

Textilingenjörsexamen vid institutionen Textilhögskolan, Högskolan i Borås
2008.2.8.

Växthusvävens fukttransmission

– Hur struktur och materialval påverkar växthusvävens fuktgenomsläpplighet

Alexandra Bernardo
Linda Sund



TEXTILHÖGSKOLAN
HÖGSKOLAN I BORÅS

Förord

Den här rapporten är det avslutande examensarbetet på Textilingenjörsprogrammet vid Högskolan i Borås, institutionen Textilhögskolan. Arbetet har utförts på uppdrag av Ludvig Svensson AB i Kinna och merparten av testerna har genomförts på Swerea IVF AB i Mölndal.

Vi vill tacka våra handledare Per Holgerson och Anders Bergner för ert engagemang och stöd. Vi vill även tacka Birgitta Lindsjö och Alf Börjesson på Swerea IVF AB för er hjälp under arbetets gång.

Borås, juni 2008

Alexandra Bernardo

Linda Sund

Arbetets art:	Teknologie kandidatexamensuppsats med huvudområde textilteknologi
Titel:	Växthusvävens fukttransmission – Hur struktur och materialval påverkar växthusvävens fuktgenomsläpplighet
Författare:	Alexandra Bernardo och Linda Sund
Handledare:	Anders Bergner, Swerea IVF AB Per Holgerson, Ludvig Svensson AB
Datum:	12 juni, 2008

Sammanfattning

Växthus används för att ge ett bättre odlingsklimat åt grödor och växter. För ytterligare förbättring av förhållandena används växthusvävar som exempelvis kan reglera temperatur, fuktighet och ljusstillsförelse. Väven som behandlas i denna rapport är en så kallad energiväv som främst har till uppgift att minska energiåtgången vid uppvärmning.

När väven är fördragen nattetid, ökar luftfuktigheten då grödorna avger fukt dygnet runt. Fukt kan kondenseras mot energiväven, vilket gör att det bildas droppar på väven som kan falla ned på växtligheten. Den höga luftfuktigheten kan medföra svampsjukdomar och i övrigt också bidra till att tillväxten avstannar.

Ludvig Svensson AB i Kinna som tillverkar växthusvävar vill undersöka hur struktur och materialval påverkar energivävens fuktgenomsläpplighet. Detta skall göras genom framtagning av ett antal olika provmaterial, där modifieringar av energiväven görs. Provmaterialens fukttransmission mäts med fyra metoder, saltmetoden (EN ISO 15 496:2004), kanadensiska burkmetoden (CAN2-4.2-metod 49:1977), hudmodellen (ISO 11 092:1993 (E)) och Permatran-W som baseras på ASTM E96/E96M-05. De två förstnämnda metoderna utfördes på Swerea IVF AB i Mölndal.

Ett antal förändringar gjordes på väven, däribland byte av material, ändring av masklängd och bindningstyp. Resultaten visade att en modifiering av plastsorten i väven gav störst förändring av fuktgenomsläppligheten. De flesta provmaterialen påvisade en mindre fukttransmission än hos den ursprungliga energiväven, dessa värden kan i sig ge användbar data inför framtida produktutveckling.

Nyckelord: fukttransport, ångmotstånd, ångpermeabilitet, växthusväv, växthus, luftfuktighet

Category of essay: Bachelor of Science with a major in Textile Technology

Title: The greenhouse screens water vapour transmission – How structure and choice of material affects the screens water vapour permeability

Authors: Alexandra Bernardo and Linda Sund

Supervisors: Anders Bergner, Swerea IVF AB
Per Holgerson, Ludvig Svensson AB

Date: 12 June, 2008

Abstract

Greenhouses are used for the improvement of the cultivation climate for crops and plants. For further improvement of the environment, climate screens can be used, they control for example the temperature, humidity and brightness. The screen which is treated in this report is an energy saving screen that lowers the energy consumption.

When the greenhouse is covered at night, the humidity increases, since the crops transpire round the clock. The moisture can condense on the cold screen which contributes to the forming of drops that fall down on the vegetation. This effect and the high humidity level in the greenhouse could lead to fungus disease and a decrease in the growth of the cultivation.

Ludvig Svensson AB in Kinna who produces different climate screens, would like to investigate how structure and choice of material affects the energy saving screens water vapour transmission. This should be done by modifying the existing climate screen. The modified materials will be tested with four water vapour transmission methods, ISO 15496:2004, the cup method (CAN2-4.2-method 49:1977), the sweating hotplate method (ISO 11092:1993 (E)) and Permatran-W (based on ASTM - E 96/E 96M -05). The first two methods will be executed at Swerea IVF in Mölndal.

A few changes were made on the original screen, for example an exchange of materials, a change of looplength and a change of binding. The results showed that a modification of the plastic band in the screen gave the largest vapour transmission. The most of the modified materials showed a lower humidity transport then the now existing screen. The given results can still offer useful information for future product development.

Keywords: water vapour transmission, evaporative transmission rate, water vapour permeability, climate screen, greenhouse, relative humidity

Innehållsförteckning

<u>1. Inledning</u>	1
<u>1.1 Introduktion</u>	1
<u>1.2 Syfte</u>	1
<u>1.3 Avgränsningar</u>	2
<u>1.4 Metod</u>	2
<u>2. Växthus</u>	2
<u>2.1 Energibalansen i växten</u>	3
<u>2.2 Energibalansen i växthuset</u>	3
<u>2.3 Fukt i växthus</u>	4
<u>2.4 Växthusväv</u>	5
<u>2.4.1 Energiväv</u>	6
<u>3. Material</u>	7
<u>3.1 Nuvarande material</u>	7
<u>3.1.1 Orginalväv i produktion</u>	7
<u>3.2 Provmaterial</u>	8
<u>3.2.1 Lin</u>	9
<u>3.2.2 Ull</u>	9
<u>3.2.3 Polyamid (PA)</u>	10
<u>3.2.4 Polyester (PES/PET)</u>	11
<u>3.2.5 Polyeten (PE)</u>	12
<u>4. Fukt</u>	13
<u>4.1 Fukt i luft</u>	13
<u>4.1.1 Begrepp</u>	13
<u>4.1.2 Relativ fuktighet</u>	14
<u>4.1.3 Utomhusluft</u>	14
<u>4.1.4 Inomhusluft</u>	14
<u>4.2 Fukt i material</u>	14
<u>4.2.1 Fuktkvot - viktmått</u>	15
<u>4.2.2 Fukthalt - volymmått</u>	15
<u>4.2.3 Fuktjämvikt</u>	15
<u>4.3 Fukttransport</u>	15
<u>4.3.1 Diffusion</u>	15
<u>4.3.2 Migrering</u>	16
<u>4.3.3 Ångtransport med kapillärkrafter</u>	16
<u>4.4 Begrepp</u>	17
<u>4.4.1 Ångmotstånd</u>	17
<u>4.4.2 Ångpermeabilitet, WVP</u>	17
<u>4.4.3 Omräkning av enheter</u>	17
<u>5. Metoder för mätning av fukttransport</u>	18
<u>5.1 Saltmetoden – Mätning av textiliers vattenånggenomgång för kvalitetskontroll – EN ISO 15 496:2004</u>	18
<u>5.1.1 Provningsförfarande</u>	18
<u>5.1.2 Modifiering av metoden</u>	19
<u>5.2 Burkmetoden – Kanadensiska burkmetoden, CAN2-4.2-metod 49:1977</u>	20
<u>5.2.1 Provningsförfarande</u>	20
<u>5.3 Hudmodellen – ISO 11 092:1993</u>	21
<u>5.3.1 Provningsförfarande</u>	21
<u>5.4 ASTM - E 96/E 96M -05</u>	22
<u>5.4.1 Torkmedelmetoden</u>	22
<u>5.4.2 Vattenmetoden</u>	22
<u>5.4.3 Permatran-W101K</u>	23
<u>5.5 Metodernas lämplighet</u>	23
<u>5.5.1 Saltmetoden</u>	23
<u>5.5.2 Burkmetoden</u>	24

5.5.3 Hudmodellen	24
5.5.4 ASTM – Permatran-W	24
5.5.5 Metodjämförelse	24
5.6 Mätosäkerhet	24
5.6.1 Saltmetoden	24
5.6.2 Burkmetoden	25
6. Resultat	25
6.1 Resultat saltmetoden	25
6.1.1 Provning av plastfolier	27
6.1.2 Fuktgenomgång över tid	27
6.2 Resultat burkmetoden	28
6.3 Resultat hudmodellen	28
6.4 Resultat Permatran-W	28
6.5 Resultatjämförelse mellan metoderna	29
7. Diskussion	29
7.1 Mätresultat saltmetoden	29
7.1.1 Plaster	30
7.1.2 Fuktgenomgång över tid	30
7.2 Mätresultat burkmetoden	30
7.3 Mätresultat hudmodellen	31
7.4 Mätresultat Permatran-W	31
8. Slutsats	31
9. Förslag till fortsatt arbete	32
Källförteckning	33
Bilaga 1 – Saltmetoden, mätresultat	
Bilaga 2 – Burkmetoden, mätresultat	
Bilaga 3 – Saltmetoden, sammanställning av resultat	
Bilaga 4 – Saltmetoden, fukt över tid resultat	
Bilaga 5 – Burkmetoden, sammanställning av resultat	
Bilaga 6 – Burkmetoden, foto utrustning	
Bilaga 7 – Saltmetoden, foto utrustning	
Bilaga 8 – Saltmetoden, foto utrustning	
Bilaga 9 – Hudmodellen	
Bilaga 10 – Permatran-W, mätresultat	
Bilaga 11 – Permatran-W, sammanställning av resultat	

1. Inledning

1.1 Introduktion

För att skapa de bästa förutsättningarna för uppdrivning av växter och grödor används växthus. Genom växthuset kan man skapa ett mikroklimat som bättre passar odlingslaget.

Genom att dessutom använda klimatvävar optimeras odlingsklimatet i växthuset ytterligare. Med optimalt odlingsklimat menas rätt temperatur, fuktighet och ljusstillsättning för avsedd gröda. Det finns olika varianter av växthusväv som gör det möjligt att anpassa väven till de förutsättningar som aktuellt växtslag är i behov av. Väven i sig har många funktioner, bland annat att bidra med en energibesparing och att ge skugga. [28]

På Ludvig Svensson AB i Kinna har tillverkning och produktutveckling av klimatvävar pågått sedan 1970-talets mitt. Det sker en ständig utveckling för att förbättra det sortiment av vävar som finns. Företaget är nu världsledande på växthusvävar för inomhus- och utomhusbruk. [28] Den största delen av produkterna exporteras till Nederländerna. [29]

I Europa är det också Nederländerna som står för den mest högteknologiska växthusindustrin. Där upptar

växthusnäringen drygt tiotusen hektar mark och omsätter

mkring 3,2 miljarder euro per år. Det normalstora växthuset omfattar sex hektar, men det finns även de som är upp till hela tio hektar, vilket motsvarar 100 000 kvm. [19]



Figur 1. Interiörbild från ett växthus [28]

v
o

Vid användande av väv för energibesparing i växthus dras väven normalt för nattetid. Vissa grödor transpirerar mycket vatten även under natten, vilket gör att luftfuktigheten kan komma upp i mycket höga nivåer. Fukten kondenserar på växthusväven, vilket kan leda till att vatten droppar ned på växterna. Vid för höga fuktnivåer avstannar även tillväxten genom att ångtrycksskillnaden mellan bladen och luften blivit för liten. Detta kan ge följdbesvär med svampsjukdomar som i sig också ger minskad tillväxt hos växterna. [25]

I dag löses problemet genom att öppna väven, helt eller delvis, med vissa intervall nattetid för att ventilerar bort fukten. Detta ger dock en energiförlust, vilket helst vill undvikas. [25] Följaktligen vill man ytterligare utveckla väven till ökad fuktgenomsläpplighet med bibehållen energibesparing.

Denna rapport är en del av ett större projekt som Ludvig Svensson AB driver.

1.2 Syfte

Huvudsyftet med examensarbetet är att undersöka hur materialvalet och strukturen på växthusväven påverkar dess fuktgenomsläpplighet. Detta skall göras för att komma en bit på vägen vad gäller fuktproblemen som kan uppstå vid användning av energiväv. Om det är möjligt skall även slutsatser dras om olika metoders lämplighet för mätning av fukttransport i växthusväv.

1.3 Avgränsningar

Arbetet skall fokusera på fuktgenomgången i de nya vävproverna som tas fram. Hänsyn skall ej tas till andra betydelsefulla aspekter för en växthusväv, såsom hållbarhet och den energibesparing den ger.

Endast textila metoder för mätning av fuktgenomsläpplighet skall undersökas, eftersom växthusväven klassas som en textil produkt. Ett alternativ vore att även undersöka plastmetoder, då väven till stor del består av plast. Dessa metoder borde ge bäst resultat på en ännu tätare vara än produkten ifråga.

Valet av material begränsas till det som finns att tillgå genom Ludvig Svensson AB.

Ursprungsbindningen kan ej bytas ut till fullo, på grund av den tidsbegränsning som råder.

1.4 Metod

Litteratursökningen var till en början inriktad på att undersöka vilka metoder som används vid mätning av fukttransport. I samband med detta kontrollerades vilka metoder som var tillgängliga för ifrågavarande examensarbete. Detta styrde främst valet av mätmetoder.

I samråd med Ludvig Svensson AB beslutades vilka metoder som skulle användas och de modifieringar av befintlig energiväv som skulle göras, både med tanke på tidsaspekter och maskintekniska begränsningar. Besök i produktionen gjordes både före och under framtagningen av provmaterialen för att ge en teknisk inblick.

Då befintliga energivävar ur produktionen saknade tillgängliga referensvärden, har sådana uppmätts i syfte att ge utgångsvärden. Testningen av provmaterialen gav resultat som sattes i relation till våra utgångsvärden. Mätningarna utfördes på Swerea IVF AB.

Litteraturstudier har löpt parallellt under arbetets gång. I samband härmed kan dock nämnas att litteraturen inte rymmer mycket av direkt tillämplighet avseende frågeställningen, källhänvisningarna har därför kommit att bli något bristfälliga.

2. Växthus

Det finns en mängd klimatfaktorer vilka ständigt är under förändring som påverkar växthuset¹ och dess klimat, och i och med det livsbetingelserna för själva växten. Kunskapen om dessa gör det möjligt att styra växtligheten och härigenom avkastningen. Det är svårt att se den påverkan som en enskild klimatfaktor utgör då de hela tiden samverkar, vilket kräver att hänsyn tas till alla omständigheter. Kunskap om dessa faktorer är alltså av stor betydelse i växthusnäringen, samt även vid tillägnandet av detta examensarbete.

Något härom kommer därför att nämnas översiktligt i det följande.

¹ Kapitlet är i huvudsak baserat på [3].

2.1 Energibalansen i växten

Växten samverkar med sitt omgivande klimat genom att utbyta energi och gaser, såsom koldioxid, syre och vattenånga. Detta sker eftersom växten inte kan hålla en konstant temperatur i sina celler och ständigt påverkas av det omgivande klimatet. Energin som växten tar upp består till störst del av den synliga ljusstrålningen från solen, samt i förekommande fall också från lampor och värmeledningar i växthuset. Fotosyntesen och växtkraften tar hand om en liten del av denna energi, resterande del ombildas till värme i bladen. Blir bladtemperaturen högre än i växthuset minskas den genom värmestrålning, konvektion² och transpiration. Dessa tre faktorer styr alltså växtens temperatur för att uppnå en balanserad energimängd.

Eftersom målet är balans mellan växten och omgivningen pågår det en kontinuerlig energitransport till och från växten. Den styrs av klimatet i växthuset som består av följande element vilka alla påverkar bladtemperaturen; luftfuktighet, luftförelse, ljus, koldioxidhalt och temperatur.

Även om det är växtens temperatur som bestämmer hur väl den utvecklas och växer, regleras oftast klimatet efter lufttemperaturen i växthuset. Orsaken till detta är att det är svårt att mäta bladtemperaturen på ett lämpligt vis, då enskilda blad, även på en och samma växt, kan skifta i exempelvis utvecklingsstadium, ålder, bladstorlek och instrålning.

Transpiration sker då ångtrycket är högre i bladet än i dess omgivning. Då luftfuktigheten är låg och bladets temperatur är högre än luftens sker följaktligen den största avdunstningen.

Grundprincipen är sammanfattningsvis att tryckskillnader, liksom temperaturskillnader, är självutjämnande.

2.2 Energibalansen i växthuset

Det yttre klimatet påverkar alltså klimatet inne i växthuset. Växthusets ytskikt är således avgränsningen mellan yttre och inre klimat och ett energiutbyte sker på ett liknande sätt som energiutbytet i växtens blad. Detta sker återigen genom konvektion, transpiration och värmeinstrålning.

Huvuddelen av växthusets energi kommer naturligtvis från solen genom instrålning, en strålning som också återreflekteras från marken – en variabel man kan styra genom förändring av markens optiska egenskaper. Instrålningens mängd i sig kan variera beroende på växthusets konstruktion, takets lutning och av täckmaterialets fabrikat och struktur.

Den inkommande strålningen omvandlas således till värme, i de delar som inte återreflekteras, vilken lagras i jorden och växterna. Denna värme sprids till växthusluften. Spridningen uppkommer genom konvektion, värmeinstrålning och så kallad evapotranspiration, sistnämnda är avdunstning från mark och transpiration från växter.

Av ovan följer att energiutbytet får direkta återverkningar på luftens temperatur och luftfuktighet. Energiutbytet återspeglar sig också i innerklimatets luftförelser vilka uppkommer genom konvektionen.

² Värmetransport från en fast kropp till en vätska eller gas, eller tvärtom. Konvektion orsakas av densitetsskillnader i närliggande volymer av mediet, i sin tur härrörande från temperaturgradienter.

Växthuset förlorar också mycket energi till växthusets ytermiljö, främst genom strålning, konvektion, kondensation och ofrivillig ventilation, det vill säga läckage. Beroende på energiförlusternas omfattning infinner sig ett varierande behov av uppvärmning. Främst infinner detta sig under natten men självfallet är detta också årstidscykliskt styrt.

Som ett exempel på energibehovets variation över årstiderna kan i förbigående nämnas att behovet av energitillförsel i form av uppvärmning kan variera med så mycket som 10-15 gånger om man jämför juli månad med februari månad. Detta energiexempel avser blockväxthus med enkelglas. Energiåtgången kan med användning av så kallat dubbelt täcksikt, exempelvis akrylplattor, minskas med ca 50 % genom dess isolerande förmåga. [3]

Dubbla ytskikt har förutom den goda egenskapen av energibesparing även några egenskaper som uppfattas som negativa. Dels är ljusnivån omkring 10-15 % lägre i akrylhus och dessutom är luftfuktigheten högre, vilket beror på den isolerande förmågan som täcksiktet ger. Detta beror på att fukten kondenserar i lägre grad vid denna yta då den inte är lika sval som ett enkelt skikt. Kondensationen ger en minskad luftfuktighet. De negativa faktorerna som nämndes ger enligt undersökningar inte ett sämre utslag på växtproduktionen. Minskat ljusinsläpp betyder således inte automatiskt ett försämrat odlingsklimat.

Även om solen bidrar med det största energitillskottet föreligger, som anförts, ofta ett behov av energitillskott genom annan uppvärmning. Mängden energi som behöver tillföras beror på var i världen växthuset är placerat.

Tre olika typer av värmesystem är vanliga; vattenburen rörvärme, luftburen värme samt strålningsvärme.

Vid uppvärmning av ett växthus krävs generellt sett ett värmesystem som har så pass stor prestanda att den klarar att hålla önskad temperatur när det är som kyligast ute och att denna värme sprids jämnt i hela växthuset.

2.3 Fukt i växthus

Luftfuktigheten i ett växthus beror på balansen mellan den mängd fukt som tillförs till luften i växthuset och den mängd fukt som förs bort från växthuset. Tillförseln av fukt sker vid växters transpiration och via avdunstning från fuktiga ytor. Fukt förs bort vid luftning och genom läckage. Även kondensation mot väggar och innertak gör att fukthalten minskar.

Det är viktigt att luftfuktigheten ligger på en nivå som gynnar växtligheten i växthuset. En luftfuktighet under 50 % hämmar tillväxten starkt hos många växter. Vid för hög luftfuktighet minskar drivkraften för transpirationen och detta leder i längden till en försämrad näringsbalans. Det kan även leda till kondensbildning på blad och växtdelar om dess temperatur är låg, vilket kan ge diverse svampsjukdomar. En relativ fuktighet på 90 % ger stora angrepp, men understiger luftfuktighet 75 % förekommer ett obetydligt antal angrepp.

