

KUORENKÄSITTELYLAITTEEN ROOTTORIN KULUTUSOSIEN OPTIMOINTI

LAB-AMMATTIKORKEAKOULU
Insinööri (AMK)
Kone- ja tuotantotekniikka
Kevät 2020
Mika Ojansivu

Tiivistelmä

Tekijä(t) Ojansivu, Mika	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 21	Valmistumisaika Kevät 2020
Työn nimi Kuorenkäsittelylaitteen roottorin kulutusosien optimointi		
Tutkinto Insinööri (AMK)		
Tiivistelmä <p>Sellutehtaan puunkäsittelyssä puusta erotellaan kuori. Kuorenkäsittelyssä kuorija-keesta halutaan muokata palakokoa niin, että se on seuraaville prosessivaiheille sopivaa. Silloin vesi puristuu parhaiten pois ja palamispinta-ala on suurempi. Kuori käsitellään sopivaan palakokoon siihen tarkoitettulla laitteilla murskaamalla tai repimällä. Murskassa ja repijässä kuorta hienontavat kulutusosat on vaihdettava tarvittavin väliäjoin. Nopeimmin kuluvat murskan ja repijän roottoriin kiinnitetyt terät.</p> <p>Toimeksiantaja työlle oli Andritz Oy, Lahden Service osasto. Tarkoitus oli suunnitella pidemmän vaihtovälin terät murskiin ja repijöihin, mitkä oli ennalta määritelty. Terien eniten kuluviin kohtiin luonnosteltiin erilaisia kovametallipalaratkaisuja. Kulumiskestävyyttä vertailtiin erilaisilla kovametallipalojen kovuuksilla. Testiteristä tehtiin valmistuspiirustukset.</p> <p>Valmistuskustannukset uusilla terillä nousivat kovametallin vaatimusten takia. Kestävyyden, eli pidemmän vaihtovälin kautta kuitenkin odotettiin kokonaiskustannuksiin säästöjä. Terämallien kustannuksien vertailussa on käytettävä elinkaarikustannuksia.</p> <p>Kovametallin määrä oli terien kokonaiskustannuksissa ratkaisevin asia, toinen vaikuttava tekijä oli terärunkojen työstömäärät. Terärungon materiaalilla ei ollut kovin suurta kustannusvaikutusta.</p>		
Asiasanat kuorenkäsittely, kuorimurska, kuoren repijä		

Abstract

Author(s) Ojansivu, Mika	Type of publication Bachelor's thesis	Published Spring 2020
	Number of pages 21	
Title of publication Optimization of the rotor knives of a bark processing device		
Name of Degree Bachelor of Engineering		
Abstract <p>In a pulp mill, bark is separated from the wood in the wood processing area. In bark processing, the target is to modify the particle size to suit the following process phases. In this way the water is squeezed out as well as possible and the burning area is larger. Bark is processed to suitable particle size by crushing or shredding with a dedicated device. In crushing and shredding, the wear parts which cut or crush the bark must be replaced at appropriate intervals. The knives attached to the crusher and shredder rotor wear the fastest.</p> <p>This thesis was commissioned by Andritz Oy, Service Department of Lahti. The objective was to design knives of longer replacement intervals for crushers and shredders which were predefined. Various carbide solutions were sketched for the most abrasive knife parts. Wear resistance was compared with different hardnesses of carbide pieces. Manufacturing drawings were made for test knives.</p> <p>Manufacturing costs with new knives increased due to carbide requirements. However, through sustainability, i.e. a longer replacement periods, savings in total costs were expected. Life cycle costs must be used to compare the costs of knife models.</p> <p>The amount of carbide was the most decisive factor in the total cost of the knives. Another influencing factor was the machining volumes of the knife bodies. The material of the knife body did not have a very large cost effect.</p>		
Keywords bark handling, bark crusher, bark shredder		

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	YRITYS ESITTELY	2
2.1	Andritz-konserni.....	2
2.2	Andritz Oy.....	2
3	TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE	3
4	KUORENKÄSITTELY	4
4.1	Yleistietoa kuorenkäsitteystä.....	4
4.2	Tavoiteltava prosessitulos.....	5
4.2.1	Esimerkki halutuista arvoista	5
4.2.2	Arvojen mittaaminen	6
4.3	Kuorenkäsitteelyn olosuhteet.....	6
4.3.1	Puulajit ja niiden kuoret.....	7
4.3.2	Kuoren mukana laitteeseen päätyvät ainekset.....	8
4.3.3	Kemialliset olosuhteet.....	9
4.4	Kuorenkäsitteilylaitteet.....	10
4.4.1	Pystyroottorinen repijä.....	10
4.4.2	Vaakaroottorinen murskain	10
4.5	Roottorin kulutusosat	11
4.5.1	Andritz BioCrusher.....	11
4.5.2	BMV ja Hooper	12
5	UUDET KULUTUSOSAKONSTRUKTIOT.....	15
5.1	Taustaa uusista kulutusosista.....	15
5.2	Kulutusosa – kovametalli insertti.....	15
5.3	Andritz BioCrusher.....	15
5.4	Kulutusosa – kovametallipalat	15
5.4.1	Andritz BioCrusher.....	16
5.4.2	BMV ja Hooper	16
6	UUSIEN KULUTUSOSAKONSTRUKTIOIDEN KUSTANNUS	17
6.1	Kustannuksista yleisesti.....	17
6.2	Kulutusosa – kovametalli insertti.....	17
6.3	Andritz BioCrusher.....	17
6.4	Kulutusosa – kovametallipalat	18
6.4.1	Andritz BioCrusher.....	18

6.4.2	BMV ja Hooper	18
6.5	Kustannusten vertailu nykyisiin ratkaisuihin	18
7	YHTEENVETO	19
	LÄHTEET	20

1 JOHDANTO

Puun matka sellutuotteeksi alkaa sen korjuusta istutus- tai luonnonvaraisena kasvaneesta metsästä. Tehdasalueella se menee mahdollisen varastoinnin kautta kuorimolle. Kuorimolla puusta erotetaan päätuote ja sivutuotteet. Päätuote on sellunkeittoon optimaalisen kokoinen hake ja sivutuotetta kuori. Tehtaissa kuori käytetään pääsääntöisesti energian tuotantoon, polttamalla höyrykattilassa. Kuori on merkittävä energian lähde, ja mitä kuivempaa kuorta, niin sitä parempi lämpöarvo kuorella on. (Kärkkäinen 2005, 16.)

Puun kuorintaprosessin alussa olevalla sulatuskuljettimella käytetään vettä, jota imeytyy kuoreen. Kuoresta joudutaan puristamaan kosteutta pois, ja vesi poistuu kuoresta paremmin mitä pienempänä jakeena kuori on, lisäksi poltto pinta-alaa on silloin enemmän. Kuoren kuiva-ainepitoisuuden pitää olla riittävällä tasolla, muuten joudutaan käyttämään kuorenpoltoissa lisäpoltoaineita. (Seppälä, Klemetti, Kortelainen, Lyytikäinen, Siitonen & Siironen 1999, 27.)

Eri puulajien kuorien ominaisuuksissa on paljon eroja. Ne eroavat paljon jopa saman lajin kesken johtuen esimerkiksi kasvupaikasta. Joidenkin puulajien kuori irtoaa pitkänä ja sitkeänä soirona, sellaisia puulajeja ovat esimerkiksi jotkut eukalyptuslajit. Toisten puulajien kuori taas murskaantuu helposti ja saattaa murskautua osittain jo kuorinnassa. Pitkällä ja sitkeällä kuorella pitää murskaimen terä ja vastaterä olla enemmän leikkaavat, kun taas esimerkiksi männyn kuorelle riittää pelkästään murskaava terä. (Kaarainen 2018.)

