



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# LIIMASUUTTIMEN SUIHKUN TUTKIMINEN

Dieffenbacher Panelboard Oy

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Puutekniikan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Syksy 2013  
Eero Kahilaniemi

Lahden ammattikorkeakoulu  
Puutekniikan koulutusohjelma

KAHILANIEMI, EERO:

Liimasuuttimen suihkun tutkiminen  
Dieffenbacher Panelboard Oy

Puutekniikan opinnäytetyö, 43 sivua, 13 liitesivua

Syksy 2013

TIIVISTELMÄ

---

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin lastulevyn liimauksessa käytettävän suuttimen toimintaa ja erityisesti suuttimen suihkua eri muuttujilla. Tutkimus suoritettiin Dieffenbacher Panelboard Oy:n tuotekehityslaboratoriossa testien avulla.

Tutkimuksen teoriaosassa käsitellään paineilmahajoitteista ruiskutusta yleisesti ja lastulevyn valmistusta erityisesti liimauksen osalta. Näiden lisäksi teoriaosuudessa käsitellään liimausrummun ja suuttimien toimintaa teollisuudessa sekä uudenlaista teknologiaa lastulevyn liimauksessa.

Tutkimusosassa kerrotaan, miten tutkimuksen testit on suoritettu, millainen koejärjestely on kyseessä ja mitä tuloksia testeistä saatiin. Testeistä saadut tulokset analysoitiin ja tulosten pohjalta laadittiin mahdolliset jatkotutkimustarpeet.

Yhteenvedossa pohditaan työn onnistumista ja hyötyä toimeksiantajalle. Lisäksi mietitään omaa oppimisprosessia tämän opinnäytetyön tekemisessä.

Asiasanat: lastulevy, liimaus, paineilmahajoitteinen ruiskutus, liimasuutin

Lahti University of Applied Sciences

Degree Programme in wood technology

KAHILANIEMI, EERO:

Study of gluing nozzle spray  
Dieffenbacher Panelboard Oy

Bachelor's Thesis in wood technology, 43 pages, 13 pages of appendices

Autumn 2013

ABSTRACT

---

The aim of the thesis was to study the nozzle used in particle board gluing, focusing on the spray and the function of the nozzle with different variables. The study was done by performing tests in the product development laboratory of Dieffenbacher Panelboard Oy.

The theoretical part of the thesis deals with air atomizing nozzles in general and the manufacturing of particle board, especially in respect of gluing. In addition to that, the theoretical part of the thesis describes function of the glue blender and the nozzle in industry, as well as new technology in particle board gluing.

The practical part of the thesis explains how the tests were executed, what kind of test setup was used and what the results of these tests were. The results were analyzed and, based on these results, the need of possible follow-up research was compiled.

The conclusion part of the thesis speculates how the study was succeeded and how the company benefits from the thesis. Additionally, there is a discussion about the learning process in the thesis.

Key words: particle board, gluing, air atomizing spraying, gluing nozzle

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	4
1.1	Dieffenbacher Panelboard Oy	4
1.2	Työn tausta ja tavoitteet	5
2	LASTULEVY	7
2.1	Lastulevyn ominaisuudet	7
2.2	Lastulevyn valmistus	7
2.3	Lastulevyn liimausprosessi teollisuudessa	8
2.4	EVOjet P -ruiskutus	9
3	PAINEILMAHAJOTTEINEN RUISKUTUS	11
3.1	Hajotusilmasuuttimen ominaisuudet	11
3.2	Suihkukulma	11
3.3	Pisarakoko	13
3.4	Suihkun iskuvoima	16
3.5	Eri tekijöiden vaikutus muodostuvaan suihkuun	17
3.6	Yhteenvedo eri tekijöiden vaikutuksesta suihkuun	19
3.7	Suuttimien kuluminen ja muut ongelmat	21
	LÄHTEET	22

