

Ignucell Protect

- Kan den nya dränerande fasadskivan vara grunden till ett fuktsäkert enstegstätat fasadsystem?



**LUNDS
UNIVERSITET**

Lunds Tekniska Högskola

**LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Institutionen för Bygg- och Miljöteknologi / avdelningen för Byggnadsfysik**

Examensarbete:
Sanna Erlandsson
Malin Pettersson

© Copyright Sanna Erlandsson, Malin Pettersson

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet
Box 882
251 08 Helsingborg

LTH School of Engineering
Lund University
Box 882
SE-251 08 Helsingborg
Sweden

Tryckt i Sverige
Media-Tryck
Biblioteksdirektionen
Lunds universitet
Lund 2011

Sammanfattning

I detta examensarbete granskas ett modifierat enstegstätat fasadsystem, StoTherm Vario D, som bygger på den nya dränerande fasadskivan Ignucell Protect. Syftet är att undersöka om det finns någon anledning att tro att systemet inte skulle klara den fuktbelastning det kan utsättas för.

Skivan och fasadsystemets uppbyggnad och egenskaper har sammanställts och presenteras i denna rapport. Utöver befintliga egenskaper har tester gjorts på Ignucell Protect-skivan för att se hur den beter sig när den utsätts för fukt. Tester har dels utförts för att ta fram en jämviktsfuktkurva och dels för att undersöka dränering, kapillaritet och vattenspårning.

Rapporten avslutas med fuktberäkningar i WUFI. Dessa beräkningar ligger till grund för de slutsatser vi drar om hur väl fasadsystemet kommer klara de fuktbelastningar det kan utsättas för.

Våra resultat är:

- Vattnets väg genom Protect-skivan kan inte säkert förutsägas. Vatten kan nå bak till vindskyddsskivan. Vindskyddsskivan skyddas av StoGuard och bör därför inte skadas av detta. Skivans interlockskarv fungerar.
- Protect-skivan har en väl fungerande dränering. Dräneringen startar snabbt efter att vatten börjat tillföras. Skivan kan trots god dränering hålla en betydande mängd vatten.
- Den fukt som kan hållas i Protect-skivan efter ett inläckage kan lokalt orsaka förhöjda fukthalter i väggen. Under korta perioder kan kritiska nivåer för relativa fuktigheten överstigas.
- Risken att sommarkondens uppstår i konstruktionen är liten.
- Skivans kapillära stighöjd är <15 mm.

En viss risk för påväxt föreligger alltid. Beräkningarna tyder dock på att det inte finns någon anledning till att tro att väggen inte skulle klara den fuktbelastning den kan utsättas för. Under våra tester har vi upptäckt ett par egenskaper hos skivan som vi anser borde undersökas lite noggrannare. Vi anser trots detta att StoTherm Vario D verkar vara ett fuktsäkert fasadsystem.

Nyckelord: Ignucell, interlock, StoTherm Vario D, enstegstätad fasad, fuktskador, dränerande fasadskiva

Abstract

This report examines a modified facade system with sealing in one layer, StoTherm Vario D. The system is based on the new draining Ignucell Protect-board. The purpose is to examine whether there is any reason to believe that the system can not handle the moisture it will be exposed to without being damaged.

The properties of the Ignucell-board and the construction of the wall system and its properties have been compiled and is presented in this report. Tests have been done to examine how the Ignucell Protect-board behaves when exposed to moisture. Tests were carried out to produce an equilibrium moisture curve and also to examine the drainage, capillarity and to trace water in the board.

The report concludes with moisture calculations in WUFI.

Our results are:

- It is not possible to predict how the water will flow in the Protect-board. Water can reach all the way back to the inner construction. The inner construction is protected by StoGuard so the water will not cause any damage. The interlock system works as it is designed to do.
- Ignucell Protect has a well functioning draining capacity. The draining of water starts almost immediately after the board has been exposed to water. The board may hold a significant amount of water.
- The moisture that may be held in the Protect-board after a leakage may cause elevated levels of relative humidity in a limited area of the wall. During short periods of time critical levels for relative humidity may be exceeded.
- There is a small risk of condensation against the plastic barrier inside the wall.
- The capillarity in the Protect board is less than 15 mm.

A certain risk of growth of mould is always present. The calculations show that there is no reason to believe that the wall would not be able to manage the amount moisture it may be exposed to. We have discovered a few characteristics of the board that we suggest should be further examined. We believe nevertheless that StoTherm Vario D seems to be a facade system that is safe regarding damage caused by moisture.

Keywords: Ignucell, interlock system, StoTherm Vario D, one layer sealing facade, moisture damage, draining facade panel

Förord

Detta arbete utgör examensarbete för högskoleingenjörsutbildningen i Byggteknik med Arkitektur vid Lunds Tekniska Högskola, Campus Helsingborg.

Idén till detta examensarbete föddes vid ett samtal med Staffan Hvidberg, VD på Cellplast Direkt, det var han som först introducerade Ignucell för oss. Eftersom vi under vår utbildning uppmärksammats på fuktproblemen i enstegstätade fasader kändes det spännande att skriva om något som kanske kan vara lösningen på detta problem.

Tillsammans med våra handledare och vår examinator på LTH, Cellplast Direkt och Sto lades riktlinjerna för detta examensarbete upp.

Vi vill tacka:

Kenneth Sandin, på avdelningen för Byggnadsfysik, som varit vår examinator och bidragit med många goda synpunkter under arbetets gång.

Petter Wallentén, på avdelningen för Byggnadsfysik, som varit vår handledare. Tack för synpunkter och kommentarer på arbetet samt hjälp med beräkningsprogrammet WUFI.

Helena Bogren, vår handledare på Cellplast Direkt och Jonas Jalakas på Ignucell för hjälp med tester och information om Ignucell-skivan samt goda synpunkter och kommentarer på rapporten.

Dr. Anders Sjöberg, vår handledare på Sto, för värdefulla kommentarer på arbetet.

Jörgen Falk, doktorand på avdelningen för Byggnadsmaterial, för hjälp med test av jämviktsfuktkurvor.

Håkan Stenström för att vi fick närvara under regnprovningen på SP.

Helsingborg i Maj 2011

Sanna Erlandsson & Malin Pettersson

Innehållsförteckning

1 Inledning	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och frågeställning	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Metod	2
2 Uppbyggnad av väggen	5
2.1 Tvåstegstätad vägg	5
2.2 Traditionell enstegstätad fasad	5
2.3 Modifierad enstegstätad fasad- StoTherm Vario D	5
2.4 Antal byggnader med enstegstätad fasad	6
3 Skadornas omfattning och utbredning	9
3.1 Fuktproblem i enstegstätad fasad	9
3.2 Undersökning av skadornas omfattning	9
4 Boverket	11
5 Fuktkällor som måste beaktas	13
5.1 Byggfukt	13
5.2 Otätheter	13
5.2.1 Anslutningar, infästningar & genomföringar.....	13
5.2.2 Sprickor i putsen	13
5.3 Diffusion inifrån	14
5.4 Sommarkondens	14
5.5 Kapillaritet	14
6 Ignucell	15
6.1 Bakgrund	15
6.2 Ignucell Protect - uppbyggnad och funktion	15
6.2.1 Tillverkning.....	16
6.2.2 Dränering	16
6.2.3 Interlocksysteem	16
6.2.4 Tryckutjämning.....	17
6.3 Ignucell Protect - Egenskaper	18
6.3.1 Dimensioner.....	18
6.3.2 Hållfasthet.....	19
6.3.3 Densitet.....	19
6.3.4 Porositet.....	19
6.3.5 Värmeledningsförmåga	19
6.3.6 Dräneringsförmåga	19
6.3.7 Kapillaritet	19
6.3.8 Ånggenomgångsmotstånd	20
6.3.9 Krympning.....	20

6.4 Framtida utveckling	20
7 StoTherm Vario D	21
7.1 Systemets uppbyggnad	21
7.1.1 StoEco Board	21
7.1.2 StoGuard.....	22
7.1.3 Ignucell Protect.....	23
7.1.4 Puts	23
8 Vattenspårningstest	25
8.1 Förberedelser	25
8.2 Utförande	26
8.3 Analys	29
9 Dräneringstest	31
9.1 Förberedelser	31
9.2 Utförande	31
9.3 Dräneringstest med liten mängd vatten	34
9.4 Analys	35
10 Jämviktsfuktkurva	37
10.1 Förberedelser	37
10.1.1 Provbitar	37
10.1.2 Klimatkammare och salter	38
10.2 Utförande	39
10.3 Analys	40
11 Kapillaritetstest	43
11.1 Förberedelser	43
11.2 Utförande	43
11.3 Analys	44
12 Fuktberäkningar i WUFI	45
12.1 Indata	45
12.1.1 Konstruktion	45
12.1.2 Inställningar	46
12.1.3 Klimat	47
12.1.4 Fuktkällor.....	47
12.2 Beräkningar	47
12.2.1 Traditionell enstegstätad vägg.....	51
12.2.2 Slagregn.....	52
12.2.3 Begynnelsefukthalt	53
12.2.4 Slagregn och begynnelsefukthalt.....	56
12.2.5 Startdatum.....	57
12.2.6 Väggens orientering	57
12.2.7 Geografisk plats	58
12.2.8 Putsens ånggenomgångsmotstånd	58

12.2.9 Putsens kulör	59
12.2.10 Konstruktion utan StoGold Coat	59
12.2.11 Modifierad vägg.....	60
12.3 Analys.....	61
13 Resultat.....	63
14 Diskussion.....	65
15 Slutsats.....	69
16 Litteraturlförteckning.....	71
Bilaga 1- BBR Kapitel 6:5 Fukt.....	73
Bilaga 2- Vattenbegjutnings påverkan på hållfastheten.....	76
Bilaga 3- SP rapport, vattenpermeabilitet och kapillär stighöjd ...	77
Bilaga 4- SP rapport, ånggenomgångsmotstånd.....	79
Bilaga 5- Data för jämviktsfuktkurva	81

1 Inledning

Denna rapport syftar till att undersöka fasadsystemet StoTherm Vario D, som byggs på den nya fasadskivan Ignucell Protect, med hänsyn på fukt.

1.1 Bakgrund

De senaste åren har man upptäckt omfattande fuktskador i byggnader med putsade, enstegstätade träregelväggar. Skadorna har uppstått i väggkonstruktioner bestående av en träregelvägg som utvändigt isolerats med styrencellplast eller mineralull direkt mot en yttre vindskyddsskiva. Därefter putsas man direkt på isoleringen. Det har visat sig att denna konstruktion är väldigt känslig mot fukt eftersom fukt som tar sig in i konstruktionen tar lång tid att torka ut.

I åtskilliga undersökta fasader har mycket högt fuktinnehåll samt påväxt av mögel och bakterier påträffats på vindskyddsskivan. Tillväxt sker då skivan utsätts för högt fukttillstånd under en längre tid. Fukten kan ha tillförts på olika sätt, men troligast är att vatten läckt in genom brister och otätheter i fasaden i samband med slagregn.

Redan i början av 2000-talet utreddes skador på putsade, enstegstätade träregelväggar. Men det var först under våren 2007 som branschen tog till sig informationen om riskerna med denna typ av vägg (Samuelson, Mjörnell, & Jansson, 2007).

Nu när problemen uppmärksammas måste alla fastigheter med fuktskador åtgärdas. Vid stora skador är ett alternativ att helt göra om fasadens konstruktion. Detta har lett till att man nu jobbar med att utveckla nya konstruktionsprinciper för putsade regelväggar (Samuelson & Jansson, 2009).

På Sto, där man arbetar med fasadsystem och putsade fasader, har man utvecklat ett modifierat enstegstätat fasadsystem StoTherm Vario D. Det som är nytt med detta system är fasadskivan Ignucell Protect. Ignucell Protect är dränerande, flamsäker och avsedd för att användas på enstegstätade fasader. Nu hoppas man att man tagit fram en produkt och ett fasadsystem som ska fungera väl både vid nybyggnad och vid renovering av enstegstätade fasader.

