



Kimmo Karvonen

KERAAMILLA PINNOITETTUIJEN SIVELYTERIEN KOEKÄYTTÖ HIENOPAPERIN PÄÄLLYSTYKSESSÄ

**KERAAMILLA PINNOITETTUIJEN SIVELYTERIEN KOEKÄYTTÖ
HIENOPAPERIN PÄÄLLYSTYKSESSÄ**

Kimmo Karvonen
Opinnäytetyö
Kevät 2012
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, tuotantotalous

Tekijä: Kimmo Karvonen

Opinnäytetyön nimi: Keraamilla pinnoitettujen sivelyterien koekäyttö paperin päällystyksessä

Työn ohjaajat: Jukka Kinnula, Tomi Seppä, Jukka Isometsä, Rami Keisu

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2012 Sivumäärä: 50 + 7 liitettä

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin keraamilla pinnoitettujen sivelyterien käyttöä paperin päällystyskoneella. Keraamilla pinnoitettuja sivelyteriä verrattiin nykyisiin käytössä oleviin jousiterästeriin. Työn tavoitteena oli selvittää, kannattaako päällystyskoneella alkaa käyttää keraamilla pinnoitettuja teriä.

Työn vertailukohteina käytettiin päällystyskoneen ajettavuutta, paperin laatua, terien käytettävyyttä ja terien kustannuksia. Ajettavuutta terien välillä vertailtiin katkomäärän muuttumisena. Paperin laatua mitattiin paperin poikkiprofiilien eroilla ja laatuarvojen muutoksilla. Terien käytettävyydessä tutkittiin pinnoitettujen terien käytön eroavaisuuksia verrattuna tavallisiin teriin. Terien kustannustehokkuudessa vertailtiin pinnoitettujen terien katkokustannusta tavallisten terien katkokustannukseen.

Työn teoriaosuudessa käytiin läpi paperin päällystykseen yleisimmät päällystysmenetelmät: sivelytelapäällystin, lyhytviipymäapplikointi ja suutinapplikointi. Muita käsiteltyjä asioita olivat päällystyslaitteisto, päällystyspasta, päällystetyt paperin laadulliset ominaisuudet ja tutkittujen sivelyterien ominaisuudet.

Käytännön osuus suoritettiin koeajoina off-machine-tyyppisellä päällystyskoneella. Koeajojen yhteydessä selvitettiin päällystyskoneen nykytila, jotta voitiin tutkia, mitä muutoksia pinnoitettujen terien käyttöönotto vaatisi.

Koeajoissa selvisi, että keraamisia sivelyteriä käytettäessä paperin kiilto- ja siileysarvot paranevat useilla paperilajeilla. Paperin poikkiprofiilit jäivät kuitenkin huonommalle tasolle kuin tavallisia teriä käytettäessä. Pinnoitetut terät eivät parantaneet ajettavuutta tarpeeksi, jotta niiden kustannus olisi ollut pienempi kuin peltiterien. Pinnoitetut terät kuluttivat päällystyskoneen vastateloja toisin kuin tavalliset.

Työssä selvisi, että päällystyskoneella ei kannata ottaa pinnoitettuja teriä jatkuvaan käyttöön tällä hetkellä. Koneeseen vaadittaisiin työssä esitettyjä jatkotoimenpiteitä, jotta pinnoitetut terät toimisivat tavallisia teriä paremmin.

Asiasanat: sivelyterä, kaavinterä, kaavari, paperin päällystys, keraamipinnoite

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Mechanical and Production Engineering, Production Economics

Author: Kimmo Karvonen

Title of thesis: Test Use of Ceramic Coated Coating Blades in Fine Paper Coating

Supervisors: Jukka Kinnula, Tomi Seppä, Jukka Isometsä, Rami Keisu

Term and year when the thesis was submitted: spring 2012 Pages: 50 + 7 appendices

The goal of this thesis was to study the use of ceramic coating blades in paper coating process. The ceramic coated blades were compared to the regular steel blades. The aim was to clarify if the ceramic coated blades should be used instead of the regular steel blades.

The baseline of this thesis was to find out how the ceramic coated blades affect the usability of the coating machine and the quality of the paper as well as the usage and cost of the blades. In the usability, the amount of the web breaks was compared between the two different blade types. The surface properties and coat weight profiles of the paper were compared with the paper quality. The costs between the two blade types were compared with the web break costs.

The theory part of the thesis studied essential questions of the coating of the paper. The main topics of the theory part were the most mutual paper coating methods, paper coating equipment, the coating colour and quality properties in paper coating.

The test runs were accomplished by an off-machine paper coater. Before the test runs, the present state of the coater was studied to find out what changes the coating machine would need to work fully with the ceramic coated coating blades.

In the test runs it was found out that the gloss and smoothness of the paper were improved by the ceramic coated blades on several paper types. The coat weight profiles of the paper were poorer than with the regular steel blades. The ceramic coated blades did not improve usability enough to benefit from the use of the regular steel blades. The backing rolls of the coater were more worn out with the ceramic coated blades than with the regular ones.

The coater would need changes to achieve benefits from the use of the ceramic coated blades. At the moment it is not reasonable to change the blade type.

Keywords: coating blade, ceramic, paper coating, coating

ALKULAUSE

Haluan kiittää Stora Enson Oulun tehtaan henkilökuntaa: tuotantomestari Rami Keisua, tuote- ja prosessikehityspäällikkö Olli Siiskosta, tuotantoinsinööri Jukka Isometsää, tuotantojohtaja Mauri Koivurantaa, päällystyskoneen prosessinhoitajia ja kehitysosastoa. Työn aiheesta haluan kiittää käyttöpäällikkö Tomi Seppää. Lisäksi kiitän lehtori Jukka Kinnulaa ja lehtori Tuija Juntusta.

Oulussa 10.4.2012

Kimmo Karvonen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
1 JOHDANTO	8
2 PAPERIN TERÄPÄÄLLYSTYS	9
2.1 Päälystyksen tarkoitus	9
2.2 Päälystysmenetelmiä	9
2.2.1 Sivelytelapäälystin	10
2.2.2 Lyhytviipymäapplikointi	10
2.2.3 Suutinapplikointi	11
2.3 Päälystyslaitteisto	11
2.3.1 Aukirullaus	12
2.3.2 Kiinnirullaus	12
2.3.3 Päälystysasema	13
2.3.4 Kuivatuslaitteet	14
2.4 Päälystyspasta	14
2.4.1 Pigmentit	15
2.4.2 Sideaineet	15
2.4.3 Lisäaineet	16
2.5 Päälystetyn paperin laatu	17
2.5.1 Kiilto ja sileys	17
2.5.2 Mottling	17
3 TERÄKAAVINTA PÄÄLLYSTYKSESSÄ	19
3.1 Kaavinterän kuormitus	19
3.1.1 Terään vaikuttavia voimia	19
3.1.2 Koneensuuntainen päälystemäärän hallinta	19
3.1.3 Poikkisuuntainen päälystemäärän hallinta	20
3.1.4 Päälystemäärän hallinta	21
3.2 Peltiset sivelyterät	22
3.3 Keraamilla pinnoitetut sivelyterät	22

4 SIVELYTERÄT PPK7:LLÄ	25
4.1 Nykytilanne	25
4.2 Koeajot keraamilla pinnoitetuilla sivelyterillä	26
4.2.1 Koeajojen tavoitteet	26
4.2.2 Koeajot yritys X:n pinnoitetuilla sivelyterillä	26
4.2.3 Koeajot yritys Y:n pinnoitetuilla sivelyterillä	29
4.3 Keraamilla pinnoitettujen sivelyterien käyttökokemuksia	29
5 TULOSTEN ARVIOINTI	31
5.1 Laatuarvot ja painettavuus	31
5.2 Paperin poikkiprofiilit	36
5.3 Ajettavuus	38
5.4 Käytettävyys	40
5.5 Kustannustarkastelu	42
6 YHTEENVETO	45
6.1 Työn eteneminen	45
6.2 Ratkaisut ja jatkotoimenpiteet	45
LÄHTEET	48
LIITTEET	50

1 JOHDANTO

Oulun Stora Enson päällystyskone 7:llä (PPK7) on käytössä jousiteräksestä valmistetut sivelyterät, jotka kuluvat konetta ajettaessa. Kulumisen vuoksi terät joudutaan vaihtamaan tietyin väliajoin. Terien vaihto aiheuttaa hylkypaperia ja menetettyä tuotantoaikaa, mikä vaikuttaa paperilinjan kokonaishyötysuhteeseen. Lisäksi vaihdon aikana on vaarana katkaista paperirata.

Nykyään on saatavilla keraamipinnoitettuja sivelyteriä, jotka mahdollistavat pidemmän yhtenäisen ajojakson. Pidemmällä ajojaksoilla olisi positiivinen vaikutus linjan tuottavuuteen. Terien kulumispinta on pinnoitettu keraamisella seoksella, minkä ansiosta terä ei juuri kulu käytössä.

Työn tarkoituksena on selvittää pinnoitettujen sivelyterien haitat ja edut suhteessa nykyisiin käytettäviin jousiterässivelyteriin, joita kutsutaan tässä työssä peltiteriksi. Vertailukohteina ovat laatu, ajettavuus, käytettävyys ja kustannustehokkuus. Pinnoitettuja teriä tilataan eri toimittajilta ja niiden välisiä eroja tutkitaan koeajoilla. Tietoa kerätään myös muiden keraamisiin sivelyteriin siirtyneiden tehtaiden kokemuksista.

Työn teettäjä on Stora Enson Oulun tehtaan paperikone 7. PK7 valmistaa hienopaperia. Paperin raaka-aineena käytetään happivalkaistua sellua, joka pumpataan tehtaalle omasta sellutehtaasta. Yhdessä PK6:n kanssa kapasiteetti on 1 250 000 tonnia paperia vuodessa. Tehtaan tuotenimet ovat Lumiart ja Lumisilk. Lumiart on puuvapaa täyspäällystetty kiiltävä paperi erittäin vaativiin graafisiin painotöihin. Kiiltävät paperit soveltuvat erinomaisesti korkeatasoisiin painojulkaisuihin. LumiSilk on puuvapaa päällystetty silkkimattapaperi. Sen heijastamaton sileä pinta tarjoaa erinomaisen paino- ja kiiltokonstrastin. (1.)

2 PAPERIN TERÄPÄÄLLYSTYS

2.1 Päällystyksen tarkoitus

Paperin päällystyksellä tarkoitetaan paperin tai kartongin pinnan päällystämistä pigmentin, sideaineiden ja lisäaineiden seoksella. Tarkoituksena on muodostaa hyvät painatusominaisuudet ja hyvän ulkonäön omaava pinta. Normaalisti päällystys suoritetaan levittämällä päällyste vesiseoksena tasaiseksi kerrokseksi paperin pinnalle ja kuivaamalla ylimääräinen vesi pois. Väriltään päällysteet ovat valkoisia. Hyvät painettavuusominaisuudet vaativat tasaisesti painoväriä vastaan ottavan, sileän, valkoisen ja tasaisen kiillon omaavan pinnan, jolla on myös painomenetelmän vaatima pintalujuus. (2, s. 5 - 6.)

Päällystämättömän paperin pinta on karhea ja huokoinen. Kuitenkin pohjapaperin ominaisuudet ovat ratkaisevan tärkeitä lopputuotteen ominaisuuksille. Päällystyksen ensisijainen tavoite on tasoittaa paperin pinnassa olevat karheudet ja samalla "liimata" paperin pinnan raaka-ainepartikkelit toisiinsa niin, etteivät ne irtoa painatusprosessissa. (3, s. 73 - 74.)

Paperi ja kartonki voidaan päällystää joko molemmilta puolilta tai vain toiselta puolelta, joko erillisillä asemilla tai molemmat puolet yhtä aikaa. Päällystyksen vaikutus painettavuuteen ilmenee mm. seuraavista seikoista:

- vähentää painoväriä tarvetta
- vähentää värin leviämistä ja lisää painojäljen terävyyttä
- lisää painojäljen kiiltoa
- lisää opasiteettia ja vähentää läpipainamista
- lisää yleensä vaaleutta. (4, s. 184.)

2.2 Päällystysmenetelmiä

Päällystystapahtuma käsittää kaksi vaihetta. Ensimmäisessä vaiheessa päällyste applikoidaan eli sivellään. Toisessa vaiheessa päällyste tasoitetaan. Eri päällystyslaitteiden välinen ero onkin siinä, miten pasta tuodaan rainan pinnalle

eli applikointitapahtumassa ja siinä tapahtuvassa penetraatiossa. Penetraatiolla tarkoitetaan päällystyspastan ja erityisesti siinä olevan veden ja sideaineen tunkeutumista pohjapaperin huokosiin. (4, s. 191.)

Yleisin pigmenttipäällystysmenetelmä on teräpäällystys. Teräpäällystysasema voi olla lyhytviipymäpäällystin tai sivelyteläpäällystin tai näiden välimuoto, suutinapplikoinnilla varustettu päällystysasema. Teräpäällystymien lisäksi voidaan päällystää myös muun muassa sauvapäällystimellä, filminsiirtopäällystimellä ja ilmaharjapäällystimellä. (4, s. 191.)

2.2.1 Sivelyteläpäällystin

Sivelypäällystyksessä päällystysseos nostetaan vastatelan tukeman paperiraidan alapinnalle seosaltaassa pyörivän applikointitelan avulla. Rainan pinnalle jäävän seoskerroksen paksuuteen vaikuttavat telojen välisen raon suuruus, seoksen ominaisuudet, sivelytelan nopeus sekä telojen halkaisijat ja kovuudet. Hyvän päällystystuloksen aikaansaamiseksi on applikointiraon oltava aina täynnä pastaa. Tämä rajoittaa sivelytelan miniminopeuden käytännössä tasolle 18 - 22 % rainan nopeudesta. Liian alhainen applikointitelan nopeus aiheuttaa päällystämättömiä laikkuja. Suuren applikointipaineen lisäksi tyypillistä laitteelle on pitkä matka applikoinnista terälle. (4, s. 191 - 192.)

2.2.2 Lyhytviipymäapplikointi

Lyhytviipymäapplikoinnissa päällysteseos johdetaan aivan terän takana olevaan applikointikammioon. Kammion yhden sivun muodostaa liikkuva, vastatelan tukema pohjaraina. Liikkuva pohjaraina aiheuttaa applikointikammiossa pyörteen. Rainan pinnassa pastan virtausnopeus on sama kuin rainanopeus, mutta se laskee kammion keskusta päin siirryessä. Suurin osa syötettävästä päällysteseoksesta johdetaan takaisin kiertoan ns. säätöreunan kärjen ja paperin välisestä raosta. (4, s. 192 - 193.)

Pienen applikointipaineen, lyhyen viipymäajan ja pohjarainan kuitujen vähäisen turpoamisen takia muodostuu lyhytviipymäpäällystyksessä saatava enimmäis-

päällystemäärä pienemmäksi kuin vastaavissa oloissa applikointitelapäälllystyksessä. Toisaalta minimipäällystemäärä saavutetaan applikointitelapäälllystystä helpommin, koska rainaa ei rasiteta suurella teräpaineella. (4, s. 193.)

Lyhytviipymäapplikoinnin ongelmana on suurilla ajonopeuksilla näkyvä vanaisuus päällysteessä. Lisäksi rainan mukana tuleva ilma voi päästä applikointivyöhykkeelle ja aiheuttaa laikullisuutta. (4, s. 193.)

2.2.3 Suutinapplikointi

Suutinapplikoinnissa pasta ammutaan paperiradalle suuttimesta, joka on koko paperiradan levyinen. Itse suuttimessa on rako, joka on 0,6 - 2 mm auki. Suutin sijaitsee vastatelan alla, ja sen etäisyys vastatelasta on 5 - 20 mm. Suutinapplikoinnin etuna on paperiradalle applikoitavan pastan tasaisuus. Pastan virtauksen nopeudella säädetään pastan paksuus ja laatu ajettaessa. (5, s. 475 - 476.)

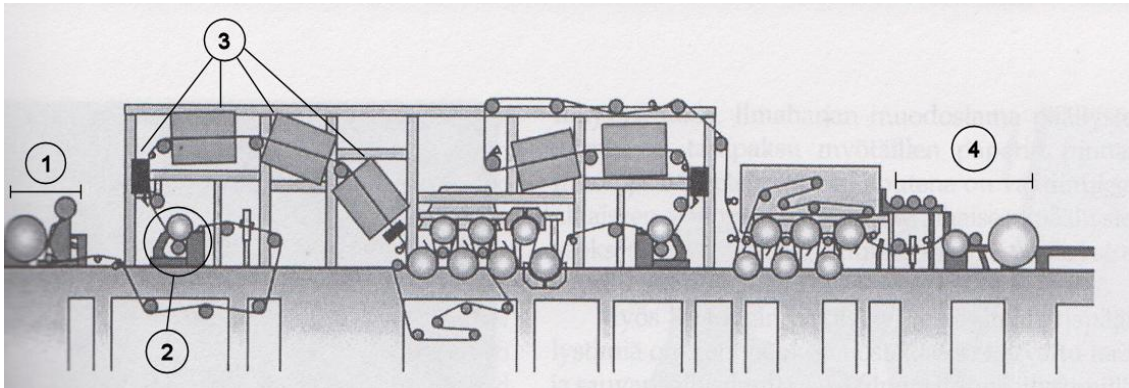
Suutinapplikointipäällystimiä käytetään tavallisesti suurkulma-alueella, ja kyseisillä päällystysasemilla voidaan kattaa hyvin laaja päällystemääräalue 5 - 18 g/m^2 . Päällystemääräalueeseen voidaan vaikuttaa lisäksi viipymämatkaa muuttamalla. (6.)

Jet-suuttimella varustetuissa suutinapplikointipäällystimissä käytetään tavallisesti terän tuentaan ja vakiokärkikulmaan perustuvia kaavinteräpalkkeja. Applikoidun pastan määrää voidaan säätää pastan syöttömäärää muuttamalla. Jet-aseman toimintaan vaikuttaa oleellisesti ilmanpoistin. Jet-suutin syöttää pastaa suoraan paperirainan pintaan, joten pastassa olevat ilmakuplat aiheuttavat päällysteettömiä alueita paperin pinnalle. Tästä syystä ilmanpoistimet poistavat suuret ilmakuplat pastasta. (4, s. 194.)

2.3 Päällystyslaitteisto

Päällystyskoneen sijoituksen mukaisesti voidaan erottaa kaksi perustapaa, jotka ovat konepäällystys ja erillispäällystys. Konepäällystys (on machine coating)

suoritetaan paperikoneen yhteyteen sijoitetulla laitteistolla. Erillispäälystys (off machine coating) suoritetaan erillisellä päälystyskoneella. (Kuva 1.) (2, s. 7.)