Ett alltför välisolerat växthus kan vara en orsak till en hög luftfuktighet. Höjs temperaturen kan luften innehålla mer fukt innan den fälls ut som kondens. Luft rörelserna i huset minskar då värmesystemet som gav upphov till dessa rörelser inte behöver arbeta lika hårt. Då luften är alltmer stilla leder detta till temperatur- och fuktighetsskillnader i olika delar av växthuset.

Risken för kondensation på bladen ökar då luften kring bladen snabbt blir mättad när det ej sker luftförelser.

För att undvika att det bildas kondens på bladen måste antingen luftfuktigheten minska eller bladets temperatur höjas över daggpunktstemperaturen.

Under dagtid måste växten transpirera fukt för att inte överhettas, då är det ingen mening med att försöka minska transpirationen för att få en lägre fukthalt i växthuset. Utdunstningen sker dygnet runt och varierar beroende på växtslag. Det som måste göras är att minska avdunstningen från alla andra delar av växthuset. Exempelvis måste odlingssubstratet vara täckt, och marken väl-dränerad. [20]

Luftcirkulation kan som tidigare nämnts ge en utjämnande effekt på skillnader i fukt och temperatur, men den ger ej en minskad fukthalt. Cirkulationen skapas med fläktar alternativt perforerade plastslangar som är anslutna till fläktar. Denna metod är främst avsedda för mindre växthus, eftersom energiåtgången blir hög då det krävs många fläktar.

Ett tredje sätt att minska fuktigheten är att ventiler ut den vilket ger en högre energiförbrukning då luften som släpps in måste värmas upp. Den fuktiga luften har högre värmeinhåll än torr luft med samma temperatur. Vid ventilering är väderleken utomhus av stor betydelse. Denna betydelse minskar om en värmeväxlare används. Den låter varm utgående luft värma upp den luft som skall in och därigenom återvinns en del av värmen. Eftersom värmeväxlaren behöver energi för att drivas, sparas inte lika stor mängd energi som den återvinner.

Fukten behöver inte ventileras bort om en värmepump som kan avfukta luften används. Om den utvunna värmen som frigörs vid avfuktningen kan lagras i ett värmemagasin blir den ekonomiska förlusten liten eftersom det då inte behövs lika stor mängd el för att värma växthuset. [20] Den frigjorda värmen kan numera även omvandlas till elkraft, vilket har lett till att växthusägare börjat leverera el utöver sin växtskörd [27].

Det inbördes samspel som ovan faktorer utgör är alltför komplext för att redovisas i detalj, och har inte heller den mest omedelbara anknytningen till uppsatsämnet, varför dessa frågor inte kommer att belysas närmare. Det har också i det föregående belysts det ekonomiska och miljömässiga värdet av att minska energiförlusterna i växthusmiljön, genom att förstå och styra mekanismerna och deras samspel.

2.4 Växthusväv

Det finns ett antal vävar med olika användningsområden för att förbättra odlingsklimatet för den enskilda växtsorten. Dessa kombineras för att optimera miljön för plantan. De typer av vävar som finns att tillgå är skuggvävar, mörklägningsvävar och energivävar. Dessa finns i olika varianter, speciellt skuggväven som kan ge olika grader av skydd. Vissa vävar är dessutom flamskyddade. [28]

Det finns vävar för både inomhus- och utomhusbruk. De varianter som används utomhus kan exempelvis skydda mot väderfaktorer såsom frost, hagel, regn, vind och solstrålning eller alternativt hjälpa till att hålla kvar värmen. [28]

Med hjälp av en skuggväv finns det möjlighet att styra mängden ljus som skall nå växterna. Den består av både aluminiumremsor och polyesterremsor med varierande fördelning mellan dessa. Aluminiumet reflekterar och polyestererna har goda ljustransmissionsegenskaper. Denna väv sänker dagstemperaturen och bidrar till en energibesparing från 47-65 %, beroende på val av väv från Ludvig Svensson AB:s sortiment. [22] [23]

Mörkläggningsväven används där det finns ett behov av att styra dagslängden för växten. Ludvig Svensson AB:s mörkläggningsväv släpper in mindre än 0,1 % av direkt eller diffust solljus och består av två lager. Det övre lagret av aluminiumremsor reflekterar solljuset och undviker värmelagring och det undre lagret har antingen en vit eller svart yta. Denna väv sparar omkring 75 % av energiförbrukningen³ när den är fördragen. [23]

2.4.1 Energiväv

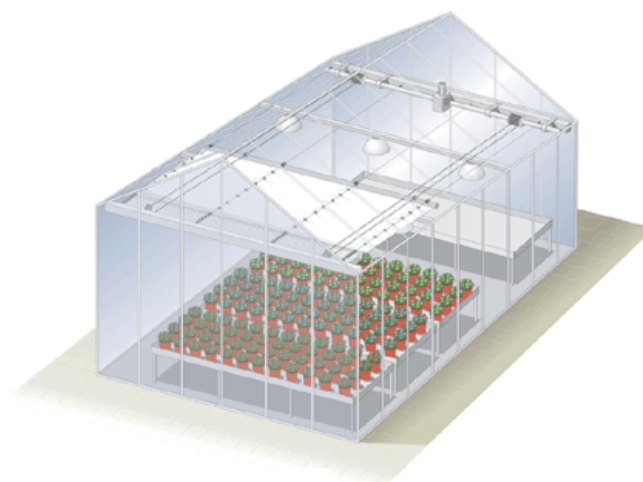
Det är energiväven som behandlas i denna rapport. Den har till uppgift att minska energiåtgången genom att hålla nere den energi som går förlorad vid strålning, konvektion, kondensation och den oavsiktliga ventilationen. Väven skall vara så tät som möjligt för att motverka att varm luft går igenom väven och kondenseras mot taket. Naturligtvis får väven inte vara för tät eftersom det då medför alltför höga luftfuktigheter. Detta kan vara ett problem då grödan är av ett sådant slag som transpirerar mycket.

De vävar som idag uteslutande används till energibesparing har omkring 50 % i besparing då de dras för. Har väven en ännu högre nivå av energibesparing används den till ett annat ändamål då den förmodligen har en reflekterande utsida som ger en skuggande effekt. Den dras för med automatik när mängden solstrålning understiger en viss energimängd, exempelvis 100 W/m², och följaktligen dras den ifrån när strålningen överstiger denna mängd. På så vis utnyttjas solens energi på ett maximalt vis för att värma upp växthuset. Ett alternativ till detta är att stänga väven när utomhustemperaturen är 8-9°C lägre än den önskade temperaturen inomhus [29].

Till följd av att energibehovet minskar går naturligtvis uppvärmningsbehovet ned.

Tidigare nämndes dilemmat med för tät väv. Ett annat problem som kan uppstå är att väven ger skugga till vissa delar av växthuset då den är fördragen. Ytterligare ett problem är att då väven är fördragen på vintern, kan det bildas is och att snö lägger sig på taket. Vid dessa tillfällen dras väven ifrån så att det smälter, ibland även under natten.

För att öka energibesparingen ytterligare dras väven ifrån när luften ovanför väven har hunnit värmas upp, en till ett par timmar efter soluppgången. Då dras den ifrån



Figur 2. Växthusvävens placering [28]

³ Förbrukning av uppvärmningsenergi.

successivt och långsamt, annars sjunker bladtemperaturen flera grader på ett antal minuter. En sådan temperaturminskning i bladet ger kondens på växten.

Väven placeras så högt som möjligt för att minska den volym luft som skall värmas upp. Det är även viktigt att se till att inga glipor bildas när den är fördragen. Luften ovanför väven har generellt en temperatur mellan utomhustemperaturen och den under väven [29].

Energivävarna ger en högre luftfuktighet eftersom den hejdar avfuktningen som sker via kondensation mot växthustaket. Väven bidrar även till en förhöjd bladtemperatur då värmestrålningen från bladen bromsas av väven.

En högre bladtemperatur tål en högre grad av luftfuktighet utan att kondensation på bladet inträffar. Exempelvis krävs det en relativ luftfuktighet på över 90 % om ett blad med temperaturen 16,6°C skall få kondens, alternativt 80 % RF och en bladtemperatur på 15,1°C. Detta gäller då lufttemperaturen är 18°C. Problem med svampsjukdomar uppstår då luftfuktigheten varit över 90 % i mer än 6 timmar. Lufttemperaturen är då 16-20°C [29].

Ludvig Svensson AB:s energivävar används oftast som ett lager vid grönsaksodling, men den kan även förekomma i kombination av olika vävar, i tre lager.[29]

3. Material

I detta avsnitt kommer Ludvig Svenssons nuvarande produkter beskrivas, även de framtagna provmaterialen kommer att belysas. De huvudsakliga materialen i energiväven är polyester och polyeten. På grund av sekretesskäl anges varken materialen i de nuvarande energivävarna eller provmaterialen. Detta gäller även för icke materialrelaterade modifieringar, såsom beredningar. Därav ges en generell beskrivning av materialgrupperna.

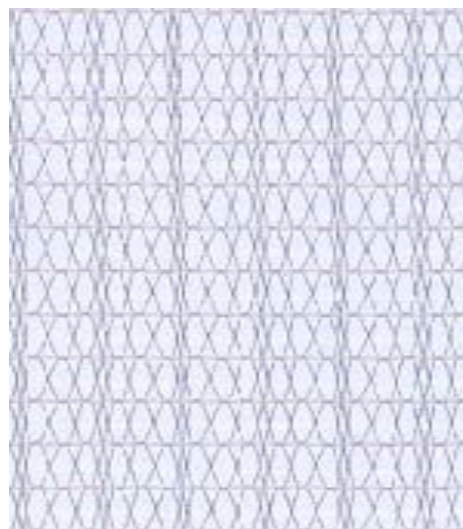
3.1 Nuvarande material

Energiväven består av 4 mm breda plastremсор som hålls samman av den bindning som polyestertråden bildar när den virkas ihop kring remsorna. Den så kallade väven tillverkas i varptrikåmaskiner. Remсорna i originalväven består av polyetenfilm. Tester utförs även på en väv av polyesterfilm som finns med i Ludvig Svensson AB:s produktsortiment. [23]

3.1.1 Originalväv i produktion

Originalväv PE

Den växthusväv som främst är avsedd för energibesparande ändamål i Ludvig Svensson AB:s sortiment har plastremсор i polyeten. Dessa är lätt grumliga, vilket benämns ”hög haze” [29].



Figur 3. Originalväv (PE) [28]

Polyetenfilmen släpper igenom en stor del av solljuset vilket gör den lämplig att använda både dag och natt. De direkta ljusstrålarna som når väven omvandlas till diffust ljus vilket gör att

Ljuset sprids bättre över hela plantan och minskar risken för vidbränning av växttopparna. [23]
[29]

Det är vid användning av denna produkt som fuktproblem uppstår i växthuset om grödan som odlas transpirerar mycket fukt. Undersökningen utgår från denna produkt.

Originalväv PET

Utöver originalväven PE finns det ytterligare en väv som är avsedd för energibesparing. Den är tillverkad av transparenta plastremor utav polyesterfilm. Den ingår i en produktserie där vävarna är flamskyddade och där det även finns möjlighet att välja olika grad av ljusreflektion. [23]

I undersökningen finns även denna produkt med och benämns som PET.

3.2 Provmaterial

I samråd med Ludvig Svensson AB fastställs olika parametrar som är möjliga att ändra, med tanke på maskinbegränsningar. Dessa är antal maskor/cm, remsbredd, bindning, utbyte av plastremor och garn.

Valet av garn grundar sig ej på dess funktionalitet, utan för att undersöka hur materialet påverkar fuktgenomsläppligheten. Garner och plaster är valda utifrån vad företaget har att tillgå.

Texturerad polyestertråd är ej lämplig att använda, eftersom den ger krympproblem, men är dock bättre att virka med.

Vanligtvis benämns polyestertråd som PES och platen som PET. Därav kommer dessa benämningar hädanefter att användas.

	Benämning	Plast (remsa)	Bindning	Maskor/cm	Remsbredd	Garn
1	PE	PE	Standard	5	4mm	PES
2	PET	PET	Standard	5	4mm	PES
3	AF	PE	Standard	5	4mm	PES
4	PET-smält	PET	Standard	5	4mm	PES
5	PEBA	PEBA	Standard	5	4mm	PES
6	PE 7 ms/cm	PE	Standard	7	4mm	PES
7	PE 4 ms/cm	PE	Standard	4	4mm	PES
8	PE 3,9mm	PE	Standard	5	3,9mm	PES
9	PE Ny bind.	PE	Ny bindning	5	4mm	PES
10	PE UII/PA	PE	Standard	5	4mm	UII/PA
11	PE Lin/PES	PE	Standard	5	4mm	Lin/PES

Figur 4. Tabell över provmaterial.

Material 1 och 2 utgör befintligt produktsortiment. Prov 3-5 fanns sedan tidigare, dock utan att tester utförts på dessa. Dessutom hade inte sådana provtyper kunnat tas fram under arbetets gång, då försök med nya beredningar och plastsorter kräver lång produktutvecklingstid. Däremot kunde material 6 – 11 virkas upp.

Provmaterial 3-5

- 3. Antifogbehandlad PE – antifogbehandlingen sänker PE-filmens ytspänning vilket gör att inga droppar bildas vid kondens. Det är PE-plasten som behandlas.
- 4. PET-smält – polyestergarnet och polyesterplasten som sammansmälts.
- 5. PEBA – monolitisk plast som är mjuk och lite grumlig i nyansen.

Provmaterial 6-11

- 6 - 7. Virkmaskinens kapacitet sträcker sig från 4 till 7 maskor/cm. Högsta och lägsta maskantal valdes.
- 8. Remsbredden kan endast minskas till 3,9 mm.
- 9. En bindning som används vid tillverkning av en annan variant av växthusväv.
- 10. En viss del av bindningstråden byts ut till ett garn i ull/PA (85 %/15 %, garnnr. 32/2)
- 11. En viss del av bindningen byts ut till ett garn i lin/PES (30 % /70 %, garnnr. 34/2)

3.2.1 Lin

Linfibern är en stjälfiber uppbyggd av cellulosa och har stora likheter med bomullsfibern. Den största skillnaden mellan fibrerna är att lin består av längre polymerer än bomull. Linfibern har även en större kristallinitet än bomullsfibern. Lin innehåller mer än 70 % kristallint område, detta medför att fibern är stark, styv och spröd. [8] [9]

Alla cellulosafibrer är mer eller mindre fuktabsorberande, detta beror på cellulosapolymerens OH-grupper. Dessa är polära och de attraherar vattenmolekyler som i sin tur också är polära. En cellulosafibers fuktupptag beror på andelen amorft område i fibern, då vattenmolekyler endast kan tränga in och igenom de amorfa delarna på grund av vattenmolekylens storlek. Vattenmolekyler är så pass stora att de inte får rum i de kristallina delarna av fibern. [8]

Densitet = 1,5 g/cm ³	Draghållfasthet = 0,45 N/tex	Våthållfasthet = 115 %
Fuktabsorption vid:	65 % RF → 10 %	100 % RF → 30 %

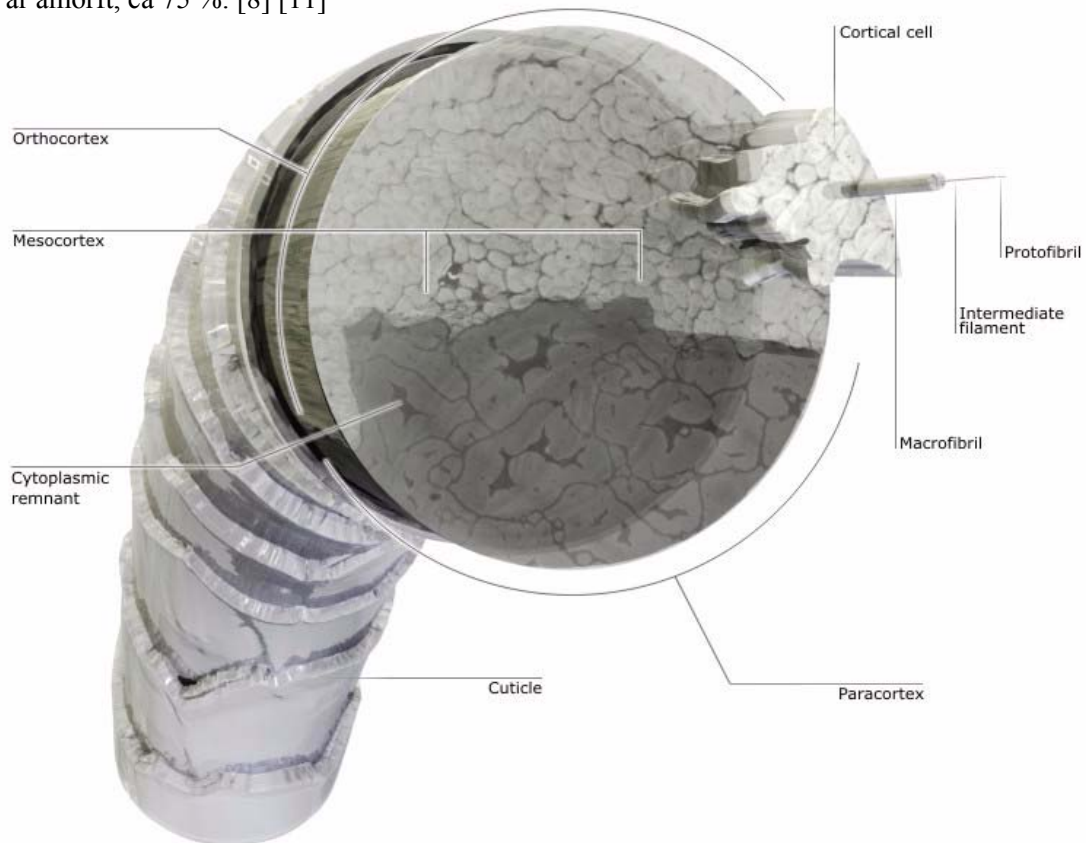
[9]

3.2.2 Ull

Ullfibern är en proteinfiber bestående av ett antal aminosyror som tillsammans bildar proteinämnet, keratin. Fiberns naturliga krusighet svarar för många av ullens bra egenskaper. [11]

Fibern består av 3 huvudkomponenter, *kutikula*, *cortex* och *fibriller*. Kutikulan finns på fiberns yttersta lager, utformat i överlappande fjäll. Cortex, kärnan, utgör 90 % av hela fiberns volym och består av para- och ortocortex. De båda cortex vrider sig runt varandra längs med fibern och

ger upphov till en del av fiberns krusighet. En cortex-cell består av ett antal makrofibriller som i sin tur består av hundratals mikrofibriller. Varje mikrofibrill består av 11 protofibriller som vrider sig runt varandra. Varje protofibrill innehåller 3 ullpolymerer, även dessa vrider sig runt varandra. Den fibrilliga och vridna strukturen ger tillsammans upphov till ullens krusighet. På grund av makro-, mikro- och protofibrillernas snodd, är polymersystemet ej välorienterat, utan det är amorft, ca 75 %. [8] [11]



Figur 5. Tvärsnitt av en merinoullfiber. [34]

Man kan säga att ullens naturliga krusighet ger upphov till ullens goda fuktabsorption. De som tidigare nämnda, polära vattenmolekylerna attraheras av ullpolymerens polära peptid-grupper. Eftersom fibrerna är 75 % amorft, absorberar den väldigt mycket fukt. [8]

Densitet = 1,3 g/cm ³	Draghållfasthet = 0,15 N/tex	Våthållfasthet = 80 %
Fuktabsorption vid:	65 % RF → 15 %	100 % RF → 35 %

[9]

3.2.3 Polyamid (PA)

Polyamidfibern är en syntetfiber och kan delas upp i två olika sorters polyamid. Den allra vanligaste är polyamid 6.6 och därefter kommer polyamid 6. Båda sorterna erhålls från råmaterialen petroleum, vatten och luft. PA 6.6 är uppbyggd av 2 monomerer som var och en

innehåller 6 kolatomer, medan PA 6 består av 1 monomer innehållande 6 kolatomer. Skillnaden är alltså att PA 6.6 behöver 2 monomerer för att vidarepolymeriseras och att PA 6 behöver endast 1 monomer.

Generellt är PA genomskinlig, likformig och tillverkas antingen som filament- eller stapelfiber. PA framställs oftast med ett cirkulärt tvärsnitt, men det förekommer även i andra tvärsnitt.

PA är 65 – 85 % kristallint, detta ger ett mycket välorienterat polymersystem, med mycket korta intermolekylära avstånd. På grund av det korta avståndet sitter polymerkedjorna så pass tätt packade att det finns möjlighet för bildning av vätebindningar mellan kedjorna. Vätebindningarna och den höga kristalliniteten medför att polyamidfibern är en mycket seg fiber med bra hållfasthet.