1.2 Syfte och frågeställning

Syftet med detta examensarbete är att undersöka fasadsystemet StoTherm Vario D och den nya fasadskivan Ignucell Protect, som systemet bygger på, med avseende på fukt. Finns det någon anledning att tro att systemet inte kan klara de fuktbelastningar som på senare år har orsakat fuktskador i enstegstätade fasader?

För att undersöka detta har följande frågeställningar ställts upp:

- Finns det risk att vatten som läcker in i Ignucell Protect, på sin väg ner genom skivan, når bak till vindskyddsskivan? Kan vattnet i så fall skada bakomliggande vägg?
- Går det att förutsäga hur vattnet rinner i Ignucell Protect?
- Hur väl fungerar Ignucell-skivans dränering? Hur mycket vatten kan stanna kvar i skivan?
- Hur kommer den fukt som blir kvar i Ignucell-skivan påverka fuktillståndet i väggen? Finns det risk för påväxt och skada?
- Hur stor är risken för sommarkondens i konstruktionen?
- Kan fukt sugas kapillärt i skivan och på så vis orsaka problem?

1.3 Avgränsningar

Vi har enbart undersökt systemet med hänsyn till fukt, vi har alltså inte undersökt om det klarar hållfasthets-, brand-, åldringskrav m.m. Vi har enbart tittat på byggnader med träregelstomme och vi har även begränsat oss till byggnader i Sverige.

Ignucell Protect tillverkas i olika tjocklekar, vi har fokuserat på den som är 80 mm. När vi undersökt skivan i ett fasadsystem så avser det enbart Stos system, StoTherm Vario D.

Vi har inte tittat närmare på detaljlösningar. Vi har förutsatt att vatten läcker in vid infästningar in till fasadskivan, men att det inte rinner via infästningen ända in till vindskyddet.

1.4 Metod

Litteraturstudier har genomförts på rapporter som avhandlar ämnet fukt i enstegstätade fasader. Detta med syfte att få kunskap om bakgrunden och omfattningen på problemet. Främst har rapporter från SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut använts. Litteraturstudier har även genomförts på kurslitteratur med anknytning till ämnet främst FUKT handboken av Nevander & Elmarsson samt Byggnadsmaterial av P G Burstöm. Studier har också genomförts på rapporter från tester utförda på Ignucell-skivan, dessa rapporter kommer i huvudsak från SP och Cellplast Direkt.

Ett studiebesök har genomförts på SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut i samband med regnprovning av en putsad enstegstätad fasad med Ignucell fasadskiva. Detta med syfte att få en inblick i hur testerna utförs och förståelse för hur väggsystemet fungerar.

Viss allmän fakta om enstegstätade fasader och dess uppbyggnad, som presenteras i detta examensarbete, är skrivet baserat på kunskap vi erhållit under våra studier i byggt teknik. Dessa stycken har därför ingen källhänvisning.

För att besvara frågeställningen utfördes en rad tester och beräkningar.

Vattenspårningstest utfördes med syfte att undersöka om vatten som läcker in i Ignucell Protect-skivan kan nå bak till vindskyddsskivan på sin dräneringsväg. Detta test syftade även till att visa om vattnets väg genom skivan går att förutbestämma. Testet utfördes på Cellplast Direkt i Laholm.

Ett dräneringstest utfördes med syfte att bestämma hur stor mängd vatten som blir kvar i skivan efter att dräneringen avtagit. Detta test utfördes på laboratoriet i V-huset på Lunds Tekniska Högskola. Här utfördes också ett kapillaritetstest med syfte att fastställa skivans kapillära stighöjd.

Ett test genomfördes med syfte att ta fram en jämviktfuktkurva för Ignucell Protect. Detta test utfördes på laboratoriet i V-huset på Lunds Tekniska Högskola.

Beräkningar i WUFI (Wärme Und Feuchte Instationär) har utförts för att få en bild av fuktillståndet i väggen. Syftet med beräkningar i WUFI var också att se hur stor risken för sommarkondens är.

Utöver litteraturstudier och tester har samtal och intervjuer genomförts med syfte att samla in kompletterande information.

Jonas Jalakas, på Ignucell, intervjuades med anledning att han utvecklat Ignucell samt uppfunnit maskinen som skivorna tillverkas i. Denna intervju genomfördes i syfte att få reda på utvecklingsprocessen för skivan samt skivans egenskaper och användningsområden. Även Helena Bogren på Cellplast Direkt intervjuades för hennes kunskaper om Ignucell Protect.

Samtal har hållits med Petter Wallentén, universitetslektor på institutionen för Byggnadsfysik, för sin kunskap om beräkningsprogrammet WUFI. Detta samtal genomfördes i syfte att lära oss hur beräkningar utförs i WUFI samt kunskap och förståelse om hur programmet fungerar.

Samtal hölls med Jörgen Falk doktorand på institutionen för Byggnadsmaterial, för hans erfarenhet av tester av jämviktsfuktkurvor.

Möten med handledare och examinator har genomförts regelbundet.

2 Uppbyggnad av väggen

En yttervägg ska ha många egenskaper och funktioner. Väggen ska skydda mot det utvändiga klimatet så som kyla, regn och blåst men även mot sol och värme. Ytterväggen ska också bära byggnaden, stå emot brand och stänga ute ljud (Sandin, 2007).

2.1 Tvåstegstätad vägg

I en tvåstegstätad vägg skiljs regnskyddet och vindskyddet åt av en luftspalt. I luftspalten är det samma lufttryck som utvändigt vilket innebär att det inte finns någon drivkraft som för vatten in i väggen (Nevander & Elmarsson, 2008).

En tvåstegstätad putsad fasad kan vara uppbyggd enligt följande:

1. Puts, ska avvisa regn som faller på fasaden.
2. Skiva som bär putsen.
3. Luftspalt som ventilerar och dränerar ut vatten.
4. Fasadskiva som isolerar.
5. Vindskyddsskiva hindrar att luftrörelser uppstår i isoleringen.
6. Reglar och isolering som ska vara både bärande och isolerande.
7. Plastfolie som ska göra väggen luft och ångtät.
8. Invändig skiva.

2.2 Traditionell enstegstätad fasad

I en enstegstätad fasad finns regnskyddet och vindskyddet i samma skikt. Det resulterar i att en stor del av tryckskillnaden uppstår över det yttersta skiktet, vilket ställer höga krav på både konstruktionslösningarna och utförandet (Nevander & Elmarsson, 2008).

En enstegstätad fasad med puts på cellplast kan vara uppbyggd enligt följande:

1. Puts som ska avvisa regn som faller på fasaden och stoppa vinden.
2. Cellplasten är isolerande och minimerar köldbryggor.
3. Vindskyddsskiva att fästa cellplasten på.
4. Inre vägg enligt punkt 6-8 ovan.

2.3 Modifierad enstegstätad fasad- StoTherm Vario D

StoTherm Vario D är ett fasadsystem som bygger på den nya fasadskivan Ignucell Protect. Detta är en modifiering av en enstegstätad fasad, skillnaden är att man här byter ut cellplasten mot Ignucell Protect som är en dränerande cellplastskiva. Stos system innefattar också StoGuard som är ett system för

extra fuktsäkring av stommen. Ignucell Protect har en öppen struktur vilket gör att den största delen av tryckfallet uppstår över vindskyddsskivan (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2011).

Utförligare beskrivning av systemet finns i kapitel 7.

2.4 Antal byggnader med enstegstätad fasad

En uppskattning om hur många kvadratmeter fasad som byggts med enstegstätning har gjorts av putsleverantören Sto (Samuelson & Jansson, 2009).

Christina Engerup har i sitt examensarbete på Lunds Tekniska Högskola sammanställt dessa siffror i en tabell som även visar fördelningen mellan andelen mineralull och cellplast. Se tabell 2.1.

År	Mängd byggd fasadyta med fasadsystemet under olika tidsperioder [m ²]
80-talet	Ovanligt
85-90	200.000 kvm fasadyta 90 % mineralull 10 % cellplast
90-95	800.000 kvm fasadyta 90 % mineralull 10 % cellplast
95-00	1,5 miljoner kvm fasadyta 80 % mineralull 20 % cellplast
00-05	5 miljoner kvm fasadyta 70 % mineralull 30 % cellplast
05-07	1,5 miljoner kvm fasadyta/år 50 % mineralull 50 % cellplast

Tabell 2.1 Uppskattad mängd fasadyta med enstegstätad fasad (Engerup, 2008).

Samuelson och Jansson vid SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut har tagit detta ett steg längre. De har med utgång i dessa siffror gjort ett försök att även kartlägga antalet byggnader med enstegstätade fasader som byggts mellan åren 1985-2007. Denna uppskattning presenteras i tabell 2.2.

	Hus med mineralull	Hus med cellplast	Totalt
Småhus	7 000-14 500	3 000-7 500	10 000-22 000
Flerbostadshus	3 500-4 500	1500-2500	5 000-7 000
Totalt	10 500-19 000	4 500-10 000	15 000-30 000

Tabell 2.2 Uppskattat antal byggnader med enstegstätad fasad (Samuelson & Jansson, 2009).

Detta är grova uppskattningar men ger ändå en bild om hur läget ser ut (Samuelson & Jansson, 2009).

3 Skadornas omfattning och utbredning

Skador på putsade enstegstätade träregelväggar upptäcktes och utreddes redan i början av 2000-talet. Regnvatten hade tagit sig in i väggarna och orsakat omfattande skador. Efter denna upptäckt utfördes allt fler utredningar av denna typ av fasader och det visade sig att skador förekom i stor utsträckning. Under 2006 beslöt SP i samråd med sina uppdragsgivare att i fackpressen informera om inträffade skador och risken med den här typen av konstruktion. Resultatet blev en artikel i Bygg & Tekniks januarinummer 2007 (Samuelson, Mjörnell, & Jansson, 2007).

3.1 Fuktproblem i enstegstätad fasad

Det har visat sig att den traditionella enstegstätade fasaden är känslig om den utsätts för fukt eftersom fukt som kommer in i konstruktionen tar lång tid att torka ut. Den långa uttorkningstiden beror på att cellplastskivan är diffusionströg och inte tillåter tillräckligt snabb uttorkning. Dessutom brukar en tät puts användas och invändigt sitter den täta plastfolien.

Efter att skadade fasader undersökts har man i vissa fall kunnat förklara skadorna med att fukt har kommit in i väggen redan under byggskedet, t.ex. genom kraftiga slagregn under byggtiden eller genom att man helt enkelt byggt in fuktiga material. Men det är inte sannolikt att detta skulle vara orsaken i samtliga fall. Man har sett att det varit en hög fuktkvot under en lång tid i fasaderna. Det är inte troligt att detta skulle hända om inte fukt tillförts även senare, därför kan man konstatera att fukt har läckt in i väggen även efter att byggnaden stått klar. Det är mest sannolikt att de flesta skadorna i väggen beror på att vatten trängt in vid bristande anslutningar till fasaden (Jansson, Samuelson, & Mjörnell, 2007).

Det är svårt att utföra anslutningar och genomföringar så att de blir helt fuktsäkra med enstegstätning eftersom det kräver att fogarna är helt täta. Om det finns minsta spricka i fogen kan vatten tränga in på grund av tryckdifferensen som uppstår över fasaden (Nevander & Elmarsson, 2008).

3.2 Undersökning av skadornas omfattning

På SP har man sammanställt en handledning för skadeutredning för att på ett konsekvent sätt kunna undersöka byggnader med enstegstätade fasader på träregelvägg. Undersökningar av fasader har sedan utförts av personal från SP eller av annan utbildad personal. Detta efter att fastighetsägaren har accepterat en undersökning. Om skadeutredarens bedömning är att minst en fasad måste byggas om bedöms byggnaden som skadad. Resultatet av undersökningen presenteras i tabell 3.1.