Opinnäytetyössä keskityttiin ainoastaan puun sivutuotteen kuoren ja sen käsittelyssä käytettäviin murskaimiin ja repijöihin. Tarkoitus oli suunnitella kestävä ja kustannuksiltaan kilpailukykyiset terävaihtoehdot ennalta sovittuihin murskaimiin ja repijöihin.

Murskaimissa ja repijöissä yleisin tapa terien kunnostuksessa on niiden vaihto kokonaan uusiin, kun ne ovat kuluneet. Yleisin käytetty terämalli on leikkauspinnasta kovahitsattu, joka on valmistuskustannuksiltaan edullisin. Hitsatut terät kuluvat kuitenkin nopeasti, jolloin niiden vaihtoväli on suhteellisen lyhyt.

Yhtenä lähtökohtana teräatkaisujen suunnittelussa käytettiin elinkaarikustannuksia. Elinkaarikustannukset oli saatava käytössä olevien terämallien vastaavia kustannuksia edullisemmaksi. Terien huollettavuus oli tärkeä asia, koska sen kustannukset sisältyvät elinkaarikustannuksiin. Uusien terien huolto pitäisi olla mahdollisimman helppoa ja nopeaa.

Teräatkaisut suunniteltiin käyttämällä kovametallipaloja. Vaihtoehdoksi otettiin teräatkaisujen varustaminen erillisellä vaihdettavalla teräosalla, joka sisältäisi kovametallipalat, mitä kutsutaan tässä työssä kovametalli insertiksi.

2 YRITYS ESITTELY

2.1 Andritz-konserni

Kansainvälinen monialainen teknologiakonserni Andritz on listautunut Itävallan pörssissä vuodesta 2001. Konsernin pääkonttori sijaitsee Grazissa, Itävallan toiseksi suurimmassa kaupungissa. Toimipaikat, päälle 280 yli 40 maassa ja noin 29 700 työntekijää ja lähes 170 vuoden kokemus takaavat yhden maailman johtavan aseman vesivoima-, sellu- ja paperiteollisuuden, metalli- ja terästeollisuuden laitosten, laitteiden ja palvelujen sekä kunnallisten ja teollisten erotusteknologiaratkaisujen toimittajista. (Andritz Oy 2020a.)

Energiatuotanto (höyrykattilalaitokset, biomassakattilat, soodakattilat ja kaasutuslaitokset energian tuotantoon) ja ympäristöteknologia (savukaasunpuhdistuslaitokset) ovat konsernin toimialoja ja lisäksi konserni tarjoaa laitteita kuitukankaiden ja liukosellun tuotantoon sekä kuitulevyntuotantolaitoksiin ja kierrätyslaitoksiin (Andritz Oy 2020a).

Muita tärkeitä liiketoiminta-alueita ovat rehujen ja biomassan pelletointi sekä automaatio, jossa on tarjolla erittäin laaja valikoima tuotteita ja palveluita IIoT (teollisen esineiden Internet) -sektorilla, joita Andritz tarjoaa uudella Metris Performance Centerillä (Andritz Oy 2020a).

2.2 Andritz Oy

Vuodesta 2002 Andritz Oy on ollut osa kansainvälistä teknologiakonsernia Andritz. Teollinen toiminta perustuu Kone Woodin ja Ahlstrom Machinery Oy:n henkilöstöön ja tekniikoihin. Pääkonttori sijaitsee Helsingissä ja tuoteosaamiskeskukset Lahdessa, Kotkassa, Lappeenrannassa, Savonlinnassa, Tampereella ja Varkaudessa. Andritz Oy:n henkilöstömäärä on noin 1300. (Andritz Oy 2020b.)

Sellu- ja paperiteollisuuden järjestelmien, laitteiden ja palvelujen toimittajista Andritz Oy on yksi maailman johtavista. Tuotealueita ovat puunkäsittely, kuituprosessit, kemikaalien talteenotto ja massankäsittely. Energian tuotantoon Andritz Oy tarjoaa erilaisia biomassakattiloita ja kaasutuslaitoksia. (Andritz Oy 2020b.)

Andritz Oy:n tytäryhtiöitä ovat Andritz Hydro Oy, joka sijaitsee Tampereella ja Stowe Woodward Finland Oy Keravalla. Andritz Hydro Oy toimittaa järjestelmiä, laitteita ja palveluja vesivoimateollisuudelle. Stowe Woodward Finland Oy valmistaa korkealaatuisia telapinnoitteita. (Andritz Oy 2020c.)

3 TYÖN TARKOITUS JA TAVOITE

Tuotteiden ja laitteiden hankinnassa kiinnitetään koko ajan enemmän huomiota niiden aiheuttamiin ympäristövaikutuksiin. Se pakottaa tuotteiden valmistajia ja tuottajia sekä niiden suunnittelijoita huomioimaan asioita uudella tavalla. Joudutaan miettimään tuotetta tai laitetta sen koko elinkaaren ajalta, materiaalien syntymästä käytön jälkeiseen uusiokäyttöön tai huonoimmassa tapauksessa kaatopaikalle varastointiin.

Tarkoitus oli saada sellutehtaiden puun kuorimon kuorenkäsittely prosessissa käytettävien murskien ja repijöiden laatua ja luotettavuutta paremmaksi. Laatua ja luotettavuutta pyritään parantamaan murskissa ja repijöissä käytettävien terätkaisujen ominaisuuksia parantamalla. Kuoren murskassa ja repijöissä käytettävien nykyisten terien käyttöikä on suhteellisen lyhyt. Siihen vaikuttavista tekijöistä suurin on terien kuluminen.

Työn tavoitteena oli suunnitella etukäteen määriteltyihin kuorenkäsittelylaitteisiin elinkaarikustannuksilta edullisemmat terätkaisut kuin nykyiset käytössä olevat. Elinkaarikustannuksiin liittyvät huoltokustannukset huomioitiin terien suunnittelussa ottamalla huomioon niiden huollettavuus. Terien mahdollisimman helppo ja nopea vaihto tuo säästöjä huoltokustannuksissa ja näin vaikuttaa kokonaiskustannuksiin.

Parhaiten terien huoltokustannuksiin pystytään vaikuttamaan niiden pitkällä vaihtovälillä. Terien vaihtoväli riippuu eniten terän kestävydestä. Valmistusmateriaali on isoin huomioitava asia terän kestävyttä ja pitkää vaihtoväliä haettaessa. Toinen terän kestävyteen vaikuttava tekijä on laitteisiin päätyvät sinne kuulumattomat esineet.

Ensimmäinen vaihe terien suunnittelussa oli valita toiminnalta kannalta parhaat materiaalit terälle ja terärungolle. Terämateriaaliksi valittiin kovametalli hyvän kulutuskestävyytensä vuoksi. Terärungon materiaalina päätettiin testata useampaa vaihtoehtoa.

Kovametallitoimijoille lähetettiin luonnospiirustukset terätkaisujen materiaalivalintojen jälkeen. Toimijoilta saadun palautteen pohjalta pystyttiin tekemään valmistuspiirustukset. Terätkaisujen suunnittelu ja piirustukset tehtiin AutoCad- ja Inventor -ohjelmistoilla.

4 KUORENKÄSITTELY

4.1 Yleistietoa kuorenkäsitteystä

Selluteollisuus on energian käytön suhteen yliomavarainen. Energiaa saadaan puunjalostuksen sivutuotteista, joita ovat muun muassa kuori ja keitossa syntyvä mustalipeä. Energian tuotanto on lähinnä sähkö- ja lämpöenergiaa. (Piesala 2011, 117.)

