

Česká zemědělská univerzita

Fakulta životního prostředí

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů



**Fakulta životního
prostředí**

**Biodegradace papírenské vlákniny vyrobené z odpadního kůrovcového
dřeva**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

Autor: Jan Polcar

2021

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jan Polcar

Krajinářství
Územní technická a správní služba

Název práce

Biodegradace papírenské vlákniny vyrobené z odpadního kůrovcového dřeva

Název anglicky

Biodegradation of pulps produced from waste bark beetle wood

Cíle práce

Cílem práce je zanalyzovat dobu degradace papírenské vlákniny vyrobené z odpadního kůrovcového dřeva s přídavkem biocharu. Hlavním cílem je porovnání rozpustnosti průmyslového gifipotu, námi vyrobeného „biokvětináče“ s granulemi samotného biocharu (pyrolyzovaného kůrovcového dřeva). Výsledkem je zjištění optimálního složení pro výrobu „biokvětináče“, tj. procentuální zastoupení papírenské vlákniny vyrobené z odpadního dřeva a biocharu. Tento „biokvětináč“ by měl zajistit rostlině potřebné živiny pro její růst a vyšší retenci v půdě.

Metodika

- Literární rešerše o papírovině, gifipotu a biocharu
- Stanovení vhodného metodického postupu testování
- Analýza rozpustnosti papercharu
- Zpracování naměřených dat a vyhodnocení výsledků
- Závěr

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Rozpustnost, Paperchar, Biochar, Vlákna, Gifipot

Doporučené zdroje informací

- BUČKO, J. Chemické spracúvanie dreva v teórii a praxi. Zvolen: Technická univerzita ve Zvolenu, 2001, 427 s. ISBN 80-228-1089-4.
- JAKŠÍK, O., KODEŠOVÁ, R., KUBIŠ, A., STEHLÍKOVÁ, I., DRÁBEK, O., KAPIČKA, A. Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. Elsevier, 2005, 287–299. ISSN 0341-8162.
- ROHOŠKOVÁ, M., VALLA, M. Comparison of two methods for aggregate stability measurement – a review. Plant Soil Environ., 2004, 50 (8), 379-382.
- SIXTA, H. Handbook of pulp. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2006, 1369 s. ISBN 3-527-30999-3.
- Tappi Test Methods. Georgia: Tappi Press Atlanta, 2004. ISBN 1-930657-33-1.
- VERHEIJEN, F., JEFFERY, S., BASTOS, A.C., VAN DER VELDE, M., DIAFAS, I. Biochar Application to Soils. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2010, 166 s. ISBN 978-92-79-14293-2.
- ZÁDOROVÁ, T., JAKŠÍK, O., KODEŠOVÁ, R., PENÍŽEK, V. Influence of Terrain Attributes and Soil Properties on Soil Aggregate Stability. Soil & Water Res., 2011, 6 (3), 111–119.
-

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Kateřina Hájková, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2021

Ing. Radek Rinn

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 22. 2. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 16. 03. 2021

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Biodegradace papírenské vlákniny vyrobené z odpadního kůrovcového dřeva vypracoval samostatně a citoval jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použil a které jsem rovněž uvedl na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronické verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Jirkově dne 29. 3. 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Kateřině Hájkové Ph.D. za cenné rady, připomínky, a především za vstřícný přístup a svůj čas při psaní této bakalářské práce.

Abstrakt

Od roku 2014 zažívá Česko jedno z největších období sucha. Málo srážek, vysoké teploty a nízká vlhkost nahrává kůrovci k jeho expanzi. Proto se začalo uvažovat, jak naložit s napadeným kůrovcovým dřívím. Takové dříví může být použito na výrobu papíru. Vzniklý biochar, který je připraven formou pyrolýzy z rostlinné biomasy, může napomoci ke zvýšení retence v půdě. Uhlík, nejdůležitější prvek biocharu, je na sebe schopen vázat důležité složky (dusík, draslík, ...) a živiny, ale také udržet v půdě vodu po delší dobu. Vzniklá papírovina, tedy suspenze vlákniny vytvořena mletím na strojích jako např. holandr, je matricí pro biochar. Na bázi tohoto mohl vzniknout paperchar, který s přidáním biocharu vytvoří vhodnou směs. Z papercharu byl vyroben gifipoty, který slouží k aplikaci v půdě. Konkrétně se takové sadbovače mohou využít v lesních školkách či pro okrasné rostliny v hobbymarketech. Následně se může pozorovat jejich účinnost. Substráty s biocharem mohou být použity také jako zelené střechy nebo zelené fasády ve městech. Taková strategie může pomoci k boji proti skleníkovým plynům, jakým je oxid uhličitý a snižovat jeho produkci.

Klíčová slova:

Rozpustnost, Paperchar, Biochar, Vlákna, Gifipot

Abstract

Since 2014, the Czechia has been experiencing one of the greatest periods of drought. Low rainfall, high temperatures and low humidity supports the bark beetle for its expansion. Therefore, consideration began to be given to how to deal with the infested bark wood. Such wood can be used for papermaking. The resulting biochar, which is prepared by pyrolysis from plant biomass, can help increase retention in the soil. Carbon, the most important element of biochar, is able to bind important components (nitrogen, potassium, ...) and nutrients, but also keep water in the soil for a long time. The resulting pulp, i.e. a pulp suspension formed by grinding on machines such as a hollander, is a matrix for biochar. Based on this, a paperchar could be formed, which with the addition of a biochar could create a suitable mixture. Gifipots were made from paperchar, which are used for application in soil. In particular, such planters can be used in forest nurseries or for ornamental plants in hobby markets. Subsequently, their effectiveness can be observed. Biochar substrates can also be used as green roofs or green facades in cities. Such a strategy can help combat greenhouse gases such as carbon dioxide and reduce its production.

Keywords:

Solubility, Paperchar, Biochar, Fibre, Gifipot

Obsah

1	ÚVOD	1
2	CÍLE PRÁCE	2
3	TEORETICKÁ ČÁST	3
3.1	KŮROVEC – LÝKOŽROUT SMRKOVÝ (IPS TYPOGRAPHUS)	3
3.1.1	Kůrovcová kalamita	3
3.2	VLÁKNINA	4
3.2.1	Primární vláknina – Sulfátová buničina.....	5
3.2.2	Sekundární vláknina – Nasávaná kartonáž.....	6
3.2.3	Mletí vlákniny.....	7
3.3	BIOCHAR.....	7
3.3.1	Výroba biocharu	8
3.4	ROZPUSTNOST	9
4	EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	10
4.1	SUROVINY PRO VÝROBU.....	10
4.1.1	Primární vláknina – sulfátová buničina.....	10
4.1.2	Sekundární vláknina – nasávaná kartonáž	10
4.1.3	Pasta z biocharu	11
4.2	PŘÍPRAVA SUSPENZE.....	11
4.2.1	Mletí vlákniny.....	11
4.2.2	Aplikace biocharu do vlákniny.....	15
4.3	VÝROBA ARCHŮ NA ARCHOVAČI	15
4.3.1	Laboratorní archovač	15
4.3.2	Výroba papercharových archů.....	16
4.4	ANALÝZA ROZPUSTNOSTI VE STUDENÉ VODĚ.....	16
5	VÝSLEDKOVÁ ČÁST	18
5.1	NEBĚLENÁ BUNIČINA 20 SR.....	18
5.2	NEBĚLENÁ BUNIČINA 40 SR.....	21
5.3	NEBĚLENÁ BUNIČINA 65 SR.....	24
5.4	NASÁVANÁ KARTONÁŽ.....	26
5.5	DISKUSE VÝSLEDKŮ	29
5.5.1	Výroba gifipotu.....	31

6	ZÁVĚR	35
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	36
7.1	LITERATURA	36
7.2	INTERNETOVÉ ZDROJE.....	38
8	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	40
9	SEZNAM TABULEK	42

1 Úvod

Tato práce má určitou spojitost s problematikou kůrovcové kalamity v Česku a celkově ve světě. Na území Česka především s velkým vymíráním smrků, kdy kůrovec, konkrétně lýkožrout smrkový, kterého jsem popsal ve své práci, vymýtil pomalu polovinu smrků v posledních letech.

Avšak tento druh patří k méně než 2 % z 500 druhů kůrovce, kteří pravidelně zabíjí stromy (Bourtzis a Miller, 2003). Proto se odborníci snaží podpořit obnovu těchto zasažených stromů různými výzkumy. Já jsem ve své práci zkoumal dva způsoby, jak toho docílit, podpořený výzkumem v laboratoři. Za tím stojí výroba buničiny z odpadního kůrovcového dříví a výroba biocharu.

Dělal jsem mnoho zkušebních pokusů a musel jsem porovnávat naměřené hodnoty a vybírat ty, které se hodí nejlépe, aby následně mohli být použity k obnově přírody. Toho jsem mohl docílit na univerzitě v Pardubicích, která má potřebné vybavení a já tak tyto pokusy mohl uskutečnit. Aby takovýto výzkum mohl být uskutečněn, musel jsem použít primární i sekundární vlákninu a biochar, se kterým jsem dále pracoval.

Biodegradace papírenské vlákniny z odpadního kůrovcového dřeva může napomoci k budoucímu řešení tohoto napadeného dřeva a najít tak jiná východiska k jeho využití, i když by bylo vhodnější zabránit a eliminovat rozšíření kůrovce.

2 Cíle práce

Cílem práce bylo analyzovat dobu degradace papírenské vlákniny vyrobené z odpadního kůrovcového dřeva s přídavkem biocharu.

K výrobě byly použity 3 suroviny – sulfátová buničina, nasávaná kartonáž a klíčová pasta z biocharu. Vlákna byla suspenzí upravena pro následné laboratorní práce. Tato část nám poté sloužila k mletí a rozvláknění a následně došlo ke stanovení stupně mletí a sušiny. Na archovači jsme vyrobili archy, které byly potřebné ke zkušebním testům. Ty podstoupily analýzu rozpustnosti ve studené vodě. Hlavním cílem bylo porovnání rozpustnosti průmyslového gifipotu, námi vyrobeného „biokvětináče“ s granulemi samotného biocharu (pyrolyzovaného kůrovcového dřeva).

Výsledkem bylo zjištění optimálního složení pro výrobu „biokvětináče“. Data byly procentuálně vyhodnoceny v tabulkách po určitém zastoupení papírenské vlákniny vyrobené z odpadního dřeva a biocharu. Tento „biokvětináč“ by měl zajistit rostlině potřebné živiny pro její růst a vyšší retenci v půdě.

3 Teoretická část

3.1 Kůrovec – Lýkožrout smrkový (*Ips typographus*)

Jedná se o malého brouka (4,5–5,5 mm), který přežívá ve všech smrkových stromech. Dostává se pod kůru stromu, kde se živí lýkem (Pfeffer a Kudela, 1954). Počasí, staré stromy atd. jsou jedním z faktorů, kdy může dojít k přemnožení kůrovce (Mrkva, 1997). V teplém a bezdeštném počasí se jeho vývoj zrychluje a jeho četnost generací roste. Sucho je pro smrk velice nebezpečný, jelikož s mělkým kořenovým systémem je náchylný k oslabení vůči kůrovci a může dojít dokonce ke kůrovcovým kalamitám (Smolíková, 2011). Naopak při studeném počasí, za vlhkých zim a podzimů se ve stromě hojně rozšiřují plísňe a houby, které účinně mýtí vývojová stáda kůrovce a může dojít ke 100% likvidaci (Pfeffer a Kudela, 1954). Obecně také kůrovec má své parazity. Různé druhy roztočů, kteří kůrovce vysávají, mohou sloužit ke snížení populace lýkožrouta (Nierhaus-Wunderwald, 1996).

