

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Imatra
Paperitekniikan koulutusohjelma
Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Leinonen Janne

MANKELIIN MENEVÄN HAKEVIRRRAN OPTIMOINTI

Opinnäytetyö 2010

TIIVISTELMÄ

Leinonen Janne

Mankeliin menevän hakevirran optimointi, 38 sivua

Saimaan ammattikorkeakoulu, Imatra

Tekniikka, paperitekniikan koulutusohjelma

Kuidutus- ja paperinvalmistustekniikan suuntautumisvaihtoehto

Ohjaajat: Esko Lahdenperä Saimaan AMK, Marko Harinen Stora Enso Oyj

Valvoja: Teuvo Ollila Stora Enso Oyj

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli lisätä hakemankelille menevän hakevirran määrää. Hakkeen mankeloinnin toivottiin auttavan keittolipeän imeytymistä hakepaloihin ja vähentävän rejektin määrää. Lisäksi tutkin työssäni molempien seulojen käyttäytymistä erisuuruisilla hakevirroilla.

Seulojen ja hakemankelin toimintaa tutkin kuvaamalla laitteita videokameralla normaaliajossa ja tekemällä hallittuja koeajoja. Tutkimalla kuvaamaani materiaalia selvitin, kuinka ylisuuri seula käyttäytyy eri hakevirroilla ja hihnan nopeuksilla. Ylipaksu seulan toimintaa tutkittiin eri hakevirroilla. Koeajoilla selvitin, kuinka suuren määrän haketta mankeli voi käsitellä ja kuinka mankelin telojen moottoreiden kuormittuminen käyttäytyy.

Tutkimalla ylisuuren seulan toimintaa huomasin, kuinka tietyllä hakkeen irtokuutiotilavuudella ja haketta syöttävällä hihnan nopeudella seula on ongelmassa. Ylipaksun seulan toimintaa tutkiessani huomasin, kuinka suuret hakevirrat kulkevat kauemmaksi seulassa kuin pienemmät hakevirrat. Tämä havainto on tärkeä, sillä hakemankeli sijaitsee ylipaksun seulan alla viimeisten kiekkojen alla. Hakemankelin koeajossa sain selvitettyä, kuinka suuren määrän haketta mankeli voi käsitellä mankelille menevää hakevirtaa säätävän säätöluukun ollessa täysin auki.

Tekemäni koeajon avulla pystyin suunnittelemaan mankelille menevää hakevirtaa säätävän säätöluukun säätölogiikan uudestaan. Uudella säätöluukun säätölogiikalla saadaan hakemankeliin menemään maksimaalinen määrä haketta ilman mankelin telojen moottoreiden liiallista kuormittumista. Mankeloidun hakkeen määrän lisääntymisen vaikutusta rejektin määrään en ehtinyt tutkia.

Avainsanat: hakemankeli, kiekboseula, hake, säätöluukku, hakevirta

ABSTRACT

Janne Leinonen

Optimizing Chip Flow into Chip Mangles

Saimaa University of Applied Sciences, Imatra

Papertechnology

Pulp- and Papermaking

Tutor: Mr Esko Lahdenperä, Saimaa University of Applied Sciences and
Mr Marko Harinen, Stora Enso Oyj

Supervisor: Mr Teuvo Ollila, Stora Enso Oyj

The object of this final year project was to increase the amount of chip flow that goes into chip mangles. The mangle is used to improve absorption of cooking liquors into chips. By doing this, the amount of cooking reject should decrease. Also the function of both screens with varying chip flows was studied.

The function of screens and chip mangles was studied by filming those in normal production and while making controlled tests. Studying the video material I figured out how over size chip screen worked with varying chip flows and belt conveyors' speed. Also based on the video material was studied how over thick chip screen worked in different size chip flows. By making controlled tests I figured out which amount of chips the chip mangle can process and what happen to its motors' loads in different chip flows.

By studying the function of oversize chip screen I discovered that the screen has problems when belts' speed is high and chip flow surpasses the designated amount. Studying the over thick chip screen, I discovered that when chip flow is big, the amount of chips that goes into chip mangle is increased. This happened because chips go further in the screen and more chips will drop into the chip mangle. The chip mangle locates under the over thick chip screen. In the controlled test I discovered the amount of chips that the chip mangle can process when the hatch that adjusts the amount of chips going into the chip mangle is wide open.

After the tests I was able to design new settings to the hatch. The hatch controls the amount of chip flow that goes into the chip mangle. I designed my new settings so that the amount of chip flow is as big as possible without increasing motor loads onto dangerous level.

Keywords: Chip Flow, Chip Mangle, Hatch, Disc-Screen, Chip

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	5
2 HAKKEEN VALMISTUS.....	6
3 KIEKKOHAKKU.....	7
3.1 Kiekkohakun rakenne.....	7
3.2 Haketusprosessi.....	9
4 HAKKEEN KULJETUS.....	9
4.1 Hihnakuuljetin.....	9
4.2 Ruuvikuuljetin.....	11
4.3 Liikkuvat ruuvipurkaimet.....	12
4.4 Kola- ja ketjukuljettimet.....	13
5 HAKKEEN VARASTOINTI.....	13
5.1 Kekovarastot.....	14
5.2 Siilovarastot.....	14
6 SEULONTA.....	15
6.1 Tasoseula.....	16
6.2 Kiekkoseula.....	17
6.3 Rullaseula.....	18
7 HAKEMANKELIN SÄÄTÖLUUKKU.....	19
8 HAKEMANKELI.....	20
9 KUITULINJA 2:N SEULOMO.....	22
10 HAKEVIRTOJEN TUTKIMINEN.....	23
10.1 Hakevirta ylisuurella seulalla.....	24
10.1.1 Hihnan nopeuden muutoksen vaikutus.....	25
10.2 Hakevirta ylipaksulla seulalla.....	26
10.2.1 Kiekkojen pyörimisnopeuden muutoksen vaikutus.....	26
10.3 Hakevirran tutkimuksen tulokset.....	27
11 MANKELIIN MENEVÄ HAKEVIRTA.....	28
11.1 Mankelin koeajo.....	28
11.2 Koeajon tulokset.....	31
12 SÄÄTÖLUUKUN SÄÄTÖLOGIIKKA.....	32
12.1 Vanha säätölogiikka.....	33
12.2 Uusi säätölogiikka.....	33
13 YHTEENVETO.....	34
13.1 Hakevirtoja seulassa.....	35
13.2 Hakemankeliin menevä hakevirta.....	35
KUVAT.....	36
KUVIOT.....	37
LÄHTEET.....	38

1 JOHDANTO

Saimaan rannalla sijaitseva Stora Enson Imatran tehtaat muodostuu kahdesta tehdasyksiköstä, Kaukopäästä (Kuva 1.) ja Tainionkoskesta. Myös Karhulan tehdas kuuluu organisatorisesti Imatran tehtaisiin. Yhdessä Kaukopään ja Tainionkosken yksiköt työllistävät noin 1400 henkeä. Imatran tehtaiden kapasiteetti on yli miljoona tonnia kartonkia ja paperia vuodessa, tuotteista yli 90 % menee vientiin. Päämarkkina-alueet sijaitsevat Euroopassa, mutta merkittävä osuus viennistä viedään myös Kaakkois-Aasiaan. (Stora Enso)



Kuva 1. Imatran tehtaat, Kaukopää (Stora Enso)

Imatran tehtailla tuotetaan eri paperi- ja kartonkilaatuja. Tuotettavat kartonkilaadut ovat erilaiset nestepakkauskartongit, elintarvikekartongit, pakkauskartongit ja graafiset kartongit. Imatran tehtaalla valmistetaan myös pakkaus- ja toimistopapereita. Tainionkosken tehtaalla valmistetaan myös huonekaluteollisuuden laminaatteihin käyttämää Absorbex-paperia. (Stora Enso)

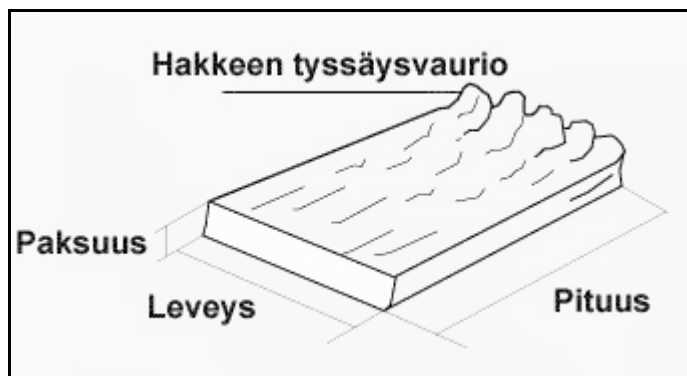
Kaukopään kuitulinjalla 2 valmistetaan valkaistua mäntysulfaattisellua jatkuvatoimisella keitolla. Kuitulinjalla 2 oli huomattu, että hakemankeliin menevän hakkeen osuus oli pieni. Hakevirran mukana tulevan ylipaksun hakkeen uskottiin menevän hakemankelin ohi ja menevän keittoon sellaisenaan.

Työni tarkoitus on saada lisättyä hakemankeliin menevän hakevirran määrää. Tällöin ylisuuret hakepalat menisivät hakemankelin käsittelyn kautta keittoon. Tämän toivotaan vähentävän keitossa syntyvän oksarejektin määrää.

2 HAKKEEN VALMISTUS

Sellua ja kemimekaanista massaa valmistettaessa kuoritut puut on pilkottava pieniksi paloiksi eli hakkeeksi. Tällöin keittoliuos tunkeutuu tasaisesti ja perusteellisesti koko keitettävään puuainekseen. Tällöin saavutetaan mahdollisimman hyvälaatuinen massa. (Hägglom & Ranta 1971, 52.)

Hakkeen käyttökohteen takia hakkeen dimensiot (Kuva 2.), pituus, paksuus ja leveys, vaihtelevat. Sellua tehdessä hakkeen pituus on noin 15 - 30 mm ja paksuus noin 4 - 5 mm. Hakkeen leveys ja paksuus ovat riippuvaisia hakun rakenteesta ja puun ominaisuuksista. (Seppälä & Klementti & Kortelainen & Lyytikäinen & Siitonen & Sironen 2002, 31.)



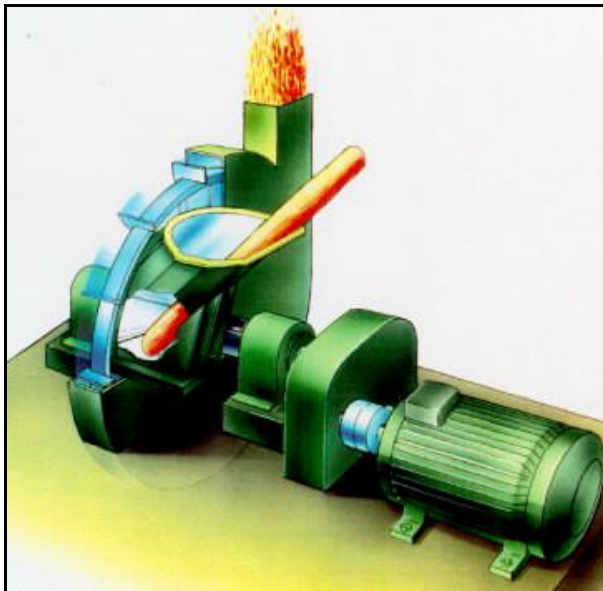
Kuva 2. Hakepalan dimensiot (Knowpap 5.0)

Haketta tehdään yleensä hakettamalla kuoritut puut hakkurissa. Hakkurit ovat rakennettu samojen periaatteiden mukaan mutta ne voidaan erottaa toisistaan puun syöttötavan ja terien lukumäärän avulla. (Hägglom & Ranta 1971, 52)

3 KIEKKOHAKKU

Kiekkohakku (Kuva 3.) on hakkeen tuotantoon sellutehtailla ja hiertämöissä yleisesti käytetty hakkutyyppi. Kiekkohakut luokitellaan puun syöttötavan ja hakkeen poistotavan mukaan. (Seppälä ym. 2002, 31.)

