

Janne Pirttinen

**HYLSYTEHTAAN KUIVAAMON  
KUIVATUSOLOSUHTEIDEN  
OPTIMOINTI JA OLOSUHTEIDEN  
VAIKUTUS HYLSYN LAATUUN**

Opinnäytetyö  
Talotekniikan koulutusohjelma


Toukokuu 2014




**MAMK**

University of Applied Sciences

## KUVAILULEHTI

	<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b> 2.5.2014		
<b>Tekijä(t)</b> Janne Pirttinen	<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> Talotekniikan koulutusohjelma		
<b>Nimeke</b> Hylsytehtaan kuivaamon kuivatusolosuhteiden optimointi ja olosuhteiden vaikutus hylsyn laatuun			
<b>Tiivistelmä</b> <p>Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella Corenso United Oy Ltd Imatran hylsytehtaan hylsykuivaamon olosuhteiden vaikutusta hylsynlaatuun. Tavoitteena oli hakea hylsykuivaamoon optimiolosuhteet spesifioidun hylsyn kuivatukseen. Opinnäytetyötä varten tietoa haettiin kirjallisuuslähteistä sekä perehdyttiin hylsykuivaamon toimintaan työntekijöiden avustuksella.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksista voitiin arvioida suuntaa-antavasti hylsykuivaamon olosuhteisiin ja hylsyn kuivatukseen vaikuttavia tekijöitä. Tulosten perusteella merkittävimmät tekijät, jotka vaikuttivat hylsykuivaamon olosuhteisiin ja hylsynlaatuun, olivat ulkoilman lämpötila ja suhteellinen kosteus sekä kuivatavien hylsyjen määrä. Erityisesti hylsyistä haihtuvan vesivirran määrä ja ulkoilman absoluuttinen kosteus olivat vaikuttavia tekijöitä tavoiteltaessa tiettyjä kuivatusolosuhteita. Tuloksia tarkastelemalla selvisi, että pelkästään palautusilmaa apuna käyttäen ei voida saavuttaa tavoiteltavia poistoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden arvoja. Varsinkin suuren ulkoilman absoluuttisen kosteuden ja suuren hylsyjen tuotantomäärän aikana hylsyn laatukriteereiden täytyminen on lähes mahdotonta nykyisellä laitteistolla.</p> <p>Kuivaamon tulo- ja poistopäässä olevat aukot kuivaamon ja tuotantotilan välillä kuormittavat kuivaamon olosuhteita. Aukkojen tukkimisen jälkeen olisi syytä tarkastella uudelleen kuivaamon lämpötilan ja suhteellisen kosteuden pysyvyyttä. Opinnäytetyön myötä hylsytehtaan henkilökunta saa tietoja, mitkä tekijät vaikuttavat hylsyn laatuun ja millä keinoin kuivaamossa vallitsevia olosuhteita voitaisiin parantaa.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Hylsyn kuivatus, suhteellinen kosteus, lämpötila			
<b>Sivumäärä</b> 33+13	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%;"><b>Kieli</b> Suomi</td> <td style="width: 33%;"><b>URN</b></td> </tr> </table>	<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>
<b>Kieli</b> Suomi	<b>URN</b>		
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Martti Veuro	<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> Corenso United Oy Ltd, Jaatinen Lea		

## DESCRIPTION

		<b>Date of the bachelor's thesis</b> 2.5.2014
<b>Author(s)</b> Janne Pirttinen	<b>Degree programme and option</b> Building services engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Cores manufacturing core drying conditions and the optimization of conditions on the quality of the core		
<b>Abstract</b> <p>The objective of this thesis was to study the Corenso United Oy Ltd Imatra's cores manufacturing drying conditions impact to the quality of the core. The aim was to seek core dryer in optimal ratios of the specified core drying. For the thesis the information was found from literature and examined in core dryer activities with the assistance of workers.</p> <p>Based on the results it could be evaluated in an indicative way the core dryer conditions and the factors that affect the core drying. The results showed that the most significant factors that contributed to the core dryer conditions and quality of core were outside air temperature and relative humidity and the number of cores. In particular, the volatile water from the core and the absolute humidity of the outside temperature were the main factors when pursuing specific drying conditions. By studying the results it was shown that using only the help of the return air, the desirable exhaust air temperature and relative humidity values were not reached. In particular with a large outdoor air absolute humidity and during the large number of cores in production, it is almost impossible to meet the core quality criteria using current equipment.</p> <p>The core dryer inlet and outlet end of the openings in the core dryer and the production of space between the burden the drying conditions. After closing the openings it would be good to review the stability of drying temperature and relative humidity. The thesis helps the personnel of cores manufacturing plant to get information about the factors that influence the quality of the core and means for improving the existing conditions.</p>		
<b>Subject headings, (keywords)</b> Core drying, relative humidity, temperature		
<b>Pages</b> 33+13	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>
<b>Remarks, notes on appendices</b>		
<b>Tutor</b> Martti Veuro	<b>Bachelor's thesis assigned by</b> Corenso United Oy Ltd, Jaatinen Lea	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	CORENSO UNITED OY LTD.....	1
2.1	Corenso Imatra.....	2
2.2	Laadunvalvonta.....	3
3	TEOLLISUUSILMASTOINTI.....	3
3.1	Sisäilmasto ja sisäilmaston haittatekijät .....	5
3.2	Ilmanjakotavat .....	7
3.2.1	Sekoittava ilmanjako.....	7
3.2.2	Mäntäperiaate.....	8
3.2.3	Syrjäyttävä ilmanjako .....	9
3.2.4	Vyöhykeperiaate .....	9
4	ILMAN OMINAISUUDET JA ILMASTOINNIN PROSESSIT .....	11
4.1	Ilman ominaisuudet .....	11
4.2	Ilmavirtojen sekoittaminen .....	12
4.3	Ilman lämmitys .....	12
4.4	Ilman kostutus.....	13
4.5	Ilman jäähdytys.....	13
4.6	Lämmön talteenotto .....	14
5	HYLSYKUIVAAMON LÄHTÖTIEDOT .....	14
5.1	Corenso Oy:n hylsykuivaamo.....	15
5.2	Hylsyn kuivumiseen vaikuttavat tekijät.....	17
5.3	Hylsyjen ominaisuudet ja seuranta .....	18
5.4	Kuivaamon ilmanvaihto.....	18
6	NYKYISEN LAITTEISTON TOIMINTA.....	20
6.1	Ilmavirta-, lämpötila- ja suhteellisen kosteuden mittaukset .....	20
6.2	Paine-eromittaukset .....	21
6.3	Hylsyjen laatu ja kuivaamon olosuhteet .....	22
6.4	Poistoilman käyttö palautusilmassa .....	23
7	TULOSTEN TARKASTELU .....	25
7.1	Talvi.....	27
7.2	Kevät.....	28

7.3	Kesä .....	29
7.4	Syksy.....	30
8	POHDINTA .....	31
	LÄHTEET .....	33

#### LIITTEET

1. Kostean ilman Mollier-diagrammi
2. Hylsykuivaamon säätökaavio
3. Hylsykuivaamon ilmankierrätys puhaltimet
4. Ilmavirta-, lämpötila- ja kosteusmittaukset 13.3.2014
5. Hylsyjen laadunvalvonta lokakuu 2013
6. Hylsyjen laadunvalvonta tammikuu 2014
7. Hylsyjen laadunvalvonta helmikuu 2014
8. Hylsykuivaamon olosuhteet lokakuu 2013
9. Hylsykuivaamon olosuhteet tammikuu 2014
10. Hylsykuivaamon olosuhteet helmikuu 2014
11. Hylsyjen mittojen vertailu laatukriteereihin ja kuivaamon olosuhteet
12. Vuodenaikojen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvot kuukausikeskiarvojen perusteella
13. Laskelmat eri vuodenaajoilta, poistoilman jakautuminen palautus- ja jäteilmaan

## **1 JOHDANTO**

Opinnäytetyön toimeksiantajana oli Corenso United Oy Ltd Imatran yksikkö, joka valmistaa kartonkihylsyjä. Hylsytehdas on aloittanut toimintansa uusissa tiloissa vuonna 2012, ja sittemmin hylsytuotannossa on havaittu laadun epätasaisuutta. Epätasaisuuden vuoksi hylsulle asetetut laatuksiteerit eivät ole aina täyttyneet. Hylsyn epämuodostumisen tiedetään aiheutuvan usein hylsyn liiallisesta kosteudesta, joka on seurausta siitä, ettei kuivaamon ilmaa pystytä kuivattamaan riittävästi.

Hylsykuivaamon ilmastointi luokitellaan tilan ja epäpuhtauskuormien perusteella teollisuusilmastointiin, joka eroaa mitoituksellisesti suuresti asuinrakennuksen ilmastoinnista. Opinnäytetyön ensimmäisessä osassa käydään läpi teollisuusilmastoinnin teoriaa ja lyhyesti ilmastoinnin perusprosesseja. Toisessa osassa käsitellään hylsykuivaamon toimintaa ja hylsyn kuivatusta.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella Corenso Imatran hylsytehtaan hylsykuivaamon kuivatusolosuhteiden vaikutusta hylsyn laatuun. Opinnäytetyössä selvitetään myös eri vuodenaikojen ulkoilman lämpö- ja kosteusolojen vaikutuksia hylsykuivaamon toimintaan. Tavoitteena on hakea hylsykuivaamoon optimiolosuhteet spesifioidun hylsyn kuivatukseen.

## **2 CORENSO UNITED OY LTD**

Corenso United Oy Ltd tunnetaan maailmalla johtavana hylsykartongin valmistajana sekä kartonkihylsyjen valmistajana ja markkinoijana. Yhtiö on perustettu vuonna 1992 ja on Stora Enso Oyj:n tytäryhtiö. Corenso työllistää yhteensä noin 1000 työntekijää kymmenessä maassa Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Aasiassa. Euroopassa on yhdeksän kartonkihylsytehdasta ja kaksi hylsykartonkitehdasta. Suomessa hylsytehtaat sijaitsevat Imatralla sekä Loviisassa ja hylsykartonkitehdas Porissa. Vuonna 2012 Corenson liikevaihto oli maailmanlaajuisesti 200 miljoonaa euroa. Kartongin tuotantokapasiteetti oli noin 270 000 tonnia ja hylsyjä tuotettiin 230 000 tonnia. Päätuotteita ovat hylsykartonkitehtaalla valmistettu hylsykartonki ja siitä valmistetut kartonkihylsyt. Corenson kehittämiä tuotteita käytetään paperiteollisuuden lisäksi muun muassa metalliteollisuudessa ja teippiteollisuudessa rullien sisähylsynä. [1.]

Kartonkihylsy koostuu hylsykartongista ja liimasta kun kartongin osuus on noin 90–95 % ja liiman 5–10 % hylsyn painosta. Hylsyn valmistukseen käytettävältä kartongilta vaaditaan muun muassa hyvää palautumislujuutta, riittävää veto- ja repimislujuuutta ja liiman absorptiokykyä. Liimalta vaaditaan puolestaan nopeaa tarttuvuutta prosessin jatkuvuuden kannalta. Syitä, miksi hylsykartongille ja liimalle on asetettu ominaisuusvaatimukset, ovat, että paperiteollisuuden toimitettavia hylsyjä voidaan käyttää jopa 5000 kg painaviin syväpainorulliin. Hylsykartongin raaka-aineena käytetään yleensä puolisellua tai kierrätyskuitua tai molempia. Kartongista saadaan lujempaa, mitä enemmän siinä on käytetty puolisellua. Puolisellun osuus voi olla jopa 50 % lujimmissa laaduissa. Toisaalta kierrätyskuidun laatuakin vaikuttaa lujuuteen, joista hyvänä esimerkkinä on käytetty aaltopahvilaatikoita. [2, s. 184.]

Laadun huomiointi on olennainen osa Corenson toimintaa. Korkeaa laatua ylläpidetään tehokkailla arviointimenetelmillä ja kehitystyökaluilla. Corenso käyttää alansa tehokkaimpia ja nykyaikaisia tuotantovälineitä. Tuotantoprosessien tiukka tarkkailu auttaa varmistamaan asiakastytyväisyyttä. Lisäksi asiakastytyväisyyttä seurataan ja arvioidaan jatkuvasti. [1.]

## **2.1 Corenso Imatra**

Corenson Imatran hylsytehdas on sijoitettu Kaukopään päällystystehtaan tuotantolaitoksen yhteyteen. Hylsytehdas muodostuu tuotannosta, kuivaamosta, leikkaamosta ja jatkumoyksiköstä. Tehdas työllistää 15 työntekijää, joista seitsemän työskentelee tuotannossa ja kahdeksan leikkaamossa. Pääasiakkaita ovat Kaukopään ja Tainionkosken paperitehtaat, mutta hylsyjä toimitetaan myös Inkeröisiin. Imatran hylsytehdas tuottaa hylsyjä noin 40 tonnia päivässä. [3.]

Corenso Imatran hylsytehtaalla kierrehylsy valmistetaan kiinteällä akselilla, johon tuodaan useita liimaan kastettuja kartonkinauhoja. Kartonkinauhat kiertyvät toistensa päälle limittäin ja muodostavat useista kartonkinauhakerroksista seinämän. [2, s. 184.] Imatran tehtaalla tuotettavat kierrehylsyt ovat sisähalkaisijaltaan 151 mm ja 306 mm sekä seinämäpaksuudeltaan 9–12 mm. Hylsyt jaetaan kahteen eri laatuluokkaan, jotka ovat ECO4 ja ECO6. Halkaisijaltaan 151 millimetriä olevat ECO4-hylsyt leikataan viiden (5) metrin ja 6,5 metrin pituuteen kun taas 306 millimetrin halkaisijalla olevat

4,5 ja 5,7 metrin pituisiksi. ECO6 tehdään vain 306 millimetrin sisähalkaisijalla 6,4 metrin pituuteen. [3.]

## 2.2 Laadunvalvonta

Corenso Oy noudattaa kansainvälisten ISO 9001-, ISO 14001- ja ISO 22000 -standardien mukaisia vaatimuksia. ISO 9001 -standardi edellyttää käyttäjältään vaatimusten mukaisesti luoda, dokumentoida ja toteuttaa laadunhallintajärjestelmiä sekä ylläpitää sitä ja parantaa sen vaikuttavuutta jatkuvasti. [4.] ISO 14001 määrittää vaatimukset, jotka koskevat ympäristöjärjestelmää. Standardilla ei ole asetettu erityisiä kriteerejä ympäristönsuojelun tasolle. Mikä tahansa organisaatio voi soveltaa kansainvälistä standardia, jos se haluaa toimia esimerkiksi määrittelemänsä ympäristöpolitiikan mukaisesti. [5.] Corenso Oy noudattaa myös standardin ISO 22000 asettamia vaatimuksia elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmälle. Standardia noudattavan organisaation on varmistettava, että elintarvikkeiden turvallisuus säilyy nauttimishetkellä. [6.]

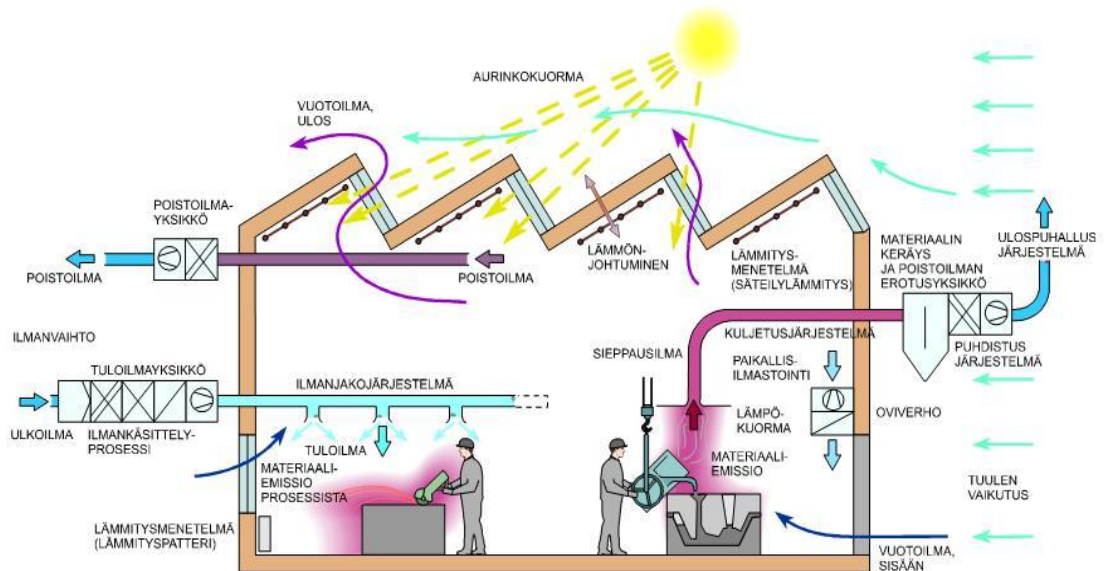
Corenso Oy Imatran hylsytehtaalla hylsyn laatumittaukset tehdään muutaman kerran tuotantoketjun aikana. Hylsykoneen jälkeen hylsyn laadun tarkkailuun kuuluvat muun muassa hylsyn kosteuspitoisuus, puristuslujuus, liimaustaso ja näkyvät viat. Kuivauksen jälkeen tarkastetaan hylsyn kosteus, puristuslujuus, soikeus, ja näkyvät viat sekä verrataan laatuspesifikaatioihin. Raportit laadun tarkkailusta toimitetaan asiakkaalle. [3.]

## 3 TEOLLISUUSILMASTOINTI

Teollisuusilmastointi on laaja käsite, joka sisältää teollisten tuotantotilojen lisäksi muun muassa sairaaloiden toimenpidetilat, tunnelit, kaivokset, autohallit, ammattikeittiöt ja voimalaitokset [7, s. 2]. Tavallisimmin teollisuusilmastoinnissa ilmanvaihdon tarpeen määrää tilan prosessi. Teollisuusilmastointia suunniteltaessa tulee huomioida prosessien terveyst- ja räjähdysvaarat. [8.] Tämän vuoksi olisi syytä jakaa hyviksi todettuja ratkaisuja, joita voitaisiin hyödyntää samankaltaisissa teollisuusilmastoinnin ongelmissa [9, s. 6]. Teollisuusilmastointiin vaikuttavat oleellisesti ulkoiset olosuhteet, kuten tuuli, aurinko ja muut sääolosuhteet. Epäpuhtauksia levittävien virtausten



monimutkaisuus ja hajallaan sijaitsevat lämpö- ja epäpuhtauslähteet tekevät teollisuusilmastoinnista haasteellisen [7, s. 33]. Kuvassa 1 on esitetty teollisuusilmanvaihdon sisäiset epäpuhtauskuormat ja niille käytetyt erikoistoimenpiteet.



**KUVA 1. Teollisuusilmanvaihdon kokonaisuus [7, s. 33]**

Ilmanvaihdolla ylläpidetään hyvää sisäilmaston laatua. Ilmanvaihto on tapahtuma, jolloin tilaan tuodaan ja tilasta poistetaan ilmaa. Se voi tapahtua koneellisesti eli puhaltimen tai muun mekaanisen laitteen avulla tai painovoimaisesti, jolloin poistoilma virtaa tiheyserojen tai tuulen aiheuttamien paine-erojen johdosta. [10.] Kesäolosuhteissa ulko- ja sisälämpötilaerojen pienentyessä painovoimaisen ilmanvaihdon teho heikkenee [11, s. 209]. Koneellisessa järjestelmässä virtaus on tehostettu puhaltimien avulla, jolloin ilman virtaus ei riipu sääolosuhteista [11, s. 215].

