

**Lappeenrannan teknillinen yliopisto  
Kemiantekniikan osasto  
Paperitekniikan laboratorio  
BJ10A0101 Kandidaatintyö ja seminaari**

**OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEEN OSAT JA TOIMINTA**

**Ilkka Malkki  
0262627  
25.3.2009**

# OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEEN OSAT JA TOIMINTA

Kandidaatintyö, Ilkka Malkki

## SISÄLLYS

1 JOHDANTO .....	3
2 PÄÄLLYSTYKSEN TARKOITUS .....	3
3 PÄÄLLYSTYSPASTAN KOOSTUMUS .....	5
3.1 Pigmentit .....	5
3.2 Sideaineet .....	6
3.3 Lisäaineet .....	7
4 OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONE - YLEISTÄ .....	8
5 SAUMAUS OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEELLA .....	9
6 PÄÄLLYSTYSASEMAT .....	10
6.1 Teräpäällystys .....	11
6.1.1 Sivelytelapäällystin .....	11
6.1.2 Lyhytviipymäpäällystin .....	13
6.1.3 Suutinapplikoinnilla varustettu teräpäällystin .....	15
6.2 Sauvapäällystin .....	17
6.3 Ilmajarjapäällystin .....	18
6.4 Verhopäällystin .....	20
6.5 Filminsiirtopäällystin .....	21
6.6 Spraypäällystin .....	23
7 PÄÄLLYSTEEN KUIVATUS .....	24
7.1 Infrapunakuivaimet .....	25
7.1.1 Kaasuinfrat .....	26
7.1.2 Sähköinfrat .....	26
7.2 Leijukuivaimet .....	26
7.3 Yhdistelmäkuivaimet .....	28
7.4 Sylinterikuivain .....	28
7.5 Kuivausvaiheet .....	29
8 KIINNIRULLAUS .....	30
9 OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEEN EDUT .....	32

10 YHTEENVETO.....	33
KIRJALLISUUS .....	35

## 1 JOHDANTO

Paperin off-line päällystyksellä tarkoitetaan paperin ja kartongin valmistuksen osaprosessia, jossa niiden pintaan levitetään pinnanmuotoja tasoittava päällystekerros erillisellä päällystyskoneella. Päällystyksen avulla saavutetaan ulkonäöltään ja painettavuudeltaan laadukas lopputuote. Hyvä ja laadukas päällystystapah-tuma on edellytys etenkin hyviä painettavuusominaisuuksia vaadittaville paperi- ja kartonkilajeille.

Tässä työssä tarkastellaan off-line päällystyskoneen eri osien aukirullauksen, eri-laisten päällystysasemien, kuivatusyksiköiden sekä kiinnirullauksen rakennetta ja toimintaa sekä niiden vaikutusta lopputuotteeseen. Lisäksi esitellään yleisesti pa-perin ja kartongin pintaan levitettävän päällystypastan ominaisuudet ja yleisim-mät sen sisältämät ainesosat.

## 2 PÄÄLLYSTYKSEN TARKOITUS

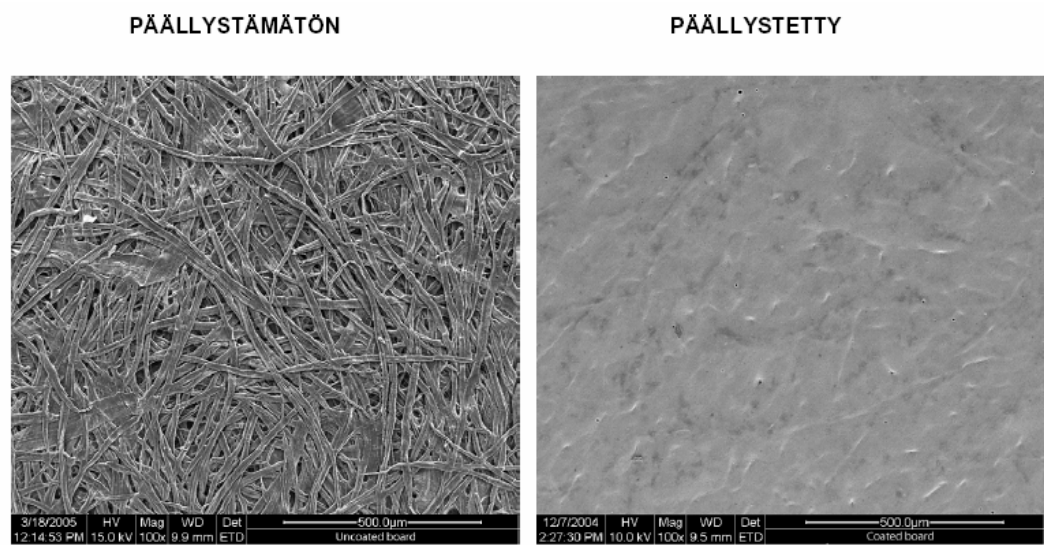
Paperin ja kartongin päällystämisen tarkoitetaan niiden pinnoittamista erilaisilla aineilla. Näitä ovat pigmentit, sideaineet, vahat ja muovit sekä näiden yhdistelmät. Päällystyksen ensisijaisena tarkoituksena on paperin tai kartongin pinnan epäta-saisuuksien täyttäminen yhdellä tai useammalla päällystekerroksella sekä ulko-näön ja painettavuusominaisuuksien parantaminen. Lisäksi päällystyksellä voi-daan vaikuttaa paperin jäykkyyteen sekä veden, rasvan tai liuottimien keston. /1/

Paperin ja kartongin pintakäsittelymenetelmät voidaan jakaa pintaan siirtyvän aineen määrän ja pintakäsittelyaineen koostumuksen mukaan pintaliimaukseen, pigmentointiin ja päällystykseen. Päällystyksessä paperi tai kartonki päällystetään toiselta puolelta tai molemmilta puolilta päällystypastalla, joka sisältää pigment-tejä, sideaineita sekä lisäaineita. Pastaa levitetään eli applikoidaan paperin tai kar-tongin pintaan ylimäärin ja päällystemäärä säädetään sopivaksi poistamalla yli-määräinen pasta. Lopuksi päällyste kuivataan. /2/

Haluttaessa parantaa painatuslaatua, paperi tai kartonki voidaan päällystää useam-paan kertaan. Korkealuokkaiset painopaperit päällystetään jopa kolme kertaa. Päällystetyn paperin tai kartongin ulkonäköä kuvaavia suureita ovat muun muassa

vaaleus, kiilto ja opasiteetti. Painettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat tuotteen sileyks, pintalujuus ja painoväriin imeytymisominaisuudet (absorptio, retentio). Lopullisen tuotteen laatuun vaikuttavat pohjapaperin ja pastan ominaisuudet sekä käytettävät päällystys- ja painomenetelmät. /2/

Päällystyksellä voidaan parantaa paperin tai kartongin ulkonäköä. Kuvassa 1 on esitetty päällystämättömän ja päällystetyn kartongin pintarakenteen ero.



Kuva 1. Päällystämättömän ja päällystetyn kartongin pintarakenteen ero. /3/

Paperin tai kartongin päällystys parantaa sileyttä, kiiltoa, ulkonäköä ja opasiteettia. Lisäksi painoväriin absorptio pienenee ja pölyävyys vähenee. Paperin lujuudet ja jäykkyys pienenevät päällystyksessä verrattuna saman neliömassan omaavaan päällystämättömään paperiin. Päällystyksellä ei voida vaikuttaa paperin kellertymistäipumuk seen, mitä ilmenee ajan kuluessa erityisesti mekaanista massaa sisältävillä papereilla. /2/

Päällystetyn paperin laatu riippuu pitkälti pohjapaperin laadusta. Vanhan ”säännön” mukaan pohjapaperin laatu ratkaisee 80 % päällystetyn paperin laadusta. Hyvän päällystetyn paperin laadun saavuttaminen edellyttää onnistunutta pohjapaperin valmistusta ja päällystystä. Päällystyksellä ei pystytä peittämään pohjapaperin mahdollisia virheitä. /2/

### 3 PÄÄLLYSTYSPASTAN KOOSTUMUS

Päällystyspasta koostuu pigmenttien, sideaineiden ja lisäaineiden vesiseoksesta. Päällysteen ominaisuudet ja laatu määräytyvät suurelta osin pigmenteistä, sillä niiden osuus pastan kuiva-ainepitoisuudesta on tavallisesti 75 – 95 %. Yleisimmin käytettyjä pigmenttejä ovat kaoliini ja kalsiumkarbonaatti. Lisäksi käytetään talkkia, titaanioksidia ja erilaisia muovipigmenttejä. /1-4/

Sideaineiden tehtävänä on sitoa pigmenttihiukkaset toisiinsa ja rainaan. Luonnon sideaineita ovat tärkkelys ja proteiinit, keinotekoisia puolestaan lateksit ja karboksimetyyliselluloosa eli CMC. Lisäaineita käytetään muun muassa vaahdon estämiseen sekä pH:n ja viskositeetin säätöön. /1-4/

#### 3.1 Pigmentit

Pigmenttien tarkoituksena on peittää paperin ja kartongin pinta ja näin ollen parantaa optisia ominaisuuksia sekä toimia painoväriin absorboijana. Moninaisten ominaisuuksien saavuttamiseksi päällystyksessä käytetään normaalisti usean eri pigmentin yhdistelmää. Pigmentit jaetaan tyypillisesti pää-, erikois- ja apupigmentteihin. Taulukossa I on luokiteltu eri pigmenttityypit. /1-4/

Taulukko I. Pigmenttityypit /4/

<b>Pääpigmentit</b>	<b>Erikoispigmentit</b>	<b>Apupigmentit</b>
Kaoliini	Kipsi	PCC
GCC		Kalsinoitu kaoliini
Talkki		Muovipigmentit
		Titaanioksidi

Päällysteen ominaisuuksiin vaikuttavat pigmenttien hiukkaskoko, hiukkaskoon jakauma sekä hiukkasmuoto. Pigmentin hiukkaskoon pienentyessä päällysteen opasiteetti, kiilto, bulkki ja painoväriabsorptio kasvavat. Hiukkaskoon pienentymisen seurauksena sideaineen tarve kasvaa ja pastan viskositeetti kohoaa. Pigmentin ominaisuuksilla on myös vaikutusta valonsirontaan, päällysteen huokoisuuteen ja pintalujuuteen sekä sileyteen. /1-4/

Kuten edellä mainittiin kaoliini ja kalsiumkarbonaatti ovat yleisimmin käytettyjä pigmenttejä. Kaoliinipartikkelit järjestäytyvät päällysteessä paperin pinnan suuntaisesti heijastaen hyvin valoa antaen kalanteroinnissa hyvän kiillon. Päällysteen bulkkisuutta, vaaleutta, kiiltoa ja opasiteettia voidaan parantaa lisäämällä pigmenttiseokseen kalsinoidun kaoliinin hiukkasten muodostamia aggregaatteja, jotka normaaleissa paperin valmistuksen ja päällystyksen olosuhteissa ovat pysyviä. /1-2,4-7/

Kalsiumkarbonaattia voidaan käyttää joko jauhattuna suoraan kalkkikivestä tai marmorista tai saostettuna kemiallisesti kalkkikivestä. Jauhetulla (GCC) ja saostetulla (PCC) kalsiumkarbonaatilla on hiukan erilaiset ominaisuudet muun muassa hiukkaskoossa ja – muodossa. Saostettu karbonaatti on puhtaampaa ja hienojakoisempaa kuin jauhettu karbonaatti. Lisäksi sen partikkelikokojakauma on kapea. Saostettu karbonaatti saattaa kasvattaa pastan viskositeettia kun taas jauhettu karbonaatti laskee sitä. Jauhattua karbonaattia käytettäessä sideainetarve on selvästi pienempi kuin kaoliinilla. Tämä johtuu pigmentin muodosta, jonka ominaispinta-ala on pieni. Saostetun karbonaatin ominaispinta-ala on helposti säädettävissä. Karbonaattia käytetään päällysteen vaaleuden ja opasiteetin sekä painoväriabsorption ja huokoisuuden parantamiseen. Kaoliiniin verrattuna karkeat karbonaatit lisäävät paperin pintalujuutta samalla sideainemäärällä. Kalsiumkarbonaatti tehostaa pintapäällysteen tarttumista alentaa kustannuksia esipäällystyksessä. /1-3, 5-6/