Hakut jaetaan hakkeen poistotavan mukaan puhallustyhjennushakkuihin, pudotustyhjennushakkuihin ja sivullepurkaushakkuihin. Puut voidaan syöttää joko ylhäältä syöttöluiskan avulla tai ohjaamalla puut vaakasuoralla kuljettimella teräpyörää vasten. Hakut voidaan jakaa myös syöttötavan mukaan pystysyöttö- ja vaakasyöttöhakkuihin. (INSKO 1984)

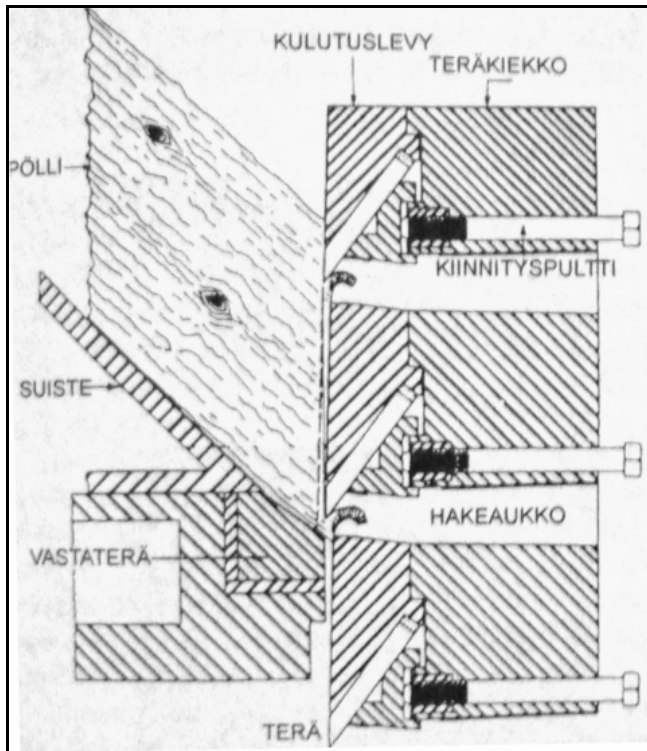


Kuva 3. Pystysyöttöinen puhaltava kiekkohakku (Knowpap 5.0)

3.1 Kiekkohakun rakenne

Haketuksen kiekkohakussa suorittavat pyörivään teräkielekkoon kiinnitetyt terät. Kiekkohakun pyörivään teräkielekkoon on kiinnitetty yleensä 6 - 16 terää. Jokaisen terän kohdalla on terän pituinen aukko, josta hake siirtyy toiselle puolelle kiekkoa. Terät ovat kiinnitetty teräkielekkoon joko pintakiinnityksellä tai puristuskiinnityksellä. Terien puoleiseen teräkielekkonpintaan on kiinnitetty kulutuslevyt, jotka ovat päällystetty kulutusta kestäväällä pinnoitteella. Levyt

suojaavat kiekkoa kulumiselta haketuksen aikana. Terät voivat sijaita teräkiekossa joko teräkiekon säteen suuntaisesti tai tangentiaalisesti, jolloin terän jatke sivuaa keskiötä 50 - 400 mm. Kuvassa 4 on esitetty kiekkohakun rakennetta ja hakkeen muodostuminen hakussa. (Seppälä ym. 2002, 32.)



Kuva 4. Hakkeen muodostuminen (Seppälä ym. 2002, 33.)

Teräkiekko sijaitsee levystä hitsatussa kotelossa, joka ohjaa hakkeen puruaukkoon. Koteloon on tehty myös terien vaihtoa helpottava luukku. (Seppälä ym. 2002, 32.)

Syöttökita on tehty teräslevystä ja sen alle on kiinnitetty kovametallipinnoitteinen vastaterä. Syöttökita on sijoitettu teräkiekkoon nähden akselitason ala- tai yläpuolelle tai sivulle, hakkurin rakenteen vuoksi. Pystysyöttöisissä hakuissa syöttökidan kulma teräkiekkoon nähden on 30 - 40°. Vaakasyöttöhakussa vastaava kulma on noin 35°. Vastaterän vaihtaminen on onnistuttava helposti. (Seppälä ym. 2002, 32.)

3.2 Haketusprosessi

Puut syötetään noin 35°:n kulmassa teräkiekkoa vasten. Hakepalat lohkeavat irti kun terän kiilamainen leikkauspinta tunkeutuu puuhun. Puusta irtoava kiekko halkeilee heti kulkiessaan teräkiekonaukkojen läpi. (Seppälä ym. 2002, 33.)

Haketuksessa erotetaan kolme päävaihetta. Ensin on leikkaus, jolla hakepituus määräytyy. Toiseksi on leikatun osan ulostyöntö, jolla hakepalan paksuus määräytyy. Kolmanneksi saadun puukakun rikkoutuminen, jolloin määräytyy lastujen leveys. Näistä ainoastaan hakepituuden tavoitearvo on säädettävissä, hakkeen paksuus ja leveys ovat enemmän tai vähemmän sattuman varassa. (Seppälä ym. 2002, 33.)

4 HAKKEEN KULJETUS

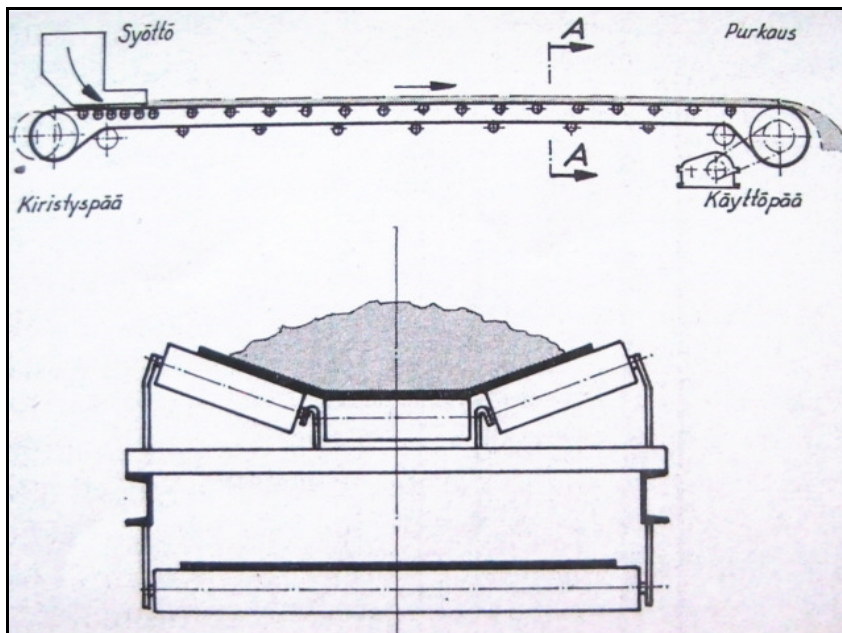
Hakkeen siirto tehtaan eri osastojen ja koneiden välillä voidaan suorittaa usealla eri tavalla. Haketta kuljetetaan esimerkiksi hakkurilta seulalle, seuloilta varastoon ja varastoilta keittimeen. Hakkeen kuljetukseen käytettäviä laitteita on monenlaisia mutta yleisemmät ovat hihnakuljettimet, ruuvikuljettimet ja erilaiset ruuvipurkaimet. (Hägglom & Ranta 1971, 62.)

4.1 Hihnakuljetin

Hihnakuljetin (Kuva 5.) on yleisin hakekuljetin. Sen etuihin kuuluu suhteellisen yksinkertainen rakenne, varmakäyttöisyys, halvat ylläpitokustannukset ja pieni voimantarve. Hihnakuljettimen haittapuolia ovat suhteellisen loiva nousukulma haketta ylöspäin kuljettaessa sekä kalliit hankintakustannukset kun suunnitellaan pitkiä kuljetusmatkoja. (Hägglom & Ranta 1971, 62 - 63.)

Hihnakuljettimen muodostavat noin 600 - 1000 mm:n suuruinen vetotela ja suurin piirtein samankokoinen tai hieman pienemmän päätetelan väliin kiristetty päätön kumihihna. Hihnaa kannattavat yläpuolella noin 1 - 1,5 metrin välein

olevat kannatusrullat. Palautuspuolella hihnaa kannattavat palautusrullat, jotka ovat noin 2 - 3 metrin etäisyydellä toisistaan. Kannatusrullarakenne muodostaa yleensä kolmesta eri rullasta. Rullat ovat toisiinsa nähden kulmittain (Kuva 5.) niin, että hihna muodostuu kourun muotoon. Kourun muotoiseen hihnaan saadaan mahtumaan suurempi hakemäärä kuin tasaisena oleva hihnaan. Hihnan sivuttaisliikettä estetään käyttämällä hihnan molemmilla laidoilla olevia matalia pystysuoria ohjausrullia. Hihnan kiristäminen tapahtuu kiristävän päätelan tai erillisen kiristystelan avulla. (Hägglom & Ranta 1971, 63.)

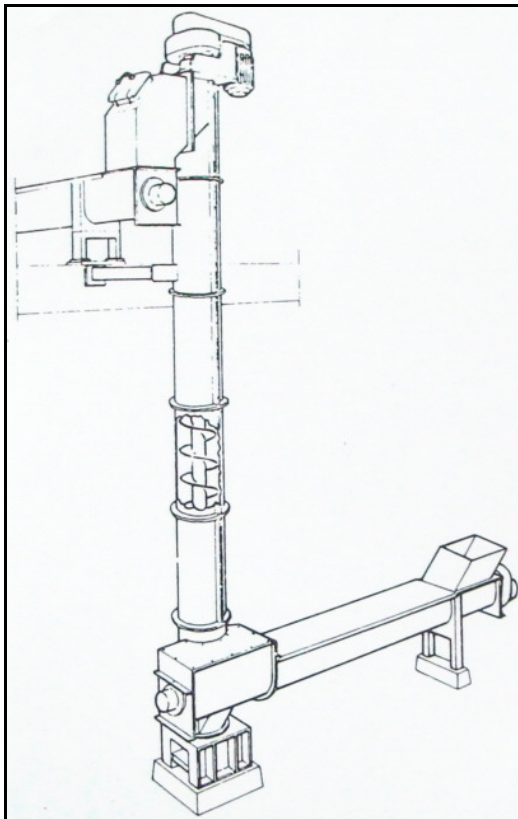


Kuva 5. Hihnakuuljetin (Hägglom & Ranta 1971, 63.)

Hihna itse on tehty useasta vahvistetusta kangasvälikerroksesta 6 - 10 millimetrin paksuinen kumihihna. Hihnan leveys vaihtelee käyttökohteen mukaan, yleensä leveys on 400 - 1200 millimetrin luokkaa. Hihnan pinta on vaakasuorilla tai loivasti nousevilla pinnoilla sileä. Jyrkemmissä nousukulmissa käytetään epätasaista hihnan pintaa. (Hägglom & Ranta 1971, 63.)

4.2 Ruuvikuljetin

Haketta pystytään siirtämään ruuvikuljettimella vaakasuoraan, pystysuoraan ja kaikilla nousukulmilla näiden välillä. Hakkeen kuljetukseen lyhyillä matkoilla ruuvikuljetin on parhaimmillaan, jolloin ruuvikuljettimen suuri tehontarve ei ole ratkaiseva haitta. Ruuvikuljetin on varmatoiminen kuljetin. Hakevirtaa on helppo säätää ruuvin kierroslukua muuttamalla sekä pölytiivinä kuljetin ei roskaa ympäristöä. Haketta voidaan pudottaa ruuvikuljettimesta pois myös välipudotuskohdista. Näiden järjestäminen kuljettimelle on helppo järjestää. Kuvassa 6 nähdään esimerkki ruuvikuljetin järjestelmästä. (Virkola 1983, 224 – 225.)