Teollisuusilmastointi on osa teollisuuden ilmapuhdistustekniikka, ja se jaetaan kolmeen osa-alueeseen, jotka ovat teollisuusilmastointi, prosessi-ilmatekniikka ja turvallisuusilmatekniikka. Teollisuusilmastoinnilla tarkoitetaan työ- ja tuotantotilojen sisäilman ja päästöjen hallintaa ilmanvaihtoteknisin keinoin. Prosessi-ilmatekniikka keskittyy prosessikaasujen poistoon ja puhdistukseen. Turvallisuusilmatekniikalla tarkoitetaan tapaturmien, tulipalojen tai räjähdysten aiheuttamien vaurioiden välttämistä ja minimointia. Teollisuusilmastoinnista on olemassa myös laajempi määritelmä, jonka mukaan teollisuusilmastoinnissa saavutetaan ja hallitaan virtausteknisin keinoin turvallinen, terveellinen ja viihtyisä sisäilma teollisuustiloissa ja tiloissa, jois-

sa esimerkiksi tuotantoprosessit määräävät ilmanvaihdon ja ilmankäsittelyn tarpeen. [12, s. 3.]

Ilmaa tuodaan ja poistetaan tilasta ilmanvaihdon avulla. Ilmanvaihto on osa ilmastointia, johon kuuluvat myös lämmitys, jäähdytys, kostutus, kuivatus ja suodatus. Ilmastointi on teknisistä keinoista tärkein viihtyisien lämpöolojen luomisessa. [8.] Ilmastointia voidaan tarvita tilassa esimerkiksi fysiologisista, viihtyisyysyistä tai jonkin prosessin syistä. Fysiologisten syiden vuoksi sisäilmaston tila pyritään pitämään ihmiselle suotuisana. Sisäilmaston on todettu vaikuttavan ihmisen suorituskykyyn, jonka vuoksi ilman tila eli sisäilma on pidettävä viihtyisissä rajoissa, joissa ihmisen suorituskyky säilyy hyvänä. Ilman tilan täytyy olla esimerkiksi jonkin prosessin, tehtävän tai säilytyksen vaatimissa rajoissa, koska jo pelkästään sisäilmasto-olosuhteet vaikuttavat rakennuksen säilymiseen vaurioitta. [13, s. 5.] Sisäilmastoa käsitellään tarkemmin seuraavassa luvussa.

### **3.1 Sisäilmasto ja sisäilmaston häiritteijät**

Haluttu ilman tila eli sisäilmasto saadaan aikaan tiettyyn huonetilaan ilmastoinnin avulla [13, s. 4]. Sisäilmaston tekijöihin kuuluvat lämpötila, kosteus, ilman liiketila, epäpuhtaudet ja ionipitoisuus sekä sähköiset ominaisuudet [11, s. 3]. Lämpötila, kosteus ja ilman liiketila muodostavat niin sanotun termisen sisäilmaston [13, s. 5]. Ihminen viettää suurimman osan ajastaan sisätiloissa, jonka vuoksi rakentamisen tärkein tavoite on hyvä sisäilmasto. Hyvän sisäilmaston luominen alkaa jo suunnitteluvaiheessa ja jatkuu aina materiaalivalinnoista laitteistojen huoltoon sekä kunnossapitoon. Sisäilmastolla on suuri vaikutus ihmisen tyytyväisyyteen ja terveyteen. Hyvällä sisäilmastolla voidaan lisätä ihmisen työtehoa sekä vähentää sairauksia. [7, s. 18.]

Sisäilmastoa ja siten ilmastointijärjestelmää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon asetetut määräykset, ohjeet ja säädökset. Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa D2 on esitetty työtiloihin sovellettavia määräyksiä ja ohjeita rakennusten sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta [14]. Työtiloihin liittyviä velvoitteita antavat myös työturvallisuuslain säädökset (738/2002) sekä sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista työpaikan ilman epäpuhtauksille (557/2009). Suunnittelulla pyritään valitsemaan paras mahdollinen käytettävissä oleva tekniikka tai minimoimaan terveysriskit. [8.] Tilan epäpuhtauskuormat voivat vaihdella pinta-alaa kohden

kymmen- tai jopa satakertaisesti, joten tilan käyttötarkoitus ja prosessit asettavat vaatimukset sisäilmastolle [7, s. 24].

Sisäilmastossa esiintyy haittatekijöitä, jotka voivat olla joko fysikaalisia, kemiallisia tai biologisia. Fysikaalisiin sisäilmaston haittatekijöihin kuuluvat lämpöolot, kosteus, ilmavirtaukset, ilman ionit, sähkömagneettinen säteily sekä muu säteily, valaistus ja melu. Fysikaalisia tekijöitä ei luokitella epäpuhtauksiin, koska niiden vaikutus kohdistuu lähinnä ihmisen viihtyvyyteen. [15.]

Kemialliset epäpuhtaudet esiintyvät ilmassa kaasuina, höyryinä tai kiinteinä hiukkasiina ja ne voivat kulkeutua elimistöön joko hengitysteitse tai ihon kautta. Tekijät, jotka vaikuttavat aineesta saatuun terveysvaikutukseen riippuvat aineen kemiallisesta ja fysikaalisesta tilasta, elimistöön kulkeutuneesta aineen määrästä ja sen myrkyllisyydestä, kulkutiestä, altistumisajasta sekä ihmisen henkilökohtaisesta herkkyydestä. [7, s. 18.]

Biologisiin altisteisiin luokitellaan virukset, bakteerit, sieni-itiöt, levät ja punkit. Ongelmallisia aloja ovat aiemmin olleet erityisesti terveydenhoitoala ja alat, jotka suosivat mikrobikasvua kosteusolojensa puolesta. Nykyään on todettu mikrobikasvuston esiintyvät pääasiassa rakennusten rakenteissa kosteusvaurioiden vuoksi. Mikrobit voivat lisääntyä myös ilmastointilaitoksessa. Ilman mikrobienimmäispitoisuudelle on olemassa suositusarvot asuinhuoneistoille, mutta työilman mikrobipitoisuuksille niitä ei ole annettu. [7, s. 20.]

Näiden vaikutukset voivat ulottua työperäisistä sairauksista lieviin viihtyvyyshaittoihin. Sisäilmaston laatuun vaikutetaan ilmanvaihdolla ja ilmastoinnilla, koska niillä on mahdollista säädellä ja torjua ilman epäpuhtauksia. Ilmanvaihto esimerkiksi vähentää samassa suhteessa terveyden kannalta kriittisiä ja vähemmän kriittisiä epäpuhtauksia. Jos sisäilmaston termiset olosuhteet ovat huonot, ihminen on herkempi altistumaan epäpuhtauksille. Aikaisemmin hyvä sisäilman laatu on koettu kustannustekijäksi, mutta nykyään optimaalinen sisäilmasto nähdään myös tuottavuustekijänä. [7, s. 18.]

## 3.2 Ilmanjakotavat

Ilmanjako muodostuu tulo- ja poistoilmalaitteista sekä niissä tapahtuvasta virtauksesta ja niiden aiheuttamasta ilmavirtauksesta tilassa. Ilmanjaon tavoitteena on estää epäpuhtauksien leviäminen tilassa sekä pyrkiä niiden nopeaan poistoon. Tavoitteena on myös vaihtaa oleskeluvyöhykkeen ilma nopeasti ja pitää ilman virtaussuunta epäpuhtauslähteistä kohti poistoilmalaitteita. [11, s. 153.]

Epäpuhtauksien poisto ja puhtaan ilman tuonti toimivat ensisijaisena tehtävänä teollisuusilmastoinnin ilmankäsittelyjärjestelmille, johon kuuluvat muun muassa ilmankäsittelykone, ilmastointikanavat, päätelaitteet sekä raitisilma-aukot ja säleiköt. Toisena tehtävänä on luoda hyvä terminen viihtyvyys, jolla tarkoitetaan tasaista lämpötilaa ja pieniä lämpötilaeroja. Näillä kahdella tehtävällä tilaan saadaan taattua hyvä ilmanlaatu. Oikealla ilmanjakomenetelmällä ja laitteistolla huonetilan läpi kulkevan ilman virtaus voidaan toteuttaa siten, että edellä mainitut tavoitteet toteutuvat. [13, s. 98.]

Teollisuusilmanvaihdossa on olemassa neljä eri ilmanvaihdon peruseriaa, jotka ovat sekoitus-, mäntä-, kerrostuma- ja vyöhykeperiaate. Näillä periaatteilla pyritään ilmastointijärjestelmien tavoitetasoihin, joiden avulla voidaan tarkastella ilmaolosuhdeiden hallintaa ilmastointilaitoksissa. [12, s. 629; 7, s. 34.]

### 3.2.1 Sekoittava ilmanjako

Sekoittavalla ilmanvaihdolla tuloilma sekoitetaan tehokkaasti huoneilmaan. Ilma puhalletaan tilaan suurehkolla nopeudella yhtenä tai useampana suihkuna, joka aiheuttaa tulo- ja sisäilman sekoittumisen muodostaen lähes samanlaiset olosuhteet koko huoneeseen. Ilmasuihku voidaan kohdistaa kattoon tai seinään, jolloin lämpötilaerot huoneistossa säilyvät pieninä ja ilmavirtauksesta tulee kiertävä. Korkeissa teollisuustiloissa tulisi käyttää useampia ohjaussuihkuja, koska talvisin puhallettaessa yllämpöistä ilmaa voi olla vaikeaa saada lämmin ilma alas oleskeluvyöhykkeelle. [13, s. 99; 11, s. 153.]

Ominaista sekoittavalle ilmanjaolle on, ettei se muodosta ilmastoidulle vyöhykkeelle katvealueita. Tämä johtuu suurista ilman nopeuksista. Tätä voidaan pitää tämän periaatteen etuna. Toisaalta suurehkot ilmannopeudet voivat aiheuttaa vedon tunnetta

oleskeluvyöhykkeellä. Ominaistulovirtana pidetään  $1\text{--}3\text{m}^3/\text{h m}^3$ , minkä vuoksi sekoitettavaa ilmanjakoa ei tulisi käyttää tiloissa, joissa on voimakkaita pistemäisiä epäpuhtauslähteitä esimerkiksi teollisuustiloissa. [11, s. 154; 7, s. 42.]

### 3.2.2 Mäntäperiaate

Mäntäperiaatteella pyritään luomaan tilaan tasainen eli laminaarinen ilmavirtaus tuloilmalaitteesta poistoilmalaitteeseen. Ilman virtauksen tulee olla tällöin riittävän voimakas, jolloin ilmavirtaus kumoo huoneessa syntyvät termiset ilmavirtaukset. Laminaarinen virtaus voidaan muodostaa joko pystysuunnassa, jolloin tuloilma tulee katoa ja poistuu rei'itetyn lattian kautta tai vaakasuunnassa, jolloin tulo- ja poistoilmalaitteet on sijoitettu vastakkaisille seinille. Kuvassa 2 on esitetty mäntäilmanjaon eli toisinsanoen laminaarisen ilmanjaon periaatekuvat. [13, s. 102; 11. s. 154; 7, s. 38.]

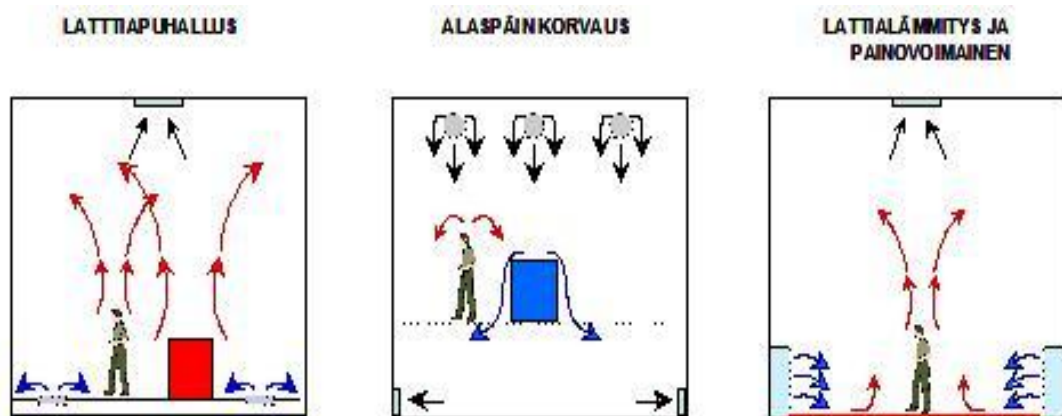


**KUVA 2. Mäntäperiaate [7, s. 38]**

Laminaarisessa ilmanjaossa ilmavirtausnopeudet ja ilmamäärät ovat huomattavasti suurempia kuin esimerkiksi sekoittavassa ilmanjaossa. Ominaistulovirta on  $10\text{--}100\text{m}^3/\text{h m}^3$ . Laminaarisella virtauksella voidaan hallita koko virtauskenttää, jolloin suurilla ilmanvaihtuvuuksilla saadaan poistettua epäpuhtaudet tehokkaasti ja vedottomasti. Suurta tuloilmavirtaa voidaan myös pitää mäntäperiaatteen heikkoutena, sillä suuret ilmavirrat vaativat suuret laitteet, jotka vievät tilaa joko lattia- tai seinäpinta-alalta. Laitteiden koko vaikuttaa myös hankintakustannuksiin. [12, s. 132; 13, s. 102; 11, s. 154.]

### 3.2.3 Syrjäyttävä ilmanjako

Syrjäyttävän ilmanjaon periaatteena on hyödyntää pystysuoria konvektiovirtauksia, jotka syntyvät erilaisista lämmönlähteistä, kuten esimerkiksi ihmisistä tai laitteista. Tilaan puhalletaan alilämpöistä ilmaa pienellä nopeudella, jonka seurauksena epäpuhtaudet kerääntyvät tilan yläosaan ja sitä kautta poistoilmaan. Tilan tulo- ja huoneilman väliset lämpötilaerot muodostavat puhtaudeltaan kaksi erilaista vyöhykettä, joista puhdas oleskeluvyöhyke säilyy alhaalla ja epäpuhtaudet nousevat ylös. Järjestelmä toimii sekoittavan ilmanjaon tavoin, jos tuloilma on huoneilmaa lämpimämpää. Kuvassa 3 on syrjäyttävän ilmanjaon vaihtoehtoisia menetelmiä. [12, s. 634; 11, s. 154; 7, s. 39.]



**KUVA 3. Syrjäyttävä ilmanjako [7, s. 40]**

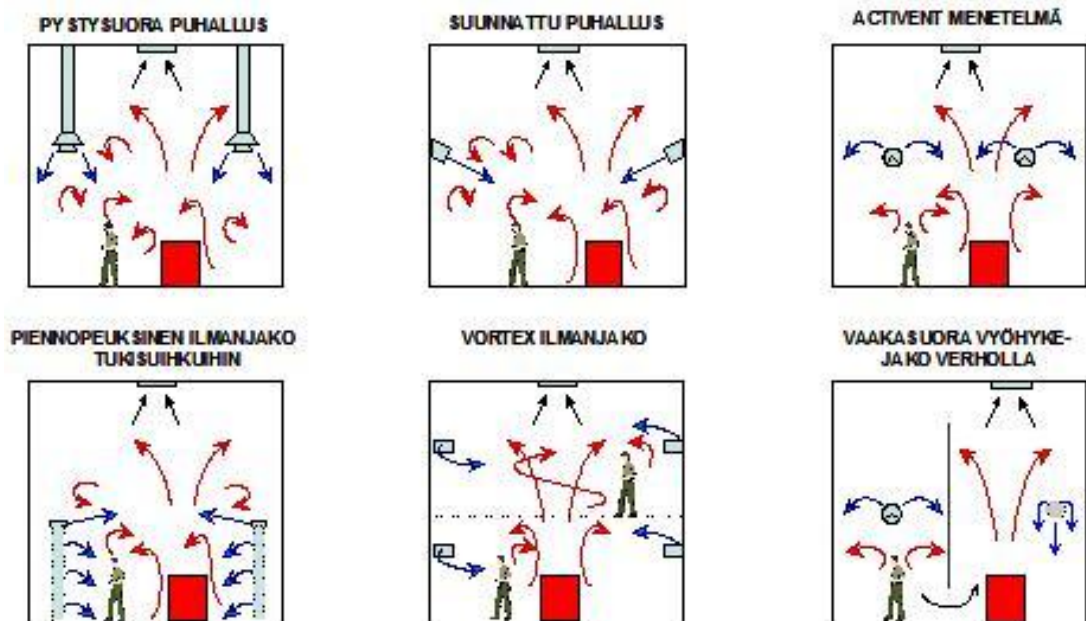
Syrjäyttävän ilmanjaon etuja ovat epäpuhtauksien tehokas poisto ja ilmastoidun vyöhykkeen alhainen pitoisuustaso. Vaikka syrjäyttävän ilmanjaon virtausnopeudet ovat pieniä, se voi aiheuttaa vedon tunnetta tuloilmalaitteiden lähivyöhykkeellä. Syrjäyttävää ilmanjakoa käytetään kohteissa, joissa ilmaan pääsee runsaasti epäpuhtauksia tai lämpöä. Tällaisia tiloja ovat muun muassa teollisuushallit ja muut korkeat rakennukset. Tuloilmalaitteet vaativat usein suuren tilan, ja ne ovat pinnoitettu huokoisella materiaalilla tai rei'itettyllä levyllä. [13, s. 100; 11, s. 154; 7, s. 39.]

### 3.2.4 Vyöhykeperiaate

Vyöhykeperiaatteessa ilma sekoitetaan ilmastointijärjestelmän avulla tiettyyn tilan korkeuteen asti, jonka jälkeen sen yläpuoleinen tila jätetään vähemmälle huomiolle. Usein tarkoituksella halutaan lämmön, epäpuhtauksien ja kosteuden kerääntyvän toi-

votun vyöhykkeen ulkopuolelle, jotta niitä voitaisiin hyödyntää. Tosin tilan ilmanvirtauksiin vaikuttavat usein ilmanjakojärjestelmä ja tiheuserot. Vyöhykeperiaatteella saavutettava ilmanvaihdon tehokkuus on parempi kuin sekoitusilmanvaihdolla, minkä vuoksi ilmanlaatu tai vaihtoehtoisesti haluttu ilmanlaatu saadaan aikaan pienemmällä tuloilmavirralla. Käytetyt menetelmät ja toimintaolosuhteet vaikuttavat kuitenkin suuresti saavutettuun tehokkuuteen. [7, s. 40.]

Vyöhykejako voidaan valita joko pysty- tai vaakasuuntaiseksi. Pystysuuntainen vyöhykejako sopii paremmin korkeisiin tiloihin, koska tuolloin tuloilma voidaan jakaa lähelle oleskeluvyöhykettä ja sijoittaa poistoilma-aukot lähelle kattoa. Jakamalla tila vaakasuuntaiseksi tilassa voidaan hyödyntää esimerkiksi siirrettäviä verhoja tai osaseiniä. Kuvassa 4 nähdään, että vyöhykeperiaatteen toteuttamisessa voidaan käyttää erilaisia ilmanjakotapoja, kuten muun muassa pystysuoria suihkuja, lattiailmanjakoa ja suunnattuja suihkuja. [7, s. 40.]