### **3.2 Sideaineet**

Sideaineiden oleellisin tehtävä on pigmenttihiukkasten sitominen toisiinsa ja paperirainaan. Lisäksi osalla sideaineista vaikutetaan myös pastan juoksevuusominaisuuksiin (reologia) ja vedenpidätyskykyyn (retentio). Sideaineen osuus pastassa on tavallisesti 5 – 25 %. Tärkkelys ja proteiinit ovat luonnon sideaineita. Tärkkelys ei yksinään kelpaa sideaineeksi sen huonon sitoutumislujuuden vuoksi ja näin ollen sitä käytetäänkin yleisesti lateksin kanssa. Tärkkelys parantaa vesiretenttiota lateksipastoissa ja nostaa viskositeettia. Haittapuoliin lukeutuu huono vedenkesto jota voidaan kuitenkin parantaa esimerkiksi hartsin avulla. Tärkkelyspastat ovat ajettavuusominaisuuksiltaan ja hinnaltaan edullisia. /1-4/

Keinotekoisia sideaineita ovat lateksit, CMC ja PVA. Karboksimeetyyliselluloosa eli CMC on synteettinen vesiliukoinen sideaine, joka vaikuttaa pastoissa niiden stabilointiaineena, dispergointiaineena, viskositeetin nostajana ja vesiretention parantajana. Se parantaa myös pastan mekaanista ja kemiallista kestävyyttä sekä päällysteen pinalujuutta. Polyvinyylialkoholi eli PVA on sidosvoimaltaan paras käytetyistä sideaineista ja sen avulla voidaan pienentää kokonaissideainemäärää. Kokonaissideainemäärän pienentyessä päällysteen optiset ominaisuudet ja painoväriabsorptio paranevat. PVA on myös hyvä optisen kirkasteen kantoaine. PVA:n käyttöä rajoittavat sen korkea hinta ja vaikea reologia. /1-3, 8/

Lateksit ovat synteettisten polymeerien vesidispersioita, joiden etuna ovat tasalautisuus, helppokäyttöisyys ja hyvä sidoslujuus. Lateksien ohella pastoissa käytetään esimerkiksi tärkkelystä tai CMC:tä niiden huonon vedenpidätyskyvyn vuoksi. Lisäksi voidaan käyttää synteettisiä paksuntajia vedenpidätyskyvyn kontrollointiin ja viskositeetin säätöön halutulle tasolle. Lateksien haittoina ovat heikon vedenpidätyskyvyn lisäksi lämpötila- ja pH-riippuvuus, vaahtoavuus sekä herkkyys leikkausvoimille. Styreeni-butadieenilateksi eli SB-lateksi on eniten käytetty lateksi, joka antaa paperille hyvän märkä- ja kuivapinalujuuden. Toisaalta SB-lateksia käytettäessä, pinnasta tulee melko tiivis, mikä huonontaa painoväriabsorptiota. SB-lateksit kellastuvat herkästi auringonvalossa. Akrylaattilateksit soveltuvat hyvin esimerkiksi pakkauksiin, sillä ne antavat päällysteelle hyvän vedenkeston, ovat hajuttomia ja kestävät hyvin auringonvaloa. Ne ovat kirkkaita ja antavat kalanteroitaessa hyvän kiillon. Polyvinyylilateksit eli PVAc antavat huokoisimman päällysteen ja kestävät hyvin auringonvaloa, mutta ovat sitoutumislujuudeltaan muita latekseja heikompia. Käytetyn lateksimäärän vähentäminen vaikuttaa parantavasti päällystetyn paperin optisiin ominaisuuksiin. Suuremmilla lateksiannoksilla taas päällystetyn paperin pinnasta tulee sileämpi päällystepinnan tiiviyden lisääntyessä. /1-3, 9/

### **3.3 Lisäaineet**

Pastassa on lukuisia lisäaineita ja niiden osuus pastassa on tavallisesti 1 – 5 %. Lisäaineilla on useita eri tehtäviä esimerkiksi optisten ominaisuuksien tai värin säätö (OBA (Optical Brightening Agent), värit), kuiva- tai märkälujuuden paran-

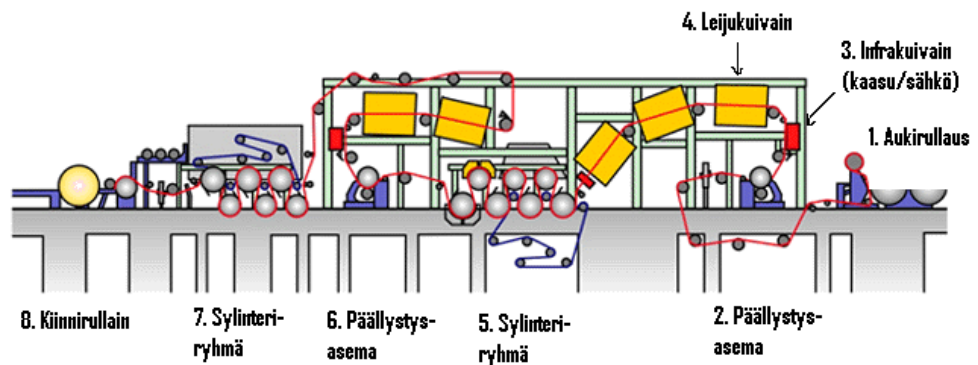
taminen (glyoksaali, hartsiliimat), vaahtoamisen estäminen tai vaahtonpoisto, kalanteroitavuuden parantaminen (Ca-stearaatti) ja limantorjunta (biosidit). /1-3/

Vaahtonmuodostumista tapahtuu pastan valmistus- ja käsittelylaitteissa. Vaahdonestoaineita käytetään estämään tai poistamaan muodostunutta vaahtoa. Vaahdonestoaineilla (esim. eetterit) pienennetään pastan pintajännitystä, jolloin ilmakuplat yhdistyvät ja poistuvat seoksesta. Vaahdon muodostumisen estämiseksi käytetään aineita (esim. esterit), jotka estävät stabiilin kerroksen muodostumisen ilmakuplien ympärille. Voiteluaineet vähentävät pastan ja päällystyslaitteiden välistä kitkaa parantaen pastan juoksevuuutta ja kalanteroitavuutta. Voiteluaineina käytetään muun muassa vahaa ja stearaatteja. Halutun pH-arvon saavuttamiseksi käytetään pH:n säätöaineita, esimerkiksi natriumhydroksidia tai ammoniakkaa. Kovetteella parannetaan päällysteen vedenkestoa. /1-3/

Dispergointiaineiden tehtävänä on estää pigmenttihiukkasten saostuminen. Dispergointiaineita tarvitaan lähes aina päällystyslietteiden valmistuksessa ja niiden määrä on 0,1 – 0,5 % pigmenttimäärästä. /1/

#### 4 OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONE - YLEISTÄ

Off-line päällystyksessä paperikoneelta tullut pohjapaperi päällystetään sitä varten tarkoitettulla erillisellä päällystyskoneella. Kuvassa 2 on esitetty LWC-paperin off-line päällystyskone.



Kuva 2. LWC-paperin off-line päällystyskone. /2/

Off-line päällystyskone koostuu aukirullauksesta, päällystysasemista, erityyppisiä kuivattimista sekä kiinnirullaimesta. Päällystettävästä tuotteesta riippuen päällystysasemilla käytetään erilaisia päällystinvaihtoehtoja. Päällystetyn paperi/kartongin kuivatuslaitteet ovat lähes samanlaiset kaikilla off-line koneilla. Inf-rakuivaimilla kuivatus on voimakasta ja niillä radan ja päällysteen lämpötila säädetään haihdutusalueelle. Leijukuivaimilla radasta haihdutetaan edelleen siinä jäljellä olevaa vapaata vettä ja sylinterikuivaimilla säädetään haluttu loppukosteus ja kireys. Nykyään sylinterikuivaimia ei välttämättä edes tarvita kuivatukseen vaan ne voidaan pitää kylmänä. Off-line päällystyskoneen viimeisenä osana on kiinnirullain, johon päällystetty tuote rullataan. /2/

## **5 SAUMAUS OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEELLA**

Paperikoneelta valmistunut konerulla viedään joko välirullaimelle tai suoraan päällystyskoneen saumanteko paikalle riippuen konerullan kunnosta. Välirullaimella voidaan havaita ja korjata rullassa olevat mahdolliset viat. Ennen päällystyskoneeseen syöttöä, pohjapaperiin tehdään ns. sauma, jonka avulla rullien vaihto päällystyskoneella voidaan suorittaa ilman koneen pysäyttämistä ns. ”lentävänä liitoksena” aukirullauslaitteen avulla. Aukirullauslaitteen avulla suoritettavalla jatkuvalla rullien vaihdolla ehkäistään nopeusmuutosten aiheuttamat vaikutukset loppukosteuteen sekä päällystemäärään. Näiden lisäksi koko tuotantolinjan hyötysuhde pysyy korkeana, kun turhia pysäytyksiä ei tarvita. Aukirullauslaitteet eroavat toisistaan lähinnä rullan siirtolaitteiden osalta, joissa käytetään kääntyviä tukivarsia ja johteita. /2/

Paperikoneelta päällystyskoneelle tullut konerulla nostetaan aluksi saumanteko pukille, jossa siihen tehdään saumaus. Konerullasta poistetaan eli lusataan tavallisesti pintakerrokset, sillä ne ovat laadultaan heikompia. Riittävän lusauksen jälkeen, päällimmäisen kerroksen helman alle vedetään saumausteippi vaakasuoraan lähes koko rullan leveydelle (päihin jätetään noin 15 cm tyhjää). Saumausteipin ylempi suojakalvo irrotetaan ja helma vedetään siihen kiinni mahdollisimman napakasti ”ilmapussien” ehkäisemiseksi. Tämän jälkeen rullan pätyihin asetetaan

viistoon liimateipit ja ylimääräinen osa revitään pois. Lopulta saumausteipin alempi suojakalvo irrotetaan ja rullaan pintaan suihkutetaan liimaa tarttumisen tehostamiseksi saumaustilanteessa. Saumausteipin kohdalle rullan päätyyn maalataan tavallisesti mustalla spray-maalilla pieni merkki, jotta aukirullauslaitteen tunnistin tunnistaa saumauskohdan. Lisäksi rullan päihin saumausteipin kummankin pään alkuun voidaan laittaa sellulevyistä leikatut lätkät, jolla ehkäistään sauman repeämistä saumaustilanteessa. Sauman teon jälkeen, rulla nostetaan aukirullauslaitteelle odottamaan vuoroaan. /2/

Aukirullauslaite muodostuu rullan syöttölaitteesta, runkorakenteesta, rullan siirtolaitteesta, saumauskoneistosta sekä ensiö- ja toisiokäytöstä. Pyörivän rullan saavuttaessa tietyn halkaisijan, siirtolaitteisto nostaa sen yläasentoon ja rullapukkarit siirtävät saumausvalmiin rullan ykkösgeneraattorille. Tietokoneelle syötetään haluttu tampoauraudan päällä oleva paperin paksuus, jolloin voidaan määrittää saumaus halkaisija. Saumausvalmis konerulla alkaa pyöriä kun edellisen rullan paperikerroksen paksuus on noin 130 mm, jotta se kerkeää tahdistua koneen nopeuteen. Saumasetäisyys on noin 5 – 10 mm ja saumauksen ollessa 180 ° saumastelan takana, saumastela saa käskyn, jolloin loppuvan tampoaurin rata katkaistaan katkaisuterällä. Katkaistu rata painetaan saumastelan avulla uuden rullan teippaukseen ja näin uusi rulla alkaa pyöriä. Edellisen tampoaurin vauhti pysäytetään jarrutuksella ja sen häntä teipataan purkautumisen ehkäisemiseksi. Tampuuriin jäänyt paperi pulperoidaan. /2/