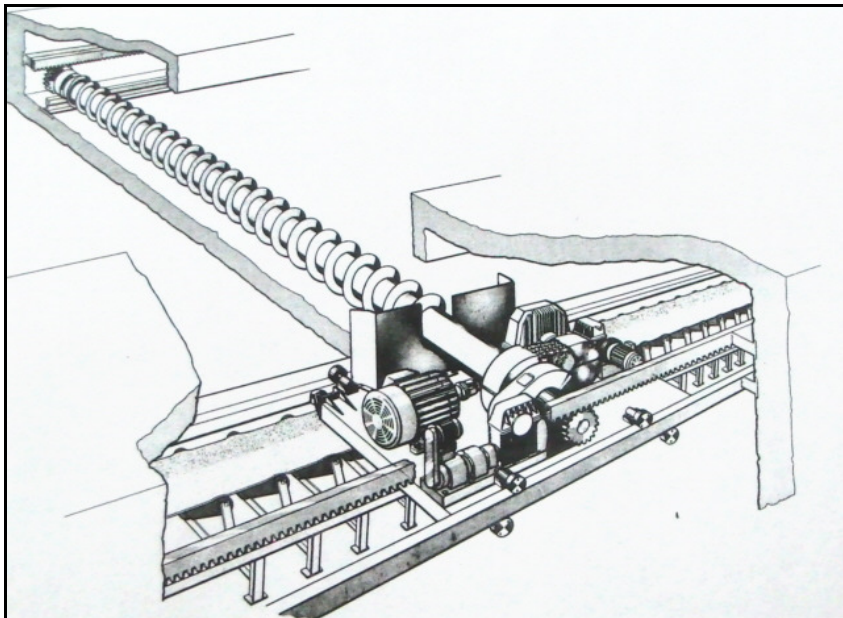


Kuva 6. Ruuvikuljetinjärjestelmä (Virkola 1983, 225.)

Ruuvikuljettimen kapasiteetti on riippuvainen ruuvin kierteen noususta, ruuvin läpimitasta ja kierrosluvusta. Ruuvikuljettimia rajoittaa pituudessa akselin taipuma, koska ruuvikuljettimiin hakkeenkuljetuksessa pyritään välttämään välilaakereiden käyttöä. (Virkola 1983, 225.)

4.3 Liikkuvat ruuvipurkaimet

Kummastakin päästä tuetun liikkuvan ruvipurkaimen (Kuva 7.) ruuvi on kummassakin päässä olevan kannatuskiskon varassa. Kun ruuvilla puretaan haketta, se liikkuu samalla oman käyttökoneiston vetämänä kulkuradalla. Näin ollen haketta voidaan purkaa koko ruuvin kulkuradan pituudelta. Ruvipurkain voi olla joko vetävä, työntävä tai kumpaankin päähän yhtä aikaa purkava. Liikkuvia ruvipurkaimia on yleensä käytössä hakesiilojen purkamisessa. Purkukapasiteettia voidaan säätää muuttamalla ruuvin kierroslukua. Liikkuvan ruvipurkaimen enimmäispituus rajoittaa purkualueen leveyttä noin 10 metriin. (Virkola 1983, 226.)



Kuva 7. Kummastakin päästä tuettu liikkuva ruvipurkain (Virkola 1983, 226.)

Ruvipurkain voi olla myös vain toisesta päästä tuettu. Tällaisia purkaimia voidaan käyttää myös pyöreäpohjaisten siilojen purkuun. Tällöin purkain kiertää siilon keskiöön laakeroituna koko siilon pohjan alla. (Virkola 1983, 227.)

Ruvipurkaimilla on suurempi tehontarve kuin ruvikuljettimilla, koska ruuviin kohdistuu hakkeen purkua suorittaessa sen päällä olevan hakkeen paino. (Virkola 1983, 227.)

4.4 Kola- ja ketjukuljettimet

Kolakuljettimet ovat yleensä hakkeen käsittelyssä kaksiketjuisia. Yksiketjuisia käytetään yleensä vain pienien hakemäärien käsittelyyn. Kolakuljettimilla voidaan haketta nostaa noin 35° kulmassa, kuljetin voi olla pystytasossa kaareva. Kolakuljettimelle voidaan tehdä myös välipudotuspaikkoja, mutta hake ei putoa täydellisesti välipudotuspaikoilla. Hake liikkuu kolakuljettimilla patjoina, jotka ovat huomattavasti kolia suurempia. (Virkola 1983, 227.)

Haittapuolina kolakuljettimissa ovat hakepalasten kiilautuminen ketjujen ja liikkuvien osien väliin, ketjujen ja kolien kuluminen sekä usein kuljettimesta aiheutuma melu. Lisäksi kolakuljettimet vaativat enemmän huoltoa kuin hihna- ja ruuvikuljettimet. (Virkola 1983, 227.)

Ketjukuljettimia käytetään hakekasojen purkukuljettimina. Ketjut vetävät haketta hakekasan pohjalta purkausaukkoa kohti. Ketjun nopeutta voidaan säätää. Ketjukuljettimessa purkaminen perustuu hakkeen kitkaan, jonka päällä oleva hakepatja liikkuu. (Virkola 1983, 228.)

5 HAKKEEN VARASTOINTI

Hakkeen varastoinnilla tasataan kapasiteettivaihteluja eri prosessien välillä. Hakevarasto toimii siis varmuusvarastona, jos hakkeen tuotanto häiriintyy, vaikka muu prosessi toimii normaalisti. Lisäksi hakkeen käsittely on taloudellisempaa kuin irtopölyjen, sillä hakkeen käsittelyyn tarvittavien laitteiden automatisointi ja energiankulutus on vähäisempää. Toisaalta puuhäviöt ovat suurempia ja pihkan muuttumisen myötä tärpätin ja mäntyöljyn sivutuotesaanto pienenee. (Seppälä ym. 2002, 35.)

Puuta pystytään varastoimaan hakkeena suurempina määrinä tehtaille kuin pölleinä. Etenkin kun hakkeen varastointi tehdään ulkovarastointina, korkeisiin kekoihin voi mahtua 100 000 - 200 000 i - m³ haketta. Siilovarastoinnissa

hakemäärä ei voi olla suurempi kuin siilonkoko, ja tämä rajoittaa siilovarastoissa olevan hakkeen määrän. (Seppälä ym. 2002, 35.)

5.1 Kekovarastot

Hakekasan muoto keossa riippuu siitä, millaisella laitteistolla keko tehdään. Keko voidaan koota pneumaattisella kuljettimella tai hihnakuljettimella. (Seppälä ym. 2002, 35.)

Pneumaattisella kuljettimella hake puhalletaan kasalle yhdestä tai useasta puhallusputkesta. Hakkeiden lentorataa ohjataan levyillä, jotka sijaitsevat puhallusputken päässä. Tätä menetelmää käytetään enää vähän. Mutta esimerkiksi sahakkeen siirtämisestä vastaanottotaskusta kentälle tätä menetelmää voidaan käyttää. (Seppälä ym. 2002, 35.)

Hihnakuljettimella hakekeon muodoksi muodostuu yleensä hihnakuljettimen suuntainen suorakulmion muotoinen auma tai pyöreä keko. Hihnakuljetin sijaitsee hakekasan yläpuolella ja hake voidaan tiputtaa kasan erikohtiin, jotta saataisiin tasainen kasa. (Seppälä ym. 2002, 35.)

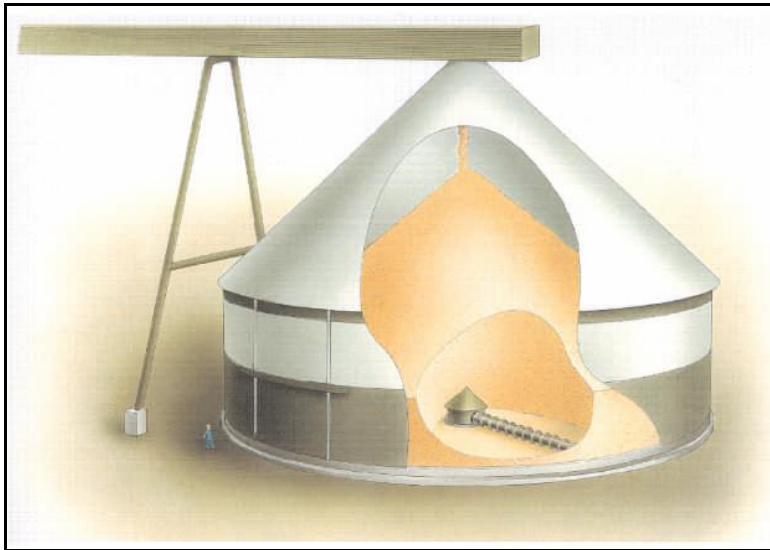
Talvella hakekasa jäätyy vain hieman pinnalta, hakekasan sisällä tapahtuvan lämpenemisen vuoksi. Mutta keon laiduille saattaa muodostua isoja jäätyneitä möykkyjä, jotka aiheuttavat ongelmia jatkoprosessissa. (Seppälä ym. 2002, 36.)

5.2 Siilovarastot

Siilovarastoinnilla voidaan erotella eri haketyypit, kuten sahakke ja pöllihake helposti toisistaan varastoimalla ne eri siiloihin. Samalla voidaan helposti hallita eri hakelaatujen välistä annossuhdetta, purkamalla eri siiloja halutulla tavalla. (Seppälä ym. 2002, 36.)

Siilovarastot (Kuva 8.) rakennetaan betonista ja nykyisin teräksestä. Hakkeen purku tulee tapahtua koko siilon pohjan alueelta, sillä siilovarastoinnissa hake

saattaa holvautua. Holvautumiseen vaikuttaa hakepalasten lepokitka, hakkeen kosteus ja mahdollisten seisokkien pituus. (Seppälä ym. 2002, 36.)



Kuva 8. Hakesiilo jossa ruuvipurkain (Knowpap 5.0)

6 SEULONTA

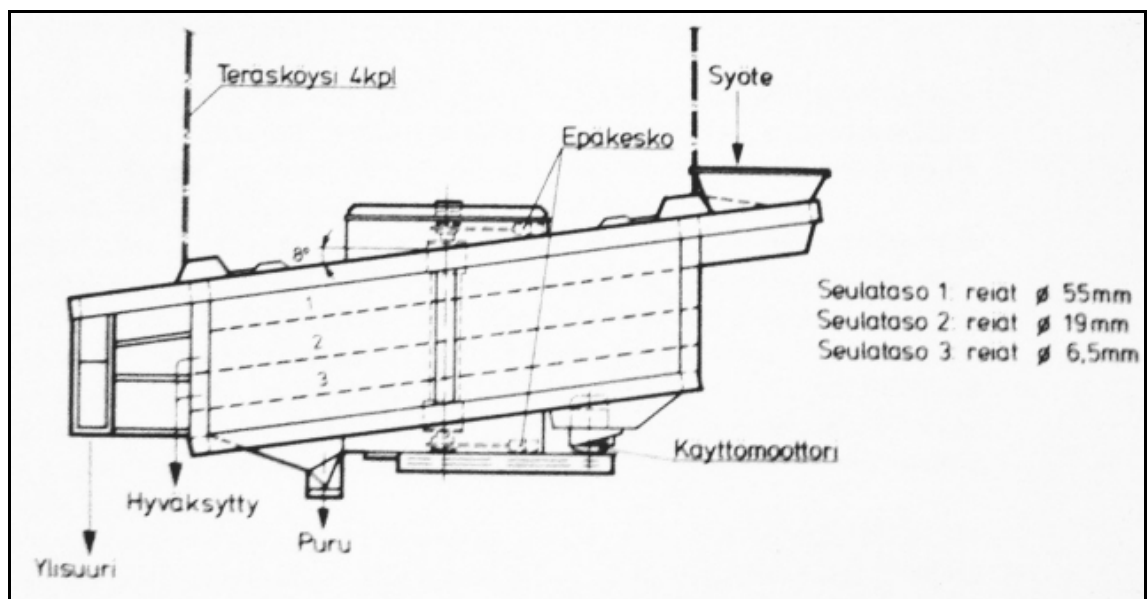
Hakuilla valmistettu hake sisältää normaalisti 1 - 2 % purua ja osan ylisuuria hakepaloja sekä tikkuja. Eräkeittimillä voidaan ajaa seulomatonta haketta. Jatkuvatoimiset keittimet ovat herkempiä laadun suhteen, tämän vuoksi jatkuvatoimiseen keittimeen ajetaan seulomatonta haketta vain äärimmäisissä ajotilanteissa. Mutta erilaisilla toimenpiteillä yhä suuremmat tikku- ja purumäärät voidaan hyväksyä jatkuvatoimiseen keittoon. Esipaisutuksella ja ulkopuolelle sijoitetuilla sihteillä, jotka voidaan puhdistaa ilman tuotannon keskeytymistä, voidaan näitä häiriöitä huomattavasti poistaa. (Puusta paperiin 1989, 76.)