KUVA 1. Päälystyskoneen rakenne: 1. aukirullain, 2. päälystysasema, 3. kuivattimet, 4. kiinnirullain (4, s. 200)

2.3.1 Aukirullaus

Paperin syöttö erillispäälystyskoneeseen tapahtuu aina jonkinlaisesta aukirullauspukista. Aukirullauspukin avulla rulla puretaan hallitusti ja rata keskitetään oikealle kohdalle. Aukirullauspukki mahdollistaa tasaisen ratajännityksen ylläpitämisen rullan halkaisijasta ja nopeudenmuutoksista huolimatta. Rullanvaihtokonetta pysäyttämättä, jopa täydessä vauhdissa on mahdollista aukirullauspukin avulla. (7, s. 29.)

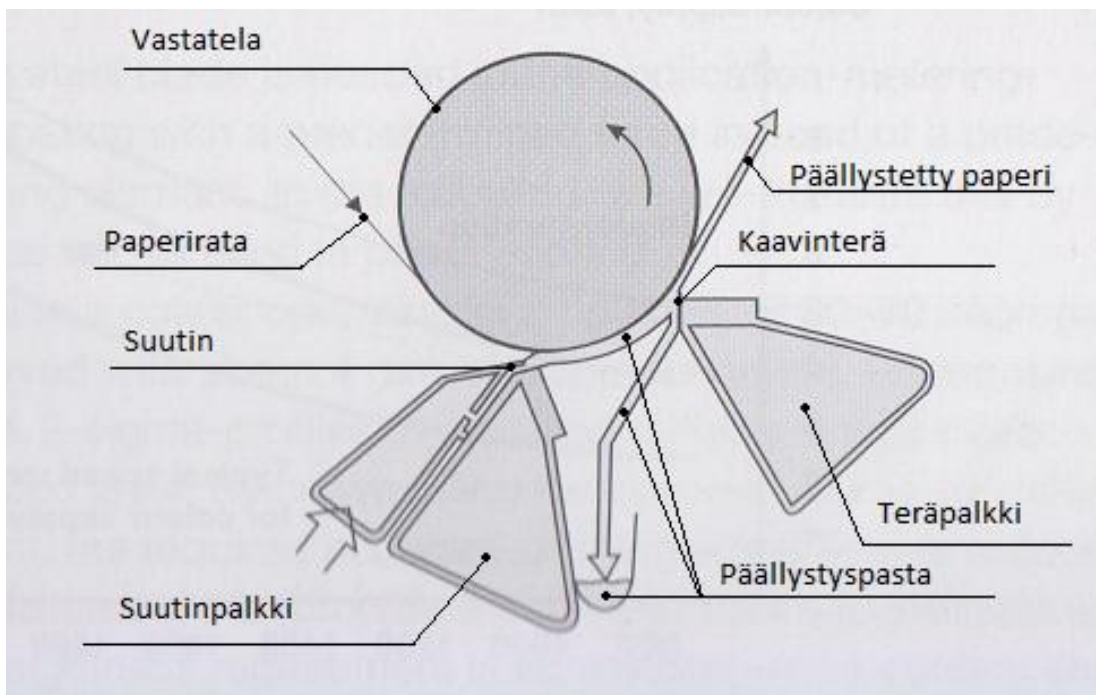
2.3.2 Kiinnirullaus

Päälystyskoneen loppupäässä on kiinnirullausyksikkö. Kiinnirullauksessa syntyy yleensä niin sanottu konerulla. Konerulla voi sisältää aloitushylyn, katkoksia ja koneen säätöjen aikana syntyneitä hylkyä. Kiinnirullauspukin pitää pystyä rullaamaan tehty tuote koneen maksimi tuotantonopeudella oikeaan kireyteen aiheuttamatta virheitä valmistettavaan tuotteeseen. Rullanvaihto pitää pystyä tekemään mieluummin täydessä vauhdissa. (7, s. 30.)

2.3.3 Päällystysasema

Päällystysaseman tehtävänä on muodostaa liikkuvalla radalla oikeamääräinen ja sileäpintainen pastakerros joko radan toiselle tai molemmille puolille. Yleisimmin käytetyn teräpäällystysaseman pääosat ovat

- runko
- vastatela
- sively- tai pursotinlaite nostomekanismeineen
- kaavinterä pitimiseen, runkoineen ja kuormituslaitteineen. (Kuva 2.)
(2, s. 56; 63.)



Kuva 2. Jet-suutinpäällystysaseman osat ja toimintaperiaate (5, s. 475)

Erityyppisten päällystettyjen paperilajien vaatimukset ovat erilaisia, mitkä asettavat omat suorituskykykriteerit päällystysasemille. Päällystysasemalla voidaan vaikuttaa seuraaviin päällysteen laatutekijöihin:

- päällysteen konesuuntainen profiili
- päällysteen poikkiprofiili
- viirut

- päällysteen juovikkuus
- päällysteen sileyden tasaisuus
- päällysteen kiilto ja kiillon tasaisuus
- painojäljen kiilto ja sen tasaisuus
- pintalujuus. (6.)

2.3.4 Kuivatuslaitteet

Päällystysaseman jälkeen paperi kuivatetaan erilaisilla kuivatinyhdistelmillä, joista yleisimmät ovat erityyppiset infrakuivattimet, ilmakuivattimet ja kuivatussylinderit. Kuivatuksen alussa päällyste on vielä märkää ja helposti vaurioituvaa, joten sitä on kuivatettava riittävästi ennen kosketusta päällystetylle puolelle. (8, s. 1318.)

2.4 Päällystyspasta

Päällystystekniikka eli päällystykseen käytettävä laitteisto asettaa pastalle aina joitakin vaatimuksia. Jos kuitenkin pastan raaka-aineet halutaan valita lopputuotteelta vaadittavien laatuominaisuuksien perusteella, pastaresepti ohjaa päällystyksessä käytettävän tekniikan valintaa. Pastan valinta ja optimointi laadun ja ajettavuuden suhteen onkin usein laadun ja ajettavuuden kompromissi. (6.)

Päällystyspastaa suunniteltaessa on tunnettava paperi- tai kartonkikoneen ja käytetyn päällystysprosessin ominaisuudet. Seuraavaksi on tunnettava pohjapaperin ominaisuudet ja painomenetelmä, jolla paperi on tarkoitus painaa. Paperi-ominaisuuksien lisäksi on otettava huomioon pastan ajettavuusominaisuudet. Kun tiedetään, millä pastareseptillä ja raaka-aineilla tavoitteet saavutetaan, valitaan taloudellisesti edullisin ratkaisu. (6.)

Päällystyspasta valmistetaan sekoittamalla vesi, pigmentit, sideaineet ja pak-suntaja sekä mahdolliset lisäaineet. Käytetyt aineet vaikuttavat pastan fysikaalisiin ominaisuuksiin päällystyksen aikana. Ominaisuuksista tärkeimmät ovat pastan vesiretentio eli vedenpidätyskyky, reologia eli paperin käyttäytyminen

rasituksen alaisena ja viskositeetti. Vaikka pasta saattaa olla monenkin erilaisen aineen seos, se voidaan kuitenkin karkeasti jakaa käyttäytymisensä puolesta kahteen osaan: pigmentteihin ja nesteeseen. Pigmentteihin kuuluvat kaikki pigmentit ja neste, joka sisältää periaatteessa muut aineet eli nesteeseen liuenneet ja sen mukana liikkuvat aineet. Pastan pigmenttien ja nestefaasin käyttäytyminen päällystysprosessissa vaikuttaa pastan vesirentioon ja viskositeettiin. (6.)

2.4.1 Pigmentit

Pigmenttien osuus päällysteen kuiva-aineesta on yleensä 80 - 95 %, joten se pääasiassa määrää päällysteen laadun ja ominaisuudet. Yleisimpiä pigmenttejä ovat kalsiumkarbonaatti ja talkki. Päällystykseen käytetään useimmiten kahden tai useamman pigmentin seosta. (2, s. 15.)

Pigmentin partikkelikoko on yleensä vain muutaman mikrometrin. Mitä pienempi partikkelikoko on, sitä kiiltävämpää on paperi. Myös pigmenttipartikkelin muodolla on vaikutusta päällysteen ominaisuuksiin. Esimerkiksi levymäisellä partikkelilla saadaan päällysteelle hyvä kiilto ja tiiveys. Levymäisellä partikkelilla on kuitenkin suuri sideaineen tarve. Pigmenttejä on myös kuutio- ja sauvamaisissa muodoissa. (5, s. 62 - 63; 4, s. 188.)

Kalsiumkarbonaattia käytetään pääasiassa lisäämään päällysteen vaaleutta ja huokoisuutta, titaanioksidia lisäämään opasiteettia, alumiinioksidia lisäämään vaaleutta ja satiininvalkoista lisäämään kiiltoa. Jauhetun kalsiumkarbonaatin avulla pystytään vähentämään pinnan kiiltoa. (2, s. 17 - 18.)

2.4.2 Sideaineet

Sideaineen tehtävä on sitoa pigmenttipartikkelit toisiinsa ja pohjapaperiin. Sideaineen osuus pastassa on yleensä 5 - 25 %. Tärkkelys on yleisin vesiliukoinen sideaine, jota saadaan esimerkiksi perunasta, maissista ja vehnästä. Tärkkelystä käytetään yleensä lateksin kanssa, koska lateksipastoissa se toimii viskositeetin nostajana ja vesirention parantajana. (4, s. 188.)

Polyvinyylialkoholi (PVA) on sidosvoimaltaan paras päällystyksessä käytetyistä sideaineista. Sitä käyttämällä voidaan pienentää pastan kokonaissideainemäärää. PVA:n käyttöä rajoittaa sen muita sideaineita kalliimpi hinta ja vaikea reologia. (4, s. 188.)

Lateksit ovat pieniä muovipartikkeleita vedessä. Niiden valmistukseen käytetään monomeereiksi kutsuttavia pienimolekyylisiä aineita. Päällystyslatekseissa esiintyviä monomeereja ovat muun muassa styreeni, butadieeni, vinyylisetaatti, butyyliakrylaatti ja metyyliimetakrylaatti. Lateksien etuina ovat tasalaatuisuus, hyvä sidoslujus ja helppokäyttöisyys. (4, s. 188 - 189.)

2.4.3 Lisäaineet

Lisäaineiden annosteltu määrä on yleensä vain alle 1 %. Lisäaineilla on lukuisia eri tehtäviä, kuten optisten ominaisuuksien (OBA) tai värisävyn säätö sekä kuiva- tai märkälujouden parantaminen (glyoksaali, hartsiliimat). (6.)

Vaahdonestoaineita käytetään estämään vaahdon muodostusta pastan valmistus- ja käsittelylaitteissa. Vaahdonestoaineita ovat esimerkiksi alkoholit, eetterit ja kasviöljyt. (4, s. 189.)

Säilöntäaineita käytetään erityisesti silloin, kun pasta sisältää bakteerien vaikutukselle alttiita luonnon sideaineita. Bakteeritoiminnan aiheuttama pilaantuminen vaikuttaa haitallisesti pastan pH-arvoihin, viskositeettiin, väriin sekä hajuhaittoihin. Yleisin käytetty säilöntäaine on booraksi. (4, s. 189.)

Voiteluaineet vaikuttavat toisaalta pastan sisäisiin virtausominaisuuksiin ja vähentävät pastan ja päällystyslaitteiden välistä kitkaa sekä toisaalta lisäävät päällystyskerroksen joustavuutta estäen kerroksen murtumisen. Yleisiä voiteluaineita ovat kalsiumstearaatti ja rasvahappojen suolat. (4, s. 189.)

Pastan ominaisuuksien vaatiman pH-arvon tai painatuksen vaatiman tietyn pinta-pH-arvon saavuttamiseen käytetään pH:n säätöaineita. Näitä aineita ovat esimerkiksi natriumhydroksidi ja ammoniakki. (4, s. 189.)

2.5 Päällystetyn paperin laatu

2.5.1 Kiilto ja sileys

Kiiltotason perusteella paperi voidaan jakaa kiiltäviin ja mattapapereihin. Eri paperilajeilla on tyypilliset kiiltotasot. Kiilto mitataan optisella heijastuksella. Käytetty mittausmenetelmä on Hunter-kiilto, jonka yksikkö on [%]. (3, s. 31.)

Paperin kiilto on merkki pinnan sileydestä. Sileys vaikuttaa paperin visuaaliseen ulkonäköön. Lisäksi sillä on merkitystä paperin painatuksessa. Sileyden yleinen mittausmenetelmä on PPS (Parker Print Surf), jonka yksikkö on [μm]. Menetelmä perustuu tasaisen metallipinnan ja paperin välisestä karheuden aiheuttamista raoista virtaavan ilmamäärän mittaukseen. (3, s. 31.)

Kiilto on suure, joka ennustaa painojäljen laatua. Painamattoman paperin kiillolla on suuri vaikutus painamisen jälkeiseen kiiltoon. Korkea painamaton kiilto johtaa korkeaan painettuun kiiltoon. Monissa tapauksissa painettu kiilto vaikuttaa myös musteen asettumiseen. (4, s. 104; 5, s. 222 - 223.)

Jotta saavutetaan korkea painettu kiilto, vaaditaan joko sileyttä paperilta tai, että mustekerros täyttää rosoisen paperin pinnan muodostaen sileän pintakerroksen. Tämä on mahdollista, jos rosoisuuden syvyys on pienempi kuin mustekerroksen paksuus. Mattapaperia valmistetaan nostamalla karheutta hieman, jotta kiilto vähenee. (9, s. 234.)

2.5.2 Mottling

Mottling tarkoittaa painojäljen epätasaisuutta, joka näkyy pilvisyytenä erityisesti isoilla ja tasaisilla väripinnoilla. Epätasaisuuden syynä voi olla esimerkiksi pohjapaperin huono formaatio eli pienimittakaavainen neliömassavaihtelu, päällistuspastan asettumis- ja kuivumishäiriöt sekä häiriöt painatuksessa. (3, s. 38.)

Mottlingia voidaan mitata esimerkiksi digitaalisella kuva-analyysillä. Kuva-analyysilaitteiston visuaalinen tarkastelukyky on tarkempi kuin ihmisen. Se voi-

daan ohjelmoida huomaamaan vaihtelevuudet monella erilaisella painoalueella.
(5, s. 418)

3 TERÄKAAVINTA PÄÄLLYSTYKSESSÄ

Teräpäälystymiseksi kutsutaan päälystimiä, joissa seoskerroksen tasoitus tapahtuu säädettävän terän avulla. Normaalirakenteisessa teräpäälystymässä on kumipintainen vastatela, jonka pinnalla paperirata kulkee päälystyshetkellä. (6.)

Päälystettä siirretään ylen määrin radan pintaan ja liika seos poistetaan sekä pinta tasoitetaan vastatelan tukemaa rataa painamalla kaavinterällä. Teräpäälystyksessä vaikuttavina tekijöinä pohjapaperin ja päälyste-seoksen ominaisuuksien lisäksi ovat muun muassa terägeometria, terän kuormitustapa, teräkulman muutokset, terän kuluminen, koneen ajonopeus, vastatelan kunto sekä applikoititapa ja applikoinnin tasaisuus. Teräpäälystyksellä saatava päälysteen rakenne sopii hyvin syväpainettaville papereille ja kartongeille. (2, s. 59; 6.)

3.1 Kaavinterän kuormitus

3.1.1 Terään vaikuttavia voimia

Kaavinterään vaikuttaa voimia kaapimisalueella ja terän kärjen alla. Terään vaikuttaa terään törmäävästä pastasta johtuva impulssivoima. Terän alla vaikuttavat ainakin hydrodynaaminen voima, kitkavoima ja rainan kuitujen aiheuttama tukivoima. Impulssivoima johtuu poiskaavattavan massavirran suunnanmuutoksista sen törmätessä terään. Impulssivoima pinta-alaa kohti muodostaa patopaineen. Kitkallinen virtaus kahden tason välissä kiilamaisessa raossa aiheuttaa tasoja erilleen työntävän hydrodynaamisen voiman. (4, s. 194 - 195.)

3.1.2 Koneensuuntainen päälystemäärän hallinta

Koneensuuntaista (MD eli machine direction) päälystemäärää hallitaan muuttamalla kaavinterän kuormaa tai kulmaa. Sivelytela- tai suutinapplikoitipäälystyksessä säädetään joko kuormaa tai kulmaa riippuen ajo-olosuhteista. Kaavinterän kuormitus voidaan jakaa kolmeen perustapaukseen:

- terän kuormitusvoiman muuttaminen siten, että terän kärkikulma muuttuu samanaikaisesti
- terän kuormitusvoiman muuttaminen siten, että terän kärjessä todellinen kulma pysyy vakiona
- teränkulman muuttaminen kuormituksen pysyessä vakiona. (5, s. 592; 4, s. 195.)

Terää voidaan kuormittaa joko joustavalla kuormitusletkulla tai jäykän kuormituslistan avulla. Letkukuormitus sopii paremmin ohuille papereille ja pienille päällystemäärille. Sen etuja ovat seuraavat:

- terän suurempi joustavuus, mikä parantaa ajettavuutta
- terä joustaa helpommin myös paikallisesti, jolloin yksittäiset partikkelit kulkevat terän ali helposti
- jäykkää kuormitusta tunteettomampi terän kulumiselle, vastatelan kulumiselle ja muotovirheille sekä vastatelan ja teräpalkin yhdensuuntaisuusvirheille
- yksinkertainen kuormitusmekanismi. (6.)