	EPS	Mineralull	Tunnputs (<20mm)	Tjockputs (>20mm)
Antal byggnader	752	63	793	28
Antal byggnader med skador	427 (57 %)	20 (32 %)	446 (56 %)	2 (7 %)

Tabell 3.1 Uppskattat antal byggnader med fuktskador (Samuelson & Jansson, 2009).

Då merparten av undersökningarna gjordes på byggnader där ägaren har bett om att få en undersökning utförd visar dessa siffror inte ett statistiskt tvärsnitt av bebyggelsen (Samuelson & Jansson, Putsade regelväggar, 2009).

4 Boverket

Boverket gick år 2009 ut med ett informationsblad där de tar upp problemet med putsade enstegstätade träregelväggar. Man uppmanar där alla fastighetsägare som har ett hus med den här typen av konstruktion att låta undersöka ytterväggarna. Detta eftersom mögel och rötskador inte syns utan att man öppnar väggen samt att nya hus är så täta så att mögellukten ännu inte märks i bostaden.

Eftersom det fortfarande i viss utsträckning byggs med denna konstruktion vill Boverket i denna skrift också uppmärksamma byggherrar på problemet. Det är byggherren som bär ansvaret om en felaktig konstruktion används. Enligt Boverket uppfyller inte väggen de krav som samhället ställer och väggkonstruktionen är felaktig i följande avseenden:

- Tränger vatten in bakom fasadskiktet kan det inte dräneras ut.
- Tränger vatten in bakom fasadskiktet kan det inte ackumuleras utan att skada konstruktionen.
- Fukt stängs in i väggar med cellplastisolering eller ångtät puts.

I Boverkets byggregler BBR 2008 avsnitt 6:5 om fukt kan man läsa om de funktionskrav som Boverket ställer på byggnader, se bilaga 1. Byggnaden ska projekteras och utföras så att dessa krav uppfylls.

Boverket avslutar sitt informationsblad med att konstatera att putsade enstegstätade regelväggar inte är någon beprövad lösning och att man därför inte kan verifiera dess fuktsäkerhet (Boverket, 2009).

5 Fuktkällor som måste beaktas

Om fukt kommer in i väggen måste den kunna torka ut. Eftersom man invändigt har en tät ångspärr kommer denna uttorkning vara tvungen att ske genom diffusion ut genom isolering och puts. Om konstruktionen är utförd så att uttorkningen går för långsamt kommer skador att uppstå. Det är ofta detta som är fallet med de skadade enstegstätade fasaderna. Eftersom cellplasten är diffusionströg och man dessutom ofta använder sig av en tät puts blir uttorkningen långsam och en förhöjd risk för påväxt uppstår. I alla konstruktioner är det viktigt att beakta följande fuktkällor.

5.1 Byggfukt

Under byggtiden måste man vara noggrann vid transporter och förvaring av material för att hela tiden skydda dessa från fukt. Om materialet är fuktigt när man bygger in det i väggen och det inte har möjlighet att torka ut, kan det leda till skador och påväxt. Det är också viktigt att skydda väggen tills huset är helt tätt så att det inte kan regna in i väggen eftersom detta också kan orsaka höjda fuktnivåer och fuktskador (Nevander & Elmarsson, 2008).

5.2 Otätheter

Otätheter i en fasad är en vanlig orsak till att fukt läcker in och skapar fuktproblem. Vid slagregn kan vatten tränga in i fasaden. Även väldigt små otätheter kan vara orsaken till problem, detta på grund av tryckdifferens. I Sverige eftersträvar man ofta ett undertryck inomhus, tryckdifferensen mot utomhusluften verkar då som en drivkraft och luft vill ta sig in för att jämna ut tryckskillnaden. Om det finns otätheter i fasaden kommer luft pressas in härigenom. Om luften innehåller fukt kan detta orsaka problem. Det är därför betydande var i väggen som tryckfallet uppstår (Nevander & Elmarsson, 2008).

5.2.1 Anslutningar, infästningar & genomföringar

Anslutningar, infästningar och genomföringar kan vara svåra att utföra felfritt, så att de blir helt täta. Det blir ännu svårare i en enstegstätad fasad där fogen ensam måste vara helt tät, är den inte det kan regnvatten tränga in i väggen och orsaka skador (Nevander & Elmarsson, 2008).

5.2.2 Sprickor i putsen

Om det uppstår sprickor i putsen kan det tränga in regnvatten som sedan tar sig genom fogarna, mellan isoleringsskivorna och bak till fuktkänsliga delar i konstruktionen där det kan orsaka skador (Samuelson & Jansson, 2009).

5.3 Diffusion inifrån

Fukt från inneluften kan genom diffusion och konvektion ta sig ut i väggen och kondensera på stombeklädnaden. En väl fungerande ångspärr hindrar dock denna fukttransport (Jansson, Samuelson, & Mjörnell, 2007).

5.4 Sommarkondens

Sommarkondens inträffar när solen skiner på en fuktig fasad och värmer upp den så att fukten förångas, därefter drivs fukten in i konstruktionen. Detta kan leda till kondens mot ångspärren inne i väggen eftersom temperaturen här är lägre (Samuelson & Jansson, 2009).

5.5 Kapillaritet

Material i kontakt med fritt vatten kan ta upp vatten genom kapillärsugning. En attraktionskraft uppstår mellan vattenmolekylerna och materialet och med hjälp av ytspänningen kan vatten sugas upp i materialet. Ett material med stora porer har en snabb kapillär sugning men en låg stighöjd. Är materialet uppbyggt av små porer får man en långsam stigning men stighöjden blir högre (Nevander & Elmarsson, 2008).

6 Ignucell

Ignucell är en dränerande cellplastskiva med flera olika användningsområden. Förutom sina dränerande egenskaper är den även isolerande. Skivan kommer att finnas i tre utföranden; Ignucell Drain, Ignucell Protect och Ignucell Safe. I denna rapport ska vi fokusera på den skiva som används för fasader, Ignucell Protect.

I följande stycken 6.1 samt 6.2 har informationen, om ingen annan källa anges, hämtats från en intervju med Jonas Jalakas som genomfördes den 9 mars 2011.

6.1 Bakgrund

Jonas Jalakas har jobbat på Isodrän i närmare tio år och har bland annat utvecklat fabriksverksamheten där. Redan här föddes en idé om att optimera dräneringsskivorna och förbättra deras egenskaper. Tanken på en bättre skiva som också skulle kunna användas på fler områden gjorde att han för ett par år sedan började utveckla det som skulle bli Ignucell. Jalakas har även uppfunnit maskinen som tillverkar skivorna. Samtidigt som skivan utvecklades startade Jalakas företaget Ignucell tillsammans med Staffan Hvidberg, Tommy Johansson och Artur Potocki på Cellplast Direkt.

Cellplast Direkt Sverige AB, som startade 2005, har kontor och tillverkning i Laholm. Här producerar man huvudsakligen produkter av cellplast till bygg- och förpackningsindustrin (Cellplast Direkt Sverige AB). Det är på fabriken i Laholm som Ignucell-skivorna tillverkas och Cellplast Direkt har licensen att framställa produkten för marknaderna i Sverige, Norge, Danmark och Finland.

Den första produkten som togs i produktion när Ignucell-maskinen var färdigställd var Ignucell Drain, en dränerande cellplastskiva som är avsedd för användning under mark. Ignucell Drain började produceras på fabriken i Laholm under våren 2010 och blev typgodkänd i augusti 2010.

Med hjälp av den nya maskinen har man även kunnat framställa en stabil skiva som går att putsa på, Ignucell Protect. Ignucell Protect har utvecklats för fasader.

6.2 Ignucell Protect - uppbyggnad och funktion

Protect-skivan har tagits fram och testats med olika kulstorlekar. Man har valt att använda en av de mindre kulstorlekarna, 3-4 mm. En mindre kula ger en finare ytstruktur som är bättre att putsa på. EPS-kulorna limmas samman vilket ger en öppnare struktur än traditionell cellplast. Skivan är också flamskyddad med miljövänligt flamskyddsmedel.

6.2.1 Tillverkning

Maskinen som skivorna tillverkas i har hög kapacitet och är betydligt mer effektiv än tidigare maskiner för tillverkning av dränerande cellplast. Detta innebär en tidsbesparing vilket också håller kostnaderna för produktionen nere.

Tillverknings sättet gör att man får en skaleffekt som resulterar i att ytskiktet på både fram och baksidan av skivan blir lite tätare. Det tätare ytskiktet ska göra att vattnet får svårare att tränga ut.

Tillverkningsprocessen är enligt Jalakas väldigt säker så det är minimal risk att det uppstår lokala defekter i skivan som skulle kunna påverka vattnets väg negativt. Skivorna kvalitetssäkras dagligen.

6.2.2 Dränering

Skivans öppna struktur ska ge en god dränerande förmåga.

6.2.3 Interlocksysteem

Skivornas horisontella skarvar är utformade så att de ska hjälpa till att föra vattnet framåt i skivan. Skarven har formen av ett v med spetsen förskjutet ut mot skivans framkant. Utformningen kallas interlocksysteem, se bild 6.1. När vattnet på sin väg genom skivan når den horisontella skarven mellan skivorna ska det ledas framåt mot spetsen i interlocksysteem (Ignucell).

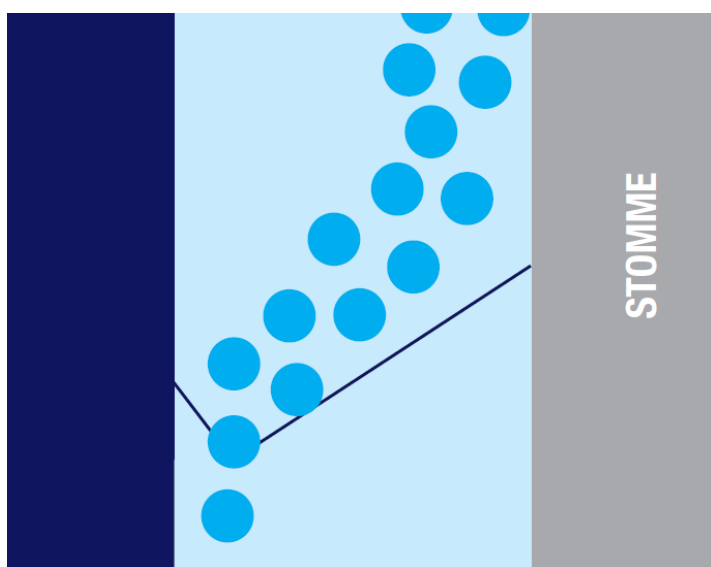


Bild 6.1 Interlockskarv (Ignucell)

I interlockskarven ska EPS-kulorna vara skurna för att ge en bättre passform se bild 6.2. Interlockskarvens utformning ska minimera mängden kvarstående vatten i skarvarna.

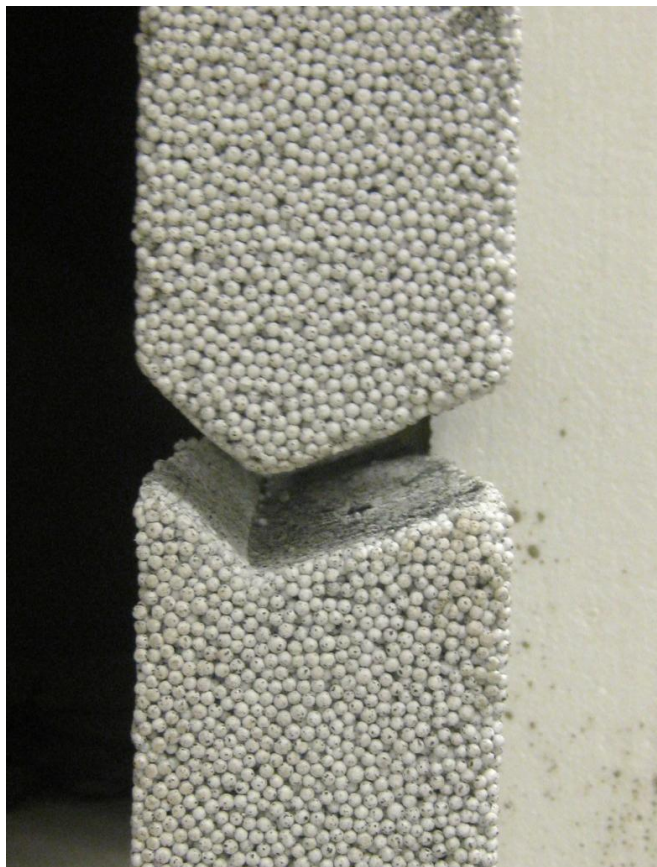


Bild 6.2 Interlockskarv med skurna EPS-kulor.