**KUVA 4. Vyöhykeperiaate [7, s. 41]**

Vyöhyke- ja sekoittavilmanjako ovat periaatteeltaan melko samanlaiset, mutta vyöhykeperiaatteessa lämpötilatehokkuus ja epäpuhtauksien poistotehokkuus on parempi kuin sekoitusperiaatteella. Vyöhykeilmanjaon etuihin voidaan lukea myös ilmastoidun vyöhykkeen ilmavirtauksien osittainen hallinta sekä katvealueiden muodostumisen välttäminen ilmastoitavalle vyöhykkeelle. Vyöhykeilmanjaon huonona puolena on

ilmastoidulla vyöhykkeellä sekoittuvat epäpuhtaudet, jotka heikentävät epäpuhtauksien poistotehokkuutta. [7, s. 41.]

## **4 ILMAN OMINAISUUDET JA ILMASTOINNIN PROSESSIT**

Kosteaksi ilmaksi kutsutaan kuivan ilman ja vesihöyryn seosta, joka on tapahtunut ilmaskäsitelykoneen prosessissa. Ilma voi sisältää vesihöyryä tiettyyn rajaan asti. Rajaa kutsutaan kyllästyskäyräksi, joka riippuu lämpötilasta ja ilmanpaineesta. Koste-an ilman ominaisuuksien kuvaamiseen käytetään muuttujia, kuten ilman paine, lämpötila ja kosteussisältö. [11, s. 187.]

Ilmastoinnin prosesseilla on tarkoitus luoda tilaan haluttu sisäilmasto. Ilmastoinnin perusprosesseihin kuuluvat ilmavirtojen sekoittaminen, ilman lämmitys, -jäähdytys, -kostutus vedellä tai höyryllä ja lämmön talteenotto. [11, s. 191.] Ennen ilmastoinnin prosesseja käsitellään ilman ominaisuuksia, jotka on hyvä tietää suunniteltaessa ja käsiteltäessä ilmastointiprosesseja.

### **4.1 Ilman ominaisuudet**

Huoneilma sekä ulkoilma muodostuvat kuivan ilman ja vesihöyryn seoksesta. Huoneilman kosteudelle asetetaan yleensä tavoitearvoja, joiden avulla voidaan hallita ilman kosteuden vaikutuksia laitteisiin ja energiankäyttöön. Vesihöyry on ilmastoinnin kannalta tärkeä komponentti, koska veden haihtuessa se sitoo ilmaan paljon lämpöä joka vaikuttaa taas ilman lämpösisältöön. Kosteuden muuttuessa kuivan ilman määrä ei muutu ilmastointiprosesseissa. Koste-an ilman ominaisuuksien kuvaamiseen käytetään Mollier-diagrammia. [11, s. 187.]

Ilman kosteus voidaan ilmaista joko suhteellisena tai absoluuttisena kosteutena. Suhteellinen kosteus ilmoittaa ilmassa vallitsevan osapaineen suhtena samaa lämpötilaa vastaavan vesihöyryn kyllästymispaineeseen. Suhteellisen kosteuden yksikkönä on prosentti (%). Absoluuttisella kosteudella tarkoitetaan vesihöyryn massan suhdetta tämän vesihöyrymäärän sisältämän ilman massaan. Yksikkönä käytetään kg/kg. [11, s. 188.]



Entalpialla ilmoitetaan ilman suhteellinen lämpösisältö, joka on kuivan ilman ja vesihöyryn entalpioiden summa. Ilmastoinnissa tarkastellaan yleensä kostean ilman entalpiaa kuivan ilman massayksikköä kohden. Entalpia ilmoitetaan yksiköllä kJ / kg. [11, s. 189.]

Mollier-piirros (liite 1) kuvaa ilman olotilaa ilmanvaihdon eri prosesseissa ja sen avulla nähdään kuinka ilman suhteellinen kosteus, entalpia, lämpötila tai absoluuttinen kosteus muuttuvat. Tiedettäessä kaksi suuretta saadaan niiden avulla muut ilman tilasuureet. Mollier-diagrammia käytettäessä on huomioitava, että ilman paineen tulee olla lähes sama kuin paine, jolle diagrammi on laadittu. [11, s. 189.]

## 4.2 Ilmavirtojen sekoittaminen

Kahden ilmavirran sekoittaminen kuuluu yleisimpiin ilmastointiprosesseihin. Esi-merkkinä ilmavirran sekoittamisesta on palautusilman käyttö, jolla tarkoitetaan tarvittavaa poistoilman sekoittamista tuloilmaan säätöpeltien avulla. Ilmavirran sekoittamisessa voidaan käyttää myös lämmön talteenoton ohitussäätöä ja kostutuksen ohitussäätöä. Ohitussäädöllä voidaan tilanteen mukaan ohittaa esimerkiksi kostutus, jos ilmastoitava tila ei vaadi kostutusta. [11, s. 191.]

## 4.3 Ilman lämmitys

Ilmastoinnin prosesseissa ilmavirran lämmitys tapahtuu tavallisimmin lamellipatterin avulla, jossa lämmittävänä aineena toimii vesi. Joissakin tapauksissa voidaan käyttää myös höyry- ja sähköpatteria. Ilman lämmityksessä absoluuttinen kosteus pysyy muuttumattomana, kun taas ilman suhteellinen kosteus laskee. [11, s. 193.]

Lämpöteho ilmavirran lämmitykseen saadaan yhtälöstä

$$\Phi = \rho \cdot q_v \cdot (h_2 - h_1) \quad (1)$$

$\Phi$	on patterilla luotu lämpöteho, kW
$h_2$	on ilman lopputilan entalpia, kJ/kg
$h_1$	on ilman alkutilan entalpia, kJ/kg
$\rho$	on ilman tiheys, kg/m <sup>3</sup>

$q_v$  on ilmavirta,  $m^3/s$

Ilman lämmitysteho voidaan laskea myös ilman ominaislämpökapasiteetin avulla, koska absoluuttinen kosteus ei muutu

$$\Phi = c_p \cdot \rho \cdot q_v \cdot (t_2 - t_1) \quad (2)$$

$c_p$  on kostean ilman ominaislämpökapasiteetti,  $kJ/kg^\circ C$

$t_2$  on lopputilan lämpötila,  $^\circ C$

$t_1$  on alkutilan lämpötila,  $^\circ C$

#### 4.4 Ilman kostutus

Ilman kostutuksen tarkoituksena on kasvattaa ilman vesisisältöä eli ilmassa olevan veden määrää. Ilman kostutus voi tapahtua joko vedellä tai höyryllä kostuttaen. Vedellä kostuttaessa lämpösisältö pysyy prosessin aikana vakiona eli adiabaattisena. Vesi ottaa haihtuessaan tarvittavan lämmön ilmasta, jolloin ilman lämpötila laskee samanaikaisesti. Höyryllä kostuttaessa lämpöä ja vettä siirtyy ilmaan samanaikaisesti. [16, s. 83; 11, s. 194.]

#### 4.5 Ilman jäähtytys

Ilmaa jäähdytettäessä kylmäaineen avulla jäähdytyspatterin pintalämpötilan oletetaan pysyvän vakiona kylmäaineen höyrystyessä. Pienissä jäähdytyslaitoksissa käytetään niin sanottuja suora-höyrystyspattereita. Patteri pysyy kuivana jos patterin pintalämpötila on suurempi kuin ilman kastepistelämpötila. Useimmissa tapauksissa ilman kastepistelämpötila on korkeampi kuin patterin pintalämpötila, joka aiheuttaa veden tiivistymisen patterin pintaan. Niinpä patterin jälkeinen ilman tila ja patterin pinnalla vallitseva tila eroavat aina toisistaan. Ilma jäähdytetään suurissa jäähdytyslaitoksissa vesikiertoisen jäähdytyspatterin avulla. Vedellä jäähdytettäessä patterin pintalämpötila ei pysy vakiona. [11, s. 194.]

#### 4.6 Lämmön talteenotto

Lämmön talteenoton tarkoituksena on lämmittää tuloilmavirtaa poistoilmavirran luovuttamalla lämpöteholla. Lämpöteho, jonka poistoilma luovuttaa on sama, minkä tuloilmavirta vastaanottaa, kun veden tiivistymistä ei tapahdu. Toisaalta jos tuloilman lämpötilan nousu on suurempi kuin poistoilman, niin poistoilma on kuivunut. Tässä tapauksessa on tapahtunut vesihöyryn lauhtumista lämmönsiirtimessä. Lämmönsiirrin voi siirtää myös kosteutta ilmavirrasta toiseen, jolloin lämpöä ja kosteutta siirtyy tasainen määrä. [11, s. 196.]

### 5 HILSYKUIVAAMON LÄHTÖTIEDOT

Corenso Imatran hylsytehtaaseen kuuluvat hylsyn tuotantotilat, hylsykuivaamo ja leikkaamo, kuten jo aikaisemmin todettiin. Hylsytehtaan kuivaamo otettiin käyttöön vuonna 2012 Imatran Kaukopään tehtaalla. Sittemmin hylsytehtaalla on havaittu hylsytuotannon ajoittaista epätasaisuutta, joka on vaikuttanut hylsyn laatuun. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena onkin tarkastella kuivaamon kuivatusolosuhteita eri vuodenaikoina ja vertailla olosuhteiden vaikutusta hylsyn laatuun. Tavoitteena on hakea optimiolosuhteet spesifioidun hylsyn kuivatukseen.

Opinnäytetyötä tehdessä on oltu yhteydessä hylsykuivaamon LVI-suunnittelijaan. Hänen tietojensa mukaan hylsykuivaamon ilmanvaihtolaitteisto on suunniteltu tilaajan pyynnöstä edellisen kuivaamon kapasiteetin perusteella. Uuden kuivaamon aikana kuitenkin tuotanto on kasvanut, joka on vaikuttanut omalta osaltaan kuivaamon olosuhteisiin, kuten kosteuteen ja sitä kautta myös tuotannon laatuun.

Hylsytehtaan eri tilojen paine-eroista johtuvaa ilmankiertoa ei ole otettu suunnittelu- vaiheessa huomioon. Tällä hetkellä hylsykuivaamossa oleva ilma on yhteydessä hylsyn tuotantohallissa vallitsevan ilman kanssa hylsyhissien molemmista päistä (kuva 5). Tähän on suunnitteilla automatiikalla toimivat portit, joiden kautta hylsyt pääsevät kulkemaan tilojen välillä. Portit tulevat vähentämään paine-eroista johtuvaa ilmankiertoa kuivaamon ja tuotantotilan välillä. Ylimääräinen ilmankierto on hankaloittanut sisäilmaolosuhteiden hallintaa.



**KUVA 5. Poistopään hylsyhissi**

Hylsykoneelta tullessaan hylsy sisältää kosteutta noin 11-11,8 %, minkä vuoksi hylsyä on kuivatettava lisää ennen sahausta ja asiakkaalle toimittamista. Hylsyn toimituskosteus on noin seitsemän prosenttia. Kuivaamossa vallitsevan ilman suhteellisen kosteuden on oltava pieni, jotta ilma pystyy sitomaan hylsyistä vapautuvan kosteuden itseensä.

### **5.1 Corenso Oy:n hylsykuivaamo**

Hylsykuivaamo on tila, jonne hylsy siirtyvät kierrehylsykoneen ja määrämittaussahaoksen jälkeen. Hylsy kulkevat määrämittauspisteen jälkeen hylsyhissille, josta ne nostetaan kuivaamossa kulkevalle kuljettimelle. Kuljetinta ohjataan automatiikalla. Kuvassa 6 nähdään, miten hylsy liikkuu ritilöiden päällä kuljetinta pitkin robotille, joka lajittelee hylsyä niille asetettujen mittojen perusteella omiin laareihin molemmille puolille kuljetinta.



**KUVA 6. Hylsykuivaamo**

Hylsykuivaamon ilmanvaihtokoje tuo tilaan ilmaa ja poistaa ilmaa tilasta. Laarien edustoille asetettujen kiertoilmapuhaltimien tarkoituksena on kierrättää ilmaa tasaisesti ympäri kuivaamaa. Ilmanvaihtokojeessa on asetettu tulo- ja poistoilmapuhaltimet päällekkäin, ja koje on sijoitettu hylsykuivaamon etupäähän. Laareissa on yhteensä 320 kappaletta kierrätysilmapuhaltimia, jotka on jaettu kahdeksaan eri metallikehiköön tasaisin välein laarien edustoille. Kuvassa 7 on esimerkki puhaltimien sijoituksesta. Kuivaamon ilmanvaihtoa käsitellään tarkemmin luvussa 5.4.



**KUVA 7. Puhaltimet**



Laareja hylsykuivaamossa on 11 kappaletta molemmin puolin keskellä kulkevaa hylsykuljetinta. Kuivaamon olosuhteita valvotaan tarkasti, ja niistä tallennetaan päivittäin tulo- ja poistoilman lämpötilat sekä ilman kosteustiedot työntekijöiden muistiinpanoihin ja Corenson Axapta -tietokantaan. Opinnäytetyön aikana en saanut tunnuksia tietokantaan, johon ei myöskään tuotannon työntekijöillä ole vielä pääsyä. Tietojen tallentamisella ja päivittäisellä seuraamisella voidaan mahdollistaa kuivaamon optimaalisten olosuhteiden tavoittelu. Pidemmällä aikavälillä tai systemaattisesti kuivatusolosuhteita ei ole tarkasteltu.

## 5.2 Hylsyn kuivumiseen vaikuttavat tekijät

Kartonkihylsy on kuin kostutettua paperia, jota kuivattaessa vettä haihtuu ilmaan. Hylsyn kuivumiseen vaikuttavat monet eri tekijät, jotka vaikeuttavat hylsyn kuivatuksen tarkastelua. Vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi ulko- sekä sisäilman suhteellinen kosteus, kuivaamossa vallitseva lämpötila, ilman virtausnopeus sekä aika, kuinka kauan hylsyä kuivatetaan [3]. Liiallinen kosteuspitoisuus voi aiheuttaa hylsyn mittojen ja lujuuden muuttumista.

Hylsyn kuivumisaikana pidetään kahta vuorokautta, mutta aika on riippuvainen kuivaamoon tulleen hylsyn kosteuspitoisuudesta sekä muista kuivaamossa vallitsevista olosuhteista. Hylsyn kuivumisen tulee olla riittävän pitkä prosessi, sillä liian nopea kuivuminen voi aiheuttaa hylsyjen epämuodostumista ja siten hylsyt eivät täytä niille asetettuja laatumäärittelyjä (kts. tarkemmin luku 5.3). Kuivaamoon puhallettavalle tuloilman lämpötilalle on asetusarvo, jolla pyritään hallitsemaan kuivaamon lämpötilan pysyvyyttä. Tehtaan henkilökunta on määrittänyt kokemusten perusteella hylsykuivaamon optimaaliseksi lämpötilaksi +30°C ja suhteelliseksi kosteudeksi 30 % [3].

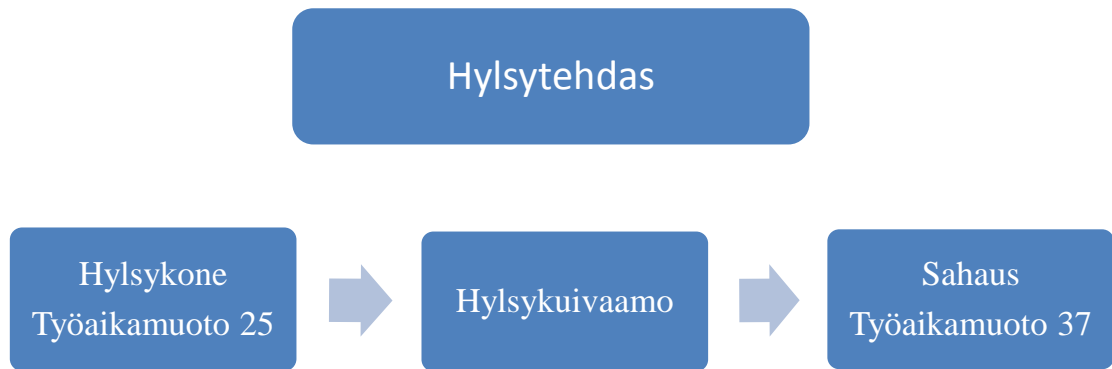
Hylsykuivaamon ilman olosuhteisiin vaikuttaa myös vuotoilma, jolla tarkoitetaan rakennukseen virtaavaa ulkoilmaa, joka voi kulkeutua seinien, ikkunoiden tai muiden ulkovaipan rakojen kautta. Vuotoilmavirtaukset voivat aiheuttaa ei toivottuja lämpöhäviöitä ja vedontunnetta. Tilan ilmanvaihdossa tulee huomioida painesuhteet, jotka muodostuvat tulo- ja poistoilmanvaihdon määrästä. Tuloilmanvaihdon riittävyys on huomioitava samanaikaisesti, jos tilassa lisätään poistoilmanvaihtoa. [7, s. 46.]

### 5.3 Hylsyjen ominaisuudet ja seuranta

Hylsulle on asetettu laatumäärittelyt, jotka sen tulee täyttää ennen asiakkaalle toimittamista. Laatumäärittelyt sisältävät muun muassa arvot hylsyn minimikestävyydestä, toimituskosteudesta ja minimilujuudesta.[3.] Kierrehylsulle suoritetaan lujuteen ja mittatarkkuuteen liittyviä testejä. Radiaalinen puristuslujuuskoe on hylsyn tärkein testi, joka toimii myös laatukriteerinä. Puristuslujuuskokeen periaatteena on asettaa hylsy laitteeseen, jonka alapinnan on oltava tasainen ja paikallaan oleva. Hylsyä puristetaan sen yläpuolelle tulevalla sylinterillä, jonka seurauksena hylsy antaa tietyssä pisteessä periksi. [2, s. 186.] Hylsystä tarkastetaan seinämän paksuus, sisä- ja ulkomittat sekä mitataan kosteus tuotannon päässä ennen kuivaamoa ja kuivaamon jälkeen ennen asiakkaalle toimittamista. Hylsyjen ominaisuuksia on verrattu laatukriteereihin, jonka vuoksi hylsyn laadussa on todettu olevan pientä soikeutta. Huonolaatuiset hylsyet menevät hylkyyn.

### 5.4 Kuivaamon ilmanvaihto

Hylsykuivaamon tulo- ja poistoilmakoje on Fläktwoods valmistama ja malliltaan eQ-068. Ilmankäsittelykoje on asennettu salin toiseen päähän lattiatasoon. Tuloilmakojeessa on höyrypatteri, jolla lämmitetään vesikatolta tuleva ulkoilma kuivaamoon sopivaksi. Jäte- ja palautusilmakanavaan asennettujen käsisäätöisten peltien avulla voidaan säädellä poistoilman määrää jäte- ja palautusilmassa. Palautusilman käyttöä lisätään ulkoilman kylmetessä ja kuivuessa. Palautusilman käytöllä, puhaltimien ilmamäärien taajuusmuuntajan säädöllä tai tuloilman lämpötilan säädöllä voidaan muuttaa kuivatuksen tehoa. Palautusilman tarkoituksena on kierrättää ja lämmittää huoneilmaa esimerkiksi yön aikana. Hylsytehtaalla hylsykoneen miehistyö työskentelee arkipäivisin kaksivuorotyötä työaikamuodossa 25. Hylsyjen sahaus ja toimitus tapahtuu kolmivuorotyössä työaikamuodossa 37. Hylsytehtaan tuotantoprosessi on esitetty kuvassa 8.