Seulonnalla voidaan seuloa kaikki puru pois hakkeen joukosta. Puru voidaan sitten annostella myöhemmin hakkeen joukkoon tasaisesti ja haluttuina määrinä. Seulottu puru voidaan polttaa tai keittää omassa keittimessään massaksi. Purukeiton saanto on alhaisempi kuin hakkeella, purussa olevien katkenneiden kuitujen takia. (Puusta paperiin 1989, 77.)

Ostohake on luonnollisesti epätasalaatuisempaa kuin omalla tehtaalla tehty hake. Tästä johtuen ostohake on myös syytä seuloa ennen keittoa. (Puusta paperiin 1989, 77.)

6.1 Tasoseula

Tasoseulassa (Kuva 9.) seulontapintoina toimivat erilaiset tasot. Seulontapinnat ovat päällekkäin ja viettävät lievästi hakkeen poisto suuntaan seulasta. Ylimpänä on harva seulapinta, jolla erotetaan hakkeen joukosta isot puukappaleet ja tikut. Alimpana on purun erotteluun käytetty seulapinta. Puruseulassa reikäkoko on tavallisesti 4 - 6 millimetriä ja tikkuseulassa 25 - 40 millimetriä. Keittoon tarkoitettu hakejake tai -jakeet erottuvat mahdolliselta väliseulapinnalta tai alimmalta olevan puruseulapinnalta. Hakejakeet poistuvat seulasta ylimenona omille kuljettimilleen, josta erotetut jakeet jatkavat matkaansa omiin käsittelyihin. (Hägglom & Ranta 1971, 61.)



Kuva 9. Tasoseula (Virkola 1983, 216.)

Seulontakori, johon tasot ovat kiinnitetty, riippuu köysien varassa tai lepää kuula- tai rullalaakerien varassa alustansa päällä. Seulontakorille saadaan aikaan sen ympyränmuotoinen ravistusliike käyttämällä hyödyksi vastapainoja ja epäkeskoisuutta. (Hägglom & Ranta 1971, 61.)

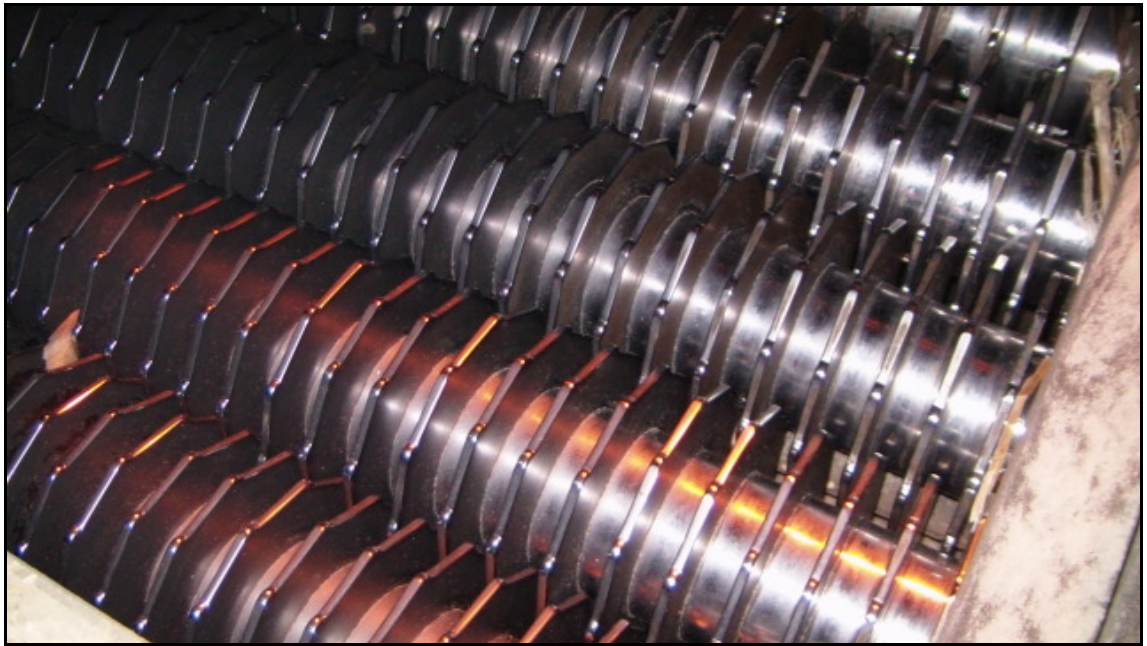
6.2 Kiekkoseula

Kiekkoseulat (Kuva 10) kehitettiin sekä hakkeen paksuusseulontaan että kokopuuhakkeen lajittelua varten. Paksuusseulonnalla pyritään erottamaan hakkeesta massan hylkymäärää lisäävä ylipaksu jae. Ylipaksusta jakeesta huomattava osa on puun oksaa. Kiekkoseulalla poistetaan seulonnassa myös risut ja neulastupsut, jotka normaalisti tukkisivat reikäseulat. (Virkola 1983, 217.)



Kuva 10. Kiekkoseula

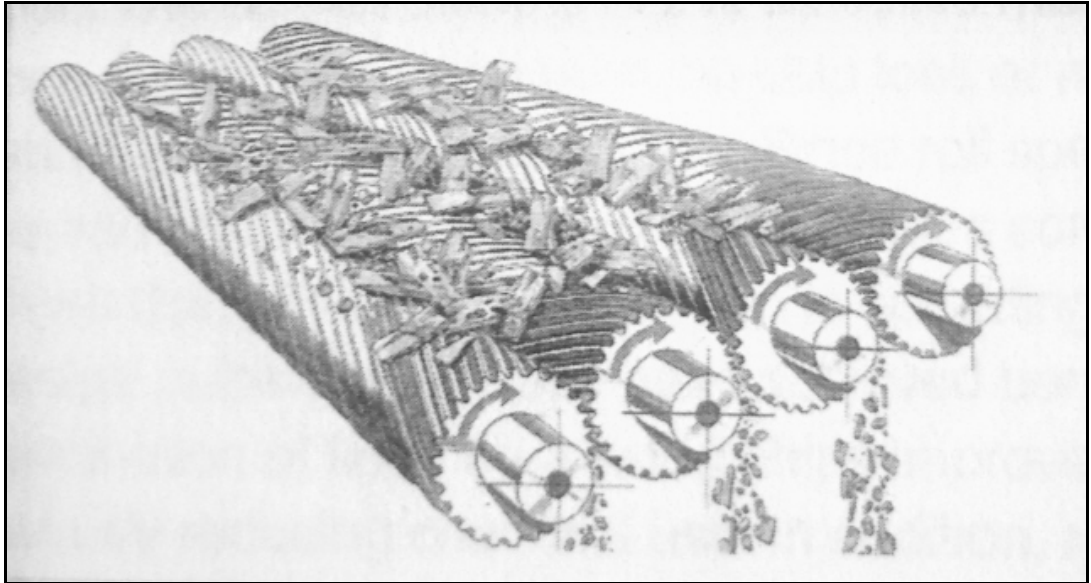
Kiekkoseulassa on akseleille tietyin välimatkoin sijoitettuja kiekkoja. Akseleita laitetaan seulassa useita lähemmäs. Näin limittäin menevien kiekkojen (Kuva 11.) väliin jää halutun kokoinen rako. Kiekkoseulan akselit ja kiekot pyörivät samaan suuntaan. Tällöin kiekkojen välinen rako on tehokas lajittelija. Tukkeutuminen on seulassa harvinaista, samaan suuntiin pyörivien kiekkojen vuoksi. Hake syötetään kiekkoseulan toiseen päähän, josta se etenee seulan kiekkojen siirtämänä kohti toista päätä. Kiekkojen välistä rako ohuemmat hakkeet putoavat kiekkojen välistä ja menevät hyväksytyksi jakeeksi, ja ylipaksut kulkeutuvat seulan yli. Ylipaksu jae käsitellään joko hakettamalla tai murskaamalla. (Virkola 1983, 217.)



Kuva 11. Kiekkoseulan kiekot

6.3 Rullaseula

Rullaseula (Kuva 12.) koostuu vierekkäin samaan suuntaan pyörivistä rullista. Rullien pinta on käsitelty haluamalla tavalla, telojen pinnat voivat olla esimerkiksi uritettu tai timanttikuvioisia. Rullien etäisyys toisistaan ja urien koko kontrolloivat seulan läpi menevän materiaalin kokoa. (Gullichsen & Paulapuro 2000, 401 – 402.)

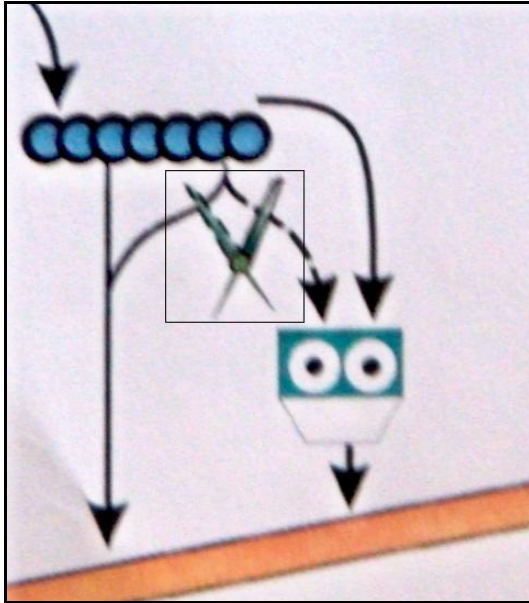


Kuva 12. Rullaseula (Gullichsen & Paulapuro 2000, 401.)

Rullaseulaa käytetään hienojakeen erottamiseen hakkeesta. Rullaseulassa hake virtaa seulan ylitse, jolloin hakkeen joukossa oleva hienoaines menee telan pinnassa oleviin uriin ja tipahtaa telojen välistä seulan alapuolelle. Seulan alapuolelta hienoaines kerätään talteen erillisellä kuljettimella, josta puru jatkaa matkaansa jatkokäsittelyyn. (Gullichsen & Paulapuro 2000, 401 – 402.)

7 HAKEMANKELIN SÄÄTÖLUUKKU

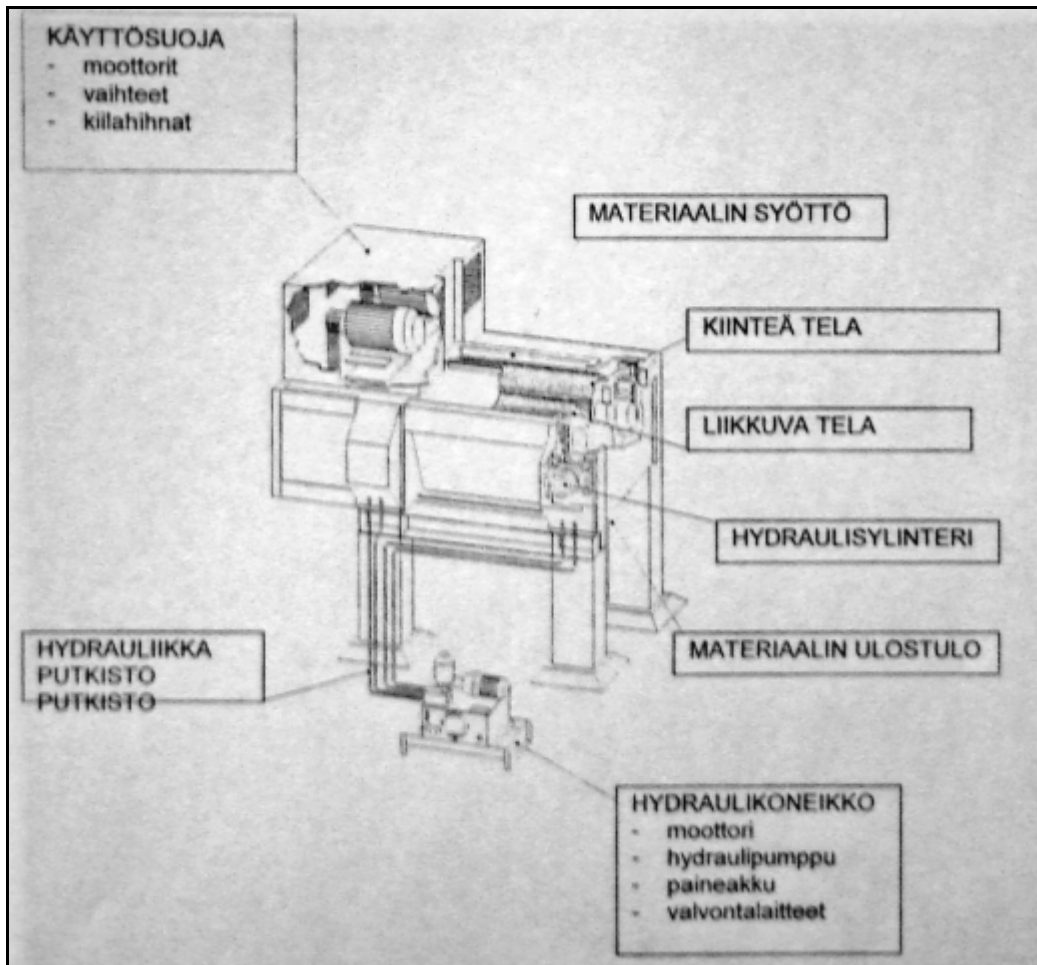
Säätöluukku (Kuva 13.) sijaitsee hakkeen paksuusseulan alla. Säätöluukun asentoa muuttamalla säädetään hakemankelille menevän ylipaksun hakkeen osuutta. Säätöluukku on viritetty toimimaan automaattisesti linjan kapasiteetin mukaan. Säätöluukun asento kapasiteetin ollessa pieni on maksimisissa. Linjan kapasiteetin kasvaessa alkaa säätöluukun asento lähestyä minimiä. Säätöluukku asento muuttuu siis lineaarisesti kapasiteetin kasvaessa tai pienentyessä. (BMH - wood technology 2000, 248.)