Energialähteenä kuori on arvokkain ja merkittävin, kun se poltetaan höyrykattilassa lähellä kuorintapaikkaa. Alhaisen tiheyden takia kuoren kuljetus pitkiä matkoja ei ole kannattavaa missään oloissa. (Kärkkäinen 2005, 16.)

Luonnon polymeeri ligniinin lämpöarvo on korkea, melkein sama kuin kivihillen. Ligniiniä on kasveissa ja erityisesti puissa. Kellertävä väri tulee puihin ligniinistä. Puun kuivapainosta ligniiniä on enemmän havupuissa noin 30 %, kun taas lehtipuissa noin 25 %. Kuoren kuivapainosta ligniiniä on havupuiden kuorella noin 12 % ja koivun kuorella noin 15 %. (Alakangas, Hurskainen, Laatikainen-Luntama & Korhonen 2016, 54 - 55.)

Kemiallinen koostumus ja lämpöarvot vaihtelevat paljon eri lajien kuorten välillä. Lämpöarvoltaan lehtipuiden kuori on yleensä suurempi kuin havupuiden kuori. Haapa on poikkeuksellisesti lämpöarvoltaan samaa luokkaa kuin kuusi, joka on mäntyä alhaisempi. Käytännössä kuoren polttoaineominaisuuksiin vaikuttavat alentavasti korkeat kosteus- ja tuhkapitoisuudet. Kuiva-ainepitoisuuden kuorella tulisi olla yli 35 % tai muuten sen polttamisessa on käytettävä tukipolttainetta. (Alakangas ym. 2016, 81 - 82.)

Kuori jaotellaan rakenteen sekä myös värin perusteella tummaan ulkokuoreen ja elävään sisäkuoreen eli nilaan (floemi). Ulkonäöltään ulkokuori vaihtelee paljonkin eri puulajeilla, mitä voidaan myös hyödyntää puulajien tunnistamisessa. Pääasiassa ulkokuoren koostumus on korkkisolukkoa eli felleemiä. Felleemin pääasiallinen tehtävä on suojella puuainesta mekaanisilta ja muilta rasituksilta sekä estää nesteiden haihtuminen kasvavasta puusta. (Kuikka & Kunelius 1992, 11.)

Sisäkuoren eli nilan pääasiallinen tehtävä on johtaa vettä ja ravinneaineita ja varastoida niitä. Nilan ja puuaineksen välissä sijaitsee jälsi. Elävän puun paksuuskasvu tapahtuu jälskerroksessa. Emosoluja syntyy sekä puun että nilan puolelle niiden solujen jakautuessa tangentin suuntaisesti. Puun puolelle solukkoa syntyy huomattavasti enemmän kuin nilan puolelle, sen vuoksi puuosa laajenee kuoriosaa nopeammin. (Kuikka & Kunelius 1992, 11.)

Tehtaiden puunkäsitteilyssä kuori kerätään pääosin kuorintalaitteesta esimerkiksi kuorintarummusta tai Rotary Debarkerista. Lisäksi kuorta irtoaa puusta puiden vastaanotossa,

purkauspaikalla ja varastopaikoilla, joista kuoren keräily on erittäin haastavaa. Näistä paikoista kerätty irronnut kuori laitetaan kuorintaan menevien puiden päälle, minkä kautta ne saadaan kuorenkäsittelyprosessiin. (Kaarakainen 2018.)

Seuraavaksi kuoren palakokoa pienennetään joko leikkaamalla, murskaamalla tai repimällä. Ennen kuorimurskaa tai kuorenrepijää on yleensä kiekkoseula, jolla erotellaan hieno ja karkea aines sekä kiviaines ja muut mahdolliset vierasesineet. Erottelu parantaa kuorenkäsittelylaitteiden kulumiskestävyyttä. (Seppälä ym. 1999, 27 - 28.)

Palakoon pienennyksen jälkeen kuoresta puristetaan vesi pois. Veden poistuminen kuoresta on helpompaa ja nopeampaa, kun kuori on kooltaan tasa-aineista; silloin kuljettimetkaan eivät tukkeudu niin helposti. Hienontamisen jälkeen kuorta on helpompi käsitellä ja syöttää kattilaan, lisäksi palamispinta-ala kasvaa. (Seppälä ym. 1999, 27 - 28.)

4.2 Tavoiteltava prosessitulokset

Kuoren murskauksesta ja revinnästä syntyvän lopputuotteen ja siitä syntyvien oheistuotteiden hyväksyttävän laadun määrää tuotteilta vaaditut ominaisuudet. Tuotteiden hyväksyttävä laatu saavutetaan laadukkaalla toiminnalla sekä toimivilla ja laadukkailla laitteilla.

Puunkäsittelyn kuorimolaitteiden tilausvaiheessa asiakkaan kanssa sovitaan käytettävistä standardeista ja arvoista, jotka prosessista saatavan tuotteen pitää täyttää. Andritz käyttää kuorimon tuotteiden osalta laatuluokittelu standardia SFS-EN ISO 17225-1. (Kaarakainen 2018.)

Karkea puumassan jakauma kuorimon prosessissa voisi olla esimerkiksi seuraavanlainen: puuta syötetään 100 %, josta päätuotetta eli haketta saadaan 85 % ... 88 %, kuoren osuus on 12 % ... 15 % ja hienoa jaetta on 0,5 % ... 1,5 %. (Andritz 2018.)

4.2.1 Esimerkki halutuista arvoista

Andritz käyttää kuoren laadun määrittämisessä standardin SFS-EN ISO 17225-1 taulukkoa 5, joka määrittelee puunhakkeen ja murskeen ominaisuudet. Taulukosta käytetään vain pääjakeen arvoja ja niistäkin vain palakokoluokkia P45, P63 ja P100. Luokkien numeroarvo viittaa pääjakeen kokoon, jota näytteestä (seuloilla olevasta) on oltava vähintään 60 p-%. (Kaarakainen 2018.)

Palakokoluokassa P45S on tiukemmat vaatimukset maksimi partikkelikoon suhteen verrattuna luokkaan P45. Lisäksi S-luokissa (3 kappaletta) on määritelty jakeen maksimi poikkipinta-ala, joka on vain standardille SFS-EN ISO 17225-4. S tarkoittaa kotitalouksille ja pienemmille laitoksille soveltuvaa haketta.

Kuoren ominaisuudet määrittää standardi SFS-EN ISO 17225-1 taulukko 9. Taulukon soveltamiseen käytännössä liittyy kuitenkin rajoituksia, koska kuorenkäsittelyprosessiin menee paljon muitakin aineksia kuin kuorta, esimerkkinä kuorimarumpu ja rullakuljettimet, joista kuoren lisäksi tulee muun muassa puunpalasia ja maa-ainesta. (Kaarainen 2018.)

Standardi SFS-EN ISO 17827-1 määrittelee palakokojakauman oskilloivalla seulamenetelmällä (vaakasuorasti värähtelevä täryseula) käyttäen seuloja, jossa seulaverkkojen aukot ovat 3,15 mm tai enemmän.

4.2.2 Arvojen mittaaminen

Näytteenotto pitäisi toteuttaa niin, että pysäytetyltä kuljettimen hihnalta otetaan, tietyltä etukäteen määritellyltä pituudelta, kaikki materiaali. Kuljetinhihnaa pystytään harvoin pysäyttämään näytteenottoa varten.

Hakkeen näytteenotto tehdään testimenetelmällä, standardin SCAN 41:94 mukaisesti, mikä voidaan tehdä kuljetinhihnan pyöriessä. Näytteenottojen minimimäärä on noin 10 kappaletta (60 - 80 litraa). Näytteiden tilastollinen käsittely tapahtuu standardin SCAN-G2:07 mukaisesti.