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Dieffenbacher Panelboard Oy

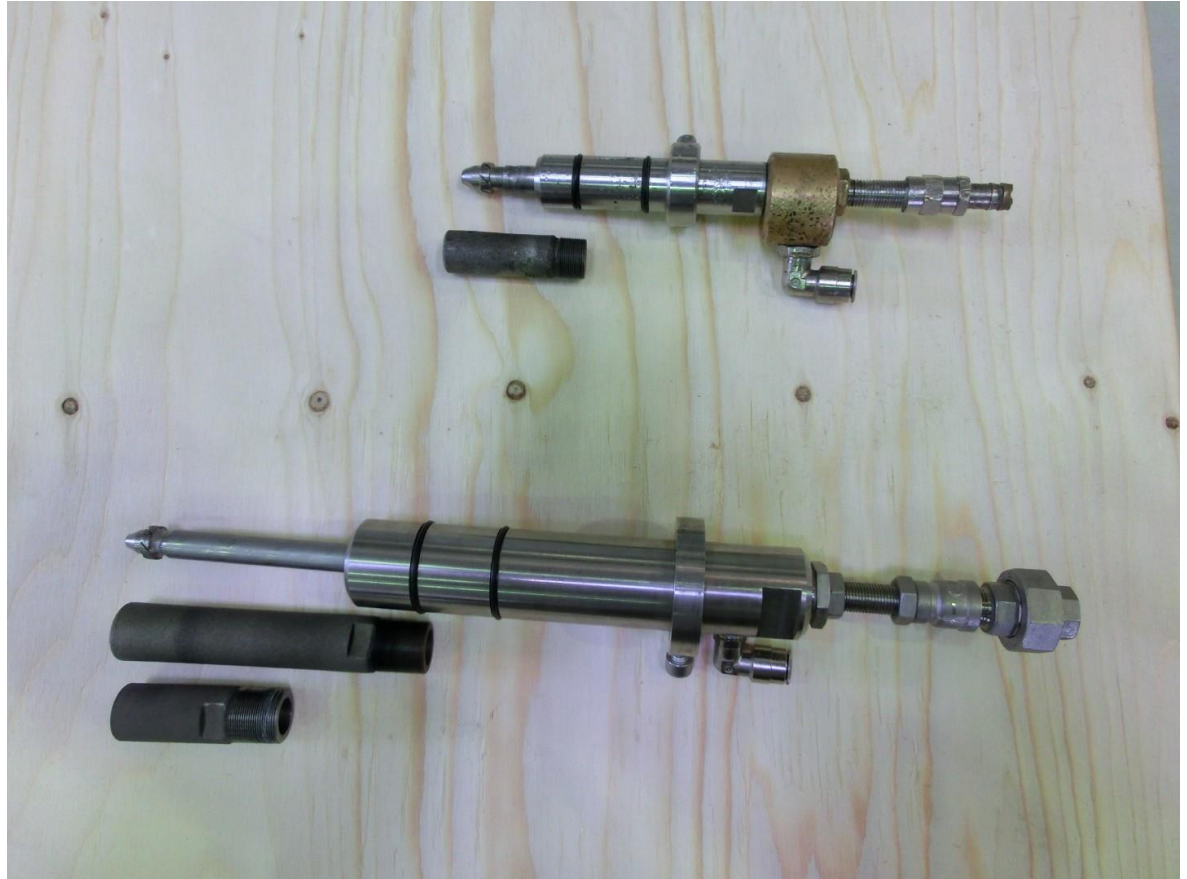
Dieffenbacher Panelboard Oy kuuluu osaksi saksalaista Dieffenbacher-konsernia, joka valmistaa kokonaisia tuotantolinjoja sekä tehtaita puulevy-, auto- ja komponenttiteollisuuteen. Yhtiö sai alkunsa vuonna 1873 Eppingenissä, Saksassa, ja konserni työllistää 1750 henkilöä. Suomen toimipiste sijaitsee Nastolassa, kun Dieffenbacher (KUVIO 1) osti Metsolta Nastolan-yksikön vuonna 2008. Yrityksen toimintaan kuuluvat lastulevyn, MDF-levyn sekä OSB-levyn käsittelyyn ja valmistukseen tarkoitettujen laitteistojen suunnittelu ja toimitus sekä lastujen ja levyjen testaus. (Dieffenbacher Panelboard 2011.)

The logo for Dieffenbacher, consisting of the word "DIEFFENBACHER" in a bold, blue, sans-serif font.

KUVIO 1. Dieffenbacherin logo (Dieffenbacher Panelboard Oy 2011)

Dieffenbacher Panelboard Oy kuuluu teknologiateollisuuden toimialaan. Yhtiön palveluksessa työskentelee 60 henkilöä, joista toimihenkilöitä on suurin osa. Yrityksen liikevaihto vuonna 2010 oli 16,6 milj. €. (Dieffenbacher Panelboard Oy 2011.)

Yrityksen tärkeimmät tuotteet ovat Classi<sup>TM</sup>-tuoteperhe, johon kuuluu ClassiScreen<sup>TM</sup>-, ClassiCleaner<sup>TM</sup>-ja ClassiFormer<sup>TM</sup>-järjestelmä. Classi<sup>TM</sup>-tuoteperheen laitteet on tarkoitettu hakkeen seulontaan, lajitteluun sekä puhdistukseen. (Dieffenbacher Panelboard Oy 2011.)



KUVIO 2. Ylhäällä Imal-liimasuutin ja alapuolella Dieffenbacherin pitkä suutinmalli pitkällä ja lyhyellä suutinpäällä

## 1.2 Työn tausta ja tavoitteet

Työskentelin Dieffenbacher Panelboard Oy:ssä kesän 2011 ja 2012. Ajatus opinnäytetyön tekemisestä kyseiseen yritykseen syntyi kesän 2012 aikana, ja aiheita oli valittavissa muutamia, joista valitsin kyseisen, liimasuuttimen tutkimista käsittelevän aiheen. Aihe tuntui mielenkiintoisimmalta, koska aihe on tärkeä työn toimeksiantajalle ja työn lopputuloksella on merkitystä toimeksiantajalle. Aihetta ei myöskään ollut tutkittu firmassa aiemmin. Aloitin opinnäytetyöni syksyllä 2012 hankkimalla kirjallisuuslähteitä työhöni sekä aloittelemalla tehdä suuntaa-antavia testejä opinnäytetyön kokeelliseen osuuteen.

Työn ensisijainen tarkoitus on tutkia yrityksen kehittämän liimasuuttimen ominaisuuksia ruiskutuksen osalta, verrata näitä ominaisuuksia halvempaan, kilpailevaan liimasuuttimeen ja antaa suuntaa-antavia tuloksia uuden

liimasuutinmallin kehitykseen. Tarkoituksena on tutkia suuttimia vapaassa ilmassa ja valokuvien avulla seurata suuttimen muodostaman ruiskun muotoa ja pisarakokoa eri paineen arvoilla ja suuttimen säädöillä, koska firmassa ei näitä ole tutkittu aikaisemmin. Lähtökohtana on, että yrityksen nykyinen liimasuutin on suhteellisen kallis valmistaa. Tarkoituksena on selvittää, mitkä seikat liimasuuttimessa vaikuttavat suihkun laatuun ja millä edellytyksillä materiaalikustannuksissa ja valmistuskustannuksissa voitaisiin säästää säilyttäen vaadittavat ruiskutusominaisuudet. Lastulevyn liimauksessa liimauskustannukset ovat erittäin suuri kuluerä ja on todella tärkeää tutkia nykyään käytössä olevia suuttimia, jotta voidaan nähdä eri mahdollisuuksia tämän suuren kuluerän pienentämiseen.