## **6 PÄÄLLYSTYSASEMAT**

Päällystysasemilla paperin tai kartongin pintaan applikoidaan pastaa eri menetelmillä. Päällystystapahtuma käsittää päällysteen sivelyn eli applikoinnin paperin tai kartongin pintaan sekä päällysteen tasoituksen. Päällystyslaitteistot eroavat toisistaan juuri applikointitapahtumassa ja siinä tapahtuvassa penetraatiossa. Penetraatiolla kuvataan päällystyspastan ja sen sisältämän veden ja sideaineen tunkeutumista pohjan huokosiin. Pohjaan tunkeutuvan veden määrä on riippuvainen ulkoisen paineen aiheuttamasta painepenetraatiosta applikoinnissa, paineen suuruudesta sekä vaikutusajasta. Ilman ulkoista painetta tapahtuva kapillaariabsorptio vaatii huomattavasti enemmän aikaa. Penetraatioon vaikuttavat rataan kohdistuva paine-

pulssi, viipymäaika applikoinnista kaavintaan, pastan vesiretentio sekä pohjapaperin/kartongin ominaisuudet. /1-2/

Päälystysaseman valinta vaikuttaa suuresti päälystetyn paperin ja kartongin ominaisuuksiin. Päälystysaseman valintaan vaikuttaa muun muassa se, millä menetelmällä päälystetty paperi tullaan painamaan jatkokäsittelyssä. Päälystettyjen paperilajien vaatimukset ovat erilaisia, mikä on asettanut tietyt kriteerit päälystysasemille. Tämä on johtanut etenkin erilaisten teräpäälystysasemien kehittämiseen. /1-2/

## **6.1 Teräpäälystys**

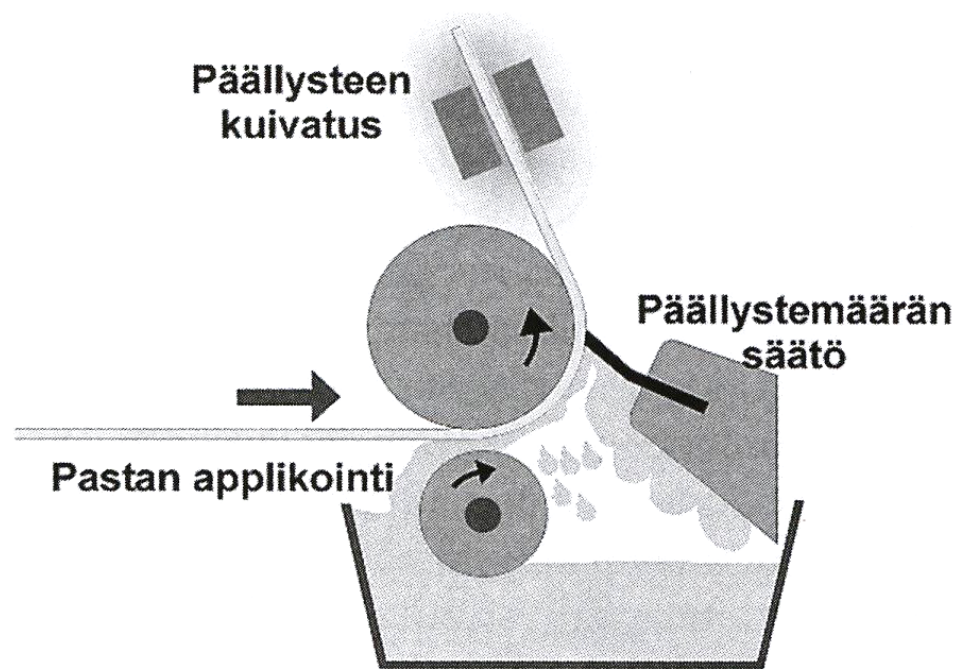
Yleisin pigmenttipäälystysmenetelmä on teräpäälystys. Eri teräpäälystimet eroavat toisistaan applikoititapahtumassa ja siinä tapahtuvassa penetraatiossa. Yleisimmät teräpäälystysasematyypit ovat sivelytelalla varustettu päälystin (LDTA), lyhytviipymäpäälystin (SDTA) sekä suutinapplikoinnilla varustettu teräpäälystin. /1-2/

### **6.1.1 Sivelytelapäälystin**

Sivelytelapäälystimessä päälysteseos nostetaan seosaltaassa pyörivän applikoititelan avulla vastatelan tukeman rainan alapinnalle. Tasaisen päälystytuloksen saavuttamiseksi sivelytelan ja rainan välisen nipin tulee olla aina täynnä pastaa. Tämä rajoittaa sivelytelan miniminopeuden tasolle 18 – 22 % rainan nopeudesta. Tästä johtuen sivelytelalla applikoidaan ylimäärin pastaa rainan pintaan. Liian alhainen sivelytelan nopeus aiheuttaa skippingia eli radan pintaan syntyy päälystämättömiä laikkuja. Ylimääräinen pasta kaavitaan taipuisan terän avulla, jota painetaan paperia ja vastatela vasten. Samalla säädetään paperille haluttu päälystemäärä. Pohja kostuu voimakkaasti sivelytelapäälystimellä, sillä applikointi tapahtuu suuren paineen alaisena (0,3 – 1,0 bar). Laitteistolle on lisäksi tyypillistä suhteellisen suuri applikointikohdan ja terän välinen matka (0,5 m), jossa tapahtuu normaalisti radan kostumista. Sivelytelapäälystimellä päästään hallitusti korkeisiin päälystemääriin, sillä pasta tunkeutuu lujasti pohjaan ja kuidut ehtivät turvota ennen kaavausta lisäten näin pohjan karheustilavuutta. Ajonopeuksien kasvaessa haittana ovat roiskeet, päälystefilmin halkeaminen nipin jälkeen sekä vanaisuutta aiheuttavat pintajännitysaallot. Roiskeiden vähentämiseksi sivelytelaa on siirretty

tulevan radan suuntaan, jotta roiskeet suuntautuisivat viistoon pois päin radasta. /1-2, 10–14/

Sivelytelapäällystimen applikointilaitteeseen kuuluu seosallas ja sivelytela. Seosaltaat ovat joko kaksi- tai kolmilokeroisia, joihin sivelytela sijoitetaan. Kaksilokeroisessa altaassa kaavinterältä palautuva seos johdetaan takaisin telalokeroon, kun taas kolmilokeroisessa altaassa paluuvirtaus terältä johdetaan aina konekiertoon. Pumppaustarve altaaseen riippuu sivelytelan ja vastatelan välisestä raosta sekä ajonopeudesta. Tavallisesti seosaltaat on vesijäähdytettyjä ja ne ovat käännettävissä pesuasentoon puhtaanapidon helpottamiseksi. Kuvassa 3 on esitetty sivelytelapäällistysperiaate. /1-2, 10–11/



Kuva 3. Sivelytelapäällistysperiaate. /1/

Päällystemäärän säätöön käytettävä kaavinterä on kiinnitetty kuormitusmekanismin teräpalkkiin, joka on puolestaan kiinni kääntyvissä runkopukeissa tai kääntövivuissa. Näin teräpalkkia pystytään liikuttamaan ajo- ja päänvientiasentojen välillä. Teräkulmaa säädetään ruuvitunkin avulla. Päällystimellä vallitsevat lämpötilaerot saattavat ajoittain aiheuttaa kaavinterän taipumista. Tämän vuoksi teräpalkki on tavallisesti varustettu lämpötilansäätöjärjestelmällä ja mekaanisella

taipumasäädöllä. Teräpalkin suoruuden seuraamiseen käytetään muun muassa lasertekniikkaa. Paperirataa tukeva vastatela on kumipinnoitteinen. Vastatelan rakenteella ja pinnoitteella on suuri merkitys onnistuneelle päällystykselle eli telan halkaisijalla ja pinnoitteen kovuudella. /10–11, 14/

Sivelytelapäällystin sopii käytettäväksi päällystettäessä painopapereita ja kartonkeja eri ajonopeusalueilla. Sivelytelalaitteistolla saavutetaan korkea päällysteen laatu laajalla päällystemääräalueella, mutta ajettavuudeltaan laitteisto on huono etenkin pienillä päällystemäärillä sekä puupitoisia papereita päällystettäessä. Sivelytelalaitteistoja käytetään nykyisin pääasiassa vain kartongin päällystyksessä, sillä uusissa päällystyskoneissa käytetään lähes poikkeuksetta jetsuutinapplikointia. /2, 10–11/

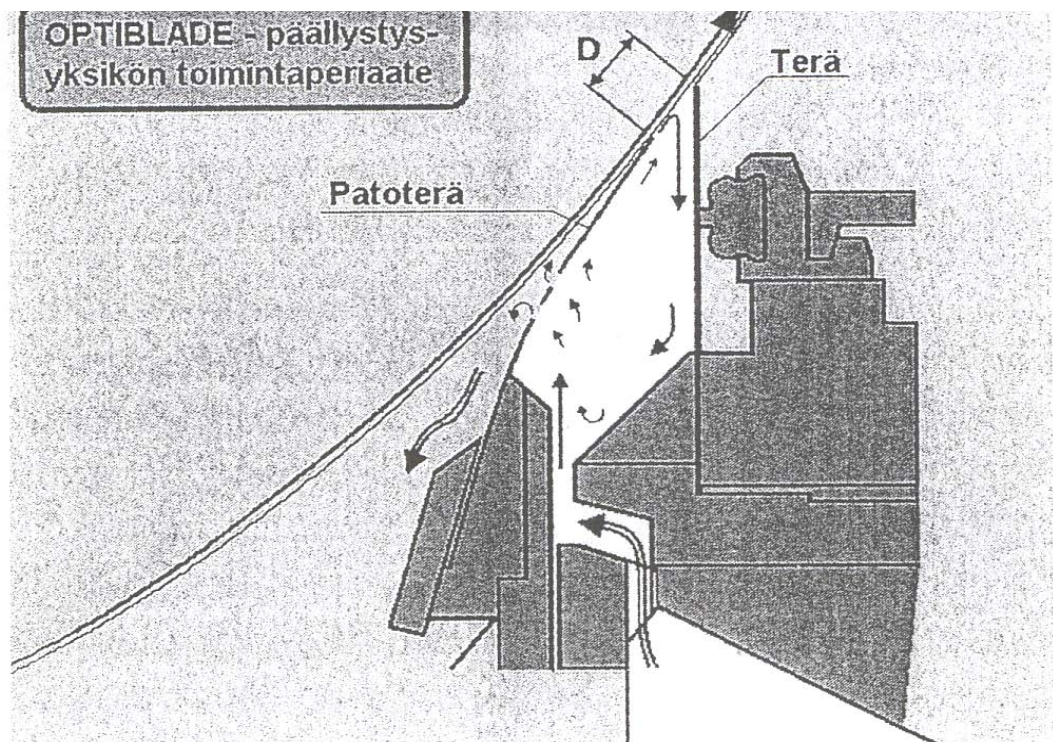
### **6.1.2 Lyhytviipymäpäällystin**

Lyhytviipymäpäällystimellä päällysteseos johdetaan heti terän takana olevaan applikointikammioon, jonka yhden seinämän muodostaa vastatelan tukema, liikkuva pohjaraina. Applikointikammioon muodostuu pyörrettä liikkuvan rainan ansiosta. Rainan läheisyydessä pastan virtausnopeus sama kuin rainanopeus, mutta syvemmälle kammioon mentäessä se laskee. Paperin pinnalle siirtyvän pastan määrää säädellään paperia ja vastatela vasten painettavan kaavinterän avulla. Suurin osa syötettävästä pastasta johdetaan takaisin kiertoan paperin ja säätöreunan kärjen välisestä raosta. /1-2, 10–14/

