nemusí být součástí výrobního procesu, je bělení buničiny. Při bělení dochází k dalšímu odstranění ligninu, který ovlivňuje barvu buničiny. Dříve se používal pro bělení převážně chlor. V dnešní době se využívají spíše oxid chloričitý nebo chlornan sodný a existují také bez chlorové varianty, jako je kyslík, peroxid vodíku nebo ozon. Nakonec jsou vlákna mleta na rafinérech. [52]

2.2.5. Celulóza

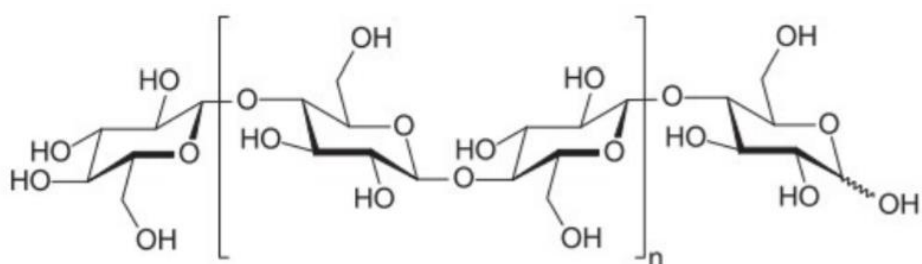
Celulóza je přírodní lineární polymer se sumárním vzorcem $(C_6H_{10}O_5)_n$. Skládá se z opakující se složené dvojice d-anhydroglukozových kruhových jednotek spojených β -1 $\rightarrow$ 4 glykosidickými kyslíkovými vazbami, kolem kterých dochází k ohýbání a pohybu molekulárního řetězce. Tato vazba dává celulóze tyčinkovitý charakter. Celulózu tedy tvoří šestičlenné cykly, kterým se říká pyranóza. Tyto cykly jsou spojené atomem kyslíku, který je navázán na první uhlík jednoho kruhu a kvartérní uhlík druhého kruhu. [10]; [11]

Ze studií celulózy se ukázalo, že se vláknitá celulóza skládá z menších podjednotek, kterým se říká mikrovlákná. Tyto mikrovlákná jsou velmi pevná a jsou navzájem spojována vodíkovými můstky do molekul celulózy. Celulóza během oxidačních reakcí zkracuje své řetězce, dochází ke změně hydroxylových skupin na karbonylové a karboxylové skupiny. Při zahřívání na vyšší teploty dochází k produkci oxidu uhelnatého, oxidu uhličitého a vody a celulóza podléhá tepelné degradaci. [51]

Celulóza je lineárně kondenzovaná látka bez chuti a bez zápachu. Velkou výhodou je, že je degradabilní. Rozklad celulózy může probíhat také pomocí enzymů. Je to látka, která je nerozpustná ve vodě a ve většině organických rozpouštědel. Ve vodě ale bobtná a vodu absorbuje, protože je hygroskopická. Celulóza je tvořena atomy vodíku, kyslíku a uhlíku, kde každý uhlík je centrem chiraloty. V přírodě celulóza vzniká biosyntézou za pomoci transferáz a pyrofosforyláz. [51]

Celulóza je pro živočichy obtížně stravitelná, jelikož nemá enzymy, kterými by mohla štěpit $\beta(1\rightarrow4)$ vazby mezi glukózovými jednotkami. Z toho důvodu vytvoří živočich vlákninu, která projde jeho trávicí systémem až ven.

Celulóza patří do skupiny polysacharidů a patří mezi hlavní stavební rostlinné látky buněčných stěn. Nachází se v bavlněném vlákne (tvoří 90 % materiálu), ve dřevě (tvoří 40–50 % materiálu) nebo v sušeném konopí (tvoří asi 57 % materiálu). Celulóza je nejrozšířenějším biopolymerem na zemském povrchu, přičemž ji lze s produkcí kolem 10^{11} tun ročně považovat za téměř nevyčerpatelný obnovitelný zdroj. Má velkou škálu využití, například ve formě dřeva (palivo), konstrukčního materiálu nebo vláken (výroba textilu). Celulózu lze získávat z bavlny i ze stromů, nicméně bavlna ji obsahuje podstatně více. V mladých listech stromů se nachází cca 10 % celulózy, u starých listů cca 20 %, v bavlně je to však mnohem více, cca 90 %. Směsí celulózy, hemicelulózy a zbytků ligninu vzniká již zmíněná buničina. [10]; [11]



Obrázek 6 Schématická struktura celulózy [9]

2.2.5.1. Oxidovaná celulóza

Oxidovaná celulóza neboli oxycelulóza je modifikovaná celulóza. Právě takto upravená celulóza se nejčastěji používá v plenách a hygienických vložkách, kromě toho má i spoustu jiných využití. Oxycelulóza je také biodegradabilní. Dále je snášitelná k biologickému prostředí a nepředstavuje nebezpečí pro lidské tělo v případě, že by došlo k požití. Tato látka je vysoce antibakteriální a je schopna absorbovat velké množství vody. [31]

Oxycelulóza je také schopna napomáhat při regeneraci tkání. Z toho důvodu se hojně využívá v lékařství na obvazy, hemostatika, přilnavé materiály pro zastavení krvácení, chirurgické nitě a další. Kromě medicínských aplikací se oxycelulóza využívá také v kosmetice a farmacii jako zahušťovací činidlo nebo při výrobě chirurgických rukavic. Oxycelulóza se může vyrábět buď ve formě prášku, nebo ve formě tkané plošné textilie, což je využito právě u plen. [32]

Oxidovanou celulózu lze získat ze 100 % čisté bavlny nebo ji lze připravit. Přípravu oxycelulózy mají patentovanou doc. MUDr. Ladislav Bařinka, CSc., Ing. Ivan Blažíček, RNDr. Pavel Černý, Ing. Stanislav Langr a Ing. Jan Uhlíř. Před samotnou oxidací je materiál namáčen a bělen. Poté dojde k samotné oxidaci celulózového materiálu pomocí kyseliny dusičné a alkalického dusitanu. Oxidace probíhá přibližně 4–6 hodin při 110 °C. Oxidovaná celulóza se poté propere a dojde k přeměně struktury na mikrokrystalickou pomocí řízené

heterogenní kyselé hydrolýzy. Finální částí přípravy oxycelulózy je praní, sušení a následná sterilizace. [5]

2.3. Životní cyklus pleny a dopad na životní prostředí

2.3.1. Získávání surovin

Cyklus pleny začíná už u získávání surovin na její výrobu, následuje výrobní proces pleny, její dovoz na místo spotřeby, samotné využití pleny dítětem a následná likvidace pleny. Při každém kroku dochází k spotřebě surovin a také k procesům, které mohou mít negativní vliv na životní prostředí.

Tabulka 3 Spotřeba energie a vody při výměně 4,6 plen za den do 2,5 roku dítěte [1]

Spotřeba vody		Spotřeba energie přepočtena na uhlí a ropu potřebnou k výrobě energie		
Proces	Spotřeba vody (kg)	Proces	Uhlí (kg)	Ropa (kg)
Výroba	34 200	Suroviny, doprava a výroba plen	60,9	93
Maloobchod, doprava do maloobchodu	135	Maloobchod a doprava do maloobchodu a domů	7,6	14
Spotřebitelská doprava domů	1	Elektrina	27,3	0,7
Nakládání s odpadem	47	Nakládání s odpady	-14,7	1
Celková spotřeba vody	34 383	Celková spotřeba energie	81,1	108,7

Hlavními surovinami na výrobu pleny je dřevo a ropa. Ze dřeva se získává celulóza a z ropy se vyrábí polyethylén a superabsorpční polymer. Na jednu plenu se spotřebuje až 236 ml surové nebo zpracované ropy. Celulóza bývá až v 70 % plen získávána ze stromů. Výroba vláken celulózy ze dřeva zahrnuje štěpení vodíkových vazeb, které jsou mezi ligninem a celulózou v dřevní štěpce. Poté dochází k procesu spojování při vysoké teplotě a tlaku za použití hydroxidu sodného a sulfidu sodného.

2.3.2. Výrobní proces a distribuce

Další částí je samotný výrobní proces. Nejprve je nutno získat buničinu (viz kapitola 2.2.4). Chlór se do pleny dostane při bělení buničiny, přičemž se uvádí, že tento proces produkuje nízkou koncentraci dioxinů, které by mohl vést k neplodnosti. [4]

Poté dojde k přidání superabsorpčního polymeru do buničiny a k vytvoření absorpční vrstvy. Druhým krokem je vrstvení netkaných materiálů, filmů a elastických prvků. Nakonec je plena tvarována a složena.

Dále dojde k distribuci pleny, tedy k převozu pleny na místo prodeje, přičemž opět dojde ke vzniku škodlivých látek vlivem fosilních paliv. Po použití pleny dojde k její likvidaci. Nejčastějším způsobem je spalování a ukládání plen na skládky, méně častá je recyklace, která by měla mnohem lepší dopad na životní prostředí. Po použití pleny se také mění její chemické složení a může obsahovat různé organické a anorganické materiály. Moč zabírá přibližně 76 % hmotnosti pleny a znečištění pleny poté značně komplikuje proces separace a celkové recyklace pleny.

Tabulka 4 Průměrné složení použitých plenek

Materiály	Hmotností procento (%)
Anorganické materiály (SAP, PP, PS, lepidla, gumy)	12,74
Celulózová buničina	6,60
Moč	75,94
Fekálie	4,72
Celková hmotnost	100

2.3.3. Způsob likvidace (spalování a skládkování)

2.3.3.1. Likvidace na skládce

V České republice se komunální odpad nejčastěji likviduje jeho skládkováním. Před uložením odpadu na skládku dochází k předúpravě pomocí mechanicko-biologické úpravy, tato úprava by měla stabilizovat a snížit objem odpadu, také zde dojde k roztřídění odpadu podle měrných hmotností.

Plena se úplně rozloží až za cca 500 let. Obsahuje spoustu organických látek a může dojít k množení bakterií, což může být nebezpečné pro lidi v okolí skládky nebo její pracovníky. Také je velkým problémem plen na skládkách jejich značný zápach.

2.3.3.2. Likvidace spalováním

Spalování se v dnešní době používá stále více. Výhodou je jeho možnost využití tepelné energie, například k výrobě elektřiny. Produkt, který vznikne spálením odpadu, také lze dále využívat například v keramice, stavebních materiálech nebo cementu. U plen je spalování problematičtější oproti běžnému odpadu, jelikož jejím spalováním mohou vzniknout toxické látky, které se do pleny dostanou během buničiny. Dále plena obsahuje značnou vlhkost, což sťažuje její spalování.

2.4. Degradace a absorpční schopnost

2.4.1. Degradace a absorpční schopnost celulózy

Celulózová vlákna jsou náchylná na poškození kyselinami a některými solemi. Tyto látky odštěpují hydrolyticky kyselinu. Další látky, které mohou celulózu poškodit, jsou oxidační prostředky a alkalické roztoky. Reakcí těchto látek s celulózou dochází k její degradaci, která se projevuje zkracováním dlouhým polymerních řetězců, čímž dochází ke snižování polymeračního stupně. Vlivem působení těchto látek na celulózu také dochází ke zhoršování jejích mechanických vlastností.

Když dochází k reakci kyselin s celulózou, dochází zároveň ke zvýšení redukční schopnosti celulózy, a to díky vytvoření aldehydické skupiny $-CHO$ v místě poškození. Takto vzniklá látka se nazývá hydrocelulóza. V případě působení oxidačních prostředků na celulózu dochází nejdříve ke vzniku aldehydické skupiny $-CHO$ v místě poškození, aldehydické skupiny poté podléhají další oxidaci a vzniká karboxylová $-COOH$. Této sloučenině se říká oxycelulóza. [54]; [56]

Během degradace celulózy jsou klíčové tři typy reakcí. Prvními dvěma jsou oxidace glukopyranózových cyklů a hydrolýza glykosidických vazeb. Třetím typem reakce je síťování vzniklých ketonových a aldehydových skupin, které vznikly z první a druhé reakce. Tyto skupiny jsou velmi reaktivní. Rychlost degradace urychluje obsah sacharidů a hemicelulózy například v papíru. [55]

Absorpční schopnost celulózy je omezená, protože nedochází k rozpuštění ve vodě, ale k jejímu bobtnání. Celulóza je na sebe schopna vázat vodu, což vyplývá z termodynamických podmínek. Celulóza je schopna opakovaně absorbovat a desorbovat vodu, po několik cyklech tuto vlastnost ztrácí. Molekuly vody pronikají k povrchu micel, do amorfní struktury celulózy. K centru hydroxylových skupin celulózy pak proniká kondenzovaná pára a z tohoto důvodu dochází k uvolnění struktury. [57]

Při bobtnání lze dobře pozorovat ostré roztržení látky, které je závislé na teplotě, aktivitě rozpouštědla, tepelné historii polymeru nebo molekulové hmotnosti. Při bobtnání celulózy nedochází pouze ke změnám strukturním, ale také k fyzikálním. Vlákna celulózy zvětší svůj průměr, délka vláken zůstává stejná, případně může dojít k jejich smrštění. Jaké množství vody je schopna celulóza absorbovat záleží na stupni hydratace iontu (v silně koncentrovaných roztocích je bobtnání menší), dále na atomovém objemu iontu či na teplotě. [57]; [58]

2.4.2. Degradace a absorpční schopnost superabsorpčních polymerů

Mechanismus absorpce vody superabsorpčními polymery lze klasifikovat dvěma způsoby, a to chemickým a fyzikálním. Z fyzikálního pohledu probíhá absorpce třemi mechanismy. Prvním je zachycení vody pomocí kapilární síly uvnitř makroporézní struktury, druhým je absorpce vody a její zadržení superabsorpčním polymerem díky vytvoření vodíkových vazeb mezi vodou a hydrofilní funkční skupinou. Třetím procesem je kombinace prvních dvou mechanismů.