Interlocksystemet ska verka för att leda vattnet framåt så att det dräneras i framkanten av skivan. Detta ska minska risken att något vatten väter vindskyddsskivan.

De vertikala skarvarna har inte interlocksystem. Här rekommenderas råa kanter, det vill säga kulorna bör inte vara skurna, se bild 6.2. Vid montering bör skivorna monteras med de vertikala skarvarna förskjutna.

6.2.4 Tryckutjämning

Ignucell Protect har en öppen porstruktur vilket gör att den, via öppna avslut, står i kontakt med luften utanför fasaden. Detta gör att skivan när det gäller tryckutjämning till viss del fungerar som en luftspalt.

Trycket i Protect-skivan kommer vara ungefär samma som lufttrycket utvändigt. Det största tryckfallet sker över vindskyddsskivan. Vid en regnprovning på SP testades hur en putsad enstegstätad vägg med Protect-skiva stod emot regn och vindtryck. Vid detta test uppmättes trycket i Protect-skivan till 469 Pa när trycket utvändigt var 600 Pa. Innanför vindskyddsskivan var trycket då 88 Pa. Detta visar på den positiva effekten. Vid detta test var provväggen tre meter hög, man vet inte vad som händer med tryckdifferensen om man har en högre vägg (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, 2011).

6.3 Ignucell Protect - Egenskaper

I Tabell 6.1 finns egenskaper sammanställda för Ignucell Protect. De egenskaper som är beroende av skivans tjocklek gäller för 100 mm skivor, detta eftersom tester på SP har utförts på skivor med denna tjocklek. Egenskaperna är hämtade från intervju med Helens Bogren och Jonas Jalakas utförd den 13 april 2011. Dessa egenskaper för Ignucell Protect finns även förklarade mer utförligt i kapitel 6.3.1- 6.3.9 nedan.

Materialegenskaper	Ignucell Protect
Standardformat [mm]	1200x 600
Tjocklek [mm]	50-150
Draghållfasthet [kPa]	≥ 80
Densitet [kg/m^3]	29 ± 2
Värmeledningsförmåga λ [$\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$]	0,038
Dräneringsförmåga [$\text{l}/\text{min}\cdot\text{m}^2$]	1200
Kapillaritet [mm]	≤ 15
Ånggenomgångsmotstånd, Z_v [s/m]	$3,1 \times 10^4$
Ekvivalent luftlagertjocklek, S_d [m]	0,85
Diffusionsmotstånd, μ [-]	7,5*
Krympning	-

* Beräknat värde (Wallentén, 2011).

Tabell 6.1 Egenskaper för Ignucell Protect 100 mm.

6.3.1 Dimensioner

Standardformatet på skivorna är 1200x 600 mm och tjockleken 50- 150 mm. För att dra nytta av skivans isolerande egenskaper samt för att minska risken att vatten når bak till vindskyddsskivan rekommenderar tillverkaren en tjocklek på minst 80 mm. 50 mm skivan är framtagen för renovering av enstegstätade fasader (Jalakas, 2011).

6.3.2 Hållfasthet

Ignucell Protect finns endast i en kvalitetsklass, IP80, Ignucell Protect 80. Den har en draghållfasthet på minst 80 kPa (Jalakas, 2011).

Man har utfört ett test för att se om skivans hållfasthet påverkas om skivan vattendränks och sedan låts torka, se bilaga 2. Tryckhållfastheten innan skivan lades i blöt var 84 kPa och efter att den torkat i sju dagar var den 82 kPa.

6.3.3 Densitet

Skivans densitet är fastställd till $29 \pm 2 \text{ kg/m}^3$. Detta värde är framtaget genom egentester på Cellplast Direkt (Bogren & Jalakas, 2011).

6.3.4 Porositet

Värde för porositeten finns ej uppmätt (Bogren & Jalakas, 2011).

6.3.5 Värmeledningsförmåga

Lambdavärdet är $0,038 \text{ W/mK}$. Detta värde är uppmätt på Cellplast Direkt (Bogren & Jalakas, 2011).

6.3.6 Dräneringsförmåga

Skivans dräneringsförmåga är 1200 liter/min och m^2 . Detta är testat på SP den 21 maj 2010, se bilaga 3. Testet utfördes på en 100 mm Ignucell Drain 60 skiva. Detta ska enligt Bogren & Jalakas gälla även för Ignucell Protect.

I diagrammet i bilaga 3 läses y-värdet vid tryckgradienten för värdet 1 mmVp/mm. Detta ger vattenpermeabilitet $0,02 \text{ m/s}$. Detta multipliceras sedan med 60 för att få värdet per minut. Detta multipliceras också med $1 \text{ m}^2/\text{m}^2$ för att få värdet för hur mycket en kvadratmeter av materialet dränerar. $0,02 \cdot 60 \cdot 1 = 1,2 \text{ m}^3$ vatten/minut och m^2 vilket är det samma som 1200 liter/min och m^2 . Detta är dubbla mängden mot riktvärdet $600 \text{ l/min och m}^2$ (Bogren & Jalakas, 2011).

6.3.7 Kapillaritet

Skivans kapillära stighöjd är $\leq 15 \text{ mm}$ enligt ett test utfört på SP den 21 maj 2010, se bilaga 3. Detta test är utfört på Ignucell Drain men det ska inte vara någon skillnad för Protect-skivan (Bogren & Jalakas, 2011).

Kapillaritet skulle också kunna uppstå i skarvarna mellan skivorna. Men då mängden vatten som stannar kvar i interlockskarven ska vara väldigt liten är detta enligt Jalakas inget problem.

6.3.8 Ånggenomgångsmotstånd

Skivans ånggenomgångsmotstånd är uppmätt vid ett test på SP den 7 februari 2011, se bilaga 4. Skivans ånggenomgångsmotstånd Z_v är $3,1 \times 10^4$ s/m för en Ignucell Protect 100 mm skiva. Detta motsvarar ekvivalent luftlagertjocklek S_d på 0,85 m. Petter Wallentén har, med utgång i dessa värden, beräknat ett μ -värde genom att ta permeabiliteten för Ignucell Protect genom permeabiliteten för luft, $\delta_{\text{Ignucell}} / \delta_{\text{luft}}$. Detta ger ett diffusionsmotstånd, μ - värde, på 7,5.

För att få en uppfattning om betydelsen av dessa värden jämförs ånggenomgångsmotståndet för några vanliga material i tabell 6.2.

Material	$Z_v \times 10^4$ [s/m]
Mineralull 100 mm	0,7
Ignucell Protect 100 mm	3,1
EPS 100 mm	10
PE folie 0,2 mm	> 200

Tabell 6.2 Ånggenomgångsmotstånd för några vanliga material (Nevander & Elmarsson, 2008).

6.3.9 Krympning

På Sto i Tyskland har man utfört ett flertal kontroller för att ta reda på skivornas krympning, men har då inte kunnat se någon krympning alls. För säkerhets skull ska skivorna ändå lagras i minst 10 dagar innan man putsar på dem (Jalakas, 2011).

6.4 Framtida utveckling

Ignucell är en produkt under ständig utveckling. Ignucell Protect utvecklas och förbättras löpande för att få en skiva med förfinade egenskaper. I nästa steg kommer man att utveckla och typgodkänna Ignucell Safe, en skiva vars stora användningsområde är tak. Ignucell Safe ska klara brandklass C (Jalakas, 2011).

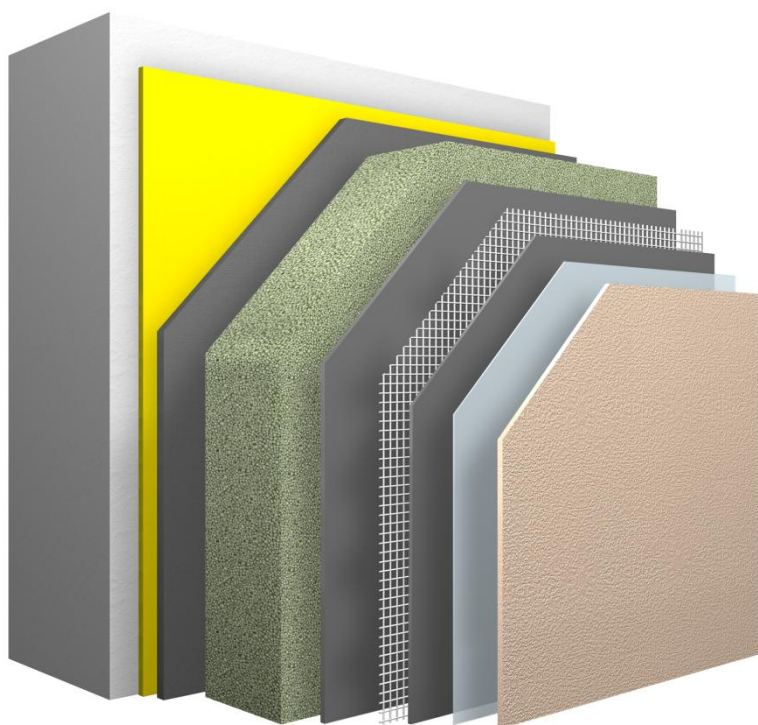
7 StoTherm Vario D

StoTherm Vario D är ett modifierat system för putsade enstegstätade fasader. Systemet ska ha ett bra isolervärde samtidigt som det är dränerande och brandsäkert. För att säkerställa lufttätethet och fukttålighet i träregelväggar kombineras StoTherm Vario D med stomskyddet StoGuard (Sto Scandinavia AB, 2011).

7.1 Systemets uppbyggnad

I den vägg som undersöks i detta examensarbete är bakomliggande konstruktion en träregelstomme med mineralullsisolering. Invändigt finns en ångspärr och som ytskikt används en gipsskiva. När man har en konstruktion med träregelstomme rekommenderar Sto att man använder StoEco Board som vindskyddsskiva.

Nedan förklaras systemets uppbyggnad skikt för skikt, inifrån och ut.



1. Bakomliggande konstruktion inkl. StoEco Board
2. Fuktsäkring- StoGuard
3. Klisterbruk- Sto Byggklister
4. Isolering- Fasadskiva Ignucell
5. Grundputs- Sto Systemputs
6. Armeringsväv- Sto Glasfiberväv
7. Grundputs- Sto Systemputs.
8. Primer- StoPrep Miral
9. Ytputs- StoLotusan K eller StoSilco K/R

Bild 7.1 StoTherm Vario D (Sto Scandinavia AB, 2011)

7.1.1 StoEco Board

StoEco Board är en skiva av magnesiumoxid som används som vindskyddsskiva. Skivorna är armerade med glasfiberväv för ökad stabilitet och hållfasthet.

Skivan är diffusionsöppen och ska påverkas ytterst lite av fukt och aggressiva miljöer. Den är även obrännbar och mögelresistent. I Tabell 7.1

nedan presenteras egenskaper för StoEco Board. Dessa är hämtade från tekniskt faktablad för StoEco Board (Sto 5, 2011). μ -värdet har vi beräknat genom att ta S_d/d för en 12 mm tjock skiva.

Egenskaper	StoEco Board 12 mm
Densitet [kg/m ³]	930
Ekvivalent luftlagertjocklek, S_d [m]	0,19
Ånggenomgångsmotstånd, Z_v [s/m]	7200
Diffusionsmotstånd, μ [-]	15,83
Värmeledningsförmåga λ [W/(m·K)]	0,28
Kritiskt fuktillstånd, RF [%]	96

Tabell 7.1 Egenskaper för StoEco Board 12mm.