Applikointialueen paineesta ja lyhyestä vaikutusmatkasta johtuen, radan kastuminen on lyhytviipymäpäällystimellä vähäisempää. Paine kammiossa on normaalisti 10 – 20 kPa ja vaikutusmatka noin 30 mm. Lyhytviipymäpäällystimellä saavutetaan heikompi sileys sivelytelapäällystimeen verrattuna, sillä kuitujen osittainen turpoaminen vasta kaavinterän jälkeen karhentaa päällystettyä pintaa. Lyhytviipymäpäällystimellä päällystemäärä on 2 – 3 gsm alhaisempi kuin sivelytelapäällystimellä ja yli 11 gsm:n päällystemäärillä poikki-profiili alkaa huonontua. Lyhytviipymäpäällystimellä kaavinterää ei kuormiteta kovin suurella paineella, jolloin minimipäällystemäärä saavutetaan helposti. Lyhytviipymäpäällystimellä käytetään matalampia kuiva-ainepitoisuuden ja viskositeetin omaavia pastoja kuin sivelytelapäällystimellä tasaisen päällysteen saavuttamiseksi. Korkean viskositeetin

omaavat pastat saattavat aiheuttaa vanaisuutta sekä lisäävät kaavinterälle menevää massavirtaa. Tällöin teräkuormitus kasvaa ja etenkin ohuilla papereilla ajettavuus heikkenee. Lyhytviipymäpäälystimen hyvä ajettavuus perustuu matalaan applikoitipaineeseen sekä lyhyeen vaikutusmatkaan applikoinnin ja kaavinnan välillä. Radan kostumisen myötä lujuusominaisuudet heikkenevät. Lyhytviipymäpäälystimestä radan vähäisempi kostuminen pitää lujuushäviöt vähäisempinä siveletelapäälystymään verrattuna. /1-2, 10 – 11/

Lyhytviipymäpäälystin koostuu teräpalkista, johon on kiinnitetty teräpidin, pastan syöttökanavistosta ja paluualtaasta. Kaavinterän kulmaa säädetään kuten siveletelapäälystimestä kääntämällä palkkia terän kärkilinjan ympäri. Terän kuormitus tapahtuu paineilmaletkujen välityksellä. Pasta syötetään syöttöletkujen avulla jakotukkiin ja sieltä jakoputkien kautta syöttökammioon. Syöttökammioista pasta johdetaan tasausreikien ja tasausraon kautta applikoitukammioon, jossa vallitsee lievä ylipaine. Ylimääräinen pasta virtaa paluualtaaseen ja sieltä takaisin konekiertoon. Reunatiivisteet määräävät päälystettävän alueen leveyden ja niitä voidaan tarpeen mukaan säätää koneen poikkisuunnassa. Kuvassa 4 on esitetty lyhytviipymäpäälystymisen periaate. /2, 10–11, 14/



Kuva 4. Lyhytviipymäpäälystymisen periaate. /1/

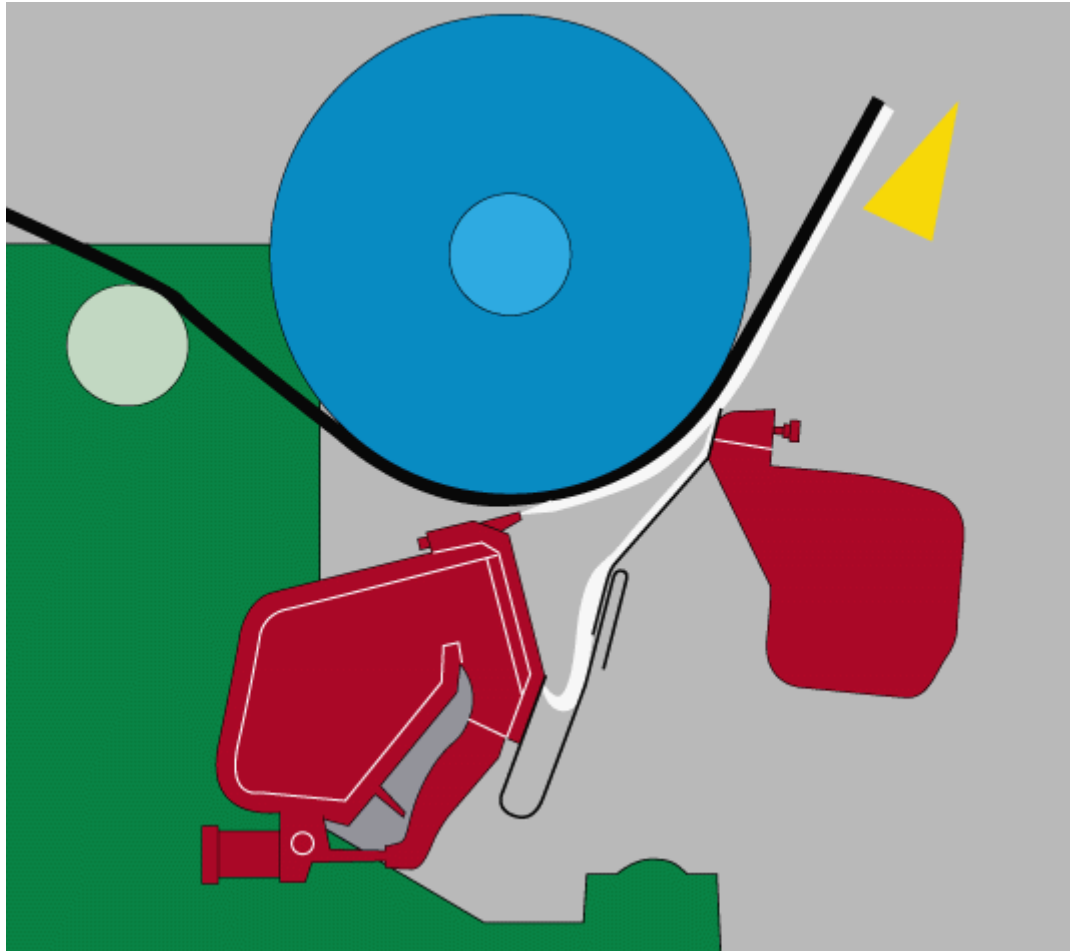
Lyhytviipymäpäälystymien ongelmana on etenkin suurilla ajonopeuksilla muodostuva ns. short dwell – vanaisuus. Tämän luullaan johtuvan kastumislinjan epästabiilisuudesta ja applikointikammion epästabiileista virtauksista. Mikäli rainan mukana tuleva ilma pääsee applikointivyöhykkeelle, saattaa lisäksi helposti muodostua laikullisuutta. Vanaisuuden muodostumiseen vaikuttavat myös pohjarainan kosteus- tai karheusprofiili sekä vastatelan kunto. Vanaisuuden vähentäminen on tullut mahdolliseksi rei'itetyn patoterän myötä, joka tiivistää applikointikammion yhden seinämän ja pakottaa näin rainan läheisyydessä olevan virtauksen laminaariksi. Ylimääräinen pasta kulkeutuu patoterän rei'istä keruukaukaloon ja sieltä konekiertoon. Patoterä estää tehokkaasti ilman pääsyn applikointivyöhykkeelle ja tasaa näin sisäistä pastavirtausta vähentäen juovien muodostumista ja laikullisuutta. Lyhytviipymäpäälystimen tavallisin käyttökohde on puupitoisten painopapereiden on-line päälylystyksessä. Muita lyhytviipymäpäälystimen tyypillisiä käyttökohteita ovat kaksoispäälylystetyn puupitoisen paperin esipäälylystyks, puuvapaan painopaperin esipäälylystyks sekä erikoispapereiden päälylystyks. /1-2, 10-11, 14/

### **6.1.3 Suutinapplikoinnilla varustettu teräpäälylystin**

Suutinapplikoinnilla varustetulla teräpäälylystimellä pasta applikoidaan rainan pinnalla erillisen suuttimen avulla. Suutinapplikointilaitteistossa ei ole pyörivää telaa, jonka vuoksi se soveltuu hyvin suurille ajonopeuksille. Menetelmän etuna on myös applikointitelapäälylystyksistä pienempi applikointipainepulssi. Suutinlaitteiston applikointikammio on pieni, mikä takaa tasaisen ja hallitun virtauksen. Tavallinen applikointimäärä suutinlaitteistolla on 70 – 120 g/m<sup>2</sup>. Pienempi applikointimäärä vähentää kaavinterälle tulevaa impulssivoimaa. Pieni impulssivoima ja vähäinen penetraatio pitävät kaavinterän kuormitustason alhaisena ja näin ajettavuus paranee, terän käyttöikä lisääntyy ja applikointikerroksen tasaisuus paranee. Ylimääräinen pasta poistuu ylivuotoaltaalle ja sieltä takaisin konekiertoon. /1-2, 10-14/

Suutinapplikoinnilla varustetulla teräpäälyystimellä pastan applikoinnissa käytetään joko esitasoituselimillä varustettua suutinta tai suoraa jet-suutinta. Pastan ja rainan mukana applikointivyöhykkeelle tulee ilmaa. Esitasoituselimiä käytettäessä ilma ei ole ongelmallinen sillä pastan virtausmäärät ovat suuret ja suurin osa virtauksesta johdetaan rainan kulusuunnasta pois päin. Esitasoituselimillä varustetuilla päälyystimillä on ongelmana rainan vekkaantuminen, joka johtuu esitasoituselimen aiheuttamasta painepulssista. Painepulssin seurauksena vastatelalle muodostuu kaksi pitopistettä ja näin raina on herkkä vekkaantumiselle etenkin ohuita papereita päälyystettäessä suurilla nopeuksilla. Vekkaantumisongelman ehkäisemiseksi on kehitetty kahden vastatelan suutinapplikointisysteemi, jossa ensimmäisellä vastatelalla tapahtuu pastan applikointi ja toisella vastatelalla säädetään päälyystemäärä kaavinterän avulla. Pastan tunkeutuminen pohjapaperiin on merkittävää applikoinnin ja terän suuren välimatkan ansiosta. Näin ollen kaksoisvastatelasysteemeillä päästäänkin suurin päälyystemääriin ja päälyysteelle saadaan hyvä peitto, jonka vuoksi se soveltuu hyvin käytettäväksi kartonkien päälystykseseen. /1-2, 10–11, 14/

Jatkuvasti kasvaneet ajonopeudet johtivat jet-suuttimien kehitykseen. Jet-suuttimet kehitettiin estämään päälystefilmin halkeamista ja vanaisuutta. Suoralla jet-suuttimella pasta applikoidaan säädettävästä ja koko radan levyisestä 0,6 – 1,1 mm kokoisesta raosta radan pintaan. Hyvän applikointituloksen saavuttamiseksi suutingeometrian ja pastan syöttöputkiston tulee olla oikeanlainen. Mitä terävämpi ja nopeampi pastasuihku on, sitä paremmin suutinlaitteisto toimii. Jet-suutin käyttöisillä päälyystimillä tulee olla ilmanpoistin, jolla poistetaan pastassa olevat ilmakuplat. Ilmakuplat saattavat aiheuttaa päälystämättömiä alueita paperin pinnalle, sillä jet-suutin syöttää pastan suoraan rainan pintaan. Applikoidun pastan määrää säädellään muuttamalla syöttömäärää ja kaavinterällä päälyystemäärä säädetään halutuksi. Kuvassa 5 on esitetty jet-suutinpäälyystimen periaate. /2, 10–11, 14/



Kuva 5. Jet-suutinpäällystimen periaate. /2/

Esitasoituselimellä varustettuja suuttimia käytetään lähes yksinomaan kartongin päällystyksessä. Jet-päällystin soveltuu puolestaan suurimmalle osalle paperi- ja kartonkilajeista ja sillä voidaan kattaa laajakin päällystemääräalue. /2/

## 6.2 Sauvapäällystin

Sauvapäällystin on periaatteeltaan samanlainen teräpäällystimien kanssa, mutta sauvapäällystimellä kaavinterän tilalla päällystemäärän säädössä käytetään radan kulkusuuntaa vasten pyörivää sauvaa, jonka halkaisija on tavallisesti 10 – 12 mm. Päällystemäärän säädössä sauvaa kuormitetaan kuormitusletkujen avulla. Sauvapäällystimellä päällystemäärä on 5 – 10 g/m<sup>2</sup> ja pastan kuiva-ainepitoisuus normaalisti 50 – 60 %. Sauvapäällystystä käytetään kartonkien ja erikoispapereiden päällystyksessä sekä painopapereiden pigmentoinnissa. /11/

Sauvapäällystimellä saavutettavia etuja ovat hyvä ajettavuus ja vähäinen viirutus. Heikkoutena puolestaan ovat käytettävyys, päällysteen pinnan laatu, pastan alhainen kuiva-ainepitoisuus sekä terää pienempi päällystemäärän säätömahdollisuus. /11/