Lastulevyn liimauksessa käytetään pääosin paineilmahajotteista ruiskutusta, eli paineilma hajottaa liiman pieniksi pisaroiksi suuttimien avulla (KUVIO 2), jotka ovat liimausrummun seinällä. Liima leviää suuttimista hienona suihkuna pyörivän liimausrummun seinistä lastumassaan ja lopullinen liiman sekoittuminen tapahtuu lastujen hierottua toisiaan liimausrummussa.

## 2 LASTULEVY

### 2.1 Lastulevyn ominaisuudet

Lastulevy (KUVIO 3) muodostuu lastuista, jotka on liimattu yhteen kuumapuristamalla. Levyssä on hienojakeinen pintakerros kummallakin puolella ja keskiosa, joka on hieman karkeampaa lastua. Valmiilla lastulevyllä ei ole syynsuuntaa, ja näin ollen se on yhtä luja joka suuntaan. Suomessa lastulevyn raaka-aineena voidaan käyttää kuorellista puuta, muun teollisuuden käyttämättä jäänyttä hienojakoista jaetta tai täysin kierrätyspuuta. (Pro Puu ry 2008.)



KUVIO 3. Lastulevy (Dieffenbacher Panelboard Oy 2011)

### 2.2 Lastulevyn valmistus

Lastulevyn valmistus alkaa puukappaleiden, esimerkiksi tukkien lastuamisella, jonka jälkeen nämä lastut seulotaan oikeaan lastukokoon, pinta -ja keskilastuihin. Keskilastu on karkeampaa, kun taas pintalastu on hienojakeista. Tässä vaiheessa vielä kosteat lastut kuivataan kuivausrummussa noin 2–7 %:n kosteuteen, koska seuraavassa vaiheessa liima tuo lastuihin lisää heikosti höyrystyvää kosteutta, joten on tärkeää kuivata lastut erittäin kuiviksi. Seuraavassa vaiheessa liima

levitetään lastuihin ja liimoitetut lastut sirotellaan matoksi hihnalle puristusta varten. Kuumapuristus tapahtuu korkeassa lämpötilassa (130 - 150 °C) ja suurella paineella (14 – 30 bar), johon UF-hartsit reagoi. Kuumapuristuksen aikana UF-hartsit vapauttaa jonkin verran vettä. Puristuksen jälkeen levyt trimmataan, katkaistaan ja hiotaan vaadittuun paksuuteen. (SpecialChem 2005.)

### 2.3 Lastulevyn liimausprosessi teollisuudessa

Lastulevyteollisuudessa käytetään pääosin UF-hartsia, joka on väritön, halpa hinnaltaan, sekä soveltuu prosessiin hyvin. Hartsiin lisätään kovete, joka lastuja puristettaessa kovettaa liiman lastuihin korkeassa lämpötilassa nopeasti. Yleensä liimaseos koostuu hartsista, vedestä, kovetteesta ja jostain lisäaineesta, kuten parafiinista. Parafiinia käytetään estämään valmiin lastulevyn kosteusturpoaminen. (Koponen 1990, 108.)

Lastulevyn liimausprosessi alkaa liimaseoksen valmistuksesta, jossa hartsit ensin laimennetaan. Eri komponentit annostellaan sekoitusastiaan, minkä jälkeen liimaseos on valmis annosteltavaksi liimoituskoneelle, jossa varsinainen liimaus lastuihin tapahtuu. Annostelu toteutetaan siten, että tietyn kokoinen erä lastua kulkee liimoituskoneelle, jossa on hihnavaaka. Tämä mittaa lastujen painoa samalla, kun lastuja syötetään liimausrumpuun (KUVIO 4). Kun lastuvirta on painon perusteella vakio, voidaan liimavirta suhteuttaa lastuihin sopivaksi. Liiman ruiskuttaminen tapahtuu liimausrummussa suuttimien avulla, jotka ruiskuttavat liimaa tasaisena sumuna lastuihin paineilmahajotteisesti. (Koponen 1995, 108–110.)



KUVIO 4. Liimausrumpu (Dieffenbacher Panelboard 2013)