U superabsorpčních polymerů je rovnováha mezi přirozeným rozpouštěním hydrofilních polymerních částí látky a termodynamicky zvýhodněnou expanzí polymerních řetězců, která je omezena síťováním. Absorpční kapacita superabsorpčního polymeru závisí na několika faktorech – hustota zesíťení polymeru, afinita mezi daným polymerem a rozpouštědlem a osmotický tlak, který je způsobený proti ionty polyelektrolytů. [59]

Uvádí se, že superabsorpční polymery jsou biologicky odbouratelné, i když některé studie uvádějí, že úplně rozložitelné nejsou a částečně zůstávají v odpadních vodách a přírodních vodních systémech. [61] Bylo zjištěno, že bílá hniloba, *Phanerochaete chrysosporium*, biodegraduje superabsorpční polymery v půdě. Při degradaci v půdě dochází k mnoha procesům. Jedním z nich je štěpení hlavního řetězce převážně na povrchu polymeru, čímž dochází ke snížení povrchové hustoty látky. [60]

Během procesu degradace superabsorpčních polymerů dochází ke snížení koncentrace $C - H$ a $C = O$, naopak koncentrace minerální látek se zvýší. Procesem degradace také dojde ke změně barvy polymeru z bílého zbarvení na tmavé, a to v případě že se jedná o degradaci v půdě. V případě degradace na vzduch nebo ve vodě si látka ponechá svoji původní barvu. Látka také pomalu ztrácí svoji hmotnost. [60]

Degradaci je také ovlivněný povrch superabsorpčního polymeru. Ten je zpočátku hladký, ale po nějaké době zhrubne za vzniku mnoha trhlin a děr, což způsobí opakované bobtnání a schnutí polymeru. To umožní organickým a anorganickým složkám půdy napadnout povrch látky. Podmínky, které ovlivňují degradaci polymeru, jsou například pH půdy, teplota, vlhkost, typ mikroorganismů obsažených v půdě nebo skutečnost, jestli je půda hnojena. [60]

2.5. Dopad na životní prostředí

Výroba a hlavně likvidace jednorázových plen má zcela jistě negativní dopad na životní prostředí. Obecně se nejedná o zásadní zdroj znečištění, ale současně nelze toto znečištění považovat za zanedbatelné. Uvádí se, že se pro výrobu plen (pro dítě do 2,5 roku) spotřebuje přibližně 34 383 kg vody a při výrobních procesech a dopravě materiálu se spotřebuje až 189,8 kg ropy. Na výrobu připadá 200–400 kg buničiny za jeden rok spotřeby plen. Výroba buničiny je pak také spojená se spotřebou pesticidů a znečištění některých oblastí, kde se bavlna pěstuje, jelikož pěstování bavlny tvoří téměř 10 % světové spotřeby pesticidů. Negativní dopad na životní prostředí má již zmíněná likvidace plen. Odpad z plen představuje třetí největší složku komunálního odpadu, čímž výrazně přispívá k degradaci půdy, znečištění povrchových i podzemních vod, ovzduší a dalším problémům spojených s provozováním skládek. Rozklad superabsorpčního polymeru, který je součástí plen, může trvat až 500 let, což rozhodně nepřispívá k dobrému dopadu pleny na životní prostředí. [1]

2.6. Recyklace

V dnešní době se recyklace plen zaměřuje na oddělení její plastové a organické části, přičemž neevvidujeme moc firem, které by se touto problematikou zabíraly. Ke společnostem, které se

zabývají touto problematikou, patří jen několik společností, například Knowaste Ltd., Fater, Diaper Recycling Technology Pte Ltd., Super Faiths Inc Unicharm Ltd. a PHC Group.

2.6.1. Knowaste Ltd. technologie

Společnost Knowaste Ltd. byla založena v Kanadě v Torontu a dnes má zařízení také v Nizozemsku. Knowaste Ltd. se věnuje nejen recyklaci jednorázových plen, ale také recyklaci inkontinenčních výrobků, dámských hygienických vložek a jednorázových povlečení. Společnost je schopna zrecyklovat 36 000 až 70 000 tun odpadu ročně, což je více než je schopna zrecyklovat například firma Fater, sídlící v Itálii. [41]

Při procesu recyklace plen je v této společnosti kladen velký důraz na hygienu a materiál plen je důsledně dezinfikován. Procesem recyklace se získají dvě druhotné suroviny, kterými jsou směs plastů a celulózová vlákna. Dále se získává superabsorpční polymer a kal. Lidský odpad z plenek je zpracováván místní kanalizací, pro kterou ale není tento odpad zátěží, protože během recyklace dojde k odstranění až 98 % použité jednorázové pleny. [41]

Samotný proces recyklace začíná sběrem plen a inkontinenčních produktů a jejich převozem do zpracovatelského závodu. Dále se odpad dostává do drtičů, které začnou odpad rozbíjet a trhat. Odtud se pleny dávají do lapače, kde je odpad důkladně dezinfikován pomocí kyseliny peroctové, aby nedocházelo ke vzniku bakterií. Rovněž dochází k deaktivaci superabsorpčního polymeru. V lapači se začne odpad zpracovávat a dochází zde k oddělení plastové části materiálu pomocí vodního a mechanického zpracování. Po oddělení plastové části od zbytku pleny je plast dále promýván, filtrován, sušen, poté je lisován na malé pelety a je prodáván na další zpracování. Zbytek materiálu, který zůstane v lapači, je prosíván anorganickými solemi, což slouží k vyvločkování superabsorpčního polymeru. Zbývající směs je mechanicky prána, čištěna a prosívána, aby došlo k oddělení nečistot a zbytků polymerů od celulózových vláken. Tak získáme čisté dlouhé vlákno celulózy, které je baleno a prodáváno jako druhotná surovina. [1]; [41]

Dále dochází k oddělení jednotlivých složek pomocí drtičů, které plenu začnou rozbíjet, a odtud jsou pleny posílány do zvlákňovače. V dalším kroku je materiál pleny dezinfikován a speciálně chemicky ošetřen, aby došlo k deaktivaci superabsorpčních polymerů. Po tomto procesu jsou plastové materiály posílány do samotného zařízení na jejich zpracování. Plastové komponenty se opět filtrují, a poté čistí v závěrečném cyklu. Plast se poté lisuje na malé pelety, které lze využít na opětovné použití. Zbývající části pleny vstupují do procesu prosévání a zachycuje všechny části plastu nebo organického materiálu. Vzniklá vlákna se dále čistí, následně balí a nabízejí k opakovanému použití. [1]

Plast získaný z procesu recyklace tvoří asi 11% kapacity závodu a lze ho využít na výrobu řady výrobků, jako jsou plastové střešní tašky, náhrady dřeva nebo plen a hygienických košů. Recyklát lze zpracovávat procesem vstřikování i vytlačování. Druhým produktem recyklace je celulózové vlákno, které tvoří asi 22 % kapacity závodu. Vlákno má široké využití, například výroba recyklovaného papíru, přísady do betonu a asfaltu nebo podestýlky pro zvířata. Oba materiály lze také využít při výrobě energie, pokud to místní zákony dovolí. [41]



Obrázek 7 Proces recyklace u společnosti Knowaste [41]



Obrázek 8 Proces recyklace u společnosti Knowaste [41]

2.6.2. Fater technologie

Fater je společnost fungující v Itálii, která je první společností, jenž je schopna 100 % zrecyklovat odpad z hygienických výrobků. Je schopna zrecyklovat přibližně 10 000 tun odpadu ročně, což je množství odpadu, které odpovídá odpadu vyprodukovanému asi 1 milionem lidí.

Proces recyklace začíná sběrem plen v domácnostech, poté dojde ke shromáždění plen v centrálním skladu, a odtud do místa recyklace. Další krok je recyklace, během které dojde ke sterilizaci, sušení a předseparaci. Díky těmto procesům se eliminuje zápach a potenciální plísň nebo parazité. Posledním krokem je výroba sekundárních surovin z plen, kdy díky řadě rotujících válců dojde k oddělení jednotlivých komponentů pleny a vytvoření znovu použitelných materiálů. [40]; [1]

Z procesu recyklace se získá celulóza, plasty a vysoce kvalitní superabsorpční polymer. V přepočtu na 1 m³ odpadu z plen se získá 150 kg celulózy, 75 kg plastu a 75 g superabsorpčního polymeru. Získaný plast je směsí polyolefinů (polyethylenu a polypropylenu) a využívá se hlavně při výrobě kancelářských potřeb nebo vybavení domácností. Tyto plasty jsou vhodné pro zpracování metodou vstřikování a využívají se samotné nebo ve směsi s jinými plasty (recyklovanými nebo primárními).

Recyklovaná celulóza má také řadu využití. Nejčastější se využívá k výrobě papíru, dále pak k výrobě látek nebo steliva pro kočky. Získaný superabsorpční polymer má také své využití v zemědělství a zahradnictví nebo jako materiál na protipovodňové účely. [40]



Obrázek 9 Proces recyklace u společnosti Fater [40]



Obrázek 10 Proces recyklace u společnosti Fater [40]

2.6.3. Společnosti v Asii

2.6.3.1. Diaper Recycling Technology Pte Ltd technologie

Diaper Recycling Technology Pte Ltd je firma sídlící v Japonsku a vyrábí stroje, které recyklují pleny metodou vertikálního stohování. Jejich cílem je nejen šetřit životní prostředí recyklačními materiály, ale také co nejvíce snížit náklady na proces recyklace. Výhodou této technologie je, že stroj není moc velký a stačí 3 m² podlahové prostoru, což je v porovnání s ostatními technologiemi velmi málo, jelikož běžné recyklační stroje zaujímají 400 až 800 m². Další velkou výhodou je, že tato technologie umožňuje přesun recyklovaného materiálu

z procesu do procesu pomocí gravitace, což vylučuje potřebu drahých vzduchotechnických systémů. Díky této technologii, je možné ušetřit 90-95 % energie, která je běžně potřeba.

Technologie se skládá z několika modulů podle toho, jaké procesy chce firma při recyklaci provádět, například separaci buničiny, separaci superabsorpčního polymeru, čištění plastů atd. Tyto moduly lze podle potřeby velmi jednoduše přidávat nebo odebírat. Centrální recyklační moduly jsou schopny zpracovat až 500 kg odpadu za hodinu a kapacitu lze navýšit přidáním vhodných modulů. Veškeré druhotné materiály, které jsou procesem získány, jsou 100% čisté a bez kontaminace, čímž je docíleno nové technologie, která automaticky skenuje buničinu a do dalšího procesu pouští jen čistá vlákna. Také je celý proces recyklace uzavřený, aby nemohlo dojít ke znečištění vlivem lidské činnosti. Dále je technologie vyrobená z polytetrafluorethylenu a dalších nepřilnavých materiálů, díky kterým není nutné stroj čistit, a je možné ho využívat bez zastavení delší dobu. Stroj vytváří vatu, vlákna, superabsorpční polymer a plast. Plast je na konci procesu peletován pro další využití. [43]



Obrázek 11 Separační část stroje [42]



Obrázek 12 Návrh přístroje

2.6.3.2. Super Faiths Inc. technologie

Společnost Super Faiths Inc. (Japonsko) přišla se systémem likvidace plen, přičemž se věnuje hlavně plenám pro dospělé. Systém likvidace se jmenuje SFD a dochází při něm k recyklaci plen na pelety, které slouží jako palivo. Proces recyklace se skládá ze separace plen, sušení a

sterilizace plen. Pleny se do stroje vloží společně s plastových pytlém, ve kterém byly dovezeny, což usnadňuje manipulaci s odpadem. Tímto procesem vzniká papírové chmýří, které je zpracována do formy pelet, jež jsou vhodné na topení. Celý proces trvá přibližně 24 hodin. [1]

Společnost má tři modely strojů, které jsou schopny zpracovat 150 kg, 300 kg a 500 kg odpadu z plen. Pelety z recyklovaných plen mají dobrou výhřevnost okolo 5 000 J/kg, což je více než dosahují dřevěné pelety, které mají výhřevnost okolo 3000 J/kg až 3500 J/kg. Další výhodou těchto pelet je, že emitují méně toxických látek a méně znečišťují ovzduší než pelety dřevěné. Složení recyklovaných pelet tvoří z 60 % buničina, z 30 % plast a z 10 % superabsorpční polymer. [44]



Obrázek 13 Recyklované pelety [44]



Obrázek 14 SFD-2000, stroj na likvidaci odpadu 600 kilogramů za den

2.7. Nové technologie recyklace

Na nových technologiích recyklace pracuje řada firem. Tyto technologie přináší i nová odvětví, ve kterých lze zrecyklované pleny využít. Jedná se například o biodegradaci polymerů plenek mikroorganismy, biodegradaci celulóзовých materiálu v plenkách (které jsou dále spojeny s pěstováním hub) nebo tepelné metody. [1]

Jednou z možností recyklace plen je využití mikroorganismů jako jsou houby a bakterie. Tato metoda je nazývána jako mikrobiální degradace. Princip tohoto způsobu recyklace je založen na štěpení silných uhlíkových vazeb v polymerech pomocí enzymatických reakcí bakterií a plísní. Tato reakce vede k degradaci polymeru a snížení jeho hmotnosti. Mikrobiální degradace má dva typy. Aerobní, kdy jsou konečnými produkty oxid uhličitý a voda. Dále anaerobní, kdy jsou konečnými produkty voda, oxid uhličitý a methan. [1]

Dalším způsobem biodegradace celulózových materiálů, které jsou součástí plenek, je pěstování hub. Houby jsou saprofyty, které se živí celulózovým materiálem. Znamou houbou je pro tyto aplikace hlíva ústříčná. Ke snížení hmotnosti odpadu dojde díky enzymatickým aktivitám hub, které přeměňují celulózový materiál, který je pro houbu potravou, na glukózu. Před samotným přidáním hub k plenám je potřeba odpad připravit, smíchat ho se zahradnickým odpadem (tráva, listy, sláma), a poté směs sterilizovat v autoklávu. V dalším kroku jsou do směsi přidány houby. Tento způsob zajišťuje degradaci plen, a zároveň růst hub, které by mohly být dále využívány. Zatím se však tento způsob nevyužívá. [1]

Třetím způsobem je tepelná metoda. Mezi tepelné metody patří i spalování, při kterém dochází k uvolňování oxidu uhličitého a popílku a dochází ke znečištění ovzduší. Pyrolýza, která je druhou tepelnou metodou, má oproti spalování mnoho výhod, a to díky tomu, že probíhá v inertní atmosféře. Díky tomu se značně omezuje produkce skleníkových plynů do ovzduší. Pyrolýza je děj, při kterém dochází k rozkladu organického materiálu při vysokých teplotách. Pyrolýza plen probíhá v rozmezí teplot 300 až 900 °C. Produkty pyrolýzy jsou plyny, oleje a uhlí s velkým obsahem uhlíku. Tyto produkty lze dále využít při topení v kotlích. Zuhelnatělý produkt má využití v řadě aplikací jako adsorbent nebo jako přísada do půdy. V půdě by mohl sloužit jako adsorbent pro odstraňování nečistot z půdy nebo naopak k zadržování živin v půdě při vydatných deštích. [1]

2.8. Metody analýzy

2.8.1. Infračervená spektroskopie

Spektroskopické metody se obecně zabývají množstvím pohlceného světla v závislosti na vlnové délce světla. Množství pohlceného světla bývá vyjadřováno buď pomocí transmitance, což je poměr intenzity záření, které prošlo vzorkem v poměru k intenzitě záření vycházející ze zdroje. Druhým způsobem je absorbance, která je definovaná jako dekadický logaritmus $1/T$. Základem infračervené spektroskopie je interakce infračerveného záření se studovaným vzorkem. Můžeme ji dělit na absorpční infračervenou spektroskopii, kdy se jedná o pohlcení fotonu a na emisní infračervenou spektroskopii, kdy se jedná o vyzáření fotonu. Infračerveným zářením je myšleno elektromagnetické záření s vlnovou délkou větší, než je viditelné světlo, ale menší, než mikrovlnné záření.

Elektromagnetické záření je děleno do několika oblastí. Každá oblast je charakterizována frekvencí, která vyjadřuje počet cyklů záření za jednu sekundu v jednotkách Hz. Další charakteristikou je vlnová délka, která určuje délku jednoho cyklu nejčastěji v jednotkách cm. Podle vlnových délek je záření děleno na:

- FIR (far infrared) daleké infračervené záření,
- MIR (middle infrared) střední infračervené záření,
- NIR (near infrared) blízké infračervené záření.