### 6.3 Ilmajarjapäällystin

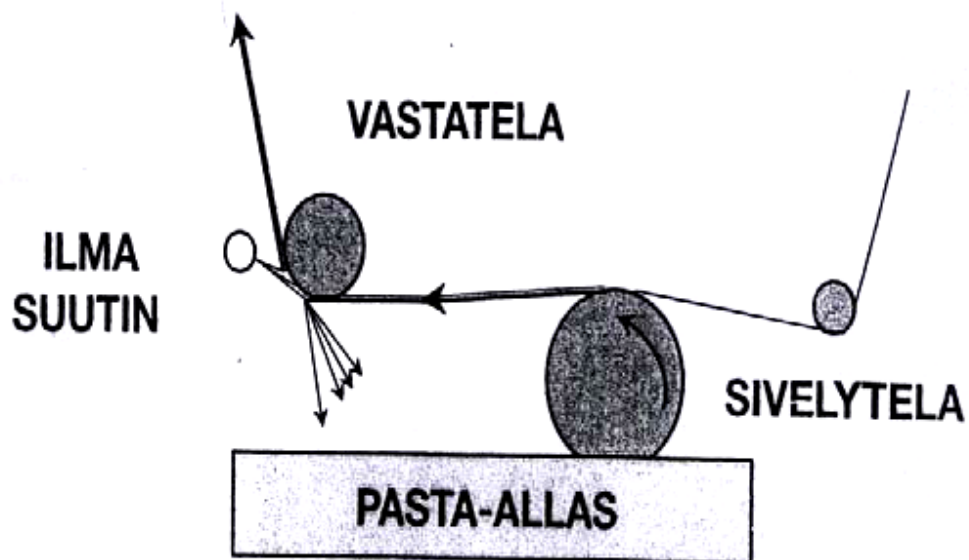
Ilmajarjapäällystimen käyttö rajoittuu lähinnä vain kartongin päällystykseen. Ilmajarjapäällystimellä saavutetaan hyvä peittokyky ja päällystekerros myötäilevät pohjan rakennetta. Ilmajarjapäällystys ei sovellu paperin päällystykseen alhaisten ajonopeusvaatimusten ja pastan kuiva-ainepitoisuuden vuoksi. Vaikka ilmajarjapäällystimelle on hyvän peittokyvyn ansiosta edelleen tarvetta, on päällystimiä korvattu terä- ja sauvapäällystimillä korkeampia ajonopeuksia käytettäessä. Ilmajarjapäällystimiä käyttävien koneiden ajonopeudet ovat tavallisesti 300 – 400 m/min. /1-2, 10–14/

Ilmajarjapäällystimellä pasta applikoidaan radan pintaan joko yhdellä tai useammalla telalla tai suuttimen avulla. Haluttu päällystemäärä ja pinnan tasoitus tehdään ilmasuihkun avulla. Tela-applikointia käytettäessä käytetään esikaavaukseen radan kulkusuuntaa vastaan pyörivää telaa. Suutinta käytettäessä esikaavausta ei tarvita, sillä suuttimella on mahdollista annostella riittävän pieni päällystemäärä. Oikea päällystemäärä säädetään paineen sekä radan ja ilmasuihkun välisen etäisyyden avulla. Päällystemäärän muodostumiseen vaikuttaa lisäksi suihkukulma eli ilmasuihkun ja sen törmäyspisteen tangentin välinen kulma. Paine on tavallisesti välillä 10 – 30 kPa ja radan ja ilmasuihkun välinen etäisyys 1,5 – 10 mm. Ilmasuuttimen muodostavat painekammio ja suutinrako, joka muodostuu kahdesta suutinhuulesta. Kaavarin irroittama ylimääräinen päällyste kerätään sumukammion avulla talteen ja palautetaan pastakiertoon. /1-2, 10–11, 14/

Päällystemäärä, joka on tavallisesti 10 – 25 g/m<sup>2</sup> on riippuvainen pastan kuiva-aineesta. Muodostuvaan päällystemäärään vaikuttaa myös suutinhuulten väli. Ajonopeuden kasvaessa myös päällystemäärää voidaan kasvattaa ja karheammalla pinnalla päällystemäärä on luonnollisesti suurempi. Ilmajarjapäällystimellä käytettävän pastan kuiva-ainepitoisuus ja viskositeetti ovat alhaiset. Pastan viskositeetin tulee olla alhainen, sillä se vaikuttaa ilmasuihkun kykyyn tunkeutua päälly-

tekerrokseen. Muihin päällystysmenetelmiin verrattuna pastahukka on ilmarajapääällystyksessä 7 – 11 % suurempi. /10–11/

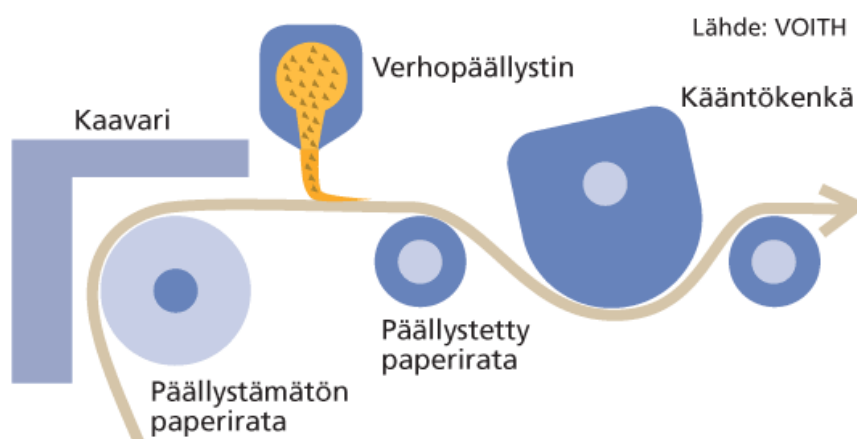
Ilmarajapääällystin muodostuu applikointilaitteesta, ilmakaavarista ja sumukammionista. Kuten edellä mainittiin, pasta applikoidaan radan pintaan joko suuttimella tai yksi- tai useampitelaisella tela-applikointilaitteella. Kaavariyksikkö käsittää tavallisesti kaksi suutinosaa, jolloin voidaan vähentää päällystyksessä syntyviä hukka-aikoja. Sumukammion avulla kerätään talteen kaavarin erottama päällystesumu ja erotetaan seoshiukkaset ilmasta. Ilmarajapääällystimen käyttö kohdistuu lähes ainoastaan kartongin päällystykseseen. Päällystimen käyttöä rajoittavat erityisesti ajonopeusrajoitukset sekä pastan alhaiset kuiva-ainepitoisuudet. Ilmarajapääällystimen käyttöä onkin korvattu muun muassa teräpääällystimillä etenkin ajonopeuksia kasvatettaessa. Tulevaisuudessa muut päällystinratkaisut tulevat todennäköisesti syrjäyttämään ilmarajapääällystimen paremman kannattavuuden ansiosta. Kuvassa 6 on esitetty ilmarajapääällystimen periaate. /2, 10–11, 14/



Kuva 6. Ilmarajapääällystimen periaate. /1/

## 6.4 Verhopäällystin

Verhopäällystimellä pasta lasketaan radan pintaan ohuena verhona suuttimesta, joka on kooltaan noin 100  $\mu\text{m}$ . Pastan siirtosuhte radan pintaan verhopäällystimellä on 100 %, sillä verhopäällystimellä ei käytetä pastan annostelussa teriä tai sauvoja. Pastan kuiva-ainepitoisuus verhopäällystyksessä on tavallisesti noin 60 % ja viskositeetti 250 – 1000 mPas. Kuvassa 7 on esitetty verhopäällystimen periaate. /11/



Kuva 7. Verhopäällystimen periaate. /14/

Lopputuotteen hyvä laatu ja taloudellisuus ovat verhopäällystimellä saavutettavia etuja. Suora paperin pinnan mukainen päällystys mahdollistaa tasaiset profiilit kone- ja poikkisuunnassa sekä antaa hyvän opasiteetin ja painojäljen. Verhopäällystin ei juuri rasita rainaa, mistä johtuen ratakatkojen määrä on vähäinen. Tällöin ei muodostu hukka-aikaa, joka vaikuttaa oleellisesti tuotantotehokkuuteen ja taloudellisuuteen. Lisäksi taloudellisia ja tuotannollisia säästöjä saavutetaan kaavinterien ja sauvojen puuttumisen johdosta. Taulukossa II on esitetty verhopäällystimen käyttökohteet tuotantonopeuksineen. /14/

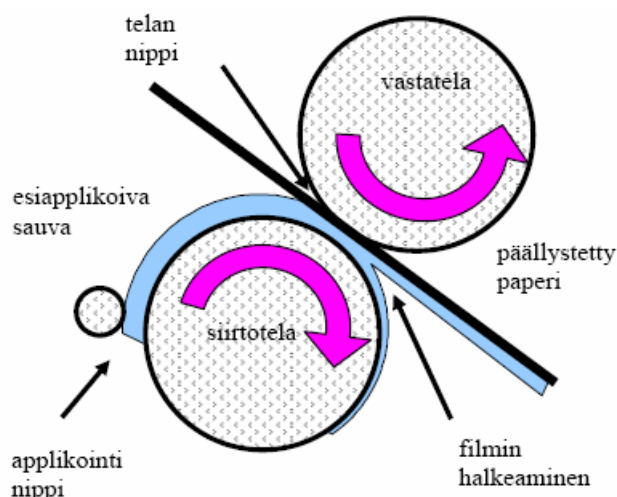
Taulukko II. Verhopäällystimen käyttökohteet ja tuotantonopeudet. /14/

Laji	Tuotantonopeus [m/min]
Kartonki	>600
Pakkausmateriaalit	>600
Erikoispaperit	400 – 1300
Painopaperit	800 – 1500

Radan pintaan laskettavaa verhovirtausta säädellään verhosuuttimesta, joka on yksinkertaisesti säädettävissä haluttua neliömääräpainoa vastaavaksi. Suuttimen tukkeutumisen ehkäisemiseksi optimaaliseksi suutinkooksi on havaittu noin 100 µm, kuten edellä todettiin. Pastan korkeilla viskositeettitasoilla saavutetaan hyvä ajettavuus verhoon muodostuvan hyvän venyvyyden ansiosta. Alhaisilla ajonopeuksilla verhovirtauksen määrä saattaa kasvaa ajoittain liian suureksi ja paperiin muodostuu korko kohtia. Suuremmilla ajonopeuksilla ja neliöpainoilla puolestaan verhon virtaus suuttimesta on rajoittava tekijä sen paksuuden vuoksi. /14/

### **6.5 Filminsiirtopäällystin**

Mahdollisuus paperin molempien puolien samanaikaiseen päällystämiseen johti filminsiirtopäällystimien kehitykseen 1980 – luvulla. Filminsiirtopäällystimillä päällystys tapahtuu kahden telan välissä olevassa paineenalaisessa nipissä. Pasta applikoidaan aluksi telojen pinnoille ja siirto paperin tai kartongin pintaan tapahtuu telojen välisessä nipissä, jossa nippikuorma on tavallisesti 20 – 40 kN/m. Telojen pinnoille applikoitavan päällystekerroksen paksuus on 10 – 15 µm ja päällystemäärä 8 – 15 g/m<sup>2</sup> pastan kuiva-ainepitoisuuden ollessa 65 %. Paperin tai kartongin pinnassa oleva päällyste voidaan jakaa kahteen kerrokseen ns. liikkumattomaan ja liikkuvaan nestemäiseen päällystekerrokseen. Pastan sisältämä pigmentti muodostaa radan pinnalle liikkumattoman kerroksen eli suodatinkakun suotautumisprosessin seurauksena ja neste tunkeutuu pohjapaperiin. Liikkuvassa nestemäisessä päällystekerroksessa päällyste on samanlaisessa muodossa kuin applikointitelojen pinnoilla oleva päällyste. Nipin jälkeen päällystefilmi jakautuu applikointitelan ja radan kesken halkeamalla. Kuvassa 8 on esitetty filmisiirtopäällystimen periaate. /1-2, 10–11, 14–15/