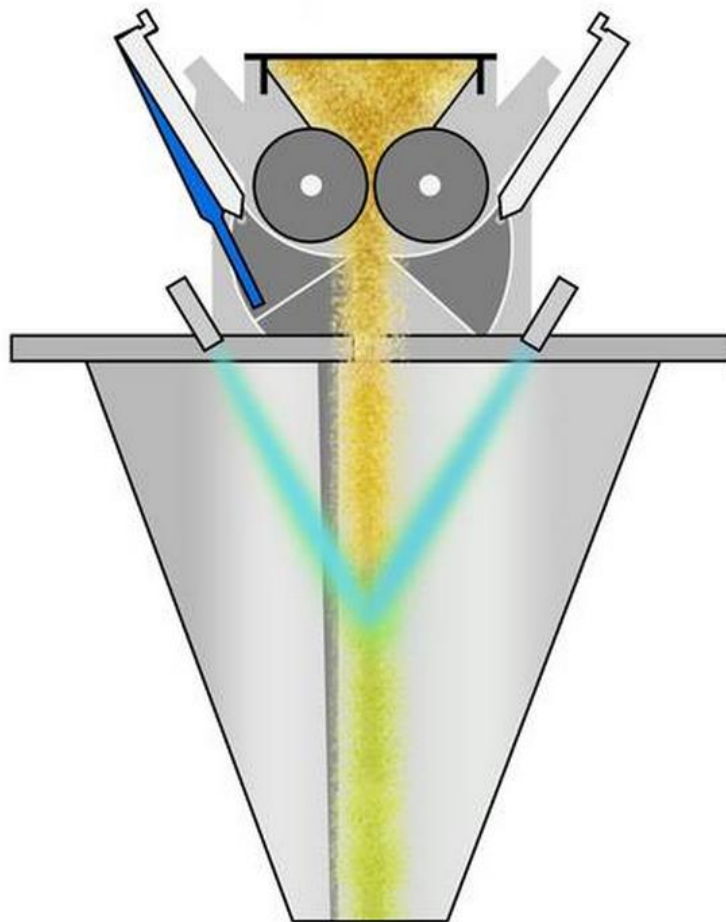
#### 2.4 EVOjet P -ruiskutus

Uusi teknologia liiman levitykseen on Evojet-ruiskutus, joka vähentää liiman tarvetta parhaimmillaan jopa 30 % perinteiseen lastulevyn liimausruiskutukseen verrattuna. EVOjet-ruiskutuksen perusideana on ruiskuttaa liimaa ohueen, alaspäin virtaavaan lastumattoon sen kummaltakin puolelta (KUVIO 5). Nopeasti pyörivät piikkitelat saavat aikaan tasaisen ja hyvin ohuen lastuvirran, johon ruiskutetaan liimaa hyvin pieninä pisaroina suuttimien avulla kummallekin puolelle lastuvirtaa. (Dieffenbacher Group 2013.)

EVOjet-teknologian etuina voidaan pitää liiman säästöä, joka on merkittävä kuluerä lastulevyn valmistuksessa. Standardin 18 mm:n lastulevyn liimauksessa liiman kulutus voi parhaimmillaan olla  $42 \text{ kg/m}^3$ . Etuihin lukeutuu myös systeemin helppo ylläpito, kuten huolto- ja puhdistustoimenpiteet. (Dieffenbacher Group 2013.)

Perinteisessä lastulevyn liimaustekniikassa pisarakoko saattaa jäädä suureksi, liima ei leviä tarpeeksi lastun pintaan, lastut liimaantuvat yhteen sekä saattavat liimautua liimausrumpuun kiinni. EVOjet-ruiskutuksen myötä pisarakoko pysyy pienenä ja näin ollen edellä mainittuja ongelmia ei pääse syntymään. Tämä seikka

saa aikaan sen, että liimankulutus pysyy suhteellisen pienenä. (Dieffenbacher Group 2011.)



KUVIO 5. EVOjet P -ruiskutuksen havainnekuvio (Dieffenbacher Group 2013)

### 3 PAINEILMAHAJOTTEINEN RUISKUTUS

#### 3.1 Hajotusilmasuuttimen ominaisuudet

Suuttimella on pääasiallisesti kolme tärkeää tehtävää: halutun tilavuusvirran tuottaminen tietyllä paineella, tietyntyyppisen suihkun muodostaminen sekä ruiskutettavan aineen pisaroittaminen tiettyyn pisarakokoon. Suutin on tärkeä osa tuotantoprosessia, joten sen valintaan on syytä kiinnittää huomiota. (SGN-Group 2013.)

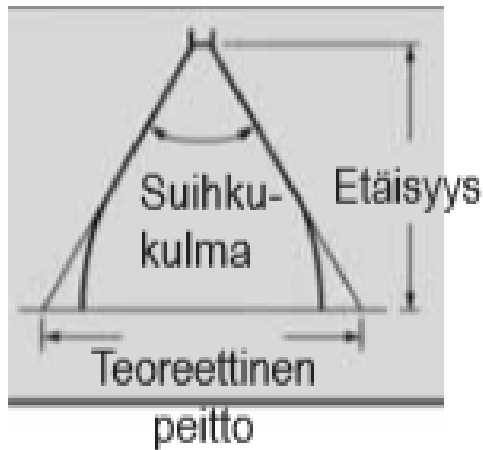
Hajotusilmasuutin on suutin, jossa suihku muodostetaan hajotusilman avulla pisaroiksi. Näillä suuttimilla saavutetaan mahdollisimman pieni pisarakoko. Kyseisiä suuttimia on pääasiassa kahta eri tyyppiä: sisäinen hajotus ja ulkoinen hajotus. Eroina on se, että sisäisessä hajoituksessa paineilma sekoittuu ruiskutettavaan aineeseen ennen suutinaukkoa, kun ulkoisessa hajoituksessa ruiskutettava aine sekoittuu paineilmaan vasta suutinaukon jälkeen.

Hajotusilmasuuttimen suihkun muoto (KUVIO 7) voi olla täysin ympyränmuotoinen, viuhkanmuotoinen, piste tai renkaan muotoinen. (SGN-Group 2013.)