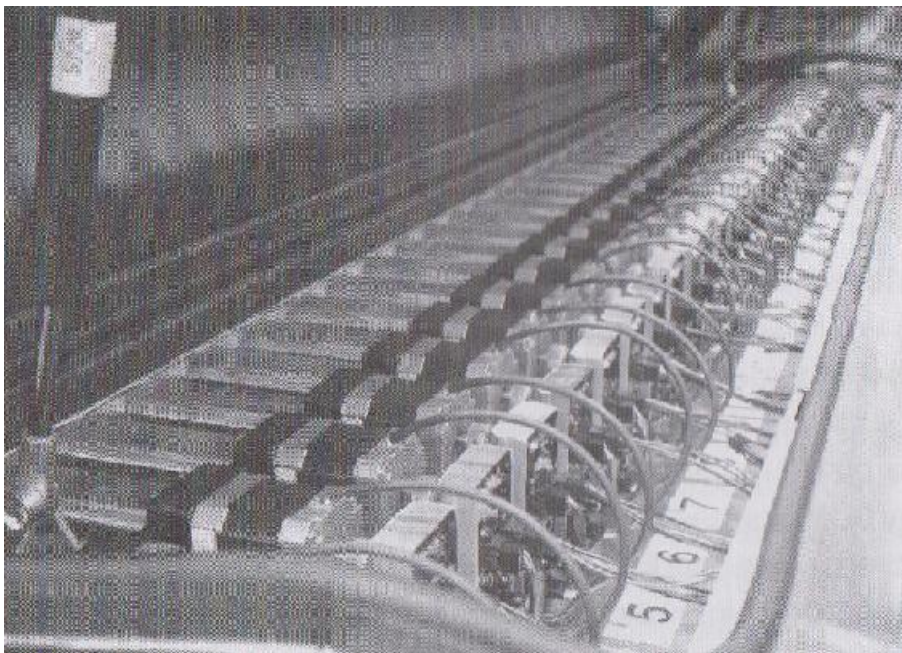
Jäykkä kuormituslista sopii paremmin suurille päällystemäärille ja lujille pohjapapereille. Sen etuja ovat parempi päällystemäärän ja poikkiprofiilien hallinta suurilla päällystemäärillä ja pienillä teräkulmilla. (6.)

3.1.3 Poikkisuuntainen päällystemäärän hallinta

Poikkisuuntaiseen (CD eli cross direction) päällystemäärän hallintaan vaikuttaa terän kuormitustasapainon tasaisuus koko paperirainan leveydellä. CD-hallintaan vaikuttavat myös pohjapaperin ominaisuudet kuten huokoisuus ja karheus. (5, s. 488.)

Tyypillisesti terän kuormitusvoimien muuttajat aiheutuvat teräpalkin mekaanisesta epäsuoruudesta tai teränpitimen epäpuhtaudesta. Nämä voivat aiheuttaa kuormitusmuutoksia radan eri kohtiin. Terä voi kulua eri määriä poikkisuunnassa profiiliongelmien vuoksi. Ongelmat terän kulumisesta eri kohdissa voivat aiheuttaa toistuvia teränvaihtoja. (5, s. 488.)

Profiloimalla teräkuormia automaattisilla CD-toimilaitteilla eli karoilla (kuva 3) voidaan paperin poikkiprofiilia usein parantaa. Profilointikarat voivat korjata vain sellaisia päällystemäärävaihteluita, jotka ovat yhtä leveitä kuin itse kara tai leveämpiä kuin kahden vierekkäisen karan etäisyys. Siksi karoista on pyritty valmistamaan mahdollisimman kapeita. (5, s. 488 - 489.)



KUVA 3. CD-toimilaitteet eli profilointikarat (5, s. 489)

3.1.4 Päällystemäärän hallinta

Pohjapaperilla on sen karheudesta riippuvainen pienin ja suurin päällystemäärä, mikä radan pinnalle on hallitusti saatavissa. Päällystemäärää säädetään muuttamalla kaavinterän kuormitusta. Terän kuormitusta lisättäessä päällystemäärät pienenevät ja kuormitusta pienennettäessä päällystemäärät kasvavat. (6.)

Terän kuormitusta lisättäessä tullaan sellaiselle alueelle, jonka jälkeen päällystemäärä ei enää juuri pienene kuormitusta edelleen lisättäessä. Tällöin on saavutettu pienin päällystemäärä. Suuri kuormitus voi johtaa huonoon ajettavuuteen. Haluttaessa edelleen pienentää päällystemäärää joudutaan joko vähentämään pohjapaperin karheutta tai päällysteseoksen kuiva-ainepitoisuutta. (6.)

Haluttaessa suurempaa päällystemäärää vähennetään terän kuormitusta. Tällöin voidaan joutua tilanteeseen, missä terän kärjessä rataan kohdistuva voima pienenee lähelle nollaa. Tämä näkyy huonona päällysteen profiilina, koska mikä tahansa epätasaisuus pohjapaperissa, applikoidussa seoskerroksessa tai kuormituksessa vaikuttaa voimakkaasti päällystemäärään. Nopeasti huonontuva päällystemääräprofiili määrää usein maksimipäällystemäärän. Maksimipäällystemäärää voidaan kasvattaa jonkin verran teräkuormituksen poikkiprofiloinnin avulla. (6.)

Teräpäällystyksen päällystemäärän säädössä erotetaan erillisinä suurkulma- ja pienkulmapäällystyksessä. Suurkulmapäällystyksessä kaavinterän kärkikulma on 25 - 50°. Pienkulmapäällystyksessä terän kärkikulma on 0 - 15°. (4, s. 195.)

3.2 Peltiset sivelyterät

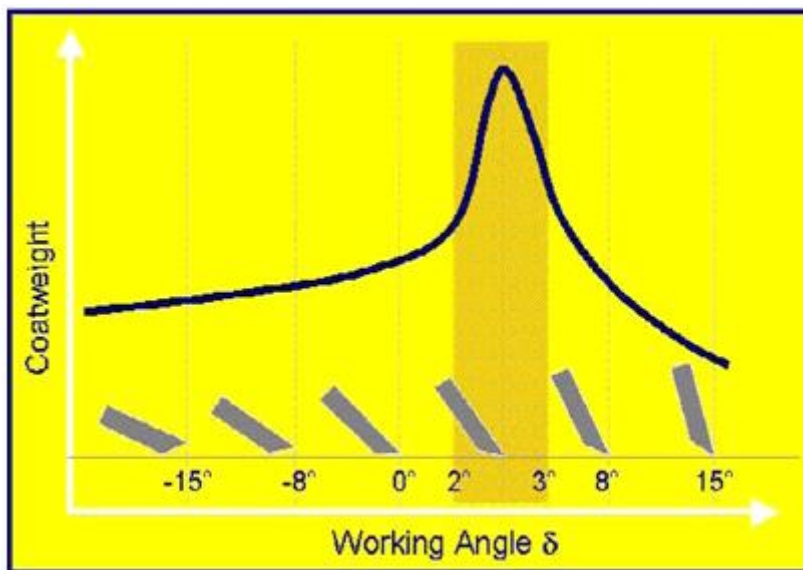
Jousiteräksisen terän eli peltiterän tärkeä ominaisuus profiloinnin kannalta on terän kulumisen. Kuluessaan terä mukautuu profiileihin ja korjaa niitä. Vaikka teräpalkki ei olisi aivan suora, hyvät päällystemääräprofiilit ovat silti saavutettavissa ensimmäisen puolen tunnin ajoajan jälkeen. Ohut terä kuluu tavallisesti nopeampaa kuin paksumpi. 12 tuntia käytössä ollut terä voi menettää jopa 3 mm korkeudestaan. Päällystyspasta voitelee terää ja hidastaa kulumista, joten mitä pienempi tarvittava päällystysmäärä on, sitä nopeammin terä kuluu. Kulumisen voi nähdä parhaiten aivan terän laidoista, joissa paperin päällystämätön kohta koskettaa terää koko päällystyksen ajan. (5, s. 477 - 478.)

3.3 Keraamilla pinnoitetut sivelyterät

Pinnoitettujen sivelyterien tarkoitus on vähentää terien vaihdosta aiheutuvia tuotantokatkoksia kestävästi 2 – 3 kertaa pidempään kuin peltiterät. Kyseiset terät kuluvat niin hitaasti, että terän korkeus pysyy samana pitkään. Näin ollen päällystyksen tasainen laatu on saavutettavissa koko terän eliniän ajan. (10, s. 364 - 365.)

Laatuvaatimukset terien suoruudelle ovat erittäin korkeat, jotta saavutetaan hyvät poikkiprofiilit päällystettäessä. Pinnoitettujen terien perusosa on jousiterästä. Terien pinnoite valmistetaan jauheplasmaruiskutuksella. Terän perusosaan ruiskutetaan hyvin ohuita keraamisia kerroksia. (10, s. 365.)

Testit keraamisten terien käytöstä kertovat, että terää täytyy käyttää juuri oikeassa kulmassa (kuva 4), koska sen kärki kuluu todella hitaasti. Väärä kulma aiheuttaa terän ajon joko liian kärjellä tai liian kannalla. Terän täytyy myös olla hyvin valmistettu ja tarpeeksi kestävä. Keraamipinnan täytyy olla hyvin kiinnittyneenä terän perusosaan ja sen täytyy olla vahva ja yhtenäinen. Keraamipartikkelin irrotessa terästä voi paperiin ilmetä viiruja. Keraamipinnoitettu terä on huomattavasti kovempi kuin tavallinen peltiterä. Pinnoitteen kovuus on 1100 - 1200 Vickersin asteikolla. Pinnoitteen täytyy olla myös sileä, koska liian karhea pinnoite voi vahingoittaa vastatelan kumipinnoitetta. Parhaat tulokset on saatu terillä, joiden keraamipinnoite on valmistettu kahteen eri kulmaan. (10, s. 368.)



KUVA 4. Keraamisen terän viisteen optimaalinen käyttökulma-alue (11)

Mitä suurempi teräkulma on päällystettäessä, sitä vaikeampi keraamista terää on saada toimimaan hyvin. Viirut ja huonot profiilit ovat yleinen ilmiö. Mitä leveämpi ja nopeampi päällystyskone on, sitä enemmän kyseisiä ongelmia voi aiheutua. Ajamalla keraamista terää hieman kärjellä normaaliin työskentelykulmaan nähden, alkaa hydrodynaaminen voima vaikuttaa ja terä säilyttää hitaan

kulumisensa ansiosta kaksi erillistä viistettä hyvin pitkään. Täten vakaat ja enustettavat päällystemääräprofiilit voidaan saavuttaa. Katkon jälkeen hydrodynaamisen ilmiön ansiosta asetetut päällystemäärät ovat saavutettavissa heti ja profiilit ovat hyvällä tasolla nopeammin kuin peltiterällä. (12, s. 19.)

Terää ajettaessa liian kärjellä hydrodynaaminen vaikutus on hyvin pieni. Kiilamainen ura avautuu liikaa ja päällyste palautuu urasta paluuvirtana, jolloin hydrodynaaminen voima lähes menetetään. Kiilamaisen uran pysyvyys ei onnistu peltiterällä, koska peltiterän kärki kuluu nopeasti tasaiseksi. (12, s. 19.)

Kaavinterän kaksoiskulman sekä keraamisen pinnoitteen yhdistelmä tuo parannusta pastan asettumiseen pohjapaperin pinnalle muun muassa paremman pigmenttiorientaation myötä. Näin ollen paperin laatu paranee pintateknisten ominaisuuksien eli kiillon ja sileyden osalta. (13, s. 92.)

Kokemukset kertovat, että keraamisia sivelyteriä käyttävien päällystyskoneiden teränvaihtotarpeet ovat vähentyneet. Tämän lisäksi terän vaihtojen jälkeisessä ylösajossa tapahtuvien ratakatkojen määrät ovat vähentyneet. Laadullisesti on osoitettu viirujen vähentyneen ja päällystemäärien poikkiprofiilien parantuneen. (10, s. 368.)

4 SIVELYTERÄT PPK7:LLÄ

4.1 Nykytilanne

Paperin päällystyskone 7:llä on käytössä jousiteräksestä valmistetut sivelyterät. Teräosan viiste on 40°, ja terän paksuus on joko 0,508 mm tai 0,457 mm. Terien leveydet ovat 8 730 mm ja korkeudet 84 mm. Terien kovuus on 565 Vickersin asteikolla.

Paperiradan katketessa terät joudutaan vaihtamaan aina, koska ne palavat katkossa aiheutuvasta kitkasta. Päällystyskoneen ollessa yhtäjaksoisella ajolla terät kuluvat ja ne joudutaan vaihtamaan 6 - 12 tunnin välein tilanteesta riippuen. Tällöin päällystyskone joudutaan hidastamaan ryöminnälle. Terien vaihdon aikana ja sitä seuraavassa ylösajossa katkomahdollisuus kasvaa. Lisäksi teränvaihto aiheuttaa ylösajohylkyä ja on samalla menetettyä tuotantoaikaa. Keveämmillä paperilajeilla teriä on käytössä yksi 3-aseamalla ja yksi 4-aseamalla. Raskaammilla lajeilla 3- ja 4-asemien lisäksi myös 1- ja 2-asemille laitetaan terät.

Stora Enson paperikonelinja 7:llä on käytössä erillispäällystyskone, joka voidaan karkeasti jakaa aukirullaimeen, neljään päällystysasemaan ja kiinnirullaimeen. Lisäksi päällystyskoneen jälkeen on välirullain, jolla voidaan korjata päällystyksessä aiheutuneita vikoja. Koneen yhteydessä on myös kaksi siltanosturia, joilla hoidetaan konerullaliikennettä. Päällystyskoneen yhteydessä on pastakeittiö, jossa paperiin tuleva päällystyspasta valmistetaan. Päällystyskoneella työskentelee vuorokohtaisesti kuusi prosessinhoitajaa.

Päällystyskoneella on käytössä Jet-suutinapplikoinnilla varustetut teräpäällystysasemat, joissa on AutoBlade-laitteisto. AutoBladen tarkoituksena on pitää kaavinterän kärkikulma vakiona kuormituksesta riippumatta. Teräkulmat ovat 40° ja päällystemäärät ovat noin 10 g/m^2 asemaa kohden. Päällystyskoneen ajonopeutena pyritään pitämään 1 800 m/s . Rataleveys on hieman yli 8,3 m.

4.2 Koeajot keraamilla pinnoitetuilla sivelyterillä

Koeajot suoritettiin keraamipinnoitetuilla sivelyterillä, joissa on kaksoisviiste. PPK7:llä käytettävien terien viisteet ovat 37° ja 25°. Keraamiset sivelyterät valmistetaan aina konekohtaisesti. Viisteiden kulmat on valittu optimaalisiksi käytettävien teräkulmien perusteella. Aiempien kokemusten perusteella voidaan todeta, että parhaiten PPK7:llä ovat toimineet terät, joiden keraaminen pinnoiteseos on kromioksidia.

4.2.1 Koeajojen tavoitteet

Koeajojen perusteella selvitettiin keraamisten terien vaikutus paperin laatuun, päällystyskoneen ajettavuuteen ja terien käytettävyyteen. Laadun mittareina toimivat paperin poikkiprofiilit sekä kiilto, sileys ja painettavuusarvot. Laatuarvoja mitattiin lopputuotteesta. Ajettavuus tutkittiin tilastoimalla katkovälejä ja aiheutunutta ylösajohylkyä. Terien käytettävyydessä otettiin huomioon sen käytöstä aiheutuvat haitat, terän- ja teränpitimen puhtaustaso katkotilanteissa, toimitustapa ja terän käsittely käyttäjien kannalta.

4.2.2 Koeajot yritys X:n pinnoitetuilla sivelyterillä

Koeajo 5. - 6.9.2011

Koeajo aloitettiin kahdella asemalla päällystettävällä 90 g/m^2 mattapaperilla. Ylösajo tapahtui samaan tapaan kuin peltiterillä. Ylösajon yhteydessä tarkastettiin asemien kiinnimenoajat. Aseman sulkeutuessa on tärkeää, että aika minkä terä koskettaa kuivaa paperia on mahdollisimman lyhyt. Terän palamisen kannalta on olennaista, että pasta levittäytyy kuivaan paperiin nopeasti. 3-asema sulkeutui 2,6 sekunnissa ja 4-asema 4,6 sekunnissa. Terätoimittajan mukaan ajat eivät olleet liian pitkät.

Ylösajon jälkeen profiilit asettuivat paikalleen nopeasti, mutta ne jäivät hieman huonommiksi kuin peltiterillä. Kone oli ajolla yhtäjaksoisesti noin kymmenen tuntia.

Seuraavana päivänä laji vaihtui neljällä asemalla päällystettäväksi 115 g/m^2 mattapaperiksi. Jokaisella neljällä asemalla käytettiin keraamisia teriä. Koneen kiihdyttyä täyteen vauhtiin profiilit jäivät tosi huonoiksi. Epäilyksenä oli, että 1- ja 2-aseman kulmien todelliset arvot eivät olleet asetetut 40° . 2-aseman kulmaa nostettiin 42° :seen ja asemalta saatu profiili parani hieman, mutta ei riittävästi. Päällystyskoneen ajo kesti vain noin kahden täyden konerullan verran, koska profiilit eivät näyttäneet tasoittuvan. 1- ja 2-asemille vaihdettiin peltiterät. 4- ja 3-asemille jätettiin keraamiset terät. Profiilit paranivat selkeästi, mutta eivät samalle tasolle kuin peltiterien käytöllä.

Peltiterät 1- ja 2-asemilta otettiin talteen seuraavassa katkossa. Terät lähetettiin analysoitavaksi. Koska ajossa oleva jousiteräs kuuluu kitkan vaikutuksesta, voi aseman todellisen ajokulman tarkastaa teriin tehdyistä analyyseistä.

Koeajo 20. - 22.9.2011

Koeajo aloitettiin 100 g/m^2 mattapaperilla. Noin kolmen tunnin ajon jälkeen paperirata katkesi reikään. Katkossa ei käytetty teränpidintä auki eikä karaprofiileja nollattu päätteeltä. Katkon jälkeen profiilit huonontuivat huomattavasti. 3-asemalta alkanut profiileiden piikikkyys paheni 4-asemalla. Ajon aikana laji vaihtui 90 g/m^2 mattapaperiin, jolloin kuormia muutettiin suuremmiksi. Kuormien muutos paransi profiileita huomattavasti, mutta piikikkyyttä oli havaittavissa. Ensimmäisen katkon jälkeen ajettiin noin 14 tuntia kestänyt katkoton ajojakso.

Koeajon keskimmäisenä päivänä oli useita reikäkatkoja. 14 tuntia kestänyt ajojakso päättyi reikäkatkoon keskimmäisen koeajopäivän aamulla. Keraamiset terät vaihdettiin kyseisessä katkossa. Tämän jälkeen paperirata katkesi vielä kolme kertaa reikään. Viimeisimmässä reikäkatkossa vaihdettiin 3- ja 4-asemien terät. Katkot eivät huonontaneet profiileita. Viimeisen reikäkatkon jälkeen keraamisilla terillä ajettiin noin 17 tunnin katkoton ajojakso, jonka jälkeen keraamiset terät vaihdettiin peltiteriin lajinvaihdon yhteydessä.

Koeajo 29. - 30.9.2011

Ennen koeajoa tuotantolinjalla oli muutaman vuorokauden mittainen seisokki. Seisokin jälkeen päällystys aloitettiin kiiltävällä 100 g/m^2 lajilla. Koneeseen laitettiin pinnoitetut terät. 3-aseman kuormat jäivät hyvin pieneksi aiheuttaen piikikkyyttä profiileissa. Kuormia ei pystytty lisäämään, koska päällystemäärä olisi pienentynyt ja paperi olisi jäänyt alipainoiseksi. Huonojen profiileiden vuoksi jouduttiin hylkäämään 1,5 konerullaa.