PA attraherar polära vattenmolekyler till sina polära aminogrunder, men absorberar väldigt lite fukt. Detta på grund av att den höga kristalliniteten tillåter få vattenmolekyler att tränga in i fibern.

Polyamidfibern har väldigt dålig resistans mot solljus. UV-strålningen får fiberns reaktiva grupper att reagera med luftens syre, som vidare producerar reaktiva ämnen som orsakar sönderfall av polymeren som bryter vätebindningarna, vilket försvagar PA-fibern avsevärt. [8] [10]

Densitet = 1,14 g/cm ³	Draghållfasthet = 4-6 cN/dtex	Våthållfasthet = 90-95 %
Fuktabsorption vid:	65 % RF → 4 %	100 % RF → 7 %

[33]

3.2.4 Polyester (PES/PET)

Polyester är en delkristallin termoplast som kan framställas exempelvis till plastfilm, filament eller stapelfiber. Namnet ester ges åt salter som framställs genom reaktion mellan en alkohol och en syra. En ester är ett organiskt salt och polyester betyder, många organiska salter.

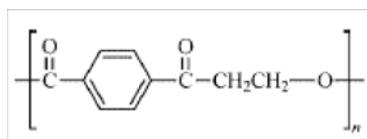
Som fiber är polyester genomskinlig, likformig och tunn. Fibrerna har ett nästan cirkulärt tvärsnitt och är oftast texturerade. Icke texturerade PES-garner förekommer också.

Polyesterpolymeren är linjär och är oftast baserad på polyetylentereftalat-polymerer. Viktiga kemiska grupper i polyester är metylgrupper (-CH₂-), kolmonoxid eller koloxid (-CO-) och estergrupper (-OCO-). Polyester innehåller även en fjärde grupp, bensenringen, som är mindre reaktiv men bibehåller mekanisk och kemisk stabilitet i polymeren.

En av polyesters positiva egenskaper är dess styrka. Det är polyesterns kristallinitet, 65 – 85 %, van der Waals bindningar och svaga vätebindningar som är orsaken till den starka fibern. Den förblir även stark vid väta eftersom hög kristallinitet förhindrar vattenmolekyler att tränga in i fibern och bryta dess bindningar. Dessutom är fibern hydrofob på grund av dess brist på polaritet och höga kristallinitet. Polyester är däremot lipofil, den attraherar fett och oljor.

Polyester har god väder- och UV-resistans, då de stabila bensenringarna, hjälper polymeren att motstå UV-strålningens skadliga effekter. [8] [10]

Polyester har sin glasövergångstemperatur vid $\sim 70^{\circ}\text{C}$ och smälttemperaturen vid $\sim 265^{\circ}\text{C}$. Formningstemperaturen ligger vid $130\text{-}140^{\circ}\text{C}$. [21]



Figur 6. Strukturformel PET [31]

Densitet = $1,38 \text{ g/cm}^3$	Draghållfasthet = $4\text{-}6 \text{ cN/dtex}$	Våthållfasthet = $95\text{-}100 \%$
Fuktabsorption vid:	65% RF $\rightarrow 0,5 \%$	100% RF $\rightarrow 1 \%$

[33]

3.2.5 Polyeten (PE)

Polyeten är en färglös, delkristallin termoplast som finns i flera varianter, där de vanligaste är följande:

LDPE (lågdensitetspolyeten) har densiteten $0,910\text{-}0,940 \text{ g/cm}^3$. Den benämns också som MDPE (medeldensitetspolyeten) i intervallet $0,925\text{-}0,940 \text{ g/cm}^3$. Dessa plaster har både korta och långa sidogrenar på polymerkedjan vilket gör att kedjorna inte kan lägga sig tillräckligt tätt intill varandra runt grenarna. Detta hämmar kristallisationen och ger därigenom en låg densitet. De har en kristallinitet på $35\text{-}55 \%$ och en smälttemperatur (T_m) kring $\sim 105\text{-}125^{\circ}\text{C}$. Glasövergångstemperatur (T_g) $\sim -120^{\circ}\text{C}$

HDPE (högdensitetspolyeten) har densiteten $0,949\text{-}0,965 \text{ g/cm}^3$. En polyeten med få korta sidogrenar på polymerkedjan, vilket ger en hög kristallinitet, $70\text{-}90 \%$. Den mer ordnade kristallstrukturen ger också en högre smälttemperatur $\sim 125\text{-}140^{\circ}\text{C}$. Glasövergångstemperatur $\sim -120^{\circ}\text{C}$

LLDPE (linjär lågdensitetspolyeten) har samma densitet som LDPE men liknar HDPE med dess korta sidogrenar. Dessa har bildats genom att eten sampolymeriserats med α -olefiner som exempelvis buten och okten. Förgreningsgraden kan styras med mängden monomer vilket ger en möjlighet att styra kristallinitet och hårdhet. Blåst film av linjär LDPE har bättre töjningsegenskaper än LDPE.

Eten kan genom sampolymerisation med ett antal monomerer bilda plaster med olika specifika användningsområden. De ger material som är alltifrån mycket mjuka till halvstyva. [21][24]

Strukturformel: $-(\text{CH}_2\text{CH}_2)\text{-}_n$

4. Fukt

4.1 Fukt i luft

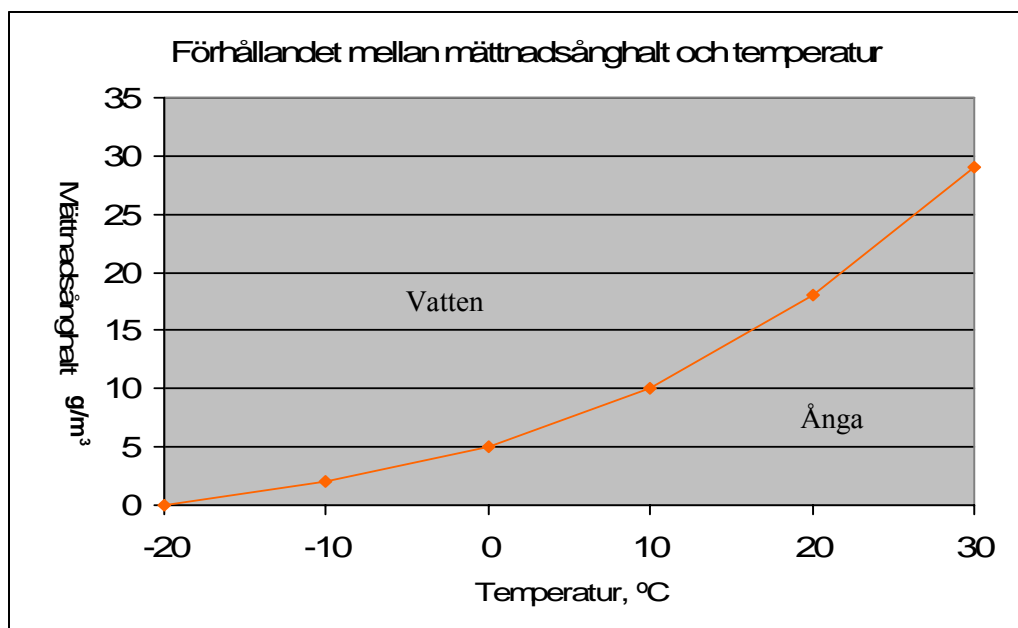
I detta avsnitt kommer olika fuktbegrepp att förklaras, även en beskrivning av fukt i både inomhus- och utomhusmiljö kommer att behandlas.

4.1.1 Begrepp

Luft innehåller en viss mängd vattenånga och kan benämnas som luftens verkliga ånghalt, v . Ånghalten beskriver mängden vattenånga det finns i en kubikmeter luft och har därmed enheten kg/m^3 . Ett annat begrepp är ångkvot, x , den beskriver mängden vattenånga i kg per kg torr luft. Ångkvoten har därmed en dimensionslös enhet, som omvandlas till procent. Ett annat namn för ångkvoten är absolut fuktighet [3] [32].

- Ånghalt: $v = \text{vattenångans massa} / \text{total volym, kg}/\text{m}^3$
- Ångkvot: $x = \text{vattenångans massa} / \text{torra luftens massa, kg}/\text{kg}$

Luft kan inte innehålla mer än en viss mängd vattenånga beroende på temperaturen. Om temperaturen sänks kommer mätnadsånghalten att minska medan den verkliga ånghalten förblir densamma (se figur nedan). Den maximala mängden vattenånga kallas mätnadsånghalten, v_s , och har samma enhet som ånghalten, kg/m^3 . [1]



Figur 7. Förhållandet mellan mätnadsånghalt och temperatur [1]

Vid alla mätnadsånghalter och temperaturer som ger punkter till vänster om kurvan, kan endast vatten uppträda. Ligger punkterna på höger sida om kurvan kan endast ånga förekomma. På kurvan förekommer både vatten och ånga, då vid dessa punkter vattenånga kondenseras eller vatten förångas. [3]

Vid en viss temperatur blir mätnadsånghalten och den verkliga ånghalten lika, vilket kallas för daggpunktstemperaturen. Denna är den lägsta temperaturen, som luft kan kylas till, utan att vattenånga kondenseras. När luften kyls under daggpunktstemperaturen måste en del av luftens fuktighet avlägsnas genom kondensation. [1] [2]

4.1.2 Relativ fuktighet

Relativ fuktighet är ett av de viktigaste begreppen vad gäller fibrers förhållande till vattenånga och är därmed oftast av störst intresse. Detta begrepp är ett uttryck för hur hög den verkliga ånghalten är jämfört med maximalt möjliga ånghalten, vid aktuella temperaturer. Exempelvis betyder 90 % relativ fuktighet att den verkliga ånghalten är 90 % av den maximala ånghalten, mätnadsånghalten. Den betecknas oftast som ϕ eller RF (engelska RH). Den relativa fuktigheten är dimensionslös, men uttrycks oftast i procent, därmed finns 100 med i definitionsformeln (se formel nedan). [1] [2]

Definitionsformel:

$$\text{RF} = 100 * (v/v_s) \quad \begin{array}{l} v = \text{verklig ånghalt, kg/m}^3 \\ v_s = \text{mätnadsånghalt, kg/m}^3 \end{array}$$

4.1.3 Utomhusluft

Den relativa fuktighetens dygnsmedelvärde varierar beroende på årstid och väder. På vintern kan fuktigheten variera från 80 – 90 % och på sommaren, 60 – 80 % i svenskt klimat. Vid regn och dimma kan den relativa fuktigheten ligga mellan 95 – 100 %, medan den vid torrt och varmt väder kan ligga mellan 35 – 40 %. Vanligtvis är den relativa fuktigheten även högre på natten. [1]

4.1.4 Inomhusluft

Inomhusånghalten beror på utomhusånghalten, fuktproduktionen inomhus och ventilationens storlek. Fuktproduktionen inomhus kommer från avdunstning från människor, djur och växter. Även disk, tvätt, bad och matlagning tillför en ökning av fukt. En människa i vila avger 40-50 g vatten per timme i normalt inomhusklimat. Bevattning av växter ger stor fuktproduktion eftersom allt vatten som tillförs växterna, avdunstar genom transpiration⁴. [1]

Fukttillskott, v_{FT} , anger hur mycket högre ånghalten är inomhus jämfört med utomhus. Fukttillskottet tas lättast fram genom att mäta den relativa fuktigheten och temperaturen inom- och utomhus och sedan beräkna ånghalterna som ger fukttillskottet. [1] [32]

Eftersom inomhustemperaturen, i Sverige, på vintern är högre än utomhustemperaturen, blir fuktigheten inomhus låg, ca 20 %. På sommaren är inomhus- och utomhusfuktigheten relativt lika, detta medför att fuktigheten blir hög, ca 70 %. [1]

4.2 Fukt i material

De flesta material innehåller mer eller mindre fukt. En del av denna fukt är bunden till materialet, och en del är förångningsbart. Den mängd fukt som finns i ett material beskrivs vanligen med begreppen *fuktkvot* och *fukthalt*. [1]

⁴ Beskrivs i kapitel 2.

4.2.1 Fuktkvot - viktmått

Fuktkvoten anger förhållandet mellan fukttinnehållet i kg och vikten torrt material i kg. Den bestäms genom vägning av ett material som har torkat i 105°C i 1 timme och sedan vägs materialet om igen efter att det kylts ner utan fuktillträde. Fuktkvot betecknas oftast med u och anges i %, därav 100 i definitionsformeln. [1]

- Fuktkvoten: $u = 100 * (\text{vikt fukttinnehåll (kg)}/\text{vikt fiber (kg)})$ [2]

4.2.2 Fukthalt - volymmått

Fukthalt, w , anger hur många kg vatten det finns per m³ i ett material. Det finns ett samband mellan fukthalt och fuktkvoten, det lyder:

- Fukthalten $w = \rho * u$ $\rho = \text{densiteten (kg/m}^3\text{)}$
 $u = \text{fuktkvot, kg}$

Det finns även ett tredje användbart begrepp på fuktillstånd i ett material, kapillärmättnadsgraden, KMG. Denna anger förhållandet mellan det aktuella fukttinnehållet och den maximala mängden vatten som upptas i vid kapilläruppsugning. [1]

4.2.3 Fuktjämvikt

Olika materials fukttinnehåll står alltid i relation till omgivningens fuktförhållande. Det finns tre olika fall:

- Absorption eller fuktupptagning - materialet tar upp fukt från omgivningen
- Desorption eller uttorkning - materialet avger fukt till omgivningen
- Materialet befinner sig i jämvikt med omgivningen

När man placerar ett torrt material i en viss relativ fuktighet, tränger den fuktiga luften in i materialets porer. Vattnet binds då till porväggarna. Efter en viss tid kommer det att råda jämvikt mellan fuktigheten i luften och luften i materialets porer. Då är ånghalten densamma i porerna och i luften utanför materialet. Detta görs vid konditionering av textila material inför diverse kvalitetstester. [1]

4.3 Fukttransport

Fukttransport genom ett textilt material kan ske på tre olika sätt⁵:

- Diffusion
- Migrering
- Ångtransport med kapillärkrafter

4.3.1 Diffusion

I luft förflyttar sig vattenångmolekyler hela tiden så att en jämn fördelning av dessa uppnås. Det är denna företeelse som kallas diffusion. Vattenångmolekylerna transporteras alltid från en plats med högre ånghalt till en plats med lägre ånghalt. Så om ångtransport genom ett material skall kunna ske måste det finnas en viss tryckskillnad på ömse sidorna av materialet. Därmed förflyttar sig vattenmolekyler till den sidan med minst tryck [2]. I luft sker en sådan utjämning väldigt

⁵ Dessa processer kan dock vara svåra att definiera då de överlappar varandra.

snabbt, däremot är den betydligt långsammare när det äger rum inuti eller genom ett material. Diffusion är det huvudsakliga transportsättet för vattenånga genom ett textilt material. Diffusion av vattenånga sker oftast i garnets och själva materialets struktur. Det vill säga i den inestängda luften. Alltså är en öppen struktur mest gynnsam för fuktdiffusion. Fuktdiffusion beror även på materialets tjocklek. Ju tjockare materialet är, desto mer begränsad är ånggenomgången. Detta beror på att ångan kan lagras i en textils luftrum eller absorberas av fibern innan fukten tränger igenom materialet. [1] [2] [4]

Diffusion i torra material lyder under Ficks lag⁶ [4]

$$J = D (d_c/d_z)$$

J = diffusionsflödet av ett ämne (g/m²s)

D = diffusionskonstanten för materialet (m²/s)

c = koncentrationen av ämnet (g/m³)

z = avståndet (m)

Diffusion är proportionell mot skillnaden i partialtryck. Diffusionskoefficienten beror på både den diffunderade vattenången och material, luft eller fiber, där diffusionen sker. Diffusionskonstanten växer exponentiellt med temperaturen. [2]

4.3.2 Migrering

Migrering, kan ske på två sätt, genom *absorption* eller *adsorption*.

När ett ämne upptas av ett annat ämne på molekylär nivå, kallas det *absorption*. Exempelvis kan vattenmolekyler tränga in i diverse fibrer. Vid fuktabsorption binds vattenmolekyler till fibrers polymergrupper. Fuktupptagning i textilier är starkt beroende på fibrernas kemiska uppbyggnad. Material som kan ta upp fukt, kallas hygroskopiska material. Fukttransporten vid absorption sker inuti fibern, då ångan kan förflyttas genom fibern och sedan emitteras ut i luften genom desorption. När vattenånga tas upp, sväller fibrerna och luftrummen i textilen minskar. Detta medför att fuktdiffusionen fördröjs och ger således en minskning av vattenånga genom materialet. Fuktdiffusion i luft, mellan fibrer, sker fyra gånger snabbare och involverar en mindre kvantitet ånga, än vattenångstransport inuti en fiber. Därmed fungerar fibrer som ett fuktmotstånd i sig. [2] [4] [6]

Adsorption sker på ett liknande sätt, skillnaden är att molekyler binds till ytan av ett ämne i fast fas istället för inuti. Ett ytskikt kan då bildas som hålls fast med innermolekylära krafter, kemiska bindningar eller en kombination av båda. Migrering sker alltså längs med och utanpå fibrer, garn eller textilier. Effekten beror på dess vätningsförmåga, struktur och ytstorlek. Ju större yta desto större mängd vattenånga kan migrera. Multifilamentgarner och tunt spunna garner har stor yta och därmed god adsorptionsförmåga. Genom att använda andra tvärsnitt än det runda, exempelvis trilobal, kan ytan ytterligare ökas. [4] [6] [32]

4.3.3 Ångtransport med kapillärkrafter

Då vatten i vätskeform transporteras genom en textils kapillärer, de smala spalterna i textilen, sker detta med kapillärkrafter. Detta kan även kallas för wicking. Vattenånggenomgång genom fibrers kapillärer beror på kapilläraktiviteten och bestäms av fibrers finlek. Denna process är vanlig i textila material gjorda av syntet. Det finns vertikala och horisontella kapillärkrafter. Ett

⁶ Teori enligt Adolf Fick, 1855.

exempel på vertikala kapillärkrafter är när olja i en oljelampa kryper upp längs veken. När en vattendroppe sprider sig över ytan på en textil är detta ett exempel på en horisontell kapillärkraft. [6]

I textila material sker kapilläreffekten längs utsidan på fibrerna och i mellanrummen i textilen. För att kapillärkrafter skall fungera måste materialet vara vått. [6]

På grund av de yttre betingelserna kan olika transportsätt behöva samverka. Om temperaturen i ett material skulle sjunka under daggpunkten, skulle ångan kondenseras till vätska och transporteras kapillärt. [2]

4.4 Begrepp

4.4.1 Ångmotstånd

Ångmotståndet, R_e , är ett mått på resistansen för vattenångans passage genom ett material och har enheten m^2Pa/W [14]. Ångmotståndet har olika benämningar, motstånd mot vattenånggenomgång eller ånggenomgångsresistans, vilka utgår från vattenångans latent värme och anger således motståndet mot värmetransporten.

Måttet millimeter används också. Då anges en luftpelare i millimeter, som har samma ångmotstånd mot vattenånga som provkroppen ifråga har. Ångmotståndet ger ett neutralt eller generellt värde, då det har tagits hänsyn till alla faktorer som påverkar den aktuella enheten (m^2Pa/W) [7]. [2]

4.4.2 Ångpermeabilitet, WVP

WVP (Water Vapor Permeability) är ett begrepp som används för att ange den mängd vattenånga som per tidsenhet tränger igenom en viss area textil, vid viss temperatur och skillnad i ångans tryck på ömse sidor av varan. På svenska kallas begreppet för ångpermeabilitet och kan även benämnas som fuktflöde i vissa fall. Enheten är g/m^2Pah och även denna är neutral av samma anledning som nämnts ovan. [2] [14]

4.4.3 Omräkning av enheter

I denna rapport används ångmotstånd, m^2Pa/W , vid jämförelser av olika mätvärden från olika metoder. I vissa fall fås mätvärden i WVP, g/m^2Pah , en omräkning från WVP till ångmotstånd är då nödvändig.

För omräkning av denna enhet behövs ångbildningsvärmens⁷ för vatten, denna är 2260 J/g. För att 1g vatten skall förångas krävs 2260 J. 1 joule är samma sak som 1 wattsekund, $1 J = 1 Ws$. [2] [17]

$$WVP = \frac{g}{m^2Pah} = \frac{g}{m^2Pa3600s} = \frac{2260Ws}{m^2Pa3600s} = \frac{2260W}{m^2Pa3600}$$

Enligt detta bråk, är ångmotståndet inversen av WVP

$$R_e = \frac{1}{WVP} = \frac{m^2Pa3600}{2260W} \approx 1,59m^2Pa/W$$

⁷ Antalet joule det krävs för att förånga vatten.