Kuva 8. Filminsiirtopäälystimen periaate. /15/

Filminsiirtopäälystimillä päälystefilmi halkeaa usein epätasaisesti. Halkeaminen tapahtuu todennäköisimmin liikkuvassa kerroksessa. Sumuaminen ja appelsiinkuvion muodostuminen päälystekerroksen pintaan ovat yleisiä ongelmia, jotka heikentävät päälysteen laatua varsinkin suurilla ajonopeuksilla. Näistä onkin muodostunut rajoittava tekijä filminsiirtopäälystimien käytössä. Tavallisesti 70 – 80 % päälysteestä siirtyy radan pinnalle ja 20 – 30 % jää applikointiteloille. Päälystefilmin halkeamiseen vaikuttavat ajonopeuden lisäksi pastan kerrosten suhteellinen osuus sekä nestekerroksen fysikaaliset ominaisuudet esimerkiksi pinta-jännitys ja viskositeetti. Tasaisen päälystefilmin halkeamisen saavuttamiseksi, päälysteen liikkuvan kerroksen tulisi olla mahdollisimman ohut. Pastan viskositeetin tulee olla pieni ja kuiva-ainepitoisuuden suuri. Lisäksi pigmentin koko ja kokojakauma vaikuttavat suodatinkakun pakkautumiseen ja näin ollen myös nestekerroksen paksuuteen. /2, 10–11, 14/

Pastan määrää säädetään kuiva-ainepitoisuuden lisäksi applikointisauvojen koolla ja rakenteella. Urasauvaa käytettäessä päälystemäärä on verrannollinen sauvan urien ja telan pinnan väliin jäävään tilaan nähden. Urasauva on halkaisijaltaan tyypillisesti 10 – 35 mm ja sauvan pinnalla olevat langat ovat halkaisijaltaan 0,2 – 0,7 mm. Sauva pyörii vasten telan pyörimissuuntaa. Päälysteen määrään vaikuttavat telojen pinnan kovuudet eli pehmeällä telapinnalla päälysteen määrä kasvaa. Sauvan kuormituksen nosto vähentää päälysteen määrää, kun taas nippipaineen nosto lisää radan pintaan siirtyvän päälysteen määrää. Ajonopeutta kasvatettaessa

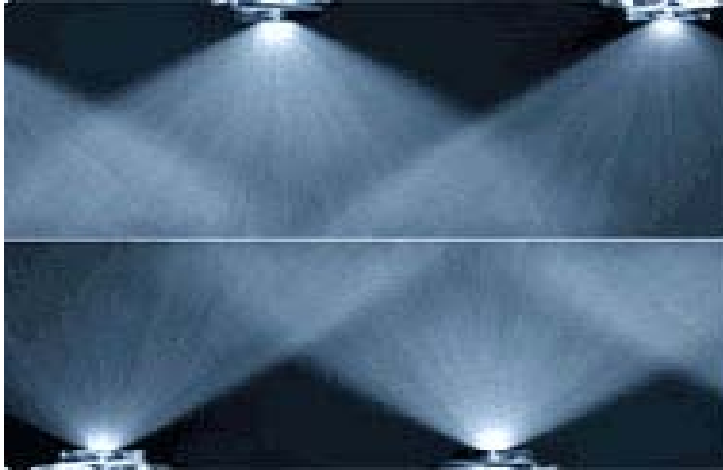
siirtyvän päällysteen määrä lisääntyy. Sileällä sauvalla tapahtuva applikointi perustuu hydrodynaamisuuteen. Sauva on halkaisijaltaan 25 – 60 mm ja se vaatii pastalta korkeamman viskositeetin kuin uritettu sauva. Telapintoihin kohdistuva rasitus on sileällä sauvalla vähäistä ja näin ollen telojen hiontatarve on alhaisempi. Päällystemäärä kasvaa, kun sauvan kuormitusta pienennetään, nopeutta kasvatetaan, telojen kovuutta pehmennetään ja sauvan halkaisijaa kasvatetaan. /10–11/

Filminsiirtopäällystimillä saavutetaan tasainen päällysteen kerrospaksuus ja peitto. Tällöin on mahdollista nostaa esimerkiksi pohjapaperin vaaleutta. Painojäljen tasaisuus saadaan hyväksi, mikäli pohjapaperin formaatio on riittävä. Lisäksi kuitukarhentuma on vähäistä filminsiirtopäällystimellä päällystetyillä lajeilla. Suurin etu filminsiirtopäällystimellä on ajettavuus, sillä rata ei joudu kosketuksiin kaa-vausterän kanssa vaan päällystemäärän säätön käytetään sauvoja. Filminsiirtopäällystyksen haittoja ovat jo aiemmin mainittujen sumuamisen ja orange-peelin lisäksi telojen välisestä nipistä aiheutuva pisarointi. /11/

## **6.6 Spraypäällystin**

Spraypäällystimellä pasta applikoidaan paperin tai kartongin pintaan korkeapainesuihkun avulla ilman ratakosketusta. Ilman ratakosketusta tapahtuva spraypäällystys ei näin ollen rasita rainaa kuten terä- ja sauvapäällystimet. Erilaisten kuluvi-  
vien osien kuten terien, sauvojen ja vastatelojen tarpeettomuus vähentää käyttökustannuksia. Lisäksi rainan rasittamattomuuden takia sen konesuuntainen vetolujuus voi olla alhaisempi, mikä mahdollistaa edullisempien pohjan raaka-aineiden käytön. /2, 10-11, 14/

Spraypäällystimellä spraysuutin applikoi pienet pastapisarat sprayviuhkana rainan pintaan. Korkeassa paineessa olevan pastafilmin nopeus pienenee sen tullessa suuttimen jälkeen ilmakehään. Tällöin pasta atomisoituu pieniksi pisaroiksi. Spraypäällystimillä suutinsysteemi on 2-rivinen ja suuttimien käyttöikä on riippuvainen käytettävästä pigmenttilaadusta, paineesta sekä suutintyypistä. Päällystys voidaan tehdä samanaikaisesti rainan molemmille puolille. Kuvassa 9 on esitetty spraypäällystimen periaate. /10–11/



Kuva 9. Spraypäälystimen suihkut. /16/

Tasaisen suihkun ansiosta, spraypäälystimillä saavutetaan hyvä rainan peittävyys ja päällyste muistuttaakin filmipäälystykseen rakennetta. Spraypäälystetyillä lajeilla ei esiinny kuitukarhentumaa ja päällystepinnasta tulee huokoinen. Rainan sileys ja kiilto ovat alhaisempia verrattuna terä- ja filmipäälystettyihin pintoihin. Spraypäälystimet ovat rakenteeltaan yksinkertaisia, koska niissä ei tarvita teloja, sauvoja tai kaavinteriä. Suuttimet voidaan vaihtaa ajon aikana ja katkonkin jälkeen startti onnistuu nopeasti. Spraypäälystyksestä ei aiheudu sumuamista eikä teräviiruja. Lisäksi päällystimillä on mahdollista käyttää halvempia pigmenttejä ja jätepastan osuus on lähes olematon. Spraypäälystimellä käytettävältä pastalta vaaditaan alhaista viskositeettia (50 – 100 mPas), sillä se vaikuttaa pisarakokoon. Pastan kuiva-aine saa olla korkeintaan 60 %. Pigmenttien valinnassa suositaan pallomaisia pigmenttejä suuttimien kulumisen ehkäisemiseksi. Pastan joukkoon lisättävä pinta-aktiivinen aine alentaa viskositeettia ja pintajännitystä ja antaa näin ollen sopivan pisarakoon ja sitä kautta hyvän peittävyden. /10–11, 14/

Spraypäälystin ei aseta pohjan lujuudelle suuria vaatimuksia koskemattomuutensa takia. Spraypäälystin soveltuu käytettäväksi LWC, MWC ja sanomalehtipaperien päällystykseen. /2/

## 7 PÄÄLLYSTEEN KUIVATUS

Varsinaisen päällystystapahtuman eli päällysteen levityksen ja päällystemäärän säädön jälkeen päällyste kuivatetaan päällystysaseman jälkeisillä kuivaimilla. Kuivatuksessa poistetaan pastan mukana radalle tullut ylimääräinen vesi. Kuiva-

tusvaihe vaikuttaa merkittävästi päällystetyn tuotteen laatuun ja ominaisuuksiin, etenkin sideainejakaumaan, joka puolestaan vaikuttaa moniin päällysteen ominaisuuksiin esimerkiksi pintalujuuteen ja painoväriabsorptioon. /1, 16–17/

Päällysteen kohdatessa paperin pinnan siitä alkaa imeytyä vettä ja sideaineita pohjaan, jolloin päällysteen ja radan välitilaan muodostuu ns. suotautumiskakku. Veden ja sideaineiden imeytymisvoimakkuuteen vaikuttavat päällystysmenetelmän lisäksi sekä pastan että pohjan ominaisuudet. Kuivatuksen alussa päällyste sisältää runsaasti vapaata vettä. Päällysteen pinnalta haihtuneen veden tilalle virtaa uutta vettä päällysteen huokosista niin kauan kuin pastassa on vapaata vettä. Samalla sideaineet vaeltavat kohti päällysteen pintaa kunnes kaikki vapaa vesi on haihtunut. /1, 16–17/

Kuivatusosan suunnittelussa on otettava huomioon useita määrääviä tekijöitä. Heti aluksi tulee huomioida tarvittava kuivatuskapasiteetti, ajonopeus, päällystemäärät sekä pohjan ominaisuudet. Tämän lisäksi tulee huomioida rataleveys, rullakoko, kuivatustapa sekä mahdollisten lisälaitteiden määrä. Päällystetyn paperin kuivatuksen käytetään infra-, leiju- ja sylinterikuivaimia. Kuivatintyyppi vaikuttaa päällystetyn tuotteen laatuun, ajettavuuteen, koneen hyötysuhteeseen sekä investointi- ja käyttökustannuksiin. /1-2, 16–17/

### **7.1 Infrapunakuivaimet**

Infrapunakuivaimissa energia siirtyy säteilemällä ja muuttuu lämmöksi osuessaan kuivattavaan rataan. Osa sähkömagneettisesta säteilystä tunkeutuu rainan sisälle, osa kulkee rainan läpi ja osa heijastuu rainan pinnasta takaisin. Infrapunakuivaimet soveltuvat pääosin käytettäväksi kuivatusosan alkuun heti päällystysyksiköiden jälkeen nostamaan päällysteen ja radan lämpötila sopivalle alueelle eli haihdutusalueelle. Haihdutusalueella vedenpoisto alkaa nopeutua ja päällyste alkaa jähmettyä. Infrapunakuivaimet koostuvat usein yksittäisistä säteilyelementeistä, joiden avulla voidaan kontrolloida kuivatustehoa. Säteilyelementeillä voidaan hallita lisäksi rainan poikkisuuntaista kosteusprofiilia. Tavallisimmat infrapunakuivaimet ovat kaasu- ja sähkökäyttöisiä. Infrapunakuivattimien etuja ovat pienen koon ansiosta helppo sijoittamismahdollisuus lähelle päällystysasemia. Kuivaimien hyvä säädettävyys on lisäksi merkittävä etu etenkin kosteuden hallin-

taa ajatellen. Korkeat käyttökustannukset ja energian saatavuus rajoittavat varsinkin sähkökäyttöisten kuivaimien käyttö. Säteilyyn perustuvilla kuivaimilla ilmenee myös merkittävä tulipaloriski katkotilanteessa. Kuivaimien hyvä tehokkuus voi aiheuttaa ylikuivatusta ja sitä kautta kuitukarhentumaa. /1, 16–17/

### **7.1.1 Kaasuinfra**

Kaasuinfraassa paloilman ja kaasun seos johdetaan palotilaan. Polttoaineena käytetään maakaasua, propaania tai propaanin ja butaanin seosta. Kaasuinfraassa keraamista, teräksestä tai sintratusta metallista valmistettu huokoinen säteilijä toimii primäärisen säteilyn lähteenä, kun sitä hehkutetaan liekillä. Liekistä, jonka lämpötila vaihtelee 600 – 1200 °C välillä emittoituu myös osa säteilystä. Kaasuinfra käsittävät kiertoilmajärjestelmän, jolla kerätään muodostuvat palokaasut ja radasta haihtuva kosteus. Lisäksi katkotilanteissa puhallettavalla ilmavirralla ehkäistään mahdollisen tulipalon muodostumista. Kaasuinfraalla, jonka pintalämpötila on 1100 °C, saavutetaan 80 – 90 kW/m<sup>2</sup> lämpöteho. /16–17/