Aamulla 30.9.2011 pinnoitettuja teriä kokeiltiin uudelleen neljällä asemalla päällystettävällä 115 g/m^2 mattalajilla. Profiiliongelmia toistui uudelleen. Profiilit jäivät erittäin piikikkäiksi ylittäen hylkyrajan. Profiilit olivat huonot jo 1-asemalta lähtien. Piikikkyyttä lisääntyi muilla asemilla. Koeajossa ajettiin vain neljä konerullaa, minkä jälkeen koneeseen vaihdettiin peltiterät. Keraamisten terien koeajot neljällä asemalla päällystettävillä lajeilla päätettiin lopettaa kokonaan.

Koeajo 2. - 3.10.2011

Koeajo aloitettiin 100 g/m^2 mattapaperilla. Pinnoitetuilla terillä ajettiin yksi noin 15 tuntia kestänyt katkoton ajojakso, jossa laji vaihtui useasti. Ajojaksen aikana päällystettiin kaikkia kahdella asemalla päällystettäviä mattalajeja. Profiilit olivat koko ajojakson ajan hyviä, mutta hieman piikikkäämpiä kuin peltiterillä.

Koeajo 2. - 3.11.2011

Yö- ja aamuvuorojen aikana paperirata oli katkennut yhteensä kahdeksan kertaa reikään. Pinnoitettujen terien vaikutusta reikien ehkäisemiseksi päätettiin kokeilla. Pinnoitetut terät asennettiin koneeseen viimeisessä reikäkatkossa. Terillä ajettiin noin 28 tunnin ajojakso. Ajojaksen aikana oli kolme katkoa, joista ensimmäinen oli kiinnirullainkatko viiden tunnin ajon jälkeen. Katkossa ei nollattu karaprofiileita ja paperin poikkiprofiilit pysyivät katkon jälkeen hyvinä. Paperilaji oli kiiltävä 90 g/m^2 .

Ensimmäisen katkon jälkeen seurasi noin 17 tuntia kestänyt katkoton ajojakso, jonka lopussa laji vaihtui. Kiiltävää 100 g/m^2 paperia ajettiin yksi kokonainen konerulla hyvillä profiileilla kunnes paperirata katkesi saumaukseen aukirul-

laimella. Katkossa karaprofiilit nollattiin Damatic-päätteeltä, minkä jälkeen paperin poikkiprofiilit muuttuivat piikkikäiksi 3-asemalla. Profiilit huonontuivat myös 4-asemalla. Koeajon paperin poikkiprofiilit ovat liitteessä 1.

Seuraava ratakatko tapahtui noin kuuden konerullan ajon jälkeen. Katkossa pinnoitetut terät vaihdettiin peltiteriin. Samat pinnoitetut terät olivat olleet koneessa koko 28 tunnin ajojakson ajan.

Koeajo 16. - 17.11.2011

Yöllä olleiden useiden ratakatkojen jälkeen koneeseen asennettiin keraamiset terät. Katkot loppuivat ja kone oli yhtäjaksoisesti ajolla noin 15 tuntia. Sen jälkeen paperirata katkesi kiinnirullaimen saumaukseen. 15 tunnin ajon aikana ajettiin kaikkia 90 g/m^2 lajeja. Paperin poikkiprofiilit säilyivät hyvinä jopa katkon jälkeenkin, kunnes laji vaihtui kiiltävään 100 g/m^2 ja 4-aseman poikkiprofiilit huononivat rajusti. Myös viiruisuutta alkoi ilmetä. Ajoa jatkettiin vielä seitsemän konerullan verran, mutta sitten terät päätettiin vaihtaa peltiteriin. Samoilla pinnoitetuilla terillä ajettiin kokonaan noin 25 tunnin mittainen ajojakso. Koeajon paperin poikkiprofiilit ovat liitteessä 2.

4.2.3 Koeajot yritys Y:n pinnoitetuilla sivelyterillä

Yritys Y:n pinnoitetuilla terillä suoritettiin vain yksi noin 6 tuntia kestänyt koeajo 4.10.2011. Terät olivat hyvin samankaltaiset kuin X:n terät. Tietoa terien pinnoitemateriaalin seoksesta ei saatu.

Koeajossa paperin poikkiprofiilit olivat aikaisempien koeajojen tasoa. Päälystetty laji oli kiiltävä 90 g/m^2 . Koeajo päättyi reikäkatkoon, jonka yhteydessä terät poistettiin koneesta. Syy terien poisottoon ei ole tiedossa.

4.3 Keraamilla pinnoitettujen sivelyterien käyttökokemuksia

Koeajojen yhteydessä suoritettiin vierailu eräälle tehtaalle. Vierailun tarkoituksena oli kerätä tietoa päälystyskoneilta, joilla keraamisesti pinnoitettuja sivelyte-

riä on käytössä. Muilla tehtailla saatuja kokemuksia voitaisiin mahdollisesti hyödyntää PPK7:llä.

Tehtaalla kerrottiin ajettavuuden parantuneen pinnoitettujen terien käyttöönoton jälkeen. Ajettavuus on parantunut rynkky- ja reikäkatkojen vähentymisenä. Pinnoitetut terät kestävät yleensä myös katkot ja samoja teriä pystytään käyttämään 3,5 vuorokautta. Paperin poikkiprofiilit huononevat hetkessä radikaalisti, jos terillä ajetaan pidempään. Tehtaan paperin poikkiprofiilit ovat yleisesti ottaen hyvät.

Tehtaan toisella päällystyskoneella on käytössä jäykkälistainen teräkuormituspalkki. Kyseisellä päällystyskoneella vastatelojen pinnoitteet kuluvat nopeasti telojen päädyistä. Viereisellä päällystyskoneella, jolla on käytössä letkukuormiteinen teräpalkki, vastatelat eivät kulu yhtä nopeasti.

5 TULOSTEN ARVIOINTI

Tulosten arviointi on tehty kahdella asemalla päällystettäville lajeille. Tulosten arvioinnissa on tutkittu paperin painettavuutta ja laatua, paperin poikkiprofiileja, päällystyskoneen ajettavuutta, terien käytettävyyttä sekä kustannuksia.

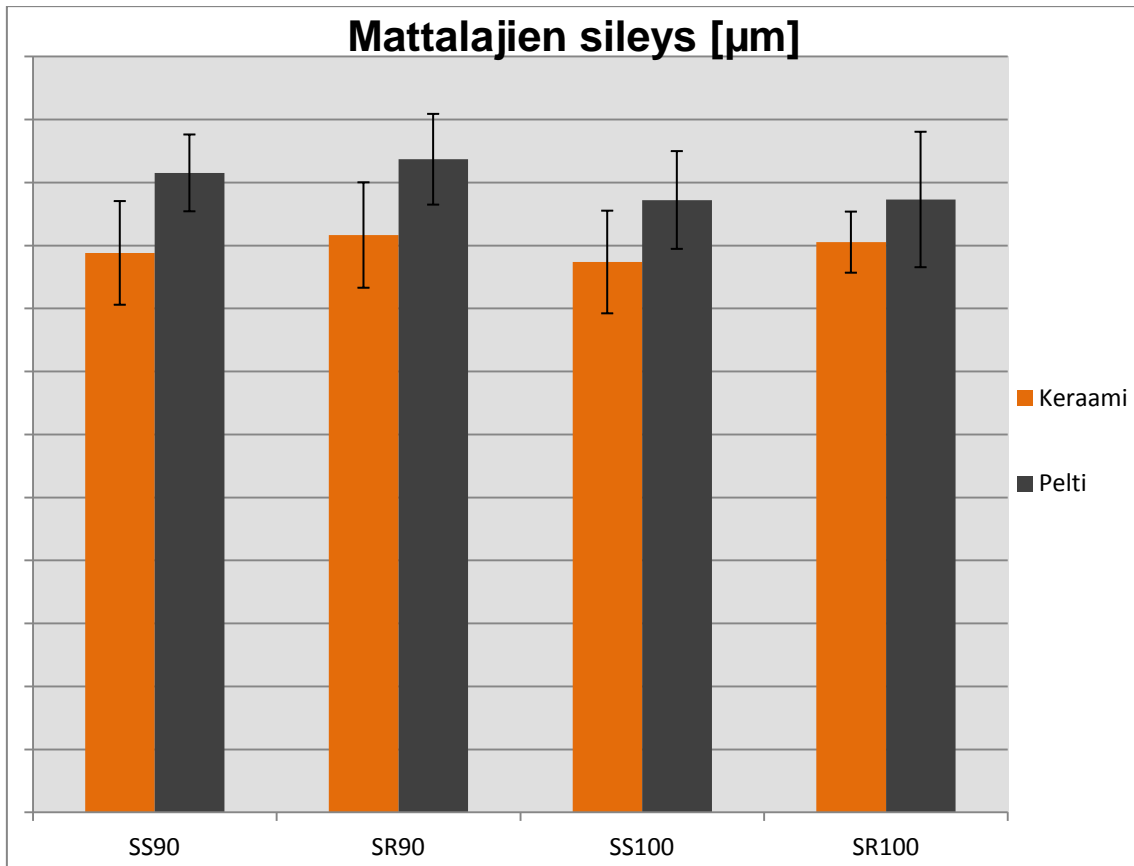
Vertailussa käytettävien terien valmistajat ovat Bonetti, Joh. Clouth ja Diamond Blade Oy. Viimeiset pinnoitetut terät olivat varsinaisessa koeajossa 17.11.2011.

5.1 Laatuarvot ja painettavuus

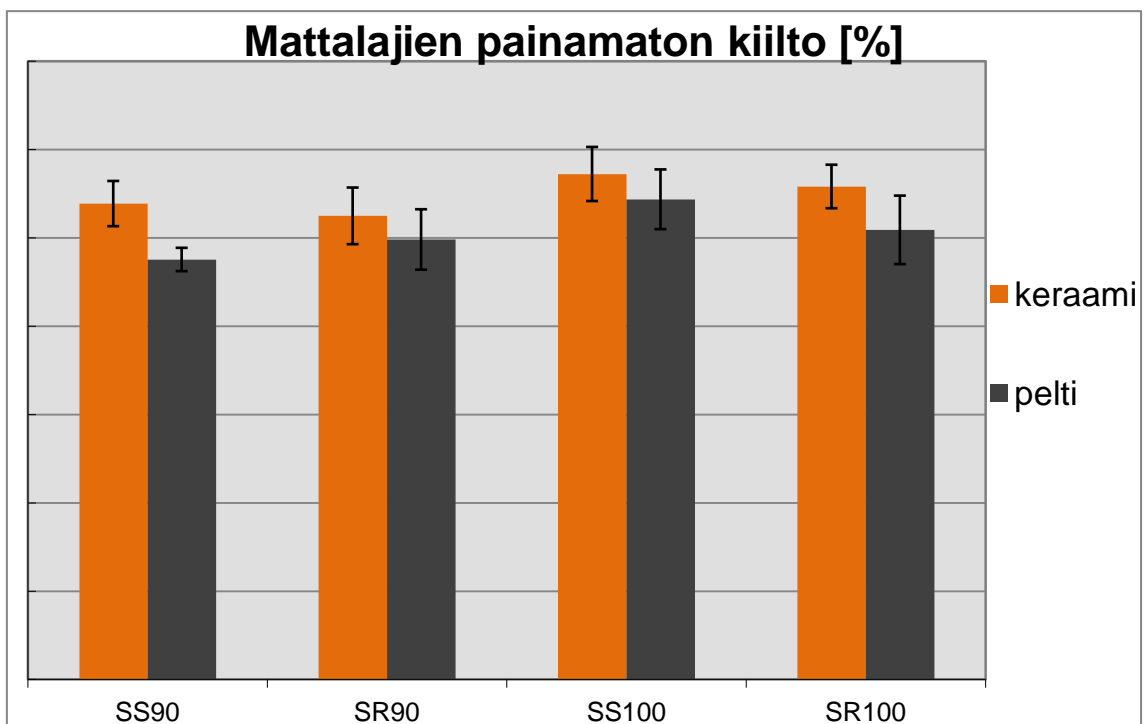
Koeajojen perusteella voidaan todeta, että keraamisilla kaavinterillä on vaikutusta lopputuotteen laatuun. Laatuarvoja mitataan lopputuotteesta eli päällystetty paperi on myös kalanteroitu. Kalanteri on päällystyskoneen jälkeinen kone, jossa paperi kiillotetaan. Lopputuotteen näytteet otetaan kalanterin jälkeisen pituusleikkurin rullista. Näytteet analysoidaan tehtaan laboratoriossa.

Kuviin 5 - 10 paperin ylä- ja alapuolinen laatu on yhdistetty keskiarvoiksi lajikohtaisesti. Kuvien 5 - 10 palkkien päällä olevat viivat ovat näytteiden keskihajontapalkkeja. Liitteessä 3 on lajikohtaisten laatuarvojen muutokset lukuarvoina sekä näytemäärät. Sileysarvon pienentyminen tarkoittaa sileyden parantumista ja prosentuaalisen kiiltoarvon suurentuminen tarkoittaa kiillon parantumista.

Sileys on parantunut kaikilla mattalajeilla pinnoitettuja teriä käytettäessä (kuva 5). Sileyden arvellaan parantuvan keraamisen terän pinnoitteen tuoman jäykkyyden ja kovuuden ansiosta. Parantunut sileys nostaa myös paperin kiiltoa. (Kuva 6.)

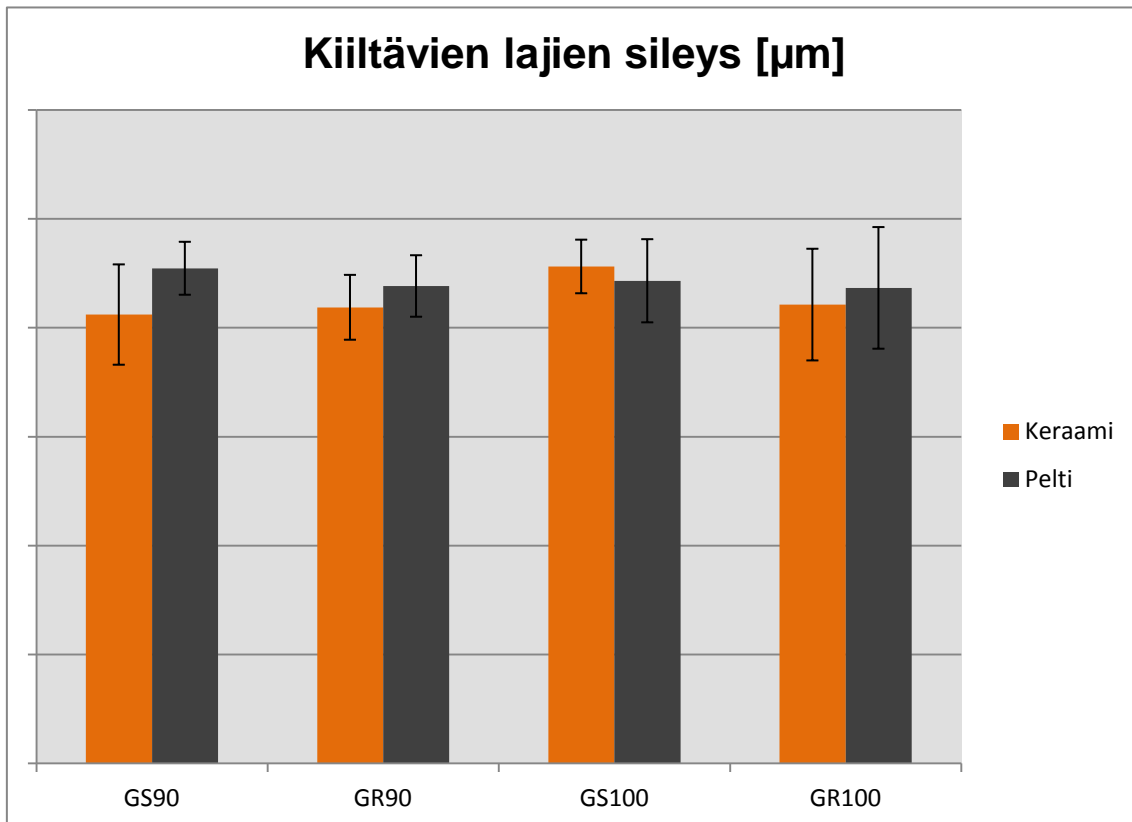


KUVA 5. Mattalajien sileys

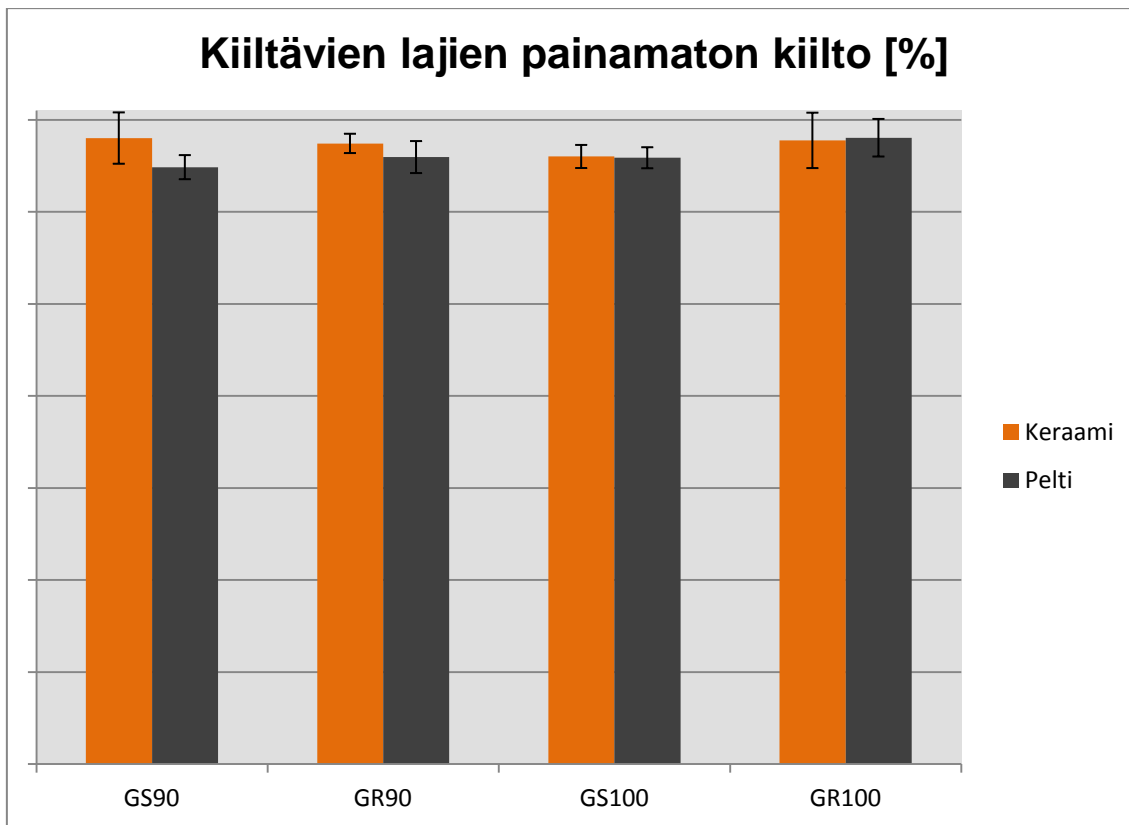


KUVA 6. Mattalajien painamaton kiilto

Kuvista 7 ja 8 nähdään, että kiiltävien GS90- ja GR90-lajien laatu on parantunut mattalajien tapaan. GS100- ja GR100-lajien kiilto- ja sileysarvot ovat muuttuneet päinvastoin kuin muilla lajeilla. Laatuarvojen epämääräisyys voi johtua kyseisten lajien päällystemäärien suuruudesta, jotka aiheuttavat päällystystapah-tuman epävakaan. Suuret päällystemäärät aiheuttavat pienemmät teräkuor-mat, mikä vähentää terän vaikutusta paperin laatuun.