Nejpoužívanější oblastí je střední oblast. Pro rozpoznávání organických látek má největší význam spektrum v rozmezí vlnočtů 400 až 4000 cm^{-1} . V této oblasti organické látky se projevují největším počtem absorpčních pásů. V oblasti 650 až 1500 cm^{-1} neexistují dvě různé organické látky, které by měly stejný spektrální projev. [29]; [30]

Infračervené záření nemá potřebnou energii, aby při interakci s molekulou změnilo její elektronový stav, ale má dostatek energii, aby změnilo její vibrační a rotační stav. Informace o vibračním pohybu molekuly, které můžeme zjistit z infračervených spekter nám poskytují informaci o tom, o jakou látku se jedná a jakou má daná látka strukturu. [28]

2.8.1.1. Infračervený spektrometr

Infračervené spektrometry zaznamenávají infračervené spektrum – závislost intenzity infračerveného záření na vlnové délce. Při infračervené spektrometrii se využívají dva typy měřících přístrojů, kterými jsou FT-IR spektrometr – infračervený spektrometr s Fourierovou transformací a disperzní spektrometr. [46]

2.8.1.1.1. Disperzní spektrometr

Základem disperzního spektrometru je zdroj záření, monochromátor a detektor. Záření je vyzařováno z odporového drátu, který je navinutý na keramickém tělese a pomocí soustavy zrcadel se rozdělí na dva paralelní paprsky. Jeden z paprsků prochází vzorkem a druhý paprsek slouží jako referenční. Oba tyto paprsky poté prochází do monochromátoru, kde dojde k rozkladu záření na spojité spektrum frekvencí infračerveného záření. Monochromátor se skládá z otáčivého kotouče, kolimačního zrcadla, vstupní štěrbinu a difrakční mřížky. Detektor poté snímá intenzitu referenčního záření a záření, které prošlo vzorkem, z čehož se zjišťuje, jaké frekvence záření byly absorbované. Disperzní spektrometry mají řadu nevýhod jako je pomalé získávání spekter, menší citlivost nebo obtížné měření silně absorbujících vzorků. Proto se využívá častěji FT-IR spektrometr. [48]; [49]

2.8.1.1.2. FT-IR spektrometr

Při měření pomocí FT-IR spektrometru se získaný interferometrický signál převede Fourierovou transformací (matematická operace) na infračervené spektrum. Základní prvek FT-IR spektrometru je interferometr, často používaný je Michelsonův interferometr.

Záření ze zdroje poté dopadá na polopropustný dělič paprsků, který jednu část paprsků propustí k pohyblivému zrcadlu, a druhá část, která neprojde polopropustným děličem, je odražena směrem k pevnému zrcadlu. Paprsky se od obou zrcadel odrážejí a na děliči se podle

své polohy odečítají nebo sčítají. Důsledkem tohoto pohybu se vytvoří výsledné vlny s proměnlivou intenzitou tzv. interferogram. Tyto vlny pak prochází od děliče přes vzorek a poté na detektor. Výsledné infračervené spektrum se pak vypočítá Fourierovou transformací. [46]

Záření ze zdroje přichází na polopropustný dělič paprsků, který jednu polovinu paprsků propustí k pohyblivému zrcadlu a druhá polovina se odráží směrem k pevnému zrcadlu. Paprsky se od obou vzájemně kolmých zrcadel zpětně odrážejí a na děliči paprsků se podle polohy pohyblivého zrcadla buď sčítají, nebo odčítají; dochází k interferenci. Signál dopadající na detektor, který je dán změnou optického dráhového rozdílu δ obou paprsků, generuje interferogram. Získaný interferogram obsahuje veškeré spektrální informace, které se z něho musí získat právě Fourierovou transformací. Pro FT-IR infračervenou spektrometrii se využívají dva hlavní typy detektorů – DTGS detektory (deuterované triglycerinsulfát detektory) nebo MCT detektory (HgCdTe detektory). [46]

Jedna z hlavních výhod FT-IR spektrometrů je, že na nich lze analyzovat vzorky ve všech skupenstvích, a to při správném výběru techniky a přípravě vzorků. Další výhodou je vyšší rozlišovací schopnost, a tím pádem přesnější výsledky měření. Měření také probíhá mnohem rychleji než na disperzním spektrometru a díky většímu množství energie, která vstupuje do vzorku, není nutná disperzní optika. [47]

2.8.2. Termické analýzy

Mezi termické analýzy se řadí metody, které sledují teplotní chování polymerů. Během měření jsou vzorky vystaveny teplotnímu programu, který je nastaven podle vlastností vzorku. Poté se měří jeho fyzikální a chemické vlastnosti jako funkce teploty a času. Z takto vytvořených závislostí lze pozorovat chování daného vzorku – strukturní změny, mechanické vlastnosti, tepelné vlastnosti a chemické reakce. Nejjednodušší termickou analýzou je termometrie, při které dochází pouze k sledování teploty a tepelného toku. Mezi důležité termické analýzy patří:

DSC – diferenciální snímací kalorimetrie – pozoruje, jak se chová vzorek, který je vystaven lineárnímu ohřevu nebo chlazení při různé rychlosti tepelného toku ve vzorku.

DTA – diferenční termická analýza – měří rozdíl teplot mezi měřeným a referenčním vzorkem v závislosti na teplotě anebo čase.

TGA – termogravimetrická analýza – sleduje energetické změny vzorku v závislosti na změně teploty.

TMA (DMA) – termomechanická analýza – měří deformaci daného vzorku při dynamické namáhání (DMA) nebo statickém namáhání (TMA) v závislosti na teplotě nebo čase. [45]

2.8.2.1. Termogravimetrická analýza

Základem této metody je měření hmotnosti vzorku během plynulého zahřívání nebo ochlazování. Úbytek hmotnosti je způsoben rozkladnými procesy, chemickými reakcemi nebo odpařováním. Může však také dojít k nárustu hmotnosti díky absorpci plynů. Nejdůležitější

částí měření jsou analytické váhy, které jsou schopny měřit ve velkém rozsahu teplot. Na vahách jsou připevněny nosiče vzorků, které zasahují do zahřívací komory. Důležitou roli, zde hraje správné nastavení parametrů v závislosti na vlastnostech vzorku. Zahřívání probíhá většinou v rychlosti několika stupňů za minutu obvykle (2–10 °C za minutu). [45]

Důležitá je také velikost částic, které měříme. U menších částic dojde k rychlejší reakci a počáteční a koncová teplota bude nižší než u větších částic. U větších částic také může docházet k tvorbě meziproduktů. Důležitá je také volba nosiče, aby došlo k vyhovujícímu tepelnému kontaktu, nejčastěji se využívají mističky z platiny, korundu nebo stříbra. Volba mističky záleží na vlastnostech vzorku a také na jeho velikosti. Naměřené změny hmotnosti se udávají v závislosti na čase nebo na teplotě TG křivkami. Z těchto křivek můžeme vyčíst informace o složení zkoumaného vzorku, teplotním rozkladu, jeho tepelné stálosti, teplotním rozkladu a také o produktech vznikajících při rozkladu. [45]

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

3.1. Klasifikace použitého materiálu

3.1.1. Klasifikace použité pleny

Na experiment byla využita plena značky Pampers aktive baby. Jedná se o klasický typ pleny. Superabsorpční polymer je v pleně ve formě drobných krystalků, a proto ho nelze od buničiny oddělit pouhým vyklepáním.

Tabulka 5 Klasifikace použité pleny

	Hmotnost (g)	Procentuální složení (%)
Celková hmotnost pleny	21,27	51,34
Plastová část pleny	16,79	40,54
Buničina + SAP	3,36	8,12

3.1.2. Klasifikace použitých chemikálií

A. Polyakrylát draselný

Tabulka 6 Vlastnosti polyakrylátu draselného

Vzorec	$(C_3H_3KO_2)_n$
Koncentrace	100 %
Barva	bílá
CAS číslo	25608-12-2
Bezpečnostní věty	H319
Hustota	0,4 g/cm ³

B. Polyakrylát sodný

Tabulka 7 Vlastnosti polyakrylátu sodného

Vzorec	$(C_3H_3NaO_2)_n$
Koncentrace	100 %
Barva	bílá
CAS číslo	9003-04-7
Bezpečnostní věty	H319
Hustota	1,22 g/cm ³

H319 – způsobuje vážné podráždění očí

3.1.3. Použité přístroje

- Předvážky, Precision Balance ME4002
- Sušárna, Venticell
- TA Instruments Thermogravimetric Analyzer (TGA Q500)
- FT – IR spectrometer Vertex 70v

3.2. Pracovní postup přípravy recyklátu

Cílem recyklačního procesu bylo získat tzv. recyklát, se kterým byly prováděny další experimenty. Recyklátem se rozumí směs buničiny a superabsorpčního polymeru, po stránce chemické se tedy jedná o oxidovanou celulózu a polyakrylát sodný. Během recyklačního procesu je potřeba oddělit plastovou část a savou část pleny, která se skládá právě z buničiny a superabsorpčního polymeru.

3.2.1. Separace částí pleny

Prvním krokem recyklace byla separace plastové části pleny od superabsorpčního polymeru a buničiny. Prvním krokem recyklace v praxi bývá drcení na drtičích, což bylo nahrazeno nastříháním pleny na kusy o velikosti 5x10 cm, přičemž pleny byly stříhány tak, aby kusy obsahovaly různé části pleny.

Dalším krokem recyklace bylo vložení natrhaných kusů pleny do velkého kýble, do kterého pak byly vloženy natrhané kusy pleny a nalita voda. Poté byla pomocí kovové tyčinky směs promíchána, a to velkou rychlostí různými směry. Díky míchání došlo k separaci plastové části pleny a buničiny se superabsorpčním polymerem. K separaci došlo na základě rozdílné hustoty jednotlivých částí. Hustota plastového obalu je nižší (polypropylen – 0,92 g/cm³, polyethylen – 0,94 g/cm³) než směs buničiny a superabsorpčního polymeru (celulóza – 1,56 g/cm³, polyakrylát sodný – 1,22 g/cm³). Plastový obal, který byl lehčí, se držel na hladině směsi a bylo potřeba ho ze směsi vylovit pomocí pinzety.

Plastový obal byl poté vyhozen, jelikož nebyl důležitý pro další experimenty. Další proces se tedy týkal pouze zbylé směsi obsahující vodu, buničinu a superabsorpční polymer. Absorpční polymer a buničina nabyly kontaktem s vodou na objemu a zvýšily svoji hmotnost. Směs také změnila svoji barvu. V suché podobě je směs buničiny a superabsorpčního polymeru zbarvena do bílé barvy, protože superabsorpční polymer tvoří ve směsi menší podíl a buničina má bílé zbarvení. Při absorpci vody dojde k nabobtnání superabsorpčního polymeru, které je průhledný a buničina vytvoří ve směsi bílé chuchvalce.



Obrázek 15 Nastříhané kusy pleny



Obrázek 16 Namočené kusy pleny



Obrázek 17 Nepřefiltrovaná směs buničiny a SAP

3.2.2. Filtrace a sušení

V dalším kroku bylo nutné oddělit přebytečnou vodou od směsi buničiny a superabsorpčního polymeru. Bylo tedy potřeba vybrat vhodný materiál, přes který lze směs přefiltrovat. Jako filtr byl nakonec zvolena část pleny, konkrétně netkaná textilie, která je vyrobena z polypropylénových vláken. Tato netkaná textilie má ideální vlastnosti potřebné pro přefiltrování směsi. V pleně má funkci propouštění moči do absorpční části, ale zároveň nepropouští absorpční část k tělu dítěte.

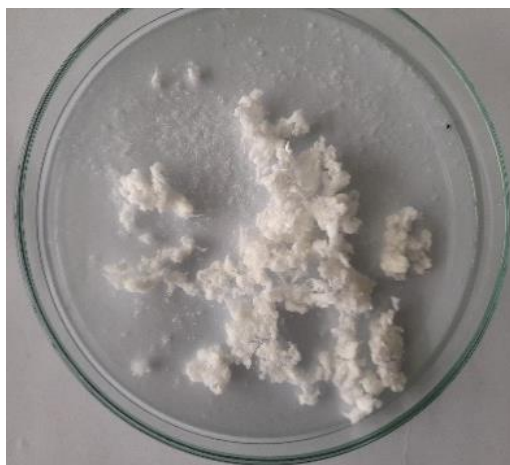
Celá směs byla postupně přefiltrována přes netkanou textilií. Filtrací byla od směsi oddělena voda, a poté byla směs sušena v sušárně při 75 °C po dobu 72 hodin.



Obrázek 18 Proces filtrace



Obrázek 19 Mokrý recyklát

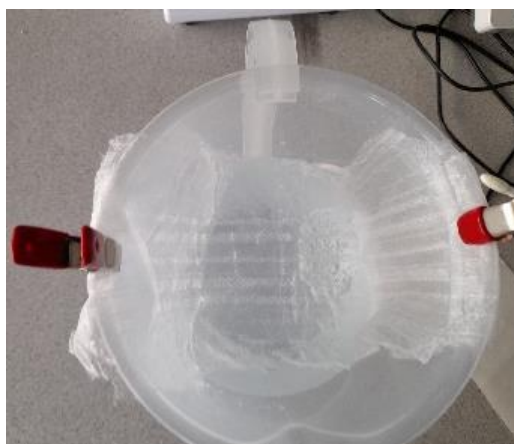


Obrázek 20 Vysušený recyklát

3.3. Absorpce a desorpce

Měření absorpce a desorpce probíhalo na vytvořeném recyklátu, polyakrylátu sodném a buničinové vatě. V první části byla měřena absorpce a desorpce v závislosti na čase. V druhé části byla prováděna pouze absorpce, spolu se střídavým sušením vzorků, aby bylo

proměřeno, jak se mění vlastnosti látek po opakované absorpci. Na experimenty byla využita deionizovaná voda.



Obrázek 21 Absorpce polyakrylátu draselného



Obrázek 22 Absorpce polyakrylátu draselného

3.3.1. Postupná absorpce a desorpce

K absorpci byla využita netkaná textilie. Vzorky byly položeny na textilií a takto vloženy do vody. Po uplynutí jedné minuty byly vzorky z vody vytaženy a byla měřena hmotnost vody i vzorku. Měření se opakovalo až do ustálení hmotnosti vzorku.

Dále byl vzorek umístěn na Petriho misku a ponechán volně na vzduchu. V časových intervalech byla měřena jeho hmotnost až do konstantní hmotnosti. Touto metodou byly měřeny vzorky polyakrylátu draselného, recyklátu, buničínové vaty a buničiny se superabsorpčním polymerem přímo z pleny.

3.3.2. Opakované měření absorpce

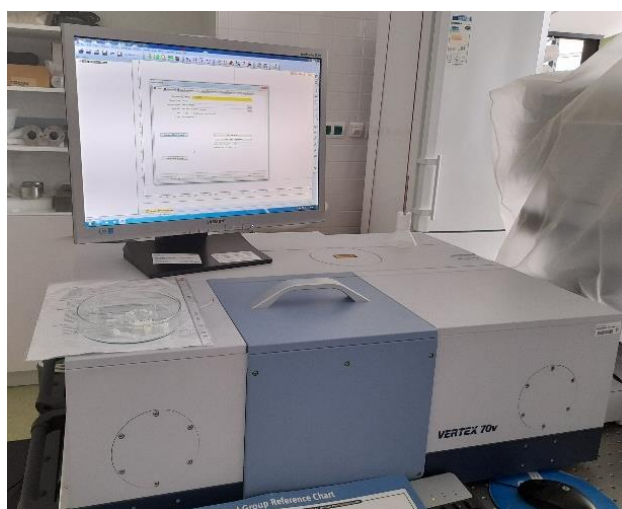
V další části experimentu byla opět provedena absorpce stejným způsobem jako u postupné absorpce. Po dosažení konstantní hmotnosti byla látka umístěna na plech a vložena do sušárny, kde byla sušena při 75 °C. Po dosažení konstantní hmotnosti byla provedena opět absorpce stejným způsobem.

3.4. Metody analýzy

Analyzovány byly vzorky polyakrylátu draselného a vytvořeného recyklátu. K určení teploty rozkladu byla využita termogravimetrická analýza a k analyzování složení vzorků byla využita ATR FT-IR spektrometrie.