### KUVA 8. Hylsytehtaan tuotantoprosessi

Kuivaamon ilmankäsittelykojeen puoleiseen päätyyn sijoitetut tuloilmasuuttimet ovat asennettu lattian tasalle, koska lämmintä ilmaa puhallettaessa ilman on luontevampaa nousta ylöspäin. Ilmankäsittelykojeen puoleiselle seinustalle on asennettu neljä kappaletta poistoilmasäleiköitä tasaisille välimatkoille. Poistojen sijoitus on arvioitu mahdollisten nousevien virtausten ja epäpuhtauslähteiden mukaan. Tulo- ja poistoilmamäärän suunnitteluarvoiksi on asetettu  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Automatiikan avulla voidaan määrittää palautus- ja ulkoilman sekoitussuhde tuloilmaan kun puhaltimet ovat käynnissä. Tällöin tulo-, palautus- ja jäteilmapellit avautuvat minimissään 50 %, jolloin pellit toimivat samassa suhteessa. Logiikan avulla säädelään tulo- ja jäteilmapeltiä sekä palautusilmapeltiä. Tuloilman asetuslämpötilaa on mahdollista säätää manuaalisesti hylsytehtaan paneelilta esimerkiksi +/- 5 astetta. Toiminta tapahtuu päinvastaisesti jos kosteusasetus on suurempi kuin kosteuden oloarvo kuivaamossa. Puhaltimien käyttöajan ulkopuolella esimerkiksi huoltotöiden aikana, tulo- ja jäteilmapelti ovat suljettuina ja palautusilmapelti on auki. [17.] Liitteessä 2 on esitetty hylsykuivaamon säätökaavio.

TV1 -höyrynsäätöventtiiliä ohjaamalla tuloilman lämpötila voidaan pitää asetusarvossaan. Lämmityspatterin paluuvesianturi estää paluuvien lämpötilan laskemisen alle  $13 \text{ }^\circ\text{C}$ :een, mutta jos lämpötilan säädöstä huolimatta paluuvien lämpötila laskee alle  $8 \text{ }^\circ\text{C}$ :een, puhaltimet pysähtyvät ja logiikka hälyttää jäätymisvaarasta. Puhaltimien käytön ajan ulkopuolella, logiikka avaa 10 % TV1-höyryventtiiliä 20 sekunnin ajaksi viiden minuutin välein ja tällä estetään lämmityspatterin jäätyminen. Tuloilmakanavaan on asennettu TE1 -lämpötila-anturi, joka ilmoittaa ala- ja ylärajahälytykset läm-



pötilasta. Lämpötilan ylärajahälytys ilmoittaa palovaarasta ja pysäyttää puhaltimet. Hälytysrajat ovat säädettävissä hylsytehtaan paneelin kautta. Poistoilmakanavaan on asennettu myös TE2 -lämpötila-anturi, josta saadaan lämpötilan avulla palovaarahälytys. Hälytys poistoilmakanavassa pysäyttää puhaltimet ja tulo- ja poistoilmapellit menevät kiinni. Mahdolliset jäätymis- ja palovaarahälytykset on kuitattava logiikasta, jotta puhaltimet käynnistyvät uudelleen. [17.]

## **6 NYKYISEN LAITTEISTON TOIMINTA**

Ennen mittausten aloittamista pohdittiin, mitä mittauksia hylsykuivaamossa tulisi suorittaa ja mitkä häiriötekijät niihin voisivat vaikuttaa. Kuivaamossa mitattiin ilman virtausnopeuksia, lämpötiloja ja kosteutta eri pisteissä sekä paine-eroa tulo- ja poistoilmassa. Kuivaamossa mitattujen ilman virtausnopeuksien avulla pyrittiin selvittämään ilman liikkumista hylsykuivaamossa sekä lämpötila- ja kosteusmittauksilla olosuhteiden pysyvyyttä eri puolilla kuivaamoja. Paine-eromittauksista lähdettiin toteuttamaan, koska täytyi saada selville tulo- ja poistoilmapuhaltimen ilmamäärät. Myös laarien ilmankierrätyspuhaltimien rikkoutumisen tarkastelu vaati ilman tilavuusvirran selvittämistä, koska siipipyörien toimittajalla oli epäily, että puhaltimien siipipyörät rikkoutuvat liian suuresta ilmamäärästä tai turbulenssin aiheuttamasta värähtelystä. Ilmavirta- ja paine-eromittaukset suoritettiin Corenso Imatran hylsytehtaan kuivaamossa 13.3–14.3.2014 välisenä aikana. Mittauksessa käytettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun Ivi-laboratoriosta lainassa ollutta Airflow TA465-P -mittaria, jonka laatu on taattu standardin ISO 9001 mukaisesti. Mittalaite on kalibroitu SFS 5511:ssä selostettujen vaatimusten mukaan 30. lokakuuta 2012. Kalibroinnilla tarkoitetaan toimenpidettä, jolla määritetään mittalaitteen systemaattisen virheen suuruus [18, s. 51].

### **6.1 Ilmavirta-, lämpötila- ja suhteellisen kosteuden mittaukset**

Hylsykuivaamon ilman virtausnopeuksien, lämpötilojen ja suhteellisen kosteuden mittauksilla haluttiin selvittää, miten arvot vaihtelevat hylsykuivaamossa sekä vaikuttavatko siipipyörien toimivuudet ilman nopeuteen kuivaamon eri osissa. Ilman virtausnopeudet, lämpötilat ja kosteudet mitattiin laarien 10, 12, 15 ja 22 edustoilta yhdeksästä eri kohdasta. Mittauksista kirjattiin ylös 10 sekunnin ajalta oleva keskiarvo. Liit-

teessä 3 on kuvattu siipipyörien toimivuus sekä mittauspisteet. Mittaustuloksiin (liite 4) on merkitty mittauspiste, mitattu suure, mittarivirhe sekä korjattu suureen arvo.

Tummennetulla tekstillä (liite 4) on merkattu huomautuksia tarvitsevat kohdat, koska esimerkiksi laari 15 mittauksissa ensimmäisen mittauspisteen kohdalla puhallin ei ollut toiminnassa. Laari 22 kohdalla tummennetut kohdat mittauksista on otettu hylsyn päästä, jolloin virtausnopeus tulee kahden hylsykerroksen läpi. Tumentamattomat mittauspisteet laarin 22 kohdalla tarkoittavat, että mittauspisteen edessä oli laari 21 täynnä hylsyjä ja laarissa 22 hylsyjä oli vain pohjakerroksessa.

## 6.2 Paine-eromittaukset

Paine-eromittaukset suoritettiin hylsykuivaamossa sijaitsevan Fläktwoods eQ-068 - ilmanvaihtokojeen vaipan ulkopuolella sijaitsevista mittayhteistä Airflow TA465-P -mittarilla ja letkujen avulla. Mittausdata tallennettiin mittarin muistiin sekunnin välein kymmenen sekunnin ajan, ja tulosten perusteella mittari määritteli paine-erolle keskiarvon. Paine-eromittaukset sekä mittarivirhe ja niistä lasketut tilavuusvirrat on esitetty taulukossa 1. Mittauspaineen  $\Delta p$  ja k-kertoimen avulla ilmavirta  $q_v$  voidaan laskea kaavan (2) avulla.

**TAULUKKO 1. Tulo- ja poistoilmakanavan paine-eromittaukset**

	Tuloilmakanava	Poistoilmakanava
Paine-ero (Pa)	3496,7	1923,6
k-kerroin	6,02	6,02
Mittarivirhe (Pa)	-1,3	-0,3
Korjaus (Pa)	3495,4	1923,3
$q_v$ (m <sup>3</sup> /s)	9,82	7,29

Kanavassa vallitseva tilavuusvirta saadaan yhtälöstä

$$q_v = \frac{1}{k} \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (2)$$

$q_v$	on tilavuusvirta, $m^3/s$
$k$	on puhaltimelle asetettu kerroin
$\Delta p$	on paine-ero, Pa

Tuloilmavirta saadaan yhtälöstä

$$q_{v,t} = \frac{1}{6,02} \cdot \sqrt{3495,4 \text{ Pa}}$$

$$q_{v,t} = 9,8 \frac{m^3}{s}$$

### 6.3 Hylsyjen laatu ja kuivaamon olosuhteet

Hylsytehtaan työntekijät tekevät hylsyjen ominaisuusmittaukset otoksina muutamia kertoja meneillään olevan ajon aikana. Useimmiten mittaustulokset kirjataan hylsyjen ominaisuuksista ja kuivaamon olosuhteista kolme kertaa päivässä kerran jokaisen vuoron alussa. Tiedot on kirjattu vihkoon, josta tulokset siirrettiin Exceliin tarkempaan käsittelyyn opinnäytetyötä varten kesäkuun 2013 alusta helmikuun 2014 loppuun. Tiedot kirjautuvat myös Corenso Oy:n tietokantaan, johon en opinnäytetyön aikana saanut tunnuksia pitkän jonotusajan vuoksi. Tiedonkeruujalta ei ole tallennettu ulkoilman lämpötila- ja kosteustietoja hylsytehtaan toimesta, vaan ne on pyydetty ilmatieteenlaitokselta Lappeenrannan mittauspisteestä. Lappeenrannan ilman lämpötilan ja kosteuden mittaustuloksissa voi olla joitakin eroavaisuuksia Imatran olosuhteisiin verrattuna.

Opinnäytetyöhön on poimittu hylsykuivaamon olosuhteiden ja hylsyjen ominaisuuksien seurantamittausten tulokset kolmelta eri kuukaudelta, ja ne löytyvät liitteistä. Kuukaudet on valittu ulkoilman kosteuden perusteella, koska sen on todettu aiheuttavan ongelmia kuivaamon toimintaan ja hylsyjen kuivumiseen. Hylsyjen mittaustuloksia verrattiin laatuspesifikaatioihin ja laskettiin hylsyn ominaisuuksien eroavaisuudet vaadittuihin laatuksiterieihin. Liitteistä voidaan nähdä kolmen eri kuukauden ajalta poimitut tiedot hylsyjen valmistusmäärästä, pituudesta, puristuslujuudesta, kosteuspiitoisuudesta sekä sisä- ja ulkohalkaisijasta. Liitteeseen 11 on valittu ne hylsyajot, joissa ilmenee eroa verrattuna laatuspesifikaatioihin. Liitteestä voidaan huomata, että ainoastaan sisähalkaisijaltaan 151,5 mm oleviin hylsyihin on tullut vääristymää. Kyseisen mitan sisä- ja ulkohalkaisijan toleranssi on +/- 0,5. Toinen asia, joka on hyvä huomi-

oida, on hylsyjen sijoittuminen hylsykuivaamossa. Kyseiset hylsy sijoittuvat laareihin 10, 11, 21 ja 22, jotka sijaitsevat hylsykuivaamon poistopäässä. Ilman virtausnopeuksien sekä ilman lämpötila ja kosteusmittaustulokset edellä mainittujen laarien kohdalta löytyvät liitteestä 4.

#### 6.4 Poistoilman käyttö palautusilmassa

Tämän osion tarkoituksena on selvittää, mikä on hylsykuivaamosta poistettavan ilman osuus palautusilmassa sekä missä suhteessa säätöpellit avautuvat toisiinsa nähden. Laskennan avulla saadaan selville onko nykyisellä ilmanvaihtolaitteistolla mahdollista saada hylsykuivaamoon optimaalista ilmantilaa eri vuodenaikoina. Osiossa selvitetään lopputulokseen johtaneet kaavat sekä tulokset taulukkomuodossa. Laskennassa ei ole huomioitu puhaltimien aiheuttamaa lämpötilan nousua. Hylsytehdas valmistaa vuorokaudessa keskimäärin 26800 kg hylsyjä, joista haihtuu vettä ilmaan kilogrammaa kohden noin 11 %. Vuorokaudessa hylsyistä höyrystyvä veden määrä saadaan kaavan 3 avulla. Höyrystyvän veden kilogramma/vuorokausi on käytännöllisempää muuttaa kilogrammaa/tunnissa muotoon.

Hylsyistä höyrystyvän veden massavirta saadaan yhtälöstä

$$q_m = 26\,800 \frac{\text{kg}}{\text{vrk}} * 0,11 \quad (3)$$

$$q_m = 2948 \text{ kg/vrk}$$

$$q_m = \frac{2948 \frac{\text{kg}}{\text{vrk}}}{24}$$

$$q_m = 122,4 \text{ kg/h}$$

$q_m$  on hylsyistä höyrystyvän veden massavirta, kg/h

Tuloilman massavirran määrittämiseen laskettiin ulkoilman tiheydelle tarkempi arvo kaavan 4 avulla, koska tiheys vaihtelee eri lämpötiloissa. Tuloilman massavirran laskennassa käytettiin hylsykuivaamoon asetettua tulo- ja poistoilman tilavuusvirran suunnitteluarvoa  $8 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Ulkoilman tiheys saadaan yhtälöstä

$$\rho = \frac{M_i * p_i}{R_u * T} \quad (4)$$

$\rho$	on ulkoilman tiheys, kg/m <sup>3</sup>
$M_i$	on ilman moolimassa, kuivalle ilmalle 28,97 kg/kmol
$p_i$	on kaasupaine, 101325 Pa
$R_u$	on yleinen kaasuvakio, 8317 J/kmolK
$T$	on ilman absoluuttinen lämpötila, K

Tuloilman massavirta saadaan yhtälöstä

$$q_{m,t,i} = q_{vt} * \rho \quad (5)$$

$q_{m,t,i}$	on tuloilman massavirta, kg/s
$q_{vt}$	on tuloilman tilavuusvirta, m <sup>3</sup> /s
$\rho$	on ulkoilman tiheys, kg/m <sup>3</sup>

Eri vuodenaikojen ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvot poimittiin kuukausikeskiarvojen perusteella, jotka löytyvät liitteestä 12 [11, s. 68, 75]. Hylsykuivaamon poistoilman tavoitelämpötila ja suhteellinen kosteus sekä ulkoilman vuodenajan keskiarvo sijoitettiin Mollier-diagrammiin. Diagrammin avulla saatiin selville vesihöyryn määrän suhde kuivan ilman määrään eli absoluuttinen kosteus. Ulkoilman absoluuttista kosteutta sekä tuloilman massavirtaa apuna käyttäen laskettiin tuloilman mukana tuleva vesivirta kaavan 6 avulla.

Tuloilman vesivirta saadaan yhtälöstä

$$q_{m,t,H_2O} = q_{m,t,i} * x_u \quad (6)$$

$q_{m,t,H_2O}$	on tuloilman vesivirta, g/s
$q_{m,t,i}$	on tuloilman massavirta, kg/s
$x_u$	on ulkoilman absoluuttinen kosteus, g/kg

Hylsystä höyrystyvän veden ja tuloilman vesivirran summasta saatiin tilaan tullut kokonaisvesimäärä. Poistoilman mukana poistuva veden massavirta laskettiin Mollier-

diagrammin avulla saadun poistoilman absoluuttisen kosteuden ja tilaan tulevan tuloilman massavirran perusteella. Tilaan tulevan vesivirran ja poistoilman vesivirran erotuksella saadaan selville palautusilman vesivirta. Palautusilman prosentuaalinen osuus tuloilmasta saadaan laskemalla palautusilman suhde poistoilmaan. Taulukkoon 2 on koottu laskennan tulokset talviajalta. Tuloksia tarkastellaan eri vuodenaajoilta luvussa seitsemän.

**TAULUKKO 2. Poistoilman jakautuminen jäte- ja palautusilmaan talviaikana**

Talvi		
$t_u$	-8,2	K
$\varphi_v$	87,7	%
$x_u$	1,64	g/kg
$\rho$	1,33	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	10,66	kg/s
Tuloilman vesivirta	17,49	g/s
	62,95	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	185,79	kg/h
Poistoilman vesivirta	84,34	g/s
	303,63	kg/h
Palautusilmanosuus	117,85	kg/h
Palautusilman säätöpelti	38,8	%
Jäteilmanosuus	185,79	kg/h
Jäteilman säätöpelti	61,2	%

## 7 TULOSTEN TARKASTELU

Corenso Imatran uudessa hylsykuivaamossa oli havaittu ongelmia kuivaamon olosuhteissa ja hylsyn laadussa, jonka vuoksi opinnäytetyössä lähdettiin tarkastelemaan kuivaamon olosuhteiden vaikutusta hylsyn laatuun. Hylsyn kuivaamisessa on tärkeää, että kuivumisnopeus pysyy optimaalisena, sillä hylsyn nopea tai liian hidaskuivuminen aiheuttaa hylsulle muodonmuutoksia. Mittaustulosten perusteella epäkohtia hylsyn laadussa esiintyy suurimmaksi osaksi kuivaamon loppupäässä laareissa 10, 11, 21 ja 22. Hylsyjen laadun testausmenetelmä voi saada aikaan hieman mittausten vääristymiä, sillä hylsyn ominaisuudet tarkastetaan heti hylsyn valmistumisen jälkeen ennen kuivaamoa, hylsytehtaan laboratoriossa. Valmistetusta hylsystä otetaan testinäytteet 100 mm ja 30 mm kiekot. 100 mm kiekosta mitataan puristuslujuus ja tarkastetaan liimaus. 30 mm kiekosta mitataan uunikosteus eli niin sanottu ajokosteus, jolloin tes-

tinäyte laitetaan kahdeksi tunniksi uuniin 150 °C:een. Tämän jälkeen koepalasta mitataan hylsyn sisä- ja ulkohalkaisija sekä hylsyn kosteuspitoisuus ja puristuslujuus. Testauksen tarkoituksena on saada aikaan vastaavanlainen prosessi kuin hylsykuivaamossa. Kuivausilmauunissa olevat olosuhteet säilyvät lähestulkoon aina samanlaisina, kun taas hylsykuivaamon olosuhteet vaihtelevat melko suurestikin eri tuotantotilojen välisen paine-erojen vuoksi. Kuivaamon jälkeen otetaan vastaavat näytteet ja tarkastetaan vastaavatko mittaustulokset laatukriteereitä.

Ilmanvaihtokoneen tuloilman asetusarvona voidaan pitää maksimissaan 40 °C lämpötilaa. Hylsykuivaamon lämpötilojen mittaustuloksia tarkasteltaessa voidaan todeta, että 40 °C lämmityspatterin asetusarvo ei ole riittävä pitämään kuivaamon lämpötilaa tavoitellussa 30 °C:ssa. Vaikka hylsykuivaamoon puhallettavan ilman lämpötilaksi on asetettu 40 °C, tuloilman lämpötila vaihtelee 30–45 °C välillä ja kuivaamosta poistettavan ilman lämpötila liikkuu 22–33 °C välillä. Lämpötilan pysymättömyys aiheuttaa suuria vaihteluita kuivaamon olosuhteissa, jolloin hylsyn laatuun ei oletettavasti pysy samana. Ilmanvaihtolaitteisto on suunniteltu edellisen kuivaamon kapasiteetin perusteella. Verrattuna edelliseen kuivaamoon, tänä päivänä Corenso Imatran tuotantomäärä on kasvanut ja kuivaamo on rakenteellisestikin erilainen. Muun muassa edellisessä kuivaamossa kuivaamon päädyissä olevat, niin sanotut hylsyhissien aukot olivat tukittuina. Osa kuivaamon lämmöstä ja kosteudesta karkaa hylsyhissien aukkojen kautta tuotantotilaan.