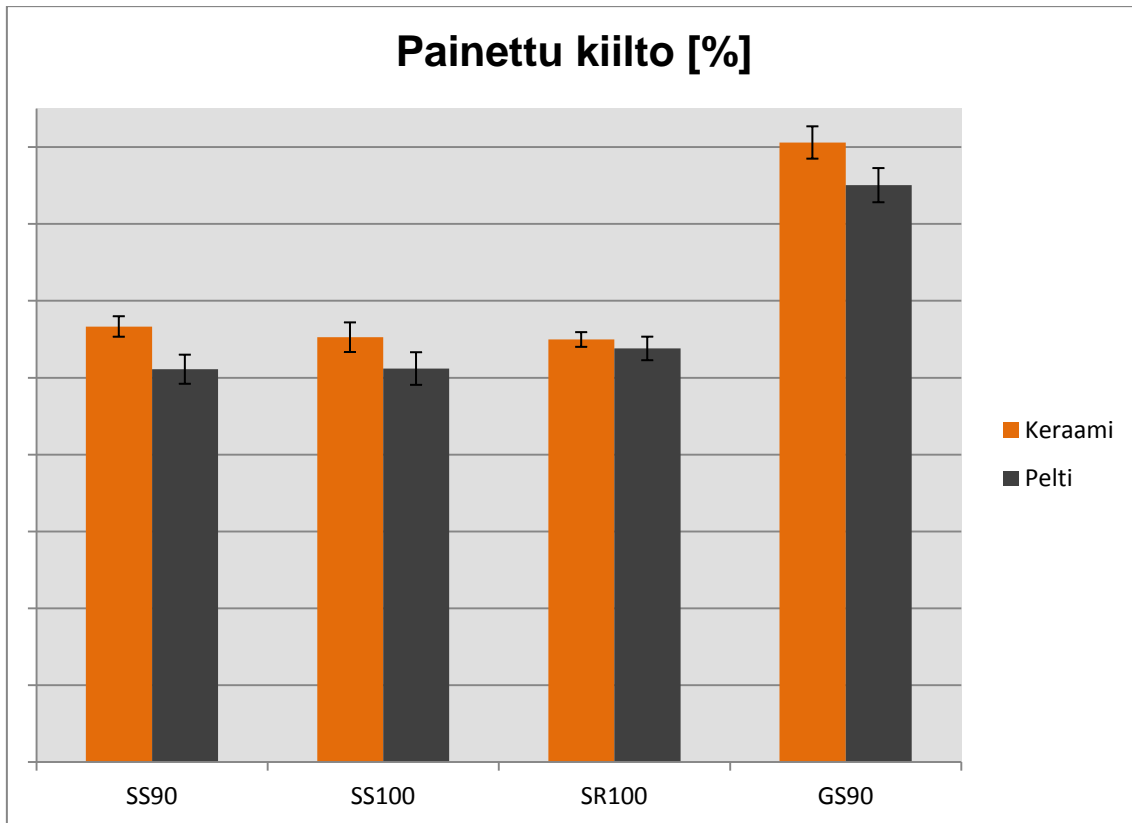
KUVA 7. Kiiltävien lajien sileys



KUVA 8. Kiiltävien lajien painamaton kiilto

Painettavuuden laatua mitataan painonäytteistä, jotka analysoidaan tehtaan omassa painolaboratoriossa. Painonäytteitä teetetään paljon harvemmin, kuin painamattoman laadun näytteitä. Täten tarkasteltujen painonäytteiden määrä on vähäinen ja tarkastelu pystyttiin tekemään vain kuvissa 9 ja 10 oleville lajeille.

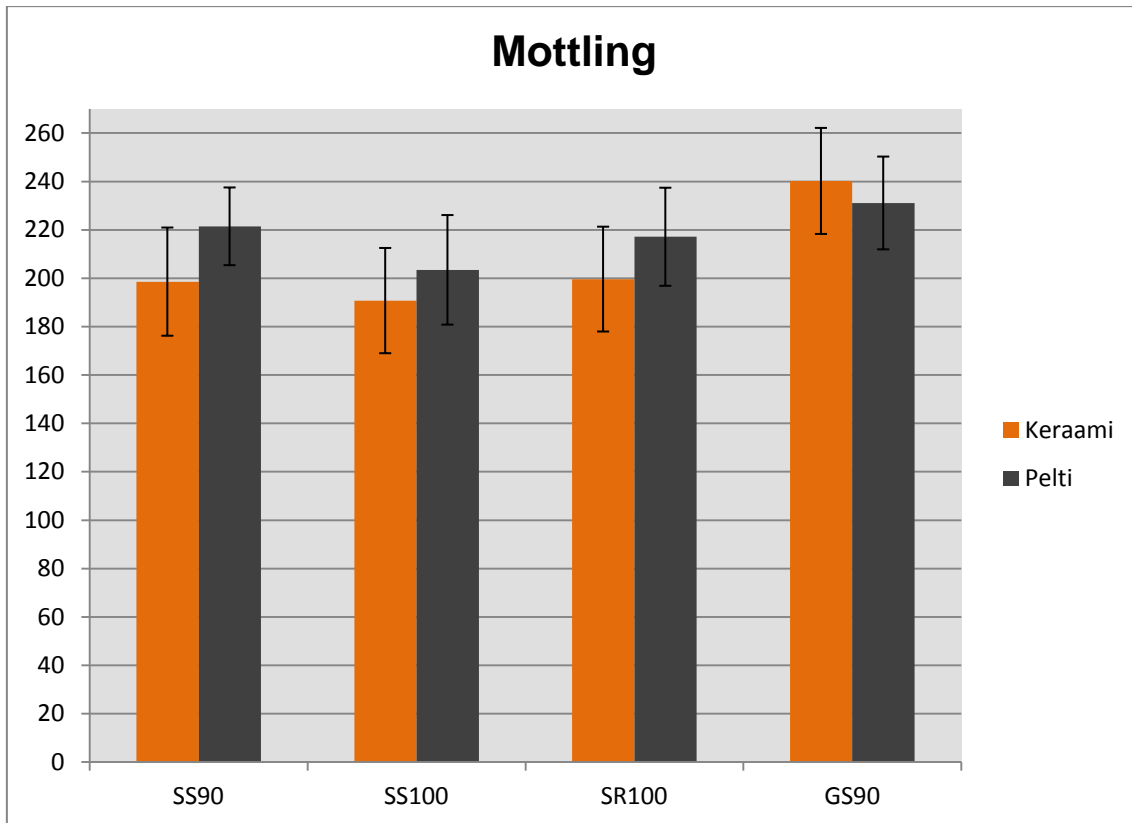
Tulokset painetusta kiillosta vastaavat teoriaosassa mainittua kiillon vaikutusta. Painettu kiilto on parantunut painamattoman kiillon vaikutuksesta (kuva 9). Myös paperin parantunut sileys parantaa painettua kiiltoa. Näin voidaan todeta, että paperin painettu kiilto on ennustettavissa painamattoman kiillon perusteella.



KUVA 9. Paperin painettu kiilto

Paperin mottling-arvot on analysoitu samoista näytteistä kuin paperin painetun kiillon arvot. Mitä pienempi mottling-arvo on, sitä tasaisempaa on paperin painojälki. Mottlingille ei ole varsinaista yksikköä. Mottlingin arvioimisessa 20 yksikön vaihteluväli on silmällä havaittavissa.

Mottling on parantunut tarkastelluilla mattalajeilla. Laatuarvoista mottling on ainut, jonka toispuoleisuus on kasvanut keraamisilla terillä (liite 3). GS90-lajin mottling on huonontunut (kuva 10).



KUVA 10. Painonäytteiden mottling-arvot

5.2 Paperin poikkiprofiilit

Paperin kuivapainoprofiilit olivat koeaikajaksolla yleisesti ottaen hieman piikkikäämmät kuin peltiterillä. Kaikki muut kahdella asemalla päällystettävät lajit, lukuun ottamatta sattuneita häiriöitä ja GS100 sekä GR100-lajeja, ovat olleet tasalaatuisia profiileiden kannalta. Liitteistä 1 ja 2 selviää koeajojen kuivapainoprofiilien yleinen taso. Liitteiden kuvien lopussa olevat selkeästi piikkikäämmät profiilit ovat GS100- ja GR100-konerullien profiileja.

Koeajojen perusteella voidaan todeta, että päällystysaseman todellisella kulmalla on vaikutusta päällystysprofiiliin laatuun. 3-aseman todellinen teräkulma on lähempänä asetusarvoa kuin 4-aseman. 3-asemalla keraamista terää ajetaan optimaalisella kulmalla, minkä vuoksi 3-asemalta saadut profiilit ovat paremmat kuin 4-aseman. 4-aseman teräkulma poikkeaa asetetusta noin 5°. Tässä tapauksessa terää ajetaan liian kärjellä. Peltiterille tehtyjen analyysien perusteella mitatut päällystysasemien kulmat ovat taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Päälystysasemien teräkulmat (14)

PPK7 PÄÄLTYSTYSASEMIEN TERIEN KULMAT				
NÄYTTEET OTETTU 6.10.2011 7h AJON JÄLKEEN				
ASEMA	ASETUSKULMA / TERÄN PAKSUUS	MITATTU TERÄKULMA / TERÄN 84.1 KORKEUS HP	MITATTU TERÄKULMA / TERÄN 84.1 KORKEUS KE	MITATTU TERÄKULMA / TERÄN 84.1 KORKEUS KP
AS1	40°/0.508	46°/82,5	48°/82,5	46°/82,4
AS2	40°/0.457	45°/82,8	45°/82,8	44°/83,0
AS3	40°/0.457	44°/83,2	40°/83,1	40°/83,2
AS4	40°/0.508	44°/82,8	45°/82,8	44°/82,5

AutoBladen tarkoituksena on pitää kaavinterän kärkikulma vakiona kuormituksen muutoksista riippumatta. Silti kuormakompensointi ei toimi oletetulla tavalla. Peltisiin kaavinteriin tehtyjen analyysien perusteella kärkikulma muuttuu asetetusta kulmasta huomattavasti suuremmaksi.

Keraamisesti pinnoitetun terän paperia vasten olevan viisteen kulma on 37°. Terälle optimaalinen teräkulma ajossa on 39 - 40°. Tällä hetkellä kulmakompensointi nostaa teräkulmaa liikaa, mikä suurentaa terän ja paperiradan välissä olevaa kiilamaista uraa. Terän alla vaikuttava hydrodynaaminen voima pienee kiilamaisen uran suurentuessa, mikä vaikuttaa päälystemäärän hallintaan huonontuen paperin poikkiprofiileita. Jotta hydrodynaaminen voima terän alla säilyisi vallitsevana, tulisi terän kärkikulman pysyä samana koko ajan.

1- ja 2-asemien todelliset kulmat ovat niin suuret asetusarvoihin nähden, että kyseisillä asemilla ei kannata tällä hetkellä käyttää keraamisia teriä. Liitteessä 4 on teräanalyysi 1- ja 2-asemilla käytetyistä peltiteristä. Liitteessä 5 on teräanalyysi pinnoitetusta 2-aseman terästä 6.9.2011 koeajolta. Keraamisen terän pinnoitteen hitaan kulumisen takia ei voida kuitenkaan sanoa varmasti miten kuormakompensointi toimii keraamisilla terillä.

Neljällä asemalla päälystettäviä lajeja ajettiin keraamipinnoitetuilla terillä vain vähän toistuvien poikkiprofiiliongelmien vuoksi. Molemmissa neljällä asemalla

ajetuissa koeajoissa profiilit olivat samankaltaiset. Liitteessä 6 on jokaiselta asemalta saadut poikkiprofiilit yhdestä konerullasta.

Koeajojaksolla havaittiin muutamia katkoja, joiden jälkeen poikkiprofiilit olivat erittäin huonoja, koska kaavinterää ei vaihdettu. Kaavinterän keraamipinnoite toimii lämmöneristeenä. Aluksi epäiltiin, että kitkasta aiheutuva lämpö voi siirtyä terän perusosaan sellaisissa katkoissa, joissa päällystysasema avautuu liian hitaasti. Kyseisissä katkoissa kaavinterä oli joko vastatela tai kuivaa paperirainaa vasten yli 5 sekuntia. Liitteessä 6 on paperin poikkiprofiilit ennen katkoa ja katkon jälkeen, kun terää ei vaihdettu katkossa. Pinnoitteen pitäisi kuitenkin kestää kitkasta aiheutuva lämpötila.

On mahdollista, että katkon jälkeiset huonot profiilit ovat aiheutuneet terän huonosta puhtaustasosta. Prosessinhoitajia ohjeistettiin pesemään terä puhtaaksi heti ensimmäisenä toimenpiteenä katkotilanteissa. Terä on saattanut jäädä liikkeeksi esimerkiksi katkossa, joka on ollut lähellä vuoron vaihtoa. Prosessinhoitaja on saattanut unohtaa mainita seuraavalle työntekijälle, ettei koneessa olevaa keraamista terää ole vielä pesty.

Piikikkäät kuivapainoprofiilit voivat aiheuttaa ajettavuusongelmia pituusleikkurilla. Ne voivat aiheuttaa myös epätasaisuutta paperipalleteissa sekä hylkäämisiä arkittamalla.

5.3 Ajettavuus

Koeajojakson ajettavuutta on tutkittu vuorokausikohtaisen katkomäärän perusteella. Koeajoissa keraamisilla terillä ajettiin yhteensä 136 tuntia. Terien keskimääräinen käyttöikä oli 13,6 tuntia, ja ne vaihdettiin hieman useammin kuin joka toisessa katkossa.

Vuoden 2010 katkomäärään verrattuna koeajojen vuorokausikohtainen katkomäärä väheni noin yhdellä. Verrattuna vuoden 2011 tilastoihin katkomäärä väheni 0,9:llä. Katkomäärä on kuitenkin riippuvainen monesta tekijästä, ja lyhyen koeajon perusteella ajettavuuden paranemista on vaikea todeta. Tammikuu

2012 on ajettu kokonaan peltiterillä, ja vuorokausikohtainen katkomäärä on pienentynyt 1,1:een.

Useat terätoimittajat perustelevat katkomäärän vähenemistä pienentyneellä kitkalla. Kitkan vähenemistä perustellaan sillä, että kulumattomuutensa ansiosta pinnoitetun terän paperirataan kohdistuva kosketuspinta-ala on pienempi kuin peltiterillä. Pienemmän kitkan ja kosketuspinta-alan ansiosta paperissa olevat reiät pääsevät terän ohi helpommin.

Koeajojen ajettavuuden tilastoinnissa on otettu huomioon myös syyskuun useat reikäkatkot. Katkot johtuivat päällystyskoneen puhtaustasosta. Hieman ennen koeajoja oli sattunut niin sanottu koneen maalaaminen. Koneen maalaaminen tarkoittaa päällystyspastaan kulkeutumista paperin mukana niin, ettei kaavinterä kaavi sitä pois. Paperin mukana kulkenut liiallinen päällystyspasta oli päässyt tarttumaan koneessa oleviin kuivaimiin ja teloihin. Koneita yritettiin puhdistaa, mutta kuivanutta pastaa oli niin paljon, että se aiheutti katkoja pitkään. Katkoja aiheutui sekä pinnoitetuilla terillä että peltiterillä. Reikäkatkot vähenivät huomattavasti syyskuun lopun seisokin jälkeen, jolloin kone puhdistettiin perusteellisesti.

Partaamista, eli päällysteen kertymistä terän taakse, ei havaittu koeajojen aikana. Partaamisen vähäisyys voi johtua siitä, että teriä on ajettu koko ajan kärjellä. Yleensä partaamista aiheutuu, kun teriä ajetaan kannalla.

PPK7:llä on otettu käyttöön Procemex-järjestelmä, jossa on hylkymerkkain. Ylösajossa prosessinhoitaja käyttää hylkymerkkainta, kun paperi on laadussaan kosteuden ja neliömassan perusteella. Hylkymerkkain maalaa ajossa olevan konerullan kylkeen merkin, joka määrää konerullan ylösajohylyn. Järjestelmästä saadaan todellinen hylkymäärä metreinä. Merkkain on tullut käyttöön vasta koeajojen lopussa, joten ylösajohylyn vähenemistä keraamisilla terillä ei ole voitu tutkia tilaston vähäisyyden takia. Damatic-järjestelmän perusteella paperin laadun saavuttaminen ylösajossa kestää hieman pidempään pinnoitetuilla terillä kuin peltiterillä.

5.4 Käytettävyys

Koeajojen kuluessa pyrittiin selvittämään mahdollisimman paljon käytännön asioita pinnoitettuja teriä koskien. Ensimmäiseksi selvitettiin terän puhtaustaso katkon jälkeen, mikäli terä on ehjä ja se jätetään koneeseen. Koneeseen jätettävän terän puhdistaminen on heti ensimmäinen toimenpide katkossa. Muuten pasta jähmettyy terään, eikä terää saa pesemällä puhtaaksi. Katkon jälkeen märkä pasta on helppo puhdistaa kaavinterästä vesiletkulla huuhtelemalla ja tämän jälkeen pyyhkäisemällä karhunkielellä.