Enhetsmässigt är ångpermeabilitet och ångmotstånd varandras motsatta parametrar. Därmed ger en textil med hög ångpermeabilitet ett lågt ångmotstånd [30].

5. Metoder för mätning av fukttransport

Som tidigare nämnts i metoddelen, valdes fukttransportmetoder främst utefter tillgänglighet. Via Ludvig Svensson AB, erhöles möjligheten att utföra två fukttransportmetoder på Swerea IVF, kanadensiska burkmetoden och ISO 15 496:2004. Prover för mätning med hudmodellen och ASTM baserade Permatran-W skickades till IFTH i Lyon respektive Mölnlycke Healthcare AB.

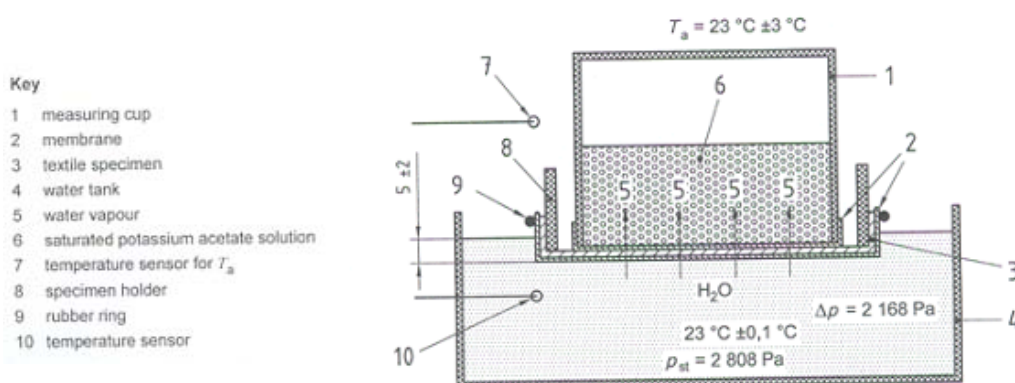
5.1 Saltmetoden – Mätning av textiliers vattenånggenomgång för kvalitetskontroll – EN ISO 15 496:2004

En internationell testmetod som genom dess korta mättid och okomplicerade utrustning skall göra det möjligt att kvalitetskontrollera ånggenomsläppligheten även i produktion. Standarden specificerar ej vilken typ av textil den är lämpad för. Den beskriver endast vad metoden ej är passad till, exempelvis skyddskläder, som kräver hög precision.

På Swerea IVF AB används denna metod ofta vid mätning av funktionsplagg där intervallet av mätvärden oftast hamnar mellan 5-40 i enheten ångmotstånd [26].

Metoden mäter mängden vattenånga som går igenom materialet som är placerat mellan ett vattenbad och en saltlösning. Denna metod kommer härnäst att benämnas saltmetoden.

Med denna metod fås ångpermeabiliteten – WVP – som anges i enheten $g/(m^2Pah)$.



Figur 8. Beskrivning av saltmetodens utrustning [14] (Se även bilaga 7-8)

5.1.1 Provningsförfarande

En saltlösning bestående av destillerat vatten och kaliumacetat bereds minst tolv timmar innan försökstillfället. Detta för att lösningen skall få rätt konsistens, d v s homogen, klumpfri och mättad. En mättad lösning är vitaktig eller opak och trögflytande och ger en relativ fuktighet på ca 23 %. Detta tillstånd skall lösningen vara i under hela försöket för att resultatet skall vara giltigt. [18]

Cirkulära provbitar med en diameter på 180 mm skall stansas från provmaterialet. Standarden anger inte hur materialet skall konditioneras dessförinnan. Metoden förutsätter även att ett vattentätt, hydrofobt, mikroporöst membran klipps ut. Det skall täcka provet i provhållaren och behöver en diameter på omkring 200 mm.

Provbitar och membran monteras på provhållare med hjälp av gummiringar, där membranet sitter ytterst. Det är viktigt att se till att det blir en slät yta utan veck mellan provet och membranet och att inte membranet skadas. Membranet skall genomgående vändas med samma sida inåt. På en av provhållarna skall bara ett membran fästas, vilket ger referensprovet. När provet är placerat i provhållaren skall den sida som blir utsatt för fukt vara i kontakt med membranet på provhållaren.

I vardera plastmugg, vars innerdiameter är 85-95 millimeter, fördelas omkring 120 gram av det mättade kaliumacetatlösningen och försluts sedan med en cirkulär bit av membran. Membranet skall hållas spänt med hjälp av ett gummiband medan kanterna försiktigt rullas mot en lödkolv. Därefter placeras plastmuggen med membranet vänt mot ett absorberande papper i omkring 3 minuter för att se att förseglingen inte läcker.

Innan mätningen kan påbörjas skall temperaturen i badet med destillerat vatten vara $23 \pm 0,1^\circ$, vattennivån nå 5 ± 2 mm över provhållaren när den är placerad i vattnet och rumstemperaturen vara $23 \pm 3^\circ$.

Först placeras referensprovet i vattenbadet och sedan de efterföljande proverna i en sekventiell ordning med 30 ± 5 sekunders intervall. Eventuella luftbubblor mellan membran och vatten skall tas bort för att förhindra avvikande resultat. Kontrollera efter 10 ± 1 minuter om provbitarna har några rynkor och om så är fallet skall dessa justeras utan att förflytta provet från vattenbadet. Provhållarna skall lämnas i badet i totalt 15 minuter ± 10 sekunder, för att uppnå jämvikt med omgivningen, innan plastmuggarna placeras på proverna med en tidsintervall på 30 ± 5 sekunder. Alla muggar med saltlösning skall dessförinnan vägas. Efter ytterligare 15 minuter ± 10 sekunder samlas muggarna in i samma ordning som de placerades ut på materialet i provhållarna och vägs igen. Viktförändringen ger ett mått på den mängd fukt som passerat provmaterialet och tagits upp i saltlösningen.

Efter att provhållarna tagits ut vattenbadet skall provmaterialet och membranet undersökas för att se om de finns något läckage. Har ett läckage inträffat skall detta prov uteslutas i bedömningen. [14]

5.1.2 Modifiering av metoden

Vid de första testtillfällena utfördes saltmetoden enligt standard, det vill säga med de större provkropparna. Detta ledde till varierande resultat, vilket berodde på fästans ordning (se bilaga 1a-1b). Eftersom provbit och membran skulle ligga plant mot varandra, kom det att bli en viss påfrestning då detta skulle rättas till, vilket medförde att materialets struktur ej blev homogent. Dessutom gick membranet lätt sönder då friktionen mot provmaterialet blev för stort.

Då energivävens material ej passade för denna metod, visade det sig att Swerea IVF AB, gjort en modifiering av ISO 15496. Justeringen innebar att även tjockare material kunde testas, då provbitens diameter minskas så att den får plats i provhållaren. [26] Denna justering var även

lämplig vid provning av växthusväv. Utrustningen gjorde det möjligt att testa fem provkroppar vid samma tillfälle, samt en referensburk.

5.2 Burkmetoden – Kanadensiska burkmetoden, CAN2-4.2-metod 49:1977

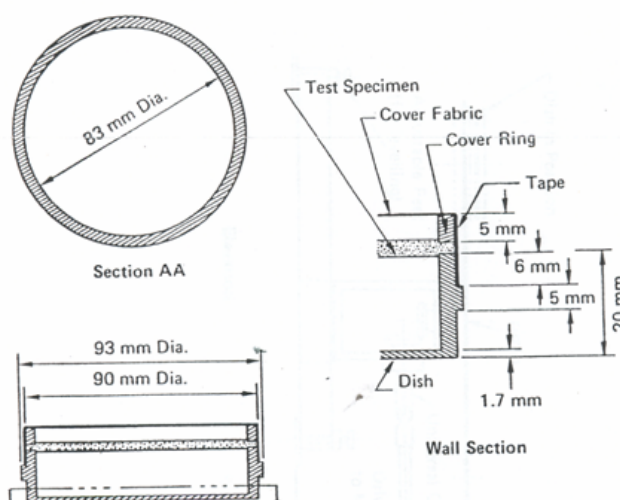
Metoden är avsedd för att bestämma ett materials resistens mot spridning av vattenånga. Den är dock utgången men används fortfarande vid efterfrågning. Burkmetoden är konstruerad för mätning av material med låg motståndskraft mot diffusion, det vill säga material som är vattenånggenomträngliga. Mätningar görs på främst beklädnadstextilier men även tunnare material.

5.2.1 Provningsförfarande

I denna metod används mellan 6 – 8 burkar. I detta fall användes 8 burkar. De fyra första burkarna, referensburkarna, skall innehålla olika volymer vatten och täckas med en standardtextil. På så sätt bildas fyra olika höga luftpelare mellan vattenytan och textilen i de olika referensburkarna. De återstående fyra provburkarna skall innehålla lika mycket vatten och täckas med provmaterialet samt standardtextilen. Provbiten skall täcka diametern på burken, 83 mm.

Vid en icke godkänd provomgång, korrigeras provburkarnas mätvärden. En avvikelse på maximalt 0,2 cm mellan högsta och lägsta värde accepteras, vad beträffar provburkarnas luftpelare.

Innan montering av alla burkar skall tjockleken på provmaterialen mätas, sedan mäts även hela burkhöjden, när provmaterialet är förseglat över burken. Detta görs för att senare kunna bestämma höjden på luftpelaren i burkarna. Burkarna placeras på ett bord som roterar i en konstant fart, högst 6 m/min. Burkarna skall rotera i minst 2 timmar för att upprätta ett jämviktsläge i vattenångsdiffusionen. När jämvikt är uppnådd vägs alla burkar och ställs sedan tillbaka på det roterande bordet. Vid vägning behövs en våg med $\pm 0,001$ g säkerhet. Nästa vägning sker efter minst 20 h⁸ Efter båda vägningarna beräknas viktminskningen efter 20 h och vattenånghastigheten på alla referens- och provburkar. Detta görs med hjälp av ett kalkylblad i excel, förberett av Swerea IVF AB.



Figur 9. Beskrivning av burkar från burkmetoden [12] (Se även bilaga 6)

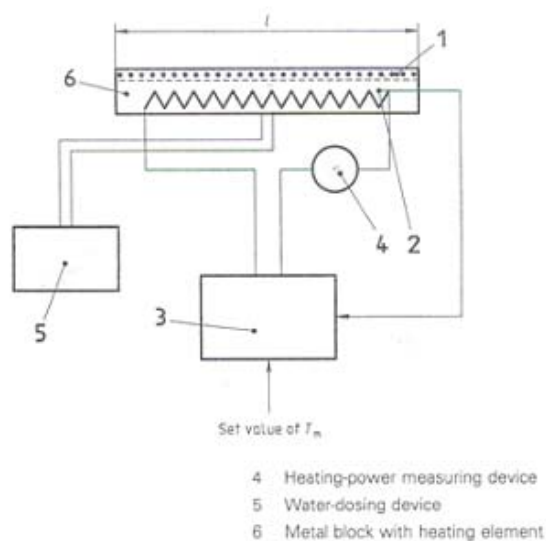
Mätningen går ut på att erhålla en relation mellan höjden på luftpelarna i referensburkarna och vattenångminskningshastigheten från burken. Från denna relation beräknas ångmotståndet av provet. Detta uttrycks i enheten millimeter luftpelare och motsvarar vattenångmotståndet.

⁸ Enligt standard ska vägning ske efter minst 12 h. Swerea IVF AB väger efter 20 h, därför valdes denna tid.

Eftersom olika material har olika temperatur och fukttinnehåll kan ångmotståndet påverkas. Därför är det önskvärt att testningen görs i en kontrollerad miljö, det vill säga ett enhetligt klimat. Standarden för detta klimat är en temperatur på $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ och en luftfuktighet på $65\% \pm 2\%$ relativ fuktighet. Detta är dock inte nödvändigt för metoden eftersom referensburkarna eliminerar de variationer, som ett ej kontrollerat klimat ger, genom att ge data som refererar till varje enskilt klimat. [12]

5.3 Hudmodellen – ISO 11 092:1993 (E) - mätning av värmeisolation och ångmotstånd i kontrollerat klimat (svettande skyddsring – värmeplattemetoden)

Denna metod mäter värmeisolation och ångmotstånd på textilier, film, beläggningar, skum och läder. Det går även att göra mätningar på flerslagervaror för beklädnad, såsom filter, sovsäckar, möbeltyg och andra textilliknade produkter.



Figur 10. Beskrivning av hudmodellens utrustning [13] (Se även bilaga 9)

5.3.1 Provningsförfarande

Metoden går ut på att med hjälp av en avancerad utrustning mäta ett materials ångmotstånd, genom att låta vattenånga passera materialet medan avläsning görs. Provmaterialet placeras ovanpå en mätutrustning utrustad med en elektrisk värmeplatta som i sin tur har en värmeledande metallplatta fixerad till sig. Värmeplattan kan antingen bestå av ett konduktivt metallblock eller ett cellofanmembran. Metallblocket för mätning av värmeisolation och cellofan för mätning av ångmotstånd. Följande beskrivning kommer att gälla för mätning av ångmotstånd.

Provmaterialet skall konditioneras i minst 12 timmar innan testning, i det angivna klimatet för mätning av ångmotstånd. Temperaturen och värmeplattan skall ligga på 35°C och den relativa fuktigheten på 40% . Ovanför mätutrustningen skall det strömma ett luftflöde i 1 m/s , parallellt med mätutrustningens yta. Från varje provmaterial testas minst 3 prover och provet skall vara tillräckligt stort så att det täcker hela mätutrustningen och dess tillbehör.

Vatten leds till värmeplattan, och avdunstar genom membranet och provmaterialet i ångform. Mätutrustningen är utrustad med en termometer och en termostat, som reglerar värmeförseln. Det är viktigt att utrustningen kan hålla en konstant temperatur och värmeförsel. Det är endast när temperaturen och effekten på värmen är konstant som avläsningen görs, som i sin tur ger ångmotståndet. [13]

5.4 ASTM - E 96/E 96M -05

En standardiserad testmetod som mäter vattenånggenomsläpplighet hos material. Denna metod är lämplig för material där passage av vattenånga är en viktig egenskap, vid exempelvis papper, plastfilm, fiberplattor, gips, murbruksprodukter och plaster. Metoden är dock begränsad till provmaterial som är högst 32 mm tjocka.

Denna standard består av två olika testmetoder:

1. Torkmedelmetoden
2. Vattenmetoden

Båda metoderna utförs i ett kontrollerat klimat, den relativa fuktigheten skall ligga på $50 \pm 2\%$. Temperaturen är däremot mer reglerbar. Den bör hållas på den temperatur som provmaterialet i verkligheten skall utsättas för. Finns det ingen direkt temperatur att gå efter kan man välja en temperatur på 23°.

Resultat från ett specifikt testklimat behöver inte ge samma resultat från ett annat testklimat. Därför bör klimatet vid utförandet av testet efterlikna det klimat som materialet skall användas i.

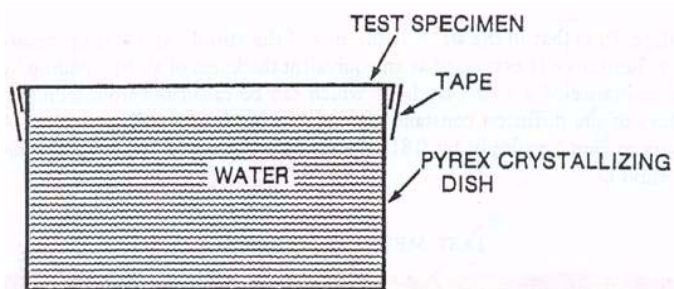
Provbiten skall vara 7,4 cm i diameter och testperioden tar ca 30 timmar, då det skall utföras 8-10 mätningar av vikten i intervaller.

5.4.1 Torkmedelmetoden

Provmaterialet placeras och förseglas som ett lock på en burk. Denna innehåller ett torkmedel, vattenfri kalciumklorid, som drar åt sig fukt. Lösningen skall vara klumpig, varför finkornig lösning skall silas bort. Den skall även värmas i 400°C innan användning. Då torkmedlet kommer i kontakt med vattenånga, som passerar provmaterialet in i burken, ökar lösningen i vikt. Burken vägs med jämna mellanrum och på så sätt fås ett mått på vattenångförflyttning genom materialet.

5.4.2 Vattenmetoden

Detta test fungerar ungefär likadant som den föregående metoden. Den stora skillnaden är att burken innehåller destillerat vatten istället för torkmedel. Det som mäts genom vägning av burken är vattenånga som passerar genom provmaterialet och ut ur burken. Alltså minskar burken i vikt med tiden. Burken vägs med jämna mellanrum, varigenom ett mått på vattenångförflyttning erhålls. [15]



Figur 11. Beskrivning av burk som används i vattenmetoden. [5]

5.4.3 Permatran-W101K

Det har utvecklats ett datoriserat system baserat på ASTM - E 96 som benämns för Permatran-W. Denna ger precis som i vattenmetoden ett mått på ånggenomgången genom ett material. Denna utrustning ger snabbare och mer tillförlitliga mätvärden⁹.

Proverna placeras i en mindre behållare, som rymmer 6 prover samtidigt. I denna behållare kan ett kontrollerat klimat uppnås och hållas konstant. Ett prov tar ungefär 10 min att testa. Testet fungerar som vattenmetoden i ASTM E 96, man väger dock inte provet och dess hållare som i vattenmetoden. Utan man mäter luftpelaren mellan vattenytan och provmaterialet. Luftpelaren blir större då vattenånga passerar provmaterialet. [16]

5.5 Metodernas lämplighet

I detta avsnitt undersöks de olika metodernas lämplighet med avseende på växthusväven.

Informationen utgår ifrån standarder och rapporter.

Kriterier	Saltmetoden	Burkmetoden	Hudmodellen	Permatran-W (ASTM E96)
Undersökt egenskap	Ångpermeabilitet och ångmotstånd	Höjd på luftpelare som motsvarar provets ångmotstånd	Ångmotstånd	Ångpermeabilitet
Uppmätt enhet	g/m ² Pah	mm	m ² Pa/W	g/m ² Pah
Överföring av vattenånga	Från vattenbad till provmaterial till saltlösning i upp och ned vänd burk	Från vatten i upprätt burk till luftlager till provmaterial till luft	Ånga från värmeplatta till membran till provmaterial till luft	Från vatten i upprätt burk till luftlager till provmaterial till luft
Klimatförhållande	Temp: 23±3 RF: 55 % (behövs ej) RF i burk: 23 %	Temp: 20°C ± 2°C RF: 65 % ± 2 %	Temp: 35°C RF: 40 % Värmeplatta: 35°C	Temp: 38°C RF: 60 %
Tid/testomgång	Ca 30 min	Ca 22 h (första mätning efter 2 h, ny mätning efter 20 h)	Ca 1,5 h (1h för att nå konstant klimat, test på 30 min)	Testtid, ca 10 min. (Tid för att uppnå jämvikt kan variera.)
Provbitens storlek	18 cm i diameter (modifierande till ca 11 cm i diameter)	Ca 83 mm i diameter	40x40 cm	10 cm ²
Typ av material	Textiler	Beklädnadstextiler och tunna material som är lättgenomträngliga.	Textil, film, flerlagervaror, beläggningar, skum och läder mm.	Textiler, nonwoven, membran, plastfilm och papper.
Utrustning	Mycket	Mycket	Mycket	Lite

Figur 12. Översiktsbild av de olika metoderna [12] [13] [14] [15] [16]

5.5.1 Saltmetoden

Bortsett från några förberedelser är saltmetoden i övrigt enkel och tar relativt kort tid att utföra. [14] Man kan emellertid hysa tvivel till om en kvart är tillräckligt med tid för att fuktflödet genom materialet skall komma i jämvikt.

5.5.2 Burkmetoden

⁹ Enligt MOCON:s produktfolder.