Hylsykuivaamon tavoitelämpötilaksi on asetettu 30 °C ja -kosteudeksi 30 %. Valmistuneet kartonkihylsytyt ovat kuin kostutettua paperia tullessaan kuivaamoon. Hylsyn kuivatuksessa vesi haihtuu sisäilmaan, joka vaikuttaa hylsykuivaamon olosuhteisiin yhdessä ulkoilman suhteellisen kosteuden kanssa. Mittaustuloksia tarkastelemalla voidaan todeta, että vaikka ulkoilman suhteellinen kosteus on suuri, niin kuivaamon kosteus voi laskea alle asetusarvon. Tässä tapauksessa riippuen vuodenajasta automaattikan tulisi säätää palautusilman määrää alhaisemmaksi ja kasvattaa ulkoilman käyttöä tuloilmassa. Palautusilman osuus tuloilmassa pienenesi ja saataisiin enemmän ulkoa tulevaa kostea ilmaa. Kuivaamon suhteellinen kosteuspitoisuus on mittaustulosten perusteella riippuvainen sekä ulkoilman suhteellisesta kosteudesta että hylsyjen tuotannon määrästä. Palautusilmaa ei tarvitse käyttää kostealla ilmalla jos kuivaamon kuivatusolosuhteet pysyvät optimaalisina.

Tarkastelemalla hylsytehtaan vuorokausituotannon keskiarvoa, saatiin selville hylsyistä höyrystyvä vesivirta vuorokaudessa. Hylsykuivaamosta poistettavan ilman vesivirta saadaan, kun hylsyistä höyrystyvä vesivirta lisätään tuloilman vesivirtaan. Poistoilman vesivirran erotus tuloilman vesivirrasta kertoo, kuinka monta kiloa vettä tarvitaan palautusilmaan tunnissa, jotta tuloilma pysyy optimaalisena. Loppuosa poistoilmasta menee jäteilmaan. Jäte-, poisto- ja ulkoilmakanavien säätöpeltien avulla ilman osuuksia säädetään eri kanavaosissa tarpeen mukaan. Liitteestä 13 nähdään, että esimerkiksi kesällä pelkkien säätöpeltien ja lämmityspatterin avulla ei pystytä pitämään poistoilman tilaa tavoitteiden mukaisissa arvoissa. Laskelmat ovat suuntaa-antavia ja kuten jo aiemmin mainittiin, laskelmissa ei ole otettu huomioon mahdollista lämpötilan nousua tulo- ja poistoilma puhaltimissa. Lämpötilan nousu puhaltimessa ei kuitenkaan ole niin suuri, että sillä olisi suurta vaikutusta hylsykuivaamon kuivatusolosuhteisiin.

## 7.1 Talvi

Maaliskuun kuukausituotannon perusteella on laskettu hylsyjen massavirta kilogrammaa vuorokaudessa, joka on myöhemmin muutettu hylsyistä haihtuvaksi vesivirraksi kilogrammaa tunnissa. Laskelmissa on käytetty talvikuukausien, joihin kuuluvat joulu-, tammi- ja helmikuu, ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoa (liite 12), joiden avulla on saatu absoluuttinen kosteus Mollier-diagrammista. Talvisin voidaan huomata, että hylsyistä haihtuva kosteuden määrä on lähestulkoon puolet suurempi kuin tuloilman mukana kulkeutuvan kosteuden (kts. kaava 3). Hylsykuivaamon poistoilman tavoitearvoiksi annetut 30 °C ja 30 % antavat Mollier-diagrammiin sijoitettuna absoluuttiseksi kosteudeksi 7,91 g/kg. Jotta poistoilman vesivirta saadaan tavoiteltuun arvoon, on laskelmien perusteella palautusilman säätöpellin oltava auki talvisin noin 40 % (taulukko 3). Ulkoilman ollessa kuivaa palautusilmaan tarvitaan lisää kosteutta, jotta kuivaamon olosuhteet pysyisivät suotuisina. Tulosten perusteella voidaan todeta, että tuo 40 % ei päde talven jokaisena päivänä, sillä talven ulkoilman olosuhteet on laskettu kolmen kuukauden keskiarvosta. Tulokset antavat kuitenkin suuntaa, miten säätöpeltien täytyisi toimia kyseisellä hetkellä kun tiedetään poistoilman tavoitetila, ulkoilman absoluuttinen kosteus, tuloilman massavirta ja hylsyjen massavirta.



**TAULUKKO 3. Poistoilman jakautuminen jäte- ja palautusilmaan talvella**

<b>Talvi</b>		
$t_u$	-8,2	K
$\varphi_v$	87,7	%
$x_u$	1,64	g/kg
$\rho$	1,33	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	10,66	kg/s
Tuloilman vesivirta	17,49	g/s
	62,95	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	185,79	kg/h
Poistoilman vesivirta	84,34	g/s
	303,63	kg/h
Palautusilmanosuus	117,85	kg/h
Palautusilman säätöpelti	38,8	%
Jäteilmanosuus	185,79	kg/h
Jäteilman säätöpelti	61,2	%

## 7.2 Kevät

Laskelmissa on käytetty kevätkuukausien, joihin kuuluvat maaliskuu-, huhti- ja toukokuu, ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoa (liite 12), joiden avulla on saatu absoluuttinen kosteus Mollier-diagrammista. Kevään aikana ulkoilman absoluuttinen kosteus on jo suurempi kuin talvikuukausien aikana, joka johtuu lämpötilan noususta sekä suhteellisesta kosteudesta. Hylsykuivaamon tuloilman vesivirrasta on havaittavissa se, että vesivirta kaksinkertaistuu talviolosuhteisiin nähden. Tuloilman vesivirran kasvaessa keväällä, palautusilmaa käytetään vähemmän kuin talven aikana. Tulosten mukaan palautusilman säätöpellin ei tarvitsisi olla kuin 16 % auki (taulukko 4), mutta kostealla ilmalla palautusilmaa ei tarvitse käyttää ollenkaan.

**TAULUKKO 4. Poistoilman jakautuminen jäte- ja palautusilmaan keväällä**

<b>Kevät</b>		
$t_u$	2,4	K
$\varphi_v$	73,3	%
$x_u$	3,29	g/kg
$\rho$	1,28	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	10,25	kg/s
Tuloilman vesivirta	33,73	g/s
	121,43	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	244,26	kg/h
Poistoilman vesivirta	81,10	g/s
	291,95	kg/h
Palautusilmanosuus	47,68	kg/h
Palautusilman säätöpelti	16,33	%
Jäteilmanosuus	244,26	kg/h
Jäteilman säätöpelti	83,67	%

### 7.3 Kesä

Kesäkuukausien laskelmissa on käytetty kesä-, heinä- ja elokuun ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoa (liite 12). Kesäkuukausien keskiarvot sijoitettiin Mollier-diagrammiin, josta saatiin absoluuttinen kosteus. Kuten taulukosta 5 voidaan huomata, kesäkuukausien absoluuttinen kosteus on lähes sama kuin hylsykuivaamon poistoilman tavoitetilän. Tässä tilanteessa hylsykuivaamoon on puhallettava kuivempaa ilmaa, jotta ulkoilman mukana tulevan kosteuden on helpompi sitoutua siihen. Kesätilanteessa ei tarvita palautusilman käyttöä. Laskelmat ovat yhteydessä hylsytehtaan työntekijöiden kokemuksiin, sillä työntekijöiden mukaan hylsynkuivauksessa ilmenee eniten vaikeuksia kesäkuukausina ja kostealla ilmalla kun puhutaan ulkoilman absoluuttisesta kosteudesta.

**TAULUKKO 5. Poistoilman jakautuminen jäte- ja palautusilmaan kesällä**

<b>Kesä</b>		
$t_u$	15,5	K
$\varphi_v$	70,3	%
$x_u$	7,69	g/kg
$\rho$	1,22	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	9,79	kg/s
Tuloilman vesivirta	75,26	g/s
	270,94	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	393,77	kg/h
Poistoilman vesivirta	77,41	g/s
	278,69	kg/h
Palautusilmanosuus	-115,08	kg/h
Palautusilman säätöpelti	-41,29	%
Jäteilmanosuus	393,77	kg/h
Jäteilman säätöpelti	141,29	%

#### 7.4 Syksy

Laskelmissa on käytetty syyskuukausien, joihin kuuluvat syys-, loka- ja marraskuu, ulkoilman lämpötilan ja suhteellisen kosteuden keskiarvoa (liite 12). Lämpötila 4,1 K ja suhteellinen kosteus 87,3 % sijoitettiin Mollier-diagrammiin, josta saatiin ulkoilman absoluuttiseksi kosteudeksi 4,42 g/kg. Laskelmista voidaan todeta (taulukko 6), että ulkoilman absoluuttisen kosteuden ollessa syyskuukausina 4,42 g/kg, palautusilmaa ei tarvitse käyttää. Laskuissa käytettyjen suureiden mukaan syyskuukausien keskimääräinen ulkoilman tila olisi optimaalinen hylsynkuivatusta ajatellen.

**TAULUKKO 6. Poistoilman jakautuminen jäte- ja palautusilmaan syksyllä**

Syksy		
$t_u$	4,1	K
$\varphi_v$	87,3	%
$x_u$	4,42	g/kg
$\rho$	1,27	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	10,19	kg/s
Tuloilman vesivirta	45,04	g/s
	162,13	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	284,97	kg/h
Poistoilman vesivirta	80,60	g/s
	290,16	kg/h
Palautusilmanosuus	5,19	kg/h
Palautusilman säätöpelti	1,79	%
Jäteilmanosuus	284,97	kg/h
Jäteilman säätöpelti	99,02	%

## 8 POHDINTA

Tässä opinnäytetyössä saavutettiin opinnäytetyölle asetetut tavoitteet siinä määrin, että opinnäytetyöstä saadaan selville millä kapasiteetilla hylsykuivaamo voidaan käyttää, jotta hylsyn laatu pysyy tasaisena. Opinnäytetyössä selvitettiin miten eri vuodenaikojen ulkoilman tila vaikuttaa kuivaamon toimintaan ja miten kuivatusolosuhteet vaihtelevat kuivaamon eri osissa. Opinnäytetyöstä selviää suuntaa-antavasti miten kanaviin sijoitetut säätöpellit toimivat eri vuodenaikoina. Opinnäytetyön tulosten pohjalta on pohdittu ratkaisuja, jotka vaikuttavat myönteisesti optimaalisten kuivatusolosuhteiden tavoitteluun.

Opinnäytetyön myötä todettiin, että hylsykuivaamoon tarvitaan lisäkuivausta kun ulkoilman absoluuttinen kosteus nousee lähelle poistoilman tavoiterajaa. Liian kostealla ilmalla myös hylsyn kuivatusaika kuivaamossa kasvaa, joka aiheuttaa hylsulle ei-toivottuja muodonmuutoksia. Hylsyn laadun vaihteluihin vaikuttaa kuivatusolosuhteiden pysymättömyys, mikä taas johtuu suurista vuotoilmavirroista. Suuret vuotoilmavirrat aiheutuvat kuivaamon ja muiden tilojen välisistä paine-eroista.

Opinnäytetyön tulokset ovat siinä määrin merkittäviä, että saatiin selville suuntaa-antavasti miten eri vuodenaikojen ulkoilman olosuhteet vaikuttavat hylsykuivaamon

toimintaan. Tulosten perusteella paikannettiin myös epälaadullisten hylsyjen sijainti kuivaamossa. Opinnäytetyön aikana olisi ollut mielenkiintoista vertailla kuivatusolosuhteiden pysyvyyttä pidemmällä aikavälillä kun hylsyhissien aukot ovat nykyisellään eli auki ja aukkojen ollessa suljettuina.

Hylsykuivaamon tämän hetkisen tilanteen parantamiseksi seinässä olevat aukot tulee peittää, jotta paine-eroista johtuvat vuotoilmavirrat vähenisivät ja kuivaamo pysyisi tiiviinä, yhtenäisenä tilana. Aukkojen tukkiminen vaikuttaisi eniten loppupäässä olevien hylsyjen kuivumiseen. Vuotoilmavirrat lisäävät tilojen välisiä ilmavirtoja, jotka aiheuttavat kuivatusolosuhteiden vaihtelua. Kuivatusolosuhteita täytyy tarkastella uudelleen pidemmällä aikavälillä aukkojen peittämisen jälkeen, jotta saadaan aukkojen peittämisestä aiheutuva vaikutus selville. Hylsykuivaamon ilman liikettä olisi voitu tarkastella tarkemmin merkkisavulla, jolla ilman liikkuminen olisi saatu selville. Lyhyen ajan puitteissa, siihen ei kuitenkaan ollut mahdollisuuksia. Opinnäytetyön kirjoittamisen loppuvaiheessa hylsykuivaamon hylsyhissin alkupään aukkoon oli saatu käytännöllinen ratkaisu.

Eri vuodenajoille suoritetuista laskelmista selviää säätöpeltien toiminta eri ulkoilman tilojen aikana tietyllä hylsyntuotannon määrällä. Esimerkiksi kesäkuukausina ja suuren ulkoilman absoluuttisen kosteuden aikana kuivaamossa ei käytetä palautusilmaa. Tuloilma pitää saada riittävän kuivaksi edellä mainittuina aikoina, jotta ilma ei ole liian kostea ja aiheuta haittaa hylsynlaadulle. Kuivaamossa kannattaisi kokeilla esimerkiksi erillisen ilmankuivaimen käyttöä, koska ilmanvaihtokojeen lämmityspatterin lämmitysteho ei ole riittävä kesäkuukausina ja ulkoilman absoluuttisen kosteuden ollessa korkealla. Vaihtoehtona voisi olla myös sijoittaa esimerkiksi jäähdytyspatteri ennen lämmityspatteria, ilmaa voitaisiin kuivattaa riittävästi, jotta päästäisiin kuivaamossa tavoiteltuihin olosuhteisiin. Yksi vaihtoehto on myös sijoittaa kuivaamoon kondenssikuivain, jolloin kylmäkoneen lauhdelämmöllä saadaan tilaan lämmintä ilmaa. Ilman kuivattamiseen voidaan vaikuttaa myös osittain tuloilmavirran nostamisella.

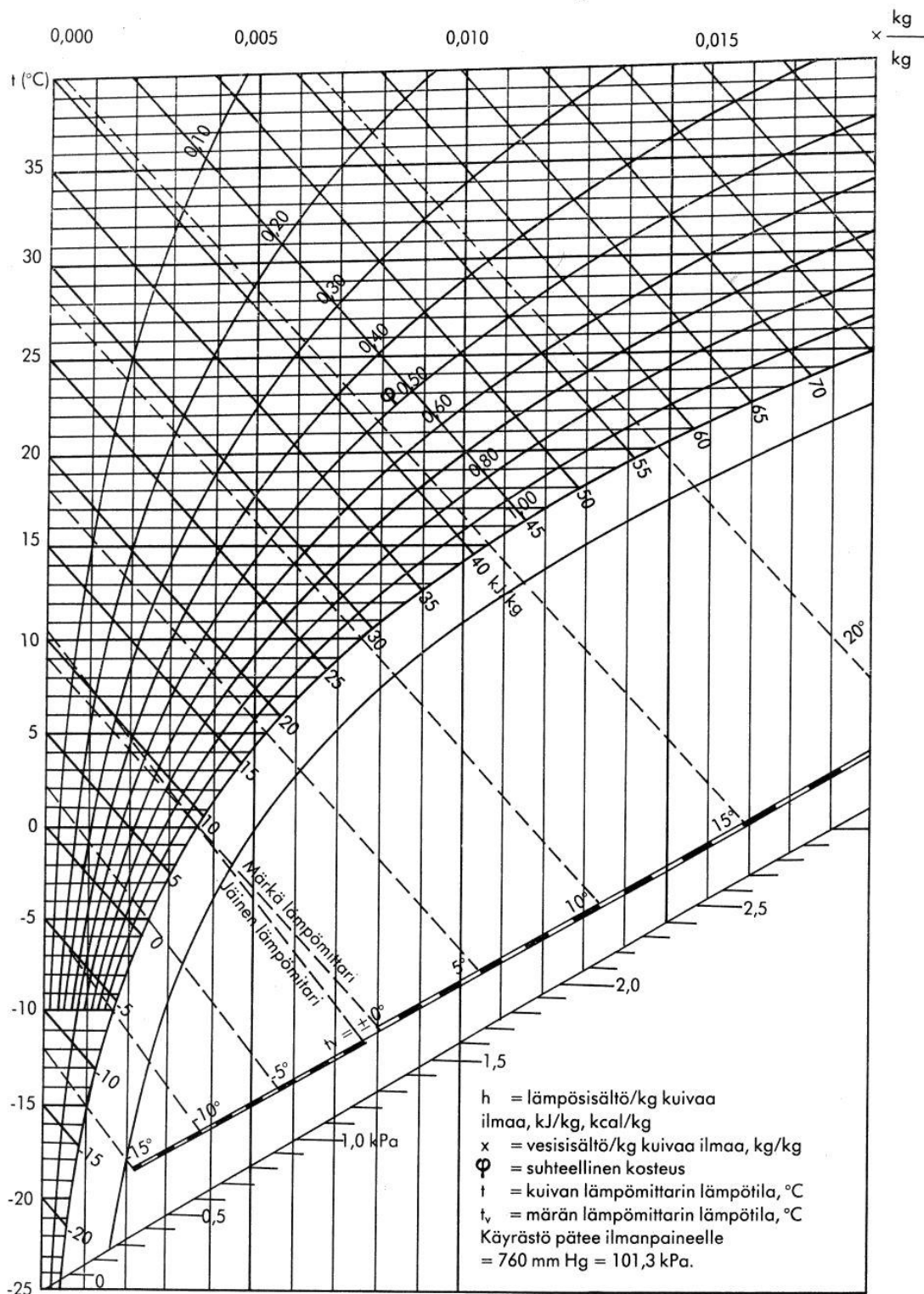
Opinnäytetyötä tehdessäni hylsytehtaalla ei ollut vielä omia ulkoilman lämpötila- ja kosteusantureita, joista saataisiin kerättyä tietoa halutun ajanjakson verran. Jatkoa ajatellen antureista saatavat tiedot olisivat nopeasti käytettävissä ja tarkempia kuin esimerkiksi käyttämäni Lappeenrannan ulkoilman olosuhdetiedot.

## LÄHTEET

1. Corenso United Oy Ltd 2013. Yrityksen www-sivut. <http://www.corenso.com/en/index.php>. Päivitetty 2.1.2014. Luettu 2.1.2014.
2. Karhuketo, Hannu, Seppälä, Hannu, Törn, Tage, Viluksela, Pentti. Paperin ja kartongin jalostus. Opetushallitus. 2004.
3. Jaatinen, Lea 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 2.3.2014. Corenso United Oy Ltd Imatra. Material flow manager.
4. ISO 9001. 2008. Laadunhallintajärjestelmät - vaatimukset. 4. painos.
5. ISO 14001. 2004. Ympäristöjärjestelmät- vaatimukset ja opastusta niiden soveltamisesta. 2. painos.
6. ISO 22000. 2006. Elintarviketurvallisuuden hallintajärjestelmät- vaatimukset kaikille elintarvikeketjun organisaatioille. 1. painos.
7. Teollisuusilmastoinnin opas. 2000. Suomen talotekniikan kehityskeskus Oy. WWW-dokumentti. [www.vantalvi.fi/uploads/files/44\\_Teoll.ilm.170902\\_1.doc](http://www.vantalvi.fi/uploads/files/44_Teoll.ilm.170902_1.doc). Ei päivitystietoa. Luettu 2.1.2014.
8. Teollisuusilmastointi. 2011. Työterveyslaitos. WWW-dokumentti. <http://www.ttl.fi/tyoymparisto/ilmastointi/teollisuusilmastointi/sivut/default.aspx>. Päivitetty 8.12.2011. Luettu 20.2.2014.
9. Aro, Teuvo & Koivula, Krister. Industrial ventilation. Netherlands: Caddet. 1993.
10. Kemiaalliset epäpuhtaudet. 2014. Sisäilmayhdistys. WWW-dokumentti. <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/kemiaalliset-epapuhtaudet/>. Päivitetty 20.2.2014. Luettu 20.2.2014.
11. Seppänen, Olli. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Kirjapaino Kiitorata Oy. 1996.
12. Goodfellow, Howard, Tähti, Esko 2001. Industrial ventilation design guide book. United States of America: Academic press.
13. Halminen, Esa, Kuvaja, Osmo. Ilmastointitekniikka. Helsinki: Saarijärven Offset Oy. 1994.
14. Suomen rakentamismääräyskokoelma D2/2012. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 2.1.2014.
15. Fysikaaliset tekijät. 2014. Sisäilmayhdistys. WWW-dokumentti. <http://www.sisailmayhdistys.fi/terveelliset-tilat-tietojarjestelma/sisailmasto/fysikaaliset-tekijat/>. Päivitetty 20.2.2014. Luettu 20.2.2014.
16. Neste, AIR-IX, EKONO. 1990. Teollisuusrakennusten ilmastointi ja lämmitys.