3.4.1. Infračervená spektroskopie metoda zeslabeného odrazu (ATR FT-IR)

Měření byla prováděna na spektrometru Vertex 70v metodou ATR. Byl využit jednodrazový krystal, kterým byl technický diamant. Technický diamant má rozsah vlností od 45 000 do 10 cm^{-1} . Měření bylo nastaveno na 32 skenů. Byl proměřen vzorek vysušeného recyklátu a polyakrylátu draselného. Získané infračervené spektrum je grafem závislosti absorpance na vlnětu.



Obrázek 23 FT-IR spektrometr Vertex 70v

3.4.2. TGA analýza

Měření bylo prováděno na přístroji TGA Q500. Probíhalo v atmosféře dusíku a průtok byl 60 ml/min. Měření probíhalo za postupného zvyšování teploty o 10° za minutu až do maximální teploty 700 °C. Chlazení vzorku probíhalo po dobu 7 minut. Měřené vzorky měly hmotnost 9,69 mg (polyakrylát sodný) a 9,959 mg (recyklát). Jako nosič vzorků byla vzhledem dobré kompatibilitě s přístrojem zvolena platinová pánvička. Bylo možné ji zvolit i díky malé velikosti vzorků a díky tomu, že při měření nebyla překročena teplota 800 °C. Naměřená data byla následně vyhodnocena počítačem. Získanými výstupy byly závislost hmotnosti (a její derivace) na čase a závislost hmotnosti (a její derivace) na teplotě.



Obrázek 24 Přístroji TGA Q500

4. VÝSLEDKY A DISKUZE

4.1. Recyklace pleny

Proces recyklace byl proveden na jedné pleně o hmotnosti 21,2 g. Na natrhané kusy pleny bylo nalito 4 420 g vody, poté byla směs zamíchána a došlo k oddělení plastové a absorpční části pleny. Separační proces probíhal bez problému, jelikož se od sebe jednotlivé části oddělily v poměrně krátké době a zároveň nebyla potřeba vyvinout velká síla. Oddělení plastové části bylo náročnější, protože se plastová část držela převážně na hladině a bylo potřeba dbát na to, aby na ní nezůstaly části absorpčního materiálu. Pro jednodušší oddělení by bylo pravděpodobně vhodné využít odstředivou sílu, aby došlo k úplnému oddělení plastové části od absorpční.

Procesem filtrace byla oddělena směs recyklátu od přebytkové vody. Vody bylo odděleno 3142 g, získaná směs recyklátu vážila 816 g. Mokrý recyklát byl bezbarvý a v některých místech obsahoval bílé chuchvalce buničiny. Poté byl recyklát sušen při 75 °C po dobu 72 hodin. Vysušený recyklát vážil 5,95 g, byl zbarvený do bíla, a oproti nerecyklované směsi buničiny a superabsorpčního polymeru byl mnohem tužší, což bylo způsobeno velkým vysušením látky, které způsobilo změnu vzhledu buničiny. Procesem recyklace byl tedy získán recyklát, který tvořil přibližně 28 % hmotnosti recyklované pleny.

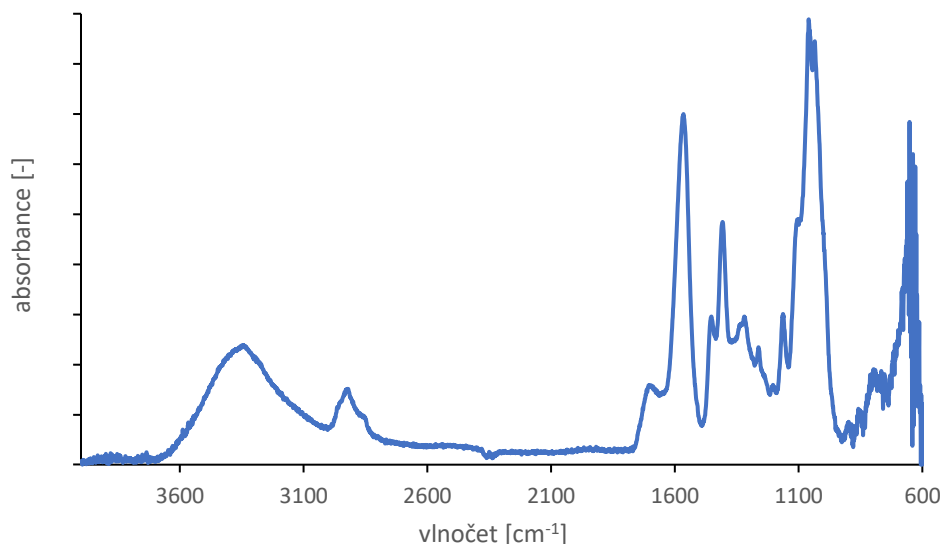
Tabulka 8 Proces recyklace

Hmotnost suché pleny	21,2 g
Hmotnost vody	4420 g
Hmotnost plastové části	82 g
Hmotnost SAP + buničina (mokrý)	816 g
Odfiltrovaná voda	3142 g
Recyklát	5,95 g

4.2. Charakteristika polyakrylátu draselného a recyklátu

4.2.1. ATR FTIR

Pomocí infračervené spektrometrie byly technikou ATR změřeny vzorky recyklátu a polyakrylátu draselného. Měření byla provedena v rozsahu 4000–600 cm⁻¹. Při zpracovávání spekter byl začátek srovnávacího spektra posunut na 0. Na základě literárních zdrojů byly identifikovány jednotlivé funkční skupiny (vazby) podle odpovídajícího vlnočtu, tyto charakteristiky jsou uvedeny v tabulkách č. 24 a č. 25. Pro formální správnost bylo odstraněno měřítko absorpce z obrázků č. 31, 32, 33.

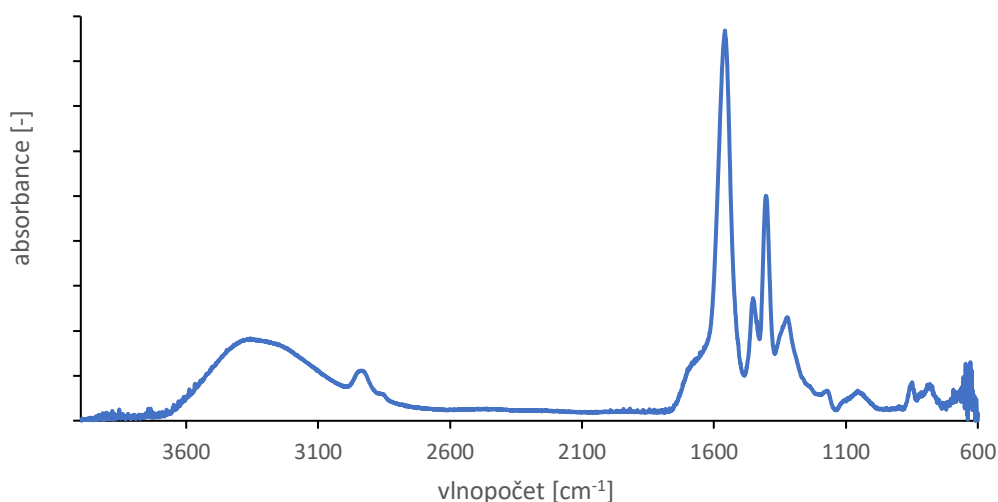


Obrázek 25 FT-IR spektrum recyklátu

U recyklátu jsou významnými skupinami CO_2^- protahovací vibrace při vlnětu 1556 cm^{-1} . Tyto funkční skupiny jsou typické pro polyakryláty. Dále jsou významné OH skupiny, které jsou typické pro celulózu, která je ve vzorku obsažena. Tato skupina opět značí přítomnost vlhkosti ve vzorku. Vlnětu 1059 a 1034 odpovídá funkční skupina $\text{C} - \text{O}$ protahovací vibrace, která se ve vzorku nachází víckrát v různém uspořádání, a proto je pík rozdvojený. Naměřené spektrum odpovídá polyakrylátu sodnému a celulóze.

Tabulka 9 Charakteristické vlněty pro recyklát

Vlněet [cm^{-1}]	Intenzita píku	Funkční skupina, vazba
3346	střední	OH , protahovací vibrace
2919	nížká	C – H, protahovací vibrace
1556	vysoká	CO_2^- , protahovací vibrace
1319	střední	C – OH, deformační vibrace
1059	vysoká	C – O, protahovací vibrace
1034	vysoká	C – O, protahovací vibrace

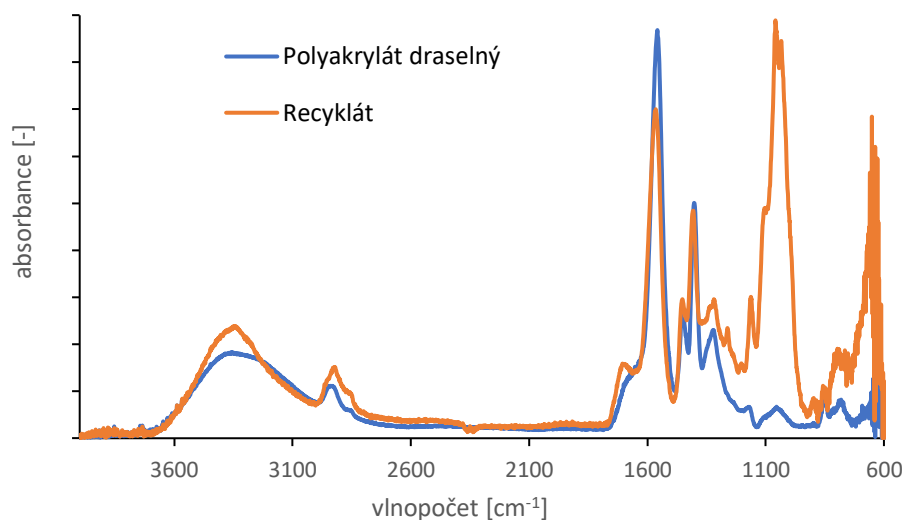


Obrázek 26 FT-IR spektrum polyakrylátu draselného

Tabulka 10 Charakteristické vlnočty pro polyakrylát draselný

Vlnočet [cm^{-1}]	Intenzitu píku	Funkční skupina, vazba
3356	Střední	OH , protahovací vibrace
2936	nízká	$C - H$, protahovací vibrace
1558	vysoká	CO_2^- , protahovací vibrace
1322	střední	$C - OH$, deformační vibrace
1054	nízká	$C - O$, protahovací vibrace

U polyakrylátu draselného jsou významnými skupinami CO_2^- protahovací vibrace při vlnočtu 1558 cm^{-1} . Tyto funkční skupiny jsou typické právě pro polyakryláty. Dále jsou významné volné OH skupiny při vlnočtu 3356 cm^{-1} . Tyto OH skupiny odpovídají vodíkovým vazbám a vlhkosti, která byla ve vzorku. Charakteristické absorpční pásy při vlnočtu 1322 cm^{-1} odpovídají $C - OH$ deformačním vibracím.

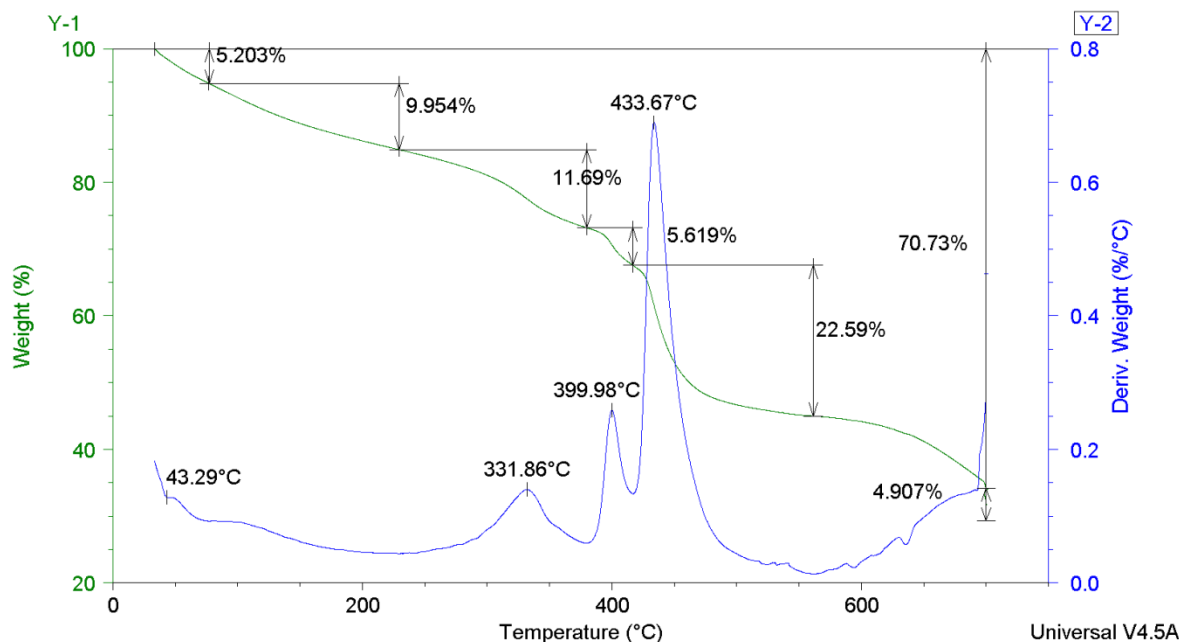


Obrázek 27 Porovnávání FT-IR spekter polyakrylátu draselného a recyklátu

Naměřená IR spektra odpovídají spektrům polyakrylátů a celulózy. Rozdílné píky jsou v oblasti $1558\text{--}1556\text{ cm}^{-1}$, kde se nachází stejná funkční skupina. Ta má ale nepatrně jinou strukturu, což odpovídá tomu, že jeden vzorek obsahuje polyakrylát draselný a druhý polyakrylát sodný. Největší rozdíl mezi spektry je pak v oblasti $1059\text{--}1034\text{ cm}^{-1}$, kde se ve spektru recyklátu nacházejí píky, které se ve spektru polyakrylátu draselném nenacházejí. Tyto píky odpovídají skupině $C - O$, která je typická pro celulózu, a která je ve formě buničiny v recyklátu.

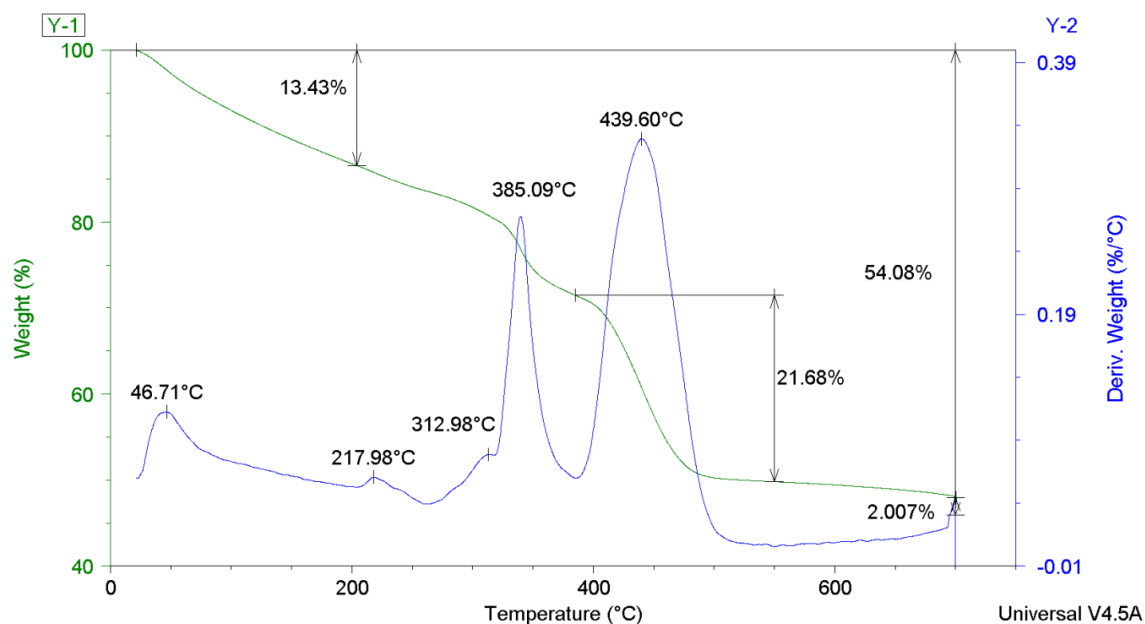
4.2.2. TGA analýza

TGA analýzou byly změřeny vzorky polyakrylátu draselného a recyklátu. Měření do 700°C v atmosféře dusíku. Původní hmotnost vzorku odpovídala hodnotě 100 %, během analýzy došlo ke snížení hmotnosti. Nejprve došlo k odpaření vody a potom k samotné degradaci.