4.3 Kuorenkäsittelyn olosuhteet

Käyttöolosuhteisiin kuorenkäsittelyssä vaikuttavia tekijöitä ovat tehtaan maantieteellinen sijainti ja tuotantoprosessissa käytettävä puulaji sekä puun varastointi ja kuorintatapa.

Edellä mainitut asiat vaikuttavat puun kuorinnassa käytettävän veden määrään ja laatuun. Tämän takia kuoren kuiva-ainepitoisuudet vaihtelevat paljon samassa tehtaassakin. Kuorenpuristukseen tuleva kuori on kuiva-ainepitoisuuksiltaan yleensä havupuilla 20 - 30 % ja koivulla 25 - 35 % tavanomaisessa märkäkuorinnassa. (Knowpulp 2020.)

Kuiva-ainepitoisuus saattaa olla jopa 15 - 17 % vesivarastoidulla kuusen kuorella, kun taas kuivakuorinnassa maavarastoidun havupuun kuiva-ainepitoisuus on noin 30 - 36 % ja koivun yli 40 % ennen kuoren puristusta. Tavoite kuoren kuiva-ainepitoisuudelle on pyrkiä mahdollisimman suureen arvoon, mutta yleisesti se on päälle 40 % kuoren puristuksen jälkeen. (Knowpulp 2020.)

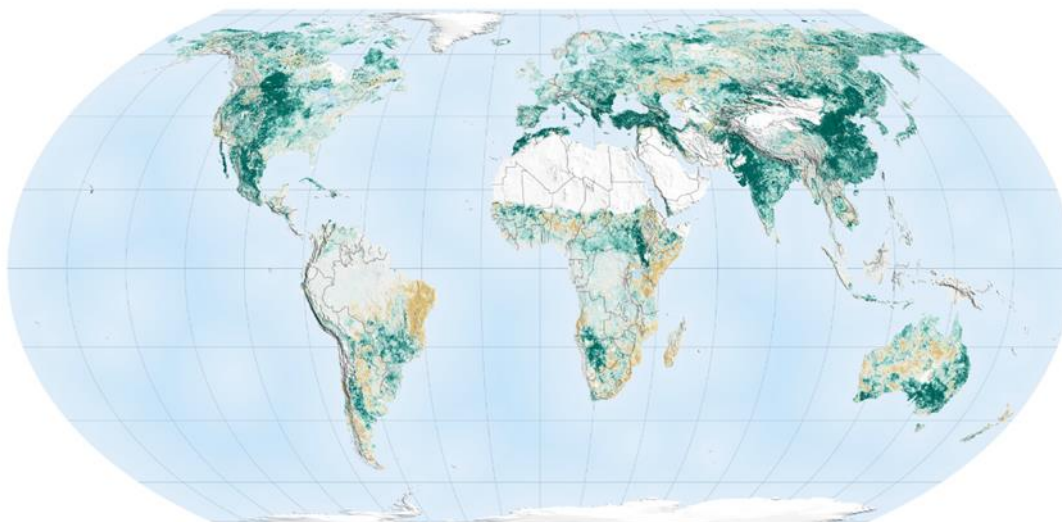
Andritz HQ-Press -kuoripuristin tuottaa noin 5 prosenttiyksikköä paremman kuiva-ainepitoisuuden verrattuna muiden valmistajien kuoripuristimiin. Koko vuoden kuiva-ainepitoisuuden keskiarvo HQ-Press -kuoripuristimella (kesä- ja talvikuori yhdessä) on noin 45 %, muiden kuoripuristimilla vastaava arvo on noin 40 %. Kuoren vihreän energian nettoarvo

voi nousta tämän takia, parhaassa tapauksessa jopa noin 15 prosentilla. (Andritz Oy 2020d.)

4.3.1 Puulajit ja niiden kuoret

Puulla on tieteellinen nimi (scientific name) sekä arkinimi (common name), eli paikallinen nimi (local name). Tieteellinen nimi on kaksiosainen ja pohjautuu yleensä latinaan tai kreikkaan. Tieteellinen nimi koostuu sukunimestä ja lajinimestä. Arkinimiä samalla lajilla on monta, jopa satoja kuten tropiikin puilla. (Ilvessalo-Pfäffli 2015, 7.)

Maapallon maa-alasta metsien peitossa on parantuneiden satelliittikuvien (kuva 1) mukaan tehdyn analyysin mukaan arviolta kymmenisen prosenttia aikaisemmin tiedettyä enemmän, eli noin 40 %.



Kuva 1. Metsäalueiden muutos 20 vuodessa (NASA Earth Observatory 2020.)

Kuva 1 on Nasan julkistama kartta maailman metsäalueiden kehityksestä viimeisten noin 20 vuoden ajalta. Metsien lisääntyminen on merkitty vihreällä ja väheneminen ruskealla värillä.

Metsät ovat jakautuneet maapallolle epätasaisesti, laajimpia metsävyöhykkeitä ovat vain pohjoisen havumetsät ja päiväntasaajan sademetsät. Venäjällä ja Brasilialla on laajimmat

metsäalueet. Brasiliassa esiintyy puulajeja eniten noin 8700, joista endeemisiä (ei esiinny muualla) puulajeja on noin 4300. (Tilastokeskus 2003.)

Havupuuvaltaisia maita ovat Venäjä ja Kanada. Sademetsävaltaisia puolestaan ovat Brasilia, Indonesia ja Kongo. Lehtimetsien osuus on suuri Yhdysvalloissa ja Kiinassa. (Tilastokeskus 2003.)

Euroopan metsäisin maa suhteutettuna pinta-alaan on Suomi. Suomessa suurin osa metsien puustosta on mäntyä (noin 50 %), kuusta (noin 30 %) ja koivua (noin 16 %). Muita kotimaisia puulajeja ovat muun muassa haapa, leppä, pihlaja, kataja, vaahtera ja lehtikuusi. Maassamme kasvaa luontaisesti kaikkiaan kolmisenkymmentä puulajia. Valtaosa Suomen metsistä on sekametsiä, eli niissä kasvaa useampaa kuin yhtä puulajia. (Puuinfo Oy 2018.)

Eukalyptusta esiintyy luontaisesti Australiassa. Eukalyptusta on jalostettu ja siirretty ympäri maailmaa puupelloille. Erilaisia eukalyptuslajikkeita on noin 700 kpl. Puupelloilla kasvatetaan pääosin *Eucalyptus grandis* ja *Eucalyptus globulus* -lajikkeita. Eukalyptus kasvaa puumateriaalia 20 - 25 m³ vuodessa hehtaaria kohden. Suomen metsät kasvavat vuodessa 5 - 10 m³ per hehtaari puuta. (Puuntuottaja 2012.)

Murskaimilla ja repijöillä kuorta käsiteltäessä, kuoren partikkelikokoa pienennetään käyttäen, joko murskaavia tai leikkaavia teriä. Puulajeista lehmus (Linden), useimmat eukalyptus- ja akaasialajit ovat sellaisia, jotka vaativat leikkaavan terän kuoren hienontamisessa. Niiden kuori on sitkeää ja irtoaa pitkinä soiroina, minkä takia murskaava terä ei toimi riittävän hyvin. Muiden puulajien kuoret voidaan yleensä hienontaa murskaamalla.