3.1.1 Kůrovcová kalamita

Kůrovcová kalamita vzniká především činností přírody, jako jsou větrné kalamity, kdy dochází k velkým škodám ve formě vývrátů, či polomů. V této podobě se strom nemůže chránit a kůrovec se zde přemnoží a je schopen napadat také nepoškozené a zdravé stromy (Kindlmann et al. 2012).

Už na konci 19. století se na území České republiky, konkrétně na Šumavě, začala vyskytovat kůrovcová kalamita, kdy lesníci nezvládali odklízet škody, která napáchala příroda (Anděra a Zavřel, 2003).

Od 21. století můžeme kůrovcovou kalamitu rozdělit do tří období:

- 2003–2004 – Započala velice teplým a nadmíru dlouhým létem.
- 2007–2010 – Dostavila se díky orkánu Kyrill.
- 2015–současnost – Vznikla opět důsledkem vysokých teplot a nadměrným suchem.

Po konci každého období se vývoj kůrovce dařil postupně hubit, ovšem s nástupem další kalamity se opět zvýšil. Odhaduje se, že v roce 2017 bylo napadeno přibližně 5–6 mil. m³ smrkových stromů (Zahradníček a Zahradníková, 2019).

3.2 Vlákna

Vlákna je materiál, který se získává ze dřeva uvolněním vláken. Ta se poté dělí podle typu uvolnění vláken ze dřeva:

- Dřevovina – Tato vlákna se získává mechanickou cestou (broušením, rafinací). Má horší jakost a v současnosti je málo využívána. Chemické složení zůstává stejné a nedochází k odstranění ligninu, proto má papír nižší bělost. V první řadě je využívána k výrobě novinového papíru.
- Mechanická buničina – Zpracovává se rafinací štěpek a může vzniknout termomechanická, chemomechanická anebo chemotermomechanická vlákna. V této vláknině je lepší vazebná schopnost. Je využívána k výrobě krycího kartónu.
- Chemická buničina – Člení se varným postupem na sulfitovou (připravená kyselým) a sulfátovou (připravena alkalickým). Je zhotovena vařením štěpek dřeva.
- Sběrový papír – Druhý materiál pro výrobu papíru. Je hojně využíván v papírenském průmyslu jak z hlediska ekonomického, tak ekologického. Používá se na výrobu lepenek, toaletního papíru, různých druhů balících papíru atd (Gebrtová, 1997; Kaplanová, 2012).

Organické vláknité materiály rostlinného původu jsou nejdůležitější při výrobě papíru. Materiály, z nichž se vyrábí papír, se skládají z ligninu, celulózy, hemicelulózy a akcesorických látek. Hemicelulózy mají hlavní význam při tvorbě mechanické vlastnosti papíru a se vzrůstajícím podílem také vede ke větší vazebné pevnosti vláken ve vláknitých materiálech. Nejen délka vlákna, ale také štíhlostní koeficient, tedy poměr délky a šířky vlákna, má význam pro výrobu papíru a kartonu. Čím větší je poměr, tím by měl být pevnější arch papíru a kartonu. V minulosti byly využívány na produkci papíru jenom staré látky, jako například oblečení.

Speciální vlákna, která se využívají k tvorbě papíru:

- Skleněná vlákna – Mají dobrou pevnost, odolnost vůči vysokým teplotám a nehořlavost, proto je ve velké míře využívá stavební průmysl.
- Vlákna vlny – K výrobě méně pevného papíru. Je přidáván do izolačního pásu a střešních lepenek.

- Chemická vlákna – Netkaný materiál, který je v průmyslu ojediněle vyráběn (filtrační, kartografický papír, ...) (Bučko, 2001).

3.2.1 Primární vláknina – Sulfátová buničina

První známky o výrobě buničiny pochází z roku 1853, kdy se ze 3% roztoku hydroxidu sodného a teplotě 150 °C získal ze slámy. Watt a Burges si tuto přípravu buničiny ze dřeva nechali patentovat. V 70. letech 19. století se začal využívat sulfitový způsob, který trval přibližně do 2. světové války, kdy byl na vzestupu sulfátový způsob, který se začal rozvíjet ve větší míře a postupně sulfitový nahrazoval. Především je to zapříčiněno mnoha faktory, jakými jsou např. kratší vaření sulfátové buničiny nad sulfitovou, lepší fyzikálně-mechanické vlastnosti či nenáročností na kvalitu suroviny a mnohé další (Bučko, 2001).

Delignifikaci rozumíme procesu zpracování dřeva na buničinu. Při výrobě sulfátové buničiny dochází k vaření štěpek v roztoku sulfidu sodného a hydroxidu sodného (Topinka a Rubeš, 1954). Taková to směs je nazývána bílý louh. Poté je dřevo dodáno do tlakových nádob, kde se při vysoké teplotě (okolo 150 °C) rozpouští lignin. Ve tvaru vodolátky po vytřídění a vyprání, tedy oddělení louhu společně se suky a vlákny napumpuje do papírenského stroje (Kindl, 2016). Tento proces výroby je vhodný pro všechny druhy dřeva. Vyrobený papír je oproti sulfitovému mnohem pevnější (Topinka a Rubeš, 1954). Velikost štěpek, tvar a rovnoměrnost hraje velmi důležitou roli. Při nesplnění těchto kritérií může zhoršit kvalitu buničiny a následně mít negativní důsledek na její další zpracování (Bučko, 2001). Ovšem má negativní dopad na životní prostředí, kdy se do ovzduší uvolňují škodlivé plyny při výrobě buničiny. Jako bělená sulfátová buničina se využívá pro kancelářské potřeby, přičemž nebělená má hnědou barvu, a proto není používána pro tiskové nebo psací papíry (Topinka a Rubeš, 1954).

- Vliv varného roztoku na složky dřeva

Vliv na celulózu – Při nízkých teplotách celulóza zůstává neměnná. Odbourání nastává při vyšších teplotách, kdy se zředěným varným roztokem dochází ke vzniku organických kyselin, jako je např. kyselina mravenčí nebo octová. Mnoho faktorů

hraje velkou roli při zachování celulózy, ať už to je přítomnost kyslíku, doba varu, teplota či koncentrace varného louhu.

Vliv na hemicelulózu – Hemicelulóza má intenzivnější rozklad během sulfátového varu než celulóza. Dochází k okamžitému rozpuštění. Při 100 °C je její rychlost rozpuštění největší. Můžeme také najít rozpuštěné monosacharidy, jakým je při sulfátovém výluhu xylóza ($C_5H_{10}O_5$). Ty se mohou absorbovat na celulózu, resp. na lignin. Při takovém to procesu se mohou vybrané buničiny technicky použít pro papír až o 1–2 % z listnatých stromů. Z jehličnatých je tento účinek poloviční.

Vliv na lignin – Již při 130–140 °C varného roztoku se lignin začíná rozpouštět v pozměněném tvaru. Sloučeniny jsou tvořeny hydroxidem sodným a ligninu za vzniku alkaliligninu. Během varu vznikají nové fenolové skupiny, které se buď odštěpí od methoxylových skupin nebo odtržením pětičlenného furanového anebo šestičlenného pyranového kruhu. Methanthiol (CH_3SH) způsobuje nepříznivý zápach. Se vzrůstajícím sulfidem stoupá množství sirných sloučenin (Bučko, 2001).

3.2.2 Sekundární vláknina – Nasávaná kartonáž

Nasávaná kartonáž je technologie, kdy dochází k výrobě obalů na vajíčka, ovoce či přepravních palet ze sběrového papíru. Má velice dobrou pevnost a stěny jsou ohebné. Proto je také využívána k balení křehkých předmětů, jako jsou například jednorázové misky či talíře. Vyrábí se nasátím a následným tvarováním obalu z papíroviny, kdy se používá vláknitý materiál (Gebrtová, 1997). Počátek kartonáže můžeme datovat do roku 1903 v USA, kdy Martin L. Keyes založil společnost Keyes Fibre Company díky svému výrobku, čímž byl stroj na výrobu jednorázových talířů z celulózy a dřevěného odpadu. Konec této firmy po více než 70 letech působení na trhu byl zapříčiněn odkoupením dnešní největší firmy Huhtamaki (dříve Van Leer), která je tak největším výrobcem kartonáže na světě (Götz, 2017).

Nová studie LCA (Life Cycle Assessment) vysvětluje, že systém na jedno použití má environmentální plasy a lepší dopad na životní prostředí než systém na vícero použití. Tyto výhody jsou především v menších emisích uhlíku a spotřebě sladké vody. Bylo dokázáno, že víceúčelový systém produkuje 2,5krát více emisí CO_2 a je skoro 4krát větší spotřeba sladké vody než u systému s jednorázovým použitím. Proto se největší výrobce v tomto odvětví, jakým je firma Huhtamaki, snaží myslet a apelovat

na globální problém, jakým je nedostatek pitné vody a snaží se minimalizovat spotřebu (Héaulmé, 2021).

Zařízení pro výrobu kartonáže je složeno ze dvou odtokových trubek a silnou výztuží. Uvnitř je zředěná vláknina a rotační buben s tvarovacími formami. Ty se poté ponoří do nádrže s papírovinou, kde díky účinku vakua je vláknina nasáta do formy. Následně je tento výrobek sušen z 25% na 92–95%, kde putuje dopravníkem skrz sušárnu přes sušící tunel. Některé stroje dosahují výkonu až 13 000 ks/hod (Gebrtová, 1997).

3.2.3 Mletí vlákniny

Dříve se mletí využívalo ke zlepšení vazebné síly rostlinných vláken, kdež to dnes se používá na mletí celulózových vláken. Takovéto přístroje, které jsou schopny takovou operaci provést jsou tzv. „valley beater“ nebo „refiner“ na místo mletí kladívkem v minulosti. Hlavní faktor mletí je velké zvýšení příjmu vody vláknitým materiálem. Jsou 2 metody, které stanovují míru odvodnění a používají tak podobné zařízení. Canadian Standard Freeness (CSF) a Schopper-Riegler (SR). Tyto metody jsou měřítkem odvodňovací schopnosti suspenze buničiny (Sixta, 2006).

3.3 Biochar

Biochar, česky také biouhel, je produkt biomasy rostlinného původu, který je vytvořen tepelným rozkladem na uhlík, aby mohl být aplikován do půdy (Marchetti a Castelli, 2013). Takovou biomasu můžeme najít v živých nebo také ve vymřelých organických látkách jako je dřevo, rostliny, zemědělské plodiny a jiné lignocelulózové materiály. Patří mezi ně i zvířecí hnůj (Demirbas, 2001). Historie biocharu je založena na objevení Terra Preta di indio, což je druh velmi tmavé a úrodné antropogenní půdy, v povodí Amazonky. Následná studie prokázala mnohem efektivnější růst plodin v porovnání s jinými půdami (Zech et al. 1990). Biomasa se vytváří mnohem rychleji než fosilní paliva, a je jí na Zemi mnoho, tím pádem jí můžeme považovat za potenciální zdroj výroby energie (Perlack et al. 2005). Je to také jediný zdroj energie na bázi uhlíku, který je obnovitelný (Özbay et al. 2001). V nedávné době se aplikovaný

biochar ukázal jako dobrý produkt. Díky němu se totiž snižuje podíl skleníkových plynů a emise v ovzduší (Das et al. 2016; Poulou et al. 2018).