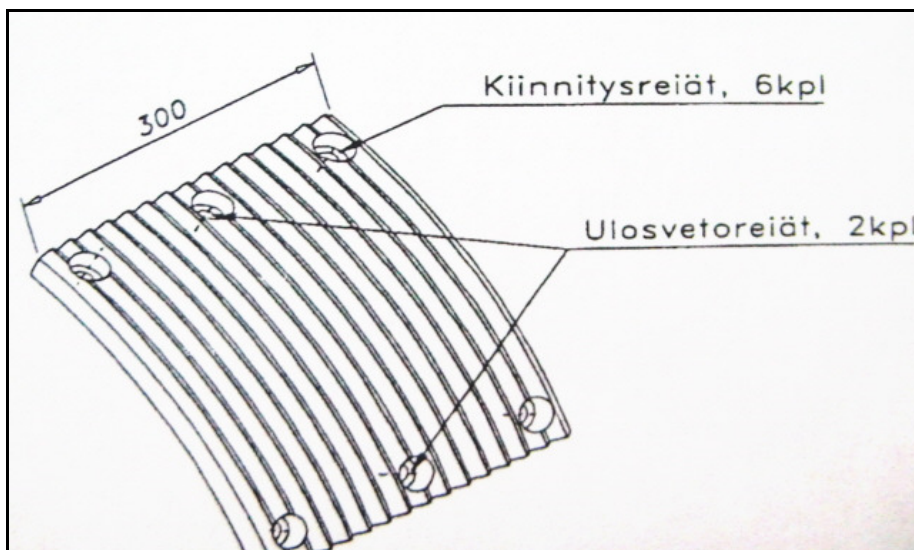
Kuva 13. Hakemankelin säätöluukku

8 HAKEMANKELI

Hakemankelin (Kuva 14.) tarkoitus on optimoida paksuusseulan syöttämä ylipaksuhake keittoa varten. Hakemankelissa on kaksi toisiaan kohti pyörivää telaa, joilla kummallakin on oma käyttömoottori. Telojen pinta koostuu useista segmenteistä (Kuva 15.). Segmentin pintakuvion kuluessa ei tarvitse koko telaa vaihtaa vain kuluneet segmentit. Telat ovat toisiinsa nähden samanlaiset ainoastaan että toinen teloista on asennettu kiinteäksi telaksi ja toinen teloista on niin sanottu ”liikkuva tela”. Kiinteä tela on kiinnitetty suoraan mankelin runkoon ja ”liikkuva” telaa voidaan kahden hydraulisynterin avulla liikuttaa kiinteän telan viereen tai kauas siitä. Telojen väliin jää noin 5 millimetrin rako, kun mankeli on ”työasennossa”. (BMH - wood technology 2000, 70 – 72.)



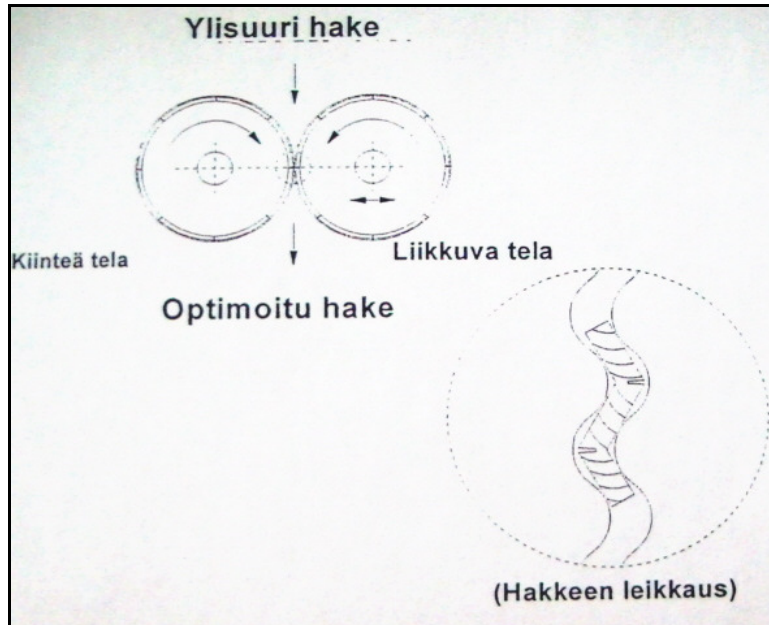
Kuva 14. Hakemankeli (BMH - wood technology 2000, 76.)



Kuva 15. Hakemankelin segmentti (BMH - wood technology 2000, 6.)

Hake syötetään mankeliin ylhäältä (Kuva 16.) päin ja hake kulkeutuu mankelin telojen välistä. Telojen urituksen ja painovoiman avulla hakkeet imeytyvät

telojen nippiin. Tällöin ylipaksut hakkeet litistyvät ja hakkeista tulee tämän käsittelyn jälkeen parempia keitettäviä sillä keittokemikaalit imeytyvät paremmin hakepalaan. (BMH - wood technology 2000, 70 – 72.)



Kuva 16. Hakkeen kulku hakemankelissa (BMH - wood technology 2000, 72.)

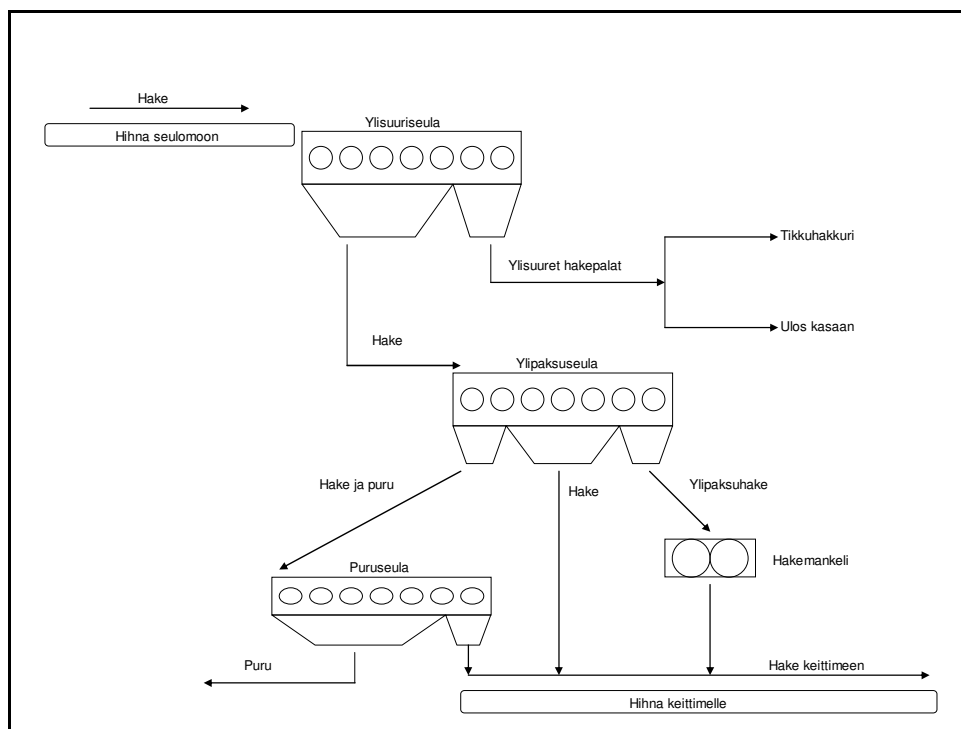
Hakemankeli on sijoitettu ylipaksunhakkeen seulan alapuolelle. Hakemankelille menevää hakevirran määrää voidaan säätää tasaisenkin ajon aikana säätämällä säätöluukun asentoa. (BMH - wood technology 2000, 70 - 72.)

9 KUITULINJA 2:N SEULOMO

Seulomoon (Kuva 17.) hake tulee hihnakuuljetinta pitkin. Hihnalta hake menee ylisuurelle seulalle, jossa hakevirrasta erotetaan ylisuuret hakepalat ja tikut. Ylisuuret hakepalat ja tikut jatkavat matkaansa seualta tikkuhakkuun tai hihnaa pitkin ulos. Akseptihake jatkaa matkaansa ruuvikuljettimen avustuksella ylipaksulle seulalle.

Ylipaksulla seulalla hakevirta jatkaa matkaansa kolmeen eri kohteeseen. Ensimmäisiltä kiekoilta hakevirta ohjataan puruseulaan, jossa hakkeen joukosta erotetaan puru. Eroteltu puru kuljetetaan ulos, ja hake jatkaa matkaansa hihnakuljettimelle, joka vie hakkeen keittimeen.

Ylipaksun seulan keskivaiheilta hakevirta ohjataan suoraan keittimelle menevälle hihnalle. Seulan viimeisiltä kiekoilta ylisuuret hakepalat ohjataan hakemankeliin. Hakemankelilta hake tipahtaa suoraan keittimelle menevälle hihnalle.



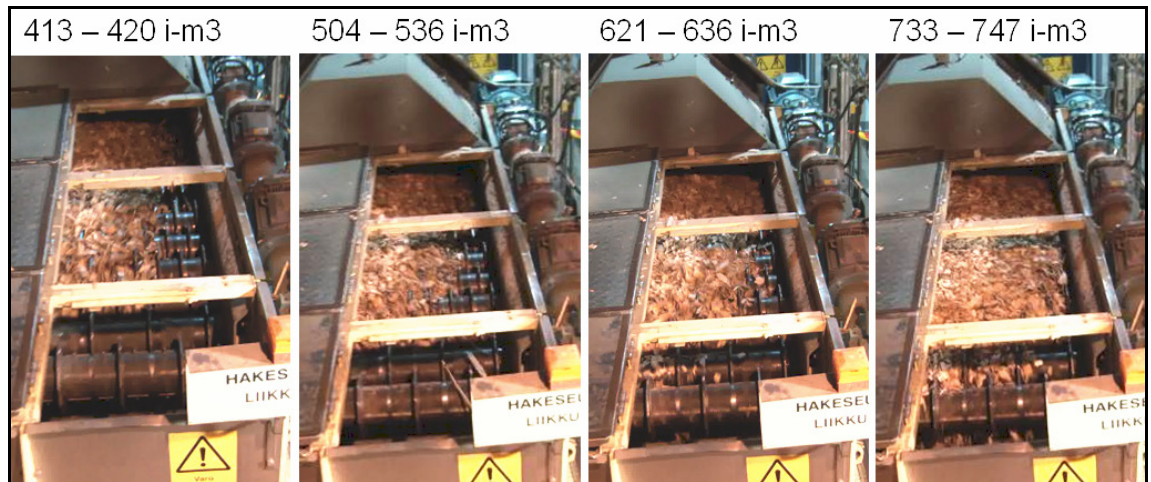
Kuva 17. Kaukopään kuitulinja 2:n seulomo

10 HAKEVIRTOJEN TUTKIMINEN

Aloitin työn tutkimalla seulomoon saapuvan hakevirran vaihtelun näkymistä ylisuuren- ja ylipaksunhakkeen seulalla. Hakevirran määrää mitataan irtokuutiona ($i\text{-m}^3$). Hakevirran vaihtelun tutkimiseen käytin videokameraa.