Teränpidin tulee pitää kiinni-asennossa, jos keraamista kaavinterää ei vaihdeta katkossa. Muuten lika ja kovettunut pasta voivat päästä terän ja pitimen väliin. Epäpuhtaudet terän ja pitimen välissä voivat aiheuttaa viirutusta tai muita laatu- poikkeamia päällystyksessä.

Katkon jälkeiset karaprofiilit voi nollata joko käyttämällä teränpidintä auki-asennossa tai damatic-päätteeltä. Karaprofiilien nollaus tarkoittaa, että karat lakkaavat profiloimasta terää ja siirtyvät taka-asentoon. Koska teränpitimen aukaisua tulee välttää, tulee käyttäjän halutessaan nollata profiilit päätteeltä. Jos koneessa ollut kaavinterä vaihdetaan katkossa, on teränpitimen aukaiseminen välttämätöntä ja tällöin karaprofiilit nollaantuvat automaattisesti.

Karaprofiileiden nollauksen lisäksi koneen ylösajo on mahdollista suorittaa aikaisemmin ajettujen konerullien keskiarvoprofiileista. Tämä vaihtoehto toimii vain, jos terää ei vaihdeta koneesta. Katkojen jälkeiset huonot poikkiprofiilit voivat johtua liian vähäisestä suodatuksesta aikaisempien rullien aloitusprofiileita käytettäessä. Suodatusarvo on kerroin, jota on helppo muuttaa damatic-päätteeltä.

Syyskuun aikana muutamia ohuempia pinnoitettuja teriä hajosi katkoissa. Terät hajosivat käyttöpuolelta aivan terän perusosan ja pinnoitetun osan rajalta. Rikkoutumiset olivat vaikeasti havaittavissa, koska repeämät olivat hyvin lyhyitä. Rikkoutunut terä saattaisi helposti jäädä koneeseen ja aiheuttaa uuden ratakatkon tai laatu poikkeamaa paperiin.

Vastatelojen reunoissa on alue, johon paperirata ei kosketa eikä alueelle tule päällystettä. Terä kuitenkin kuormittaa vastatelaä myös reunoista. Päällystysasemilla on käytössä reunasuihkut, jotka kastelevat vastatelojen reunoja. Reunasuihkujen virtaus on säädettävissä käsin paikan päältä. On mahdollista, että reunasuihkujen virtaus ei ole ollut riittävä keraamisen terän kuormittaessa vastatelaä. 3- ja 4-asemien vastatelojen reunat molemmista päistä kuuluivat rosoisiksi.

Telojen kulumisen arveltiin aiheutuvan siitä, että 0,457 mm terä tärisee päällystettäessä. Telat vietiin telahiomoon hiottavaksi syyskuun lopun seisokissa. Vastatelojen hionta-arvot olivat normaalit eli kumipinnoitetta telojen pinnasta oli poistettu noin millin verran. Vastatelojen nopea kuluminen voi lyhentää vastatelojen vaihtoväliä merkittävästi ja aiheuttaa mahdollisia odottamattomia seisokkeja. Lisäksi vahingoittunut vastatela voi aiheuttaa laatuvirheitä paperin laitoihin.

Seisokin jälkeen kokeiltiin 0,508 mm paksuja teriä, koska arveltiin jäykemmän terän tärisevän vähemmän. Vastatelojen pinnoissa oli kuitenkin havaittavissa rosoisuutta paksummillakin terillä jo alle viikossa. Paksummat terät eivät kuitenkaan hajonneet katkoissa. Tärinän epäillään johtuvan päällystyskoneen suuresta nopeudesta. Reunojen kulumiseen voi vaikuttaa myös se, että pinnoitettu terä on paljon kovempi kuin peltiterä. Peltiterillä ajettaessa vastatelojen reunojen kulumisesta ei ole ollut ongelmaa.

Pinnoitetun kaavinterän asennus koneeseen on lähes samanlainen kuin peltiterän. On kuitenkin huomioitava, ettei terää saa taittaa pienemmälle kaarelle kuin mihin se on pakattu. Terän taittuessa liikaa sen keraaminen pinnoite voi haljeta.

Pinnoitettuja teriä voidaan tilata kahdenlaisissa eri laatikoissa. Koeajoihin tilattiin isoja laatikoita, joissa on useampi terä. Käyttäjät asensivat teriä vetämällä ne laatikosta suoraksi lattialle ja sen jälkeen koneeseen. Teriä saa myös pienemmässä laatikossa yksittäin pakattuina. Laatikot ovat kuitenkin liian suuria nykyisiin telineisiin, koska terää ei voi pakata pienempään tilaan. Uusien asen-

nustelineiden valmistaminen ei ole välttämätöntä, koska isompi teline voisi hankaloittaa peltiterän asennusta.

5.5 Kustannustarkastelu

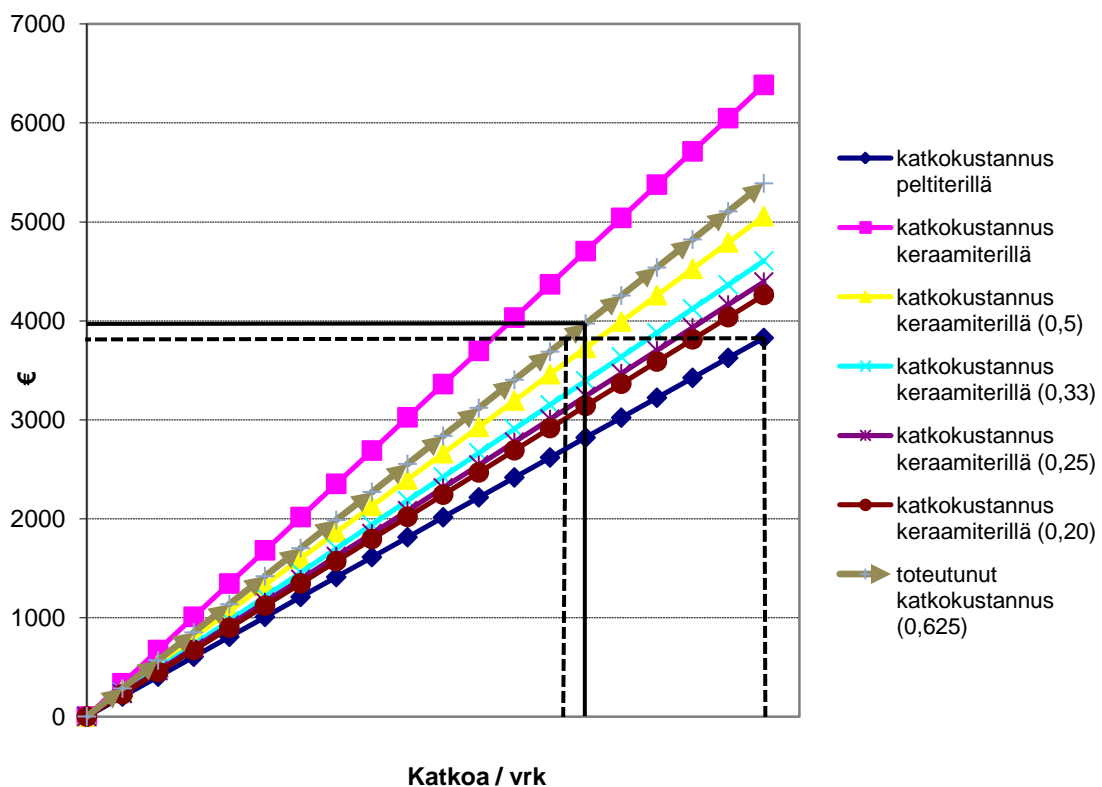
Kustannustarkastelussa tarkastellaan pinnoitettujen kaavinterien kustannuksia suhteessa peltiteriin. Pinnoitetut terät maksavat moninkertaisesti enemmän kuin peltiterät. Kustannuslaskelma on laadittu siltä kannalta, että pinnoitettujen terien uskotaan parantavan ajettavuutta vähentämällä katkoja. Laskelmassa on siis selvitetty, kuinka paljon vuorokausikohtaisen katkomäärän tulisi laskea, jotta päästäisiin kustannussäästöihin. Vähentyneellä katkomäärällä kustannussäästöt aiheutuisivat vähentyneestä ylösajohyllystä.

Kustannuslaskelmassa on käytetty pääosin vuoden 2010 tilastoja, koska sitä laatiessa vuosi 2011 oli vielä kesken. Ylösajohylkytilastointi on tehty vuoden 2011 tilastoista, koska todellisen ylösajohyllyn kertova järjestelmä on otettu käyttöön vasta loppusyksystä 2011. Ylösajohylky on kerätty Procemex-järjestelmästä. Järjestelmästä kerätty ylösajohylky on todellinen aiheutuva hylkymäärä metreinä. Laskelmaan hylkymäärä on muutettu kilogrammoiksi lajikohtaisesti. Ylösajohylkymäärä on laadittu 30 ylösajon keskiarvona kahden aseman ajoista. Ylösajohyllyn laskennassa on käytetty peltiterien keskimääräistä hylkymäärää, koska keraamisilla terillä ajetuista koeajoista ei ole tarpeeksi tilastoa ylösajohyllystä.

Laskelman laskentaperustana on käytetty vuorokausikohtaista teränkulutusta, ylösajohylkymäärää ja katkomäärää. Myös pinnoitettujen ja peltiterien hinnat on otettu huomioon. Teränkulutus ja katkomäärät on saatu suoraan tilastoista. Laskelmassa on huomioitu vain kahden aseman ajot.

Koeajojen perusteella on tehty laskelma toteutuneista vuorokausikohtaisista kustannuksista. Kuvassa 11 musta viiva kuvaa koeajoissa toteutunutta kustannusta. Musta katkoviiva kuvaa tavoitetilannetta, joka olisi nykytilanteessa vaadittu koeajoissa *toteutuneelta katkokustannukselta*.

Koeajoissa terät vaihdettiin hieman useammin kuin joka toisessa katkossa. Kuvan 11 selitteessä suluissa oleva numero kertoo keraamisten terien vaihtomäärän katkoissa. Esimerkiksi arvo 0,33 tarkoittaa, että keraaminen terä olisi vaihdettu joka kolmannessa katkossa. Arvo 0,25 tarkoittaa, että terä olisi vaihdettu joka neljännessä katkossa ja niin edelleen. Violetti viiva kertoo katkokustannuksen, mikäli keraamiset terät olisi vaihdettu jokaisessa katkossa. Kuvassa 11 koeajoissa toteutuneen katkokustannuksen ja peltiterien nykyisen katkokustannuksen lisäksi kuvassa on vaihtoehtoisia tilanteita kullekin eri katkomäärälle. Niitä voidaan peilata *katkokustannuksia peltiterillä* -arvoihin sekä *toteutunut katkokustannus* -arvoihin.



KUVA 11. Keraami- ja peltiterien kustannusarvio suhteessa katkomäärään

Koeajoissa katkomäärä väheni yhdellä vuorokausikohtaisella katkolla. Jotta koeajoissa olisi päästy samoihin kustannuksiin kuin peltiterillä nykytilanteessa, olisi vuorokausikohtaisen katkomäärän pitänyt vähentyä 1,1:llä. Keraamisista teristä aiheutui näin ollen lisäkustannuksia.

Koeajoissa toteutuneella katkomäärällä teräkustannus olisi saatu voitolliseksi, jos teriä olisi vaihdettu harvemmin. Mikäli teriä olisi vaihdettu joka toisessa katkossa tai harvemmin, olisi keraamisten terien kustannus ollut pienempi kuin peltiterien.

Laskelmassa ei ole huomioitu mahdollisia keraamisilla terillä saavutettavia etuja. Pitkät katkottomat ajojaksot laskevat kustannuksia vältettyjen kaavinterien vaihtojen kautta, joissa ylösajohylkypaperia syntyy useita kilometrejä. Lisäksi säästyttäisiin teränvaihdossa aiheutuneesta menetetyistä tuotantoajasta. Myös katkot ovat menetettyä tuotantoaikaa. Katkojen vähentymisellä on positiivinen vaikutus päällystyskoneen käyntiaikaan, mitä ei ole huomioitu laskelmassa.

6 YHTEENVETO

6.1 Työn eteneminen

Pinnoitettuja teriä koskeva opinnäytetyöaihe oli kiinnostava heti alusta alkaen. Aiemmasta työkokemuksestani päällystyskoneen konemiehenä oli valtavasti apua. Lisäksi työn tekemistä helpotti se, että useat tehtaan ihmiset olivat jo tuttuja. Työtä oli mielekästä tehdä, koska apua oli tarjolla lähes aina kun sitä tarvitsin. Motivaationi työtä tehdessä oli korkealla, koska koin aiheen tärkeäksi tuotantolinjalle.

Työn tekemisessä suurin työmäärä oli tilastoinnissa ja tilastojen tulkinnessa. Suurin osa tehtaalla käytetyistä tietokannoista ja järjestelmistä, joita työssä käytettiin, eivät olleet tuttuja. Työn aloitettuani sain valtavasti apua tietojärjestelmien käytöstä Erkkä Hautamäeltä, joka työskenteli syyskuussa 2011 kesätyöläisenä kehitysteknikkona.

Syyskuun koeajot alkoivat heti seuraavalla viikolla siitä, kun työsuhteeni kesätyöläisenä loppui. Täten koeajoihin valmistautuminen ei ollut parhaalla mahdollisella tasolla. Koeajojen alussa informaation saaminen prosessinhoitajilta oli hankalaa. Tuotantolinjalla on käytössä keskeytymätön kolmivuorotyö, ja teriin liittyvä tiedonkulku vuorojen välillä oli aluksi heikkoa. Siksi syyskuun alussa ajetuista koeajoista en ole saanut kaikkea informaatiota esimerkiksi terien vaihdoista. Myöhemmin syksyllä informaationkulku kuitenkin parani ja sain kaiken tarvitsemani tiedon prosessinhoitajilta, jopa yöllisiltä koeajoilta.

6.2 Ratkaisut ja jatkotoimenpiteet

Tällä hetkellä ei ole hyvää syytä ottaa keraamisia teriä jatkuvaan käyttöön PPK7:llä. Suurimmat ongelmat keraamisten terien käytössä ovat olleet paperin kuivapainoprofiileiden laadullinen huonous sekä vastatelojen kuluminen.

Koeajojen perusteella voidaan todeta, että nykytilanteessa vaaditaan muutoksia, jotta keraamipinnoitetut sivelyterät toimisivat hyvin PPK7:llä. Peltiterät toimivat tällä hetkellä paremmin, vaikka kuormakompensointi ei toimi oletetulla

tavalla. Kuormakompensoinnin muuttaessa terän kärkikulmaa peltiterä kuluu oikeaan kulmaan. Keraaminen terä ei kulu samalla tavalla, joten liian suuret kärkikulmat aiheuttavat huonot poikkiprofiilit. Keraaminen terä vaatii muuttumattoman ja viisteen mukaisen optimin teräkulman, koska muutoin hydrodynaaminen voima terän alla pienenee liiaksi. Tällöin profiilit jäävät piikkikäiksi.

Oikean kärkikulman toimivuudesta kertoo se, että 3-asemalta saadut profiilit ovat olleet koeajojen ajan paremmat kuin 4-aseman. 4-asema niin sanotusti pilaa 3-asemalta saadut hyvät poikkiprofiilit, vaikka jälkimmäisen aseman pitäisi korjata profiileita. Peltiteriin tehtyjen analyysien perusteella 3-aseman kuormakompensointi toimii paremmin kuin 4-aseman.

Keraamiterillä GR100- ja GS100-lajien päällystäminen on osoittautunut haastavaksi suurten päällystemäärien ja pienten teräkuormien vuoksi. Kyseisten lajien poikkiprofiilit ovat olleet koeajojen aikana pääosin huonot. Päällystyksen epävakaisuus voisi korjaantua ohuemmalla terällä kuin 0,457 mm. Ohuempi terä on myös löysempi, minkä ansiosta saataisiin suuremmat teräkuormat.

Katkot paljastuivat haastaviksi keraamisesti pinnoitettujen terien kannalta. Katkojen yhteydessä kannattaa kokeilla suurempaa suodatusta aloitusprofiileihin. Jos ongelma ei poistu suuremmalla suodatuksella, on kyseessä luultavasti terän vioittuminen katkossa. Katkoissa päällystysasemat aukeavat hitaasti, mikä voi aiheuttaa terän rikkoutumisen tai palamisen. Keraamisesti pinnoitetun terän kustannukset nousevat korkeaksi, jos ne joudutaan vaihtamaan lähes jokaisessa katkossa. Tämän lisäksi katkossa vioittuneesta terästä johtuvat huonot poikkiprofiilit voivat aiheuttaa useiden rullien hylkäämisen päällystyskoneen jälkeisillä koneilla tai arkittamalla. Prosessinhoitajien on tällä hetkellä vaikea tietää, onko koneeseen jätettävä terä varmasti kunnossa.

Mikäli suurempi suodatus aloitusprofiileissa ei ratkaise katko-ongelmaa, asemien pastakierron venttilöinti tulisi muuttaa siten, että pasta vetäytyy konekiertoon nopeammin koneen saatua katkotiedon. Täten teräpalkin siirtyminen irti paperiradasta tai vastatelasta voitaisiin nopeuttaa ja terien vioittuminen katkossa ehkäistä.

Keraamisia teriä käytettäessä vastatelojen pinnoitteet alkoivat kulua laidoista. Peltiterillä kyseistä ongelmaa ei ole ilmennyt. Pinnoitteiden kulumista voi yrittää ehkäistä siirtämällä laitimmaisista karoja niin, että ne eivät kuormita vastatela paperirainan ulkopuolisilta alueilta. On myös huolehdittava, että vastatelojen reunojen vesisuihkut ovat riittävät.

Paperin parantuneiden kiilto- ja sileysarvojen ansiosta on suositeltavaa tutkia saadaanko pastareseptistä edullisempaa vaihtamalla nykyinen pigmentti karheampaan. Pigmentin karhentaminen voisi olla mahdollista esimerkiksi kaikille kahdella asemalla ajettaville mattalajeille, koska haluttu kiilto saadaan paremmaksi keraamisen terän avulla.