Enligt standarderna skall växthusväven passa in på tre av de fyra metoder som valts att undersökas. Endast burkmetoden ter sig inte lämplig för energiväven, då metoden används till lättgenomträngliga material. [12] Vid en undersökning där material med varierande ånggenomsläpplighet testades, fastställdes det att burkmetoden gav förväntade resultat. Detta fastställdes genom en jämförelse mellan resultat från mätningar på olika höga luftpelare och de givna resultaten från provbitarna. I övrigt är burkmetoden mycket tidskrävande och fordrar mycket utrustning. Dessutom krävs varsam hantering, då burkarna innehåller mycket vatten och provbiten ej får vätas. [5]

5.5.3 Hudmodellen

Hudmodellen kräver avancerad utrustning, som kan vara svår att avläsa. För att göra en korrekt avläsning, skall utrustningen ge en konstant temperatur och värmeförsörjning. Mättiden kan variera, vilket kan vara opraktiskt. [13]

5.5.4 ASTM – Permatran-W

ASTM:s vattenmetod är mycket lik burkmetoden men har ett enklare förfarande. Den kräver relativt lite utrustning och kan hantera många prover samtidigt, vilket är positivt. En negativ aspekt är svårigheten att spänna materialet över burken och att se till att provmaterialet ej blir vått. Dessa problem borde minimeras vid användning av Permatran-W. Vattenmetoden tar 30 timmar att genomföra till skillnad från Permatran-W som endast tar 10 minuter. [5] [16]

Jämfört med burkmetoden, ger vattenmetoden högre ångmotståndresultat. Anledningen kan vara att vattenånga skall tränga igenom både provmaterialet och två luftpelare på vardera sida om provet (se figur 9, s. 20). Resultaten från vattenmetoden ger ett ångmotstånd motsvarande både provmaterialet och motståndet av en 4 – 8 mm hög luftpelare. [5]

5.5.5 Metodjämförelse

Ångpermeabiliteten varierar mellan de olika metoderna eftersom det blir differentierat ångtryck över provmaterialet. Trycket fastställer ångdiffusionens drivkraft och volymen på den vattenånga som överförs per tidsenhet. Därför är värdena mellan olika mätmetoder ej jämförbara, med undantag för vissa enheter (se avsnitt 4.4, s. 17). Dessutom påverkar olika temperatur och luftfuktighet, hastigheten på ångflödet. Även materialet påverkar metodernas resultat. [30]

5.6 Mätosäkerhet

5.6.1 Saltmetoden

Om man utgår ifrån referensburkarna vid varje provomgång och tar ut standardavvikelsen av dessa, erhålls egentligen skillnaderna i membranet. Däremot ses ingen klar ökning eller minskning av ångmotståndet då samma membran ibland används flera gånger i rad. Därmed antas att detta värde ger en god bild av metodens repeterbarhet. Den uppmätta standardavvikelsen gav ca 2,8 %. Utöver utrustningens mätosäkerhet tillkommer materialvariation och tänkbara felkällor, bl.a. fel viktavläsningstidpunkt, avläsningsfel, icke kalibrerad utrustning och saltlösningens mätnadsgrad.

5.6.2 Burkmetoden

På samma sätt som för saltmetoden har mätosäkerheten räknats ut för burkmetoden. Då användes höjden på referensburkarnas luftpelare. De 4 referensburkarna innehåller som nämnts tidigare olika mängd vatten och bildar på så sätt skillnader i luftpelarnas höjd. Därmed räknades det ut 4 standardavvikelser och ett medelvärde av dessa gav 39,1 %, i mätosäkerhet.

Tänkbara felkällor är:

- Hanteringen som gör att vattnet lätt väter provet (höjd- och viktmätning)
- Provbittens placering i burken – vilket är viktigt vid mätning av luftpelare
- Viktavläsningsfel
- Icke kalibrerad utrustning

6. Resultat

Nedan presenteras resultaten från saltmetoden, burkmetoden, hudmodellen och Permatran-W. Alla metoder kommer att jämföras med hjälp av ångmotståndet, m^2Pa/W . I vissa metoder fås enbart ångpermeabilitet, då omräknas denna enhet till ångmotstånd (se formel s. 17). Vid provtagning med saltmetoden används en modifiering av metoden, där provmaterialet stansas ut i mindre bitar (se avsnitt 5.1.2. s. 19).

Vid redovisning av resultat presenteras här även ångpermeabilitet, eftersom denna enhet är lättare att relatera till än ångmotståndet, då den ter sig mer konkret.

6.1 Resultat saltmetoden

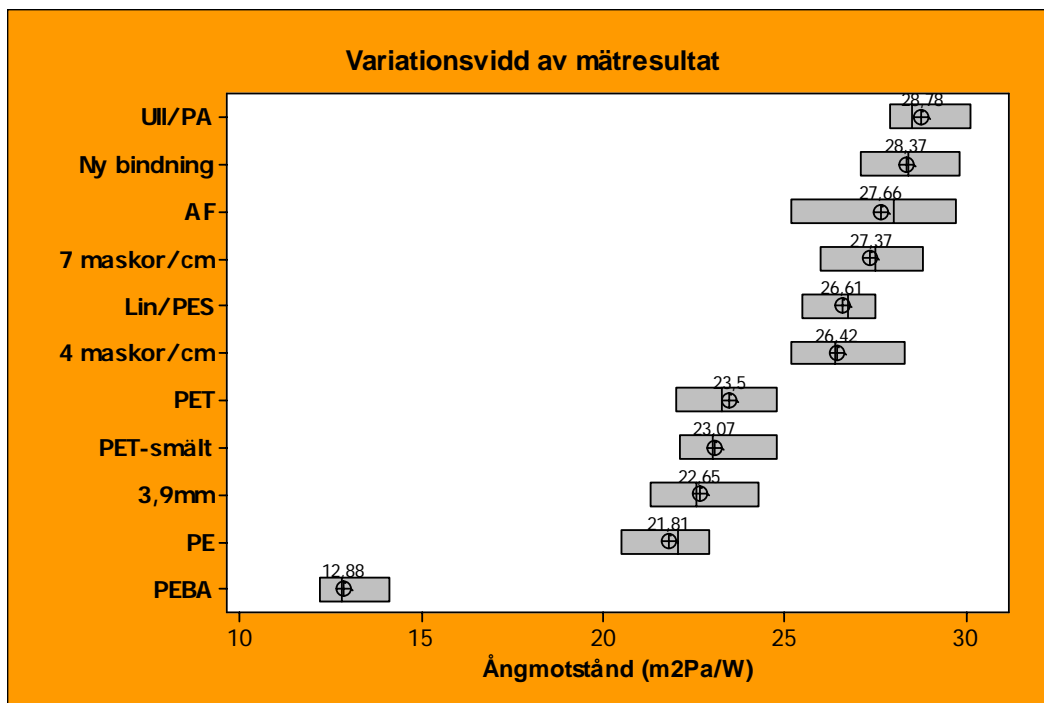
	Medelvärde (m^2Pa/W)	Median (m^2Pa/W)	Variationsvidden (m^2Pa/W)	Ångpermeabilitet ($g/m^2\ 24h$)	Standard- avvikelse (%)
PE	21,81	22,05	20,5 – 22,9	3913	3,8
PET	23,50	23,30	22,0 – 24,8	3632	3,6
AF	27,66	28,00	25,2 – 29,7	3085	6,1
PET-smält	23,07	23,00	22,1 – 24,8	3699	3,2
PEBA	12,88	12,80	12,2 – 14,1	6626	4,4
7 ms/cm	27,37	27,50	26,0 – 28,8	3118	2,9
4 ms/cm	26,42	26,40	25,2 – 28,3	3230	3,2
3,9 mm	22,65	22,55	21,3 – 24,3	3768	4,3
Ny bind.	28,37	28,40	27,1 – 19,8	3008	2,8
UII/PA	28,78	28,50	27,9 – 30,1	2965	2,8
Lin/PES	26,61	26,75	25,5 – 27,5	3207	2,1

Figur 13. Resultat från saltmetoden

Medelvärdet togs av alla enskilda ångmotstånd från 2 provomgångar, därav användes sammanlagt 10 mätvärden för varje material (se bilaga 3). Eftersom medelvärdet och variationsvidden för var och ett av materialen låg så pass jämnt efter två mättillfällen, lades dessa båda ihop. Av denna orsak gjordes endast två provomgångar per material, även om tre eller flera

varit att föredra. Vid kvalitetskontroll på Swerea IVF AB görs endast en testomgång per material om värdena stämmer överens [26].

Medianen utgår från samma värden som medelvärdet. Variationsvidden visar det intervall de 10 mätvärdena omfattar. Anledningen till användandet av variationsvidd som spridningsmått är den att inga mätvärden avvek från mängden, vilket gjorde detta mått godtagbart.



Figur 14. Variationsvidden av saltmetodens mätresultat

I diagrammet ovan kan en rangordning urskiljas med medelvärdet som utgångspunkt (se bilaga 12). Detta gjordes för att lättare få överblick och kunna jämföra värdena. I variationsblocken finns medelvärdet utmärkt med en cirkel med plustecken och medianen med ett rakt streck.

Eftersom många av materialens medelvärden ligger väldigt nära varandra och variationsvidderna överlappar varandra, skall denna rangordning av materialens fuktgenomsläpp göras med försiktighet. I vissa fall går de inte att särskilja.

Det material som fick störst variationsvidd är AF, vars mätresultat fördelar sig relativt jämt över hela dess bredd, med undantag från några större luckor i spridningens mitt (se bilaga 3). Det är svårt att särskilja PET och PET-smält. Skälet till detta bör vara att de består av exakt samma material. Materialet med påtagligt störst fuktgenomsläpp är PEBA.

6.1.1 Provnig av plastfolier

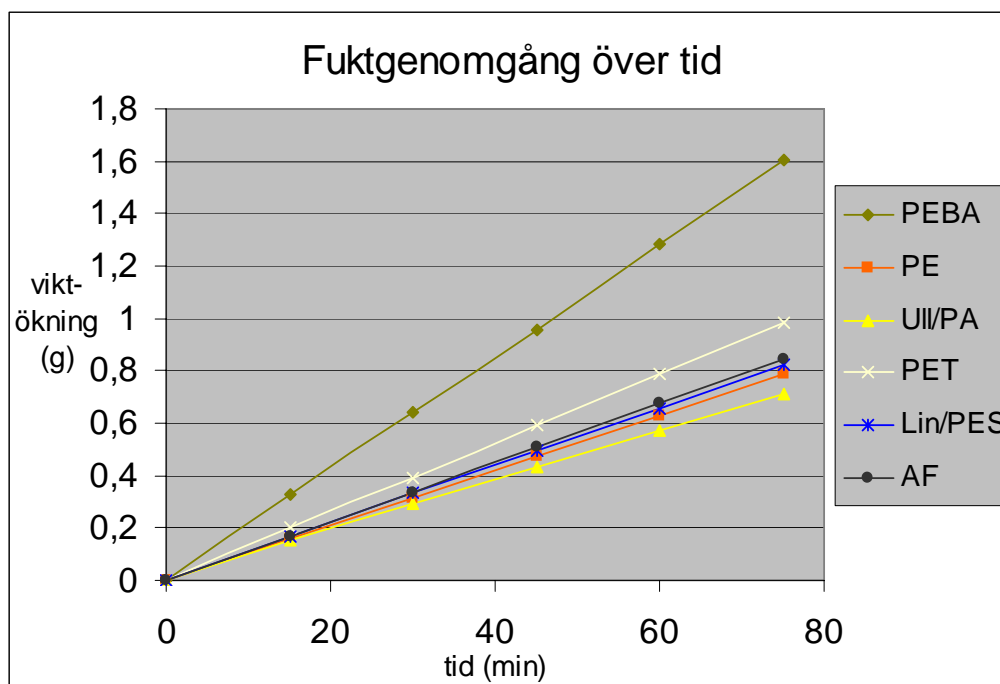
Medelvärde av ångmotstånd (m²Pa/W)	
PEBA	26,3
PET	479,1
PE	590,8

För att se hur stor inverkan plastremarna i växthusväven har på fuktgenomsläppligheten gjordes en testomgång på vardera plastsort som använts. Testet visade att PE-plasten släpper igenom minst

fukt. I de tidigare testerna påvisades däremot att PE-väven har större genomsläpplighet än PET-väven. Alltså bör PE-vävens större fukttransmissionen bero på någon annan faktor (se avsnitt 7.1.1. s. 30).

Figur 15. Resultat från saltmetoden

6.1.2 Fuktgenomgång över tid



Figur 16. Fukttransmission i förhållande till tid. För mätresultat se bilaga 4.

Ett experiment gjordes för att testa fuktgenomgången över en längre tidsrymd. Motivet till detta försök var att se om PE ull/PA och PE lin/PES som lättare tar upp fukt, visar en lägre ånggenomsläpplighet till en början för att sedan stabiliseras med tiden. En viktavläsning gjordes var 15:e minut, 5 gånger i följd, det vill säga i sammanlagt 75 minuter. Vid varje mättillfälle avsattes 20 sekunder för mätning av viktökning (se bilaga 4). Diagrammet visar att fuktgenomsläppligheten är linjär, det vill säga att fuktupptaget i samtliga material inte har någon avgörande betydelse för ångmotståndets värde.

6.2 Resultat burkmetoden

		Medelvärde ångmotstånd (m ² Pa/W)	Medelvärde ångpermeabilitet (g/m ² 24h)
1	PEBA	4,3	19697
2	AF	26,6	3094
3	PE	28,3	2906
4	PET	28,4	2890

I denna metod utfördes endast tester på 4 av de 11 provmaterialen. Urvalet grundar sig på 3 prover¹⁰ som Ludvig Svensson AB ansåg vara mest intressanta för ytterligare provtagning.

De skickades även för testning i hudmodellen och Permatran-W.

Medelvärdena är baserade på olika antal provkroppar, då få godkända resultat erhöles (se bilagor 2a, 2b, 2d och 2g). Resultatet påvisar ej samma rangordning som saltmetoden.

Figur 17. Resultat och rangordning från burkmetoden

6.3 Resultat hudmodellen

	Medelvärde Ångmotstånd (m ² Pa/W)
PEBA	11,4
PE	20,2
AF	21,9

Figur 18. Resultat från hudmodellen

Dessa mätvärden har, på grund av testbolagets långa handläggningstid, influiter efter att examensarbetet avslutats. Av denna anledning finns ingen bilaga där mätresultaten presenteras. Däremot har Ludvig Svensson AB tagit del av resultaten.

Medelvärdena i tabellen baseras på tre olika provbitar per material.

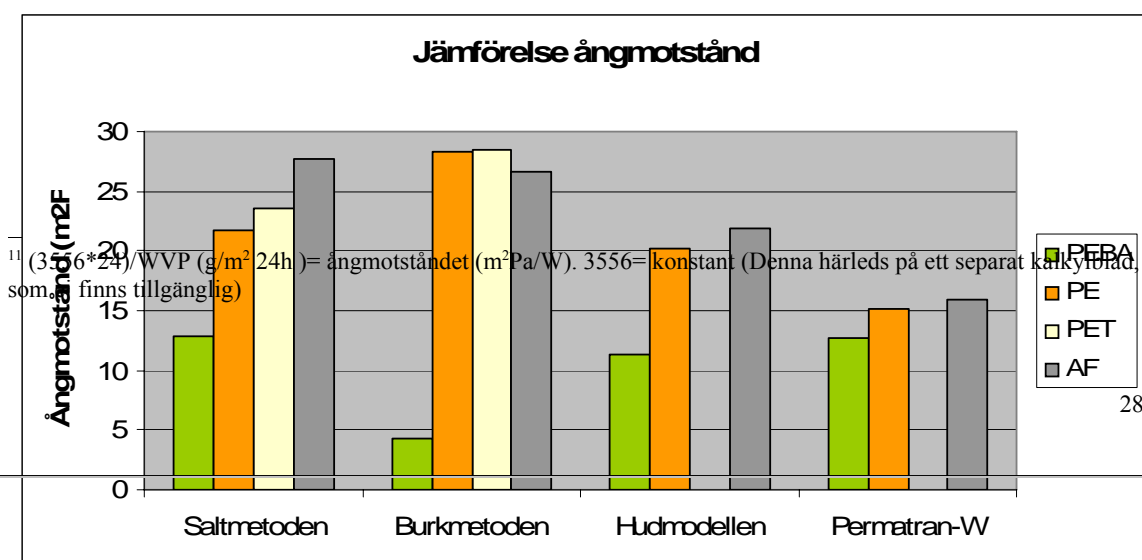
6.4 Resultat Permatran-W

	Medelvärde Ångmotstånd (m ² Pa/W)	Medelvärde ångpermeabilitet (g/m ² 24h)	Standardavvikelse (%)
PEBA	12,67	6 737,99	2,4
PE	15,09	5 656,91	4,7
AF	15,89	5 370,11	3,2

Figur 19. Resultat från Permatran-W. För mätresultat se bilaga 10a-c.

Resultaten från Permatran-W är tyvärr inte jämförbara med resterande metoder, eftersom dessa provresultat har enheten, g/m² 24h. Denna enhet kan ej omvandlas till ångmotstånd (se avsnitt 4.4.3. s. 17). Resultaten har dock omvandlats till ångmotstånd enligt en formel¹¹ ur saltmetodens kalkylblad från Swerea IVF AB. Dessa värden skall studeras med försiktighet, då metoderna skiljer sig i klimatförhållande. Däremot kan samma rangordning som saltmetoden urskiljas.

6.5 Resultatjämförelse mellan metoderna



Figur 20. Jämförelse mellan de olika metodernas ångmotstånd.

Ovan presenteras en sammanställning av resultat från samtliga metoder som använts. Den visar tydligt att saltmetoden, hudmodellen och Permatran-W ger samma rangordning av materialen. Resultatet påvisar även att burkmetoden förmodligen inte gett tillförlitliga värden (se avsnitt 6.2. s. 28).

7. Diskussion

I nuläget är det svårt att uppskatta mängden fukt som bör passera energiväven för att nivån på luftfuktigheten i växthuset skall komma i balans. Därav är det svårt att bedöma resultatens påverkan på växthusklimatet.

7.1 Mätresultat saltmetoden

En märklig observation är att PE släpper igenom mer fukt än PE 3,9 mm, provet med den smalare remsbredden. En tänkbar orsak till detta är att provmaterialen 6-11 (se figur 4 s. 8), virkats upp med en bredd på omkring en halv meter. Därmed är dessa släta och jämna, medan originalväven i PE var hopvikt och blev knölig på grund av dess otympliga bredd på omkring 4 meter. Troligtvis är hanteringen en avgörande faktor, genom att ojämnheter i väven bidrar till högre genomsläpplighet.

Ytterligare ett skäl kan vara att remsornas bredd i PE originalväven lättare bildar glipor mot bindningen på grund av sin bredd och mjukhet, medan remsan som är 0,1 mm smalare kanske ligger planare och ej störs av bindningen. Även PE 4 ms/cm borde släppa igenom mer fukt än PE, vilket den ej gör (se figur 14 s. 26).

AF påvisade ett högt ångmotstånd (se figur 14, s 26), detta kan möjligtvis bero på att behandlingen troligen tar upp den fukt som annars borde ha trängt igenom materialet. Den är däremot bra när det bildas kondens, då den motverkar droppbildning. Frågan är hur stora mängder fukt som beläggningen kan ta upp per ytenhet. Om fuktmängden kan stanna vid vävens yta över natten och sedan avdunsta när den dras ifrån på morgonen, är detta en tänkbar lösning på problemet. Kan inte beläggningens kapacitet att ta upp fukt fastställas, krävs det pilotförsök i större skala där fuktupptagningen kan uppskattas.

Anledningen till PEBA:s korta variationsvidd är troligen plastens höga ånggenomsläpplighet (se figur 14 s. 26). Plastremsornas position och jämnhet har då inte lika stor betydelse eftersom

vävens yta till störst del består av plastremsor. En jämn struktur har däremot större vikt för mätresultaten, vad gäller PE och PET.

Provbiten PE ull/PA har högst ångmotstånd, vilket kan bero på att garnet är grövre än i den ursprungliga tråden i PES. Det nya garnet täpper till väven och släpper därmed igenom mindre fukt. En annan orsak till den låga fuktgenomsläppligheten kan vara att ull har en hög fuktabsorption och den absorberade vattenången hindrar övrig fukt att passera. Detta gäller även lin/PES garnet, men i en lägre grad eftersom det garnet innehåller endast 30 % lin.

7.1.1 Plaster

Vid en mätning av plasternas fuktgenomsläpplighet gav PE högst ångmotstånd. Resultaten från provmaterialen visar däremot att originalväven i PET påvisade högst ångmotstånd (se figur 15 s. 27). Detta bör konstatera att fuktgenomsläppligheten beror på vävens konstruktion istället för materialet. Då PE är en mjukare och därmed följsammare plast kan den bidra till en större fukttransport då den lättare kan förskjutas ur sitt läge av virkkonstruktionen, till skillnad från PET som är en styvare plast.

7.1.2 Fuktgenomgång över tid

Enligt diagrammet där fukttransporten mäts över en längre tidsrymd är fuktgenomgången linjär, vilket tyder på en jämn fukttransport (se figur 16 s. 27). Den linjära kurvan indikerar att den upptagna fukt mängden i materialet är försumbar. Detta kan bero på att det inte kan ta upp en större mängd fukt eftersom naturfibrerna utgör en mycket liten del av provmaterialet. Hade materialet däremot bestått av en större mängd naturfiber torde diagrammet visa på en lägre fuktgenomgång till en början. Mätningen påvisar även att metoden är säker.