Obrázek 28 TGA křivka recyklátu

U recyklátu je prvním krokem odpařování vody. K odpařování vody došlo ve více krocích než u polyakrylátu draselného a probíhalo při teplotách 43,29 – 331,86 °C. Při teplotě 331,86 °C došlo k rychlé pyrolýze buničiny. Při teplotě 399,98 °C nastal první krok rozkladu polyakrylátu draselného, při kterém došlo k uvolnění intramolekulární vody a k počáteční depolymeračním reakci. Při teplotě 433,67 °C nastala druhá část depolymerační reakce. Vzorek po TGA analýze měl převážně bílou barvu, v některých místech lehce šedou. Došlo tedy k rozkladu téměř veškerého organického uhlíku.



Obrázek 29 TGA křivka polyakrylátu draselného

U polyakrylátu draselného bylo prvním krokem vypaření vody obsažené ve vzorku, přičemž k vypaření došlo přibližně při 217,98 °C. Jedná se o vodu, která byla vázána na povrchu částic. Původní vlhkost vzorku byla stanovena asi na 13,43 %. Druhá fáze rozkladu proběhla

při 385,09 °C. Jedná se o dehydratační reakci na intramolekulární úrovni a počátek rozkladu polymeru. Třetí fáze probíhala při 439,60 °C, kdy došlo k depolymeračním reakcím a rozbití příčných vazeb mezi polymery. Vzorek po TGA analýze měl černou barvu, tedy nebyl rozložen veškerý pyrolýzní uhlík.

4.3. Absorpční vlastnosti polyakrylátu draselného a buničinové vaty

4.3.1. Postupná absorpce a desorpce

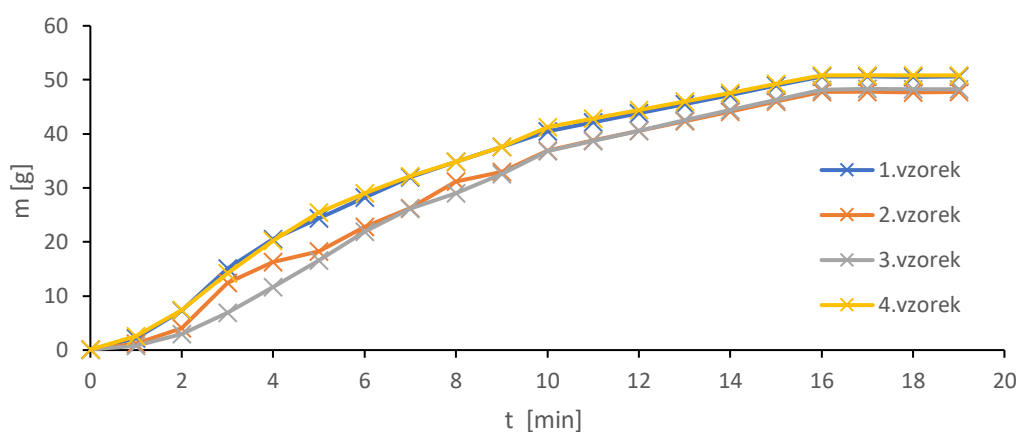
První měření absorpce a desorpce proběhlo na vzorcích, které nebyly nijak sušeny. Jednalo se o čisté látky polyakrylát draselný a buničinovou vatu.

A. Absorpce a desorpce polyakrylátu draselného

Tabulka 11 Absorpce polyakrylátu draselného

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [min]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m ₃ [g]	m ₄ [g]	m _{∞0} [g]
0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
1	2,15	1,23	0,76	2,55	1,743
2	7,27	4,08	2,96	7,43	5,816
3	15,11	12,40	6,94	14,24	10,933
4	20,56	16,30	11,65	20,24	16,450
5	24,43	18,27	16,54	25,47	21,292
6	28,23	22,85	21,93	28,99	25,503
7	32,03	26,26	26,14	32,13	29,392
8	34,83	31,16	29,03	34,82	32,586
9	37,63	32,92	32,60	37,63	35,287
10	40,43	36,95	36,81	41,21	38,953
11	42,13	38,75	38,71	42,81	40,798
12	43,83	40,55	40,61	44,41	42,498
13	45,53	42,35	42,51	46,01	44,393
14	47,23	44,15	44,41	47,61	46,371
15	48,93	45,95	46,31	49,21	48,158
16	50,63	47,75	48,21	50,81	50,015
17	50,60	47,81	48,32	50,85	50,060
18	50,58	47,72	48,25	50,80	50,015
19	50,59	47,73	48,23	50,81	50,027

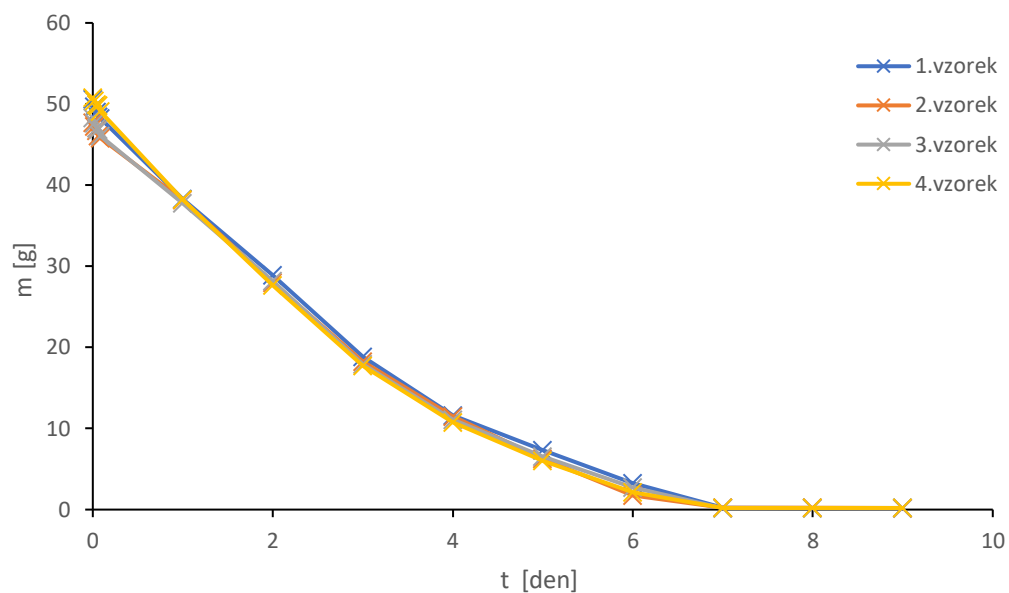
Hmotnost v čase 0 min	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
Hmotnost v čase 19 min	50,59	47,73	48,23	50,81	50,027
Hmotnost nasorbované vody	50,49	47,63	48,13	50,71	49,927
Násobek hmotnosti	505,9	477,3	482,3	508,1	500,3



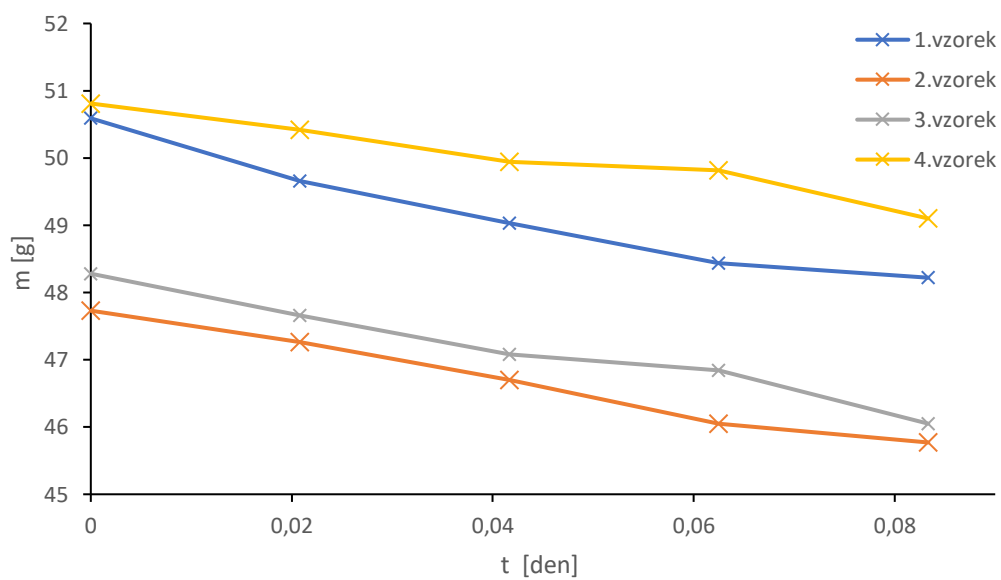
Obrázek 30 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody – polyakrylát draselný

Tabulka 12 Desorpce polyakrylátu draselného

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [den]	m_1 [g]	m_2 [g]	m_3 [g]	m_4 [g]	$m_\emptyset$ [g]
0	50,59	47,73	48,28	50,81	49,353
0,021	49,66	47,26	47,66	50,42	48,750
0,042	49,03	46,70	47,08	49,94	48,188
0,063	48,44	46,05	46,84	49,82	47,788
0,083	48,22	45,77	46,05	49,10	47,285
1	38,33	38,17	37,75	38,21	38,115
2	28,93	27,97	28,15	27,64	28,173
3	18,83	18,27	17,95	17,74	18,198
4	11,63	11,47	11,05	10,74	11,223
5	7,33	6,27	6,55	6,04	6,548
6	3,23	1,77	2,75	2,14	2,473
7	0,21	0,20	0,19	0,20	0,200
8	0,20	0,20	0,18	0,20	0,195
9	0,20	0,19	0,19	0,20	0,195



Obrázek 31 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody–polyakrylát draselný



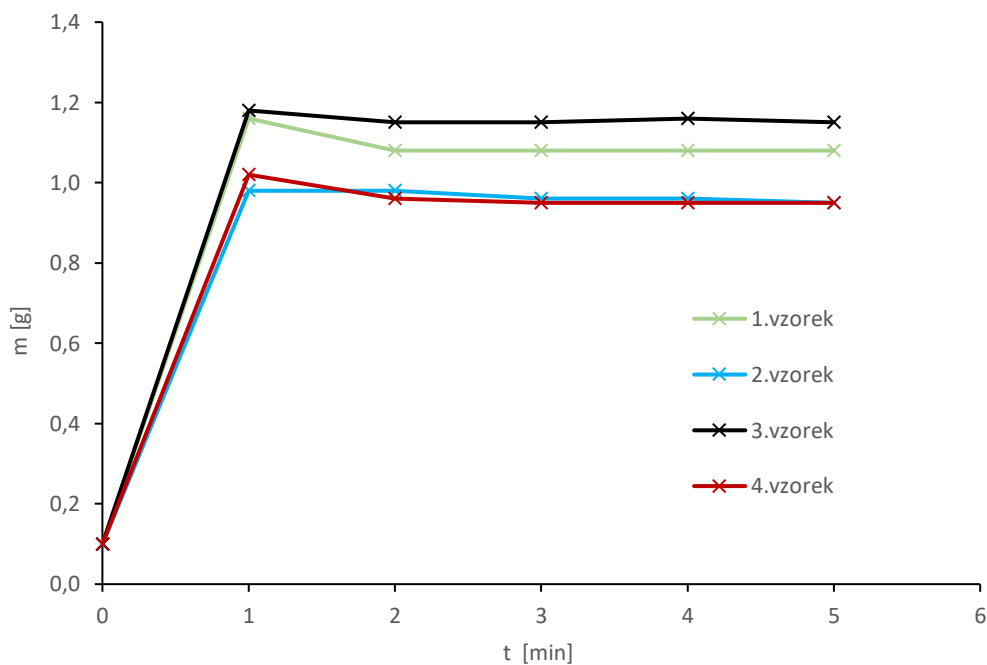
Obrázek 32 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č. 27) –polyakrylát draselný

B. Absorpce a desorpce buničinové vaty

Tabulka 13 Absorpce buničinové vaty

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [min]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m ₃ [g]	m ₄ [g]	m ₀ [g]
0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
1	1,16	0,98	1,18	1,02	1,085
2	1,08	0,98	1,15	0,96	1,043
3	1,08	0,96	1,15	0,95	1,035
4	1,08	0,96	1,16	0,95	1,038
5	1,08	0,95	1,15	0,95	1,033

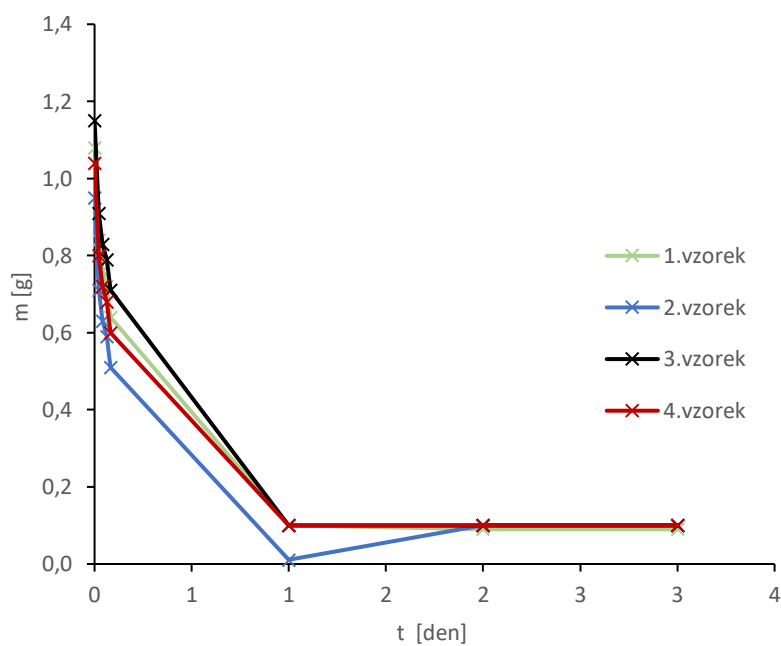
Hmotnost v čase 0 min	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
Hmotnost v čase 5 min	1,08	0,95	1,15	0,95	1,033
Hmotnost nasorbované vody	0,98	0,85	1,05	0,85	0,933
Násobek hmotnosti	10,80	9,50	11,50	9,50	10,325