#### 3.2 Suihkukulma

Kun puhutaan nesteuuttimesta, on sille määritelty yleensä niin sanottu nimelliskulma (TAULUKKO 1). Se ei kuitenkaan ole yksiselitteinen asia, sillä nimelliskulma pätee vain tietyllä paineella, ja siksi se onkin suuntaa antava arvo (KUVIO 6). Paineen aiheuttaman vaihtelun vuoksi taulukkoon on lisätty nimelliskulma muutamalla eri paineella. (SGN-Group 2013.)

Liimausprosessissa suihkukulman täytyy olla riittävän suuri, että riittävä liiman leviäminen tapahtuu. Suihkukulman jäädessä pieneksi liima leviää epätasaisesti lastuihin ja seurauksena liimaa kuluu enemmän kuin olisi tarve. Suihkukulman ollessa riittävän suuri liima leviää tasaisesti lastuihin ja liiman kulutus ei ole niin suuri.



KUVIO 6. Suihkukulman todellinen peitto (SGN-Group 2013)

Suihkukulmaan vaikuttaa paineen lisäksi muitakin seikkoja. Ruiskutettavan aineen viskositeetti, lämpötila ja pintajännitys vaikuttavat suihkulma. Näiden lisäksi ilmanvastuksella ja virtauksen pyörteilyllä on vaikutusta suihkulmaan varsinkin yhä kauempaa suuttimen aukosta tarkasteltuna. (SGN-Group 2013.)

Suihkun muodostuksessa hankalin arvioitava tekijä on ruiskutettavan aineen viskositeetti. Mitä suuremmaksi viskositeetti kasvaa, sitä pienemmäksi suihkun lähtökulma muodostuu. Käytännössä tämä voidaan ratkaista lämmittämällä ruiskutettavaa ainetta, käyttöpainetta nostamalla tai vaihtamalla suutin kokonaan toisentyyppiseen suuttimeen, jolla on suurempi nimelliskulma. (SGN-Group 2013.)

TAULUKKO 1. Teoreettinen suihkun peittoalue eri suihkukulmilla (SGN-Group 2013)

Suihku- kulma	TEOREETTINEN PEITTO ERI ETÄISYYKSILLÄ (cm)											
	5 cm	10 cm	15 cm	20 cm	25 cm	30 cm	40 cm	50 cm	60 cm	70 cm	80 cm	100 cm
5°	.4	.9	1.3	1.8	2.2	2.6	3.5	4.4	5.2	6.1	7.0	8.7
10°	.9	1.8	2.6	3.5	4.4	5.3	7.0	8.8	10.5	12.3	14.0	17.5
15°	1.3	2.6	4.0	5.3	6.6	7.9	10.5	13.2	15.8	18.4	21.1	26.3
20°	1.8	3.5	5.3	7.1	8.8	10.6	14.1	17.6	21.2	24.7	28.2	35.3
25°	2.2	4.4	6.7	8.9	11.1	13.3	17.7	22.2	26.6	31.0	35.5	44.3
30°	2.7	5.4	8.0	10.7	13.4	16.1	21.4	26.8	32.2	37.5	42.9	53.6
35°	3.2	6.3	9.5	12.6	15.8	18.9	25.2	31.5	37.8	44.1	50.5	63.1
40°	3.6	7.3	10.9	14.6	18.2	21.8	29.1	36.4	43.7	51.0	58.2	72.8
45°	4.1	8.3	12.4	16.6	20.7	24.9	33.1	41.4	49.7	58.0	66.3	82.8
50°	4.7	9.3	14.0	18.7	23.3	28.0	37.3	46.6	56.0	65.3	74.6	93.3
55°	5.2	10.4	15.6	20.8	26.0	31.2	41.7	52.1	62.5	72.9	83.3	104
60°	5.8	11.6	17.3	23.1	28.9	34.6	46.2	57.7	69.3	80.8	92.4	115
65°	6.4	12.7	19.1	25.5	31.9	38.2	51.0	63.7	76.5	89.2	102	127
70°	7.0	14.0	21.0	28.0	35.0	42.0	56.0	70.0	84.0	98.0	112	140
75°	7.7	15.4	23.0	30.7	38.4	46.0	61.4	76.7	92.1	107	123	153
80°	8.4	16.8	25.2	33.6	42.0	50.4	67.1	83.9	101	118	134	168
85°	9.2	18.3	27.5	36.7	45.8	55.0	73.3	91.6	110	128	147	183
90°	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0	60.0	80.0	100	120	140	160	200
95°	10.9	21.8	32.7	43.7	54.6	65.5	87.3	109	131	153	175	218
100°	11.9	23.8	35.8	47.7	59.6	71.5	95.3	119	143	167	191	238
110°	14.3	28.6	42.9	57.1	71.4	85.7	114	143	171	200	229	286
120°	17.3	34.6	52.0	69.3	86.6	104	139	173	208	243		
130°	21.5	42.9	64.3	85.8	107	129	172	215	257			
140°	27.5	55.0	82.4	110	137	165	220	275				
150°	37.3	74.6	112	149	187	224	299					
160°	56.7	113	170	227	284							
170°	114	229										

Taulukossa 1 on esitetty suihkun teoreettinen peitto eri suihkukulmilla ja etäisyyksillä. Todellinen peitto on kuitenkin jonkin verran pienempi (KUVIO 6).

### 3.3 Pisarakoko

Pisarakoko tarkoittaa suuretta, joka kertoo suihkun muodostavien pienten pisaroiden halkaisijan. Tällä tiedolla on merkitystä eri ruiskutussovelluksissa. (SGN-Group 2013.)