Vid testning av olika material vid samma provomgång, vilket skedde i samband med mätningen av fukttransport över en längre tidsperiod, avviker PE. Värdet ligger tydligt utanför spridningen av mätresultat som tidigare uppmäts. Detta värde påvisar en lägre fukttransport som antas bero på den enskilda provbitens täthet. Sannolikheten är dock större att en provbit visar en högre fukttransport än motsatsen, som skedde vid detta tillfälle. Troligheten är större att ojämna provbitar släpper igenom mer fukt. Att en sammanblandning av proverna skett torde inte vara sannolikt, då övriga materials resultat överensstämde med tidigare uppmätta spridningsvidder (se bilaga 1m och figur 13 s. 25). Hade första viktavläsningen utförts för tidigt på detta prov, hade detta senare visat sig i efterföljande mätningar. Eftersom diagrammets kurva går linjärt är detta inte fallet.

7.2 Mätresultat burkmetoden

Få godkända resultat erhöles vid tester utförda med denna metod. Härigenom råder en ovisshet om resultatens tillförlitlighet. På grund av de varierande resultaten behövs det uppskattningsvis minst tre testtillfällen för varje typ av växthusväv, då ett flertal av resultaten förmodligen behöver justeras. Vid bortkorrigerings av fler än ett mätvärde, finns även där en osäkerhet i valet av vilka värden som skall korrigeras bort (se bilaga 2).

Hade metoden varit mer tillförlitlig hade provning av flera material kunnat utföras. En annan faktor som spelat in är testtiden som sträcker sig över drygt 22 timmar.

7.3 Mätresultat hudmodellen

Resultaten gav samma rangordning som saltmetoden och Permatran-W (se figur 20 s. 29).

7.4 Mätresultat Permatran-W

Som nämnts ovan har Permatran-W, hudmodellen och saltmetoden påvisat samma rangordning (se figur 20 s. 29). Differensen mellan materialen i Permatran-W var däremot mindre än vid både hudmodellen och saltmetoden. Orsaken till detta kan bero på att drivkraften för fukten varierar mellan de olika metoderna. En annan orsak kan vara att provbitarnas storlek på 10 cm² i Permatran-W inte ger en rättvis bild av energivävens egenskaper på grund av vävens speciella konstruktion.

8. Slutsats

Vad gäller den primära frågan, hur materialvalet och strukturen påverkar växthusvävens fuktgenomsläpplighet, har de möjliga parametrarna inom tidsramen undersökts. Utöver PEBA, det material som fick märkbart lägst ångmotstånd har övriga provmaterial gett både förväntade och förbryllande resultat. Det förväntades att mätvärdena erhöll en logisk ordning där exempelvis provet med 7ms/cm gav en lägre fukttransmission i jämförelse med 4ms/cm. Något som var förvånande var de värden som erhöles vid mätning av den smalare remsbredden som uppvisade mindre genomsläpplighet av fukt än originalväven. Även om de flesta mätvärdena visar en lägre fuktgenomgång än originalvävarna, kan dessa värden ge användbar data vid framtida produktutveckling.

När det gäller metodernas lämplighet för mätning av växthusväv råder än så länge ovisshet. En något klarare bild kanske erhålles då provresultaten från hudmodellen anländer. Det som i nuläget kan nämnas är saltmetodens goda repeterbarhet samt att den klarar av att rangordna olika material väl. Metoden har även kapacitet för material med både lägre och väsentligt högre ångmotstånd än de som finns i Ludvig Svensson AB:s sortiment idag. Den är en relativt snabb metod som kräver ett temperaturstyrt rum. Burkmetoden är däremot ej lämplig på grund av dess mätosäkerhet, som troligtvis beror på både utrustning och mätningsförfarandet, där många felkällor väger in. Mätvärdena från denna metod visar även en annan rangordning av materialen i jämförelse med saltmetoden. Resultaten från Permatran-W uppvisar samma rangordning som saltmetoden, dock med en lägre variation mellan mätvärdena. Metodens datoriserade apparatur gör den lätthanterlig då den ej kräver ett klimatstyrt rum.

Även om saltmetoden gav den tydligaste rangordningen av materialen är det svårt att avgöra om det är denna metod eller Permatran-W som uppvisar de resultat som är mest jämförbara med fukttransmissionen genom en växthusväv.

9. Förslag till fortsatt arbete

I ett första skede vore det lämpligt att klargöra om provbitarna 6-11 (se figur 4 s. 8) är jämnare och tätare i konstruktionen jämfört med originalväven i PE. Detta genom att testa originalväven, uppvirkad på en smal bredd, som är jämförbar med bredden på proverna 6-11.

Undersöka om det finns en lämplig testmetod för mätning av kapillärkrafter i växthusväven, då ett antal materialprover som tagits fram med tanke på kapillärkrafterna ej har kunnat undersökas med avseende på denna aspekt.

Det vore lämpligt att kombinera olika faktorer i ett faktorförsök. Exempelvis PEBA med en smalare remsbredd, för att se effekten av denna kombination.

Eftersom det konstaterats att PEBA gav en tydligt bättre fuktgenomsläpplighet kan nästa steg vara att testa flera liknande material för att se dess skiftningar i fuktgenomgång. Materialets hållbarhet och kostnad måste också beaktas.

Undersöka närmare om det går att modifiera någon mätmetod för att efterlikna växthusklimatet, samt reda ut varför det blir skillnader mellan mätvärdena som metoderna ger.

För att kunna se om tillräckligt mycket fukt går igenom den modifierade växthusväven, måste pilotförsök göras för att få ett mer verkligt mått på hur förändringarna av väven slår ut, då växthusmiljön är komplex.

Källförteckning

1. Sandin, K. Introduktion till fuktmekanismen, Bygghälsöförskningsrådet, SBUF, T16:1997, ISBN 91-540-5800-7
2. Hänel, Holmér, (1986), Kläder, klimat och textilier, STU-information
3. Tarkiainen, T. (1985), Klimat i växthus, trädgårdsrådgivningen, TEK 1
4. Pause, Barbara, Measuring the water vapour of coated fabrics and laminates, *Journal of Industrial Textiles* 1996:25;311
5. Dolhan P. A. (1987), A comparison of apparatus used to measure water vapour resistance, *Journal of coated fabrics*, volume 17-oktober 1987
6. Hatch, K. L. Textile Science, The university of Arizona
7. Muntlig källa, Alf Börjesson, Swerea IVF AB, 2008-05-21
8. Gohl, E.P.G., Vilensky, L.D. Kompendium: Textile science, (från Kenneth Tingsvik)
9. Reis, B. Kompendium: Textil materiallära, del 1 (2), naturfibrer
10. Reis, B. Kompendium: Textil materiallära, del 2 (2), syntetfibrer
11. PM: Textilkemi för TI2, vt-08, Ullfibern, Kenneth Tingsvik
12. CAN2-4.2-M77: Method of test for resistance of materials to water vapour diffusion (control-dish method), method 49-1977 (July 1977)
13. ISO 11092:1993 (E): Textiles – Physiological effects – Measurement of thermal and water vapour resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test)
14. EN ISO 15496:2004: Textiles – Measurement of water vapour permeability of textiles for the purpose of quality control
15. ASTM Designation: E 96/E 96M -05: Standard test methods for water vapour transmission of materials (1996)
16. Produktblad, System for measuring high transmission water vapour: Permatran-W, model 101K, Modern Controls INC (Mocon)
17. Ekholm, Fränkel, Hörbeck, Ivarsson, Schale, (1999). Formler och tabeller i fysik, matematik och kemi för gymnasieskolan.
18. Isberg, M. Arbetsinstruktion för mätning av textiliers vattenånggenomgång för kvalitetskontroll, version 3, IFP research (2005-08-05)

19. <<http://www.rekenkamer.nl/cgi-bin/as.cgi/0282000/c/start/file=/9282400/modules/gf4bll95?layout=print>> (2008-05-16)
20. Börjesson, L. (1984), Fuktproblem i växthus, Institutionen för lantbrukets byggnadsteknik,
21. Klasson, C. K. (1997), Plaster materialval och materialdata, utgåva 4
22. Produktfolder, The fifth season, Ludvig Svensson AB
23. Materialfoldrar, Ludvig Svensson AB
24. Hjärtberg, T. (2005), Inledande polymervetenskap, Polymerteknologi, Institutionen för kemi och bioteknik, Chalmers tekniska högskola
25. Andersson, H. Projektbeskrivning: Vattenångpermeabel växthusväv, utgåva 1 (2007-09-11)
26. Muntlig källa, Birgitta Lindsjö, Swerea IVF AB, 2008-04-24
27. Muntlig källa, Magnus Hallin, Ludvig Svensson AB, 2008-04-29
28. <<http://www.ludvigsvensson.com/Default.asp?LocationID=1&LanguageID=3>> (2008-04-09)
29. Muntlig källa, Per Holgerson, Ludvig Svensson AB, 2008-03-17
30. McCullough Elizabeth A, (2003), A comparison of standard methods for measuring water vapour permeability of fabrics, Measurement Science and Technology, volume 14 1402-1408
31. MacDonald, W.A. (2003), Encyclopedia of Polymer Science and Technology, John Wiley & Sons
32. Muntlig källa, Anders Bergner, Swerea IVF AB, 2008-05-26
33. Reis, B. (2003), Kompendium: Textil materiallära, Allmän del, Proteko
34. <www.merinoinnovation.com> (2008-11-05)

Bilaga 1a

Bilaga 1a - Saltmetoden												
Beräkning av vattenånggenomgång enligt ISO 15496	Avser burk Duni 50 cl											
	a=(m ²)	0,0055										
	t= (minuter)	15										
Provomgång 1	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Re	m2PaW	UP.nr*			
Ref.	0	131,1889	135,9190	4,730	1,586749413				Datum + sign. 080414			
Polyeten	1	131,2759	131,4587	0,183			0,064	23,5	nedan			
"	2	131,3638	131,5194	0,156			0,054	27,8	extra omräkning *: (tidigare separat dokument)			
"	3	130,6537	130,8130	0,159			0,055	27,1				
"	4	131,3406	131,5020	0,161			0,056	26,8				
" (membran läckte)	5	131,1741	137,5863	6,412			-6,049	-0,2				
					medelvärde		0,057	26,2	3258,946399 g/m ² 24 h			
					stdavvik		2,731	12,0	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)			
Provomgång 2	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*		m2PaW	Datum: 14/4			
Ref.	0	131,3058	137,7698	6,464	2,168399866				Rumstemp: 22,60			
Polyester	1	131,5466	131,7603	0,214			0,074	20,2	Badtemp: 23,00			
"	2	131,6217	131,8426	0,221			0,077	19,6				
"	3	131,4299	131,6507	0,221			0,077	19,6				
"	4	131,6199	131,8459	0,226			0,079	19,1				
"	5	130,9279	131,1422	0,214			0,074	20,2				
					medelvärde		0,076	19,7	4329,393068 g/m ² 24 h			
					stdavvik		0,002	0,5	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)			
Provomgång 3	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*		m2PaW	Datum: 14/4			
Ref.	0	130,6141	137,1008	6,487	2,17601476				Rumstemp: 22,62			
Polyeten	1	130,6790	130,9092	0,230			0,080	18,7	Badtemp: 22,99			
"	2	130,6007	130,8403	0,240			0,083	18,0				
"	3	130,7097	130,9447	0,235			0,082	18,3				
"	4	130,7403	130,9826	0,242			0,084	17,8				
"	5	130,7621	131,0011	0,239			0,083	18,0				
					medelvärde		0,083	18,2	4699,551271 g/m ² 24 h			
					stdavvik		0,002	0,4	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)			

Bilaga 1b

Bilaga 1b		Avser burk Duni 50 cl		senast reviderad 060214		UP.nr*	
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		a=(m ²)	0,0055			Datum + sign: 080415	
		t _v (minuter)	15			Rumtemp: * 24,15	
Provomgång 4		Vikt före, g	Vikt efter, g			Badtemp: * 23,01	
Ref.	Burk	Δ m	WVP app*	WVP*	Re	nedan	
PE	0	130,7551	137,0192	2,101341832	0,100	15,0	
PE	1	130,7480	131,0334	0,285	0,079	19,0	
PE	2	130,8502	131,0765	0,226	0,070	21,6	
PE	3	130,7539	130,9547	0,201	0,749	2,0	
PET (muggläcka)	4	130,7927	132,4383	1,646	0,073	20,7	
PET (fukt på väg, 0,0024g)	5	130,8567	131,0658	0,209	0,249	6,0	
				medelvärde	0,299	14186,74898 g/m ² 24 h	
				stdavvik		(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)	
Provomgång 5		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Datum: 080415
Ref	Burk	131,1400	137,4935	6,354	2,131331768		Rumtemp: 22,89
PE	1	131,0589	131,2741	0,215		0,075	Badtemp: 23,01
PE	2	131,1807	131,3951	0,214		0,074	
PET	3	131,3330	131,5462	0,213		0,074	
PET	4	131,4332	131,6305	0,197		0,068	
PET (membranläcka)	5	131,1797	138,6403	7,461		-13,103	
				medelvärde		-2,562	
				stdavvik		5,892	
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)
Provomgång 4/5		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Datum: 080415
Ref	Burk	130,7551	137,0192	6,264	2,101341832		Rumtemp: 22,89
Polyeten	1	130,7480	131,0334	0,285		0,100	Badtemp: 23,01
Polyeten	2	130,8502	131,0765	0,226		0,079	
Polyeten	3	130,7539	130,9547	0,201		0,070	
Polyeten	4	131,0589	131,2741	0,215		0,075	
Polyeten	5	131,1807	131,3951	0,214		0,074	
				medelvärde		0,080	
				stdavvik		0,012	
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)
Provomgång 6		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Datum: 080415
Ref	Burk	130,7482	137,2211	6,473	2,171385441		Rumtemp: 22,7
PET	1	130,8610	131,1459	0,285		0,100	Badtemp: 23,01
PET (fukt på membran)	2	130,8450	132,9858	2,141		1,073	
PET	3	130,8130	131,0236	0,211		0,073	
PET (membranläcka)	4	130,8863	139,3712	8,485		-9,157	
PET (membranläcka)	5	130,8103	139,0159	8,206		-10,283	
				medelvärde		-3,639	
				stdavvik		5,580	
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)

Bilaga 1c		Avsvar burk Duni 50 cl		senast reviderad 060214		UP.nr*	
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		a=(m ²)	0,0055			Datum + sign. 080422	
		t=(minuter)	15			Rumstemp: * 22,80	
		Vikt före, g	Vikt efter, g			Badtemp: * 23,00	
Provomgång 7	Burk			Δ m	WVP app*	WVP*	Re
Ref.	0	130,5891	137,0395	6,450	2,163837638		m2PaW
PE	1	130,8853	131,0918	0,207			21,0
"	2	130,8308	131,0372	0,206			nedan
"	3	130,7689	130,9798	0,211			21,0 extra omräkning *: (tidigare separat dokument
"	4	130,7969	130,9929	0,196			20,5
"	5	130,9360	131,1277	0,192			22,1
					medelvärdet	0,071	21,1
					stdavvik	0,003	0,9
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa
Provomgång 8	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW
Ref	0	130,7374	136,9157	6,178	2,072559544		Datum: 080422
PET (prov felvänt i 10 sek)	1	131,1887	131,3755	0,187		0,065	Rumstemp: 22,72
"	2	131,1165	131,3129	0,196		0,068	Badtemp: 22,99
"	3	131,0685	131,2469	0,178		0,062	
"	4	131,0729	131,2484	0,176		0,061	
"	5	131,2112	131,3902	0,179		0,062	
					medelvärdet	0,063	23,7
					stdavvik	0,003	1,1
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa
Provomgång 9	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW
Ref	0	131,2495	137,6717	6,422	2,154377726		Datum: 080422
PE	1	131,5427	131,7393	0,197		0,068	Rumstemp: 22,79
PET	2	131,4714	131,6566	0,185		0,064	Badtemp: 22,98
PE	3	131,4177	131,6221	0,204		0,071	
PET	4	131,3918	131,5792	0,187		0,065	
PE	5	131,5248	131,7183	0,194		0,067	
					medelvärdet	0,067	22,4
					stdavvik	0,003	0,9
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa

Bilaga 1d

Bilaga 1d		senast reviderad 060214										UP.nr*
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496	Avser burk Duni 50 cl										Datum + sign. 080422	
	a=(m²)	0,0055									Rumstemp: * 22,80	
	t=(minuter)	15									Badtemp: * 23,00	
Provomgång 10	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Re	m2PaW	nedan			
Ref.	0	131,0468	137,3322	6,285	2,108487085		0,062		24,0			
PET	1	131,8919	132,0725	0,181			0,067		22,3 extra omräkning *: (tidigare separat dokumenter			
PE	2	131,7750	131,9690	0,194			0,066		22,7			
PET	3	131,7212	131,9121	0,191			0,065		22,9			
PE	4	131,7053	131,8946	0,189			0,065		23,2			
PET	5	131,8125	131,9993	0,187			0,065		23,0			
					medelvärde		0,065		3713,12306 g/m² 24 h			
					stdavvik		0,002		(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa			
Provomgång 9/10	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW	Datum: 080422				
Ref.	0	131,2495	137,6717	6,422	2,154377726			Rumstemp: 22,79				
PE	1	131,5427	131,7393	0,197			0,068	Badtemp: 22,98				
"	2	131,4177	131,6221	0,204			0,071	22,0				
"	3	131,5248	131,7183	0,194			0,067	21,2				
"	4	131,7750	131,9690	0,194			0,067	22,4				
"	5	131,7053	131,8946	0,189			0,067	22,4				
PE-mätvärden från provomgång 10 och 11					medelvärde		0,065	22,9				
					stdavvik		0,068	3649,807948 g/m² 24 h				
							0,002	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa				
Provomgång 9/10	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW	Datum: 080422				
Ref.	0	131,0468	137,3322	6,285	2,108487085			Rumstemp: 22,80				
PET	1	131,4714	131,6566	0,185			0,064	Badtemp: 23,00				
"	2	131,3918	131,5792	0,187			0,065	23,4				
"	3	131,8919	132,0725	0,181			0,062	23,1				
"	4	131,7212	131,9121	0,191			0,066	24,0				
"	5	131,8125	131,9993	0,187			0,065	22,7				
PET-mätvärden från provomgång 10 och 11					medelvärde		0,064	3661,978922 g/m² 24 h				
					stdavvik		0,001	23,3				
* anges i rapport							0,5	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa				

Bilaga 1e

Bilaga 1e		senast reviderad 060214										UP.nr*
Beräkning av vattenåtgång enligt ISO 15496		Avser burk Duni 50 cl										Datum + sign. 080423
		a=(m ²)	0,0055								Re	Rumstemp: * 22,9
		t=(minuter)	15								m2PaW	Badtemp: * 23,00
Provomgång 11		Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*				nedan	
Ref.		0	130,8901	137,2468	6,357	2,132405233		0,120	12,5	extra omräkning *: (tidigare separat dokumenter		
PEBA (nytt membran)		1	130,9767	131,3147	0,338			0,120	12,5			
"		2	131,1082	131,4476	0,339			0,121	12,4			
"		3	130,9546	131,2950	0,340			0,112	13,4			
" (nytt membran)		4	130,9508	131,2682	0,317			0,118	12,7			
"		5	130,9413	131,2749	0,334			0,118	12,7	6724,367362 g/m ² 24 h		
						medelvärde		0,004	0,4	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa		
						stdavvik						
Provmaterial 12		Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*					
Ref		0	131,4357	137,9012	6,465	2,168903053		m2PaW		Datum: 080423		
PET-smält (nytt membran)		1	130,9471	131,1406	0,194			0,067	22,4	rumtemp: 22,92		
"		2	131,5625	131,7512	0,189			0,065	23,0	badtemp: 23,02		
"		3	131,4019	131,5909	0,189			0,065	23,0			
" (nytt membran)		4	131,3767	131,5658	0,189			0,065	23,0			
"		5	131,3797	131,5708	0,191			0,066	22,7			
						medelvärde		0,066	22,8	3741,856011 g/m ² 24 h		
						stdavvik		0,001	0,2	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa		
Provmaterial 13		Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*					
Ref		0	130,9767	137,4826	6,506	2,182455552		m2PaW		Datum: 080423		
PEBA		1	131,5143	131,8172	0,303			0,107	14,1	rumtemp: 22,67		
"		2	132,0832	132,4061	0,323			0,114	13,2	badtemp: 23,01		
"		3	131,9676	132,2979	0,330			0,117	12,9			
"		4	131,9143	132,2622	0,348			0,123	12,2			
"		5	130,9107	131,2409	0,330			0,117	12,9			
						medelvärde		0,115	13,0	6568,824999 g/m ² 24 h		
						stdavvik		0,006	0,7	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa		