4.3.2 Kuoren mukana laitteeseen päätyvät ainekset

Kuorenkäsittelylaitteisiin kulkeutuu aina kuoren mukana erilaisia puun kappaleita ja maaainesta. Esimerkiksi hiekan määrä vaihtelee ja riippuu paljon siitä, onko kuorilinjalla kiekoseula käytössä. Yleensä kiekoseula on sijoitettu ennen kuorimurskaa tai -repijää. Kuljettimilta tulevasta materiaalista kiekoseula (kuva 2) erottelee hienon aineksen, kivet ja muun isomman aineksen. Magneetilla pyritään poistamaan materiaalivirrasta metallit. Erottelu ei toimi aina täydellisesti ja laitteisiin pääsee sinne kuulumattomia kappaleita, mitkä aiheuttavat laitteisiin eriasteisia vaurioita.



Kuva 2. Kiekkoseula (Andritz 2020.)

Kuvassa 2 tyypillinen kiekkoseula toiminnassa.

Murskaimien ja repijöiden toiminta pyritään suunnittelemaan siten, että sinne päätyvien kovien esineiden ja isojen puukappaleiden mennessä läpi, ne aiheuttaisivat mahdollisimman vähän vaurioita laitteelle. (Seppälä ym. 1999, 28).

4.3.3 Kemialliset olosuhteet

Kuorenkäsittelyn kemialliset olosuhteet vaihtelevat suuresti sekä alueellisesti että laitospohtaisesti. Kemialliset olosuhteet riippuvat osittain kuoren mukana laitteeseen kulkeutuvan veden laadusta. Puiden pesu- ja sulatusveden laadun vaihteluun vaikuttavista tekijöistä yksi on prosessiin lisättävän tuoreveden laatu.

Kuoresta liukenee kiertoveteen epäpuhtauksia ja puiden mukana tulee muitakin ylimääräistä, joka vaikuttaa jäteveden käsittelyyn kuormittavasti, tästä syystä tuorevettä pyritään käyttämään mahdollisimman vähän. Typpi ja fosfori on vesistöjä kuormittavia aineita ja niitä on 5 - 10 kertaa enemmän kuorijakeessa kuin puuaineessa. Kuorijakeet laskevat kiertoveden pH -arvoa, mikä lisää laitteiden korroosiota. Korroosion estämiseksi kiertoveden pH -arvoa säädellään tasoon 6 - 8 kalkkivedellä, sellun valkaisuun alkalivaiheen jäteveksillä tai lipeällä (Seppälä ym. 1999, 27 - 30).

Etenkin trooppiset puulajit vaativat tuotantolaitteiden materiaaleilta hyvää korroosiokestävyyttä, paremman kuin muiden puulajien tuotannossa. Eukalyptus- ja akasialajeja käsitellessä laitteiden kulutuslevyt eivät kestä niin hyvin kuin kotimaisilla puulajeilla. (Kaarakainen 2018.)

4.4 Kuorenkäsittelylaitteet

Kuorenkäsittelylaitteita ovat erilaiset kuorintalaitteet, kuljettimet, seulat, kuoren murskaimet ja repijät, sekä kuoripuristimet.

Näistä murskat ja repijät pyritään sijoittamaan niin, että kuoren matka murskausta ennen on mahdollisimman suora ilman kuljettimien risteyskohtia. Repijät jaetaan kahteen päätyyppiin, pystyroottoriin repijöihin ja vaakarroottoriin murskaimiin. Kuoren revinnässä käytetyistä yleisin on pystyroottorinen repijä. Vasaramurskaimet, hidaskäyntiset murskaimet ja ruuvimurskaimet on yleisimmät vaakarroottoriset murskaintyyppit. (Knowpulp 2020.)

4.4.1 Pystyroottorinen repijä

Pystyroottorisessa repijässä on roottorissa kääntyvät terät ja vastaterät on kiinnitetty runkoon. Terien suuren pyörimisnopeuden ansiosta, terien päälle syötetty kuori iskeytyy ja murskautuu vastateriä vasten. Kääntyvien roottorin terien ansiosta kovat esineet pääsevät kulkeutumaan laitteen läpi sitä rikkomatta. (Knowpulp 2020.)

Repijä mallit vaihtelevat roottorissa olevien terien kiinnityksen ja määrän suhteen. Roottorissa voi olla kääntyvien terien lisäksi kiinteitä teriä, jotka ovat yleensä roottorin ylä- ja alaosassa. Kääntyvät terät ja rungon kiinteät vastaterät ovat usein kahdessa tasossa. Kun terät ovat monessa tasossa, tulee kuorenmurskauksesta silloin monivaiheinen. Kuoren palakokoa pystytään säätämään muuttamalla terien määrää. (Seppälä ym. 1999, 28.)

4.4.2 Vaakarroottorinen murskain

Vaakarroottorisen vasaramurskaimen perustyyppinä on kaksi, kääntyvillä ja kiinteillä terillä. Hidaskäyntisissä murskaimissa on käytössä yksi- ja kaksiakseliset perusmallit. Hidaskäyntisen murskaimen akselille on hitsattuna tai pultattuna terästä ja vastaterät on kiinnitettyä runkoon. (Knowpulp 2020.)

Yksiakselinen murska on luotettava järeän ja yksinkertaisen rakenteensa ansiosta, missä vain roottori pyörii. Raskaan roottorin kulutusosat (terät tai vasarat) iskevät ensin syötettävään kuoreen, jonka jälkeen kuori hajoaa vielä roottorin kulutusosien ja rostien välissä. Turvamekanismina toimivat erikoisvalmisteiset murtotapit, jotka katkeavat suurten

metallikappaleiden ja kiviaineksen koneeseen päätyessä. Silloin vastaterän kokoonpano ja rosti aukeavat. Tämä laukaisee rajakatkaisijat ja laite pysähtyy kokonaan. (Knowpulp 2020.)

Eukalyptuksen ja akasian kuoren palakoko pienenee leikkautumalla roottorin terien ja vastaterän kokoonpanon, sekä rostin terien välissä. Koska kuoren käsittely tapahtuu suhteellisesti enemmän leikkaamalla, kuin murskaamalla ja repimällä, sitkeän kuoren palakoko saadaan pienennettyä kohtuullisella energiankulutuksella. Tällä tavoin vältetään myös hienojakeen muodostumista kuoren käsittelyssä. (Knowpulp 2020.)

4.5 Roottorin kulutusosat

Pystyroottorissa voidaan myös käyttää kääntyvien terien lisäksi erilaisia kiinteitä vaihdettavia teriä. Tässä työssä keskitytään ainoastaan kahden pystyroottori tyyppin keskipakovoimalla kääntyviin teriin ja kahden vaakaroottori tyyppin kääntyvään ja kiinteään terän malleihin.

Näiden laitteiden terähuollossa yleensä kaikki terät vaihdetaan kerralla, joko kokonaan uusiin tai uutta vastaaviin huollettuihin teriin. Vaihdettaessa kaikki terät kerralla saadaan roottori helpommin ja varmemmin tasapainoon. Teriä vaihdettaessa pitää ne irrottaa kiinnityksestään roottoriin ja kiinnitystapoja näissä laitteissa ovat pulttikiinnitys kiinteässä terämallissa sekä kääntyvissä terämalleissa akselitapit.

4.5.1 Andritz BioCrusher

Vaakaroottorista BioCrusher murskaa on kahta tyyppiä, pystysyöttöinen BSX (kuva 3) ja vaakasyöttöinen BSY. Yleisemmin käytetty näistä kahdesta on pystysyöttöinen BSX malli, jota käytetään myös kuoren murskaukseen. Silloin kun murskattava materiaali on epämääräistä esimerkiksi kantoja tai hakkuujätettä, joka saattaisi tukkia pystysyöttöisen BSX mallin syöttösupilon, käytetään vaakasyöttöistä BSY mallia. (Andritz 2018.)