### **7.1.2 Sähköinfra**

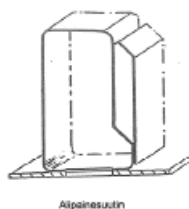
Korkealämpöiset sähköinfra muodostuvat halogeenilampuista, jotka sisältävät wolframi-hehkulangan. Lamppujen pintalämpötila voi olla jopa 2200 °C. Lampupumaisten säteilijöiden takana sijaitsevan taustaheijastimen avulla, radasta pois päin suuntautunut säteily suunnataan takaisin rataan. Taustaheijastimina käytetään joko tasomaisia tai parabolisia kultaheijastimia sekä keraamisia rakenteita. Sähköinfra koostuu tavallisesti 7 – 9 lamppua käsittävistä 140 – 150 mm leveistä moduleista. Sähköinfraalla saavutetaan 250 – 300 kW/m<sup>2</sup> lämpöteho. Sähköinfran hyvin läpätunkevan säteilyn vuoksi, joudutaan etenkin ohuita papereita kuivattaessa käyttämään radan vastapuolella keraamista vastaheijastinta, joka parantaa infran hyötysuhdetta. Kosteusvaihtelujen hallinta on sähköinfraalla tehokkaampaa kuin kaasuinfraalla. /16–17/

## **7.2 Leijukuivaimet**

Ilmakuivaimet eli leijut koostuvat kahdesta vastakkain asetetusta kuivainlaatikosta. Leijut ovat höyry- ja kaasulämmitteisiä. Haihdutus saadaan aikaan puhaltamalla kuivatusilmaa rainan pintaan monijakoisesta kuivatusilman jakokanavistosta ja

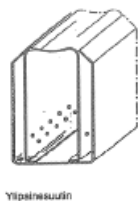
leijusuuttimien kautta. Haihdutuksen edistyessä puhallusilma kostuu ja siitä poistetaan haihdutusta vastaava määrä vettä. Poistetun ilman tilalle puhalletaan palamisilmaa ja konesali-ilmaa. Suurin osa haihdutukseen käytettävästä puhallusilmasta otetaan energian säästämiseksi talteen. /1, 16–17/

Leijukuivattimen olennaisin osa on suutinjärjestelmä, joka määrää suurelta osin sekä kuivaimen ajettavuuden että haihdutustehokkuuden. Käytettävät suutinjärjestelmät koostuvat alipaine- ja ylipainesuuttimista. Alipainesuuttimessa eli foilissa (kuva 10) suutinraosta puhaltuva ilmavirta seuraa kaarevaa pintaa, joka kulkee radan suuntaisesti. /1, 16–17/



Kuva 10. Alipainesuutin. /17/

Sopivalla suuttimen muotoilulla ilmavirta saadaan käännettyä radan suuntaiseksi tai radan kulkusuuntaa vastaan. Suurella nopeudella puhaltuva ilmavirta omaa suuren dynaamisen paineen, jolloin radan pinnan staattinen paine pienenee. Radan pintojen välillä vallitsevan staattisen paine-eron johdosta radalla on taipumus imeytyä lähelle suuttimen pintaa. Tämän johdosta suuttimen alapuoliselle telastolle tai vastaavalle suuttimelle ei ole tarvetta. Radan kulkusuuntaa vastaan asetetun alipainesuuttimen haihdutustehokkuus on noin 15 % tehokkaampi, mutta ajettavuudeltaan heikompi kuin samansuuntaisesti puhaltavan suuttimen. Ylipainesuuttimessa eli floatissa (kuva 11) ilmavirta purkautuu molemmilta puolilta suutinta. /1, 16–17/



Kuva 11. Ylipainesuutin. /17/

Ylipaineen ansiosta rainan ja suuttimen välille muodostuu ilmatyyny, jolloin rata saadaan leijumaan, kun radan toisella puolella on lomittain vastaavat suuttimet. Raina leijuu siniaallon muotoisesti ja sen on todettu vähentävän vektejä ja kireysheittoja. Ylipainesuuttimella päästään merkittävästi parempiin haihdutustehokkuuksiin kuin alipainesuuttimella. /1, 16–17/

Höyrykäyttöisten leijujen lämpötilat ovat 150 – 200 °C ja kaasukäyttöisten 150 – 300 °C, ominaishaihdutustehot vaihtelevat välillä 20 – 100 kg(H<sub>2</sub>O)/m<sup>2</sup>h. Leijun haihdutustehokkuuteen vaikuttavat puhallettavan ilman nopeus ja lämpötila, koneen nopeus, suutintyyppi sekä kuivatuslohkojen määrä. Leijujen etuja ovat hyvä ajettavuus ja kestävyys. Leijuilla saadaan hallittu kuivatus kuivauksen kriittisellä alueella ja ylikuivatusriski on olematon. Leijut ovat lisäksi energiataloudellisesti kannattavia. Leijut vaativat paljon tilaa ja niiden haihdutustehokkuus on pieni muihin kuivaimiin nähden. /16–17/

### **7.3 Yhdistelmäkuivaimet**

Päällystetyn paperin kuivaukseen voidaan käyttää myös yhdistelmäkuivaimia, jossa on yhdistetty infrapuna- ja leijukuivaimet. Yhdistelmäkuivaimessa on ensiksi infrakuivatin ja heti sen perään leijukuivatin. Infraosassa rataa kuivataan suurella energialla, jolloin se on lämmin tullessaan leijuosaan. Molempien osien haihduttama vesihöyry johdetaan leijuosan ilmankiertoon ja poistetaan leijuosan poistoilman mukana. Infraosan kuumat vuotoilmat kulkeutuvat leijun ilmankiertoon, eivätkä näin ollen kulkeudu konesalin ilmaan kuten erillisessä infrapunakuivaimessa. Erillään olevilla kuivaimilla ei saavuteta yhtä hyvää energiahyötysuhdetta kuin yhdistelmäkuivaimella. /1, 16–17/

### **7.4 Sylinterikuivain**

Päällysteen jähmettymisen jälkeen tarttumisongelmaa ei enää ole, joten yleisesti käytetään kontaktikuivatusta. Päällystykseen jälkikuivatus tapahtuu tavallisesti höyrylämmitteisellä sylinteriryhmällä. Sylinterikuivaimella säädetään halutun loppukosteuden lisäksi tarvittava kireys. Nykyään off-line koneilla ei juurikaan enää käytetä sylinteriryhmiä vaan ne on korvattu pelkällä vetoryhmällä riittävän

kireyden saavuttamiseksi. Sylinteriryhmässä on tavallisesti 2 – 8 sylinteriä, joiden kautta rata kulkee kuivatushuovan tukemana. Sylinterien pintalämpötila on 80 – 100 °C. Tavallisen sylinteriryhmän ominaishaihdutusteho vaihtelee välillä 3 – 8 kg(H<sub>2</sub>O)/m<sup>2</sup>h. /1, 16–17/

## 7.5 Kuivausvaiheet

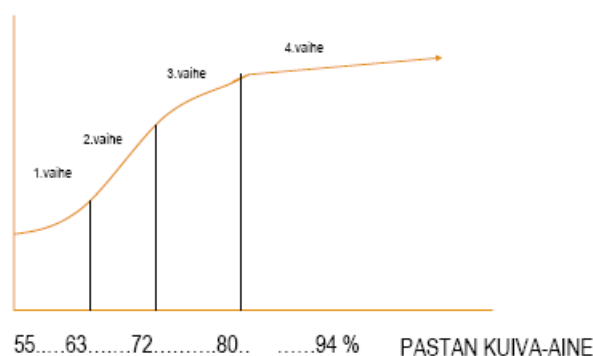
Päällystetyn paperin kuivatustapahtuma jaetaan tyypillisesti neljään vaiheeseen. 1. vaihe eli imeytysvaihe ulottuu päällystysasemalta ensimmäiselle kuivaimelle, tavallisesti infrapunakuivaimelle. Imeytysvaiheessa pastan sisältämä vesi alkaa imeytyä pohjaan, jolloin kuidut alkavat turvota. Haihtuminen on vähäistä imeytysvaiheessa. Imeytysvaiheen tulee mahdollisimman lyhyt varsinkin jos pohjapaperin lämpötila on korkea ja sen on imukykyinen, jotta saavutettaisiin laadullisesti hyvä tuote. /17/

2.vaihe eli kuivatusvaihe ulottuu kuivatuksen alusta päällysteen jähmettymisvaiheen alkuun eli ns. kriittisen vaiheen alkuun. Tässä vaiheessa veden imeytyminen pohjaan jatkuu ja edullisen laadullisen vaikutuksen ansiosta rataa voidaan kuivata voimakkaasti. Kuivatusvaiheessa käytetään leijukuivatusta. /17/

3.vaiheessa eli kriittisessä vaiheessa päällyste jähmettyy. Jähmettymisalueella päällyste saavuttaa kuiva-ainepitoisuuden, jossa sideaineet eivät enää liiku ja pigmentit alkavat muodostaa rakenneverkostoa. Kuiva-ainepitoisuuden saavuttaessa tason 70 – 77 %, märän päällysteen kiilto alenee. Puhutaan ns. ensimmäisestä kriittisestä pisteestä. Kuiva-ainepitoisuuden kasvaessa tasoon 85 – 90 % päällyste saavuttaa jähmepisteen, jolloin vapaa vesi on haihtunut ja päällysteen lopullinen rakenne muodostunut. Kriittisessä vaiheessa tulee välttää liian voimakasta kuivatusta painojäljen laikullisuuden eli mottlingin takia. Kriittinen vaihe tulisi ohittaa käyttäen alhaista haihdutustehoa. Myös tässä vaiheessa käytetään leijukuivatusta. /17/

4. vaihe eli loppukuivatusvaihe käsittää alueen päällysteen jähmettymisestä kuivatuksen loppuun. Loppukuivatuksen tarkoituksena on halutun kosteustason ja kireyden säätö, eikä sillä enää merkittävästi vaikuteta lopputuotteen laatuun. Veden

imeytyminen pohjaan on lakannut ja päällyste jähmettynyt. Kuvassa 12 on esitetty päällysteen kuivatustapahtuma ja kuiva-ainepitoisuuden nousu eri vaiheissa. /17/

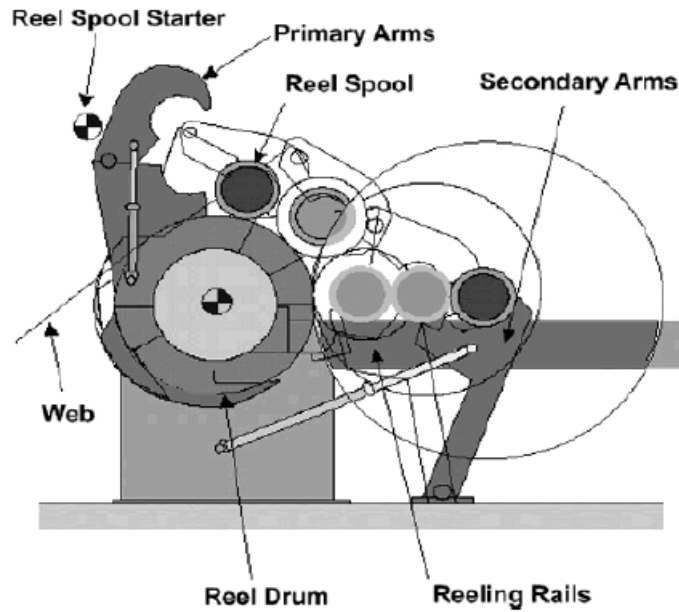


Kuva 12. Päällysteen kuivatustapahtuma. /17/

## 8 KIINNIRULLAUS

Off-line päällystyskoneen viimeinen osa on kiinnirullain kuten esimerkiksi paperikoneella, jossa päällystetty rata kiertyy tampuuriraudan ympärille rullaussylinteriä vasten. Päällystyskoneilla käytetään hyvin yleisesti pope-tyyppistä rullainta. Mahdollisimman tasaisen konerullarakenteen saavuttamiseksi rullaimella säädetään ratakiireys, nippivoima sekä kehävoima. Nykyaikaisilla rullaimilla eri muuttujien säädöt tapahtuvat automaattisesti kuten myös rullien vaihto. Kiinnirullaus tulee suorittaa huolella ja pitää eri parametrit optimaalisina, sillä se vaikuttaa merkittävästi ajettavuuteen kalanterilla ja pituusleikkurilla. Huonosti kiinnirullatun rullan pituusleikkaaminen on lähes mahdotonta.