Bilaga 1f

Bilaga 1f		Avsör burk Duni 50 cl		senast reviderad 060214		UP.nr*	
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		a=(m ²)	0,0055			Datum + sign. 080423	
		t=(minuter)	15			Rumstemp: * 22,93	
		Vikt före, g	Vikt efter, g			Badtemp: * 23,01	
Provomgång 14	Burk			Δ m	WVP app*	WVP*	Re
Ref.	0	131,1005	137,7142	6,614	2,218617913		m2PaW
Kilister-PET	1	130,6851	130,8608	0,176			24,8 nedan
"	2	132,5330	132,7183	0,185			23,5 extra omräkning *: (tidigare separat dokumenter
"	3	132,4196	132,6112	0,192			22,7
"	4	132,4016	132,5865	0,185			23,5
"	5	131,3551	131,5512	0,196			22,1
				medelvärde			23,6
				stdavvik			1,0
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa
Provomgång 15	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW
Ref	0	130,9696	137,2813	6,312	2,117309628		Datum: 080424
AF	1	130,9462	131,0986	0,152			rumtemp: 23,23
"	2	130,9188	131,0830	0,164			badtemp: 23,14
"	3	130,9364	131,0839	0,148			
"	4	130,8387	131,0056	0,167			
"	5	130,7878	130,9605	0,173			
				medelvärde			27,1
				stdavvik			1,8
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa
Provomgång 16	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW
Ref	0	131,1699	137,4703	6,300	2,113518953		Datum: 080424
AF	1	131,2452	131,3975	0,152			rumtemp: 22,98
"	2	131,1592	131,3085	0,149			badtemp: 23,07
"	3	131,1684	131,3156	0,147			
"	4	131,0864	131,2566	0,170			
"	5	131,0340	131,1930	0,159			
				medelvärde			28,0
				stdavvik			1,7
							(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa

Bilaga 1g

Bilaga 1g										
Beräkning av vattenånggenomgång enligt ISO 15496										
Avser burk Duni 50 cl										
senast reviderad 060214										
a=(m²) 0,0055										
t=(minuter) 15										
Provomgång	17 - screen	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δm	WVP app*	WVP*	Re	m2PaW	UP.nr*
Ref.	0	0	130,7662	137,2504	6,484	2,175176115				
PET	1	1	131,5081	131,6959	0,188				23,1	nedan
PE	2	2	131,4147	131,5881	0,173				25,1	extra omräkning *: (tidigare separat dokumenter
PEBA (mågot dålig lösn)	3	3	131,4475	131,7492	0,302				14,1	
AF	4	4	131,3716	131,5504	0,179				24,3	
Kilster PET	5	5	131,3426	131,5347	0,192				22,6	
						medelvärde			20,5	4160,120268 g/m ² 24 h
						stdavvik			4,4	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa

Bilaga 1h		senast reviderad 060214										UP.nr*
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		Avser burk Duni 50 cl										Datum + sign. 2008-05-12
		a=(m²)	0,0055	t=(minuter)		15	WVP app*		WVP*		Re	Termometer nykallibrerad
Provomgång	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*					m2PaW	
Provomgång 18	0	131,0724	137,5760	6,504	2,181683999							
Ref.	1	131,3330	131,4984	0,165		0,057					26,3	nedan
PE (4 maskor/cm)	2	131,2650	131,4289	0,164		0,056					26,6	extra omräkning *: (tidigare separat dokument)
"	3	131,4322	131,5943	0,162		0,056					26,9	
"	4	131,4601	131,6250	0,165		0,057					26,4	
"	5	131,0139	131,1866	0,173		0,060					25,2	
					medelvärde	0,056					26,6	3212,624427 g/m² 24 h
					stdavvik	0,001					0,6	(20°C, 50 % RH, press. Dif. 2,5 kPa)
Provomgång 19	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*					m2PaW	Datum: 081612
Ref.	0	131,7123	138,1026	6,390	2,143676619							Rumtemp: 22,73
PE (4 maskor/cm)	1	131,6056	131,7685	0,163		0,056					26,7	Badtemp: 23,01
"	2	131,5456	131,7156	0,170		0,059					25,6	
"	3	131,7286	131,8976	0,169		0,058					25,8	
"	4	131,3807	131,5458	0,165		0,057					26,4	
"	5	131,3077	131,4618	0,154		0,053					28,3	
					medelvärde	0,057					26,5	3217,113633 g/m² 24 h
					stdavvik	0,002					1,1	(20°C, 50 % RH, press. Dif. 2,5 kPa)
Provomgång 20	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*					m2PaW	Datum: 080512
Ref.	0	130,7767	137,6405	6,864	2,302515934							Rumtemp: 22,62
PE (7 maskor/cm)	1	131,8950	132,0524	0,157		0,054					27,8	Badtemp: 23,00
"	2	131,8664	132,0323	0,166		0,057					26,3	
"	3	132,0270	132,1847	0,158		0,054					27,7	
"	4	131,6855	131,8447	0,159		0,055					27,4	
"	5	131,6163	131,7748	0,159		0,054					27,6	
					medelvärde	0,055					27,3	3121,506709 g/m² 24 h
					stdavvik	0,001					0,6	(20°C, 50 % RH, press. Dif. 2,5 kPa)

* anges i rapport

Bilaga 1i		senast reviderad 060214										UP.nr*	
Beräkning av vattenåtgång enligt ISO 15496		Avser burk Duni 50 cl										Datum + sign. 2008-05-12	
		a=(m ²)		0,0055		t=(minuter)		15		Re		Datum + sign. 2008-05-12	
		Vikt före, g		Vikt efter, g		Δ m		WVP app*		WVP*		Badtemp: * 22,48 23,02 22,70	
Provomgång 21	Burk	0	130,9102	137,7747	6,864	2,302750755	0,052	28,8	nedan	Badtemp: * 23,01-23,02			
Ref. PE (7 maskor/cm)	1	131,2958	131,4474	0,157	0,054	extra omräkning *: (tidigare separat dokument)							
"	2	131,1650	131,3221	0,168	0,058								
"	3	131,3836	131,5512	0,162	0,056								
"	4	131,2484	131,4106	0,160	0,055								
"	5	130,9338	131,0933	medelvärde	0,065	3119,274089	27,4	g/m ² 24 h					
				stdavvik	0,002	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)							
				Procent	3,808								
Provomgång 22	Burk		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW		Datum: 080512			
Ref. PE (remsa 3,9 mm)	0	131,1482	137,9436	6,795	2,279570614	Rumtemp: 23,02							
"	1	131,5238	131,7270	0,203	0,070	Badtemp: 23,01							
"	2	131,3947	131,5737	0,179	0,062								
"	3	131,6446	131,8386	0,194	0,067								
"	4	131,5122	131,7089	0,197	0,068								
"	5	131,1909	131,3825	0,192	0,066								
				medelvärde	0,067	3789,490397	22,5	g/m ² 24 h					
				stdavvik	0,003	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)							
				Procent	1,1								
Provomgång 23	Burk		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	m2PaW		Datum: 080513			
Ref. (nytt membran)	0	131,2188	137,8702	6,651	2,231264676	Rumtemp: 22,70							
PE (remsa 3,9 mm)	1	131,1561	131,3393	0,183	0,063	Badtemp: 23,02							
"	2	131,0912	131,2895	0,198	0,069								
"	3	131,0400	131,2279	0,188	0,065								
"	4	130,6157	130,8170	0,201	0,070								
"	5	130,9315	131,1168	0,185	0,064								
				medelvärde	0,066	3757,454533	22,7	g/m ² 24 h					
				stdavvik	0,003	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)							
				Procent	4,361								
* anges i rapport					4,313								

Bilaga 1j

Bilaga 1j		senast reviderad 060214										UP.nr*
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		Avser burk Duni 50 cl		0,0055			Datum + sign. 2008-05-13				Datum + sign. 2008-05-13	
		a=(m²)	t=(minuter)	15			Rumstemp: * 22,51				Rumstemp: * 22,51	
		Vikt före, g	Vikt efter, g	Δ m	WVP app*	WVP*	Re				Re	
		0	131,2522	6,465	2,168802415		m2PaW				m2PaW	
Provomgång 24	Ref.	0	131,2522	6,465	2,168802415		28,8 nedan					
PE (bindning-morklagg)		1	131,5357	0,151			0,052					
"		2	131,3988	0,151			0,052		29,0 extra omräkning *: (tidigare separat dokument)			
"		3	131,3715	0,156			0,054		28,0			
"		4	130,9547	0,161			0,055		27,1			
"		5	131,2520	0,151			0,052		28,8			
					medelvärde		0,053		28,2		3024,070244 g/m² 24 h	
					standardavvik		0,002		0,8		(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)	
Provomgång 25	Ref.	0	130,8891	6,559	2,200335458		m2PaW				Datum: 14/5	
bindning-morklagg		1	131,0128	0,156			0,054		28,0		Rumstemp: 22,66	
"		2	131,1489	0,147			0,050		29,8		Badtemp: 23,05	
"		3	131,2266	0,154			0,053		28,4			
"		4	131,3153	0,159			0,055		27,4			
"		5	131,2147	0,154			0,053		28,4			
					medelvärde		0,053		28,4		3006,397277 g/m² 24 h	
					standardavvik		0,002		0,9		(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)	
Provomgång 26	Ref.	0	131,4510	6,461	2,167393492		m2PaW				Datum: 14/5	
ULMPA		1	131,3091	0,145			0,050		30,1		Rumstemp: 22,95	
"		2	131,5259	0,153			0,053		28,5		Badtemp: 23,18	
"		3	131,6421	0,147			0,050		29,8			
"		4	131,7496	0,154			0,053		28,4			
"		5	131,5989	0,153			0,053		28,5			
					medelvärde		0,052		29,1		2937,022542 g/m² 24 h	
					standardavvik		0,001		0,8		(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)	

Ny termometer: referenstermometer som visar ca 0,1 grader för högt.

* anges i rapport

Bilaga 1m		Avser burk Duni 50 cl		senast reviderad 060214		UP.nr*	
Beräkning av vattenångengenomgång enligt ISO 15496		a=(m²)	0,0055			Datum + sign. 2008-05-15	
		t= (minuter)	15			Rumstemp: * 22,85	
Provomgång 33		Vikt före, g	Vikt efter, g	WVP app*	WVP*	Re	Badtemp: * 23,19
Ref.	Burk	0	130,9494	6,5879	2,2099631		
AF med defekt	1	133,6734	133,8369	0,1635		26,7	nedan
"	2	132,0952	132,2570	0,1618		27,0	extra omräkning *: (tidigare separat dokument)
"	3	135,4983	135,6633	0,1650		26,4	
" (ny lösning)	4	132,4655	132,6312	0,1657		26,3	
"	5	131,7855	131,9434	0,1579		27,6	
				medelvärde		26,6	3210,057284 g/m² 24 h
				stdavvik		0,5	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)
Provomgång 34 - Screen	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	WVP app*	WVP*	m2PaW	
Ref.	0	130,9494	137,5373	6,588	2,2099631		Datum: 2008-05-15
PE	1	130,9556	131,1140	0,158		27,6	Rumstemp: 22,60
UIIPA	2	130,8497	131,0023	0,153		28,6	Badtemp: 23,20
PET	3	130,8064	131,0057	0,199		21,8	
Lim/PES	4	130,7185	130,8885	0,170		25,6	
AF	5	131,1531	131,3230	0,170		25,6	
				medelvärde		25,6	3332,220287 g/m² 24 h
				stdavvik		2,6	(20°C, 50 % RH, press. Diff. 2,5 kPa)
Provomgång 34 - screen	Burk	Vikt före, g	Vikt efter, g	WVP app*	WVP*	m2PaW	
Ref.	0	130,9494	137,5373	6,588	2,2099631		Datum: 2008-05-15
PEBA	1	131,0985	131,4259	0,327		13,0	Rumstemp: 22,60
"	2			0,000			Badtemp: 23,20
"	3			0,000			
"	4			0,000			
"	5			0,000			
				medelvärde			#Division0!
				stdavvik			#Division0!

Bilaga 2a

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångstransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: 20

Prov ID:

AF 4 prover

Korrigerad

Datum:

2008-05-15

Provbuk:

5,6,7 använts

Sign:

Linda/Alexandra

Burk nr	Vikt före g	Vikt efter g	Invägd vatten- volym, ml	Tjocklek mm	Provvikt g	Burkhöjd mm	Vatten- volym, ml
1	223,21	219,02	80,00	x	x	x	80
2	206,63	203,05	64,99	x	x	x	65
3	185,07	182,10	40,01	x	x	x	40
4	172,22	169,42	30,00	x	x	x	30
5	202,50	200,29	55,03	0,53	x	26,1	55
6	198,64	196,47	55,03	0,51	x	26,1	55
7	199,53	197,34	55,02	0,51	x	26,0	55
8	197,81	195,20	55,02	0,50	x	26,0	55

Sida vänd mot
vattnet:

Rät

Avig

Belagd

Obelagd

Stödställning:

Ja

Nej

Kontroll av klimat:

OK

Ej OK

Klockslag stab tid:

11:33 - 13:54

Klockslag start tid:

13:59

Klockslag slut tid:

10:15

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,026194058	0,03776	0,008083153	0,01964893

Provburkarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
1,1745843	1,230415	1,221010894	0,66343177

Medelvärde

1,07236

Standardavv.

0,27371

Variationskoeff.

0,25524 *Korrigera*

Resultat:	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
	cm	kPa m ² /W	g/kPa m ² h	g/m ² h
	1,07236	0,0236	63,08	145,9
				g/m ² h
				200,1
				g/m ² 24 h
				3501,9
Korrigerat	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
värde	cm	kPa m ² /W	g/kPa m ² h	g/m ² h
Std. 0,030	1,208670065	0,0266	55,96	128,9
				g/m ² h
				177,0
				g/m ² 24 h
				3094,4

Bilaga 2b

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångstransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: 20

Prov ID:

PEBA 4 prover

Korrigerad

Datum:

2008-05-14

Provbuk: 5,8
använts

Sign:

Linda/Alexandra

Burk nr	Vikt före g	Vikt efter g	Invägd vatten- volym, ml	Tjocklek mm	Provvikt g	Burkhöjd mm	Vatten- volym, ml
1	223,22	218,97	80,00	x	x	x	80
2	206,66	202,95	65,00	x	x	x	65
3	185,07	182,04	40,01	x	x	x	40
4	172,14	169,28	29,99	x	x	x	30
5	202,48	199,41	54,99	0,42	x	26,3	55
6	198,56	194,92	54,99	0,42	x	25,8	55
7	199,29	196,35	55,00	0,42	x	26,0	55
8	197,86	194,61	55,01	0,42	x	25,9	55

Sida vänd mot
vattnet:

Rät

Avig

Belagd

Obelagd

Stödställning:

Ja

Nej

Kontroll av klimat:

OK

Ej OK

Klockslag stab tid:

12:06 - 14:13

Klockslag start tid:

14:15

Klockslag slut tid:

11:28

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,011039387	0,012143	0,014766506	0,01586993

Provbukarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
0,2414736	-0,1083	0,396605756	0,15011248

Medelvärde

0,169973

Standardavv.

0,21159

Variationskoeff.

1,244816 *Korrigera*

Resultat:	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2h
			g/m2 h	g/m2 24 h
	0,16997	0,0037	397,95	946,1
				1288,4
				22707,0

Korrigerat värde	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2h
			g/m2 h	g/m2 24 h
Std.	0,19579304	0,0043	345,47	820,7
				1117,8
0,0646				19696,9

Bilaga 2c

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångstransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: 20

Prov ID:

PET 4 prover

Korrigerad

Datum:

2008-04-24

Provbuk: 6,8
används

Sign:

Linda/Alexandra

Burk nr	Vikt före g	Vikt efter g	Invägd vatten- volym, ml	Tjocklek mm	Provvikt g	Burkhöjd mm	Vatten- volym, ml
1	223,17	218,93	80,01	x	x	x	80
2	206,62	203,02	65,01	x	x	x	65
3	185,01	182,04	40,00	x	x	x	40
4	172,42	169,60	30,01	x	x	x	30
5	202,84	199,30	54,99	0,41	x	26,0	55
6	198,51	196,27	55,00	0,41	x	25,8	55
7	199,55	196,30	54,99	0,42	x	26,0	55
8	197,78	195,48	55,00	0,42	x	25,9	55

Sida vänd mot
vattnet:

Rät

Avig

Belagd

Obelagd

Stödställning:

Ja

Nej

Kontroll av klimat:

OK

Ej OK

Klockslag stab tid:

14,55 - 16,56

Klockslag start tid:

16,59

Klockslag slut tid:

13,1

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,029199779	0,041037	0,017577687	0,02941518

Provbukarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
-0,0980561	1,144759	0,097850699	1,05996209

Medelvärde

0,551129

Standardavv.

0,64245

Variationskoeff.

1,165691 *Korrigera*

Resultat:	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde		
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2h	g/m2 24 h	
	0,55113	0,0121	122,73	288,4	393,9	6921,9

Korrigerat värde	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde		
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2h	g/m2 24 h	
Std. 0,060	1,102360545	0,0243	61,36	141,8	194,5	3403,6

Bilaga 2d

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångstransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: 20

Prov ID: PET 4 prover OK

Datum: 2008-05-13

Sign: Linda/Alexandra

Burk nr	Vikt före g	Vikt efter g	Invägd vatten- volym, ml	Tjocklek mm	Provvikt g	Burkhöjd mm	Vatten- volym, ml
1	223,34	219,12	80,01	x	x	x	80
2	206,56	202,95	65,01	x	x	x	65
3	184,96	181,97	40,00	x	x	x	40
4	172,32	169,49	29,99	x	x	x	30
5	202,37	200,19	55,01	0,40	x	26,1	55
6	198,80	196,61	55,01	0,40	x	25,9	55
7	199,53	197,38	55,01	0,40	x	26,0	55
8	197,93	195,80	55,01	0,42	x	25,9	55

Sida vänd mot Rät Avig Belagd Obelagd

vattnet:

Stödställning: Ja Nej

Kontroll av klimat: OK Ej OK

Klockslag stab tid: 11:06 - 13:36

Klockslag start tid: 13:40

Klockslag slut tid: 09:47

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,026466124	0,037096819	0,013121158	0,02375185

Provbarkarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
1,2494675	1,24947369	1,311818211	1,35371401

Medelvärde	1,291118362
Standardavv.	0,05104
Variationskoeff.	0,039532945 OK

Resultat:	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2 h
	1,29112	0,0284	52,39	120,4
				g/m2h
				165,4
				g/m2 24 h
				2889,7

Korrigerat värde	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2 h
	0	0,0000	#Division/0!	#Division/0!
			#Division/0!	#Division/0!
			#Division/0!	#Division/0!
			#Division/0!	#Division/0!

Bilaga 2e

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångstransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: 20

Prov PET 2 prover Korrigerad

Bilaga 2f

Utvärdering av BURKmätningar

Fyll i gula fält!

Vattenångtransport enligt CGSB 49-1977

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: | 20

Bilaga 2g

Prov ID: PE 2 prover
Utvärdering av BURKmätningar

Korrigerad pga. Olika material

Fyll i gula fält!