LÄHTEET

1. Stora Enso Fine Paper Oulu 2011. Tehdasesittely. Saatavissa: <http://www.storaenso.com/about-us/mills/finland/oulu-mill/Pages/total-design-and-integration.aspx>. Hakupäivä 25.1.2012.
2. Puusta paperiin. 1983. M-507: Pigmenttipäällystys. Myllykosken Kirjapaino Oy.
3. Jortama, Timo 2011. 477107S Paperin valmistus 3 op. Opintojakson oppimateriaali 2011. Oulu: Oulun yliopisto, prosessitekniiikan osasto.
4. Häggblom-Ahnger, Ulla – Komulainen, Pekka 2005. Paperin ja kartongin valmistus. Kemiallinen metsäteollisuus 2. 3-1., painos. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
5. Paltakari, Jouni 2009. Pigment coating and surface sizing of paper. Papermaking Science and Technology. 2., uudistettu painos. Jyväskylä: Paperi ja Puu Oy.
6. VTT Automation. 2005. Knowpap. Paperitekniiikan oppimisympäristö.
7. Grönstrand, Joel – Karhuketo, Hannu – Seppälä, Markku – Törn, Tage 2000. Paperin ja kartongin jalostus. Kemiallinen metsäteollisuus 3. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
8. Paperin valmistus. 1983. Suomen paperi-insinöörien Yhdistyksen oppi- ja käsikirja 3. 2., uudistettu painos. Turku: Oy Turun Sanomat.
9. Oittinen, Pirkko – Saarelma, Hannu 1998. Printing. Papermaking Science and Technology. Helsinki: Fapet Oy.
10. Hansson, Jan-Åke 1990. Duroblade - A New Ceramic Covered Long Life Coater Blade. Control Maintenance Environment. 24th europa conference May 8. - 11.1990. Stockholm Sweden, 362 - 368.
11. Rossi, Juha 2007. Diamond Blade Oy:n esittelymateriaali.

12. Paczkowski, Mike. 1996. Ceramic Has The Edge On Steel For Blade Coating Tips. Pulp & Paper Europe Vol. 1, no. 6. July - August, 18 - 19.
13. Sundqvist, Mikko. 2009. Keraamisten ja kovametallisten kaavinterien käyttö paperin päällystyksessä. Oulu: Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö
14. Keisu, Rami. 2011. PPK7 Terien kulmat. Kirjallinen tiedonanto 2.11.2011.

LIITTEET

Liite 1 Koeajon kuivapainoprofiilit 2. - 3.11.2011.

Liite 2 Koeajon kuivapainoprofiilit 16. - 17.11.2011.

Liite 3 Laatuarvot

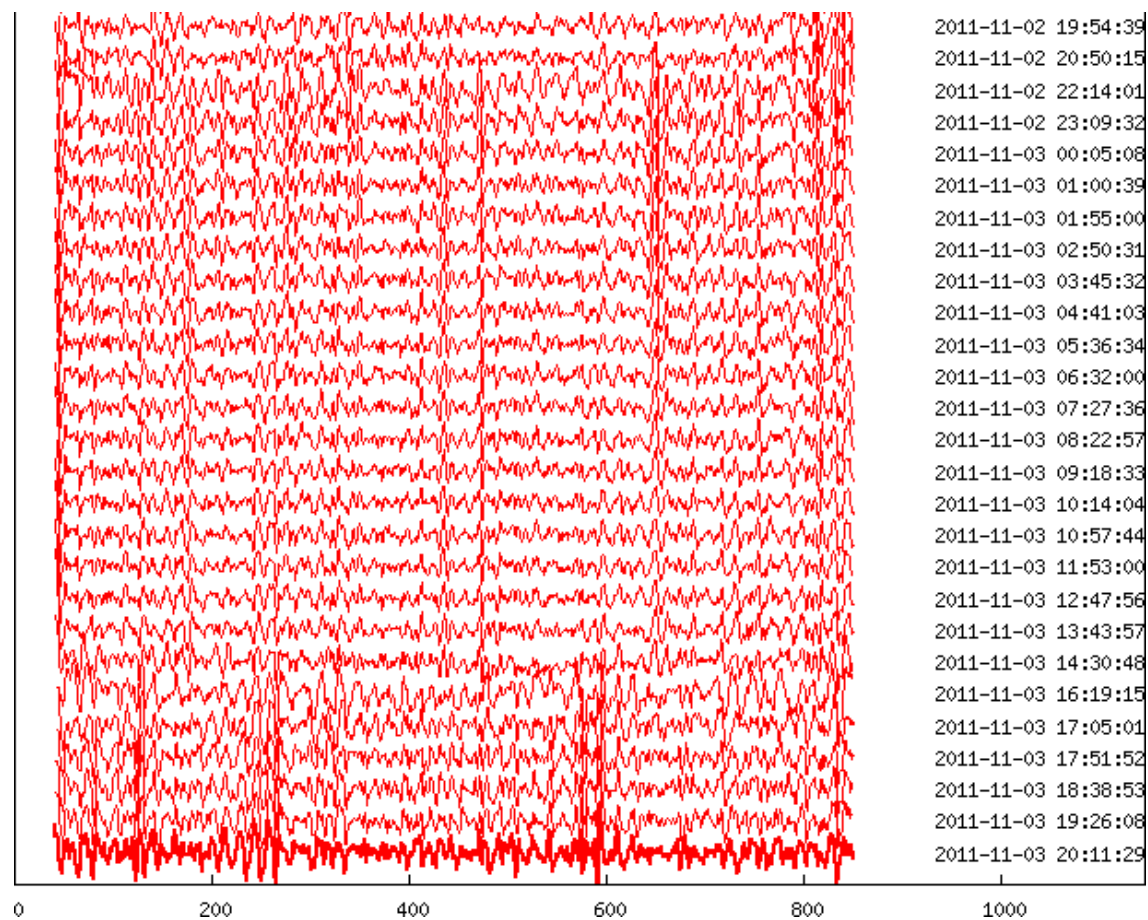
Liite 4 Peltiterien teräanalyysi

Liite 5 Keraamiterien teräanalyysi

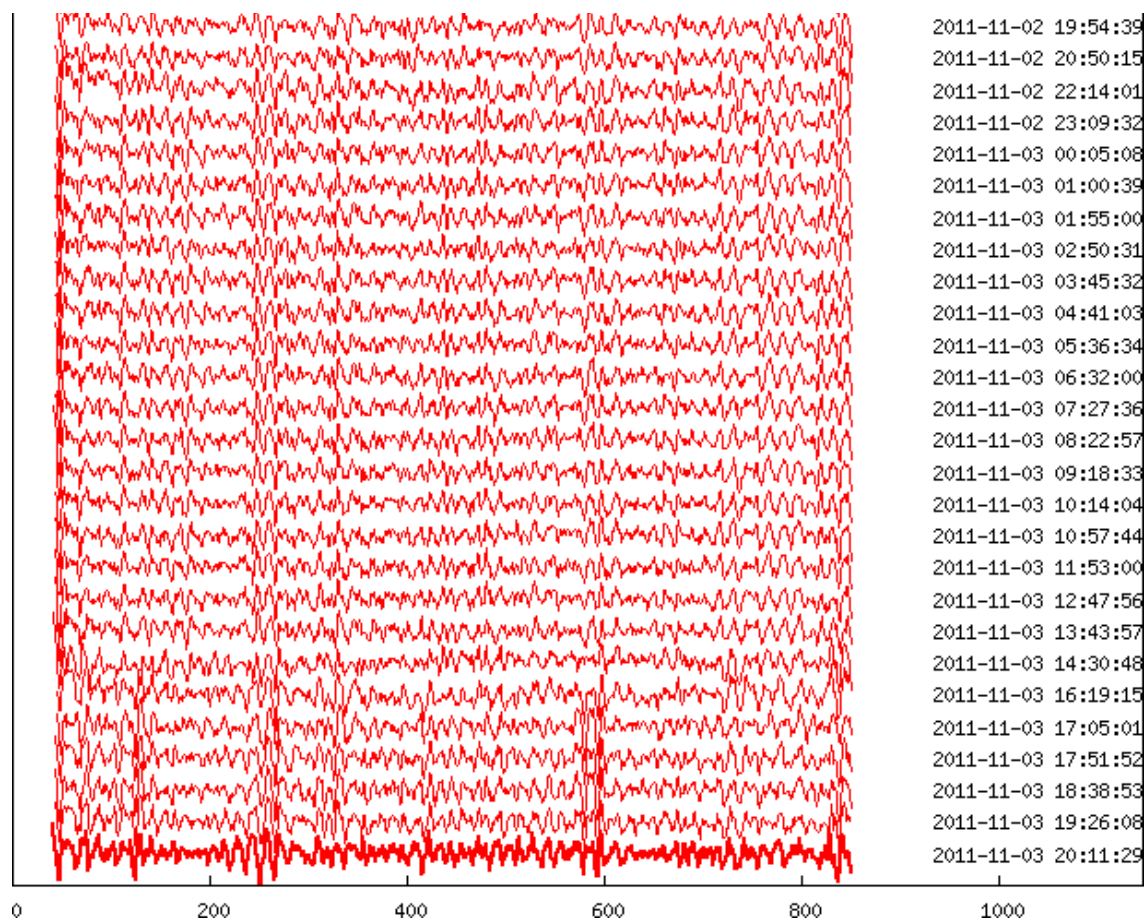
Liite 6 SR115 kuivapainoprofiilit

Liite 7 Katkon vaikutus kuivapainoprofiileihin

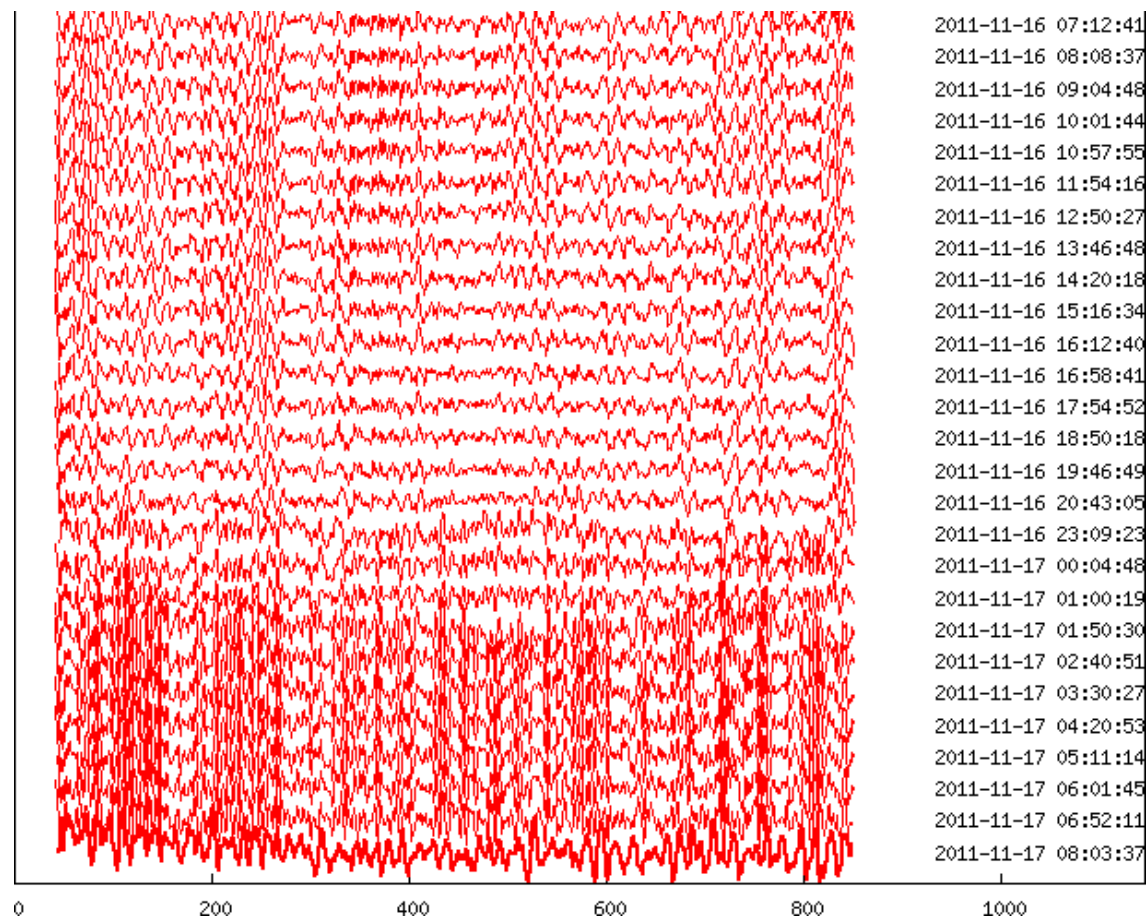
4-asema



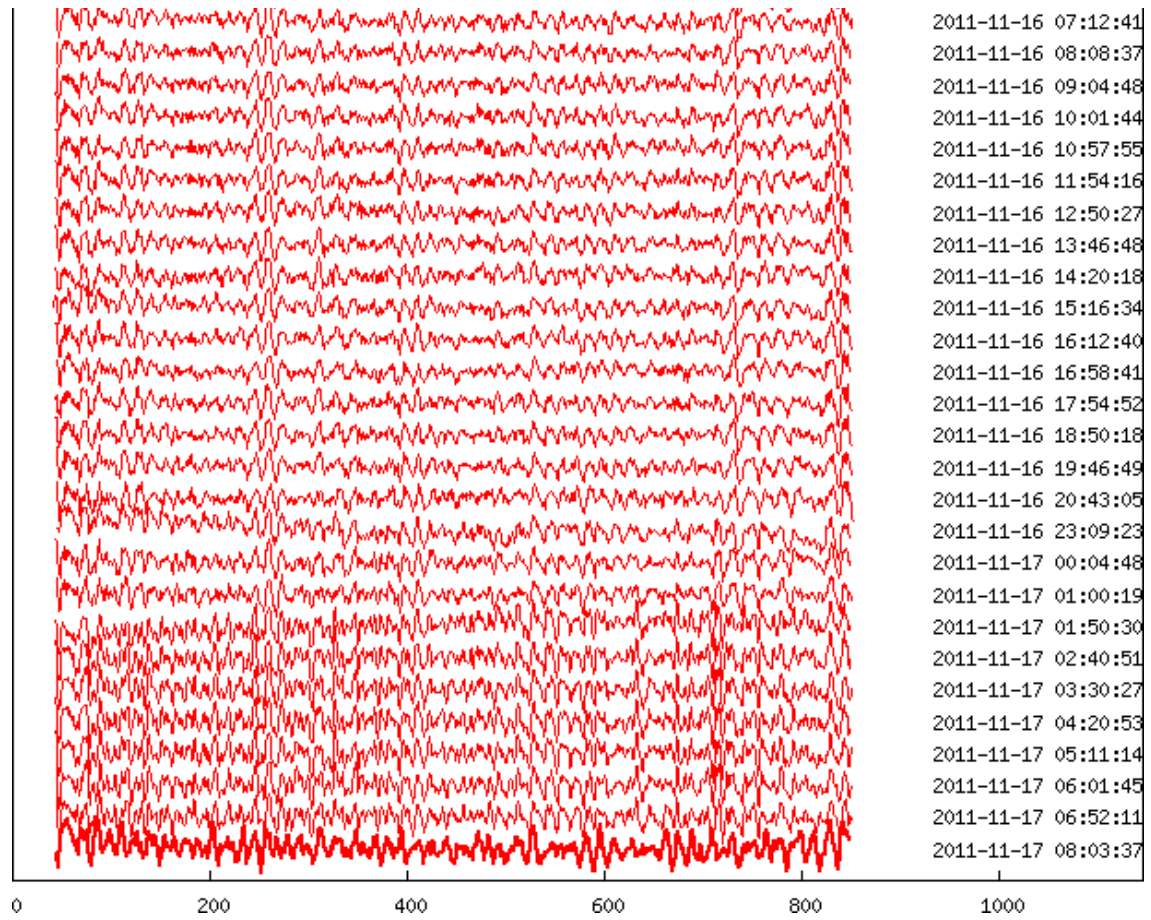
3-asema



4-asema



3-asema

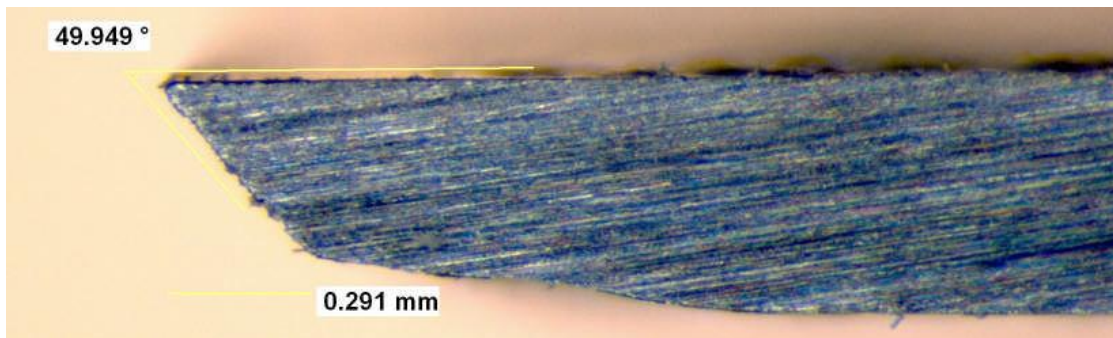


Laji	Kiilto yp % muutos	Kiilto ap % muutos	Sileys yp muutos	Sileys ap muutos	Näytemäärä
SS90	3,92	2,41	-0,18	-0,32	11
SR90	1,85	0,79	-0,16	-0,31	8
GS90	3,73	2,58	-0,09	-0,09	12
GR90	1,92	1,05	-0,02	-0,06	6
SS100	1,6	1,26	-0,18	-0,21	8
SR100	2,1	2,81	-0,05	-0,226	10
GS100	0,07	0,2	0,01	0,03	4
GR100	-1,19	0,62	-0,02	-0,04	8

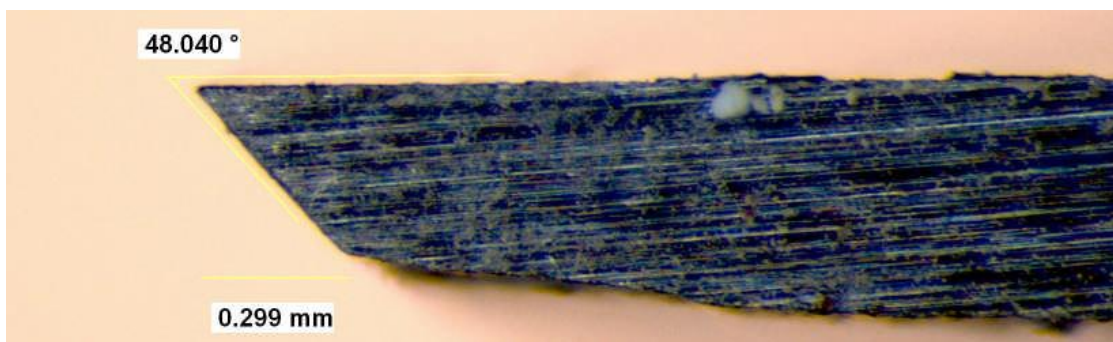
Laji	Kiilto p-ttu yp % muutos	Kiilto p-ttu ap % muutos	Näytemäärä Pelti	Näytemäärä Keraami
SS90	4,3	6,8	10	6
SS100	4,6	3,6	10	4
SR100	1,4	0,9	8	4
GS90	5,8	5,3	10	5