3.3.1 Výroba biocharu

Biochar je s výrobou podobný dřevěnému uhlí, kdy dochází k termochemickému procesu, tzv. pyrolýze. Jeho hlavním prvkem je uhlík, který nepodléhá dalším chemickým operacím. Základní předpoklad pro výrobu je teplota, kdy ji můžeme rozdělit na nízkoteplotní, kdy se se zpracovává pod teplotou $< 500\text{ }^{\circ}\text{C}$ a vysokoteplotní, která zase $> 600\text{ }^{\circ}\text{C}$. Vzniklý biochar se poté odlišuje různými vlastnostmi (Káňa, 2013).

Na Obrázku 3.1 můžeme vidět separát z bioplynové stanice a na Obrázku 3.2 již vzniklý biochar ze separátu.



Obrázek 3.1 Separát z bioplynové stanice (Foto: Káňa, 2013)



Obrázek 3.2 Biochar ze separátu (Foto: Káňa, 2013)

3.4 Rozpustnost

Podstatná vlastnost půdy tvoří především její struktura. Jako indikátor degradace půdy může přímo nebo nepřímo vyjádřit její stabilita, kde hraje roli fyzikální a chemická vlastnost půdy (Cerda, 2000). Dle toho, jaký je záměr měření, se vybere určitá metoda. Tou nejpraktičtější je prosévání za mokra. Na našem území je nejběžnější metoda dle Nováka (Drbal, 1971).

Rohošková et al. (2004) ve své práci uvádí, že vzorky půdy byly odebrány ze skládek, které prošly rekultivací, v Severočeské těžební společnosti. Byla použita metoda podle Le Bissonnais. Ta je složena z pomalého smáčení, rychlého smáčení a třepáním po připraveném smáčení. Hmotnost půdních agregátů byla zpracována a následně proseta po dobu 6 minut v připraveném ethanolu u usušena v sušárně při teplotě 110 °C. Poté došlo k rozdělení velikosti agregátu. Koeficient zranitelnosti kvalifikoval, jaký dopad mělo snížení agregátu během mechanismu rozpadu.

Naproti tomu Pavlů et al. (2021) odebrala vzorky z pole v pražské Tróje od roku 2015 do roku 2018 vždy jednou ročně v říjnu. K získávání informací o půdní vodě a teplotních režimech, byl nainstalován datový záznamník. Tyto vzorky byly usušeny v sušárně při teplotě 40 °C. Agregáty byly prosévány po dobu 3 minut destilovanou vodou. Ty, které se zachytily na sítu byly prosety v roztoku hexamethafosforečnanem sodným. Pokud se zvětšil index stabilních agregátů vody (WSA), naznačovalo to zvýšení stability agregátů půdy.

Lidský zásah a jeho nakládání s půdou může mít vliv na dopad stability struktury půdy. Různé zavlažování či špatná vlhkost půdy může způsobit půdní degradaci (Pagliai et al. 2004). Organická hmota a agregace půdy hrají významnou roli ve spojitosti, která byla prokázána v několika studiích. Organický uhlík plní funkci tzv. pojiva. Zároveň agregace akumuluje organické látky a poskytuje uhlíku ochranu v půdě (Wu et al. 1990; Six et al. 2004).

Za snížení prvků v půdě, jakými je např. uhlík, dusík, fosfor, může zvýšená stabilita agregátu (Kasper et al. 2009), naopak dochází ke zvýšení makroagregátů (Shaver et al. 2002).

4 Experimentální část

4.1 Suroviny pro výrobu

4.1.1 Primární vláknina – sulfátová buničina

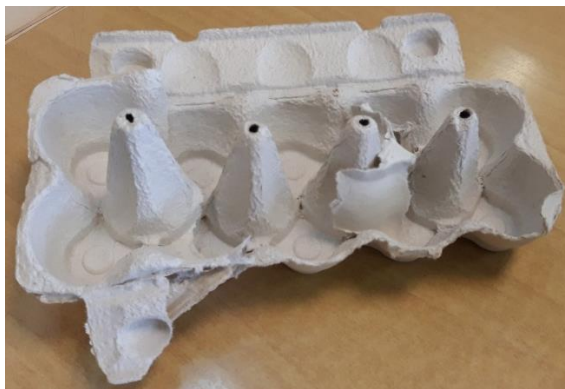
Pro experimenty byly použity archy nebělené sulfátové buničiny z jehličnatých stromů dodané firmou Mondi Štětí. Část archu je zobrazen na Obrázku 4.1. Pro tuto surovinu byl sledován i vliv stupně mletí na rozpustnost papercharu. U všech experimentů byly vyrobeny i archy bez přídavku biocharu pro porovnání, a to ve dvou plošných hmotnostech, konkrétně $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$.



Obrázek 4.1 Nebělená buničina

4.1.2 Sekundární vláknina – nasávaná kartonáž

Jako sekundární vláknina nám k experimentům sloužila nasávaná kartonáž, konkrétně proložky na vejce, Obrázek 4.2, dodané firmou Huhtamaki.



Obrázek 4.2 Nasávaná kartonáž

4.1.3 Pasta z biocharu

Poslední surovinou a tou, která nás nejvíce zajímala, byl biochar dodaný od firmy ENERGO Zlatá Olešnice. Než z tohoto biocharu byla vyrobena pasta, byl přesítován pomocí síta s otvory se stranou oka 0,25 mm. Toto sítování probíhalo z důvodu, abychom zamezili větším kusům biocharu v papercharu. Tyto větší kusy by mohly způsobovat zbytečné problémy při dalším technologickém zpracování, jako je například vysekávání či tvarování gifipotu.

4.2 Příprava suspenze

4.2.1 Mletí vlákniny

Primární papírenská vláknina byla nejprve fibrilačně mleta. Nejprve před mletím byla vláknina namočená, v případě primární vlákniny její archy a v případě sekundární vlákniny proložky. Oba druhy vlákniny byly máčeny v nádobě o objemu 10 litrů a ponechány 30 minut botnat. Pak byla nebělená sulfátová buničina mleta nejprve pomocí holandru a následovně na mlýnu se šikmým onožením, tzv. MŠO. V případě sekundární vlákniny mletí neprobíhalo. Ale aby nedocházelo k tvorbě shluků vláken, byl tento materiál pouze rozvlákněn na rozvláknovači. U obou suspenzí vlákniny byl stanoven stupeň mletí a obsah sušiny.

- Holandr

Nebělená buničina byla nejprve mleta pomocí holandru od firmy Papcel, holandr zobrazuje Obrázek 4.3. Holandr se skládá z následujících částí. Z nádrže, kam byla nalita namočená sulfátová buničina. Dále zařízení obsahovalo dělicí příčku a sedlo, které nám zajistily průchod suspenze vlákniny. Rotorem u holandru byl mlecí válec, který měl nože vsazené do povrchu válce. A poslední částí statorem bylo tzv. brdo, neboli pevné nože v základové mlecí desce.



Obrázek 4.3 Holandr

- Mlým se šikmým onožením

Tento mlým může zpracovávat papírenská vlákna jak krátivým, fibrilačním, tak i univerzálním mletím. Stejně jako u holandru můžeme žádaný způsob otáčení nastavit velikostí mezery mezi noži statoru a rotoru. V případě tohoto mlýnu lze způsob opracování buničiny nastavit i rychlostí otáčení rotoru.

Vlastní zařízení bylo sestaveno z krytu motoru, motoru o příkonu 3 kW, na kterém byl umístěn prstencový mlecí stroj. Pevný kryt byl složen z ložisek, v němž se pomocí řídicího kola pohybovala hřídel ukončená rotorem. Proti rotoru byly umístěny rozdrůžovací nože a věnec funkčních nožů, které byly umístěny na příslušném krytu nože statoru. V krytu byl vstup i výstup zpracovávané suspenze. Při mletí byla napojena na sací okruh nádrž o objemu cca 8 litrů s kuželovým dnem, do jejíž horní části byl přiveden výtlač z prstencového mlecího stroje.

- Rozvlákňovač

Rozvlákňování papírenské suspenze bylo provedeno na laboratorním rozvlákňovači od firmy Lorentzen & Wettres. Rozvlákňovač je zobrazen na Obrázku 4.4.

Laboratorní rozvlákňovač se skládal ze dvou částí. První z nich byl elektromotor o příkonu 0,5 kW, který byl připevněn na podstavě. Hřídel elektromotoru byla spojena pomoví spojky s hřídelí míchadla. Míchadlo mělo průměr 90 mm a bylo tvořeno třemi rovnými lopatkami. Druhou částí byla rozvlákňovací nádoba z nerezové oceli, která

byla vybavena čtyřmi spirálovými usměrňovači. Nádoba měla vnitřní průměr 155 mm, její výška byla 210 mm a objem nádoby byl 4 litry.



Obrázek 4.4 Rozvlákňovač

- Stanovení stupně mletí podle Schoppera-Rieglera

Ke stanovení odvodňovací schopnosti způsobené stupněm mletí byl použit Schopperův-Rieglerův přístroj, který je zobrazen na Obrázku 4.5. Tento přístroj byl složen z nálevky s dvěma výtokovými tubusy, na které se nasazoval válec. Dno válce tvořilo síto o ploše 100 cm². Síto se přiklápělo těsnícím zvonem, aby nedošlo k protečení suspenze. Tento těsnící zvon byl zvedán za pomoci kladky s protizávažím.

Pro stanovení stupně mletí bylo použito takové množství buničiny, které odpovídalo obsahu 2 g absolutně suchých vláken. Toto množství bylo doplněno v odměrném válci do 1 l vodou. Promíchaná suspenze byla nalita do válce přístroje, jehož těsnící zvon byl v dolní poloze. Po 5 sekundách byl tento zvon uvolněn a zvednut. Voda byla odebírána do dvou plastových nádob, které byly popsány Schopperovou-Rieglerovou stupnicí.

Stupeň mletí byl dopočítán z objemu proteklé vody podle rovnice

$$SR = \frac{1000 - V(H_2O)}{10}, \quad (4.1)$$

v kterém $V(H_2O)$ značí objem vody v ml ve válci pod postranním tubusem (Souček, 1977).



Obrázek 4.5 Schopperův-Rieglerův přístroj

- Stanovení konzistence papírenské vlákniny

Ke stanovení obsahu konzistence byl odebrán vzorek suspenze, z této suspenze byla nejprve odstraněna voda pomocí filtrace. Po přefiltrování nám zůstal vlhký vzorek, který neobsahoval přebytečnou vodu. Tento vzorek byl vysušen do konstantní hmotnosti. Z této hmotnosti byla stanovena konzistence vlákniny, C , podle vztahu

$$C = \frac{m_{a.s.}}{m_{v.s.}} \cdot 100, \quad (4.2)$$

kde $m_{a.s.}$ označuje absolutně suchý vzorek a $m_{v.s.}$ vyjadřuje vzorek, který byl použitý pro stanovení, obě hodnoty byly dosazeny v g. Výsledná hodnota konzistence byla dopočtena v %.