Pisarakoolla on liimausprosessissa suuri merkitys. Pisarakoon tulisi olla mahdollisimman pieni, sillä suuri pisarakoko aiheuttaa liiman huonomman

leviämisen lastuihin. Suuri pisarakoko aiheuttaa myös sen, että lastut takertuvat toisiinsa jo liimausrummussa ja jäävät kiinni myös liimausrummun seinämiin. Mahdollisimman pieni pisarakoko edesauttaa liiman tasaista leviämistä lastuihin ja parantaa liimauslaatua.

Käyttötarkoituksen, mittaustapojen ja pisarakokotiedon mukaan määreet voidaan erottaa seuraavalla tavalla:

VMD = volume median diameter

- puolet ruiskutetun tilavuuden pisaroista on VMD-arvoa suurempia ja puolet vastaavasti pienempiä

SMD = sauter mean diameter

- ilmoittaa sellaisen yksittäisen pisaran halkaisijan, jolla on sama tilavuus tai pinta-alasuhde kuin koko suihkulla

MND = median number diameter

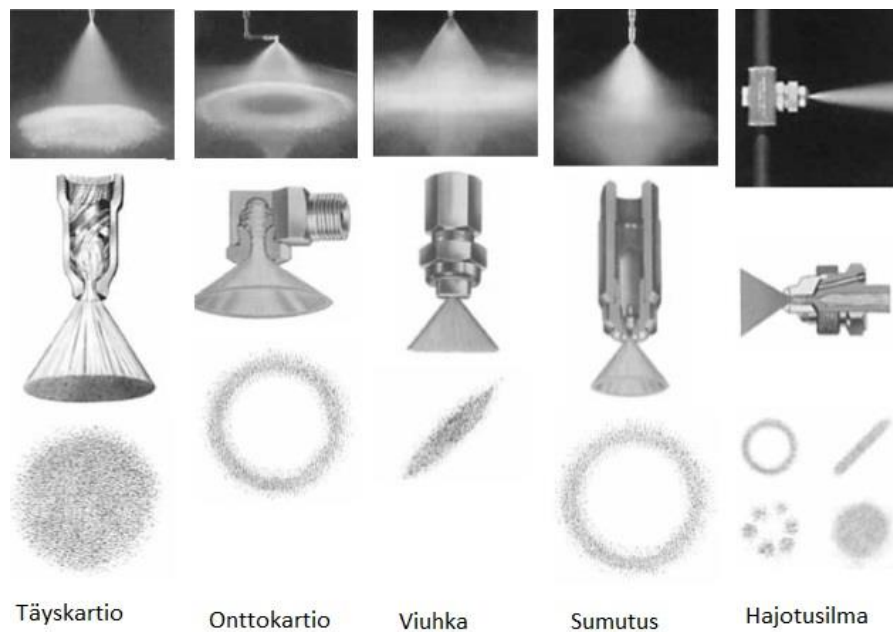
- puolet suihkun muodostavista pisaroista (kpl) on suurempia ja puolet pienempiä kuin MND:n verrattava halkaisija.

Yleensä pisarakoko ilmoitetaan halkaisijana. Yleisin käytettävä pisarakokomenetelmä on VMD.

Ruiskutettavan nesteominaisuuksien lisäksi pisarakokoon vaikuttaa suuttimen tyyppi, paine ja kapasiteetti (TAULUKKO 2). Suuri pisarakoko on luonnollisesti ilman hajotusilmaa tai hajotusilmanpaineen ollessa pieni. Haluttaessa pientä pisarakokoa suihkuun käyttöpaineen pitää olla myös suuri. (SGN-Group 2013.)

TAULUKKO 2. Pisarakoon vertailu eri suutintyyppien välillä (SGN-Group 2013)

SUIHKUN MUOTO	0,7 bar		3 bar		7 bar	
	Kapasiteetti l/min	MVD $\mu\text{m}$	Kapasiteetti l/min	MVD $\mu\text{m}$	Kapasiteetti l/min	MVD $\mu\text{m}$
Sumutus/ilmah.	.02 .08	20 100	.03 30	15 200	45	400
Sumutus	.83	375	.1 1.6	110 330	2 2.6	110 290
Onttokartio	.19 45	360 3400	.38 91	300 1900	.61 144	200 1260
Viuhka	.19 18.9	260 4300	.38 38	220 2500	.61 60	190 1400
Täyskartio	.38 45	1140 4300	.72 87	850 2800	1.1 132	500 1720



KUVIO 7. Eri suutintyyppit ja niiden muodostamat suihkut (SGN-Group 2013)

### 3.4 Suihkun iskuvoima

Suihkun iskuvoima on oleellinen erilaisissa ruiskutussovelluksissa. Yleisesti tarkastellaan niin sanottua suihkun iskupainetta, joka kertoo suihkusta lähtevän voiman pinta-alayksikköä (cm<sup>2</sup>) kohden (TAULUKKO 3). Jos paine on vakio, iskuvoimaan vaikuttaa suihkun tasaisuus ja muoto. Teoreettinen iskupaine voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P_t = 0,024 \times Q \times \sqrt{P}$$

Q = virtaus, l/min

P = paine-ero suuttimessa, bar.

Lastulevyprosessissa iskuvoimalla ei ole niin suurta merkitystä kuin esimerkiksi erilaisissa pesusovelluksissa, koska lastulevyn valmistuksessa liimausrumpu sekoittaa liiman vielä erikseen. Iskuvoiman täytyy kuitenkin olla riittävän suuri, että liima jää selvästi lastujen pintaan.