10.1 Hakevirta ylisuurella seulalla

Ylisuurelle seulalle hakkeet tulevat hihnaa pitkin hakekasoilta. Tämän vuoksi hihnan nopeuden on oltava sama, kun tutkitaan erisuuruisten hakevirtojen käyttäytymistä seulassa. Kuvassa 18 huomataan, kuinka hakevirran suuruuden muutokset on helposti havaittavissa ylisuurella seulalla.



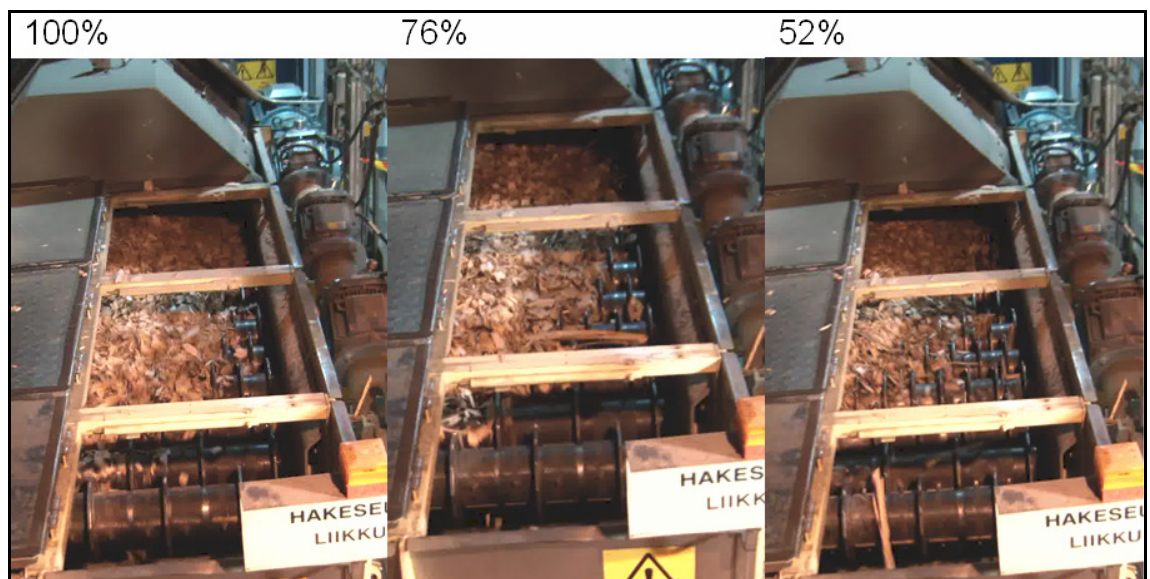
Kuva 18. Ylisuuri seula eri irtokuutiomäärillä hihnan nopeuden ollessa 100 %

Kuvista pystytään päättelemään, hihnan nopeuden ollessa 100 prosenttia, että ylisuuri seula toimii hyvin 600 irtokuutioon asti. Irtokuutiomäärän ylittäessä 600 irtokuutiota ylisuuri seula on vaikeuksissa, sillä hakevirrassa tapahtuvissa "pulsseissa" haketta menee ylisuuren seulan yli.

Ylisuuren seulan yli menevät hakkeet, tikut ja ylisuuret hakkeet voivat yhdessä tukkia tikkuhakkurin. Tämän vuoksi ylisuuren seulan ylite ajetaan ulos kasalle, kun haketta menee seulan yli. Hakevirran ylittäessä 700 irtokuution määrän, menee ylisuuren seulan ylitteen mukana lähestulkoon jatkuvasti haketta. Kasasta ylite viedään polttoon.

10.1.1 Hihnan nopeuden muutoksen vaikutus

Hihnan nopeuden ollessa 100 prosenttia ja hakemäärän ylittäessä 600 irtokuutioita on ylisuuri seula ongelmassa. Tämän vuoksi päätin tutkia, miten käy, jos haketta kuljettavan hihnan nopeutta lasketaan. Kuvassa 19 on 600 - 640 irtokuutiota haketta ja hihnan nopeus on aluksi 100 prosenttia, jonka jälkeen nopeus tiputetaan ensin 72:een prosenttiin ja sitten 52:een prosenttiin.

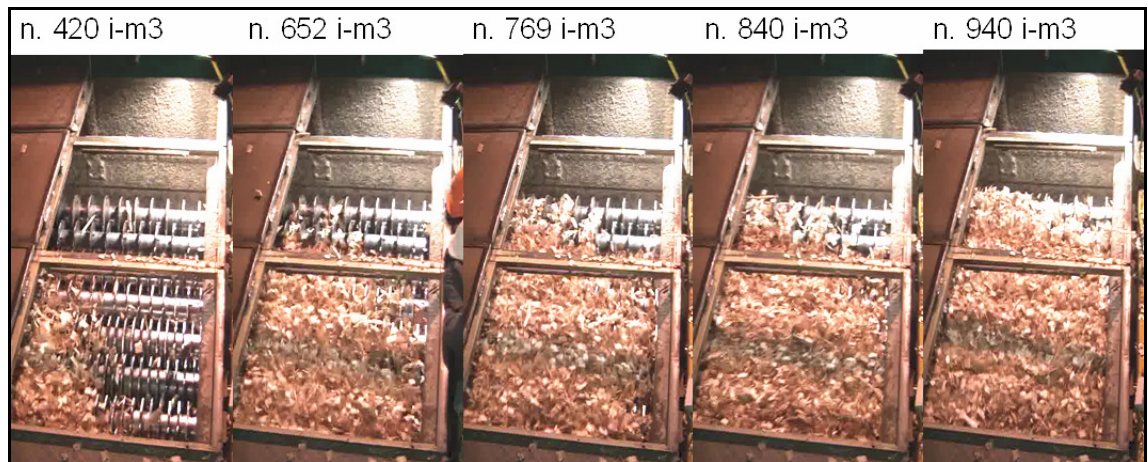


Kuva 19. Ylisuuri seula 600 - 640 irtokuutiolla, eri hihnan nopeuksilla

Kuvasta 19 voidaan päätellä, että ylisuuri seula pystyy käsittelemään sille syötetyn hakkeen paremmin, kun hihnan nopeus on alhaisempi.

10.2 Hakevirta ylipaksulla seulalla

Ylisuuren seulan akseptihake syötetään ylipaksulle seulalle ruuvikuljettimen avulla. Ylipaksun seulan tehtävä on erotella hakkeen joukosta ylipaksut hakepalat. Kuvassa 20 voi nähdä helposti hakemäärän suuruuden muutokset ylipaksulla seulalla.



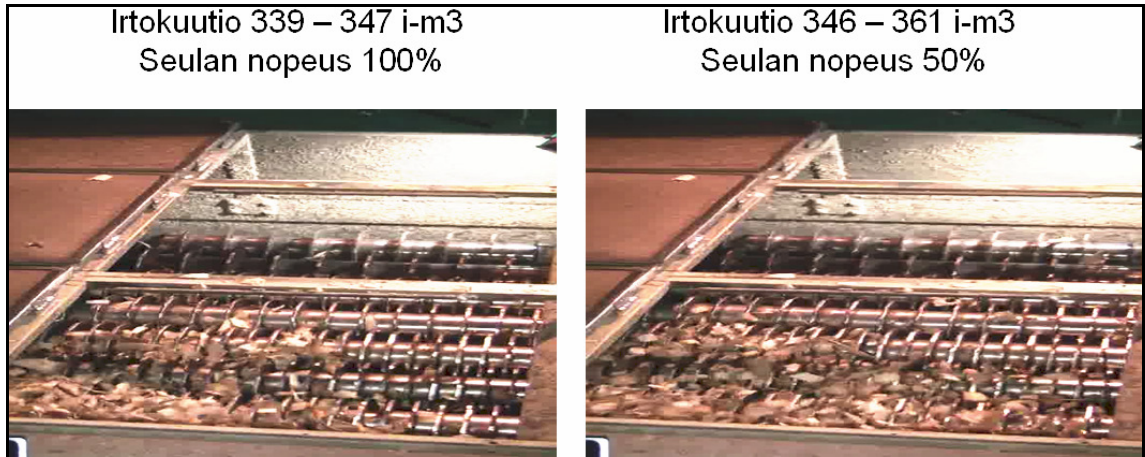
Kuva 20. Ylipaksu seula eri irtokuutiomäärillä

Kuvasta 20 voidaan päätellä, että hakepatja menee ylipaksulla seulalla pitemmälle suuremmilla irtokuutiomäärillä. Hakepatjan mennessä pitemmälle ylipaksussa seulassa menee hakemankeliin enemmän haketta.

10.2.1 Kiekkojen pyörimisnopeuden muutoksen vaikutus

Ylipaksu seula muuttaa kiekkojensa pyörimisnopeutta seulomoon tulevan hakevirran irtokuutioiden mukaan. Kun seulomoon tuleva irtokuutio määrä on suuri, pyörittää seula kiekkojaan hitaammin, ja irtokuutiomäärän ollessa pieni pyörivät kiekot nopeammin.

Tein koeajon ylipaksulla seulalla, jossa testattiin pyörimisnopeuden vaikutusta hakepatjan etenemiseen seulassa. Kuvassa 21 voidaan nähdä melkein sama irtokuutio määrä haketta ylipaksulla seulalla eri pyörimisnopeudella.



Kuva 21. Ylipaksu seula kiekkojen pyörimisnopeuden muuttuessa

Kuvasta 21 voidaan päätellä, että hakepatja leviää ylipaksun seulan poikkisuunnassa eri tavalla seulan kiekkojen pyörimisnopeutta muutettaessa. Hakepatja ei kuitenkaan ole siirtynyt merkittävästi kohti viimeisiä kiekkoja nopeuden muuttuessa.

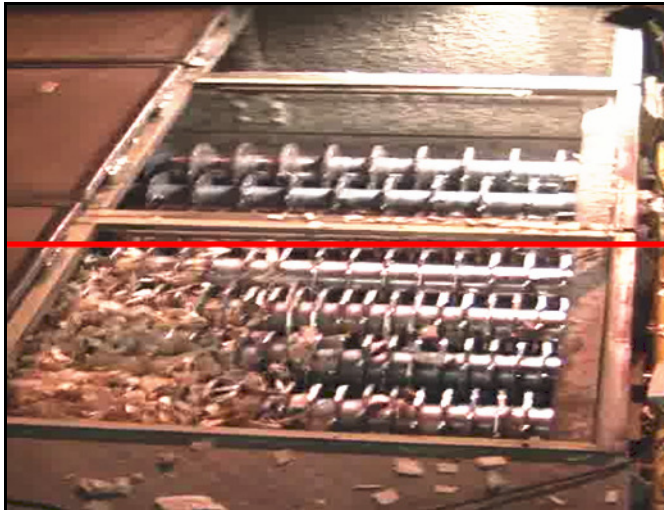
10.3 Hakevirran tutkimuksen tulokset

Ylisuurella seulalla on suurella hihan nopeudella ja isolla irtokuutiomäärällä havaittavissa selkeitä ongelmia; tällöin haketta menee ylitteen mukana. Näissä tilanteissa hakkeet saattavat tukkia tikkuhakkurin, ja haketta ulos ajettaessa menee hake hukkaan poltettaessa.

Ylipaksulla seulalla hakevirtojen vaihtelu muuttaa mankeliin menevää hakkeen määrää. Lisäksi en havainnut ylisuuren seulan toiminnan vaikuttaneen ylipaksun seulan toimintaan. Tämä johtuu hakkeen kuljettamiseen käytettävästä ruuvikuljettimesta, joka toimii eräänlaisena hakevirran tasaajana seulojen välillä.