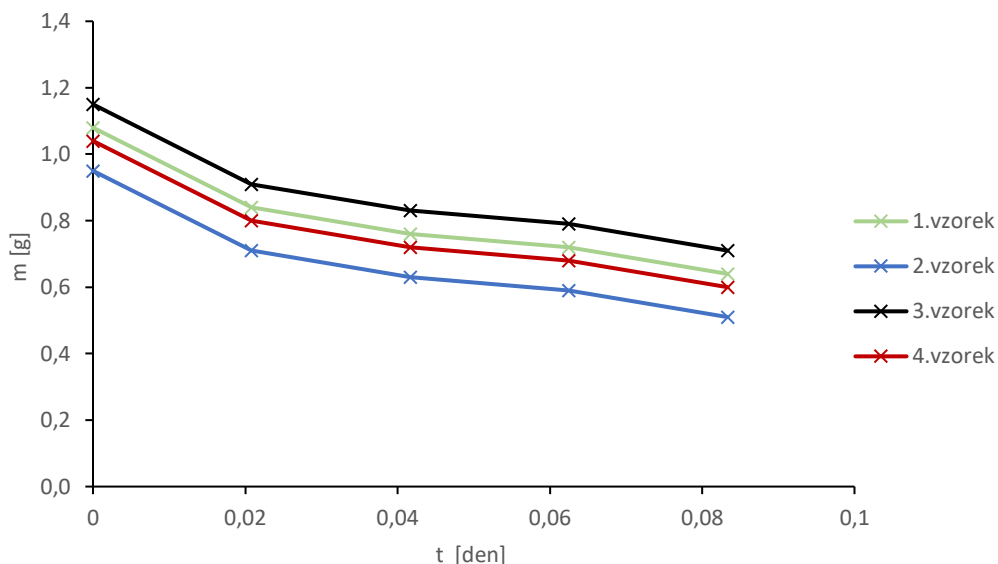
Obrázek 33 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody – buničinová vata

Tabulka 14 Desorpce buničínové vaty

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [den]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m ₃ [g]	m ₄ [g]	m ₀ [g]
0	1,08	0,95	1,15	0,95	1,033
0,021	0,84	0,71	0,91	0,71	0,793
0,042	0,76	0,63	0,83	0,63	0,713
0,063	0,72	0,59	0,79	0,59	0,673
0,083	0,64	0,51	0,71	0,51	0,593
1	0,10	0,01	0,10	0,10	0,078
2	0,09	0,10	0,10	0,10	0,098
3	0,09	0,10	0,10	0,10	0,098



Obrázek 34 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody– buničínová vata



Obrázek 35 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č. 27) –buničínová vata

Absorpční a desorpční vlastnosti polyakrylátu draselného a buničínové vaty se velmi liší. Obě látky mají schopnost absorbovat vodu, a poté ji uvolňovat. Liší se však v množství látky, které jsou schopny pohltnout, a také v čase absorpce a desorpce.

Polyakrylát absorbuje vodu delší dobu, proces trvá 17 minut. Je ale schopen pohltnout mnohem větší množství vody, přibližně 500násobek své původní váhy. Desorpce na vzduchu trvá také poměrně dlouhou dobu, jedná se o 7 dní.

Naopak proces absorpce i desorpce je u buničínové vaty mnohem rychlejší. K pohlcení veškeré vody stačí 3 minuty, ale již v první minutě absorbuje většinu vody, v některých případech dokonce veškerou vodu. Buničínová vata je schopna pohltnout 10násobek své váhy. Při styku buničínové vaty s vodou dojde k okamžitému prodloužení buničínové vaty. Desorpce je u této látky také velmi rychlá, trvá 1 den. Rychlost desorpce je dána malým množstvím vody, kterou je látka schopna pohltnout a také tím, že je voda vázána v buničínové vatě vodíkovými vazbami, které nejsou tak silné.

4.3.2. Opakovaná absorpce

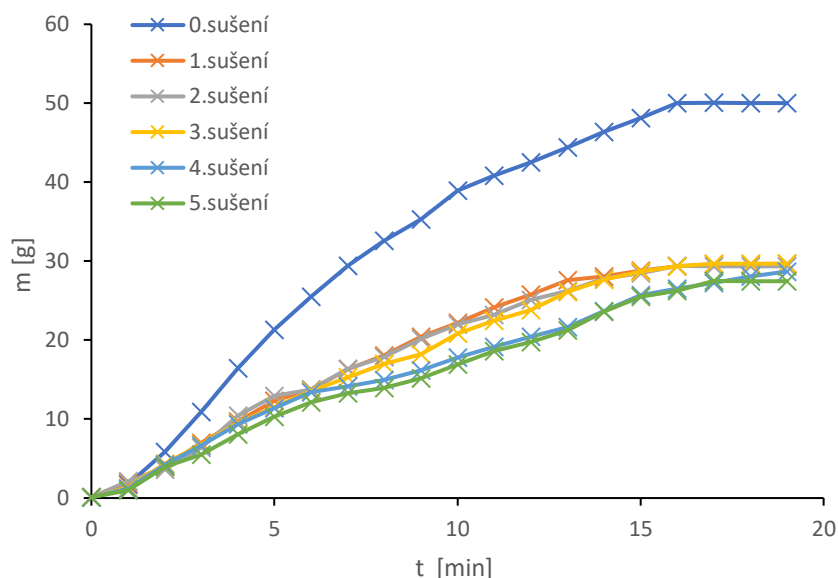
Byla měřena absorpce na vzorcích polyakrylátu draselného a buničínové vaty. Na měření polyakrylátu sodného i buničínové vaty byl použit stejný vzorek jako na předchozí měření, pouze byl vysušen při 75 °C. Sušení bylo poté provedeno po každém měření absorpce za stejných podmínek.

A. Opakovaná absorpce a sušení polyakrylátu draselného

Tabulka 15 Souhrn absorpce po sušení – polyakrylát draselný

	0. sušení	1. sušení	2. sušení	3. sušení	4. sušení	5. sušení
t [min]	$m_{\emptyset s0}$ [g]	$m_{\emptyset s1}$ [g]	$m_{\emptyset s2}$ [g]	$m_{\emptyset s3}$ [g]	$m_{\emptyset s4}$ [g]	$m_{\emptyset s5}$ [g]
0	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	1,740	1,957	2,147	1,307	1,193	1,010
2	5,820	4,027	3,637	4,333	4,223	3,954
3	10,930	7,023	6,367	6,757	6,637	5,493
4	16,450	9,667	10,427	9,497	9,323	8,103
5	21,290	12,300	12,957	11,510	11,353	10,327
6	25,500	13,750	13,777	13,530	13,437	12,127
7	29,390	16,320	16,363	15,267	14,133	13,267
8	32,590	18,070	17,877	16,980	14,980	13,957
9	35,290	20,407	20,190	18,200	16,193	15,177
10	38,950	22,187	22,017	20,823	17,823	16,953
11	40,800	24,120	23,193	22,477	19,143	18,593
12	42,500	25,743	25,070	23,783	20,450	19,783
13	44,390	27,617	26,230	26,130	21,663	21,267
14	46,370	28,083	27,817	27,677	23,647	23,627
15	48,160	28,833	28,493	28,703	25,703	25,470
16	50,010	29,340	29,400	29,377	26,543	26,270
17	50,060	29,653	29,320	29,677	27,263	27,497
18	50,020	29,653	29,323	29,677	28,057	27,480
19	50,030	29,657	29,323	29,673	28,690	27,480

Hmotnost v čase 0 min	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Hmotnost v čase 19 min	50,030	29,657	29,323	29,673	28,690	27,480
Hmotnost nasorbované vody	49,930	29,557	29,223	29,573	28,590	27,380
Násobek hmotnosti	500,3	296,6	292,2	296,7	286,9	274,8



Obrázek 36 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – polyakrylát draselný

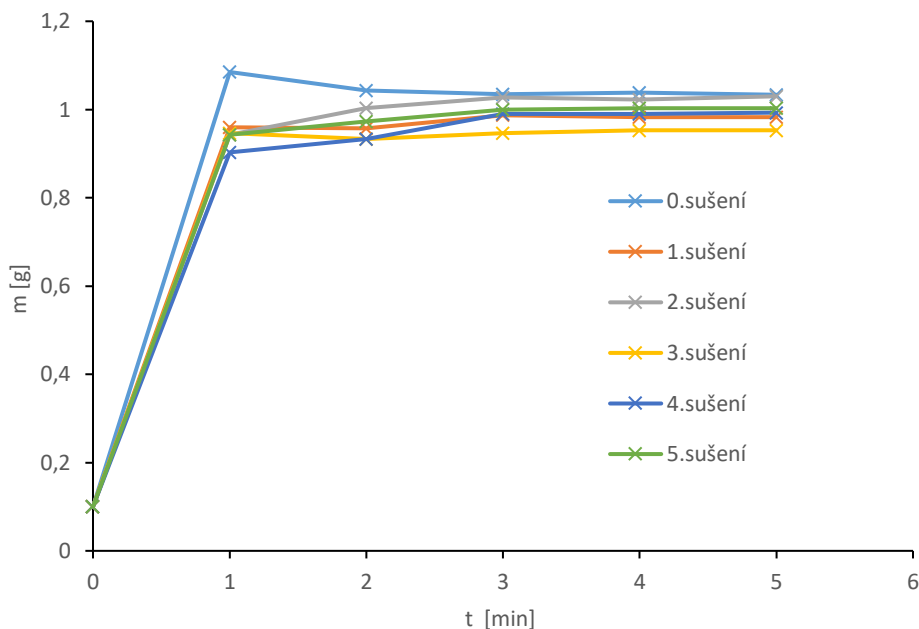
Polyakrylát draselný je schopen absorbovat velké množství vody. Nejlepší absorpční vlastnosti má látka před prvním sušením, kdy je schopna pohltnout až 500násobek své váhy. Už po prvním sušení se absorpční schopnost polyakrylátu draselného výrazně zhoršuje, absorpční vlastnost se pohybuje kolem 296násobku své hmotnosti. Opakovaným sušením se absorpční schopnost látky postupně snižuje.

B. Opakovaná absorpce a sušení buničinové vaty

Tabulka 16 Souhrn absorpce po sušení – buničinová vata

	0. sušení	1. sušení	2. sušení	3. sušení	4. sušení	5. sušení
t [min]	$m_{\varnothing s0}$ [g]	$m_{\varnothing s1}$ [g]	$m_{\varnothing s2}$ [g]	$m_{\varnothing s3}$ [g]	$m_{\varnothing s4}$ [g]	$m_{\varnothing s5}$ [g]
0	0,1	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	1,085	0,960	0,943	0,947	0,903	0,943
2	1,043	0,957	1,003	0,933	0,933	0,973
3	1,035	0,987	1,027	0,947	0,990	1,000
4	1,038	0,983	1,023	0,953	0,990	1,003
5	1,033	0,983	1,030	0,953	0,993	1,003

Hmotnost v čase 0 min	0,10	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Hmotnost v čase 5 min	1,03	0,983	1,030	0,953	0,993	1,003
Hmotnost nasorbované vody	0,93	0,883	0,930	0,853	0,893	0,903
Násobek hmotnosti	10,325	9,833	10,300	9,533	9,933	10,033



Obrázek 37 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – buničinná vata

Buničinná vata má nejlepší absorpční vlastnosti (stejně jako polyakrylát draselný před prvním sušením), kdy je schopna pojmout 10násobek své váhy. S každým sušením se její vlastnosti mírně zhoršují. Jedná se jen o desetiny gramu, což je v porovnání s polyakrylátem draselným téměř zanedbatelné, protože u polyakrylátu draselného dochází již po prvním sušení ke snížení absorpční schopnosti téměř na polovinu.

4.4. Absorpční vlastnosti recyklátu

4.4.1. Postupná absorpce a desorpce

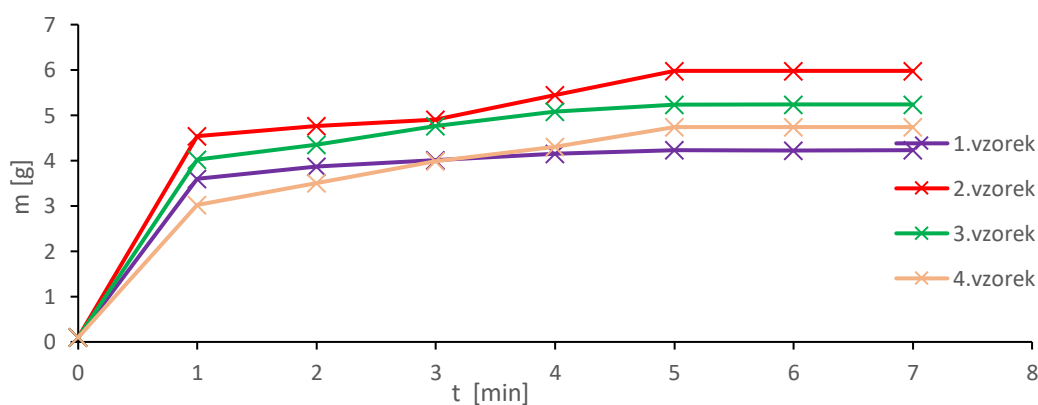
První měření proběhlo na vzorcích, které nebyly nijak sušeny, aby mohlo později dojít k porovnání s výchozím stavem. U recyklátu byla jako výchozí stav využita směs buničiny se superabsorpčním polymerem, která byla odebrána ze suché pleny. Pro výchozí stav bylo potřeba vzorek změřit před sušením, což u recyklátu není možné, protože do procesu recyklace patří právě samotné sušení vzorku.