TAULUKKO 3. Todellisen iskuvoiman ero teoreettiseen iskuvoimaan 30 mm:n etäisyydellä (SGN-Group 2013)

SUIHKUN MUOTO	SUIHKU-KULMA	TOD. ISKUVOIMA/cm <sup>2</sup> TEOREETTISESTA
VIUHKA	15°	30%
	25°	18%
	35°	13%
	40°	12%
	50°	10%
	65°	7%
	80°	5%
TÄYS-KARTIO	15°	11%
	30°	2.5%
	50°	1%
	65°	.4%
	80°	.2%
	100°	.1%
ONTTOKARTIO	60°-80°	1 - 2%

### 3.5 Eri tekijöiden vaikutus muodostuvaan suihkuun

#### Tiheys

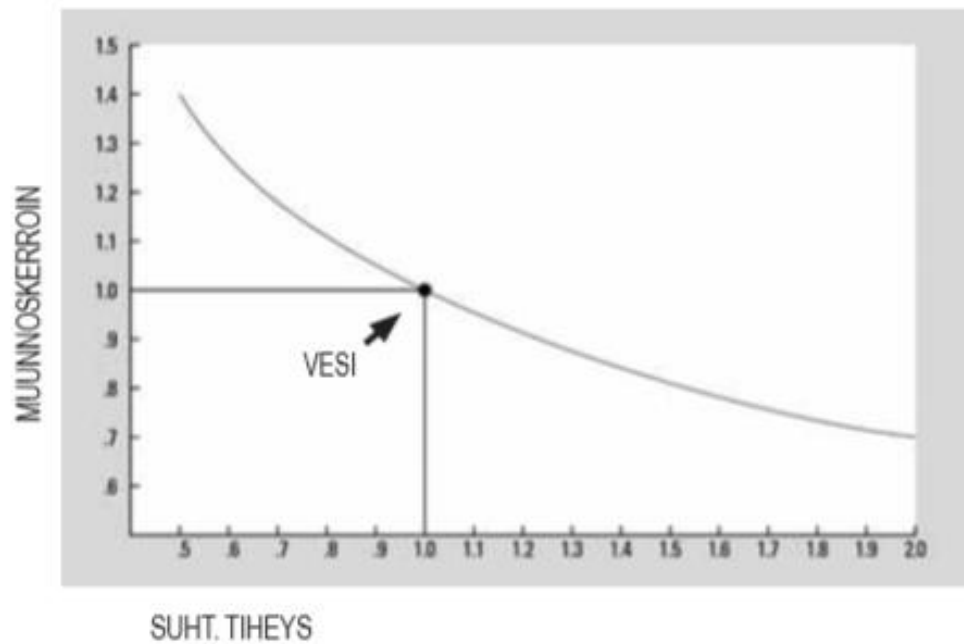
Koska ruiskutettavalla aineella voi olla eri tiheys kuin vedellä, johon nämä taulukon arvot pätevät (KUVIO 8), voidaan ruiskutettavan aineen tiheys huomioida seuraavalla kaavalla:

$$Q = Q_w \times \frac{1}{\sqrt{d}}, \text{ jossa}$$

Q = todellinen kapasiteetti

Q<sub>w</sub> = kapasiteetti vedelle

d = ruiskutettavan aineen tiheys.



KUVIO 8. Muunnoskerroimen ja suhteellisen tiheyden välinen riippuvuus (SGN-Group 2013)

### Viskositeetti

Viskositeetilla on yleensä ruiskutuksen osalta suurin merkitys suihkun laatuun. Merkittävimpänä tekijänä on suihkukulman pieneneminen viskositeetin kasvaessa. Käytännössä nämä ongelmat ratkaistaan lämmittämällä ruiskutettavaa ainetta tai nostamalla painetta. Onttokartiosuuttimilla ja täyskartiosuuttimilla viskositeetin kasvaessa suihkun pyörimisliike ja turbulenssi vähenee ja tämä aiheuttaa kapasiteetin kasvun. Viuhkatyyppisessä suuttimessa, eli suuttimessa, jossa suihku ei pyöri, kapasiteetti pienenee viskositeetin noustessa. Tämä johtuu kitkan kasvusta.

## Pintajännitys

Pintajännitys vaikuttaa ruiskutukseen siten, että suihkukulma saattaa pienentyä, mikäli ruiskutettavalla aineella on suuri pintajännitys. Käytännössä pintajännityksellä ei kuitenkaan ole kovin suurta vaikutusta useimmissa sovelluksissa esimerkiksi suihkun laatuun, tasaisuuteen tai edes pisarakokoon.

## Lämpötila

Taulukon arvot pätevät ruiskutettaessa vettä huoneenlämmössä. Mikäli ruiskutettavan aineen lämpötila poikkeaa suuresti huoneenlämpöisestä, vaikuttaa se mm. aineen pintajännitykseen, tiheyteen sekä viskositeettiin.

## Paine

Liiman ruiskutusaine vaikuttaa moneen asiaan. Se vaikuttaa erityisesti kapasiteettiin, mutta myös suihkukulmaan ja pisarakokoon. Mikäli painetta nostetaan, pisarakoko pienenee ja suihkukulma suurenee (tiettyyn pisteeseen saakka). Paine voidaan laskea seuraavalla kaavalla, kun tiedetään taulukkoarvot (TAULUKKO 2) virtauksesta ja paineesta tietyllä virtauksella:

$$Q_1 = Q_2 \times \frac{\sqrt{P_1}}{\sqrt{P_2}}$$

$Q_1$  = virtaus halutulla paineella

$Q_2$  = virtaus (taulukkoarvo)

$P_1$  = haluttu käyttöpaine

$P_2$  = paine virtauksella  $Q_2$  (taulukkoarvo).