4.2.2 Aplikace biocharu do vlákniny

Pro tvorbu pasty byl použit přesítovaný biochar v hmotnostním poměru k vodě 1 : 3. Takto navážený biochar byl kvantitativně převeden pomocí vody do třecí misky, kde třením pomocí tloučku byla vytvořena pastovitá hmota.

Biocharová pasta byla navažována tak, aby hmotnostní zastoupení biocharu v jednotlivých vlákninách bylo 0, 20, 40 a 60 %. Jelikož biochar neobsahoval téměř žádnou vlhkost, tak navážky pro jednotlivá procentuální zastoupení byly 0, 5, 10 a 15 g pro paperchary o plošné hmotnosti $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. V případě papercharu o plošné hmotnosti $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ navážky byly 0, 10, 20 a 30 g. Tyto navážky byly totožné, jak pro primární, tak pro sekundární vlákninu.

Po navážení biocharu bylo zapotřebí navázat suspenzi vlákniny. Její hmotnost byla určena na základě stanovení sušiny suspenze, jak pro 200, tak pro $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$. Navážené suroviny (vláknina a biochar) byly kvantitativně převedeny do rozvlákňovače. K surovinám byl přidán cca 1,5 l vodovodní vody, po přidání vody probíhalo rozvlákňování po dobu 10 minut. Rozvlákňovaná suspenze byla přelita do již připravené nohy archovače, kde se vytvářela tvorba listu archů.

4.3 Výroba archů na archovači

4.3.1 Laboratorní archovač

Archovač RAPID-KÖTHEN RK-2A obsahoval tři části:

- Zařízení pro tvorbu listu.
- Zařízení pro přenos mokrého listu.
- Zařízení pro sušení listu.

Laboratorní archovač je zobrazen na Obrázku 4.6.



Obrázek 4.6 Laboratorní archovač

4.3.2 Výroba papercharových archů

Na laboratorním archovači bylo připraveno vždy několik zkušebních listů ze vzorků primární i sekundární vlákniny v různých procentuálních zastoupeních biocharu a o různých plošných hmotnostech. Tyto papercharové archy byly poté podrobeny k analýze rozpustnosti ve studené vodě.

Před použitím stroje, byl zapnut přívod vody a elektrické energie. Do laboratorního archovače bylo vloženo síto a noha archovače se zajistila. Noha archovače se nechala zaplnit cca 4 l vody, do níž se nalila předem připravená suspenze z rozvlákňovací nádoby. Voda v noze archovače byla vířena, odpuštěna a odsáta, pak byla noha odjištěna a odklopena. Vytvořený list na sítu byl překryt listem kartonu a volně přejet gaučovacím válcem tam a zpět, a to i v kolmém směru. Síto s překrytým listem bylo sejmuto, sklepnutím byl list překlopen na pogumovanou podložku a byl překryt krycím papírem a umístěn na sušící plotnu archovače. Doba sušení jednoho archu byla 15 minut při teplotě 95 °C. Následně byl arch sejmut z plotny, byl odstraněn krycí karton i papír a u vyrobeného archu byla stanovena jeho hmotnost pro dopočítání přesné jeho plošné hmotnosti.

4.4 Analýza rozpustnosti ve studené vodě

Při stanovení látek extrahovatelných z papercharu do studené vody bylo postupováno podle normy TAPPI T 207 om-93 (Tappi, 2004). Extrakce byla

uskutečněna pro obě plošné hmotnosti a pro všechny procentuální zastoupení biocharu ve všech typech vláknin.

Stanovení probíhalo tak, že do 400ml kádinky bylo naváženo cca 2 g papercharu a přilito 300 ml destilované vody o teplotě v laboratoři (v našem případě 21 °C). U každého vzorku byl odebrán i vzorek na stanovení sušiny. Extrakce do studené vody probíhala 48 hodin za laboratorní teploty a za občasného míchání. Po 48 hodinách byl roztok zfiltrován pomocí frity S2 a promyt 200 ml studené destilované vody. Poté byl vzorek sušen při 105 °C a po vychladnutí v exsikátoru zvážen.

Výpočet látek extrahovatelných do studené vody byl proveden podle následujícího vztahu

$$e = \frac{m_{a.s.} - m_R}{m_{v.s.}} \cdot 100, \quad (4.3)$$

kde m_R značí hmotnost suchého rafinátu po extrakci a celkové množství extrahovatelných látek bylo dopočteno v %.

5 Výsledková část

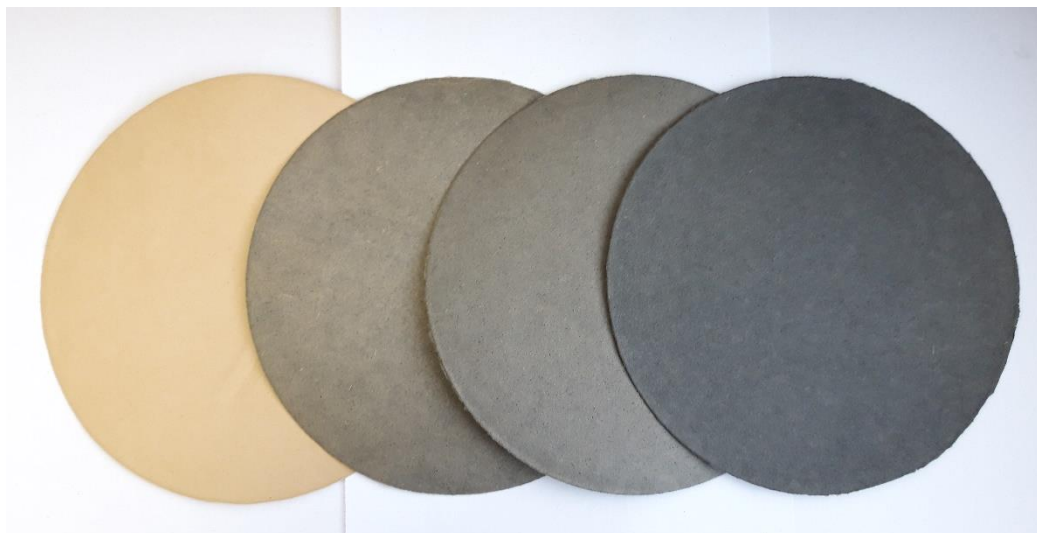
5.1 Nebělená buničina 20 SR

Konzistence suspenze nebělené buničiny je uvedena v Tabulce 5.1. A na Obrázku 5.1 jsou zobrazeny archy s procentuálním zastoupením biocharu 0, 20, 40 a 60.

Tabulka 5.1 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 20 SR

Veličina	Vzorek 1	Vzorek 2
Hmotnost mokré suspenze, g	65,11	43,49
Hmotnost absolutně suché suspenze, g	1,93	1,18
Konzistence buničiny, %	2,96	2,71

Z Tabulky 5.1 byla dopočítána průměrná konzistence suspenze 2,84 %, která byla použita pro výpočet hmotnosti buničiny na jeden arch, který měl plochu 314 cm². Tudíž hmotnost absolutně suchého archu byla pro 200 g·m⁻² 6,28 g a pro 400 g·m⁻² byla dvojnásobná. Abychom dosáhli této hmotnosti byla dávka pro 0% zastoupení biocharu 222 g mokré suspenze pro plošnou hmotnost 200 g·m⁻².



Obrázek 5.1 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 20 SR s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Z Obrázku 5.1 můžeme vidět, že čím větší procentuální zastoupení biocharu, tím tmavší má arch barvu, avšak archy s 20 a 40 % jí mají při pozorování lidským okem téměř stejnou.

U archů zobrazených na Obrázku 5.1 stejně jako i pro ostatní paperchary byla nejprve stanovena plošná hmotnost, která je uvedena v Tabulce 5.2.

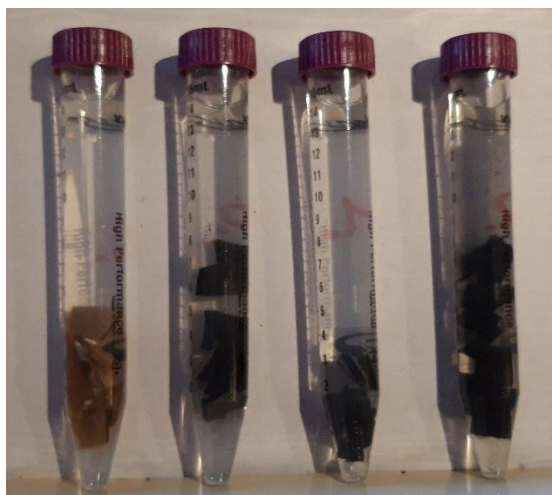
Tabulka 5.2 Nebělená buničina umletá na 20 SR

Zanáška biocharu, %		0	20	40	60
200 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	6,548	7,998	8,661	9,017
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	208,54	254,71	275,83	287,17
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	15,85	29,07	41,78
400 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	12,383	15,172	17,301	20,074
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	394,36	483,18	550,99	639,30
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	16,58	29,99	37,34

Z archů o plošné hmotnosti uvedených v Tabulce 5.2 byla stanovena rozpustnost ve studené vodě. Ta je zobrazena v Tabulce 5.3. Rozpustnost ve studené vodě byla vybrána z důvodu, že extrakce do studené vody je důležitý pro proces rozmělnění za mokra při výrobě papíru. Obrázky 5.2 a 5.3 zobrazují zkumavky s nebělenou buničinou umletou na 20 SR a studenou vodou po 48 hodinách působení studené vody.



Obrázek 5.2 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 20 SR, plošná hmotnost 200 g·m⁻²

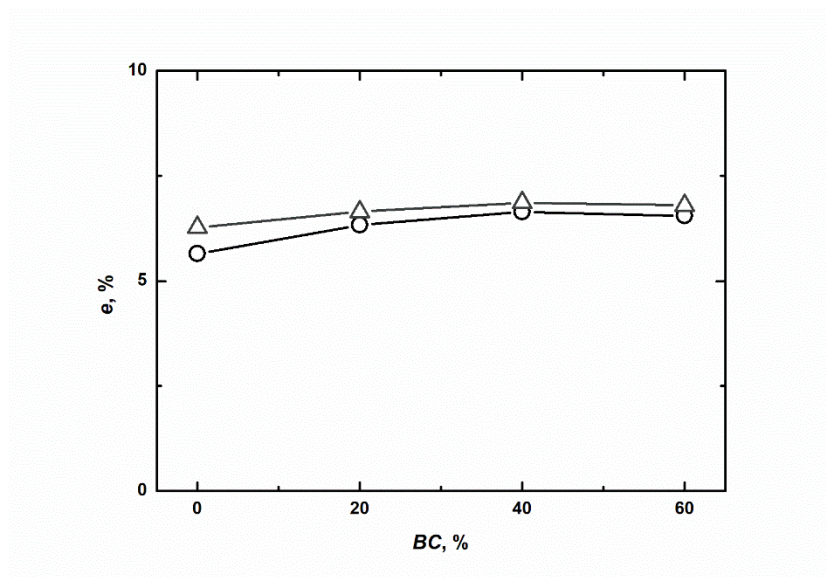


Obrázek 5.3 Rozpuštnost ve studené vodě – nebělená buničina 20 SR, plošná hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Tabulka 5.3 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 20 SR

Požadované zastoupení biocharu, %	0	20	40	60
Extrakt ($200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), %	5,65	6,33	6,55	6,87
Extrakt ($400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), %	6,27	6,64	6,65	6,80

Z tabulky je patrná rostoucí závislost množství extrahovatelných látek na procentuální zastoupení biocharu. Pro přehlednost je tato závislost znázorněna Obrázkem 5.4.