7.1.2 StoGuard

StoGuard är ett fuktskyddande system som ska ge ett effektivt skydd i väggkonstruktioner. StoGuard-systemet innefattar flera olika produkter som kombineras för bästa tätning. I StoTherm Vario D används StoGuard främst i form av StoGold Coat som är utvecklat för att användas bakom dränerade fasadsystem (Sto Scandinavia AB, 2008).

StoGold Coat är ett diffusionsöppet, lufttätt och vattenavvisande stomskydd. Det är ett flytande material som appliceras på vindsskyddsskivan med hjälp av en airlesspruta eller roller, vilket gör att den inte får några fogar (Sto 6, 2009).

I tabell 7.2 presenteras de viktigaste egenskaperna för StoGold Coat, dessa är beräknade av Petter Wallentén och grundar sig på information från Stos tekniska faktablad. Vid beräkningar i WUFI måste alla skikt ha en tjocklek, därför räknar vi med en fiktiv tjocklek 1 mm för StoGold Coat.

Egenskaper	StoGold Coat
Ånggenomgångsmotstånd, Z_v [s/m]	23 409
Diffusionsmotstånd, μ [-]	585*

*Vid en fiktiv lagertjocklek, 1 mm.

Tabell 7.2 Egenskaper för StoGold Coat (Wallentén, 2011)

7.1.3 Ignucell Protect

Ignucell Protect är en dränerande fasadskiva av EPS, denna finns beskriven med tekniska egenskaper i kapitel 6.

7.1.4 Puts

Som grundputs används Sto Systemputs för att erhålla en god vidhäftning. Denna används i kombination med Sto Glasfiberväv och har god väderbeständighet (Sto 4, 2005).

På grundputsen appliceras StoPrep Miral som grundning före ytputsning. StoPrep Miral är ånggenomsläpplig och används för att förbättra putsens vidhäftning (Sto 7, 2006).

Tekniska egenskaper för dessa presenteras i tabell 7.3.

Egenskaper	Sto Systemputs 10 mm	StoPrep Miral
Ekvivalent luftlagertjocklek S_d [m]	0,2	0,01
Diffusionsmotstånd, μ [-]	20	30

Tabell 7.3 Tekniska egenskaper för Sto Systemputs.

I systemet ingår två alternativ på ytputs StoLotusan K eller StoSilco K/R. Dessa är vattenavvisande och har en god ånggenomsläpplighet. En jämförelse av putsens tekniska egenskaper finns i tabell 7.4 (Sto 1, 2010) (Sto 2, 2011) (Sto 3, 2011).

Egenskaper	StoLotusan K	StoSilco K/R
Ekvivalent luftlagertjocklek, S_d [m]	0,05–0,08	0,19–0,23
Diffusionsmotstånd, μ [-]	25–40	100–150

Tabell 7.4 Tekniska egenskaper för Sto ytputs.

8 Vattenspårningstest

Med syfte att se om det går att förutsäga hur vatten, som läcker in i Ignucell Protect, rinner utfördes ett vattenspårningstest. Vid detta test simulerades ett inläckage i en testvägg. Testet syftade även till att kontrollera om vatten kan nå bak till vindskyddsskivan. Testet utfördes på 80 mm tjocka Ignucell Protect-skivor.

Vattenspårningstestet utfördes den 13 april 2011, i Cellplast Direkts lokaler i Laholm, under assistans av Jonas Jalakas som byggt utrustningen för vattenspårning.

8.1 Förberedelser

Flöden för testet bestämdes till 0,5 dl/minut samt 0,25 dl/minut. Dessa flöden ger under en 30 minuter lång testtid en total mängd vatten på 1,5 respektive 0,75 liter vatten. Vid liknande tester på SP har dessa flöden används.

En testvägg bestående av tre Ignucell Protect-skivor monterades upp i en träställning. Skivan i mitten skars i tre delar innan den monterades så att det uppstod två vertikala skarvar, se bild 8.1. Detta med syfte att se vad som händer om vattnet rinner genom en vertikal skarv.

Den färdiga väggen var 1800 mm hög och 1200 mm bred. Väggen justerades så att den stod helt lodrätt.

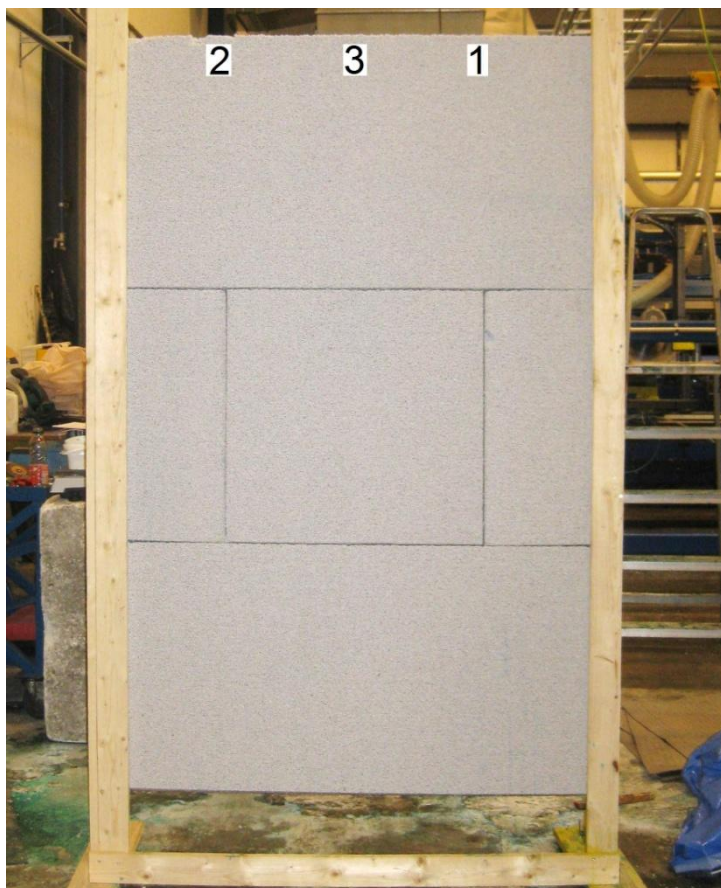


Bild 8.1 Baksidan på testväggen innan test. Siffrorna visar var i väggen respektive test utfördes.

Ovanför väggen monterades en dunk med färgat vatten. Dunken var försedd med en slang med ett reglage. För att uppnå rätt vattenflöde inför varje test öppnades reglaget och den mängd vatten som flödade ut under en bestämd tid vägdes. Med en känd tid och vattnets vikt fastställdes flödet.



Bild 8.2 Dunken med färgat vatten



Bild 8.3 Flödet bestäms

8.2 Utförande

För att säkerställa flödet mättes det både före och efter testet. Vattnet som dränerades ut ur väggen samlades upp i byttor för att vägas och därmed fastställdes hur mycket som dränerats ut och hur mycket som stannat kvar i väggen. Vattnet tillfördes ovanifrån i en punkt i interlocken, cirka tio millimeter in i skivan, under 30 minuter.

Test 1

Första testet utfördes över en av de lodräta skarvarna se markering 1 på bild 8.1. Vattenflödet uppmättes till 0,23 dl/minut innan testet startades. Flödet efter testet uppmättes endast till 0,04 dl/minut.

Tio minuter efter att vatten börjat tillföras i skivan dränerades de första dropparna ut, dessa kom ut genom spetsen på interlockskarven. Inget vatten trängde ut varken på framsidan eller på baksidan av skivorna.

Vattnet som dränerats ut ur skivan vägde 0,15 kg. Vattnet spreds i skivan och dränerades ut på en ca 25 cm lång sträcka.

Test 2

Andra testet utfördes över den andra lodräta skarven i vägguppställningen, se markering 2 i bild 8.1. Vattenflödet innan testet uppmättes till 0,51 dl/minut

och flödet efter testet uppmättes till 0,47 dl/minut. Under 30 minuter ger detta en vattenmängd på närmare 15 dl.

En minut och tio sekunder efter att vatten börjat tillföras i skivan startade dräneringen. Vattnet dränerades främst ut genom en stråle i spetsen på interlockskarven.

Efter cirka sex minuter blev det ett utslag på baksidan. Vattnet tog sig genom den lodräta skarven till utkanten av skivan men rann sedan tillbaka in i interlocken, se bild 8.4.

Efter ca sju och en halv minut kom vattnet än en gång ut på baksidan av skivan, denna gång i nedersta skivan. Vattnet rann inte utanpå skivan utan i det yttersta skiktet. Cirka tio minuter in i testet blev det ett litet större utslag på baksidan av den nedersta skivan. Den här gången trängde vattnet ända ut till utsidan av skivan, se bild 8.5.



Bild 8.4 Vatten har trängt ut genom den lodräta skarven till baksidan av väggen.



Bild 8.5 Vatten rinner precis i bakkanten på den nedersta skivan.

Vattnet som dränerats ut genom skivan vägde 1,36 kg, vilket motsvarar ungefär 13,6 dl. Om vi då räknar med att vi tillfört 15 dl är det 1,4 dl som stannat kvar i skivan. Spridningen i breddled var mindre än tio cm.

Test 3

Det tredje testet utfördes på mitten av vägguppställningen, se markering 3. Flödet innan testet uppmättes till 0,28 dl/minut och flödet efter testet till 0,10 dl/minut. Detta test pågick endast under 20 minuter.

Efter en minut började vattnet att dräneras ut, ungefär samtidigt blev det också ett genomslag på baksidan. Genomslaget kom först i den nedre delen av den översta skivan. Vattnet gick sedan in i skivan igen och kom ut på baksidan igen knappt 20 cm ner i den andra skivan. I skarven ner till tredje skivan gick vattnet in i skivan igen och kom ut till baksidan ungefär mitt i den nedre skivan, se bild 8.6.

Det dränerade vattnet vägde 0,32 kg, vilket motsvarar ungefär 3,2 dl vatten. Spridningen i breddled var ca 10 cm.

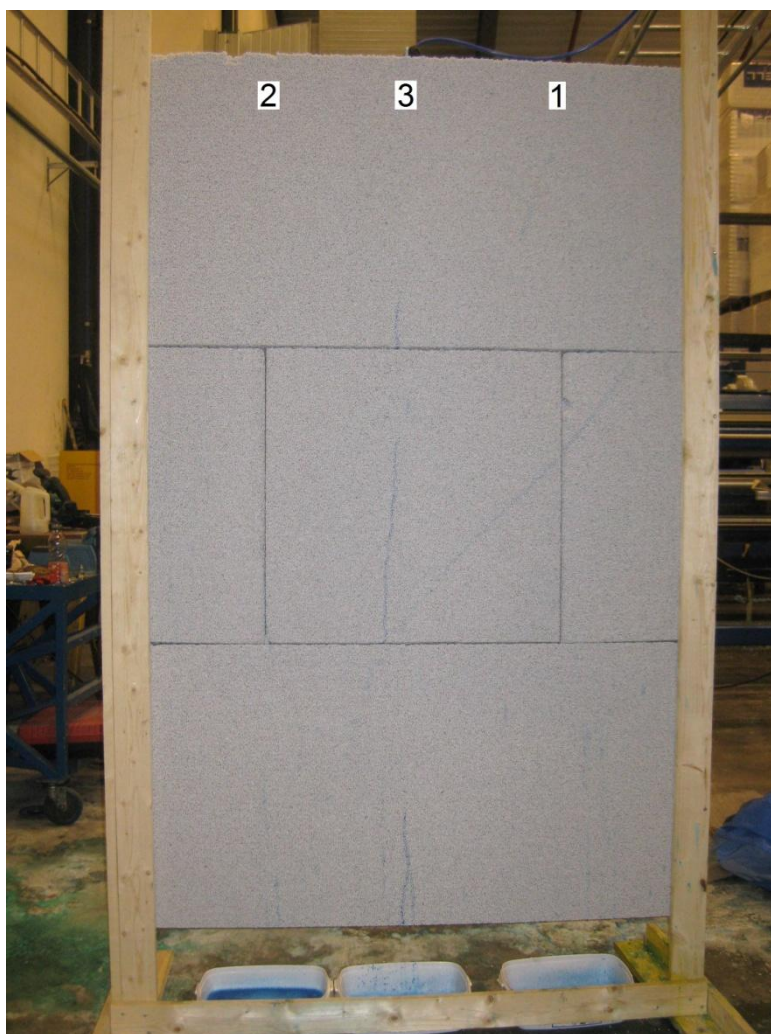


Bild 8.6 Baksidan av testväggen i slutet av test 3. Siffrorna visar var i väggen respektive test utfördes.