Absorpce a desorpce buničiny a superabsorpčního polymeru

Tabulka 17 Absorpce buničiny +SAP

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [min]	m_1 [g]	m_2 [g]	m_3 [g]	m_4 [g]	$m_{\text{žs0}}$ [g]
0	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
1	3,60	4,54	4,02	3,02	3,795
2	3,87	4,76	4,35	3,50	4,120
3	4,01	4,91	4,76	3,99	4,418
4	4,15	5,45	5,08	4,31	4,748
5	4,23	5,98	5,23	4,74	5,045
6	4,22	5,98	5,24	4,74	5,045
7	4,23	5,98	5,24	4,74	5,048

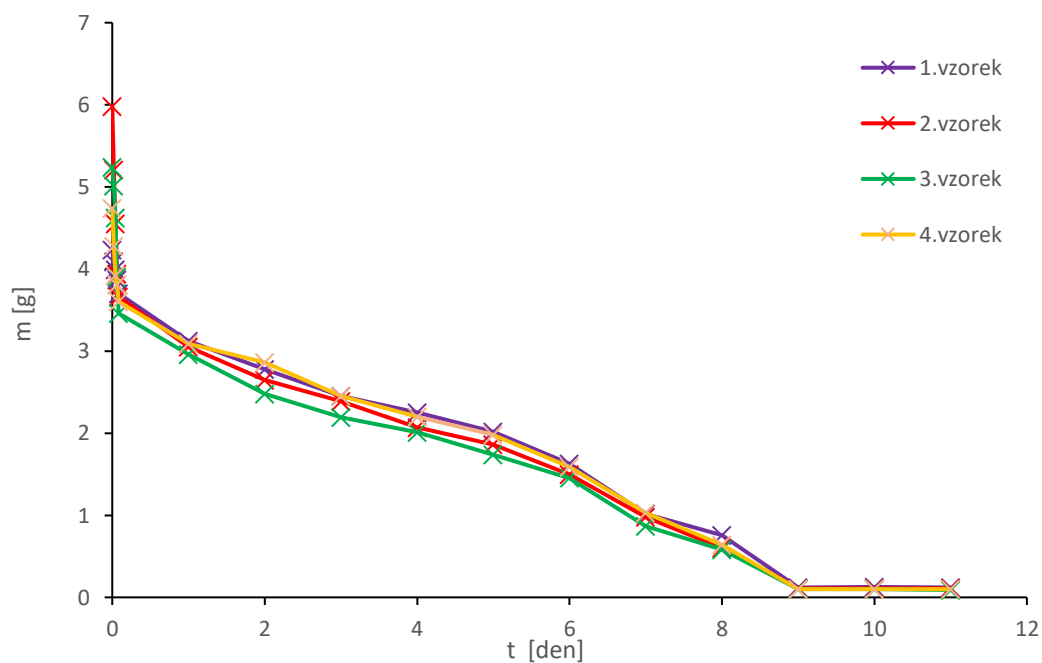
Hmotnost v čase 0 min	0,10	0,10	0,10	0,10	0,100
Hmotnost v čase 7 min	4,23	5,98	5,24	4,74	5,048
Hmotnost nasorbované vody	4,13	5,88	5,14	4,64	4,948
Násobek hmotnosti	42,30	59,80	52,40	47,40	50,475



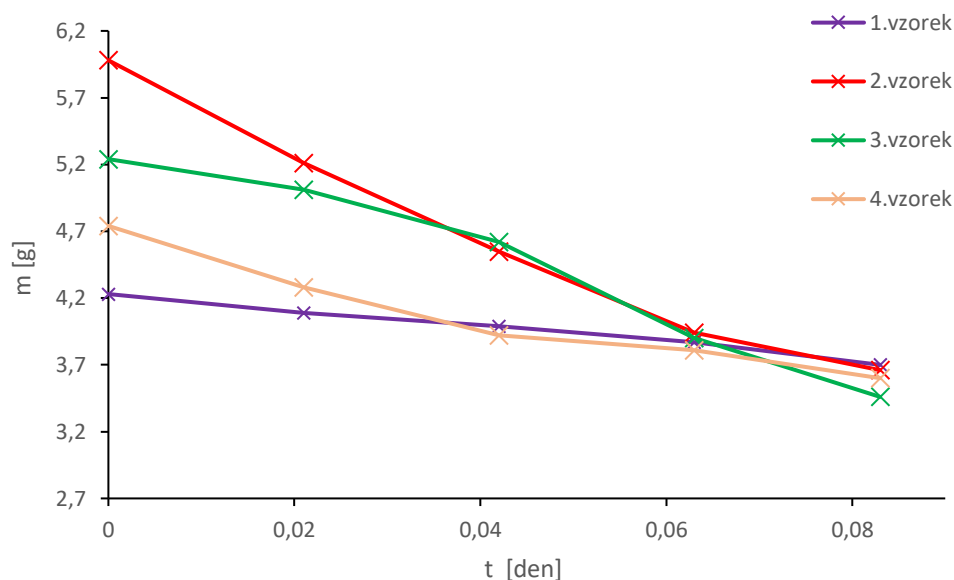
Obrázek 38 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody – buničina + SAP

Tabulka 18 Desorpce buničina + SAP

	1. vzorek	2. vzorek	3. vzorek	4. vzorek	
t [den]	m ₁ [g]	m ₂ [g]	m ₃ [g]	m ₄ [g]	m _ø [g]
0	4,23	5,98	5,24	4,74	5,048
0,021	4,09	5,21	5,01	4,28	4,648
0,042	3,99	4,55	4,62	3,92	4,270
0,063	3,87	3,94	3,90	3,81	3,880
0,083	3,70	3,66	3,46	3,60	3,605
1	3,12	3,05	2,96	3,09	3,055
2	2,78	2,65	2,48	2,86	2,693
3	2,45	2,39	2,19	2,45	2,370
4	2,25	2,07	2,01	2,20	2,133
5	2,02	1,86	1,74	1,98	1,900
6	1,63	1,50	1,45	1,59	1,543
7	1,02	0,98	0,87	1,03	0,975
8	0,76	0,60	0,58	0,64	0,645
9	0,12	0,11	0,10	0,10	0,108
10	0,13	0,11	0,10	0,10	0,110
11	0,12	0,11	0,09	0,10	0,105



Obrázek 39 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody– buničina + SAP



Obrázek 40 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č. 24) – buničina + SAP

Buničina se SAP absorbuje všechnu vodu během 5 minut. Už v první minutě změni svoji váhu na přibližně 38násobek své váhy, po 5 minutách váží 50násobek své původní váhy. U této směsi trvá 9 dní, než vzorek dosáhne opět původní hmotnosti. Dobré absorpční vlastnosti v této směsi způsobuje hlavně superabsorpční polymer, který má v porovnání s buničinou mnohem větší schopnost pohlcovat vodu. Samotná buničinová vata pojme pouze 10násobek své váhy, což je přibližně čtvrtina toho, co absorbuje směs buničiny se superabsorpčním polymerem.

4.4.2. Opakovaná absorpce

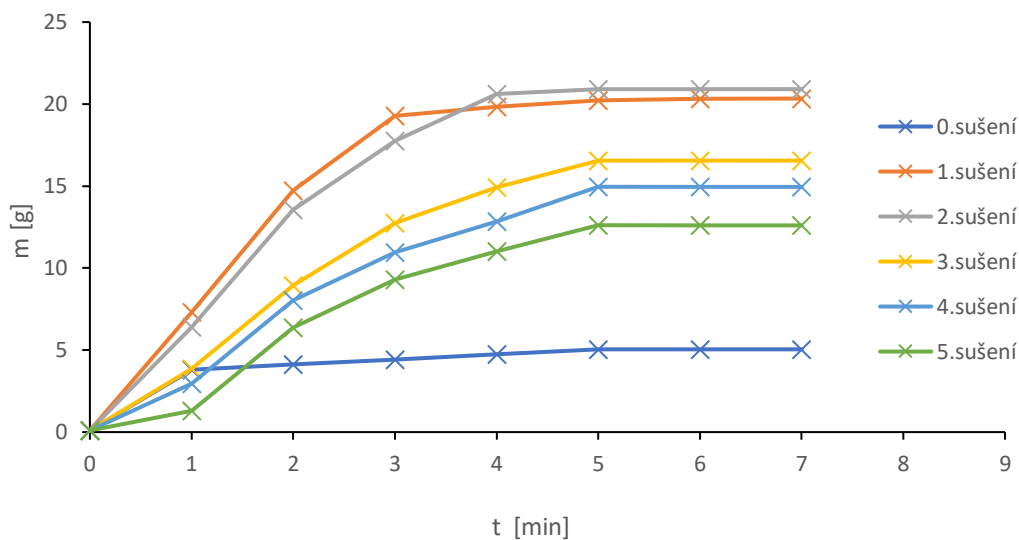
Byla měřena absorpce na vzorcích recyklátu. Tento recyklát byl připraven recyklačním procesem, během kterého proběhlo první sušení látky při teplotě 75 °C. Po každém měření absorpce byl recyklát sušen za shodných podmínek jako polyakrylát draselný a buničinová vata, tedy při 75 °C.

Opakovaná absorpce a sušení recyklátu

Tabulka 19 Souhrn absorpce po sušení recyklát

	0. sušení	1. sušení	2. sušení	3. sušení	4. sušení	5. sušení
t [min]	$m_{\text{ø}0}$ [g]	$m_{\text{ø}1}$ [g]	$m_{\text{ø}2}$ [g]	$m_{\text{ø}3}$ [g]	$m_{\text{ø}4}$ [g]	$m_{\text{ø}5}$ [g]
0	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
1	3,795	7,307	6,400	3,863	2,960	1,283
2	4,120	14,717	13,560	8,953	8,033	6,363
3	4,418	19,293	17,743	12,757	10,957	9,287
4	4,748	19,843	20,600	14,940	12,853	11,020
5	5,045	20,237	20,907	16,547	14,947	12,600
6	5,045	20,330	20,910	16,553	14,950	12,603
7	5,045	20,337	20,913	16,550	14,950	12,603

Hmotnost v čase 0 min	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100	0,100
Hmotnost v čase 7 min	5,048	20,237	20,913	16,550	14,950	12,603
Hmotnost nasorbované vody	4,948	20,137	20,813	16,450	14,850	12,503
Násobek hmotnosti	50,5	202,4	209,1	165,5	149,5	126,0



Obrázek 41 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – recyklát

Množství vody, které je recyklát schopný absorbovat, se po jednotlivých sušeních liší. Nejmenší absorpční schopnost má směs buničiny se SAP, která neprošla sušením, nejvíce potom recyklát po prvním sušení. Velký vzrůst absorpční schopnosti je spojený s tím, že směs

neobsahuje vzdušnou vlhkost, a proto je schopna pohltit větší množství vody. Při opakovaném sušení dochází ke zhoršení absorpční vlastností.

4.5. Porovnání absorpčních vlastností vzorků

Polyakrylát draselný má mnohem lepší vlastnosti než vytvořený recyklát a po některých sušeních jsou jeho absorpční vlastnosti téměř dvojnásobně lepší. Absorpční vlastnosti recyklátu oproti polyakrylátu draselnému snižuje buničinná vata, která nemá tak dobré vlastnosti. V případě že bychom porovnávali jen samostatné polyakryláty, polyakrylát sodný by měl podle literárních zdrojů dosahovat lepších absorpčních vlastností.

Recyklát má nejlepší absorpční vlastnosti po sušení, což je z velké části způsobeno velkým obsahem vlhkosti ve směsi buničiny a superabsorpčního polymeru z pleny. Dále může být rozdíl způsoben tím, že na první měření byla využita směs buničiny se superabsorpčním polymerem z pleny a na další měření vytvořený recyklát. Obsah buničiny v recyklátu způsobuje rychlé pohlcení vody během první minuty, v dalších minutách už dochází k pohlcení hlavně polyakrylátem sodným. Buničina urychluje také desorpci, díky ní dochází u recyklátu k rychlejšímu vypaření vody než kdyby se jednalo o samotný superabsorpční polymer.

5. ZÁVĚR

Jedním z výsledků této práce bylo nalezení vhodného procesu separace plastové a absorpční části jednorázových plen. Po recyklaci tvořil získaný recyklát 28 hm. % jednorázové pleny. Provedená analýza potvrdila, že absorpčním polymerem, použitým v pleně, je polyakrylát sodný.

Absorpční vlastnosti recyklátu jsou nejlepší po prvním sušení po procesu recyklace, kdy je recyklát schopen pojmout až 200násobek své váhy, opakovaným sušením se jeho absorpční vlastní zhoršují přibližně o 10 % za jedno sušení. Absorpční vlastnosti samotného polyakrylátu draselného jsou lepší. Tato látka pojmula při první absorpci 500násobek své váhy. O hodně horší byly výsledky hned po první sušení, kdy pojmula 300násobek své váhy, a pak ztrácela své vlastnosti přibližně o 2 % za sušení. Vliv na absorpci a desorpci má také množství dané látky, proto by bylo užitečné použít pro měření větší objem vzorků.

Dále by bylo vhodné proměřit vzorky vícekrát, aby bylo možné s jistotou určit, jestli se jejich absorpční schopnost blíží k 0, nebo se u nějaké hodnoty zastaví. Obě látky jsou ale degradabilní, takže časem se všechny jejich mechanické vlastnosti zhoršují. Na degradaci materiálu mohlo mít vliv také sušení vzorku po každé absorpci v sušárně. Z toho důvodu by bylo potřeba, aby vzorky byly sušeny zároveň na vzduchu a v sušárně, z čehož by bylo možné posoudit, zda nemá negativní vliv na degradaci materiálu.

Absorpční schopnost obou látek se značně liší nejen v množství vody, které jsou schopny pohltit, ale také v závislosti absorpce na čase. Recyklát většinu vody absorbuje v prvních dvou minutách, a dále se jedná už jen o nepatrné změny hmotnosti, což odpovídá jeho funkci u dětských plen, kde je potřeba tekutinu rychle odvést z povrchu pryč. Polyakrylát sodný naopak nabírá vodu pomaleji. To více vyhovuje zemědělskému využití, jelikož je schopen vodu udržet déle, což je využitelné pro možnost zadržování vody v krajině.

6. ZDROJE

- [1] KHOO S. C., PHANG X. Y. a spol., Recent technologies for treatment and recycling of used disposable baby diapers, Science Direct [online] 2019 [cit. 28.11.2020] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957582018303860#bib0480>
- [2] Jak plenka Pampers funguje a z čeho je vyrobená? Péče o dítě, vývoj plenky, Pampers CZ [online] 2019 [cit. 28.11.2020] Dostupné z: <https://www.pampers.cz/bezpecnost-a-zavazky/kvalita-a-bezpecnost/clanek/z-ceho-jsou-vyrobeny-plenky-pampers>
- [3] LAM N., Lam, How Do Disposable Diapers Absorb, CWI Medical [online] 2012 [cit. 28.11.2020] Dostupné z: <http://ezinearticles.com/?How-Do-Disposable-Diapers-Absorb%3F&id=458706>
- [4] UMACHITRA G., BHAARATHIDHURAI, Disposable baby diaper – a threat to the health and environment, [online] 2012 [cit. 28.11.2020] Dostupné z: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24749209/>
- [5] Bařinka L., Blaříček I., Černý P., Langer S., Uhlř J., patent - ř.s. AO ř. 185 366
- [6] KOERNER G. R., KOERNER R. M., Polymeric geomembrane components in landfill liners [online] 2018 [cit. 4.12.2020] Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/topics/earth-and-planetary-sciences/polyethylene>
- [7] řEVČÍKOVÁ, L. Studie výskytu, nakládání a ekonomiky plen v sociálních zařizeních, Univerzita Karlova v Praze, Fakulta přírodovědná, 2012, 6 s. Vedoucí diplomová práce Ing. Libuše Beneřová, CSc.
- [8] CANOV M., Polypropylen – výroba kationtových polymerací [online] 2005 [cit. 11.12.2020] Dostupné z: <http://canov.jergym.cz/polymery/polymera/pp.htm>
- [9] SHANMUGANATHA K., ELLISON C.J., Layered Double Hydroxides: An emerging class of flame retardants, University of Minnesota, 2014, ISBN (elektronické) 9780444538093
- [10] EICHHORN S.J., HEARLE J.W.S., JAFFE M., KIKUTANI T., Handbook of textile fibre structure, 2010, vydáno Woodhead publishing, ISBN 978-1-84569-730-3
- [11] JAEHWAN K., SUNGRYL Y., Discovery of cellulose as a smart materiál, macromolecules, [online] 2006 [5.12. 2020] DOI:10.1021/ma060261e Dostupné z: <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/ma060261e?src=recsys&mobileUi=0>
- [12] BÍLEK, M.; KRIČFALUŠI, D. Polymery se superabsorpčními vlastnostmi a příklad jejich využití ve výuce chemie jako všeobecně vzdělávacího předmětu. In: Acta Facultatis Rerum Naturalium Universitas Ostraviensis. Ostrava: Ostravská univerzita, 2001.