Obrázek 5.4 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nebělená buničina 20 SR (\circ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, \triangle – $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

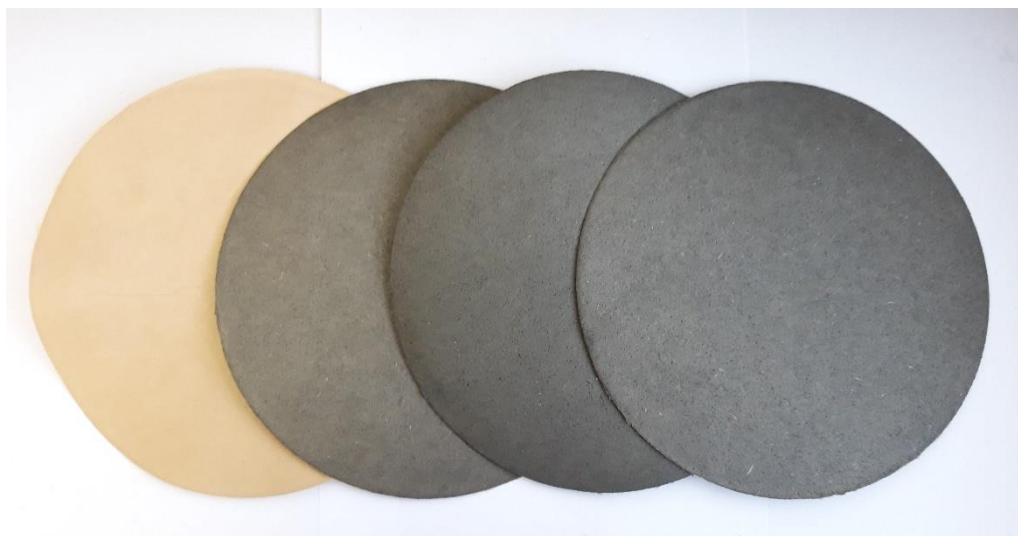
5.2 Nebělená buničina 40 SR

Tabulka 5.5 uvádí hodnoty konzistence suspenze pro nebělenou buničinu umletou na 40 SR a Obrázek 5.5 zobrazuje archy s procentuálním zastoupením biocharu 0, 20, 40 a 60 %.

Tabulka 5.4 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 40 SR

Veličina	Vzorek 1	Vzorek 2
Hmotnost mokré suspenze, g	51,89	42,46
Hmotnost absolutně suché suspenze, g	1,41	1,14
Konzistence buničiny, %	2,71	2,68

Stejně jako u předchozích vzorků byla dopočítána průměrná konzistence suspenze 2,79 %, která byla použita pro výpočet hmotnosti buničiny na jeden arch. Dávka pro 0% zastoupení biocharu činila 232 g mokré suspenze pro plošnou hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$.



Obrázek 5.5 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 40 SR s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

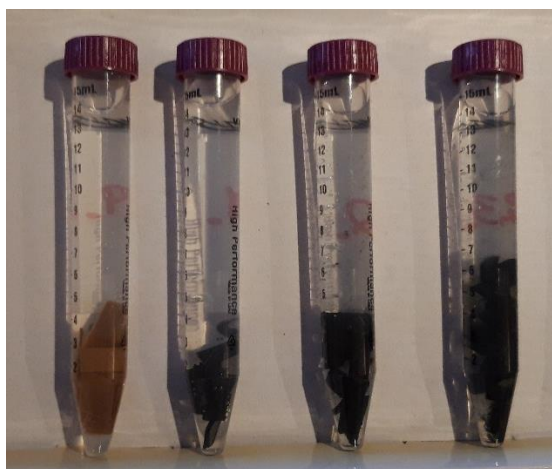
Z Obrázku 5.5 můžeme pozorovat, že archy s 20,40 a 60 % zde mají při pozorování lidským okem podobnou barvu.

Plošná hmotnost papercharů pro vzorky zobrazené na Obrázku 5.5 je uvedena v Tabulce 5.5.

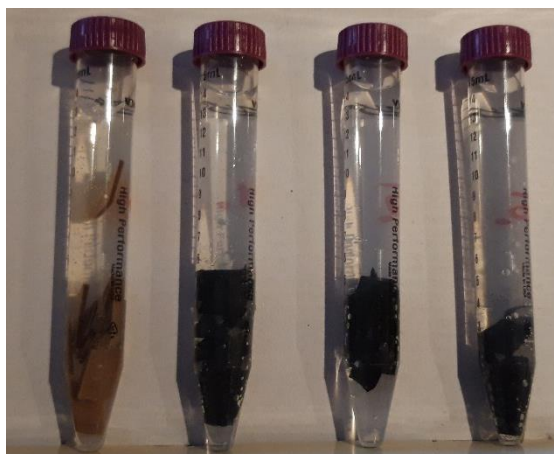
Tabulka 5.5 Nebělená buničina umletá na 40 SR

Zanáška biocharu, %		0	20	40	60
200 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	6,586	7,358	8,764	10,494
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	209,75	234,33	279,11	334,20
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	17,16	28,64	35,69
400 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	13,470	14,787	16,984	19,986
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	428,98	470,92	540,89	636,50
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	17,16	29,63	37,44

Rozpustnost ve studené vodě je zobrazena na Obrázku 5.6 a 5.7. Její hodnoty jsou uvedené v Tabulce 5.6.



Obrázek 5.6 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 40 SR, plošná hmotnost 200 g·m⁻²

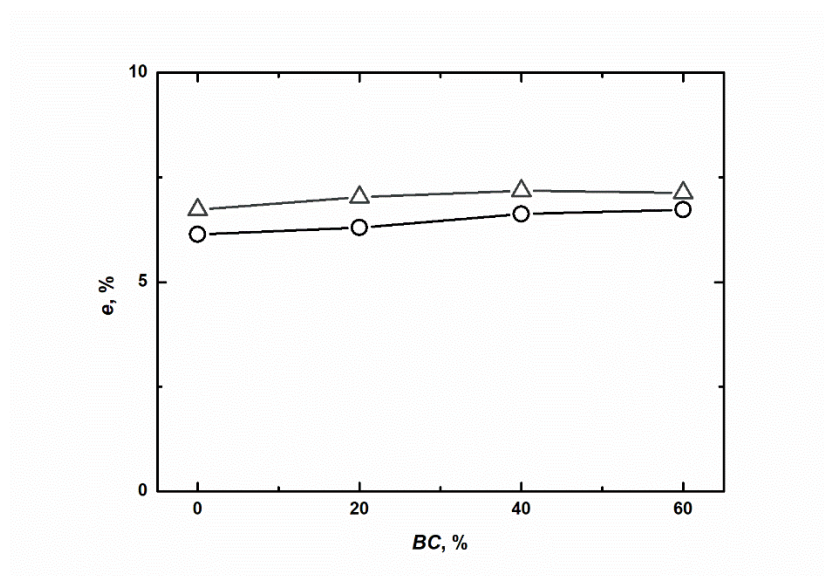


Obrázek 5.7 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 40 SR, plošná hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Tabulka 5.6 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 40 SR

Požadované zastoupení biocharu, %	0	20	40	60
Extrakt ($200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), %	6,14	6,30	6,62	6,73
Extrakt ($400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$), %	6,73	7,02	7,18	7,13

Z Tabulky 5.6 je obdobně jako u buničiny mleté na 20 SR opět patrná rostoucí závislost množství extrahovatelných látek na procentuální zastoupení biocharu. Tato závislost je vynesena do grafu na Obrázku 5.8.



Obrázek 5.8 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nebělená buničina 40 SR (○ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, △ – $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

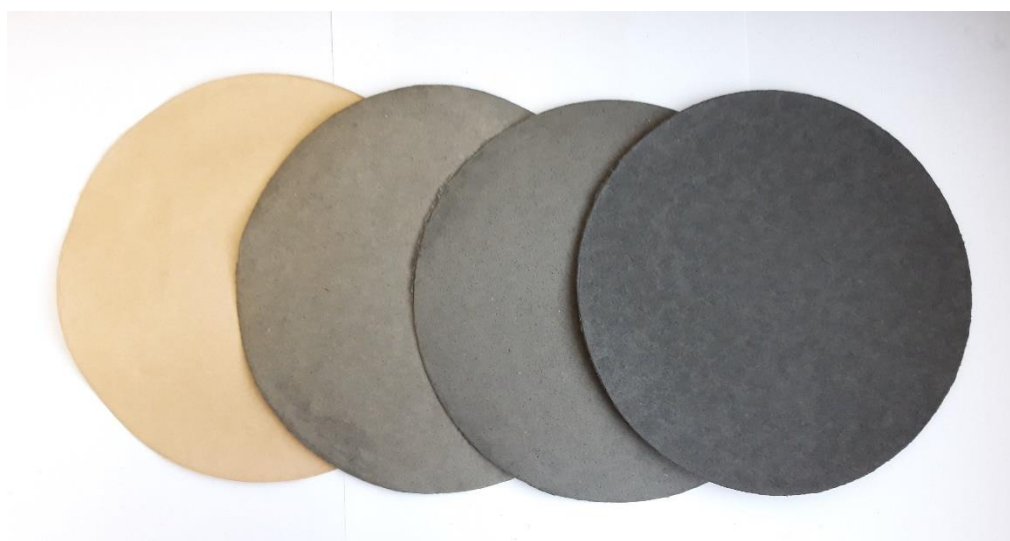
5.3 Nebělená buničina 65 SR

Zvážená a dopočtená konzistence suspenze nebělené buničiny je uvedena v Tabulce 5.7 a Obrázek 5.9 zobrazuje námi vyrobené paperchary s obsahem biocharu 0, 20, 40 a 60 %.

Tabulka 5.7 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 65 SR

Veličina	Vzorek 1	Vzorek 2
Hmotnost mokré suspenze, g	93,97	110,01
Hmotnost absolutně suché suspenze, g	1,84	2,19
Konzistence buničiny, %	1,96	1,99

Průměrná konzistence v případě nebělené buničiny mleté na 65 SR byla 1,98 %, tudíž dávka mokré suspenze buničiny pro plošnou hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ byla 318 g pro 0% zastoupení biocharu.



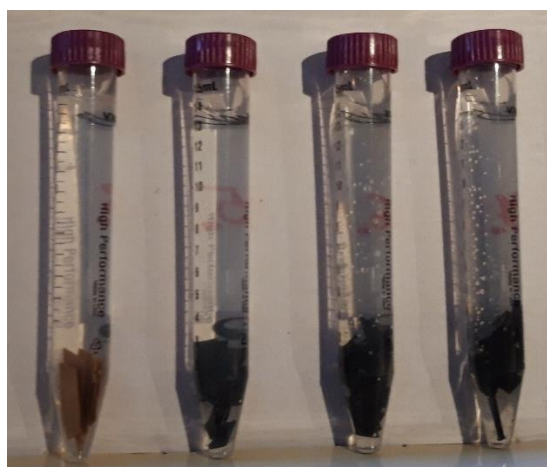
Obrázek 5.9 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 65 SR s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Hodnota plošných hmotností papercharu z nebělené buničiny se stupněm mletí 65 SR uvádí Tabulka 5.8.