När testen var avslutade skar vi itu skivorna vid test 2 för att se hur vattnet runnit genom skivan, se bild 8.7 och 8.8.



Bild 8.7 Provväggens två översta skivor skurna för att följa vattnets väg. Vattnets väg är markerad med röd penna. Vattnet rör sig i en vågform. I den horisontella skarven rinner det framåt mot interlockens spets.

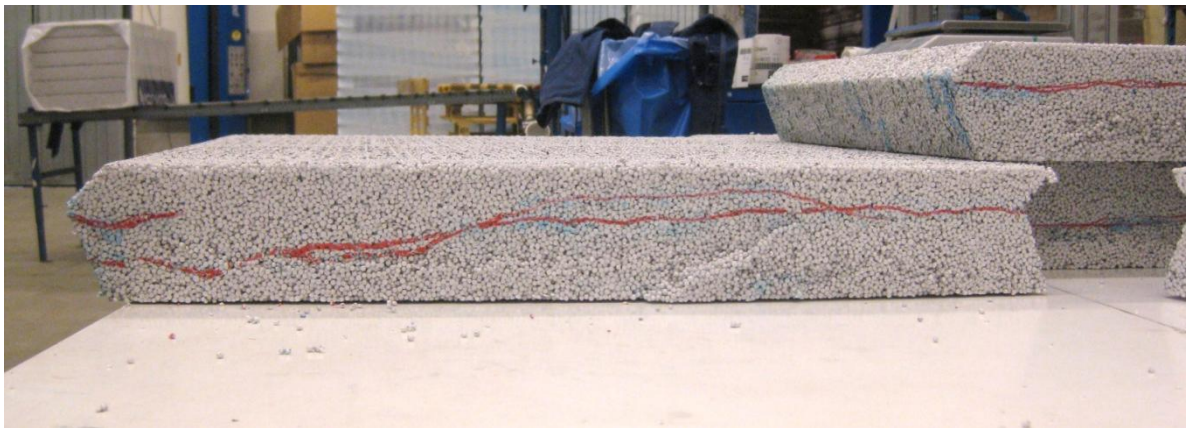


Bild 8.8 Provväggens undre skiva. Vattnet har här delat sig i olika flöden.

8.3 Analys

Att interlockskarven fungerar ser man i bild 8.7 där vattnet runnit framåt i skarven mellan skivorna. Det syns även i test tre där vattnet när det når en interlockskarv rinner inåt i skivan.

Vattnet tar inte alltid en samlad väg genom skivan. Det kan dela upp sig i flera flöden och sprida sig i skivan. Vi ser i test 1 att vattnet spred sig mycket i sidled trots att vi då hade ett lågt flöde. I test 2 där flödet var större var spridningen i sidled betydligt mindre.

Vatten kan sprida sig och ge utslag på baksidan av skivan. Vägg klarade sig bättre från utslag i test 2 jämfört med test 3 trots ett mer än dubbelt så högt flöde. Eftersom flödet minskade så mycket i test 1 är det svårt att dra några slutsatser av det resultatet.

I test 2 uppstod utslag i den lodräta skarven. Denna var ituskuren med glödtråd och inte rå som rekommenderas. Vad detta har för inverkan är svårt att säga med det kan ha påverkat resultatet av testet.

Vi kan se vissa tendenser till hur vattnet beter sig i skivan men det går inte att förutbestämma vattnets väg i skivan. Vattnet rör sig i en vågformad bana genom skivan och interlockskarven leder vattnet framåt mot dess spets.

I test 2 dränerades 13,6 dl vatten ut av de ca 15 dl som tillfördes, vilket innebär att i detta test stannade ca 9 procent av det tillförda vattnet kvar i skivan. Det går inte att dra några slutsatser om dräneringen i test 1 och 3 eftersom flödet varierade så mycket under dessa test.

9 Dräneringstest

För att undersöka hur mycket vatten en Ignucell Protect-skiva kan hålla vid upprepad vattenbegjutning och hur snabbt dräneringen startar har dräneringstest utförts.

Testerna utfördes den 19 samt 26 april 2011 i V-husets laboratorier vid Lunds Tekniska Högskola.

9.1 Förberedelser

Vid testet användes en Ignucell Protect-skiva med måtten 1200x 600x 80 mm. Skivan täcktes på samtliga lodräta sidor med StoGold Coat för att få ett tätt ytskikt så att dränering enbart kunde ske i underkant. Ett enkelt ställ konstruerades för att hålla upp skivan under testet så att vatten kunde dränera fritt i underkant.

9.2 Utförande

Vatten togs direkt från en vattenslang. Flödet bestämdes genom att väga vattnet som rann ut under en minut, detta gjordes både före (flöde 1) och efter (flöde 2) varje test, se bild 9.1. Alla flöden finns sammanställda i tabell 9.1. Vattenslangen fördes långsamt fram och tillbaka utmed hela interlockskarven under fem minuter, se bild 9.2. Vattenbegjutning gjordes i fem omgångar, det vill säga fem gånger fem minuter.

Vi tittade även på hur lång tid det tog från att vatten började tillföras till att skivan började dränera ut vatten i underkant.



Bild 9.1 Flödet bestäms.



Bild 9.2 Vatten tillförs längsmed interlockskarven. Skivan är upphängd i stället.

Testomgång 1, 19 april:

Då ställningen var av trä vägdes den innan testet för att kunna se hur mycket vatten den absorberade. Ställningen vägde innan testet 3,78 kg. Skivan

behandlad med StoGold Coat vägde 4,04 kg. Tillsammans vägde alltså skiva och ställning 7,82 kg.

Skivan spolades med vatten enligt beskrivning ovan. Efter fem minuters vattenbegjutning fick skivan dränera ut vatten under 20 minuter innan den vägdes. Vid denna tid hade dräneringen i stort sett upphört och bara enstaka droppar föll från skivan. Detta upprepades sedan fyra gånger till. Vattnet som dränerade ut hade en svag vitaktig färgton.

I tabellerna 9.1 och 9.2 nedan presenteras resultatet av testet. Vikt 1 är skivan och ställningens vikt innan deltestet, vikt 2 är skivan och ställningens vikt efter att vatten tillförts och skivan har dränerat i 20 minuter. I dessa vikter har vi inte tagit hänsyn till ställningens vattenupptagning eftersom det skulle påverka testet för mycket att ta loss skivan ur ställningen och väga den separat varje gång. Viktökningen inkluderar därför vatten som tagits upp i ställningen och dräneringen är egentligen något större.

Test 1 2011-04-19				
Del	Flöde 1 [kg/min]	Flöde 2 [kg/min]	Genomsnittligt flöde [kg/min]	Totalt tillfört [kg]
1	0,51	0,37	0,44	2,21
2	0,44	0,31	0,38	1,88
3	0,35	0,34	0,34	1,72
4	0,50	0,48	0,49	2,43
5	0,39	0,38	0,38	1,92
Totalt				10,15

Tabell 9.1 Flöden för testomgång 1.

Flödet varierade något mellan de olika delarna av testet. Totalt tillfördes drygt 10 liter vatten i skivan under testet.

Test 1 2011-04-19						
Del	Vikt 1 [kg]	Vikt 2 [kg]	Viktökning [kg]	Ack. viktökning [kg]	Dränerat [kg]	Start dränering [s]
1	7,82	8,24	0,41	0,41	1,79	65
2	8,24	8,39	0,16	0,57	1,72	75
3	8,39	8,48	0,08	0,66	1,64	90
4	8,48	8,57	0,09	0,75	2,34	80
5	8,57	8,62	0,06	0,80	1,86	90
Totalt			0,80		9,34	

Tabell 9.2 Viktändring och dränering för testomgång 1.

Viktökningen var störst i del 1. Den totala viktökningen i skivan, och eventuellt vatten i ställningen, var 0,80 kg.

När de fem testerna avslutats vägde vi återigen skivan och ställningen var för sig. Ställningen vägde då 3,85 kg vilket betyder att ställningen tagit upp 0,07 kg vatten. Skivan vägde då 4,77 kg och hade därmed totalt tagit upp 0,73 kg vatten under testet.

Skivan höll i detta test cirka 7 dl vatten efter upprepad vattenbegjutning.

Testomgång 2, 26 april:

Samma skiva som vid testomgång 1 användes. Skivan vägdes innan test och vägde då 3,88 kg. Vatten tillfördes under fem gånger fem minuter på samma sätt som i omgång 1. Skivan dränerade 15 minuter efter del 1-4 innan den vägdes, då föll bara enstaka droppar från skivan. Efter del 5 dränerade skivan i 40 minuter innan den vägdes. Vattnet som dränerade ut var klart.

Samma ställning som i omgång 1 användes, den vägdes innan test 3,75 kg. Skiva och ställning vägde sammanlagt 7,63 kg vilket blir ingångsvärdet för vikt 1. I tabell 9.3 och 9.4 nedan visas resultatet av testet.

Test 2 2011-04-26				
Del	Flöde 1 [kg/min]	Flöde 2 [kg/min]	Genomsnittligt flöde [kg/min]	Totalt tillfört [kg]
1	1,65	1,05	1,35	6,75
2	1,01	0,91	0,96	4,82
3	1,44	1,34	1,39	6,96
4	1,33	1,31	1,32	6,60
5	2,35	2,36	2,36	11,80
Totalt				36,91

Tabell 9.3 Flöden för testomgång 2.

Flödet varierar mellan de olika testdelarna. Totalt tillfördes knappt 37 liter vatten till skivan under testet.

Test 2 2011-04-26						
Del	Vikt 1 [kg]	Vikt 2 [kg]	Viktökning [kg]	Ack. viktökning [kg]	Dränerat [kg]	Start dränering [s]
1	7,63	8,20	0,57	0,57	6,18	20
2	8,20	8,31	0,11	0,68	4,71	40
3	8,31	8,41	0,10	0,78	6,85	35
4	8,41	8,51	0,10	0,88	6,50	35
5	8,51	8,54	0,02	0,91	11,77	30
Totalt			0,91		36,01	

Tabell 9.4 Viktändring och dränering för testomgång 2.

Viktökningen var störst i del 1 för att sedan vara ganska konstant i del 2-4. Viktökningen i del 5 var mycket mindre än de tidigare delarna trots ett högre flöde, men här läts skivan dränera 25 minuter längre innan den vägdes, alltså totalt 40 minuter. Den totala viktökningen i skivan, och absorberat vatten i ställningen, var 0,91 kg.

När de fem delarna avslutats vägde vi återigen skivan och ställningen var för sig. Ställningen vägde då 3,94 kg vilket betyder att ställningen hade tagit upp 0,19 kg vatten. Skivan vägde då 4,60 kg och har därmed totalt tagit upp 0,72 kg vatten under testet.

Skivan höll även i detta test cirka 7 dl vatten efter upprepad vattenbegjutning.

Tre timmar efter att testet avslutats gjordes en ny vägning. Då vägde skivan och ställningen 8,38 kg. Ytterligare 0,16 kg hade dränerats ut under den tiden. Efter att skivan dränerat i 3 timmar och 40 minuter höll den cirka 5,5 dl vatten.

Som en sista del i detta test vattenfylldes skivan för att se hur stor mängd vatten den kan hålla som mest. Detta gjordes genom att flödet från vattenslangen ökades och vatten spolades över hela skivans ovkant och inte enbart i interlockskarvens spets. Spolningen pågick i cirka 5 minuter sedan dränerade skivan i 15 minuter. Den vägde efter detta 9,02 kg. När vi dragit bort ställningens vikt och skivans vikt vid start ser vi att skivan nu innehåller cirka 1,2 liter vatten.