- [13] BAJPAI P., Pulp and paper industry, 2015, vydáno Elsevier, ISBN (elektronické) 9780128034088
- [14] doc. Ing. LINHART I. CSc, Není absorbér vlhkosti v plenách – polyakrylát sodný – škodlivý? [online] 2009 [5.12. 2020] Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelenadomacnost/dotazy-a-odpovedi/neni-absorber-vlhkosti-v-plenach-polyakrylat-sodny-skodlivy>
- [15] gDiapers: Redefining disposable [online] 2021 [cit. 27.1.2021]. Dostupné z: <https://www.gdiapers.com/pages/getting-started> (gDiapers)
- [16] doc. Ing. STANĚK, J. CSc. Textilní zbožíznalství – Vlákenné suroviny, příze, nitě. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-147-3.
- [17] SOUKUPOVÁ, V. Pleny pod lupou: 15 nejčastějších otázek o plenách. České Budějovice: ROSA, 2006. ISBN 80-239-7779-2.
- [18] MATOUŠ, Bohuslav, et al. Základy lékařské chemie a biochemie. 2010. vydání. Praha: Galen, 2010. ISBN 978-80-7262-702-8.
- [19] KREJČÍKOVÁ, S. OSTAFINSKÁ A. a ŠLOUF, M. Termoplastifikovaný škrob a jeho aplikace. Chemické listy [online]. Ústav makromolekulární chemie AV ČR, Praha, 2018, [cit. 11.12.2020]. ISSN 1213–7103. Dostupné z: <http://www.chemicke-listy.cz/ojs3/index.php/chemickelisty/article/view/3153>
- [20] TESTER, R. F., KARKALAS, J.—composition, fine structure and architecture. Journal of Cereal Science [online] 2004, [cit. 11.12.2020]. ISSN 07335210. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0733521003001139>
- [21] Technologie zpracování brambor a výroba škrobu: Technologie škrobárenství a výroba škrobu z brambor [online]. Brno: AF MENDELU, 2020 [cit. 20.12.2020]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=6893&typ=html
- [22] RATNAYAKE, W. S. a JACKSON, D.S. Chapter 5 Starch Gelatinization. Elsevier, 2008, 221-268. Advances in Food and Nutrition Research. ISBN 9780123741202. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1043452608004051>
- [23] Škroby. In: Institut Galenus [online]. 2008 [cit. 27.12.2020]. Dostupné z: <https://www.galenus.cz/clanky/vyziva/polysacharidy-skroby>
- [24] BARTOVSKÁ, Lidmila a Marie ŠÍŠKOVÁ. Fyzikální chemie povrchů a koloidních soustav. vyd. 5., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-7080-579-x.
- [25] Technologie zpracování brambor a výroba škrobu: Technologie škrobárenství a výroba škrobu z brambor [online]. Brno: AF MENDELU, 2020 [cit. 20.12.2020]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=6897&typ=html

- [26] ELIASSON, Ann-Charlotte, ed. Starch in food: structure, function, and applications. Woodhead Publishing Limited, 2004. Analysing and modifying starch, s. 3-207. ISBN 978-1-85573-731-0.
- [27] FONSECA, L.M., GONCAVES, J.R., EL HALAS, S.L.M., PINTO, V.Z., DIAS, A.R.G., JACQUES, A.R. a ZAVAREZE, E.R., Oxidation of potato starch with different sodium hypochlorite concentration and its effect on biodegradable films. LWT- Food Science and Technology. Singapore, 2019, ISBN 978-981-13-3656-00. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S00236438140068>
- [28] MUSILOVÁ, P. Využití infračervené spektrometrie k analýze anorganických archeologických materiálů, Masarykova univerzita, fakulta přírodovědecká, 2012. Vedoucí práce: Mgr. Ing. Lubomír Prokeš
- [29] Otyepková E. a kol.: Základy vybraných experimentálních chemických metod, VUP Olomouc, 2013, ISBN 978-80-244-3754-5
- [30] WILSON E.B., DECIUS J.C., CROSS P.C., Molecular vibrations: The theory of infrared and Raman vibrational spectra, vydáno Dover publications, 1980, ISBN 9780486639413
- [31] Synthesia – Chemie pro budoucnost. Synthesia – Chemistry for the future [online]. 2011 Synthesia, a.s. [cit. 20.06.2021]. Dostupné z: <https://www.synthesia.eu/cze>
- [32] MILITKÝ, Jiří. Textilní vlákna: klasická a speciální. [2. vydání]. V Liberci: Technická univerzita, 2012. ISBN 978-80-7372-844-1.
- [33] SOUKUPOVÁ, V. Dětské pleny: výhody a nevýhody dětské pleny: výhody a nevýhody jednotlivých typů a druhů [online]. 2007, [cit. 7.2.2021]. Dostupné z: <http://www.pediatricpropraxi.cz/pdfs/ped/2007/06/17.pdf>
- [34] SOUKUPOVÁ, Věra. Dětské pleny: Není plenka jako plenka [online], 2009, [cit. 7.2.2021]. Dostupné z: <http://www.veronica.cz/detske-pleny>
- [35] GAVLASOVÁ, H. Kolik ušetřím s látkovými plenami: Náklady [online]. 2017 [cit. 7.2.2021]. Dostupné z: <http://www.uhanky.cz/cs/content/6-kolik-usetrim-s-latkovymiplenami>
- [36] SLÁDKOVÁ, O. Test jednorázových ekoplen aneb má smysl je kupovat? 2018 [online]. [cit. 7.2.2021]. Dostupné z: <https://www.olgasladvka.cz/blog/2018/6/10/w8rct45pakzucbvmm8a42h9jrwuftyx>
- [37] MACH, M. Moltex Öko: Nekompostovatelné "kompostovatelné" pleny Test jednorázových ekoplen aneb má smysl je kupovat? 2008 [online]. [cit. 12.2.2021]. Dostupné z: <https://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/moltex-ko-nekompostovatelné-quotkompostovatelnéquot-pleny>
- [38] KADLEC, P., BUBNIK, Z., ČOPIKOVÁ, J., HRUŠKOVÁ, M., PŘIHODA, J., BOHAČENKO, I. a VYDROVA H. Technologie sacharidů. Skripta VŠCHT Praha, ISBN 80-7080-400-9

- [39] TREGUBOV, N., Technológia škrobu a výrobkov zo škrobu. 1. vyd. Bratislava: Alfa, 1986. ISBN 63-575-87-05
- [40] Waste and diaper recycling plant – FaterSMART. Waste and diaper recycling plant – FaterSMART [online]. Dostupné z: <https://www.fatersmart.com/>
- [41] About Us – Knowaste Technologies. Knowaste Technologies - Home [online]. Dostupné z: <https://www.knowaste.com/about-us.html>
- [42] Nappy and AHP Recycling Company, Diaper Recycling Technology, Nappy and AHP Recycling Company, Diaper Recycling Technology [online] 2021 [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: <https://diaperrecycling.technology/>
- [43] QUEK B., In the business of recycling diapers, the business times [online] 2018 [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: <https://www.businesstimes.com.sg/companies-markets/emerging-enterprise-2018/in-the-business-of-recycling-diapers>
- [44] KIMURA Y., Super Faiths, fueling Japan by turning waste into energy, jetro – Japan external trade organization [online] [cit. 26.05.2021]. Dostupné z: https://www.jetro.go.jp/en/mjcompany/super_faiths.html
- [45] Ústav fyziky a materiálové inženýrství, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, fakulta technologická 2009 [online]. [cit. 16.6.2021]. Dostupné z: <http://ufmi.ft.utb.cz/>
- [46] Termomechanika technologických procesů, Západočeská univerzita v Plzni, výzkumné centrum – nové technologie [online]. [cit. 10.4.2021]. Dostupné z: <https://tpp.zcu.cz/cz/>
- [47] Li Yong Liu Wenbin, patent, CN104292375A [online]. 2014, XI'AN YINGPU BIOLOGICAL TECHNOLOGY, Co Ltd [cit. 16.6.2021]. Dostupné z: <https://patents.google.com/patent/CN104292375A/en>
- [48] KANIA, Patrik. Infračervená spektrometrie. In Laboratoř analytické chemie I [online]. Praha: VŠCHT, 2007 [cit. 16.6.2021]. Dostupné z: http://www.vscht.cz/anl/lach1/7_IC.pdf
- [49] Detektory. In: Metody optické spektroskopie v biofyzice [online]. Praha, 2007 [cit. 16.6.2021]. Dostupné z: http://biomolecules.mff.cuni.cz/files/courses/Detektory_BCM113.pdf
- [50] LIU X., CHAN Z., Application of potassium polyacrylate increases soil water status and improves growth of bermudagrass under drought stress condition, Science Direct [online] 2019 [cit. 28.11.2020] Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S034423815302703>
- [51] DHAWAN A., Synthesis of block copolymers from cellulose nanoparticles via atom transfer radical polymerization, Thesis, 2007, North Carolina State University, [online] 2007 [cit. 26.6.2020] Dostupné z: <https://repository.lib.ncsu.edu/handle/1840.16/576>
- [52] BIERMANN CH. J., Handbook of pulping and papermaking. San Diego: Academic press, 1993, ISBN 0-12-097360-X

- [53] HUNTER D., Papermaking, the history and technique of an ancient craft, Dover, 1943, ISBN :10- 0486236196
- [54] MACHAŇOVÁ D., Předúprava textilií – návody na cvičení, skripta TU, Liberec, 2007, ISBN 978-80-7372-240-1
- [55] KAČÍK F., KAČÍKOVÁ D., JABLONSKÝ M., KATUŠČÁK S., Degradation and stability, 2009
- [56] ŠVACHOVÁ V., Modifikace celulózy pro medicínální účely, Masarykova univerzita v Brně, Fakulta přírodovědecká, 2010, vedoucí bakalářské práce: RNDr. Milanu Albertimu, Csc.
- [57] LAPČÍK L. a kol.: Celulóza její modifikace a nové aplikační možnosti, studie UFMI FT UTB Zlín 2001, str 1-60
- [58] SANÉTRNÍK D., Biomedicínální aplikace polysacharidů, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2010, vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Lubomíru Lapčíkovi, DrSc., Dr.h.c
- [59] MASUDAA F., UEDAB Y., Encyclopedia of polymeric nanomaterials, Sanyo Chemical Industries, Kyoto, Japan b SDP Global Co., Ltd., Higashiyama-ku, Kyoto, Japan, 2014, DOI 10.1007/978-3-642-36199-9_129-1, [online] 2014 [cit. 27.6.2020] Dostupné z: https://link.springer.com/content/pdf/10.1007%2F978-3-642-36199-9_129-1.pdf
- [60] LIANG D., DU CH., MA F., SHEN Y., WU K., ZHOU J., Degradation of polyacrylate in the outdoor agricultural soil measured by FTIR-PAS and LIBS, Chinese academy of sciences, Nanjing, China 2018, Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/polym10121296>
- [61] KAWAI F., Biodegradation of polyethers and polyacrylate, Science Direct [online] 1994 [cit. 29.6.2020] Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-81708-2.50009-9>

7. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

SAP	Superabsorpční polymer
Recyklát	Vytvořená směs procesem recyklace
ATR-FTIR	Infračervená spektroskopie s Fourierovou transformací metoda zeslabené reflektance
TGA	Termogravimetrická analýza
IR	Infračervené spektrum

8. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P_1:

Opakovaná absorpce po 1.-5. sušení u recyklátu

- Absorpce po 1.sušení recyklát
- Absorpce po 2. sušení recyklát
- Absorpce po 3.sušení recyklát
- Absorpce po 4.sušení recyklát
- Absorpce po 5.sušení recyklát

Příloha P_2:

Opakovaná absorpce po 1.-5. sušení u polyakrylátu draselného

- Absorpce po 1.sušení polyakrylát draselný
- Absorpce po 2.sušení polyakrylát draselný
- Absorpce po 3.sušení polyakrylát draselný
- Absorpce po 4.sušení polyakrylát draselný
- Absorpce po 5.sušení polyakrylát draselný

Příloha P_3:

Opakovaná absorpce po 1.-5. sušení u buničinové vaty

- Absorpce po 1.sušení buničinové vaty
- Absorpce po 2.sušení buničinové vaty
- Absorpce po 3.sušení buničinové vaty
- Absorpce po 4.sušení buničinové vaty
- Absorpce po 5.sušení buničinové vaty

9. SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Složení jednorázové pleny [7].....	15
Tabulka 2 Typy polyethylenu podle hustoty	16
Tabulka 3 Spotřeba energie a vody při výměně 4,6 plen za den do 2,5 roku dítěte [1]	21
Tabulka 4 Průměrné složení použitých plenek	22
Tabulka 5 Klasifikace použité pleny	34
Tabulka 6 Vlastnosti polyakrylátu draselného	34
Tabulka 7 Vlastnosti polyakrylátu sodného	34
Tabulka 8 Proces recyklace	41
Tabulka 9 Charakteristické vlnočty pro recyklát	42
Tabulka 10 Charakteristické vlnočty pro polyakrylát draselný	43
Tabulka 11 Absorpce polyakrylátu draselného	46
Tabulka 12 Desorpce polyakrylátu draselného	47
Tabulka 13 Absorpce buničínové vaty	49
Tabulka 14 Desorpce buničínové vaty	50
Tabulka 15 Souhrn absorpce po sušení – polyakrylát draselný	52
Tabulka 16 Souhrn absorpce po sušení – buničínová vata.....	53
Tabulka 17 Absorpce buničiny +SAP	55
Tabulka 18 Desorpce buničina + SAP	56
Tabulka 19 Souhrn absorpce po sušení recyklát	57

10. SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Kationtová polymerace polypropylenu [8]	15
Obrázek 2 Radikálová polymerace polyethylenu.....	16
Obrázek 3 Kyselina akrylová	17
Obrázek 4 Polyakrylát sodný	18
Obrázek 5 Polyakrylát draselný	18
Obrázek 6 Schématická struktura celulózy [9].....	20
Obrázek 7 Proces recyklace u společnosti Knowaste [41]	26
Obrázek 8 Proces recyklace u společnosti Knowaste [41]	26
Obrázek 9 Proces recyklace u společnosti Fater [40].....	27
Obrázek 10 Proces recyklace u společnosti Fater [40].....	27
Obrázek 11 Separční část stroje [42]	28
Obrázek 12 Návrh přístroje	28
Obrázek 13 Recyklované pelety [44]	29
Obrázek 14 SFD-2000, stroj na likvidaci odpadu 600 kilogramů za den	29
Obrázek 15 Nastříhané kusy pleny.....	36
Obrázek 16 Namočené kusy pleny	36
Obrázek 17 Nepřefiltrovaná směs buničiny a SAP	36
Obrázek 18 Proces filtrace	37
Obrázek 19 Mokrá recyklát.....	37
Obrázek 20 Vysušený recyklát.....	37
Obrázek 21 Absorpce polyakrylátu draselného	38
Obrázek 22 Absorpce polyakrylátu draselného	38
Obrázek 23 FT-IR spektrometr Vertex 70v	39
Obrázek 24 Přístroji TGA Q500	40
Obrázek 25 FT-IR spektrum recyklátu.....	42
Obrázek 26 FT-IR spektrum polyakrylátu draselného	43
Obrázek 27 Porovnávání FT-IR spekter polyakrylátu draselného a recyklátu	44
Obrázek 28 TGA křivka recyklátu.....	45
Obrázek 29 TGA křivka polyakrylátu draselného	45
Obrázek 30 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody - polyakrylát draselný	47
Obrázek 31 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody - polyakrylát draselný.....	48
Obrázek 32 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č.27) - polyakrylát draselný.....	48
Obrázek 33 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody – buničinná vata	49
Obrázek 34 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody– buničinná vata.....	50
Obrázek 35 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č. 27) –buničinná vata	51
Obrázek 36 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – polyakrylát draselný	53
Obrázek 37 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – buničinná vata.....	54

Obrázek 38 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody – buničina + SAP	55
Obrázek 39 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody – buničina + SAP	56
Obrázek 40 Graf závislosti hmotnosti na čase při desorpci vody (první čtyři hodnoty z grafu č. 24) – buničina + SAP	57
Obrázek 41 Graf závislosti hmotnosti na čase při absorpci vody po sušení – recyklát	58