### 3.6 Yhteenveto eri tekijöiden vaikutuksesta suihkuun

Taulukossa 4 kerrotaan, miten eri tekijät vaikuttavat suihkuun. Taulukosta käy ilmi esimerkiksi se, että viskositeetin kasvaessa virtausnopeus pienenee.

TAULUKKO 4. Eri tekijöiden vaikutus suihkuun (SGN-Group 2013)

	Käyttö- paineen kasvu	Nesteen tiheyden kasvu	Viskositeetin kasvu	Nesteen lämpötilan nousu	Pinta- jännityk- kasvu
<b>Suihkun tasaisuus</b>	Paranee	Ei merkit.	Huononee	Paranee	Ei merkit.
<b>Kapasi- teetti</b>	Kasvaa	Pienenee	2)	3)	Ei vaikuta
<b>Suihku- kulma</b>	Kasvaa 1)	Ei merkit.	Pienenee	Kasvaa	Pienenee
<b>Pisara- koko</b>	Pienenee	Ei merkit.	Kasvaa	Pienenee	Kasvaa
<b>Virtaus- nopeus</b>	Kasvaa	Pienenee	Pienenee	Kasvaa	Ei merkit.
<b>Isku- voima</b>	Kasvaa	Ei merkit.	Pienenee	Kasvaa	Ei merkit.
<b>Suuttimen kuluminen</b>	Kasvaa	Ei merkit.	Pienenee	3)	Ei vaikuta

Taulukon selitykset:

- 1) Suihkukulma kasvaa tiettyyn raajaan saakka, minkä jälkeen se kapenee.
- 2) Viskositeetti kasvaa ontto- ja täyskartiosuuttimilla, vähenee viuhkasuihkusuuttimilla.
- 3) Suihkun laatu on riippuvainen suutinmallista ja ruiskutettavasta nesteestä.

### 3.7 Suuttimien kuluminen ja muut ongelmat

Suuttimet kuluvat samaan tapaan kuin muutkin kulutusosat. Ennen kuin suihkusta näkee selvästi kuluneesta suuttimesta johtuvan huonomman suihkun, voi kuluminen olla ehtinyt haitata suihkua jo pitemmän aikaa. Suuttimen kuluminen aiheuttaa muutoksen suihkukulmaan ja tilavuusvirtaan, pisarakoon suurentumisen, suihkun epätasaisuuden sekä muutoksen suihkun iskuvoimaan ja järjestelmän paineeseen. (SGN-Group 2013.)

Suuttimien kulumisesta seurauksena on yleensä suunniteltua suuremman nestemäärän suihkuttaminen epätasaisesti ruiskutuskohteeseen pinnalle. Tämän takia on tärkeää huomioida suihkun laatu jo ennen kuin suuttimen kuluminen on silmin nähtävissä. Tämä tapahtuu esimerkiksi erikseen tehtävillä testeillä. (SGN-Group 2013.)

Muita ongelmia ruiskutuksessa voivat olla myös korroosio, väärä lämpötila, kasautuminen, väärää asennustapa, väärä puhdistustapa ja tukkeutuminen. Mikäli valitaan oikea suutinmateriaali, ei lämpötila eikä korroosia vaikuta ruiskuun juurikaan. Kasautumista tapahtuu tietyillä nesteillä suutinaukon ulkopuolella tai itse suutinaukossa. Se vaikuttaa virtaukseen, pisarakokoon ja suihkun tasaisuuteen. Tukkeutumista tapahtuu, mikäli ruiskutettavan nesteen mukana kulkeutuu epäpuhtauksia. Nämä epäpuhtaudet saattavat tukkia suutinaukon. (SGN-Group 2013.)

## LÄHTEET

Dieffenbacher Group. 2011. PROjet. Esite.

Dieffenbacher Group. 2013. EVOjet P - The New Gluing System for Particle Boards. [viitattu 6.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.dieffenbacher.de/en/recent-news/all-news/details/news/evojet-p-die-neue-beleimung-im-spanbereich/29.html>

Dieffenbacher Panelboard Oy. 2013. Blender manual. Ohjekirja.

Dieffenbacher Panelboard Oy. 2011. Dieffenbacher Panelboard Oy in Finland. Esite.

Koponen, H. 1990. Puutuotteiden liimaus. Hämeenlinna: Karisto Oy.

Koponen, H. 1995. Puulevytuotanto. Saarijärvi: Gummerus Oy Kirjapaino.

Pro Puu ry. 2008. Lastulevyt. [viitattu 28.3.2013]. Saatavissa:

[http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com\\_content&task=view&id=83&Itemid=108](http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=83&Itemid=108)

SGN-Group. 2013. Suutin – tärkeä osa prosessia. [viitattu 1.2.2013]. Saatavissa:

[http://www.sgntekniikka.fi/files/sgnieminen/suuttimet/Suutin\\_tarkea\\_osa\\_prosessia.pdf](http://www.sgntekniikka.fi/files/sgnieminen/suuttimet/Suutin_tarkea_osa_prosessia.pdf).

SpecialChem. 2005. Woodworking and furniture adhesives part 5. [viitattu 5.4.2013]. Saatavissa:

<http://www.specialchem4adhesives.com/resources/articles/article.aspx?id=1235>.