9.3 Dräneringstest med liten mängd vatten

För att undersöka hur skivan dränerar när en mycket liten mängd vatten tillförs utfördes ett enkelt test.

Till testet användes två nya obehandlade Ignucell Protect-skivor, 80 mm. Den skiva testet utfördes på ställdes så att den kunde dränera fritt i underkant. Vattenpass användes för att kontrollera att skivan stod lodrätt. En sträcka på 50 cm mättes ut på skivan, på denna sträcka hölls vatten i interlockskarven. Tre tester med olika vattenmängder genomfördes. För varje test togs en ny 50 cm lång sträcka ut.



Bild 9.3. Obehandlad skiva uppställd så att den kan dränera fritt nedåt. Vatten hälldes på den 50 cm långa sträckan mellan markeringarna.

Test 1: 2,5 dl vatten tillfördes utmed interlockskarvens spets under 30 sekunder. Efter 25 sekunder från att vattnet började tillföras startade dräneringen.

Test 2: 1 dl vatten tillfördes under 20 sekunder. 30 sekunder efter att vattnet började tillföras startade dräneringen.

Test 3: 0,3 dl vatten tillfördes under 17 sekunder. Efter 30 sekunder började dräneringen i underkant av skivan.

9.4 Analys

Syftet med testet var att se hur mycket vatten Ignucell Protect kan hålla. I tabell 9.5 visas vatteninnehåll/ volymenhet för några utvalda tillfällen.

Vatteninnehåll efter:	Vatteninnehåll [kg]	Skivans volym [m ³]	Vatteninnehåll/volymerhet [kg/m ³]
Test 1 del 1	0,41	0,0576	7,2
Test 1 del 5	0,73	0,0576	12,6
Test 2 del 5	0,71	0,0576	12,3
Test 2 del 5+ 3h	0,55	0,0576	9,6
Vattenfyllning	1,19	0,0576	20,7

Tabell 9.5 Resultat av testerna i kapitel 9.2

Skivan har en förmåga att hålla mer vatten efter varje vattenbegjutning. Dock borde man efter ett antal omgångar nå ett tak. Vi ser att efter del 5 håller skivan cirka 7 dl vatten i de båda testomgångarna.

I testomgång 1 började dräneringen i varje del efter 1 - 1½ minut. I första delen, när skivan var torr från start, började dräneringen efter 1 minut och 10 sekunder. Att skivan innehöll vatten redan vid start i de följande delarna påverkade inte den tid det tog för dräneringen att starta. I testomgång 2 startade dräneringen inom 25-40 sekunder. I testet med liten mängd vatten började dräneringen efter 25-30 sekunder.

Av dessa resultat är det svårt att dra någon slutsats om hur lång tid det tar innan dräneringen startar. Att det skiljde nästan en minut mellan dräneringsstart i testomgång 1 och 2 kan bero på ett högre flöde i testomgång 2. Dock verkar detta osannolikt eftersom testet med små mängder vatten hade en kort tid innan dräneringen startar. Skivan som användes i testomgång 1 och 2 var behandlad med StoGold Coat, vi vet inte vad det har för inverkan på dräneringen, mer än att det försvårar för vatten att rinna på utsidan av skivan.

Att dräneringen startade inom 30 sekunder i det sista testet med små mängder vatten kan bero på att vattnet tillfördes på bara 50 cm av skivan.

De slutsatser vi kan dra av detta är att dräneringen startar förhållandevis snabbt efter det att vatten börjar tillföras till skivan. Samt att även vid en liten mängd tillfört vatten dräneras vatten ut ur skivan.

Dräneringens intensitet avtar ganska snabbt efter att vatten slutar tillföras. Efter 15 minuter är det bara enstaka droppar som faller från skivan. Dock fortsätter dräneringen vilket vi kunde se när skivan lämnades att dränera tre timmar. Då hade ytterligare 0,16 kg vatten dränerats ut.

Enligt Jalakas beror den vita färgen i vattnet på att formsläpp som används vid tillverkningen spolats ur skivan.

Skivan minskade i vikt från 4,04 kg till 3,88 kg under veckan som gick mellan testomgångarna. Detta är en viktninskning på 0,16 kg, vilket motsvarar cirka 10 procent. Eftersom det är en betydande viktninskning undersökte vi detta genom en extra kontroll.

Denna kontroll genomfördes på en obehandlad Ignucell Protect-skiva. Skivan som vägde 1,51 kg spolades med rikligt med vatten i ca 5 minuter. Vattnet som dränerades ut var klart. Skivan ställdes att torka i en vecka och vägde sedan 1,50 kg. Här kan vi alltså inte se någon markant viktninskning.

Att viktninskning sker i den första skivan men inte i den andra skulle kunna bero på att den utsattes för upprepad vattenbegjutning. Det kan också bero på att den var behandlad med StoGold Coat och att denna har påverkats av spolningen.

10 Jämviktsfuktkurva

En jämviktsfuktkurva visar förhållandet mellan relativ fuktighet och ett materials jämviktsfukthalt. Jämviktsfukthaltens värde beror på om materialet var torrt eller fuktigt från början och därför får man två kurvor, absorption och desorption (Burström, 2008). För beräkningar i WUFI behövs en jämviktsfuktkurva. Det finns ingen jämviktsfuktkurva framtagen för någon Ignucell produkt. Syftet med detta test var att ta fram en jämviktsfuktkurva för Ignucell Protect.

Testet pågick under perioden 14 mars – 3 maj 2011 i V-husets laboratorier vid Lunds Tekniska Högskola.

10.1 Förberedelser

Innan testet kunde startas var både provbitar och klimatkammare tvungna att förberedas.

10.1.1 Provbitar

Provbitar med måtten 100x 100x 20 mm skars ut ur en Ignucell Protect-skiva, som var tillverkad den 2 februari 2011. Detta gjordes av personal på Cellplast Direkt. Provbitar togs ut från både framsidan och baksidan, totalt togs 24 bitar från var sida ut. Bitarna märktes med en bokstav och siffra, ex A1 och A1, där understyrningen visade att biten var från baksidan av skivan.

Innan testet startades klimatanpassades bitarna. Först vägdes bitarna. Därefter lades 24 bitar att torka i en ugn på 50 grader, dessa torra bitar absorberade sedan vatten och gav en absorptionskurva. Samtidigt lades 24 bitar i ett vattenbad av destillerat vatten, dessa bitar avgav sedan vatten och gav en desorptionskurva. Vid ett par tillfällen vägdes bitarna och efter tre dagar hade vikten stabiliserat sig och bitarna var redo för testet.



Bild 10.1 Provbitar torkas i ugn

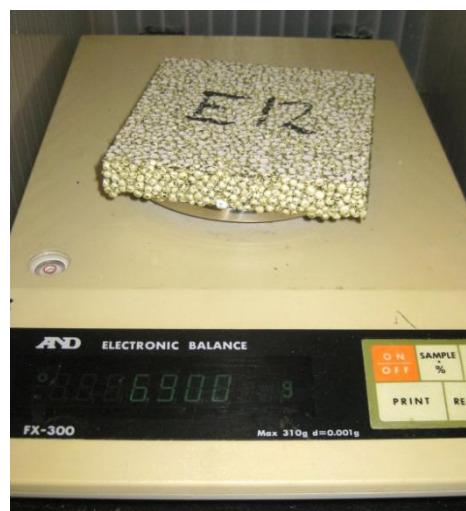


Bild 10.2 Provbit vägs.

10.1.2 Klimatkammare och salter

För att ta fram en jämviktsfuktkurva placerades provbitarna i klimatkammare med kontrollerad relativ fuktighet. Den relativa fuktigheten styrdes med saltlösningar. Olika salter blandades med destillerat vatten. I detta test användes fyra RF-nivåer, det krävdes därför åtta klimatkammare, fyra för desorption och fyra för absorption. Dessa kammare förbereddes genom att de tvättades noga och utrustades med en ventil för kontroll av RF-nivå. Därefter märktes lådorna med följande information: aktuellt RF, saltlösning och om det var absorption eller desorption. Saltlösning blandades och hälldes i varje klimatbox så att det täckte hela botten. Därefter placerades ett galler av plast i boxen för att undvika att provbitarna kom i kontakt med saltlösningen. Boxarna stod i rumstemperatur.

Följande saltlösningar användes:

- RF 33 procent erhålls av en lösning av Magnesiumklorid, $MgCl_2$. Detta salt är väldigt lösligt och det är därför viktigt att man inte tillsätter för mycket vatten.
- RF 76 procent erhålls av en lösning av Natriumklorid, $NaCl$.
- RF 85 procent erhålls av en lösning av Kaliumklorid, KCl .
- RF 97 procent erhålls av en lösning av Kaliumsulfat, K_2SO_4 .



Bild 10.3 Detta är den känsliga magnesiumkloriden som blandades med små mängder destillerat vatten.

10.2 Utförande

Dag 0. De vattenlagrade bitarna togs upp ur vattenbadet och ställdes på högkant i 50 minuter för att dränera ut överflödigt vatten. Därefter vägdes de och placerades sex och sex i de fyra klimatboxarna för desorption. Av de sex bitarna i varje klimatbox var tre från framsidan av skivan och tre från baksidan. De torkade bitarna togs ut ur ugnen och vägdes innan de också placerades sex och sex i klimatboxar för absorption. Samtliga vikter finns i bilaga 5. Klimatboxarna stängdes med genomskinliga lock av plast.

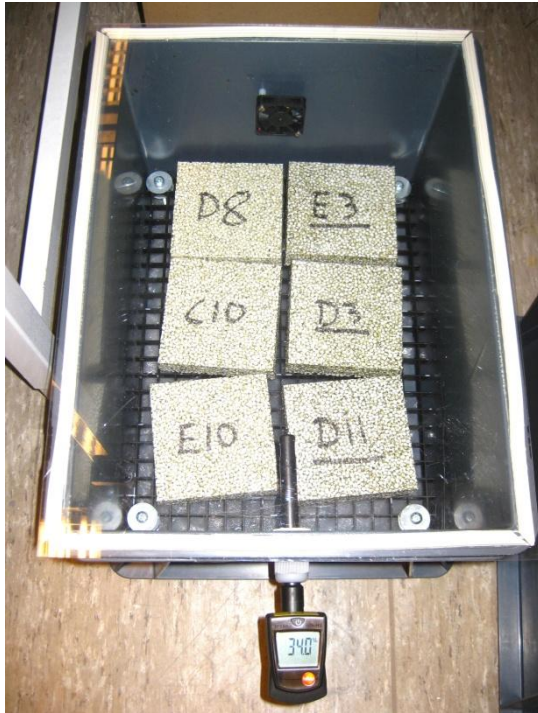


Bild 10.4 Klimatbox med prover. RF mätaren visar aktuellt klimat.

Dag 3 togs två provbitar ur varje klimatbox upp, vägdes och lades sedan tillbaka i boxen. RF tillståndet i boxarna kontrollerades med hjälp av mätare som stacks in genom ventilerna i boxarna. Tillståndet i de flesta boxarna var nära det klimat de ska ha. I två av boxarna för desorption var RF lite för högt. Detta är dock vanligt i början då provbitarna avger mycket vatten och stabiliseras med tiden.

Dag 6 och 11 vägdes återigen samma två bitar ur varje box. Nu hade RF i boxarna stabiliserats. Redan nu såg vi att bitarna i boxarna med 33 procent och 76 procent RF hade kommit i jämvikt. Även absorption i 85 procent var i jämvikt.

Dag 20 och 25 vägdes samtliga bitar. Nu hade även desorption i 85 procent kommit i jämvikt.

Dag 27 och 31 vägdes bitarna i de boxar som höll 97 procent RF. De var fortfarande inte i jämvikt.