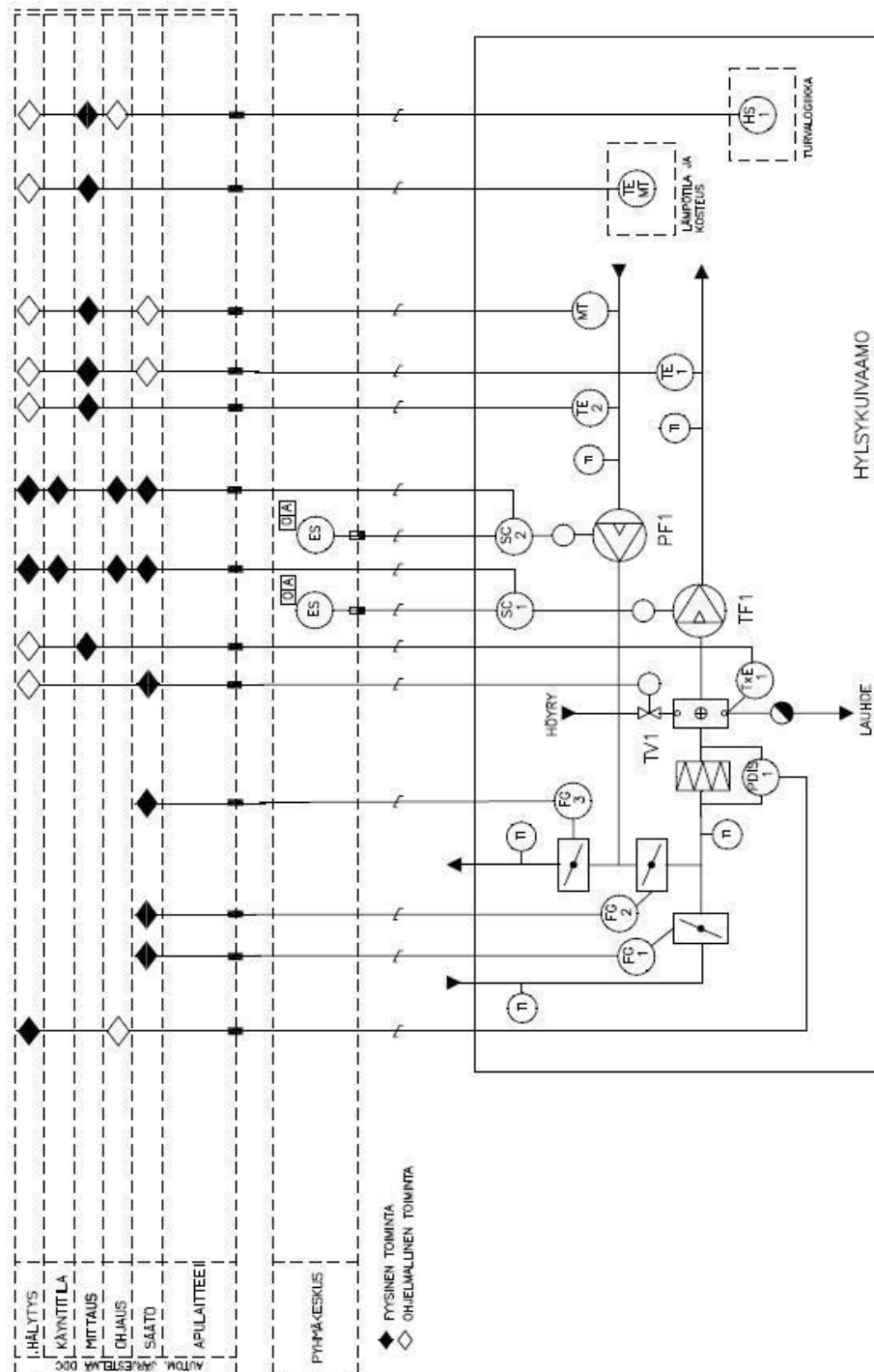
17. Leinonen, Jari 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 28.2.2014. Insinööritoimisto metso. Sähkösuunnittelija.
18. Siren, Kai. Ilmastointitekniikan mittaukset. Helsinki: Tietonova Oy. 1995.
19. Ilmatieteenlaitos 2014. Henkilökohtainen tiedonanto 17.3.2014.
20. Hirsjärvi, Sirkka, Remes, Pirkko, Sajavaara, Paula. Tutki ja kirjoita. Hämeenlinna: kariston kirjapaino Oy. 2009.
21. Kankkunen, Vesa 2006. Kuivaamon ja varastohylsyjen pituuksien optimointi. Etelä-Karjalan ammattikorkeakoulu. Paperitekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Luettu 3.1.2014.
22. Piili, Vesa 1998. Hylsyjen kuivatuksen optimointi. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Logistiikan suuntautumisvaihtoehto. Insinöörityö. Luettu 3.1.2014.
23. Progress in modern ventilation volume 2. 2000. Helsinki.
24. Sosiaali- ja terveysministeriön asetus haitallisiksi tunnetuista pitoisuuksista 557/2009. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 20.2.2014.
25. Työturvallisuuslaki 738/2002. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 20.2.2014.

## Kostean ilman Mollier-käyrästä





Hylsykuivaamon säätökaavio selostus



## Hylyskuivaamon säätö-kaavion selostus

TOIMINTAKUVAUS:

TULO- JA POISTOPUHALTIMIEN (TF1, PF1) KÄYNTIÄ OHJATAAN SIEMENSSIN S7-319F LOGIIKALLA.

PUHALTIMIEN PYÖRIMISNOPEUS ASETELLAAN AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄLLÄ JA TAAJUUSMUUTTAJILLA SC1 JA SC2.

KUN PUHALTIMET KÄYVÄT, KIERTO-/RAITIS-ILMASUHDEEN MÄÄRITTÄÄ LOGIIKKA.

KUN PUHALTIMET KÄYVÄT, TULO-, KIERTO-, JA POISTOPELTI MIN. AVAUMA 50%. KAIKKI TOIMIVAT SAMASSA SUHTEESSA.

KOSTEUSSÄÄTÄJÄN OLLESSA PÄÄLLÄ, JA KUN KOSTEUSASETUS ON PIENEMPI KUIN OLOARVO MT TÄLLÖIN

LOGIIKKA AVAA UUSAA TULO- JA POISTOPELTIÄ SEKÄ SULKEE KIERTOPELTIÄ.

JOS KOSTEUSASETUSTA EI OLE SAAVUTETTU NIIN LOGIIKKA NOSTAA TULOILMAN ASETUSLÄMPÖTILAA SÄÄTIMEN RAJOISSA. VAIKUTUS ON SÄÄDETTÄVISSÄ PANEELILTA. ESIM. +-5 ASTETTA.

JOS KOSTEUSASETUS ON SUUREMPI KUIN KOSTEUDEN OLOARVO MT NIIN TOIMINTA ON PÄINVASTAINEN.

PUHALTIMIEN SEISOESSA TULOILMAPELTI FG1 JA POISTOILMAPELTI FG3 OVAT KIINNI JA KIERTOILMAPELTI FG2 ON AUKI.

PUHALTIMIEN KÄYDESSÄ PITÄÄ LOGIIKKA TULOILMAN LÄMPÖTILAN ASETUSARVOSSA (ESIM. 35 °C) KANAVA-ANTURIN TE1 KOHDALLA OHJAAamalla HÖYRYNSÄÄTÖVENTTIILIÄ TV1. LÄMMITYSPATTERIN PALUUVESI-

ANTURI TxE1 ESTÄÄ PALUUVEDEN LÄMPÖTILAN LASKEMASTA ALLE 13 °C LÄMPÖTILAN SÄÄTÄMÄLLÄ VENTTIILIÄ

TV1. JOS PALUUVEDEN LÄMPÖTILA SÄÄDÖSTÄ HUOLIMATTA LASKEE 8 °C LÄMPÖTILAAN PYSÄHTYVÄÄT PUHALTIMET

JA TOIMINNASTA SAADAAN JÄÄTYMISVAARAHÄLYTYS. PELTIEN TOIMINTA TÄLLÖIN KUTEN PUHALTIMIEN SEISOESSA.

PUHALTIMIEN SEISOESSA LOGIIKKA AVAA TV1 HÖYRYVENTTIILIÄ 10.0 % 20 SEKUNNIN AJAKSI 5 MINUUTIN VÄLEIN. LOGIIKKA ESTÄÄ LÄMMITYSPATTERIN JÄÄTYMISEN.

TULOILMAKANAVAN LÄMPÖTILA-ANTURILTA TE1 SAADAAN ALA- JA YLÄRAJAHÄLYTYS LÄMPÖTILASTA.

YLÄRAJAHÄLYTYS ON PALOVAARAHÄLYTYS, JOKA PYSÄYTTÄÄ PUHALTIMET. HÄLYTYSRAJAT OVAT SÄÄDETTÄVISSÄ LOGIIKASSA.

POISTOILMAKANAVAN LÄMPÖTILA-ANTURILTA TE2 SAADAAN POISTOILMAN PALOVAARAHÄLYTYS LÄMPÖTILASTA.

HÄLYTYS PYSÄYTTÄÄ PUHALTIMET JA PELTIEN TOIMINTA ON KUTEN PUHALTIMIEN SEISOESSA.

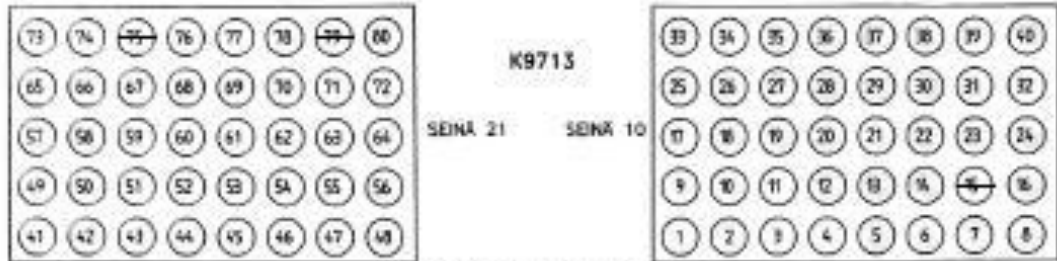
JÄÄTYMISVAARAHÄLYTYS (TxE1) JA PALOVAARAHÄLYTYKSET (TE1, TE2) PITÄÄ KUITATA LOGIIKASTA, JOTTA PUHALTIMET KÄYNNISTYISIVÄT.

JOS PUHALTIEN KÄYNTITILAT EIVÄT VASTAA OHJAUKSIA SAADAAN TOIMINNOISTA RISTIRIITÄHÄLYTYKSET.

OSOITTAVALTA JA HÄLYTTÄVÄLTÄ SUODATTIMEN PAINE-EROMITTARILTA PDIS1 SADAAN HÄLYTYS SUODATTIMEN LIKAANTUMISESTA.

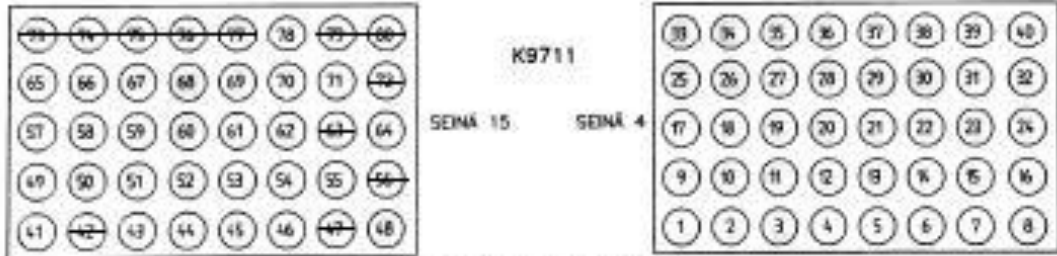
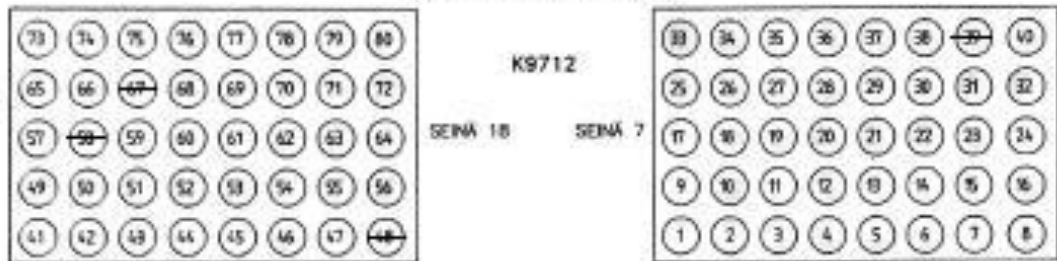
2 PUOLI

1 PUOLI



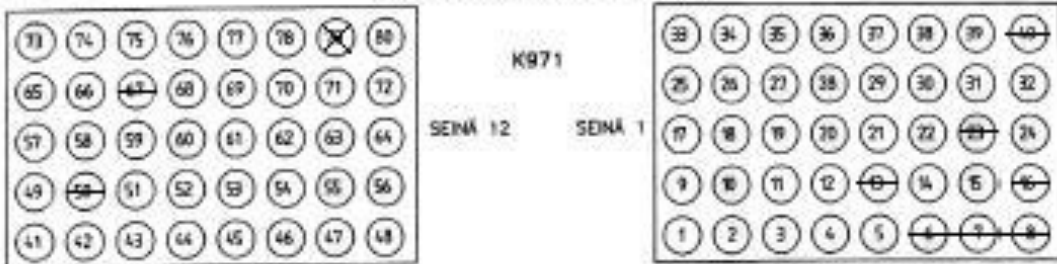
2012 SYKSYLLÄ UUSITUT MOOTTORIT

VANHAT MOOTTORIT, ERI KÄISÄ



VANHAT MOOTTORIT, ERI KÄISÄ

2013 ELOKUUSSA UUSITUT MOOTTORIT



VIKKOTARKASTUS

VKO	NRD	PVM	TARKASTAJA

SAHAT



HYLSYKONE



= PYSÄHTYNYT



= SIPIPYÖRÄ RIKKOUTUNUT



= MOOTTORINSUOJA KUITATTU SÄHKÖKESK.



= MOOTTORI VIALLINEN

## Ilmavirta-, lämpötila ja kosteusmittaukset 13.3.2014

Mittauspiste	Laari 10						
	Ilmavirta (m/s)			Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)		
	Mitattu	Virhe	Korjattu	Mitattu	Mitattu	Virhe	Korjattu
1	4,93	-0,01	4,92	28,6	21,5	0,1	21,6
2	6,22	0,03	6,25	28,7	21,4	0,1	21,5
3	5,84	0,02	5,86	28,8	21,1	0,1	21,2
4	4,91	-0,01	4,9	28,6	21,2	0,1	21,3
5	6,85	0,03	6,88	28,2	22,1	0,1	22,2
6	5,84	0,03	5,87	28,1	21,6	0,1	21,7
7	7,11	0,04	7,15	28	22,4	0,1	22,5
8	6,65	0,03	6,68	27,7	22,9	0,1	23
9	5,77	0,02	5,79	27,2	22,8	0,1	22,9

Mittauspiste	Laari 12						
	Ilmavirta (m/s)			Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)		
	Mitattu	Virhe	Korjattu	Mitattu	Mitattu	Virhe	Korjattu
1	3,02	-0,02	3	28	21	0,1	21,1
2	2,99	-0,02	2,97	27,5	21,5	0,1	21,6
3	3,06	-0,02	3,04	27,3	22	0,1	22,1
4	3,2	-0,02	3,18	27	22	0,1	22,1
5	3,53	-0,02	3,51	28,4	21,1	0,1	21,2
6	2,24	-0,02	2,22	28,7	21,2	0,1	21,3
7	2,31	-0,02	2,29	28,7	20,9	0,1	21
8	4,35	-0,01	4,34	29,7	19,5	0,1	19,6
9	3,93	-0,02	3,91	30,8	18,7	0,1	18,8

Mittauspiste	Laari 15						
	Ilmavirta (m/s)			Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)		
	Mitattu	Virhe	Korjattu	Mitattu	Mitattu	Virhe	Korjattu
1	<b>1,16</b>	<b>0</b>	<b>1,16</b>	<b>27,9</b>	<b>21,7</b>	<b>0,1</b>	<b>21,8</b>
2	5,43	-0,01	5,42	27,9	21,6	0,1	21,7
3	5,58	-0,01	5,57	27,9	21,2	0,1	21,3
4	3,92	-0,02	3,9	28,1	21,7	0,1	21,8
5	5,45	-0,01	5,44	28,4	21,2	0,1	21,3
6	6,16	0,03	6,19	28,8	20,7	0,1	20,8
7	2,54	-0,02	2,52	28,8	20,7	0,1	20,8
8	4,94	-0,01	4,93	28,7	21	0,1	21,1
9	5,74	-0,01	5,73	28,7	21	0,1	21,1

Mittauspiste	Laari 22						
	Ilmavirta (m/s)			Lämpötila (°C)	Suhteellinen kosteus (%)		
	Mitattu	Virhe	Korjattu	Mitattu	Mitattu	Virhe	Korjattu
1	1,18	0	1,18	29,1	20,5	0,1	20,6
2	0,5	-0,01	0,49	29	20,4	0,1	20,5
3	<b>3,85</b>	<b>-0,02</b>	<b>3,83</b>	<b>28,9</b>	<b>20,1</b>	<b>0,1</b>	<b>20,2</b>
4	2,15	0	2,15	28,8	20,6	0,1	20,7
5	0,99	0	0,99	29	20,6	0,1	20,7
6	<b>4,58</b>	<b>-0,01</b>	<b>4,57</b>	<b>29,4</b>	<b>20</b>	<b>0,1</b>	<b>20,1</b>
7	1,49	0	1,49	29,4	20	0,1	20,1
8	1,04	0	1,04	29,4	20,1	0,1	20,2
9	<b>3,26</b>	<b>-0,02</b>	<b>3,24</b>	<b>29,5</b>	<b>20,1</b>	<b>0,1</b>	<b>20,2</b>