11 MANKELIIN MENEVÄ HAKEVIRTA

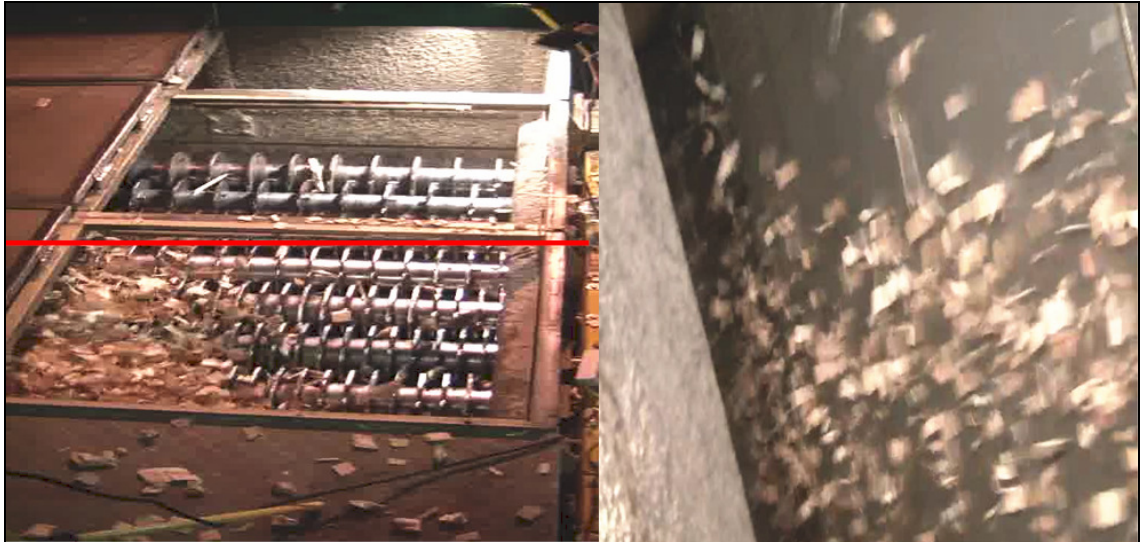
Hakemankeli sijaitsee ylipaksun seulan viimeisten kiekkojen alla. Mankeliin menevää hakevirtaa voidaan säätää seulan ja mankelin välissä olevan säätöluukun avulla. Kuvassa 22 on merkitty, miten kaukaa säätöluukun avulla voidaan ylipaksusta seulasta saada haketta, kun säätöluukku on täysin auki.



Kuva 22. Punaisen viivan ylittäneet hakepalat tipahtavat mankeliin, kun luukku on 100 prosenttia auki

11.1 Mankelin koeajo

Koeajossa tavoitteena oli tutkia, miten käy mankelin telojen moottorikuormille eri hakkeen irtokuutiomäärillä, kun luukku on koko ajan täysin auki. Kuvissa 23, 24, 25, 26 ja 27 voidaan nähdä erisuuruisia hakevirtoja ylipaksussa seulassa ja mankeliin menevä hakevirta.



Kuva 23. Hakkeen irtokuutiomäärä 420

Irtokuutio määrän ollessa 420 mankeliin menevä hakemäärä on pientä, vaikka luukku on 100 prosenttia auki. Mankelin telojen moottorikuormat ovat edelleen tyhjäkäynnin luokkaa eli alle 30 prosentin.



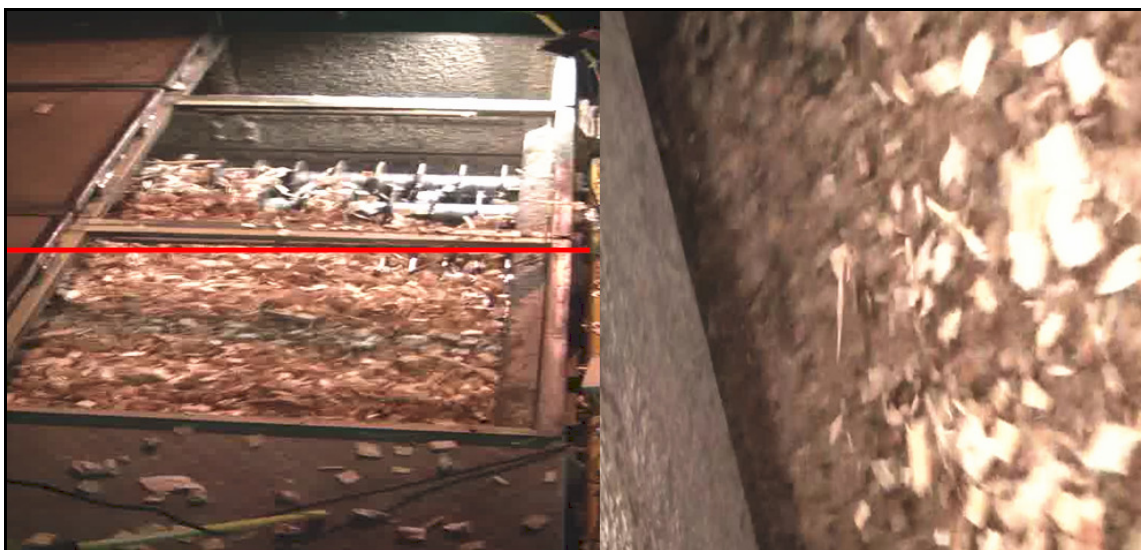
Kuva 24. Hakkeen irtokuutiomäärä 650

Irtokuutio määrän ollessa 650 mankeliin menevä hakemäärä nousee ja samalla mankelin moottorikuormat nousevat hieman tyhjäkäyntiä suuremmiksi. Mankelin telojen moottorikuorma on 650 irtokuutiolla noin 36 prosenttia.



Kuva 25. Hakkeen irtokuutiomäärä 770

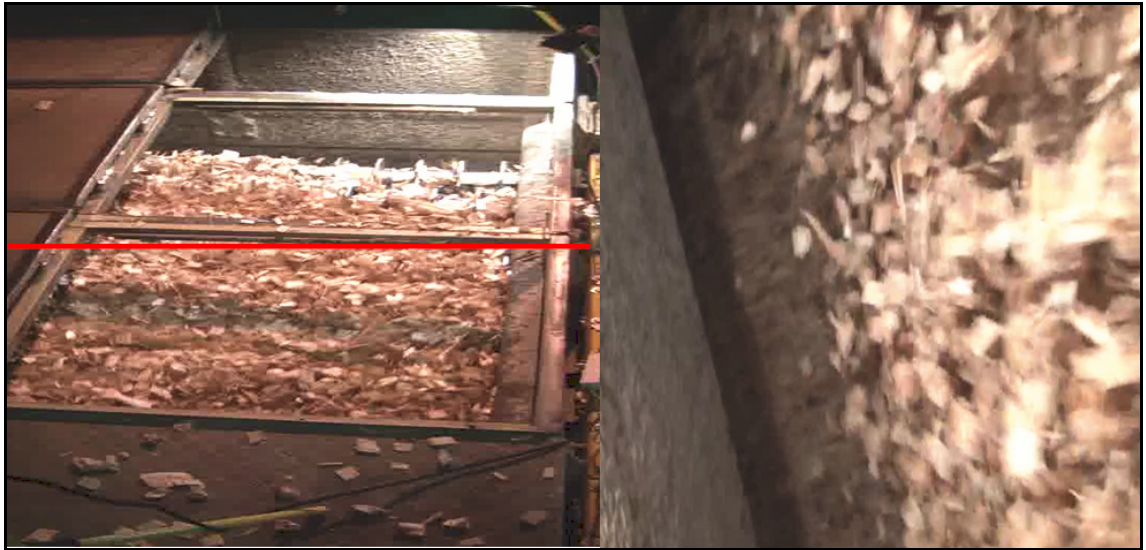
Irtokuutio määrän ollessa 770 mankeliin menee reilusti haketta ja mankelin telojen moottorikuormat nousevat 47 prosenttiin. Moottorikuormat ovat nousseet tyhjäkäyntiluvusta selvästi mutta eivät ole vielä nousseet vaarallisen korkeaksi.



Kuva 26. Hakkeen irtokuutiomäärä 840

Irtokuutiomäärän ollessa 840 ylipaksu seula on jo melko täynnä haketta. Mankeliin menee suuri määrä haketta ja mankelin telojen päälle alkaa muodostua pieni hakepatja. Mankeli ei siis ehdi käsittelemään kaikkea sille syötettyä haketta, ja hakkeet jäävät telojen päälle. Mankelin moottorikuormat

pysyvät kuitenkin samalla tasolla kuin 770 irtokuutiolla. Moottorikuorma oli 840 irtokuutiolla 45 prosentin luokkaa.

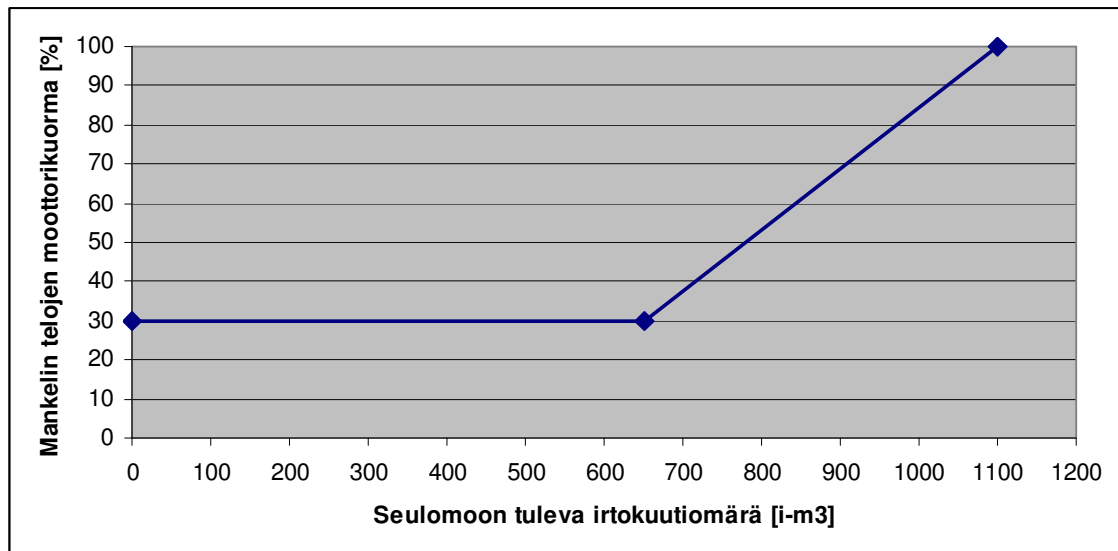


Kuva 27. Hakkeen irtokuutiomäärä 940

Irtokuutiomäärän ollessa 940 ylipaksu seula on täynnä haketta. Haketta on koko seulan leveydellä aina viimeisille kiekkoille asti. Mankeliinkin menee todella suuri määrä haketta ja telojen päälle muodostuu suurempi hakepatja. 940 irtokuutiolla mankelin telakuormat nousevat jo 76 prosenttiin.

11.2 Koeajon tulokset

Tein koeajosta havainnollistavan kuvion 1. Kuviosta nähdään, miten irtokuutiomäärän ylittäessä tietyn määrän alkavat mankelin telojen moottorikuormat nousemaan.