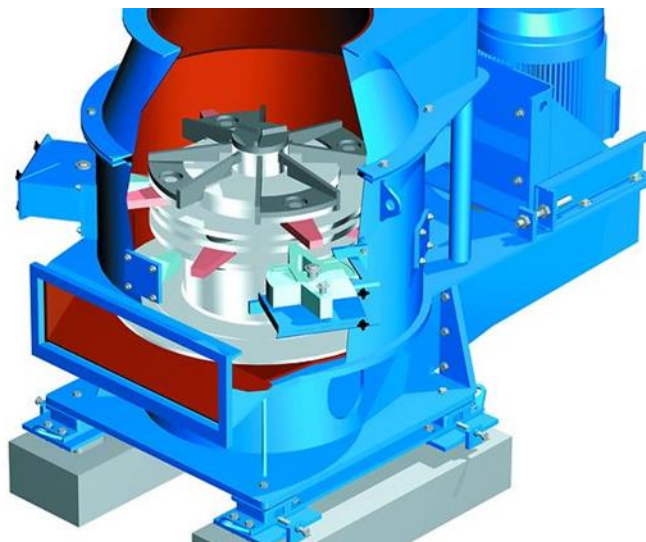


Kuva 3. BioCrusher BSX (Andritz 2020.)

Kuvassa 3 on pystysyöttöinen BioCrusher BSX murskamalli.

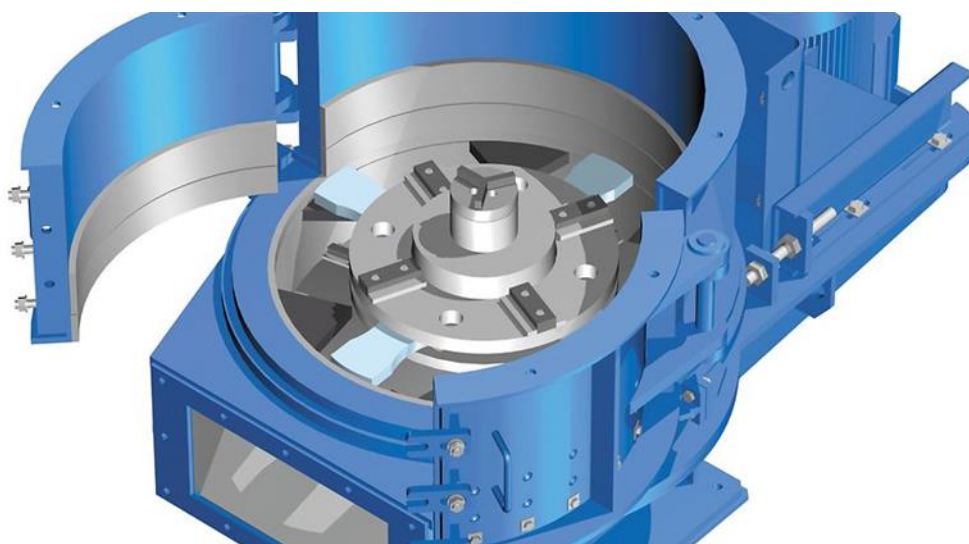
4.5.2 BMV ja Hooper

BMV-15 (kuva 4) ja Hooper (BSH50-12) (kuva 5) repijät ovat pystyroottorisia ja pystysyöttöisiä. Molemmissa roottoreissa on kääntyvät leikkaavat terät, jolloin ne pääsevät väistämään repijään päätyneet vieraat esineet. Roottorin tyypin mukaan, voi lisäksi olla kiinteästi asennetut murskaavat terät. Kuoren murskaamisen lisäksi ne vähentävät roottorin kulumista. (Andritz 2020e.)



Kuva 4. BMV-15 shredder (Andritz 2020.)

Kuvassa 4 on 3D -malli repijän rakenteesta. Punaisella värillä näkyvät kääntyvät terät ovat muodoltaan pisaran malliset. Teriä on yhteensä 8 kappaletta kahdessa tasossa. Turkoo-sin väriset vastaterät on varustettu murtotapeilla ja niitä on 3 yhteensä kappaletta.



Kuva 5. Hooper shredder (Andritz 2020.)

Kuvassa 5 on Hooper repijän 3D -malli. Kiinteät terät näkyvät roottorin yläpinnassa tumman harmaana ja kääntyvät vasaran malliset terät vaalean sinisenä.

Repijän runkoon kiinnitettävät isommat vastaterät ovat murtotapeilla varustettuja isojen kappaleiden varalta. Vastateriä valvotaan antureilla ja ne pysäyttävät tarvittaessa roottorin, jotta laitteen isommat vauriot vältetään. Pienemmät vastaterät alaosassa ovat kiinteät ilman murtotappeja. Roottorien pyörimissuuntaa voidaan vaihtaa, näin saadaan terien käyttöikä pidemmäksi. (Andritz 2020e.)

Terien valmistukselle on annettu toleranssit, kuinka paljon terän tulee painaa. Terien asennuksessa on katsottava, että samanpainoiset terät tulevat vastakkaisille puolille. Silloin saadaan roottori mahdollisimman hyvään tasapainoon ja vältetään roottorin ylimääräiset värinät.

5 UUDET KULUTUSOSAKONSTRUKTIOT

5.1 Taustaa uusista kulutusosista

Tavoite työlle oli löytää ja suunnitella mahdollisimman kestävät ja kustannuksiltaan edulliset terätkäisut Andritz kuorimurskiin ja -repijöihin. Terätkäisujen tulisi olla mahdollisimman nopeita ja helppoja vaihtaa. Terän kulutusosan materiaaliksi valittiin ensisijaisesti kovametalli, mutta vastaavan kulumiskestävyuden omaavia materiaaleja vaihtoehtona kovametallille ei kuitenkaan suljettu pois.

Ensimmäinen varsinainen työvaihe oli kartoittaa ja etsiä kovametalliterien valmistajia ja niiden käyttämiä valmiita terätkäisuja. Lisäksi käytiin läpi konepajoja, joiden tuotteisiin kuuluvat erilaiset kovametalliterät. Kartoituksen tuloksien perusteella päätettiin konepajat ja terävalmistajat, joita lähestyttiin kyselyllä. Kyselyillä kartoitettiin alustavasti yhteistyön mahdollisuuksia terätkäisujen kehityksessä. Liitteessä 1 mainitut konepajat ja kovametalliterien valmistaja olivat niitä, joille lähetettiin alustavat luonnospiirustukset terätkäisusta. Kaikki olivat kiinnostuneita yhteistyöstä ja esittelivät valmistamiaan valmiita terä ja kulutusosa vaihtoehtoja. Konepajojen edustajat ja kovametalliterien valmistaja kertoivat alkuun pidetyissä palavereissa laitekannastaan sekä niiden teknisistä ominaisuuksista terätkäisujen valmistuksen kannalta.

5.2 Kulutusosa – kovametalli insertti

Huollon nopeuttamiseksi lähdettiin kehittämään murskan, repijän ja varsinkin vasaramyllyn teriin erikseen vaihdettavaa kulutusosaa. Pelkkää kulutusosaa vaihdettaessa ei tarvitse irrottaa terärungon kiinnitystä roottorista. Vaihdettavaa kulutusosaa nimitetään insertiksi. Insertti kiinnitetään terärunkoon murskattavan materiaalivirran kohdalle, mahdollisimman pienelle alueelle. Kiinnitysvaihtoehtoina insertille tarkasteltiin pulttikiinnitystä ja toisena vaihtoehtona kiinnitystä hitsaamalla.