## Hylsyjen laadunvalvonta lokakuu 2013

Päivämäärä	Laari	Kpl	Mitta (mm)	Puristuslujuus (N)	Kosteus (%)	Sisähalkaisija (mm)	Seinämä (mm)	Ulkohalkaisija (mm)
9.loka	11	450	5010	804	11,9	151,1	11,8	174,8
	22	177	5010	837	11,3	151,3	11,8	174,9
10.loka	22	358	5010	850	11,9	151,1	11,6	174,5
	13	143	6425	441	11,6	305,8	12,1	330,1
	18	116	6425	570		305,7	12,1	330,1
11.loka	11	143	6425	750	11,7	305,7	12,1	329,9
	2	143	6425	802		305,7	12,2	330
	8	143	4740	421	11,7	306	9,3	324,8
	14	143	4740	297	11,7	305,9	9,3	324,7
	15	143	4740	534	12,3	305,9	12,1	330,2
	20	87	4740			306	12,2	330,4
14.loka	7	143	5720	571	11,5	305,7	12,3	330,1
	5	143	4470	355	12,7	305,7	12,3	330,1
	4	143	4470	310		305,7	12,3	330
	17	60	5720			305,7	12,3	330
	17	98	5720	357	12,1	305,8	12,1	329,8
	12	143	6425	317	11,7	305,8	12,1	329,8
	13	120	6425	410	12	305,8	12,1	329,8
15.loka	13	23	4470	710		305,8	12,2	330,1
	18	143	4470	710	11,4	305,7	12,3	330,1
	16	143	4470	630		305,7	12,3	330,1
	19	43	4740	245		305,5	9,3	324,8
	19	100	4740	245	12,1	305,5	9,3	324,8
	3	143	4740	271	12	306	9,3	324
	9	143	4470	298	12	306	12,3	330,2
	6	143	5725	380	12	306	12,3	330,2
16.loka	10	530	5010	702	11,4	151	11,8	174,6
	11		5010	913	11,2	151	11,7	174,6
	22	140	5010			151	11,6	174,6
17.loka	22	224	5010	742	11,6	151,1	11,8	174,6
	12	143	6425	456	12	306,1	12,3	330,1
	1	20	6425	639	12	306,1	12,3	330
	1	123	6425	488	11,7	306	12,3	330
	17	143	5725	508	11,7	306	12,3	330
	5	97	4470	519	12,2	306	12,2	329,9
18.loka	15	143	4470	537	11,7	305,9	12,1	330,1
	16	143	4470	511	12	305,9	12,1	330,1
	8	143	4740	211	11,6	306,1	9,4	324,7
	14	116	4740	370		306	9,5	324,8
20.loka	6	101	5720	263	11,7	305,8	12,2	330,2
	17	143	5720	576	11,9	305,9	12,1	330
	12	101	6425	712	11,7	305,9	12,2	330,2
	13	87	6425	579		305,9	12,1	330
21.loka	2	143	6425	722	11,7	305,7	12,1	330,2
	18	143	6425	567	11,9	305,8	12,1	330,1
	20	143	5010	646	11,4	305,8	12,2	330,1
	4	143	4470	518	11,8	305,9	12,2	330,1
	5	143	4470	512	12,1	305,9	12,1	330
	3	143	4740	357	11,8	306	9,4	324,7
	14	143	4740	153		305,9	9,3	324,5
22.loka	8	143	4740	377	11,4	305,9	9,3	324,6
	6	143	5720	552	11,6	305,8	12,3	330,2
	15	143		541	11,7	305,9	12,2	330,1
	7	143	5720	375	12	305,9	12,2	330,1
	16	143	4470	578	11,9	305,9	12,1	330,1
	1	143	6425	578	11,6	305,8	12,2	330,1
	12	43	6425	554		305,7	12,2	330
23.loka	12	100	6425	408	11,8	305,7	12,2	330,2
	13	143	6425	520	11,7	305,7	12,3	330,3
	18	143	6425	446	11,9	305,8	12,2	330,1
	17	143	5720	421	11,9	305,9	12,2	330,2
	9	143	4470	362	12,1	305,9	12,2	330,2
	4	72	4470	500		305,8	12,3	330,2
24.loka	10	530	5010	659	12,4	151,5	11,8	174,6
	11	252	5010	587	11,9	151,2	11,8	174,6
	21	351	6530	687	12,1	151,1	11,4	174,4
25.loka	14	143	4740	353	11,5	306,2	9,4	324,5
	19	143	4740	383	11,1	306,1	9,3	324,5
	15	143	4740	529	11,5	306	12,3	330,2
	6	143	5720	578	11,4	305,9	12,1	329,8
	1	143	6420	592	12	305,9	12,2	330,1
	2	29	6420	570		305,9	12,2	330,1

## Hylsyjen laadunvalvonta lokakuu 2013

28.loka	12	143	6420	419	12,2	305,9	12,2	330,1
	2	143	6420	480	12	305,8	12,3	329,9
	5	143	4470	407	11,9	305,7	12,1	329,8
	9	60	4470	435		305,7	12,1	329,8
	9	83	4470	547	11,9	305,7	12,1	329,8
	16	143	4470	511	11,7	305,9	12,2	330,2
	7	143	5720	536	11,9	305,9	12,2	330,3
	14	116	4740	330		305,8	9,4	324,3
29.loka	14	27	4740			305,8	9,4	324,3
	3	143	4740	337	11,9	305,7	9,3	324,4
	8	143	4470	381	11,5	305,7	9,3	324,4
	4	143	4470	509	11,9	305,8	12,2	330
	6	80	5720	486	11,6	305,9	12,3	330
	6	63	5720	207	11,6	305,9	12,2	330,1
	13	143	6425	468	11,8	305,8	12,3	330,2
	18	143	6425	584	11,7	305,7	12,3	330,2
	1	58	6425	413		305,8	12,4	330,3
30.loka	1	85	6425	586	11,2	305,8	12,4	330,3
	12	143	6425	586	12	305,8	12,3	330,1
	19	143	4740	243		305,8	9,3	324,5
	22		5010	826	11,3	151,7	12,2	175,3

## Hylysyjen laadunvalvonta tammikuu 2014

Päivämäärä	Laari	Kpl	Mitta (mm)	Puristuslujuus (N)	Kosteus (%)	Sisähalkaisija (mm)	Seinämä (mm)	Ulkohalkaisija (mm)
2.tammi	21	85	6530			151,1	12,1	175,2
	11	200	5010	943		151,1	12,1	175,1
	4	143	4470	559	11,6	305,7	12,1	329,8
	16	143	4470	365	11,7	305,8	12,1	330
	14	143	4740	295	11,6	305,7	9,4	324,6
8	116	4740	320	11,6	305,7	9,4	324,5	
3.tammi	8	27	4740			305,9	9,4	324,1
	3	143	4740	355	11,5	306,1	9,4	324,1
	2	143	6425	592	11,7	305,6	12,1	329,8
	13	100	6425	673	11,9	305,7	12,1	329,7
	13	43	6425	394	11,7	305,7	12,1	330
	18	110	6425	394	11,7	305,6	12,1	330
	6	143	5720	450	11,6	305,6	12,1	330
	15	143	4470	546		305,7	12,1	330
	9	58	4470			305,7	12,1	330
6.tammi	16	143	4470	580	11,5	305,8	12,1	329,8
	7	143	5720	470		305,8	12,1	329,8
	14	143	4740	380	11,3	305,8	9,3	324,6
	1	143	6425	572	11,6	305,7	12,2	329,9
	13	94	6425	605	11,9	151	12,2	329,9
	10	290	5010	1010	11,6	151,1	12	175,1
7.tammi	22	520	5010	900	11,1	151,1	11,9	175,1
	21	180	6530	704	11,6	151	12	175
	5	143	4470	562	11,7	306,1	12,3	330,1
	17	130	5720	437	11,7	306	12,3	330
8.tammi	8	143	4740	380	11,8	305,8	9,3	324,6
	3	143	4740	400	11,4	305,8	9,3	324,6
	12	143	6425	360	11,6	305,8	12,1	329,8
	19	143	6425	350	11,8	305,9	12,2	329,9
	2	143	6425	509	11,4	306,2	12,2	330,2
	6	143	5720	565	11,6	306	12,1	330
9.tammi	16	143	4470	650	11,2	305,9	12,1	329,9
	15	143	4470	590	11,4	305,9	12,1	329,9
	5	143	4470	620	11,4	305,9	12,1	329,9
	7	143	5720	608	11,3	305,8	12,1	330
	9	143	4470	649	11,2	305,9	12,2	330,1
	14	87	4740	386	11,4	306,2	9,3	324,5
10.tammi	14	56	4740	403	10,7	305,9	9,3	324,5
	8	143	4740	385	11,2	305,9	9,3	324,5
	1	143	6425	520	11,7	305,9	12,2	330
	18	143	6425	620	11,4	305,9	12,2	330
	13	143	6425	285	11,4	305,9	12,1	329,9
	2	103	6425	729	11,6	306	12,1	330
	17	132	5720	635	11,5	306	12,1	330
12.tammi	15	143	4470	677	11,1	306	12	330
	7	143	5720	650	11,6	306	12,1	330
	12	143	6425	484	11,8	306	12,1	330,1
13.tammi	1	143	6425	786	11,9	305,6	12,1	329,7
	4	143	4470	628	12	305,8	12,1	329,7
	5	143	4470	590	11,3	305,6	12,1	329,7
	6	143	5725	607	11	305,6	12,1	329,7
	3	143	4740	392	11,3	305	9,3	324,3
	14	143	4740	388	11	306,1	9,3	324,3
	16	143	4470	584	10,8	305,8	12	329,8
14.tammi	9	143	4470	628	10,8	305,7	12	329,7
	2	72	6425	387	11,7	305,7	12	329,7
	18	72	6425	287	12,2	306	12,1	330
	19	72	6425	288	12,3	305,8	12,1	329,7
	17	101	5720	204		305,9	12	329,8
15.tammi	15	143	4475	632	10,8	305,7	12,1	330
	7	143	5725	543	10,8	305,7	12,1	330
	8	143	4740	351	11,7	305,4	9,4	324,3
	22	520	5010	907	11,6	151,5	11,9	175,4
	10	169	5010	918	11,6	151,6	11,9	175,6
16.tammi	21	230	6530	998,7	11,2	150,9	12	174,8
	11	520	5010	917	11	150,9	12	174,8
	3	143	4740	407	11,5	306,2	9,3	324,3
	12	72	6425	293	12,1	306	12,2	330,1
	13	87	6425	436		306	12,1	330
17.tammi	2	143	6425	425	11,7	305,6	12,2	329,9
	18	143	6425	257	11,5	305,7	12,1	329,9
	4	143	4470	597	10,9	306	12	330
	5	143	4470	338	10,9	305,8	12,1	329,9
	6	143	5720			305,8	12,1	329,9
	19	92	6425	366		305,8	12	329,8

## Hylysyjen laadunvalvonta tammikuu 2014

20.tammi	12	143	6425	307	11,6	305,8	12,1	330
	13	143	6425	303	12,4	305,8	12,1	330
	1	72	6425	307	11,6	305,8	12,1	330
	1	71	6425	426	11,6	305,9	12,1	330
	8	143	4740	244	11,6	306,3	9,4	324,6
15		4470			305,6	12	330	
21.tammi	16	143	4470	435	11,4	305,8	12,2	330
	17	143	5720	493	11,1	305,8	12,1	330
	4	143	4470	414	11,3	305,8	12,1	330
	9	43	4470			305,8	12,2	330,1
	9	100	4470	489	11,1	305,7	11,9	329,9
	3	143	4740	340	11,2	306,1	9,3	324,6
	10	55	5010	909		151,1	11,8	174,7
22.tammi	22	520	5010	902	10,3	151,1	12	174,6
	10	345	5010	864	10,9	151,1	11,9	174,5
	10	120	5010			151,3	11,9	175
	8	143	4740	372	11,1	306,3	9,4	324,9
2	72	6425	319		305,7	12,2	330,1	
23.tammi	2	71	6425	279	12,1	305,8	12,2	329,9
	18	143	6425	279	12,1	305,8	12,2	329,9
	19	43	6425	291	11,5	305,8	12,2	330
	19	100	6425	323	12,2	305,9	12,2	330,2
	15	143	4470	395	12,1	306	12,2	330,2
5		4470	511		306	12,3	330,1	
24.tammi	7	143	5720	390	11,2	305,8	12,2	330
	14	143	4740	184	11,4	305,6	9,4	324,6
	13	60	6425	284	12,2	305,8	12,3	330
	1	143	6425	260	12,4	305,6	12,1	330,1
	13	51	6425	289		305,7	12,2	330,1
	11		5010	711		151,1	12,2	175,1
27.tammi	10	300	5010	890	11,6	151,2	12	175,3
	15	143	4470			306,1	12,2	330,1
	3	143	4740	311	11,2	306	9,3	324,4
	17	143	5720	607	11,2	305,9	11,9	329,9
	2	143	6425	671	11,5	305,9	11,8	329,7
	12	143	6425	737		305,9	11,9	329,8
28.tammi	18	143	6425	696	11,4	305,9	12,1	329,9
	16	143	4470	726	11,6	306,1	12,1	330
	8	143	4740	383	11,4	306	9,4	324,4
	7	143	5720	595	11,2	305,6	12,2	329,9
	4	143	4470	665		306	12,2	329,8
	13	43	6425	628		305,9	12,2	330,1
29.tammi	13	100	6425	783	11,2	306,1	12,3	330,3
	1	143	6425	741	11,4	306	12,3	330,2
	19	131	6425	822	11,5	306	12,2	330,2
	14	143	4740	395	11,3	306	9,3	324,3
	6	143	5720	607	10,9	306	12,2	330,2
	15	130	4470	489	11,1	306	12,1	330
	11	385	5010	791	11,9	151,5	11,8	175,4
30.tammi	10	520	5010	824	12,1	151,6	12	175,1
	22	102	5010	859	12,1	151,4	12	175,2
	17	143	5720	579	11,6	305,9	12,1	329,9
	5	143	4470	542		306	12	330
	3	72	4740	277		306	9,3	324,5
31.tammi	8	143	4740	295	11,9	306,3	9,4	325,1
	16	143	4440	528	11,7	306	12,2	329,9
	4	143	4470	536	11,7	306,1	12,2	330
	7	43	5720			306	12,1	329,9
	7	100	5720	674	11,3	306	12,1	329,9
	12	143	6425	734	11,3	305,7	12,3	330,3
	18	143	6425	591	11,2	306	12,1	330
	2	72	6425	464		305,8	12,2	330,2



## Hylsyjen laadunvalvonta helmikuu 2014

Päivämäärä	Laari	Kpl	Mitta (mm)	Puristuslujuus (N)	Kosteus (%)	Sisähalkaisija (mm)	Seinämä (mm)	Ulkohalkaisija (mm)
2.helmi	1	72	6425	499	11,6	305,8	12,2	330,2
	9	143	5010	496	11,8	305,8	12,1	330
	15	143	4470	382	12	305,8	12,1	330,1
	17	87	5720	449		305,8	12,2	330,2
3.helmi	14	143	4740	347	12,2	305,7	9,4	324,3
	10	220	5010	849	11,2	151,2	12	175,3
	11	150	5010	916	11	151,6	11,8	175,4
	11	370	5010	916	10,9	151,6	11,8	175,4
	4	143	4470	603	10,9	305,4	12,2	330
	6	100	5725	572	10,9	305,2	12,2	330
4.helmi	3	143	4740	400	11,2	305,8	9,4	324,4
	13	45	6425			305,7	12,1	329,9
	2	72	6425	225	11,8	305,8	12,1	330
	2	71	6425	775		305,8	12	329,9
	13	98	6425		11	305,8	12	329,8
	15	143	4475	701	11	306	12	329,8
	9	143	5010	592	11	306	12	329,8
	8	143	4740	397	11	305,8	9,3	323,6
	7	101	5725	626	11	305,8	12	329,8
	5.helmi	7	42	5725			305,8	12,1
17		143	5725	566	10,9	305,6	12,2	330
16		143	4470	582	11,6	305,7	12	329,7
5		143	4470	513		305,8	12	329,8
14		143	4740	361	11,3	305,6	9,3	323,6
3		143	4740	244	11,3	305,6	9,3	323,6
12		143	6425	926	11,4	305,6	12,3	330
6.helmi		19	74	6425	809	11,2	305,6	12,3
	19	69	6425	846	11	305,8	12,2	330,1
	18	91	6425	279	11,8	305,8	12,2	330,1
	1	143	6425	968	10,9	305,8	12	329,8
	8	143	4740	524	11,7	306	9,2	324
	6	143	5725	658	11,1	305,8	12,1	330
	4	143	4475	584	11,1	305,5	12,1	330
	7.helmi	22	66	5010			151,5	11,8
10		520	5010	832	11,2	151,6	11,8	175,4
14		123	4740	334	11,2	306,3	9,4	325,3
15		84	4470	568	11,2	305,6	12,1	329,8
17		143	5725	518	11,2	305,6	12,1	329,8
13		101	6425	542	11,6	305,7	12,1	329,9
10.helmi		2	143	6425	533	11	305,9	12,1
	4	143	4470	513	11,2	306	12,1	330
	7	143	5720	607	11,1	305,7	12,1	329,9
	15	143	4470	626	10,7	305,8	12	329,9
	9	143	4740	342	11,1	305,7	9,3	324,3
	8	143	4740	395	11,2	305,8	9,2	324,2
	14	43	4740	382		305,9	9,2	324,2
	11.helmi	14	100	4740	416	10,7	306,3	9,4
17		143	5720	617	11,5	305,9	12,1	329,9
5		143	4470	630	11,3	305,9	12,2	329,9
12		58	6425			306	12,2	330
12		85	6425	728	11,9	306	12,2	330
18		143	6425	570	11,6	305,8	11,8	329,7
1		143	6425	753	11,6	305,9	12,1	330
11		31	5010			151,6	11,75	175,2
12.helmi	22	520	5010	985	10,5	151,5	11,9	174,9
	10	200	5010	892	11,5	151,3	11,9	174,8
	10	320	5010			151,3	11,9	174,8
	11	269	5010	895	11,3	151,6	11,8	175,2
	6	143	5720	583		305,6	12	329,7
	13.helmi	15	143	4470	626	11,2	305,8	12,1
4		143	4470	608	11,6	305,9	12,2	330
17		143	5720	608	11,4	305,8	12,3	330,1
2		70	6425	726	11,4	306	12,2	330
13		143	6425	291	11,1	305,9	12,1	330,1
19		143	6425	328	12,1	305,8	12	329,8
12		68	6425	441		305,9	12	329,9
14.helmi		12	75	6425	329	11,8	305,9	12,1
	3	143	4740	308	11,9	306,3	9,4	325
	8	143	4740	381	11,3	306,2	9,4	324,9
	5	143	4470	605	11,5	305,8	12,2	330
	16	143	4470	547	11,7	305,7	12,1	330
	7	143	5720	604	11,6	305,8	12,2	330,1
	18	112	6425	349		305,9	12,1	330
	17.helmi	1	143	6425	323		305,6	12,1
2		101	6425	644	12,4	305,6	12,2	330,2
15		143	4470	585	11,8	305,6	12,2	330,2
4		143	4470	381	11,5	306	12,2	330,2
5		143	4470	610	11,4	306,1	12,2	330,2
14		143	4740	375	11,3	306,7	9,5	325,7
3		143	4740	371		306,7	9,4	324,9
17		50	5720	614		305,6	12,2	330