Kuvio 1. Mankelin moottorikuormien kehitys irtokuutioihin nähden

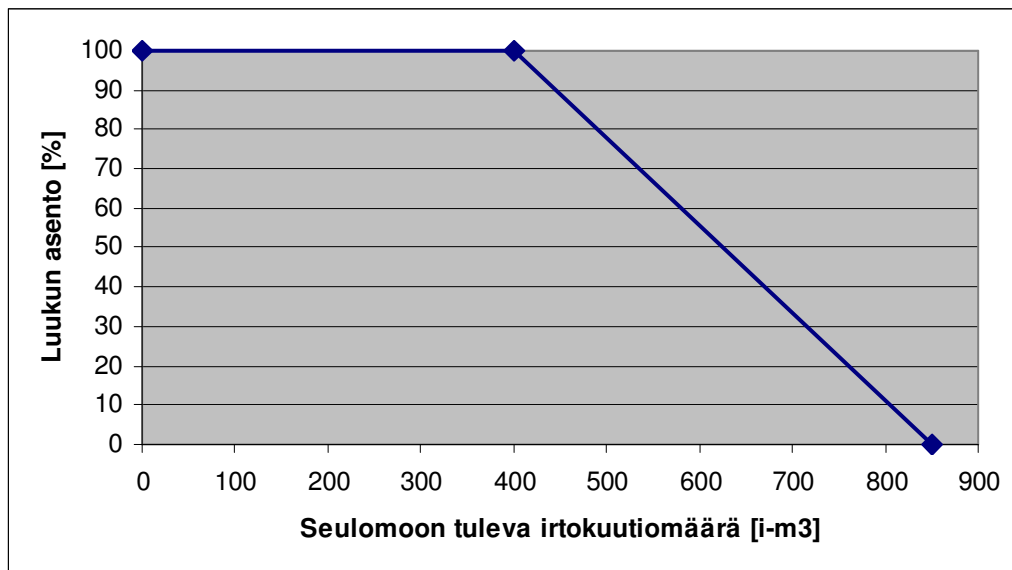
Koeajon tuloksena saatiin selvitettyä, että mankelin telojen moottorikuormat pysyvät tyhjäkäyntilukemilla aina 650 irtokuution asti. Vasta 770 irtokuutiossa alkavat telojen moottorikuormat olemaan sillä tasolla, että mankeliin menevää hakevirtaa tulisi pienentää. Kuvioista 1. voidaan helposti havaita mankelin telojen moottorikuormien ja irtokuutioiden välinen suhde.

12 SÄÄTÖLUUKUN SÄÄTÖLOGIIKKA

Koeajossa tekemieni havaintojen ja tulosten avulla pystyin suunnittelemaan säätöluukulle uuden säätölogiikan, jonka avulla saataisiin mankeliin menemään suurempi määrä hakea ilman moottorikuormien nousemista liian korkeaksi. Vanhalla säätöluukun säätölogiikalla mankelin telojen moottorikuormat pysyivät lähestulkoon jatkuvasti tyhjäkäynnillä. Tällöin mankeliin menevä hake määrä on oltava todella pientä.

12.1 Vanha säätölogiikka

Säätöluukun asento muuttuu seulomoon tulevan hakevirran mukaan. Säätöluukku on täysin auki 400 irtokuutioon asti. Säätöluukku lähtee sulkemaan itseään 400 irtokuutien jälkeen lineaarisen käyrän (Kuvio 2.) mukaan, kunnes luukku on täysin kiinni. Irtokuutiomäärä luukun ollessa täysin kiinni on 850 irtokuutiota.

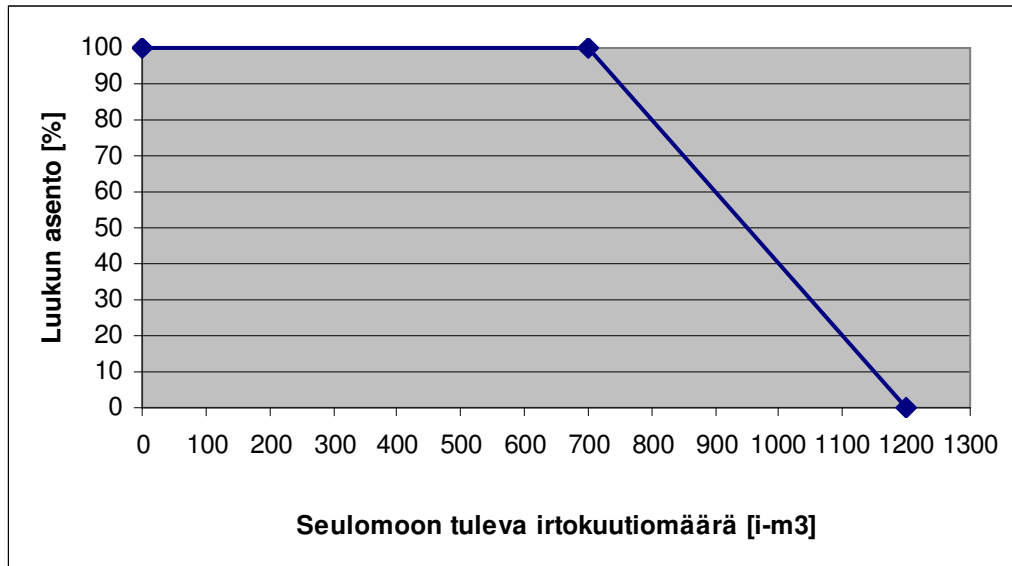


Kuvio 2. Säätöluukun säätölogiikka, luukun asennon ollessa 100 prosenttia on luukku täysin auki

12.2 Uusi säätölogiikka

Uudessa säätölogiikassa säätöluukkua suljetaan myös seulomoon saapuvan hakkeen irtokuutiutilavuuden mukaan. Tekemäni koeajon perusteella mankelin telojen moottorikuormat pysyvät siedettävällä tasolla aina 700 irtokuutioon asti luukun ollessa täysin auki. Siksi päätin että säätöluukkua pidetään 100 prosenttia auki aina 700 irtokuutioon asti. Tällöin mankeliin saadaan menemään maksimaalinen määrä haketta ilman mankelin telojen moottoreiden rasittumista. Toisen pisteen valitsin tutkimalla prosessidataa. Prosessidataa tutkiessani huomasin, että luukkua oli ajettu vakio asennolla jonkin aikaa. Huomasin pisteen, jossa irtokuutiot olivat 800 irtokuutien ja luukku oli ollut 80 prosenttia auki. Tällaisessa pisteessä mankelin telojen moottorikuormat olivat pysyneet

siedettävällä tasolla. Tästä otin toisen tarvittavan pisteen käyrääni. Piirrettyäni käyrän kulkemaan näiden kahden pisteen kautta huomasin luukun olevan täysin kiinni 1200 irtokuutiossa.



Kuvio 3. Uusittu säätöluukun säätölogiikka

Uudella säätölogiikalla luukku on sata prosenttia auki aina 700 irtokuutiioon asti. Irtokuutiomäärän ylittäessä 700 alkaa säätöluukku sulkea itseään kiinni lineaarisen käyrän mukaan. Irtokuutiomäärän saavuttaessa 1200 irtokuutiota on luukku kiinni. Kuvio 3. on suunnittelemani uusi säätöluukun säätölogiikka.

13 YHTEENVETO

Hakevirtojen tutkimiseen käyttämäni tutkimusmenetelmä osoittautui erittäin hyväksi. Kuvaamalla seuloja eri tilanteissa ja saatujen prosessidatojen vertailulla voidaan helposti havaita laitteiden toiminnassa olevat ongelmat tai heikkoudet. Kyseisellä menetelmällä voidaan myös helppoa tarkistaa laitteiden toiminta.

13.1 Hakevirtoja seuloissa

Ylisuuri seula on ongelmassa isoilla irtokuutiomäärällä ja suurella hihnan nopeudella. Hihnan nopeuden muuttamisten seurauksia kannattaisi tutkia seulomon kannalta. Lisäksi irtokuutiomäärän vaikutusta seulan toimintaan kannattaisi tutkia lisää. Lisätutkimusten jälkeen voitaisiin tehdä uudet ajoparametrit hihnalle ja ylisuurelle seulalle. Uusien parametrien avulla voitaisiin estää haketta menemästä hukkaan.

Ylipaksulla seulalla kannattaisi tutkia lisää kiekkojen pyörimisnopeuden muutoksen vaikutusta seulontaan ja hakevirran etenemiseen seulassa. Lisäksi havaittiin, että ylipaksun seulan kiekot harvenivat liian aikaisin verrattuna säätöluukun maksimiasentoon verrattuna. Muuttamalla kiekkojen väliä tiheämmäksi ja tutkimalla ylipaksun seulan toimintaa voitaisiin estää ylipaksujen hakepalojen menemisen käsittelemättömänä keittimeen.

13.2 Hakemankeliin menevä hakevirta

Uusitulla säätöluukun säätölogiikalla saadaan mankeliin menemään maksimaalinen määrä haketta ilman moottorikuormien merkittävää rasittumista. Uusi säätölogiikka oli kuukauden käytännössä opinnäytetyöni aikana eikä sen toiminnan huomattu aiheuttavan mitään ongelmia mankelle. Opinnäytetyöni lopussa päätettiin suunnittelemani säätölogiikka jättää käyttöön.

Tässä työssä en tutkinut mankeloinnin vaikutusta hakkeen keittymiseen ja rejektin vähentymiseen ja sitä kannattaisi jatkossa tutkia lisää.

KUVAT

Kuva 1. Imatran tehtaas, Kaukopää, s. 5

Kuva 2. Hakepalan dimensiot, s. 6

Kuva 3. Pystysyöttöinen puhaltava kiekkohakku, s. 7

Kuva 4. Hakkeen muodostuminen, s. 8

Kuva 5. Hihnakuiljetin, s. 10

Kuva 6. Ruuvikuiljetinjärjestelmä, s. 11

Kuva 7. Kummastakin päästä tuettu liikkuva ruuvipurkain, s. 12

Kuva 8. Hakesiilo jossa ruuvipurkain, s. 15

Kuva 9. Tasoseula, s. 16

Kuva 10. Kiekkoseula, s. 17

Kuva 11. Kiekkoseulan kiekot, s. 18

Kuva 12. Rullaseula, s. 19

Kuva 13. Hakemankelin säätöluukku, s. 20

Kuva 14. Hakemankeli, s. 21

Kuva 15. Hakemankelin segmentti, s. 21

Kuva 16. Hakkeen kulku hakemankelissa, s. 22

Kuva 17. Kaukopään kuitulinja 2:n seulomo, s. 23

Kuva 18. Ylisuuri seula eri irtokuutiomäärillä hihnan nopeuden ollessa 100 %, s. 24

Kuva 19. Ylisuuri seula 600 - 640 irtokuutiolla, eri hihnan nopeuksilla, s. 25

Kuva 20. Ylipaksu seula eri irtokuutiomäärillä, s. 26

Kuva 21. Ylipaksu seula kiekkojen pyörimisnopeuden muuttuessa, s. 27

Kuva 22. Punaisen viivan ylittäneet hakepalat tipahtavat mankeliin, kun luukku on 100 prosenttia auki, s. 28

Kuva 23. Hakkeen irtokuutiomäärä 420, s. 29

Kuva 24. Hakkeen irtokuutiomäärä 650, s. 29

Kuva 25. Hakkeen irtokuutiomäärä 770, s. 30

Kuva 26. Hakkeen irtokuutiomäärä 840, s. 30

Kuva 27. Hakkeen irtokuutiomäärä 940, s. 31

KUVIOT

Kuvio 1. Mankelin moottorikuormien kehitys irtokuutioihin nähden, s. 32

Kuvio 2. Säätoluukun säätölogiikka, luukun asennon ollessa 100 prosenttia on luukku täysin auki, s. 33

Kuvio 3. Uusittu säätoluukun säätölogiikka, s. 34

LÄHTEET

BMH – Wood Technology. 2000. Käyttäjän manuaali.

Gullichsen, J., Fogelholm, C-J. 1999. Chemical Pulping. Jyväskylä: Fapet Oy

Hägglom I., Ranta V. 1971. Sellun valmistus. Porvoo: Werner Söderström osakeyhtiön kirjapaino

INSKO. 1984. Kuitupuun käsittely

KnowPap – Paperitekniiikan ja automaation oppimisympäristö. Versio 5.0

Puusta paperiin M-210 puunkäsittely. 1989. 1. Painos. Myllykoski: Anson Oy

Seppälä, M., Klementti, U., Kortelainen V.-A., Lyytikäinen, J., Siitonen, H. & Sironen, R. 2002. Kemiallisen metsäteollisuuden 1: Paperimassan valmistus. Saarijärvi

Stora Enso Oyj. Viitattu 10.4.2010

<http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/imatra-mills/Pages/tervetuloa-imatran-tehtaille.aspx>

Virkola, N-E. 1983. Puumassanvalmistus 2. painos. Turku: Suomen Paperi-insinöörien yhdistys r.y.