5.3 Andritz BioCrusher

BioCrusherin terämällin terän rakenteeseen ei saatu mahtumaan erillistä pulttikiinnitteistä kulutusosa inserttiä. Insertin pulttikiinnitys olisi vaatinut isoja muutoksia myös roottorin rakenteeseen. Toteutumatta jääneitä ajatuksia terän rakenteeseen liittyen oli muitakin.

5.4 Kulutusosa – kovametallipalat

Terärunkoihin on kiinnitettynä kiinteät kulutusosat. Kulutusosat ovat eri kokoisia kovametallipaloja riippuen terämällistä. Kovametallipalojen kiinnitys terärunkoon tapahtuu

juottamalla. Yleisin käytettävä juotos on hopeajuotos. Kovametallipalat juotetaan terärunkoon ainoastaan kuluttavan materiaalivirran kohdalle.

Kovametallin iskutkeys ja kovuus riippuu kulutusta kestävästä karbidin raakoista ja sen sideaineen määrästä. Yleisin käytettävä sideaine on koboltti (Co), sekä kulutusta kestävä karbidi on yleensä volframikarbidi (WC). Karkeasti voidaan sanoa, että iskutkeys kasvaa mitä enemmän kovametalli sisältää kobolttia, kun taas kovuus ja kulutuskestävyys kasvaa karbidin raekoon kasvaessa.

Kovametallin lämpölaajeneminen on teräkseen verrattuna noin kolme kertaa pienempi. Sen takia kovametallipalojen pituus pitää olla hyvin maltillinen ja siitä syystä näissä uusissa terissä, terän kulutusosa muodostuu useista kovametallipaloista. Kovametallipalojen pituus uusissa terämalleissa on 20 - 30 mm. Liian pitkät kovametallipalat saattavat katkeilla juotoksen jäähtyessä.

5.4.1 Andritz BioCrusher

BioCrusher murskan terätkäisy on ulkomuodoltaan nykyisen hitsattavan terämallin mukainen. Kovametallipalojen osalta testataan useampaa laatua. Terästä tehtiin aluksi luonnos versioita ja niiden pohjalta piirustukset 2000177010 (liite 3) ja 2000177011 (liite 4). Terämallin versiot eroavat toisistaan kovametallipalojen kiinnityksen suhteen. Kovametalliterien valmistaja 1 saatiin muutama erilainen vastaehdotus terän rakenteesta. Lopulta piirustuksien 101693-00-ZB (liite 5) ja 101692-00-ZB (liite 6) mukaiset terät hyväksyttiin ensimmäiseen testierään. Konepajalta 1 pyydettiin tarjousta ensimmäisen luonnospiirustuksen 2000177008 (liite 7) mukaisesta terästä.

5.4.2 BMV ja Hooper

BMV-15 ja Hooper (BSH50-12) repijän terät ovat lähes samanlaisia vasaraterämalleja. Terien ulkomuodot poikkeavat jonkin verran toisistaan. Terien leikkaavan reunan ja vastaterien välisessä leikkauskulmassa on hieman eroa. BMV:n terärunko on lähes pisaran muotoinen ja Hooperin terärunko taas on enemmän vasaran mallinen. Molemmista terämalleista tehtiin alustavat piirustukset, BMV:n terän piirustus 2000176006 (liite 8) ja Hooperin terän piirustus 2000176005 (liite 9). Terissä on kovametallipalat kaikilla neljällä leikkaavalla reunalla, eli jokaisessa kulmassa.

Kovametalliterien valmistaja 1 teki alustavien piirustusten pohjalta molemmista teristä valmistuspiirustukset. BMV repijän terästä piirustuksen 101689-00-ZB (liite 10) ja Hooper repijän terästä piirustuksen 101691-00-ZB (liite 11).

6 UUSIEN KULUTUSOSAKONSTRUKTIOIDEN KUSTANNUS

6.1 Kustannuksista yleisesti

Kovametalliterät ovat lähtökohtaisesti hitsattuja teriä kustannuksiltaan korkeampia, joutu-
en raaka-aine- ja valmistuskustannuksista. Uusien suunniteltavien teräratkaisujen tuli
olla mahdollisimman kestäviä ja helposti huollettavia. Kustannukset saadaan teräratkai-
suissa silloin riittävän alhaiselle tasolle hitsattaviin teriin verrattuna. Kustannuksia lasketta-
essa on ajateltava terän kustannuksia kokonaisuudessaan, koska pelkästään terän hintaa
katsomalla ei pystytä kilpailemaan kansainvälisillä markkinoilla.

Terän käyttöikään vaikuttavista tekijöistä yksi on kovametallipalojen laatuominaisuudet.
Käyttöikää testataan kovametallipalojen erilaisilla yhdistelmillä kovuuden ja iskusitkeyden
suhteen. Testierän teriin tilattiin kahta ominaisuuksiltaan erilaista kovametallilaatua. Terän
käyttöikään vaikuttaa paljon myös kovametallipalojen juotoksen ominaisuudet. Ennen
kaikkea juotoksen kestävyys ja sitkeys, etteivät teräpalat irtoa runkomateriaalista. Yleisim-
mät juotosaineet ovat hopeapohjaisia. Testierän terien juotoksissa valmistaja 1 käyttää
juotosaineena uushopeaa.

6.2 Kulutusosa – kovametalli insertti

Terärungon erillisen vaihdettavan kulutusosa inserttien tarkoitus on nopeuttaa ja helpottaa
terien huoltoa ja tuoda näin kustannussäästöjä. Terähuolloissa ei tarvitse irrottaa teräkiin-
nitystä roottorista, riittää kun vaihtaa terässä olevan insertin ja tarvittaessa sen kiinnitys-
pultit.

Inserttien kulumista on kuitenkin seurattava ja ne on vaihdettava uusiin riittävän aikaisin.
Jos terärunko pääsee kulumaan liikaa ja siinä olevat inserttien kiinnityspinnat vahingoittu-
vat, niin silloin koko terä on vaihdettava uuteen. Huoltokustannuksista saadaan säästöjä,
kun laitteiden purkaminen ja kokoaminen jää inserttien takia terähuolloissa vähemmälle.

6.3 Andritz BioCrusher

Kovametalli insertin sisältävän terän suunnittelu BioCrusheriin lopetettiin suunnittelun
luonnos vaiheessa, kun todettiin, että pulttikiinnityksen vaatima tila ei riittänyt nykyisen te-
rän mitoilla. Suurin ongelma oli riittävän luotettava liitos insertin ja terärungon välillä,
koska kierteiden korkeus olisi jäänyt liian matalaksi ja kiilakiinnityksellä koneistusta olisi
liian paljon.

Insertin kiinnitys olisi materiaalivirtaa kohti ja se olisi vaatinut jonkinlaisen erillisen lisäsuojan. Roottoriekon muutokset insertille nostaisivat terätkäisun valmistuskustannukset liian korkeaksi.

6.4 Kulutusosa – kovametallipalat

Kovametallipalojen kustannus oli joka laadulla sama. Käytetyt kovametallilaadut olivat ominaisuuksiltaan lähellä toisiaan ja teriä määrällisesti vähän. Näissä terissä terärunkojen kovametallipaloille tarkoitetut paikat pitää työstää tarkkojen toleranssien mukaisesti. Työstömäärät nostavat valmistuskustannuksia ja ovat suurin osa terien elinkaarikustannuksista. Nykyisiin hitsattaviin terätkäisuihin verrattuna testierän terät ovat kustannuksiltaan kalliimmat, mutta terien tilausmäärien noustessa kustannusero jää merkityksettömäksi.