## Hylsyjen laadunvalvonta helmikuu 2014

18.helmi	6	143	5720	597	11,6	305,4	12,3	330,4
	16	143	4470	595	11,3	305,4	12,3	330,4
	7	143	5720	520	12,1	305,9	11,9	329,9
	22	520	5010	896	11,6	151,9	12,1	174,8
	11	102	5010	894		151,8	12,1	175,7
19.helmi	11	418	5010	1020	11,6	151,8	12	175,9
	10	520	5010	888	11,7	151,9	12	175,9
	8	143	4740	360	11,7	306,7	9,4	324,8
	3	143	4740	367	11,3	306,7	9,3	324,4
	13	101	6425	546	12	306	12,2	329,7
20.helmi	18	143	6425	566	11,9	305,4	12,2	330,1
	19	143	6425	450	12	305,5	12,2	330
	21	80	6425	501	11,7	305,5	12,2	330,2
	21	63	6425	671	11,7	305,7	12,1	329,7
	15	143	4470	600	11,6	305,8	12,3	330,1
	17	143	5720	618	11,4	306	12,2	330,1
	4	143	4470	547	11,5	306,1	12,2	330,1
	9	55	4470	589		306,1	12,1	330
21.helmi	14	143	4740	389	11,5	305,8	9,3	324,1
	9	88	4470	617	11,4	305,6	12,2	330,1
	16	143	4470	617	11,4	305,6	12,2	330,1
	5	143	4470	543	11,6	305,6	12,2	330,1
	8	143	4740	386	11,8	306,1	9,4	324,4
	1	143	6425	548	11,6	305,8	12,1	329,8
	2	43	6425	600		305,8	12,1	329,9
24.helmi	12	143	6425	668	11,5	305,8	12,1	329,9
	2	143	6425	355	11,5	305,9	12,1	329,8
	6	143	5720	394	11,7	305,9	12,1	330
	15	143	4470	600	11,3	305,9	12,1	330
	4	143	4470	630		305,9	12,1	330
25.helmi	7	143	5720	668	11,3	305,8	12,2	329,9
	14	143	4740	394	11,2	306,2	9,3	324,6
	3	143	4740	393	11,2	306,2	9,3	324,7
	16	143	4470	592	11,2	305,9	12,2	330,1
	22	520	5010	980	11,3	151,8	12,1	175,8
	11	196	5010	680		151,9	12,1	175,9
26.helmi	11	324	5010	1010	11,3	151,7	12	175,6
	10	520	5010	964	11,9	151,8	12,1	175,8
	8	143	4740	360	11,7	305,9	9,4	324,6
	9	143	4470	530	11,5	305,8	12,1	330
	13	116	6425	480	11,7	305,9	12,2	330,1
27.helmi	1	143	6425	661	11,8	305,8	12,1	330
	19	143	6425	407	11,5	305,8	12,1	330
	18	58	6425	434		305,9	12,2	330,1
28.helmi	18	86	6425	435	12,3	306,2	9,4	330,3
	14	143	4740	255	11,8	305,8	12,1	324,4
	6	143	5720	646	11,6	305,9	12,1	329,9
	15	58	4470	553	12	305,8	12,1	330
	15	85	4470	553	12	305,8	12,1	330,1
	5	143	4470	540	11,9	305,9	12,2	330,1
	17	143	5720	434	11,9	305,8	12,1	330
	3	143	4740	186		305,7	9,3	324,6

## Hylsykuivaamon olosuhteet lokakuu 2013

Lokakuu	Kuivaamon poistoilman lämpötila (°C)	Kuivaamon suhteellinen kosteus (%)	Tuloilman lämpötila (°C)	Asetus lämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C)	Ulkoilman suhteellinen kosteus (%)
1	25,1	24,6	30	40	3,8	82
	25,1	25,5	30	40	4,8	60
2	25,5	19,8	30,2	40	4,0	60
	26,2	28	36,7	40	3,9	89
3	27,3	26,9	32	40	5,1	86
	25,7	36,7	32,1	40	8,4	78
4	27,5	28,5	37	40	3,4	95
	28,3	26,3	41,3	40	5,8	85
7	28,7	33	42,7	40	9,1	95
	29,4	32,4	44,1	40	13,2	75
	28,3	34,4	42,4	40	10,2	89
8	28,9	33,9	40,9	40	6,8	97
	28,9	34,4	42,1	40	11,0	88
	27,8	37,9	41,5	40	10,5	98
9	29,4	38,1	34,3	40	11,6	99
	29,9	37,5	45,8	40	11,5	97
	28,5	36	42,7	40	11,0	98
10	30	34,2	42,7	40	10,9	98
	30,4	33,9	44,6	40	12,7	85
	29,1	34,8	41,7	40	10,6	97
11	28,7	26,3	39,2	40	7,8	97
	27	28,1	37	40	6,6	80
14	25,8	17,8	30,4	40	-0,3	88
	25,4	21,5	30,3	40	6,2	43
	25,3	26,8	31,7	40	3,2	84
15	27,3	30,5	39,2	40	5,8	95
	27,5	32,3	41,7	40	8,8	82
	26,7	29,1	37,7	40	7,8	72
16	25,5	21,3	29,9	40	2,0	76
	25,4	22,2	29,9	40	2,9	68
	25,4	23,3	29,7	40	-0,3	83
17	25	21,1	30,1	40	-1,4	88
	24,2	25,4	30,6	30,4	2,4	79
18	25,3	25,6	31,1	31,2	2,7	98
	26,1	33,1	38,1	45	0,9	78
20	25,1	13,3	30,1	30	-1,6	86
	25,5	19,7	35	35	0,1	71
21	25,3	18,4	30,1	40	-1,7	91
	25,5	21,4	33	40	1,3	82
	24,7	20,9	32,4	45	1,2	67
22	25,2	18,5	30,2	40	-1,1	85
	24,3	22,6	30,2	40	3,7	56
	23,8	24,4	30,2	30	0,1	77
23	24,8	24,4	30,3	40	0,9	98
	26,8	31,4	38	40	5,5	99
	26,6	35,6	41,1	45	8,3	98
24	28	41,6	42,5	40	10,1	98
	27,2	37,4	41,4	40	11,5	99
	27,4	32	38,3	45	9,6	93
25	27,4	35	39	40	7,6	94
	27,3	30,8	38,4	40	8,7	94
	29,5	32,2	28,5	40	6,5	87
28	26,9	35,4	44,4	40	9,9	99
	28,4	33,6	42,5	40	9,5	96
29	28,4	33,6	42,5	40	9,5	96
	28	34,8	42,6	40	8,0	93
30	27,5	30	40,1	40	7,2	95
	27,1	28,7	40,1	40	7,2	78
	26,8	27,7	36,1	40	3,9	90

## Hylsykuivaamon olosuhteet tammikuu 2014

Tammikuu	Kuivaamon poistoilman lämpötila (°C)	Kuivaamon suhteellinen kosteus (%)	Tuloilman lämpötila (°C)	Asetus lämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C)	Ulkoilman suhteellinen kosteus (%)
2	24,8	21,4	22,6	40	-0,6	95
	25,2	22	29,7	40	-1,9	93
	25,1	23	30,1	40	-2,0	93
3	25,3	18,9	30,2	40	-1,8	84
	25,2	21,6	30	40	-2,4	90
	25	25,2	29,6	40	-1,8	95
6	25,6	20,7	30	40	-0,2	99
	25,1	24,3	30,3	40	-0,8	99
	25,2	25	30,3	40	-0,6	99
7	25,4	23,4	24,5	40	0,7	99
	25,6	27	33,6	40	2,0	99
	25,4	29,2	33,1	40	1,5	99
8	25,2	24,8	29,9	40	0,4	99
	25,6	27,7	32,2	40	0,8	99
	25,7	31,1	33,3	40	3,1	100
9	25,7	27,3	33	40	2,2	100
	25,5	30,3	33,8	40	2,7	100
	25,3	31	34,4	40	2,4	100
10	25,3	25,5	33,3	40	0,7	99
	25,7	29,1	33,7	40	1,3	98
	24,9	24	30	40	-3,7	94
12	25	12,2	30,1	40	-9,4	84
	24,8	16,6	30	40	-9,3	80
13	25,2	11,7	30	40	-9,7	86
	<b>22,6</b>	<b>16,8</b>	<b>19,3</b>	35	-9,2	80
	24,6	17,5	34,2	40	-11,6	86
14	26,4	12,8	35,9	40	-12,0	88
	25,9	12,3	36,5	40	-12,7	88
	25	18,5	35,9	40	-11,6	89
15	26,6	12	35,7	40	-9,7	91
	26,7	16,6	37,3	40	-10,7	89
	25,7	16,7	36,2	40	-14,3	86
16	26,2	13,4	34,6	40	-14,3	86
	26,2	16,5	36,2	40	-13,1	87
	25,4	17,5	34,8	40	-13,5	87
17	26,4	13,7	34,1	40	-13,1	84
	27,2	24,8	37,3	40	-14,5	86
	26	21,5	31,5	40	-15,5	86
18	<b>25</b>	<b>23,3</b>		40	-14,5	86
19	<b>26,6</b>	<b>20,3</b>		40	-16,1	85
	<b>27,3</b>	<b>18,2</b>	<b>36,2</b>	40	-15,4	85
20	26,3	15,7	30,3	40	-18,2	83
	26,9	17,9	31,2	40	-19,6	82
	27,6	19,2	32	40	-14,0	85
21	25,1	19,3	26,9	40	-14,2	86
	26,2	18,5	34,8	40	-17,2	83
	26	21,3	35,2	40	-16,3	84
	27,9	22,4	39	40	-17,6	82
	25,5	20,7	17,3	40	-19,8	81
	26,5	20,1	22,9	40	-17,9	83
22	24,4	18,8	20,1	40	-20,1	81
	26,3	19,4	36,4	40	-21,3	80
	27,3	21,2	38,6	40	-17,5	83
	26,9	21,1	36,6	40	-15,3	86
23	26,3	19,4	36,4	40	-9,6	91
	27,3	21,1	38,6	40	-7,9	88
	27,5	21,2	36,6	40	-7,5	87
24	26,6	21,4	37,2	40	-8,9	92
	27,7	20,6	38,8	40	-8,9	90
	27,2	23,2	39,5	40	-10,4	91
27	27,3	18,1	40,7	40	-12,0	89
	28	19,3	40	40	-10,4	91
	26,4	18,9	35,9	40	-10,7	88
28	25,5	23,1	23,5	40	-12,4	88
	26,4	20,4	27,9	40	-12,1	79
	26,2	19,9	38,2	40	-15,0	75
29	27,5	18,1	37,4	40	-16,3	78
	26,5	20,3	39,4	40	-13,1	69
	26,1	19,7	26,3	40	-17,8	83
30	25,1	26	24,6	40	-20,9	80
	26,7	21,6	36,7	40	-15,9	83
	26	20,1	36,7	40	-18,8	81
31	27	19,1	35,6	40	-20,8	80
	27,3	20,3	40	40	-13,4	66
	26,3	20,4	38,2	40	-12,0	65

## Hylsykuivaamon olosuhteet helmikuu 2014

Helmi	Kuivaamon poistoilman lämpötila (°C)	Kuivaamon suhteellinen kosteus (%)	Tuloilman lämpötila (°C)	Asetus lämpötila (°C)	Ulkolämpötila (°C)	Ulkoilman suhteellinen kosteus (%)
2	26,8	16,9	35,4	40	-6,4	92
	26,6	19,6	38,2	40	-5,4	86
3	26,8	18,2	39,3	40	-4,0	97
	27,4	20,9	36,7	40	-2,1	98
	27,1	24,3	38	40	-1,3	98
4	27,3	21	39,2	40	0,0	98
	26,3	23,1	35,6	40	0,1	94
	27,1	27,5	40	40	-2,0	98
5	26,9	19	40	40	-3,5	97
	27,2	21,5	37,7	40	-3,5	97
	27,1	22,3	37,4	40	-4,5	97
6	26,6	17,9	36,8	40	-5,9	95
	26,6	19,8	36,2	40	-6,2	91
	27,4	19,4	36	40	-7,4	94
7	26,6	17,7	35,3	40	-9,0	92
	26,6	18,5	37,9	40	-6,6	95
	27,4	21,5	39	40	-4,4	97
10	28,8	19,2	40	40	0,4	99
	28,5	23,3	40,1	40	0,5	99
	27,3	25,2	37,3	40	0,4	100
11	27,9	21,4	36,3	40	-0,1	100
	26,8	24,6	37,2	40	0,1	100
	26,3	23,8	35,3	40	-0,8	100
12	27,5	22,1	36,6	40	-0,1	100
	27,3	24	35,1	40	0,2	99
	26,2	25,3	35	40	0,1	100
13	27,2	23	35	40	0,4	100
	27,3	26,2	35,9	40	0,5	99
	25,9	25,9	34,7	40	-0,2	96
14	27,1	22,5	35,5	40	-0,4	96
	26,6	25,6	37,9	40	-0,4	93
17	28,3	20,4	38	40	1,0	100
	28,3	25,8	39,4	40	1,2	100
18	28,1	22,7	38,7	40	0,4	100
	28,2	25,9	39,3	40	0,5	100
	27,9	25,8	38,7	40	0,9	97
19	26,7	22,6	38,1	40	0,8	95
	26,5	22,4	36,6	40	0,4	97
	27,1	19,9	34,2	40	-0,6	96
20	26,9	18,5	33,6	40	-3,1	84
	26,8	21,5	34,3	40	-4,7	83
21	27,1	19,9	34,2	40	-4,4	89
	27,2	21,2	35,5	40	-4,1	91
	27,2	21,5	35,5	40	-1,8	71
24	29,2	19,8	39,9	40	2,3	92
	28	24,4	39,9	40	4,1	80
	27,6	25,5	40	40	4,2	79
25	27,7	21,6	39,7	40	1,7	88

## Hylsyjen mittojen vertailu laatukriteereihin ja kuivaamon olosuhteet

Päivämäärä	Laari	Mitta (mm)	Sisähalkaisija (mm)	Sisähalkaisija (mm)	Seinämän paksuus (mm)	Seinämän paksuus (mm)	Ukohalkaisija (mm)	Ukohalkaisija (mm)
9.loka	11	5010	151,1	-0,4	11,8	-0,2	174,8	-0,7
	22	5010	151,3	-0,2	11,8	-0,2	174,9	-0,6
10.loka	22	5010	151,1	-0,4	11,6	-0,4	174,5	-1
16.loka	10	5010	151	-0,5	11,8	-0,2	174,6	-0,9
	11	5010	151	-0,5	11,7	-0,3	174,6	-0,9
	22	5010	151	-0,5	11,6	-0,4	174,6	-0,9
17.loka	22	5010	151,1	-0,4	11,8	-0,2	174,6	-0,9
24.loka	10	5010	151,5	0	11,8	-0,2	174,6	-0,9
	11	5010	151,2	-0,3	11,8	-0,2	174,6	-0,9
	21	6530	151,1	-0,4	11,4	-0,6	174,4	-1,1
16.tammi	21	6530	150,9	-0,6	12	0	174,8	-0,7
	11	5010	150,9	-0,6	12	0	174,8	-0,7
	10	5010	151,1	-0,4	11,8	-0,2	174,7	-0,8
22.tammi	22	5010	151,1	-0,4	12	0	174,6	-0,9
	10	5010	151,1	-0,4	11,9	-0,1	174,5	-1
12.helmi	22	5010	151,5	0	11,9	-0,1	174,9	-0,6
	10	5010	151,3	-0,2	11,9	-0,1	174,8	-0,7
	10	5010	151,3	-0,2	11,9	-0,1	174,8	-0,7
18.helmi	22	5010	151,9	0,4	12,1	0,1	174,8	-0,7

Päivämäärä	Poistoilman lämpötilä (°C)	Poistoilman kosteus (%)	Tuloilman lämpötilä (°C)	Asetuslämpötilä (°C)	Ulko lämpötilä (°C)	Ulkoilman kosteuspitoisuus (%)
9.loka	29,9	37,5	45,8	40	11,5	97
	28,5	36	42,7	40	11,0	98
10.loka	30	34,2	42,7	40	10,9	98
16.loka	25,5	21,3	29,9	40	2,0	76
	25,4	22,2	29,9	40	2,9	68
	25,4	23,3	29,7	40	-0,3	83
17.loka	25	21,1	30,1	40	-1,4	88
24.loka	28	41,6	42,5	40	10,1	98
	27,2	37,4	41,4	40	11,5	99
	27,4	32	38,3	45	9,6	93
16.tammi	26,2	13,4	34,6	40	-14,3	86
	26,2	16,5	36,2	40	-14,3	86
	26,5	20,1	22,9	40	-14,2	86
22.tammi	24,4	18,8	20,1	40	-17,2	83
	26,3	19,4	36,4	40	-16,3	84
12.helmi	27,5	22,1	36,6	40	-0,1	100
	27,3	24	35,1	40	0,2	99
	26,2	25,3	35	40	0,1	100
18.helmi	28,1	22,7	38,7	40	0,5	100
	28,2	25,9	39,3	40	0,9	97
	27,9	25,8	38,7	40	0,8	95

**LIITE 12.****Vuodenaikojen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden  
keskiarvot kuukausi keskiarvojen perusteella**

Talvi	°C	%		Kevät	°C	%
Joulukuu	-6,1	89		Maaliskuu	-4,2	81
Tammikuu	-9,5	88		Huhtikuu	1,9	75
Helmikuu	-9	86		Toukokuu	9,4	64
Ka	-8,2	87,7		Ka	2,4	73,3
Kesä	°C	%		Syksy	°C	%
Kesäkuu	15	64		Syyskuu	9,5	84
Heinäkuu	16,5	70		Lokakuu	4	87
Elokuu	14,9	77		Marraskuu	-1,1	91
Ka	15,5	70,3		Ka	4,1	87,3

**Laskelmat eri vuodenajoilta, poistoilman  
jakautuminen palautus- ja jäteilmaan**

Talvi			Kevät		
$t_u$	-8,2	K	$t_u$	2,4	K
$\varphi_v$	87,7	%	$\varphi_v$	73,3	%
$x_u$	1,64	g/kg	$x_u$	3,29	g/kg
$\rho$	1,33	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$	1,28	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	10,66	kg/s	Tuloilman massavirta	10,25	kg/s
Tuloilman vesivirta	17,49	g/s	Tuloilman vesivirta	33,73	g/s
	62,95	kg/h		121,43	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	185,79	kg/h	Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	244,26	kg/h
Poistoilman vesivirta	84,34	g/s	Poistoilman vesivirta	81,10	g/s
	303,63	kg/h		291,95	kg/h
Palautusilmanosuus	117,85	kg/h	Palautusilmanosuus	47,68	kg/h
Palautusilman säätöpelti	38,8	%	Palautusilman säätöpelti	16,33	%
Jäteilmanosuus	185,79	kg/h	Jäteilmanosuus	244,26	kg/h
Jäteilman säätöpelti	61,2	%	Jäteilman säätöpelti	83,67	%

Kesä			Syksy		
$t_u$	15,5	K	$t_u$	4,1	K
$\varphi_v$	70,3	%	$\varphi_v$	87,3	%
$x_u$	7,69	g/kg	$x_u$	4,42	g/kg
$\rho$	1,22	kg/m <sup>3</sup>	$\rho$	1,27	kg/m <sup>3</sup>
Tuloilman massavirta	9,79	kg/s	Tuloilman massavirta	10,19	kg/s
Tuloilman vesivirta	75,26	g/s	Tuloilman vesivirta	45,04	g/s
	270,94	kg/h		162,13	kg/h
Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	393,77	kg/h	Tuloilman vesivirta+ hylsyjen vesivirta	284,97	kg/h
Poistoilman vesivirta	77,41	g/s	Poistoilman vesivirta	80,59876	g/s
	278,69	kg/h		290,16	kg/h
Palautusilmanosuus	-115,08	kg/h	Palautusilmanosuus	5,19	kg/h
Palautusilman säätöpelti	-41,29	%	Palautusilman säätöpelti	1,79	%
Jäteilmanosuus	393,77	kg/h	Jäteilmanosuus	284,97	kg/h
Jäteilman säätöpelti	141,29	%	Jäteilman säätöpelti	99,02	%