Tabulka 5.8 Nebělená buničina umletá na 65 SR

Zanáška biocharu, %		0	20	40	60
200 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	7,159	8,621	10,174	11,891
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	227,99	274,55	324,01	378,69
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	14,64	24,43	31,52
400 g·m ⁻²	Hmotnost archu, g	11,484	12,402	13,098	–
	Plošná hmotnost, g·m ⁻²	365,73	394,97	417,13	–
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	10,22	19,22	–

U papercharů o těchto plošných hmotnostech byla stanovena rozpustnost ve studené vodě, Tabulka 5.9 uvádí rozpustnost do studené vody, která je zobrazena na Obrázku 5.10 a 5.11.



Obrázek 5.10 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 65 SR, plošná hmotnost 200 g·m⁻²

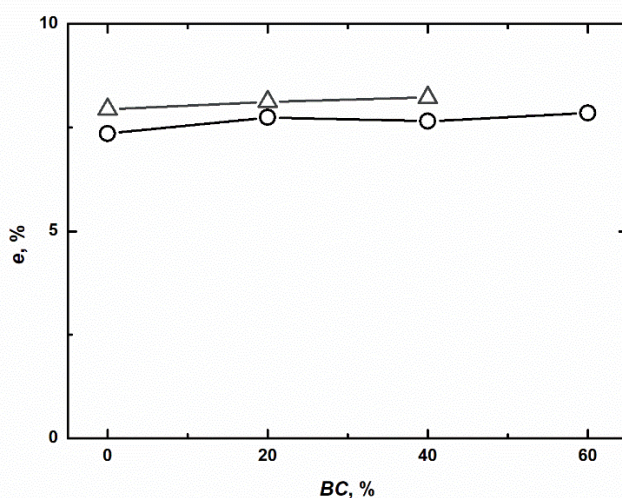


Obrázek 5.11 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 65 SR, plošná hmotnost 400 g·m⁻²

Tabulka 5.9 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 65 SR

Požadované zastoupení biocharu, %	0	20	40	60
Extrakt (200 g·m ⁻²), %	7,36	7,74	7,66	7,85
Extrakt (400 g·m ⁻²), %	7,95	8,12	8,22	–

Z hodnot v Tabulce 5.9 byla vytvořena grafická závislost extrahovatelných látek na procentuální zanášce biocharu, kterou uvádí Obrázek 5.12.



Obrázek 5.12 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nebělená buničina 65 SR (○ – 200 g·m⁻², △ – 400 g·m⁻²)

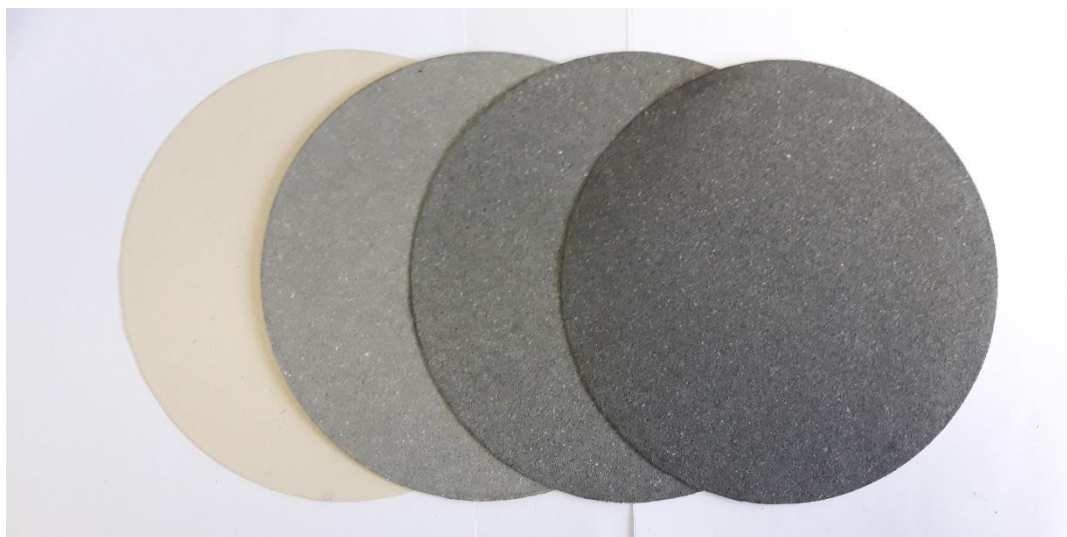
5.4 Nasávaná kartonáž

Jako zástupce sekundární vláknina sloužila k experimentům nasávaná kartonáž, konzistence její suspenze je uvedena v Tabulce 5.10.

Tabulka 5.10 Konzistence suspenze nasávané kartonáže

Veličina	Vzorek 1	Vzorek 2
Hmotnost mokré suspenze, g	100,00	174,54
Hmotnost absolutně suché suspenze, g	2,90	5,36
Konzistence buničiny, %	2,90	3,07

Průměrná konzistence v případě nasávané kartonáže činila 2,99 % a tudíž zanáška mokré suspenze buničiny pro dávku s 0 % biocharu a pro plošnou hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ byla 210 g. Obrázek 5.13 znázorňuje různé procentuální zastoupení biocharu v papercharech.



Obrázek 5.13 Laboratorní aršíky z nasávané kartonáže s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

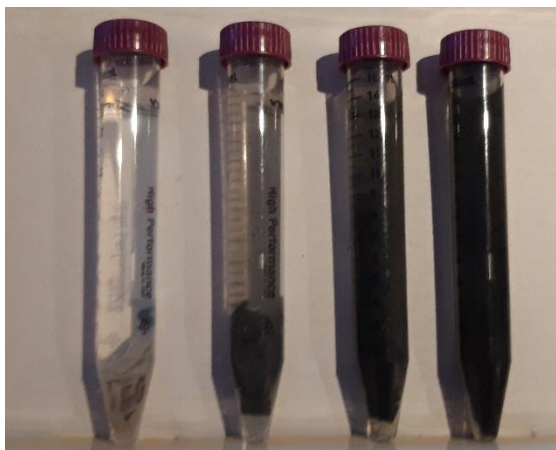
Tabulka 5.11 uvádí plošné hmotnosti papercharu, když byla jako vláknitá suspenze použita nasávaná kartonáž.

Tabulka 5.11 Nasávaná kartonáž

Zanáška biocharu, %		0	20	40	60
200 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	Hmotnost archu, g	6,031	5,911	5,543	6,335
	Plošná hmotnost, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	192,07	188,25	176,53	201,75
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	21,15	45,10	59,19
400 $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	Hmotnost archu, g	13,588	13,447	12,649	12,211
	Plošná hmotnost, $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	432,74	428,25	402,83	388,89
	Skutečné zastoupení biocharu, g	0	18,59	39,53	61,42

Rozpustnost ve studené vodě byla jednak vybrána pro stanovení z důvodu důležitosti pro proces rozmělnění za mokra, ale taky kvůli tomu, že do vody se vyluhují smíšené polymery sacharidů a polyuronových kyselin. Obrázky 5.14 a 5.15 ukazují

rozpuštnost ve studené vodě právě u nasávané kartonáže. Množství extrahovatelných látek do studené vody je pak uvedeno v Tabulce 5.12.



Obrázek 5.14 Rozpuštnost ve studené vodě – nasávaná kartonáž, plošná hmotnost 200 g·m⁻²

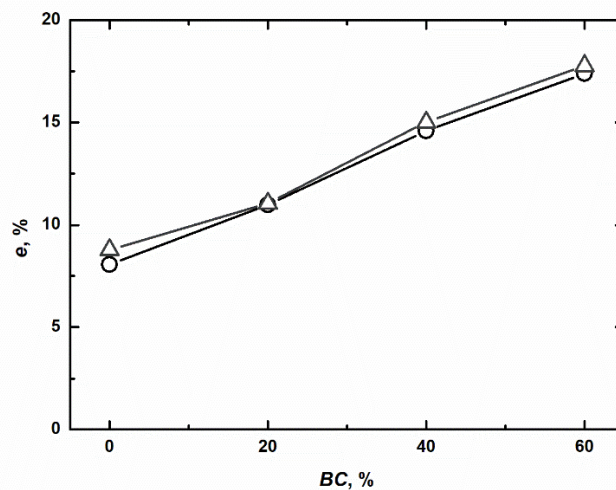


Obrázek 5.15 Rozpuštnost ve studené vodě – nasávaná kartonáž, plošná hmotnost 400 g·m⁻²

Tabulka 5.12 Množství extrahovatelných látek pro nasávanou kartonáž

Požadované zastoupení biocharu, %	0	20	40	60
Extrakt (200 g·m ⁻²), %	8,05	10,99	14,59	17,38
Extrakt (400 g·m ⁻²), %	8,78	11,06	15,02	17,77

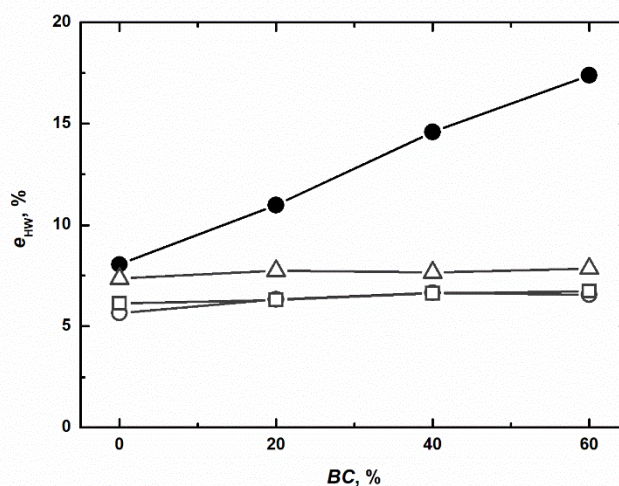
Hodnoty uvedené v Tabulce 5.12 jsou znázorněny na grafu na Obrázku 5.16 i v tomto případě nasávané kartonáže je zřejmá rostoucí závislost množství extraktu na zvyšující se zanášce biocharu.



Obrázek 5.16 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nasávaná kartonáž (○ – 200 g·m⁻², △ – 400 g·m⁻²)

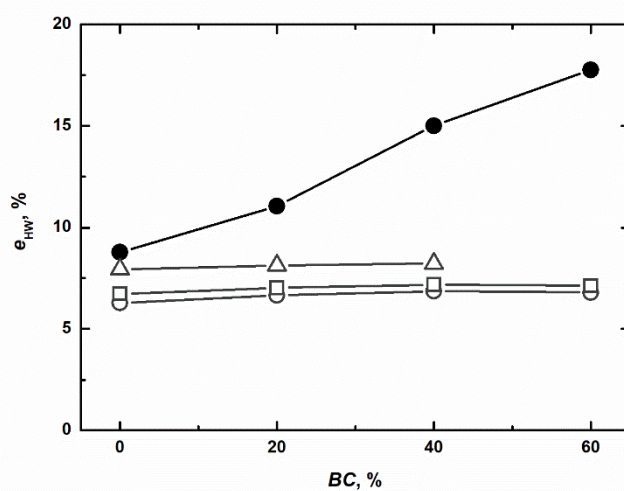
5.5 Diskuse výsledků

Na Obrázku 5.17 je zobrazen vliv zanášky biocharu na množství extrahovatelných látek do studené vody pro primární i sekundární vlákninu o plošné hmotnosti 200 g·m⁻² a na Obrázku 5.18 pro vyšší plošnou hmotnost, 400 g·m⁻².