6.4.1 Andritz BioCrusher

Kovametallipalojen kiinnityksestä ja terärungon vaihtoehtoisista materiaaleista, tehtiin useampi piirustus, koska haluttiin nähdä kuinka paljon ne vaikuttavat kokonaiskustannuksiin. Kovametallipalan kiinnityksellä ei ollut kustannuksiin vaikutusta. Valmistuskustannuksiin terärungon materiaalilla ei ollut merkittävää vaikutusta.

Testierään tilattiin teriä kahdella kovametallilaadulla. Kustannus oli sama molemmilla kovametalli laaduilla. Terätkäisujen kustannus nykyiseen terään verrattuna on testierän terillä kalliimpi, mutta suuremmalla tilausmäärällä hintaero tasoittuu.

6.4.2 BMV ja Hooper

Molempien repijöiden terissä käytettävä kovametallipala on samankokoinen. Lisäksi terärungot ovat painoiltaan samaa luokkaa. Niinpä terärunkojen osalta materiaalikustannuksissa ei ole eroja. Terämallien kustannusero johtuu kovametallipalojen ja niiden kiinnitysurien koneistuksen määrien eroista.

6.5 Kustannusten vertailu nykyisiin ratkaisuihin

BioCrusherin terätkäisujen kustannus isommalla tilausmäärällä on hiukan kalliimpi nykyiseen terään verrattuna. Testierän terillä hintaero on iso. Testiajojen jälkeen pystytään tekemään lopullinen elinkaarikustannuksien tarkastelu, kun on selvinnyt kuinka kauan terätkäisut kestävät murskausta.

7 YHTEENVETO

Toimeksianto ja tarkoitus työssä oli suunnitella kuorenmurskiin kestävät pitkän vaihtovälin terät, eri vaihtoehtoista kulutusosan materiaaliksi valittiin kovametalli. Terien parasta kulutuksen kestävyyttä haetaan testaamalla erilaisia kovametallipaloja, missä vaihtuvat niiden kovuus ja sitkeys ominaisuudet. Kovametallipalat kiinnitetään terärunkoihin hopeajuotoksella. Terärunkojen materiaali vaihtoehtoja suunnitteluvaiheessa oli muutama, mutta hintaerot niiden välillä eivät olleet merkittäviä.

Kuoren murskiin ja repijöihin menee useasti kuoren mukana kovia ja isompia kappaleita. Terä ja terärungon materiaalit valittiin siitä syystä kulutusta kestävämmästä materiaalista kuin nykyisten käytössä olevien kovahitsattujen terien materiaali. Testimurskaukset uusilla terämalleilla siirtyivät syksyyn, osasyynä siihen oli terien pitkä 12 - 20 viikon toimitusaika.

Kustannukset uusilla terämalleilla eivät poikenneet merkittävästi jo käytössä olevista terämalleista. Kovametalli määrittelee suurimmaksi osaksi niiden hinnan. Lopullinen kustannus terämalleille saadaan laskettua vasta, kun testit kenttäolosuhteissa on tehty ja selvitetty niiden kestävyys. Vertailut käytössä oleviin terämalleihin pitää tehdä terän koko elinkaaren kustannuksien mukaan.

LÄHTEET

Andritz Oy 2018. Yrityksen koulutusmateriaali. Lahti

Andritz Oy 2020. BMV-15 shredder [viitattu 15.2.2020]. Saatavissa:

<https://www.andritz.com/resource/image/64182/content-image-video/lq/1/pp-kft-shredder-bmv.jpg>

Andritz Oy 2020. Hooper shredder [viitattu 15.2.2020]. Saatavissa:

<https://www.andritz.com/resource/image/64180/content-image-video/lq/1/pp-kft-shredder-hooper.jpg>

Andritz Oy 2020a. Passion for innovative technologies that shape the world [viitattu 26.1.2020]. Saatavissa: <https://www.andritz.com/group-en/about-us>

Andritz Oy 2020b. Andritz Oy in Finland [viitattu 26.1.2020]. Saatavissa:

<https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy>

Andritz Oy 2020c. Andritz newsroom [viitattu 26.1.2020]. Saatavissa:

<https://www.andritz.com/newsroom-en#page=1>

Andritz Oy 2020d. Kuoren arvon nostaminen polttoaineena [viitattu 23.4.2020].

Saatavissa: <https://www.andritz.com/pulp-and-paper-en/locations/andritz-oy/kuoren-arvon-nostaminen-polttoaineena>

Andritz Oy 2020e. Bark processing systems [viitattu 15.2.2020]. Saatavissa:

<https://www.andritz.com/products-en/pulp-and-paper/pulp-and-paper/pulp-production/woodyard/bark-processing/bark-processing>

Alakangas, E. & Hurskainen, M. & Laatikainen-Luntama, J. & Korhonen, J. 2016.

Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy [viitattu 14.8.2018]. Saatavissa:

<https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2016/T258.pdf>

Ilvessalo-Pfäffli, M.-S. 2015. Kuidut kuvina. Paperikuitujen tunnistaminen. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

Kaarakainen, P. 2018. Tuotepäällikkö. Andritz Oy. Haastattelu 22.8.2018.

Knowpulp 2020. Kuoren käsittely [viitattu 3.5.2020]. Saatavissa:

http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/pulping/wood_handling/8_bark_handling/frame.htm?zoom_highlightsub=kuoren%E4sittely

Kuikka, K. & Kunelius, K. 1992. Puutekniikka, Materiaalit. Helsinki: Otava.

Kärkkäinen, M. 2005. Maailman metsäteollisuus. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

NASA Earth Observatory 2020. Global tamo 2017 full [viitattu 19.4.2020]. Saatavissa: https://www.nasa.gov/sites/default/files/thumbnails/image/global_tamo_2017_full.png

Piesala, P. 2011. Puun monet mahdollisuudet. Suomen Metsäyhdistys ry. [viitattu 2.5.2020]. Saatavissa: <https://frantic.s3.amazonaws.com/smy/2014/10/Puun-monet-mahdollisuudet-2011.pdf>

Puuinfo Oy 2018. Puulajit [viitattu 12.8.2018]. Saatavissa: <https://www.puuinfo.fi/puutieto/puulajit>

Puuntuottaja 2012. Puuntuottaja – raha on paras metsäneuvoja [viitattu 22.10.2018]. Saatavissa: <http://www.puuntuottaja.com/eucalyptuspellot-tuottavat-puuta-vuodessa-20m3-per-hehtaari/>

SCAN-G2:07, 2013. Testimenetelmä. Saatavissa: http://www.kemesta.fi/fin/julkaisut/scan-testimenetelmat/scan_g-sarja/. Helsinki: Kemesta ry.

SCAN 41:94, 2013. Näytteenotto. Saatavissa: http://www.kemesta.fi/fin/julkaisut/scan-testimenetelmat/scan_c-cm-ja-m-sarja/. Helsinki: Kemesta ry.

SFS-EN ISO 17225-1, 2014. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 1: Yleiset vaatimukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 17225-4, 2014. Kiinteät biopolttoaineet. Polttoaineen laatuvaatimukset ja -luokat. Osa 4: Laatuluokiteltu puuhake. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

SFS-EN ISO 17827-1. Kiinteät biopolttoaineet. Palakokojakauman määrittäminen. Osa 1: Täryseula-menetelmä (oskilloiva) käyttäen 1 mm ja sen yli meneviä seulan aukkoja. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.

Seppälä, M. J. & Klemetti, U. & Kortelainen, V.-A. & Lyytikäinen, J. & Siitonen, H. & Sironen, R. 1999. Kemiallinen metsäteollisuus 1, Paperimassan valmistus. Helsinki: Opetushallitus.

Tilastokeskus 2003. Suomi maailman kymmenenneksi metsäisin maa [viitattu 17.9.2018]. Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/tieto aika/tilaajat/ta_01_03_metsat.html