	Laji	Mottling yp	Mottling ap	Mottling ka	Mottling ero lask.	Näytemäärä
Pelti	SS90	228	215	221,5	14,7	10
Keraami	SS90	215,3	181,8	198,5	33,6	6
Pelti	SS100	213,7	193,2	203,4	26,4	10
Keraami	SS100	205,8	175,8	191	30	4
Pelti	SR100	221,3	213	217,1	16,2	8
Keraami	SR100	218,6	180,1	200	38,6	4
Pelti	GS90	237,6	224,6	231	26	10
Keraami	GS90	246,8	233,6	240,2	18,6	5

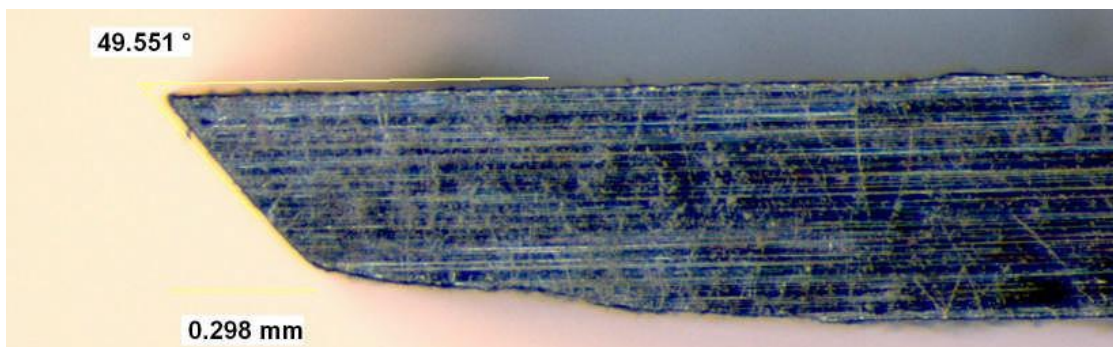
AS-1 FS (14)



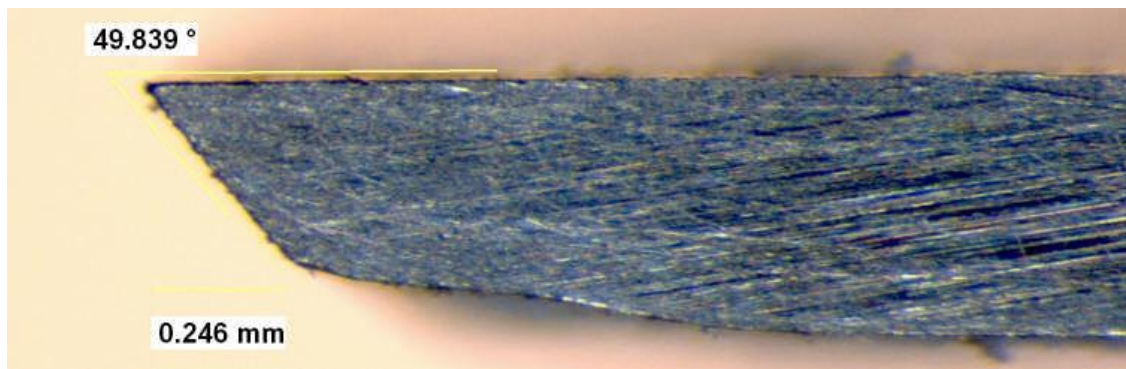
AS-1 MIDDLE (14)



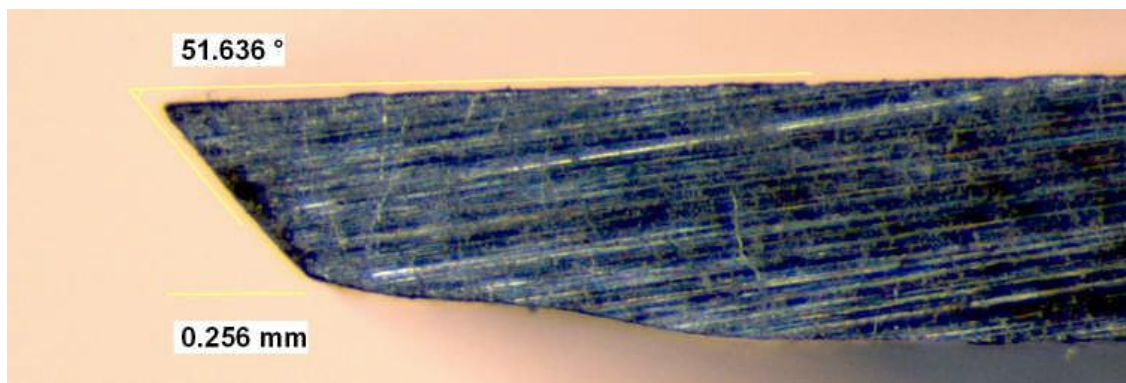
AS-1 BS (14)



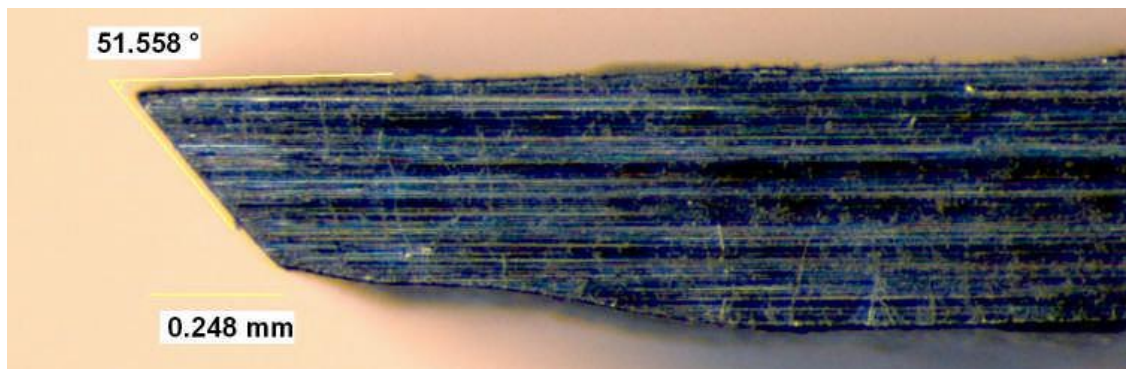
AS-2 FS (14)



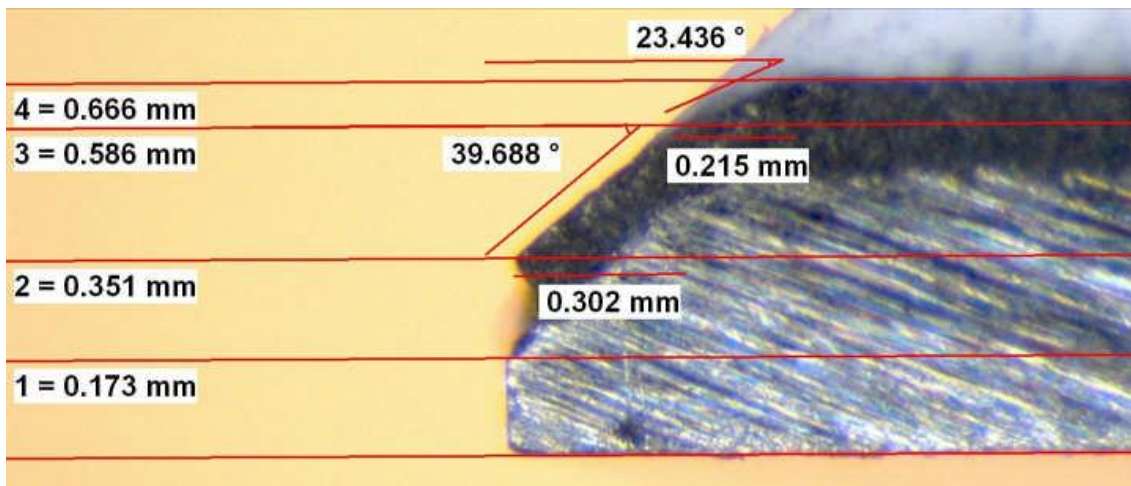
AS-2 MIDDLE (14)



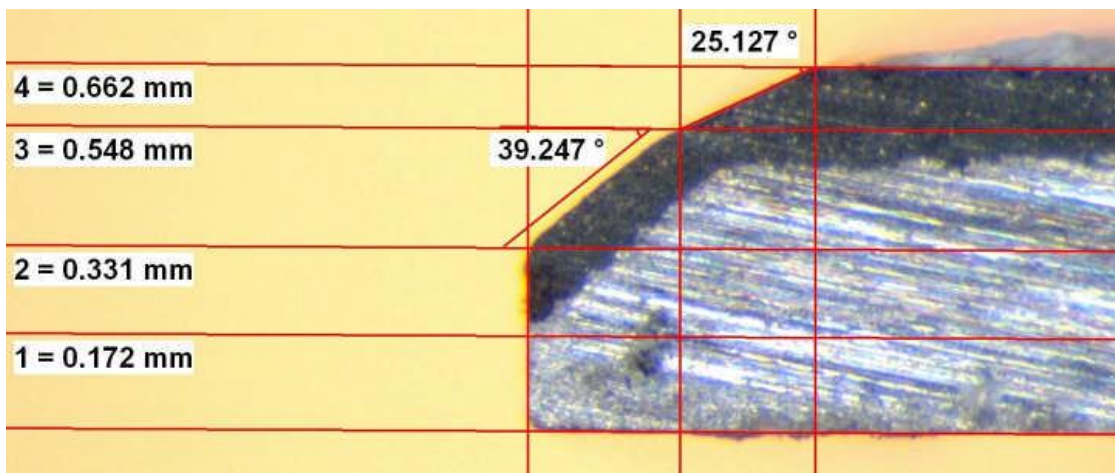
AS-2 BS (14)



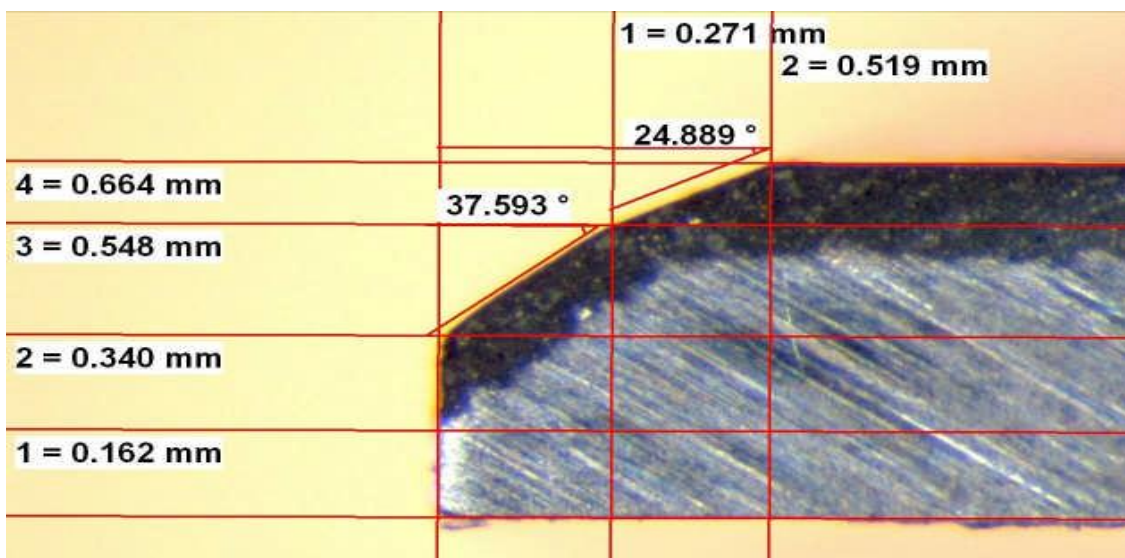
AS-2 FS (14)



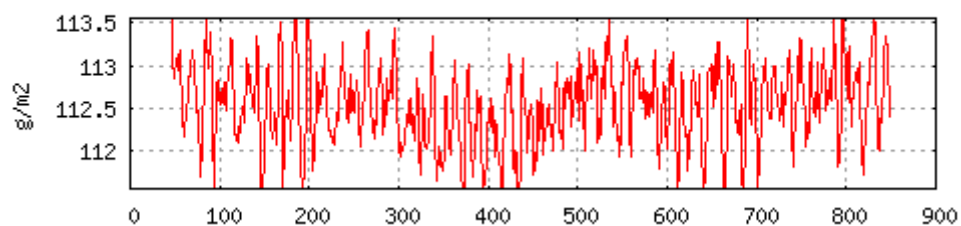
AS-2 MIDDLE (14)



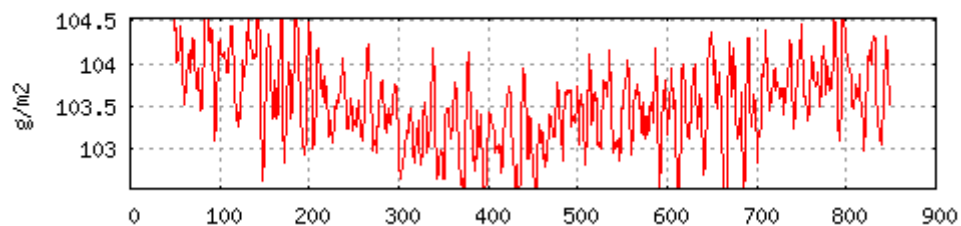
AS-2 BS (14)



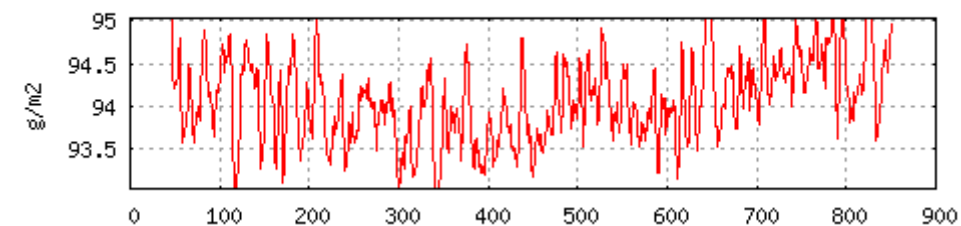
PPK7 kuivapaino as4 2011-09-30 08:50:22



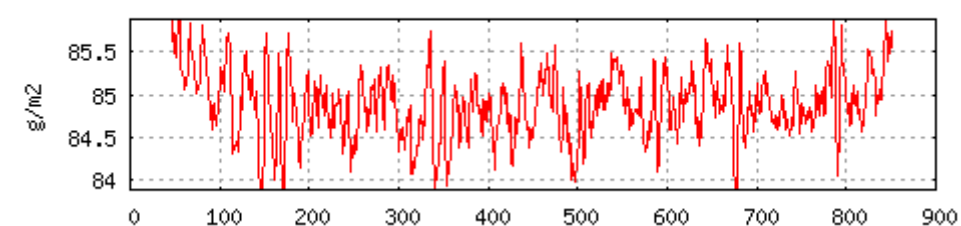
PPK7 kuivapaino as3 2011-09-30 08:50:22

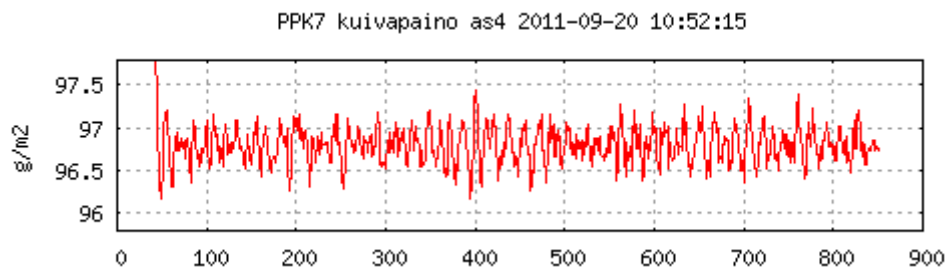
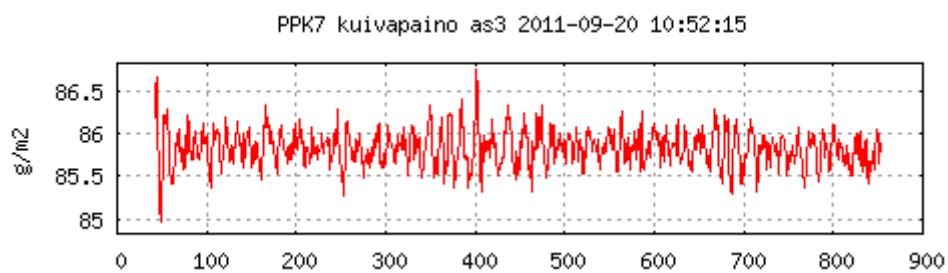
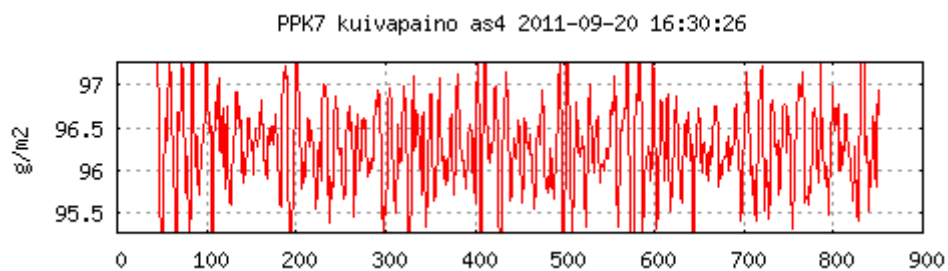


PPK7 kuivapaino as2 2011-09-30 08:50:22



PPK7 kuivapaino as1 2011-09-30 08:50:22



4-aseman kuivapainoprofiili ennen katkoa.*3-aseman kuivapainoprofiili ennen katkoa.**4-aseman kuivapainoprofiili katkon jälkeen.**3-aseman kuivapainoprofiili katkon jälkeen.*