Obrázek 5.17 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – plošná hmotnost papercharů 200 g·m⁻² (○ – nebělená buničina 20 SR, □ – nebělená buničina 40 SR, △ – nebělená buničina 65 SR, ● – nasávaná kartonáž)

Z obrázku je zjevné, že většího vlivu zanášky biocharu bylo u sekundární vlákniny, konkrétně u nasávané kartonáže. V případě zanášky 60 % biocharu do nasávané kartonáže byla rozpustnost do studené vody téměř dvojnásobná než nebělená sulfátová buničina. Nebyl však zaznamenán výrazný vliv stupně mletí sulfátové buničiny na rozpustnost při jednotlivých dávkách biocharu, výsledky pro tyto typy vlákniny jsou téměř shodné. Akorát buničina o stupni mletí 65 SR však zaznamenala o cca 1–2 % vyšší hodnoty než buničiny méně umleté.



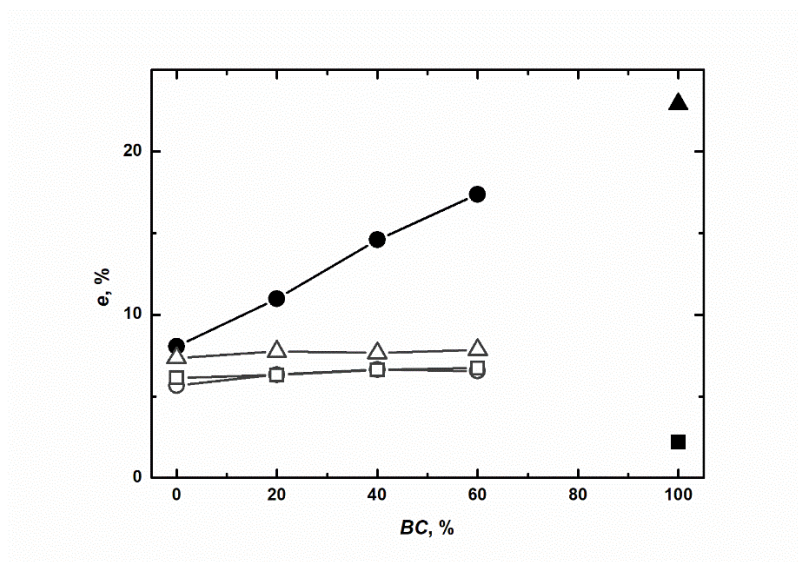
Obrázek 5.18 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – plošná hmotnost papercharů $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (○ – nebělená buničina 20 SR, □ – nebělená buničina 40 SR, △ – nebělená buničina 65 SR, ● – nasávaná kartonáž)

U vyšší plošné hmotnosti na Obrázku 5.18 se nám potvrdili data. Jelikož výsledky pro nižší a vyšší plošnou hmotnost byly téměř shodné. Jen bohužel z důvodu nedostatku biocharové pasty nebyla provedena výroba papercharu z nebělené buničiny u stupně mletí 65 SR a zanášku biocharu 60 %.

Dále byly porovnány námi vyrobené paperchary s původním přesítovaným biocharem přes síto o straně oka $0,25 \text{ mm}$ a průmyslově vyráběnými granulemi, hodnoty v Tabulce 5.13. Pro lepší přehlednost jsou data znázorněna na Obrázku 5.19.

Tabulka 5.13 Množství extrahovatelných látek do studené vody u granulí a biocharu

Surovina	e, %
Biochar přesítovaný přes 0,25 mm	22,91
Granule vyrobené z biocharu	2,19



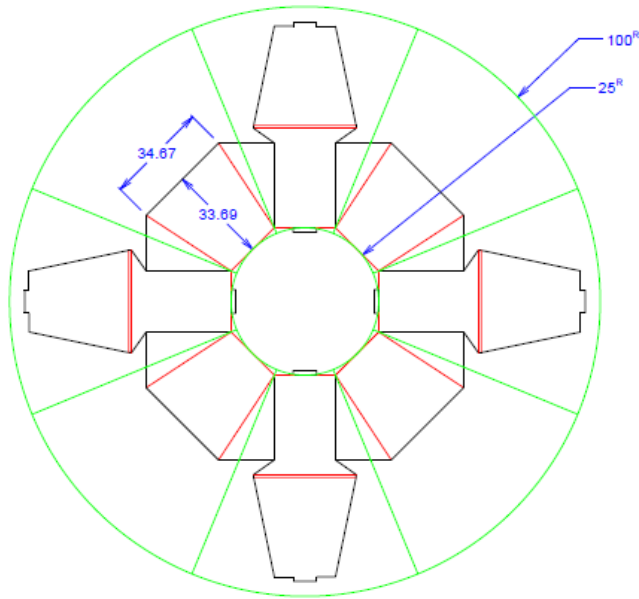
Obrázek 5.19 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – 200 g·m⁻²
 (○ – nebělená buničina 20 SR, □ – nebělená buničina 40 SR, △ – nebělená buničina 65 SR,
 ● – nasávaná kartonáž, ▲ – přesítovaný biochar, ■ – průmyslové granule)

Z předcházejícího Obrázku 5.19 je zřejmé, že prachový biochar je velice dobře rozpuštěn ve větším množství kapaliny, kdežto u průmyslově vyráběných granulí byla hodnota rozpustnosti nízká, proto granule vydrží zeminu vyživovat déle. Také můžeme říct na základě grafu, že nejvíce extraktu přechází do studené vody po 48 hodinách u nasávané kartonáže. Tento fakt nám potvrzuje také nevhodnost nasávané kartonáže pro použití při výrobě papercharu, jelikož by mohlo docházet při působení vody k velmi rychlému rozpadu materiálu.

5.5.1 Výroba gifipotu

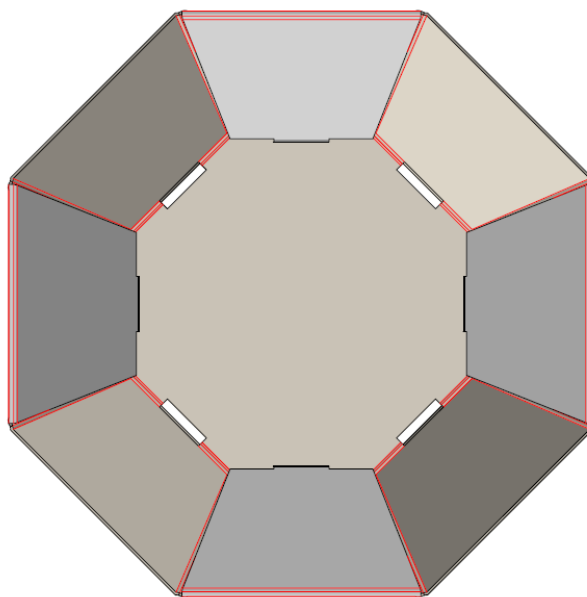
Pomocí programu ArtiosCAD byl vytvořen návrh sadbovače, tzv. gifipotu. Na Obrázku 5.20 je zobrazen výkres na výrobu prototypu z laboratorního aršíku.

Pro tloušťku materiálu 0.5 mm

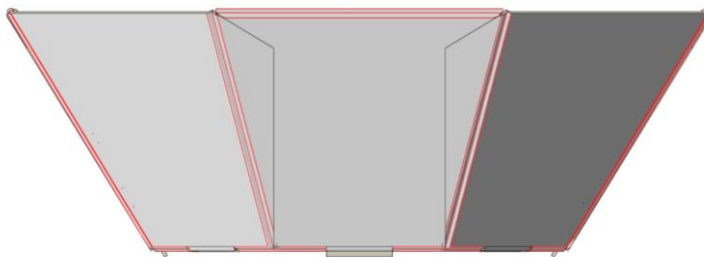


Obrázek 5.20 Výkres prototypu gifipotu

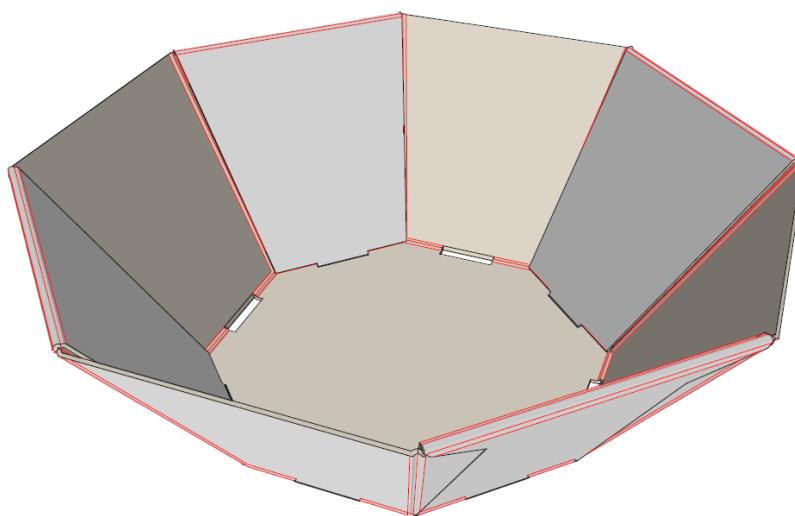
Na Obrázku 5.20 můžeme vidět laboratorní aršík o průměru 20 cm, zelené čáry na výkresu jsou pomocné. Černé čáry značily řez a červené označovaly rýhování. Na dalších Obrázcích 5.21 až 5.23 jsou uvedené už vizuály gifipotu, a to konkrétně půdorys, bokorys a 3D model.



Obrázek 5.21 Půdorys gifipotu



Obrázek 5.22 Bokorys gifipotu



Obrázek 5.23 3D model gifipotu

Podle uvedených výkresů byl vyřezán prototyp gifipotu na plotteru X Series od firmy Kongsberg, prototyp byl řezán do archu z nebělené sulfátové buničiny umleté na 40 SR o plošné hmotnosti $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ a zanášce biocharu 60 %. Tento typ konstrukce byl zvolen kvůli maximálnímu využití daného materiálu. Fotografie výsledného gifipotu je uvedena na Obrázku 5.24.



Obrázek 5.24 Gifipot vyrobený z papercharu

Přestože byl prototyp vyroben o nižší plošné hmotnosti a vyšší zanášce biocharu, mohl by se použít pro pěstování rostlin. Při další výrobě by, ale bylo lepší využít arch o větší plošné hmotnosti, a menší zanášce biocharu, abychom zamezili problému při skládání gifipotu. Problém se skládáním můžeme vidět na Obrázku 5.24, že při větší zanášce biocharu se gifipoty trhal při ohýbání, což je způsobeno tím, že v materiálu je více biocharu než samotné vlákniny.