Vattenångtransport enligt CGSB 49-1977

Datum: 2008-04-14

Provbuk 5, 6

Timmar Minuter

Uppdragsnummer:

Provtid: | 20

Prov ID: PE 4 prover OK

använts

Signum: L 2008-04-23

Burk nr	Vikt före	Vikt efter	Invägd vatten-volym, ml	Tjocklek, mm	Provvikt, g	Burkhöjd, mm	Vatten-volym, ml
1	223,22	219,02	80,01	1	x ^x	x ^x	80
2	206,70	203,07	65,00	2	x ^x	x ^x	65
3	185,17	182,21	40,00	1	x ^x	x ^x	40
4	172,30	169,51	30,01	1	x ^x	x ^x	30
5	202,61	200,49	55,00	0,45	x ^x	26,1	55
6	198,92	196,84	54,99	0,48	x ^x	25,9	55
7	199,39	197,21	55,00	0,48	x ^x	26,0	55
8	198,40	196,26	55,01	0,49	x ^x	26,0	55

Sida vänd mot vatten:	R Rät	Avig	Belagd	Obelagd
Stödställning:	J: Ja	Nej		
Kontroll av klimat:	C OK	Ej OK		
Klockslag start tid:	15,55 - 17,55			
Klockslag slut tid:	18			
Klockslag slut tid:	14,03			

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,015036188	0,018509	0,013314378	0,01678767

Provbukarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Kontrollburkarnas avvikelse från regressionslinjen:

O(1)	O(2)	O(3)	O(4)
0,014626505	0,019877	0,004763415	0,01001405

Provbukarna Ekvivalent luftpelare [cm]

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
1,2479224	1,295919	1,123272995	1,27014552

Medelvärde	1,234315
Standardavv.	0,07658
Variationskoeff.	0,062044 OK

Ekv(5)	Ekv(6)	Ekv(7)	Ekv(8)
Resultat: Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
cm	kPa m ² /W	g/kPa m ² h	g/m ² h
1,23431	0,0272	54,80	126,2
			173,2
			3027,8

Korrigerat värde	Medelvärde	Ångmotstånd	Fuktflöde	Fuktflöde
Std:0,0339	cm	kPa m ² /W	g/m ² h	g/m ² h
	1,271920663	0,0280	53,18	122,3
				168,0
				2934,9

1,2854657 1,367866 1,212625514 1,27132417

Medelvärde	1,28432
Standardavv.	0,06401
Variationskoeff.	0,049836 OK

Resultat:	Medelvärde	Ångmotstånd		Fuktflöde		Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2 h	g/m2h	g/m2 24 h
	1,28432	0,0283	52,67	121,1	166,3	2905,5

Korrigerat värde	Medelvärde	Ångmotstånd		Fuktflöde		Fuktflöde
	cm	kPa m2/W	g/kPa m2h	g/m2 h	g/m2h	g/m2 24 h
	0	0,0000	#Division/0!	#Division/0!	#####	#Division/0!

Bilaga 3 - Resultat Saltmetoden

Provmaterial	PE	PET	4 ms/cm	7 ms/cm	3,9mm	Ny bind.	UII/PA	Lin/PES	PEBA	PET-smält	AF
Provmång 1	21	23,2	26,3	27,8	21,3	28,8	30,1	27,1	12,5	24,8	28,6
Ångmotstånd (m ² Pa/W)	21	22	26,6	26,3	24,3	29	28,5	26,3	12,5	23,5	26,5
	20,5	24,3	26,9	27,7	22,4	28	29,8	27,5	12,4	22,7	29,6
	22,1	24,8	26,4	27,4	22,1	27,1	28,4	26,8	13,4	23,5	26,1
	22,6	24,3	25,2	27,6	22,7	28,8	28,5	25,5	12,7	22,1	25,2
Provmång 2	22	23,4	26,7	28,8	23,7	28	28,5	26	14,1	22,4	28,7
	21,2	23,1	25,6	27,8	21,9	29,8	28,3	26,7	13,2	23	29,2
	22,4	24	25,8	26	23,1	28,4	28	26,8	12,9	23	29,7
	22,4	22,7	26,4	26,9	21,5	27,4	29,8	26,8	12,2	23	25,6
	22,9	23,2	28,3	27,4	23,5	28,4	27,9	26,6	12,9	22,7	27,4
medelvärde	21,8	23,5	26,4	27,4	22,7	28,4	28,8	26,6	12,9	23,1	27,7
median	22,1	23,3	26,4	27,5	22,6	28,4	28,5	26,8	12,8	23,0	28,0
standardavvikelse	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	0,8	0,8	0,6	0,6	0,7	1,7
%	3,753	3,605	3,201	2,938	4,372	2,791	2,793	2,114	4,389	3,244	6,192
Ångpermeabilitet (g/m ² 24h)	3913,0674	3631,65957	3230,28009	3118,15857	3767,94702	3008,24815	2965,39263	3207,21533	6626,08696	3699,3498	3085,46638
Provmaterial	PE	PET	4 ms/cm	7 ms/cm	3,9mm	Ny bind.	UII/PA	Lin/PES	PEBA	PET-smält	AF
Ångpermeabilitet (g/m ² Pa/h)	0,072	0,065	0,057	0,054	0,07	0,052	0,05	0,055	0,12	0,067	0,052
	0,072	0,068	0,056	0,057	0,062	0,052	0,053	0,057	0,12	0,065	0,057
	0,073	0,062	0,056	0,054	0,067	0,054	0,05	0,055	0,121	0,065	0,051
	0,068	0,061	0,057	0,055	0,068	0,055	0,053	0,056	0,112	0,065	0,058
	0,066	0,062	0,06	0,054	0,066	0,052	0,053	0,059	0,118	0,066	0,06
	0,068	0,064	0,056	0,052	0,063	0,054	0,053	0,058	0,107	0,061	0,052
	0,071	0,065	0,059	0,054	0,069	0,05	0,053	0,056	0,114	0,064	0,051
	0,067	0,062	0,058	0,058	0,065	0,053	0,054	0,056	0,117	0,066	0,051
	0,067	0,066	0,057	0,056	0,07	0,055	0,05	0,056	0,123	0,064	0,059
	0,065	0,065	0,053	0,055	0,064	0,053	0,054	0,057	0,117	0,068	0,055
medelvärde	0,069	0,064	0,057	0,055	0,066	0,053	0,052	0,057	0,117	0,065	0,055
median	0,068	0,065	0,057	0,055	0,067	0,053	0,053	0,056	0,118	0,065	0,054
standardavvikelse	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003	0,002	0,002	0,001	0,005	0,002	0,004
%	4,131	3,455	3,360	3,149	4,330	2,950	3,129	2,247	4,062	2,937	6,643

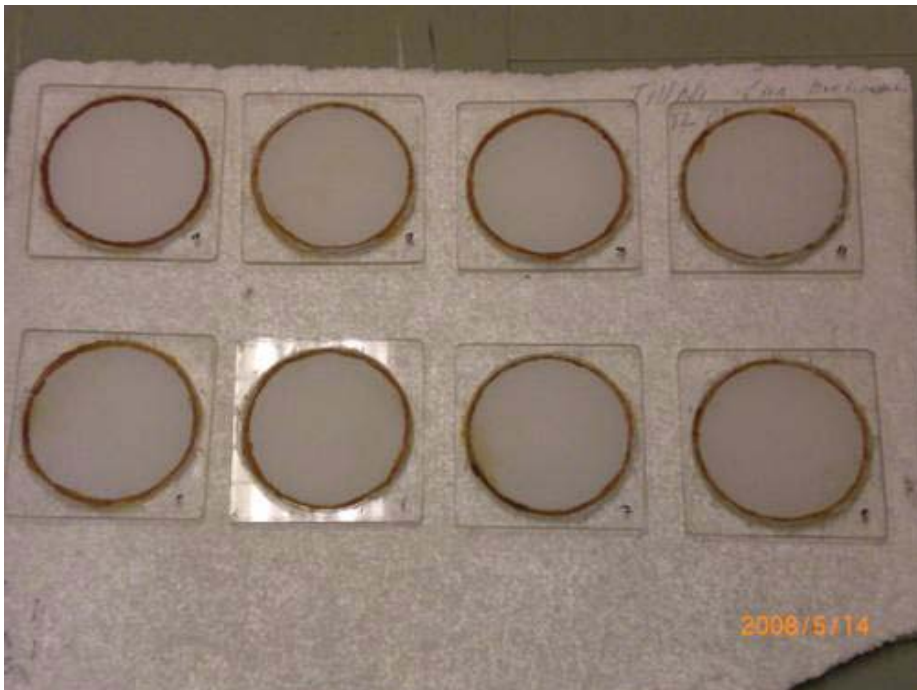
Bilaga 4 - Saltmetoden (Fuktgenomgång över tid)

		0	15	30	45	60	75	(g)
PEBA	Vikt	131,0985	131,4259	131,7393	132,052	132,3656	132,7024	
	Viktökning/15 min	0	0,3274	0,3134	0,3127	0,3336	0,3168	
	Viktökning tot.	0	0,3274	0,6408	0,9535	1,2871	1,6039	
PE	Vikt	130,9556	131,114	131,2708	131,4278	131,5845	131,7423	
	Viktökning/15 min	0	0,1584	0,1568	0,157	0,1567	0,1578	
	Viktökning tot.	0	0,1584	0,3152	0,4722	0,6289	0,7867	
UII/PA	Vikt	130,8497	131,0023	131,1432	131,2824	131,4229	131,563	
	Viktökning/15 min	0	0,1526	0,1409	0,1392	0,1405	0,1401	
	Viktökning tot.	0	0,1526	0,2935	0,4327	0,5732	0,7133	
PET	Vikt	130,8064	131,0057	131,1995	131,4013	131,5954	131,791	
	Viktökning/15 min	0	0,1993	0,1938	0,2018	0,1941	0,1956	
	Viktökning tot.	0	0,1993	0,3931	0,5949	0,789	0,9846	
Lin/PES	Vikt	130,7185	130,8885	131,05	131,212	131,3769	131,539	
	Viktökning/15 min	0	0,17	0,1615	0,162	0,1649	0,1621	
	Viktökning tot.	0	0,17	0,3315	0,4935	0,6584	0,8205	
AF	Vikt	131,1531	131,323	131,4907	131,6605	131,8303	131,9966	
	Viktökning/15 min	0	0,1699	0,1677	0,1698	0,1698	0,1663	
	Viktökning tot.	0	0,1699	0,3376	0,5074	0,6772	0,8435	

Utrustning burkmetoden



Roterande bord med tillhörande burkar.



Referensmaterial monterande på "locket" till burkarna.

Tillbehör saltmetoden

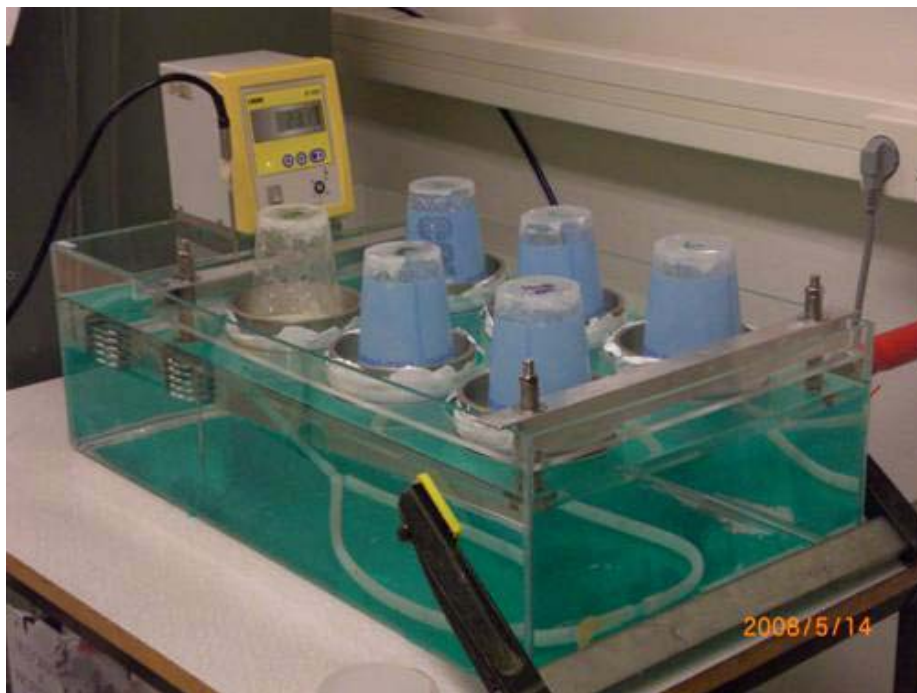


Burkar innehållande saltlösning.



Provhållare med uppspant goretex-membran.

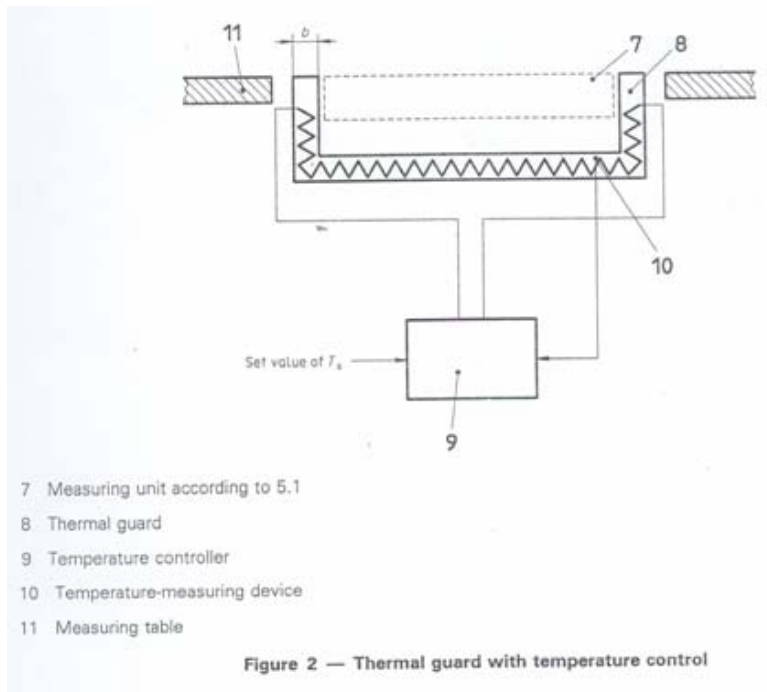
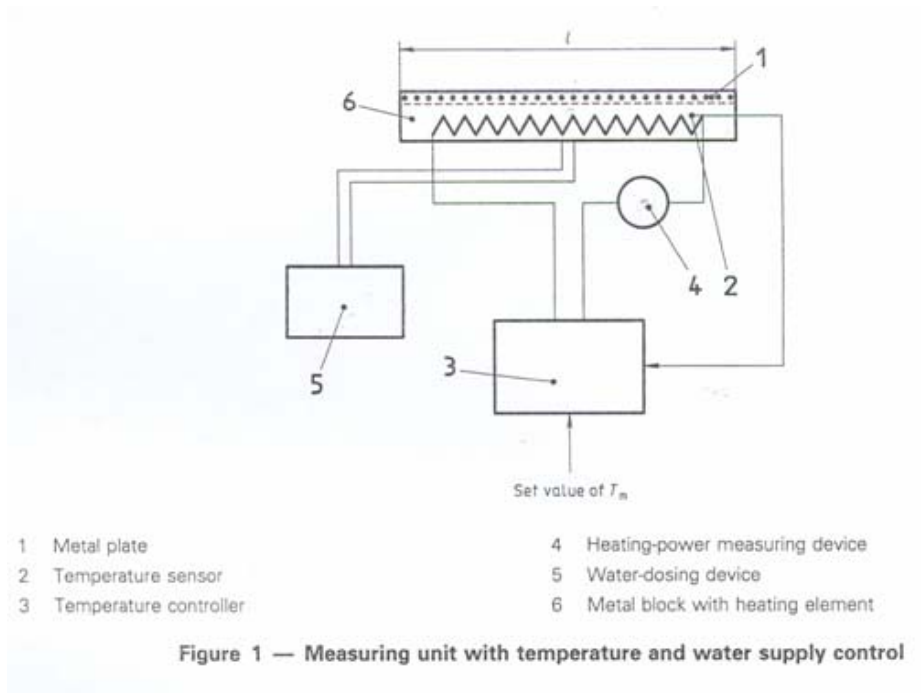
Saltmetoden



Vattenbad med provburkar.



Vattenbad utan provburkar.



Resultat Permatran-W - PE

Bilaga 10a

MOCON PERMATRAN-W® 10IK - Test Summary Report

Module 1, Serial Number MK_01068

Cell	Material ID	Test Number	Area cm²	Temperature °C	Trans. Rate (Sel U) gm / [m² · day]	Barometer mmHg	Method	# Cycles	Cal C Value	Flow SCCM
A	Prov A	CUSTOMER_000036	10	37.8	5652.886	757.721	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	14326.88	110.90
B	Prov A	CUSTOMER_000037	10	37.8	5943.720	758.107	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	13927.31	111.27
C	Prov A	CUSTOMER_000038	10	37.8	5801.019	757.956	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	13956.81	107.40
D	Prov A	CUSTOMER_000039	10	37.8	5659.285	757.989	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	13459.39	106.20
E	Prov A	CUSTOMER_000040	10	37.8	5689.194	757.924	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	15164.59	121.86
F	Prov A	CUSTOMER_000041	10	37.8	5165.353	757.999	T-1024 rev 1; 10 cm2	5	15196.96	117.31

Resultat Permatran-W – AF

Bilaga 10b

MOCON PERMATRAN-W® 10IK - Test Summary Report
 Module 1, Serial Number MK_01068

Cell	Material ID	Test Number	Area cm²	Temperature °C.	Trans. Rate (Sel U) gm / [m² - day]	Barometer mmHg	Method	# Cycles	Cal C Value	Flow SCCM
A	Prov B	CUSTOMER_000036	10	37.8	5291.424	761.529	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	14326.88	107.91
B	Prov B	CUSTOMER_000037	10	37.8	5640.882	761.451	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	13927.31	108.88
C	Prov B	CUSTOMER_000038	10	37.8	5318.725	761.454	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	13956.81	106.81
D	Prov B	CUSTOMER_000039	10	37.8	5399.686	761.589	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	13455.39	103.46
E	Prov B	CUSTOMER_000040	10	37.8	5440.213	761.534	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	15164.59	119.38
F	Prov B	CUSTOMER_000041	10	37.8	5128.798	761.553	T-1024 rev.1; 10 cm2	6	15196.96	115.34

Resultat Permatran-W – PEBA

Bilaga 10c

MOCON PERMATRAN-W® 101K - Test Summary Report
 Module 1, Serial Number MK_01068

Cell	Material ID	Test Number	Area cm²	Temperature °C.	Trans. Rate (Sel U) gm / [m² · day]	Barometer mmHg	Method	# Cycles	Cal C Value	Flow SCCM
A	Prov C	CUSTOMER_000036	10	37.8	6889.156	761.293	T-1024 rev.1; 10 cm2	28	14326.68	111.51
B	Prov C	CUSTOMER_000037	10	37.8	6515.086	761.383	T-1024 rev.1; 10 cm2	27	13927.31	111.56
C	Prov C	CUSTOMER_000038	10	37.8	6603.928	760.922	T-1024 rev.1; 10 cm2	27	13966.81	109.48
D	Prov C	CUSTOMER_000039	10	37.8	6913.868	761.131	T-1024 rev.1; 10 cm2	27	13459.39	106.70
E	Prov C	CUSTOMER_000040	10	37.8	6826.678	761.189	T-1024 rev.1; 10 cm2	27	15164.59	122.36
F	Prov C	CUSTOMER_000041	10	37.8	6679.204	761.193	T-1024 rev.1; 10 cm2	27	15196.96	120.27

Rangordning – Saltmetoden

	Medel (m ² Pa/W)		Median (m ² Pa/W)	
1	PEBA	12,88	PEBA	12,80
2	PE	21,81	PE	22,05
3	3,9 mm	22,65	3,9 mm	22,55
4	PET – smält	23,07	PET – smält	23,00
5	PET	23,50	PET	23,30
6	4 ms/cm	26,42	4 ms/cm	26,40
7	Lin/PES	26,61	Lin/PES	26,75
8	7 ms/cm	27,37	7 ms/cm	27,50
9	AF	27,66	AF	28,00
10	Ny bind.	28,37	Ny bind.	28,40
11	UII/PA	28,78	UII/PA	28,50

Textilingenjörsexamen från Institutionen Textilhögskolan, Högskolan i Borås 2008:2.8

Institutionen Textilhögskolan

Textilhögskolan i Borås är Sveriges enda textilhögskola och tillhör det fåtal högskolor och universitetsutbildningar i världen som har en egen textilindustriell fullskalemiljö.

Borås har en lång textil tradition och är ett naturligt centrum för produktutveckling, design och handel, vilket gör att studenterna får en bra kontakt med branschfolk.

Högskolan i Borås

Högskolan i Borås är nationellt rekryterande och spelar samtidigt en viktig roll i regionens utveckling. Högskolan i Borås växer och ett spännande campus tar form mitt i stadskärnan. År 2007 studerar 11 000 studenter här.

Högskolan i Borås bedriver utbildning och forskning inom sex huvudområden: Biblioteks- och informationsvetenskap, ekonomi och data, lärarutbildningar och pedagogik, teknik, textil samt vård och omsorg.

Flera av utbildningsprogrammen är unika och studenterna är eftertraktade på arbetsmarknaden. En ny undersökning visar att 95 procent får arbete inom sex månader efter examen inom de områden de utbildats till.

Läs mer på högskolan hemsida: www.hb.se



Högskolan i Borås
Institutionen Textilhögskolan
501 90 Borås

Besöksadress Bryggaregatan 17
Tel 033-465 40 00 vxl
Fax 033-435 40 09
E-post Info@hb.se
Internet: www.hb.se/thb