Pope-rullain (kuva 13) on iäkkäin edelleen käytössä oleva rullaintyyppi, jossa rullaus perustuu pintavetoon. /2, 12, 18/



Kuva 13. Pope-rullain. /18/

Pope-rullaimella tampuuriraudalle muodostuvaa paperirullaa painetaan rullaussylinteriä vasten, jolloin muodostuu kitkaa. Tämä kitka aiheuttaa muodostuvan rullan pyörimisen. Pope-rullain on varsin varmatoiminen ja rakenteeltaan yksinkertainen, mutta hyötysuhteessa se ei yllä uudempien keskiökäyttöisten rullainten tasolle. Tampuurin vaihto voi tapahtua kahdella eri menetelmällä, joko pussivaihdolla tai ns. hanhenkaulalla. Hanhenkaulalla tapahtuvassa rullan vaihdossa rataa tehdään rullaimen alaosassa ennen rullaussylinteriä olevan puukon avulla pieni poikittaissuuntainen viilto, jolloin rataa saadaan repeämä. Hanhenkaulan päässä on puhallussuutin, joka nostaa repeämän kohdasta radan uuden tampuuriraudan ympärille. Hanhenkaulalla tapahtuvassa vaihdossa käytetään ilman lisäksi hyvin yleisesti myös terävää vesisuihkua. Pussivaihdossa uusi tampuurirauta tuodaan kontaktiin rullaussylinterin kanssa ja valmistunut rulla vedetään irti nipistä. Valmistuneen rullan nopeus hidastuu, jolloin se alkaa löystyä ja muodostaa pussia. Raina katkeaa, kun muodostunut pussi kaatuu rullaussylinterin ja uuden tampuuriraudan väliseen nippiin. Pope-rullaimen haittapuolena on suhteellisen suuret pohja- ja pintahylkymäärät. /2, 18/

Uuden sukupolven kehittyneimmissä rullaimissa rullaus perustuu keskiömomentin hyödyntämiseen, jolloin on mahdollista rullata suurempia ja rakenteeltaan ehyempiä rullia. Rakenteeltaan keskiökäyttöiset rullaimet on huomattavasti monimutkai-

sempi kuin pintavetoon perustuva pope-rullain. Eri parametrien säätöön tarvitaan useita sähkökäyttöjä. Uuden sukupolven ja pope-rullaimen erottava tekijä ilmenee eritoten myös nippivoiman hallinnan suhteen. /2, 18/

## **9 OFF-LINE PÄÄLLYSTYSKONEEN EDUT**

On-line päällystyksessä päällystyslaitteet sijaitsevat paperikoneen jatkona konekanterin ja kiinnirullaimen välissä. Off-line päällystyksessä puolestaan paperin ja kartongin päällystys tapahtuu erillisellä päällystyskoneella. On-line päällystyksessä ajettavuus ja tehokkuus nousevat ensisijaisiksi tekijöiksi mahdollisimman hyvän hyötysuhteen saavuttamiseksi. Tällöin tuotteen laadulliset tekijät saattavat kärsiä, kun taas off-line päällystyksessä lopputuotteen laatuun voidaan vaikuttaa enemmän. /2/

Off-line päällystyskoneella tuotantolinjan käyntiinajo on nopeaa. Rullanvaihto tapahtuu niin sanottuna lentävänä liitoksena, jolloin rullien vaihto on jatkuvaa. Toisin kuin on-line päällystyksessä, paperikoneen häiriöt eivät keskeytä päällystystä erillisellä koneella tapahtuvan päällystyksen ansiosta. Off-line päällystimellä tapahtuvat mahdolliset katkot/häiriöt eivät puolestaan keskeytä pohjapaperin tuotantoa. Paperikoneelta valmistuvan pohjapaperin sisältämät mahdolliset viat voidaan korjata paperikoneen jälkeisellä välirullaimella ennen erillistä päällystyskoneetta. Mikäli valmistuneessa rullassa havaitaan standardit ylittäviä vikoja, rullasta lusataan tai pulperoidaan huonot kerrokset pois ja siihen tehdään liitos liittosteipin avulla. Off-line päällystyksessä on mahdollista käyttää laajempaa päällystemääräaluetta kuin on-line päällystyksessä ja paperiraina voidaan päällystää useampaan kertaan. Off-line päällystyskoneelle tuleva pohjapaperi voi olla peräisin eri paperikoneilta. Paperikoneella tapahtuva mahdollinen katko ei näin ollen keskeytä päällystyskoneen tuotantoa, kun pohjapaperia on mahdollista saada muilta paperikoneilta. Yleensä off-line päällystyskoneen rullakassat ovat kuitenkin sellaiset, ettei pohjapaperi ihan heti lopu, vaikka paperikoneella tapahtuisikin katko. Off-line päällystimellä on lisäksi mahdollista valita haluttu päällystysjärjestys ja – nopeus. /2/

## 10 YHTEENVETO

Paperin off-line päällystyksessä paperin pinnalle levitetään sen pinnanmuotoja tasoittava päällystekerros erillisellä päällystykoneella. Päällystyksen avulla parannetaan tuotteen ulkonäköä ja painettavuusominaisuuksia. Päällystystapahtuman onnistumisella on suuri merkitys etenkin hyviä painettavuusominaisuuksia vaadittavilta paperi- ja kartonkilajeilta.

Paperin ja kartongin pinnalle levitettävä päällystypasta koostuu pigmenteistä, sideaineista ja lisäaineista. Pigmentit määräävät suurelta osin pastan ominaisuudet ja laadun, sillä ne käsittävät normaalisti 75 – 95 % pastan kuiva-ainepitoisuudesta. Kaoliini ja kalsiumkarbonaatti ovat yleisimmin käytettyjä pigmenttejä ja niiden tarkoituksena on paperin ja kartongin pinnan peittäminen. Sideaineiden merkittävin tehtävä on pigmenttihiukkasten sitominen toisiinsa sekä rainaan. Tärkkelys ja proteiinit ovat luonnon sideaineita ja niitä käytetään yleisesti pastoissa lateksien kanssa, jotka ovat keinotekoisia sideaineita. Sideaineilla vaikutetaan lisäksi muun muassa pastan vedenpidätyskykyyn ja juoksevuusominaisuuksiin. Pastoissa käytetään myös lukuisia lisäaineita eri ominaisuuksien säätämiseen. Lisäaineiden osuus on tyypillisesti 1 – 5 %.

Off-line päällystykoneella pyritään jatkuvaan rullien vaihtoon aukirullauksessa ns. lentävän liitoksen avulla. Tällöin tuotantolinjan tehokkuus pysyy korkeana ja säästyään ylimääräisiltä kustannuksilta. Päällystysasemilla paperin tai kartongin pintaan aplikoidaan pastaa eri menetelmillä riippuen lajista. Päällystyslaitteistot eroavatkin toisistaan juuri aplikointitapahtumassa ja siinä tapahtuvassa penetraatiossa. Päällystystapahtuma käsittää pastan aplikoinnin rainan pintaan sekä sen tasoituksen. Teräpäällystys on yleisin pigmenttipäällystysmenetelmä. Muita päällystysasematyyppisiä ovat muun muassa ilmaraja-, verho-, filmi- ja spraypäällystys.

Päällysteen levityksen ja päällystemäärän säädön jälkeen rainan pinnassa oleva päällyste kuivataan. Kuivatuksen tarkoituksena on poistaa pastan mukana tullut ylimääräinen vesi ja säätää rataan haluttu loppukosteus. Päällystykoneen eri koh-

tiin on olemassa eri kuivaintyyppit kuivatustehokkuudesta johtuen. Sähkö- ja kaasukäyttöisiä infrapunakuivaimia käytetään päällystysasemien läheisyydessä nostamaan pastan ja rainan lämpötila sopivalle alueelle. Myöhemmässä vaiheessa käytettäviä kuivaimia ovat leijukuivaimet ja kuivatussylinterit.

Päällystyskoneen viimeisenä osana on kiinnirullain, johon päällystetty paperi tai kartonki rullataan. Kiinnirullauksessa säädetään lopullinen kireys. Kiinnirullaus tulee suorittaa huolellisesti, jotta ajettavuus olisi mahdollisimman hyvä kalanterilla ja pituusleikkurilla.

**KIRJALLISUUS**

1. Häggblom-Ahnger, U., Komulainen, P., Paperin ja kartongin valmistus, 2. tarkistettu painos, Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä 2001, s. 184 – 203.
2. Know Pap 10.0, Paperitekniiikan ja automaation oppimisympäristö [LTY:n Intranetissä]. Saatavissa: Intranet LTY:n sisäisessä käytössä, vaatii salasanan. [viitattu 13.1.2009].
3. Sokka, T., Pastan ominaisuudet, Oppimiskeskus LTY, Blackboard, Paperitekniiikan syventävä opintojakso, osa 2 luentokalvot, 2008, vaatii salasanan, viitattu [14.1.2009].
4. Lehtinen, E., Coating pigments – general, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 61 – 68.
5. Huggenberger, L., Arnold, M., Köster, H-H., Ground Calcium Carbonate, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 95 - 106.
6. Imppola, O., Precipitated calcium carbonate - PCC, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 141 – 152.
7. Drage, G., Tamms, O., Kaolin, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 69 – 94.
8. Lehtinen, E., Coating binders - general, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 189 – 195.

9. Lee, D.I., Latex, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 197 – 217.
10. Linnonmaa, J., Trefz, M., Pigment coating techniques, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 415 – 488.
11. Sokka, T., Päällystystekniikat, Oppimiskeskus LTY, Blackboard, Paperitekniiikan syventävä opintojakso, osa 2 luentokalvot, 2008, vaatii salasanan viitattu [11.2.2009]
12. Puusta Paperiin M-507, Pigmenttipäällystys, Metsäteollisuuden työnantajaliitto, Myllykosken Kirjapaino Oy, 1983, s. 5 – 86.
13. Paperin valmistus, Suomen paperi-insinööriyhdistyksen oppi- ja käsikirja, 2. uudistettu painos, Oy Turun Sanomat, Turku 1983, s. 1293 – 1320.
14. Kulmala, S, Päällystemääräsäädöt eri pigmenttipäällystysmenetelmillä, Opinnäytetyö, TAMK, Paperitekniiikan osasto, Tampere, 2006, 40 s.
15. Annila, M., Päällysteen reologiaan vaikuttavat tekijät, Tutkintotyö, Tampereen ammattikorkeakoulu, Kemiantekniiikan koulutusohjelma, 2006, 70 s.,  
<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/4474/TMP.objres.579.pdf?sequence=1> viitattu [13.2.2009]
16. Nissinen, V, New Low Impact Paper Coating Technology, saatavissa [http://www.tappsa.co.za/archive/Journal\\_papers/New\\_low\\_impact\\_paper/new\\_low\\_impact\\_paper.html](http://www.tappsa.co.za/archive/Journal_papers/New_low_impact_paper/new_low_impact_paper.html) [viitattu 14.2.2009]
17. Heikkilä, ., Rajala, P., Drying of paper coatings and drying equipment, Pigment Coating and Surface Sizing of Paper, Paper Making Science and Technology, Book 11, Lehtinen, E. (Ed.), Fapet Oy, Jyväskylä, 2000, p. 543 – 565.

18. Sokka, T., Päällysteen kuivatus, Oppimiskeskus LTY, Blackboard, Paperitekniikan syventävä opintojakso, osa 2 luentokalvot, 2008, vaatii salasanan, viitattu [25.1.2009].
19. Sund, J., Rullaus, Oppimiskeskus LTY, Blackboard, Paperitekniikan syventävä opintojakso, osa 2 luentokalvot, 2008, vaatii salasanan, viitattu [13.2.2009].