6 Závěr

Na závěr můžeme z výsledků posoudit, že při porovnání mezi primární buničinou, tedy nebělenou sulfátovou buničinou a sekundární buničinou, což byla nasávaná kartonáž, se jeví jako vhodnější surovina nebělená buničina. Má mnohem lepší vlastnosti na sebe vázat biochar než nasávaná kartonáž, protože sekundární buničina potřebuje větší časový úsek na extrakci biocharu.

U stupně mletí nebělené buničiny se podle výsledků jeví nejlépe takové suspenze, které jsou mleté na 20 nebo 40 SR. Nejsou tak finančně náročné na provoz a zároveň splňují naši myšlenku k dosažení našeho cíle při výrobě gifipotu. Buničinu, která je umleta na 65 SR bych při dalším vývoji vynechal, jelikož by byl problém s odvodněním papíroviny při výrobě aršíku, a tedy již zmíněná finanční náročnost.

Nejoptimálnější dávka biocharu, která by mohla být efektivní a využita k následnému použití v praxi, se jeví 35 až 40 %. Vyšší dávky biocharu způsobují problém při vložení takové směsi do gifipotu, kde by mohl nastat rozpad již připraveného výseku.

Pokračování v dalším výzkumu a následná aplikace v přírodě by mohla pomoci při boji proti kůrovci, při nejhorším využít napadené dřevo kůrovcem. Také by to mohlo mít dopad na globální oteplování a snížení takových látek, které ho způsobují. Ovšem ne v takové míře, protože taková aplikace by trvala desítky let. Avšak může to dopomoci k obnově naší planety.

7 Seznam použité literatury

7.1 Literatura

Anděra M., Zavřel P., 2003: Šumava – příroda, historie, život. Baset, Praha, 800 s.

Bourtzis K., Miller A. T., 2003: Insect symbiosis, CRC Press, Florida, 368 s.

Bučko J., 2001: Chemické spracúvanie dreva v teórii a praxi. Technická univerzita ve Zvolenu, Zvolen, 427 s.

Cerda A., 2000: Aggregate stability against water forces under different climates on agriculture land and scrubland in southern Bolivia. Soil and Tillage Research 57. 159–166.

Das O., Sarmah A. K., Bhattacharyya D., 2016: Biocomposites from waste derived biochars: mechanical, thermal, chemical, and morphological properties. Waste Manage 49. 560–570.

Demirbas A., 2001: Biomass resource facilities and biomass conversion processing for fuels and chemicals. Energy Convers 42. 1357–1378.

Drbal J., 1971: Praktikum meliorační pedologie. Vysoká škola zemědělská fakulta agronomická, Praha, 258 s.

Gebrtová J., 1997: Tiskové papíry a jejich vlastnosti. Univerzita Pardubice, Pardubice, 42 s.

Götz R., 2017: Sledování kvality tisku při potisku nasávané kartonáže. Univerzita Pardubice, Fakulta chemicko-technologická, Katedra polygrafie a fotofyziky, Pardubice. 128 s. (diplomová práce). „nepublikováno“. Dep. Univerzitní knihovna Univerzity Pardubice.

Kaplanová M., Dohnal M., Držková M., Hejduk J., Holická H., Otáhlová L., Panák O., Svoboda J., Syrový T., Vališ J., Veselý M., 2012: Moderní polygrafie. Svaz polygrafických podnikatelů, Praha, 391 s.

Kasper M., Buchan G. D., Mentler A., Blum W. E. H., 2009: Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N in different aggregate fractions. Soil and Tillage Research 105. 192–199.

- Kindlmann P., Matějka K., Doležal P., 2012:** Lesy Šumavy, lýkožrout a ochrana přírody. Karolinum, Praha, 325 s
- Marchetti R., Castelli F., 2013:** Biochar from Swine Solids and Digestate Influence Nutrient Dynamics and Carbon Dioxide Release in Soil. *Journal of Environmental Quality* 42. 893–901.
- Mrkva R., 1997:** Je nutno intervenovat proti škůdcům na zvláště chráněných územích? *Lesnická práce* 76(5). 176–178.
- Nierhaus-Wunderwald D., 1996:** Die Natürlichen Gegenspieler der Borkenkäfer. *Merkblatt für die Praxis* 19. 8–14.
- Özbay N., PpTpN A. E., Uzun B. B., PpTpN E., 2001:** Biocrude from biomass: pyrolysis of cottonseed cake. *Renewable Energy* 24, 615–625.
- Pagliai M., Vignozzi N., Pellegrini S., 2004:** Soil structure and the effect of management practices. *Soil and Tillage Research* 79. 131–143.
- Pavlů L., Kodešová R., Fér M., Nikodem A., Němec F., Prokeš R., 2021:** The impact of various mulch types on soil properties controlling water regime of the Haplic Fluvisol. *Soil and Tillage Research* 205. 104748.
- Perlack R. D., Wright L. L., Turhollow A. F., Graham R. L., Stokes B. J., Erbach D. C., 2005:** Biomass as feedstock for a bioenergy and bioproducts industry: the technical feasibility of a billion-ton annual supply. DTIC Document April 2005. 1–75.
- Pfeffer A., Kudela M., 1953:** Ochrana lesů a dřeva I. SPN, Praha, 372 s.
- Poulose A. M., Elnour A. Y., Anis A., Shaikh H., Al-Zahrani S. M., George J., Al-Wabel M. I., Usman A. R., Ok Y. S., Tsang D. C. W., Sarmah A. K., 2018:** Date palm biocharpolymer composites: an investigation of electrical, mechanical, thermal and rheological characteristics. *Science of The Total Environment* 619–620. 311–318.
- Rohošková M., Valla M., 2004:** Comparison of two methods for aggregate stability measurement – a review. *Plant Soil and Environment* 50. 379–382.

Shaver T. M., Peterson G. A., Ahuja L. R., Westfall D. G., Sherrod L. A., Dunn G., 2002: Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. *Soil Science Society of America* 66. 1296–1303.

Six J., Bossuyt H., Degryze S., Denef K., 2004: A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. *Soil and Tillage Research* 79. 7–31.

Sixta H., 2006: Handbook of pulp. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, 1369 s.

Souček M., 1977: Zkoušení papíru. SNTL, Praha, 344 s.

Tappi Test Methods, 2004: Tappi Press Atlanta, Georgia.

Topinka V., Rubeš V., 1954: Výroba sulfátové buničiny. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 351 s.

Wu L., Vomocil J.A., Childs S.W., 1990: Pore size, particle size, aggregate size, and water retention. *Soil Science Society of America Journal*, 54. 952–956.

Zech W., Haumaier L., Reinhold H., 1990: Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. *Humic Substances in Soil and Crop Sciences*. 187–202.

7.2 Internetové zdroje

Héaulmé Ch., 2021: Why single-use packaging is better than reusable. (online) [cit.2021.03.04], dostupné z <https://www.huhtamaki.com/en/highlights/recent/why-single-use-packaging-is-better-than-reusable/>.

Káňa J., 2013: Výroba. (online) [cit.2021.03.24], dostupné z https://biouhel.cz/?page_id=17.

Kindl J., 2016: Výroba buničiny a papíru. (online) [cit. 2021.03.02], dostupné z <https://www.mezistromy.cz/materialy-na-bazi-dreva/vyroba-buniciny-a-papiru->.

Smolíková D., 2011: Divočina je podmínkou našeho žití (online) [cit. 2021.02.18], dostupné z <https://sedmagenerace.cz/divocina-je-podminkou-naseho-ziti/>.

Zahradník P., Zahradníková M., 2019: Lýkožrout smrkový a české lesy I. - Historie a současnost (online) [cit. 2021.02.18], dostupné z <https://www.agromanual.cz/cz/clanky/ochrana-rostlin-a-pestovani/skudci/lykozrout-smrkovy-a-ceske-lesy-i-historie-a-soucasnost>.

8 Seznam obrázků

Obrázek 3.1 Separát z bioplynové stanice (Foto: Káňa, 2013)

Obrázek 3.2 Biochar ze separátu (Foto: Káňa, 2013)

Obrázek 4.1 Nebělená buničina

Obrázek 4.2 Nasávaná kartonáž

Obrázek 4.3 Holandr

Obrázek 4.4 Rozvlákňovač

Obrázek 4.5 Schopperův-Rieglerův přístroj

Obrázek 4.6 Laboratorní archovač

Obrázek 5.1 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 20 SR

s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Obrázek 5.2 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 20 SR, plošná

hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.3 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 20 SR, plošná

hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.4 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu –

nebělená buničina 20 SR (\circ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, \square - $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Obrázek 5.5 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 40 SR s procentuálním

zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Obrázek 5.6 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 40 SR, plošná

hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.7 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 40 SR, plošná

hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.8 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu –

nebělená buničina 40 SR (\circ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, \square - $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Obrázek 5.9 Laboratorní aršíky z nebělené buničiny mleté na 65 SR s procentuálním

zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Obrázek 5.10 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 65 SR, plošná hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.11 Rozpustnost ve studené vodě – nebělená buničina 65 SR, plošná hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.12 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nebělená buničina 65 SR (\circ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, \square - $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Obrázek 5.13 Laboratorní aršíky z nasávané kartonáže s procentuálním zastoupením biocharu (0, 20, 40 a 60 %)

Obrázek 5.14 Rozpustnost ve studené vodě – nasávaná kartonáž, plošná hmotnost $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.15 Rozpustnost ve studené vodě – nasávaná kartonáž, plošná hmotnost $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$

Obrázek 5.16 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – nasávaná kartonáž (\circ – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$, \square - $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$)

Obrázek 5.17 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – plošná hmotnost papercharů $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (\circ – nebělená buničina 20 SR, \square – nebělená buničina 40 SR, \square – nebělená buničina 65 SR, \bullet – nasávaná kartonáž)

Obrázek 5.18 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – plošná hmotnost papercharů $400 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (\circ – nebělená buničina 20 SR, \square – nebělená buničina 40 SR, \square – nebělená buničina 65 SR, \bullet – nasávaná kartonáž)

Obrázek 5.19 Závislost množství extrahovatelných látek na zanášce biocharu – $200 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (\circ – nebělená buničina 20 SR, \square – nebělená buničina 40 SR, \square – nebělená buničina 65 SR, \bullet – nasávaná kartonáž, \blacktriangle – přesítovaný biochar, \blacksquare – průmyslové granule)

Obrázek 5.20 Výkres prototypu gifipotu

Obrázek 5.21 Půdorys gifipotu

Obrázek 5.22 Bokorys gifipotu

Obrázek 5.23 3D model gifipotu

Obrázek 5.24 Gifipot vyrobený z papercharu

9 Seznam tabulek

Tabulka 5.1 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 20 SR

Tabulka 5.2 Nebělená buničina umletá na 20 SR

Tabulka 5.3 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 20 SR

Tabulka 5.4 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 40 SR

Tabulka 5.5 Nebělená buničina umletá na 40 SR

Tabulka 5.6 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 40 SR

Tabulka 5.7 Konzistence suspenze nebělené buničiny mleté na 65 SR

Tabulka 5.8 Nebělená buničina umletá na 65 SR

Tabulka 5.9 Množství extrahovatelných látek pro nebělenou buničinu umletou na 65 SR

Tabulka 5.10 Konzistence suspenze nasávané kartonáže

Tabulka 5.11 Nasávaná kartonáž

Tabulka 5.12 Množství extrahovatelných látek pro nasávanou kartonáž

Tabulka 5.13 Množství extrahovatelných látek do studené vody u granulí a biocharu