Dag 39 vägdes återigen samtliga bitar. Bitarna i 33, 76 och 85 procent RF hade samma vikt som tidigare och därför avslutades testet i dessa boxar. Boxarna med 97 procent RF var fortfarande inte i jämvikt.

När testerna i 33, 76 och 85 procent RF avslutats stod det klart att slutvikten hos bitarna som hade varit i desorption vägde mindre än vad de gjort från början, vilket ger en ogiltig desorptionskurva. För att få fram deras nya torrsvikt lades dessa bitar i ugnen för att torka på 50 °C.

Dag 46 vägdes bitarna i boxarna med 97 procent RF. Bitarna hade pendlat lite upp och ner i vikt under de senaste vägningarna, vi ansåg att de nu var så nära jämvikt de kunde komma och beslutade att använda dessa vikter. Även bitarna i ugnen vägdes.

10.3 Analys

Samtliga vikter och fukthalter finns i bilaga 5.

I diagram 10.1 ses jämviktsfuktkurvor för Ignucell Protect. Tabell 10.1 visar de data som utgör underlag för diagrammet.

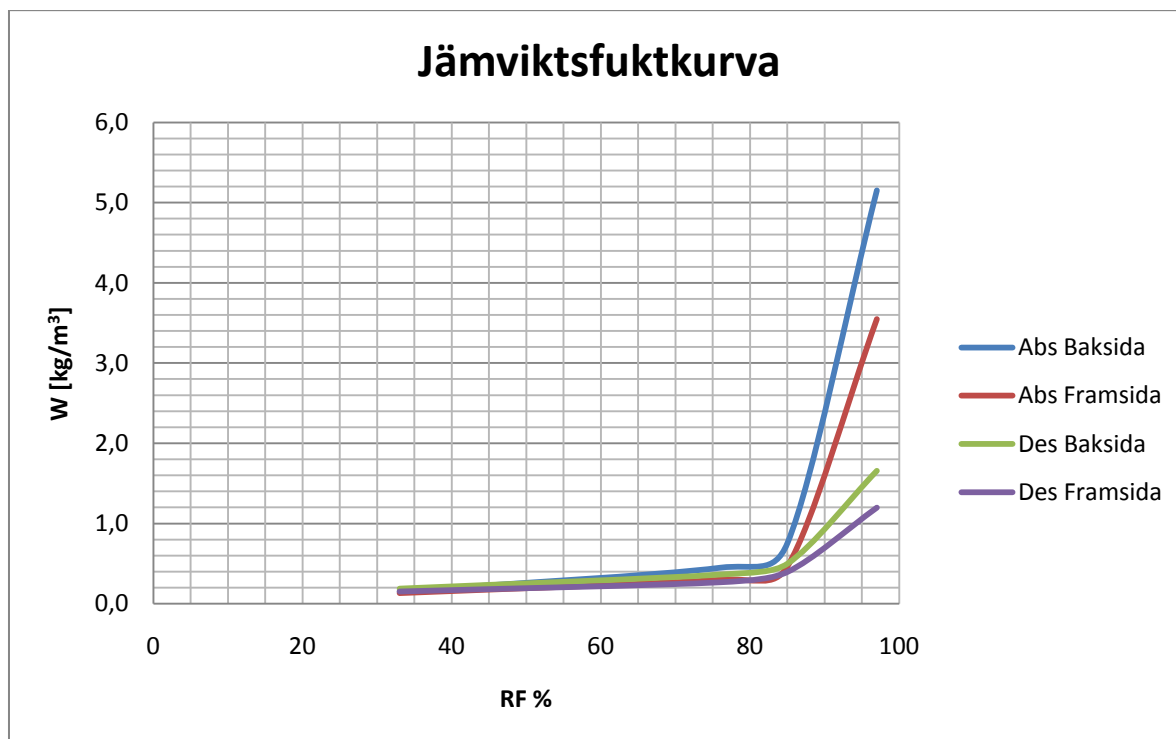


Diagram 10.1 Jämviktsfuktkurvor för Ignucell Protect.

Absorption		
RF	\underline{W}_{medel}	W_{medel}
33	0,15	0,13
76	0,45	0,30
85	0,75	0,47
97	5,15	3,55

Desorption		
RF	\underline{W}_{medel}	W_{medel}
33	0,19	0,15
76	0,36	0,27
85	0,50	0,40
97	1,66	1,20

Tabell 10.1 Indata till Jämviktsfuktkurvor. Resultat visas för både framsida, W , och baksida, \underline{W} .

Jämviktsfuktkurvan visar att Ignucell Protect har en något högre jämviktsfukthalt än EPS. Detta innebär att i jämvikt med klimatet så innehåller Ignucell Protect lite mer fukt jämfört med en traditionell EPS-skiva.

Att desorptionskurvan ligger under absorptionskurvan skiljer sig från det normala. För andra material ligger desorptionskurvan överst. Vi misstänker att detta beror på en urlakning som sker när materialet vattendränks, detta såg vi även i dräneringstestet, se kommentar i kapitel 9.4.

Att de provkroppar som varit blötlagda ändrar sin torrsvikt påverkar kurvornas utseende. Jämviktsfuktkurvan som presenteras i diagram 10.1 gäller för en ny Protect-skiva. Dock vet vi inte hur absorptionskurvan skulle påverkas om även de provbitarna blötlades innan de torkades före testet.

Vi tror att viktnedgången kan bero på en urlakning i bitarna. När provbitarna vattenmättades kan porsystemet ha påverkats. Om material sköljdes ur bitarna fick de en mer öppen porstruktur. Ett öppnare porsystem kan hålla mindre vatten och det skulle i så fall kunna vara förklaringen till att bitarna som desorberar kan hålla mindre vatten. Om denna teori stämmer borde även absorptionskurvan anta ett lägre värde om materialet tidigare blötlagts.

11 Kapillaritetstest

För att undersöka skivans kapillära stighöjd, och samtidigt få bekräftat att resultatet från kapillaritetstest på Ignucell Drain är giltigt även för Ignucell Protect, genomfördes ett enkelt kapillaritetstest.

Testet utfördes den 18-19 april 2011 i V-husets laboratorier vid Lunds Tekniska Högskola.

11.1 Förberedelser

Fyra provkroppar med måtten 80x 80x 130 mm togs ut ur en 80 mm Ignucell Protect-skiva. Blått färgpigment blandades med vatten.

11.2 Utförande

De fyra provkropparna placerades i en plastback. På kropparna placerades ett galler av hårdplast som försågs med vikter för att förhindra att provkropparna flöt upp när de kom i kontakt med vattnet. En tumstock stacks ner i backen så att vattennivån kunde kontrolleras. Det färgade vattnet tillsattes till en nivå av 10 mm. Testet pågick i 24 timmar.

Efter avslutat test togs bitarna försiktigt upp ur backen med vatten. För att minimera risken att sprida ut färgen och vattnet när bitarna skars itu fick de stå och droppa av och torka i ett par timmar. Därefter skars de itu och den kapillära stighöjden uppmättes med hjälp av spåren från det färgade vattnet.



Bild 11.1 Provkropp uppskuren på mitten. Ingen kapillär stighöjd kan uppmätas.

11.3 Analys

Vårt test pågick bara i ett dygn vilket är en kort tidsperiod, testet på SP fortlöpte under 28 dygn. Vi har dock sett i jämviktsfuktkurvans förberedelser att Ignucell Protect snabbt vattenmättades. Vi tror därför att om skivan hade haft en märkbar kapillaritet så skulle man ha sett spår av det redan efter ett dygn.

Ingen kapillär stighöjd kunde uppmätas.

12 Fuktberäkningar i WUFI

WUFI (Wärme Und Feuchte Instationär) är ett program för endimensionell beräkning av kopplad värme- och fukttransport i byggnadsdelar och konstruktioner. Med programmet kan beräkningar av icke-stationära värme- och fuktförhållanden i byggnadsdelar och konstruktioner, bestående av flera skikt, med olika klimatbelastningar genomföras.

WUFI är utvecklat vid Fraunhofer Institut für Bauphysik i Tyskland. Den svenska versionen är utvecklad i samarbete med Lunds Tekniska Högskola (WUFI, 2011).

En beräkning i WUFI beror av väldigt många faktorer. Programmet gör en endimensionell beräkning vilket inte ger ett helt verklighetstroget förlopp. Resultatet blir därför bara en fingervisning om hur fuktillståndet i väggen är. Det går alltså inte godkänna eller döma ut en vägg enbart genom beräkningar i WUFI utan måste även noga analysera systemet och dess förväntade funktion.

Information om WUFI och värden för de standardinställningar vi gjort har hämtats från samtal med Petter Wallentén.

12.1 Indata

För att få rättvisande beräkningar är det viktigt att vara noggrann när man lägger in data i programmet. Programmet är indelat i tre huvuddelar för indata. Nedan presenteras indata i den ordning de läggs in i programmet. WUFI beräknar fukt och värmetransport, i denna rapport riktar vi in oss på fukttransporten. Vi har därför varierat indata med avsikt att se vad det har för påverkan på fukttransporten.

De inställningar som följer har använts i samtliga beräkningar, där det inte uttryckligen står att just den inställningen har ändrats.

12.1.1 Konstruktion

För att utföra beräkningar i WUFI krävs information om de i väggen ingående materialen och deras fukttekniska egenskaper. Vid Lunds Tekniska Högskola har man lagt upp en materialdatabas för användning i WUFI. Liknande databaser finns även från andra institutioner.

Den väggkonstruktion som vi använt i våra beräkningar är uppbyggd av material tagna ur WUFIs materialdatabas. De material som är specificerade i StoTherm Vario D fasadsystem finns inte med i WUFIs databas. För dessa material utgick vi från ett liknande material i databasen och därefter modifierat dess egenskaper. Vi lade in de materialegenskaper som vi tagit fram och presenterat i kapitel 6, 7 och 10. Från kapitel 10 där jämviktsfuktkurvan tagits

fram använde vi oss av den kurva som ligger högst, detta för att få den mest kritiska beräkningen.

Den grundkonstruktion vi använt ser ut enligt följande:

- Puts (behandlas som ett skikt)
- 80 mm Ignucell Protect (modifierad EPS-skiva)
- StoGold Coat (modifierad ångspärr)
- 12 mm StoEco Board (modifierad gipsskiva)
- 145 mm Mineralull
- Ångspärr
- 45 mm Mineralull
- 13 mm Gipsskiva

För att se vad som händer i de olika skikten placerade vi ut kameror som också presenterade resultaten från beräkningarna. En kamera placerades i mineralullen, precis innanför StoEco Board, denna visade om det kritiska värdet för relativa fuktigheten överskrids i träreglarna. En kamera placerades också längre in i mineralullen, precis utanför ångspärren, den visade om det föreligger risk för kondens mot plastfolien, det vill säga sommarkondens.

Beräkningar utfördes på en söderfasad eftersom den utsätts för mest solstrålning, söderväggen får också en stor del av slagregnet.

Värmemotståndet sattes utvändigt till $0,04 \text{ m}^2\text{K/W}$ och invändigt $0,13 \text{ m}^2\text{K/W}$ enligt standard.

I stället för att lägga in putsen som ett material behandlades den som ett skikt. Den viktigaste egenskapen för putsen i dessa beräkningar är ånggenomgångsmotståndet Z och detta kan beskrivas med ett S_d - värde för skiktet. En puts som Sto rekommenderar för detta system är StoSilco som tillsammans med grundputs har ett totalt S_d - värde på $0,44 \text{ m}$.

Putsens kulör beskrivs med ett absorptionstal för kortvågig strålning som sattes till $0,4$ vilket motsvarar en ljus puts.

Absorptionstal för regnvatten sattes till $0,0$ eftersom putsen är vattenavvisande.

12.1.2 Inställningar

Beräkningen utförs under två år. Startdatumet sattes till den 15 maj eftersom sommarkondens ofta inträffar på våren när väggen är fuktig och sedan värms upp av solstrålningen. Vi har sett i klimatfilen att den 15 maj och några dagar framåt utsätts väggen för höga dagstemperaturer.

12.1.3 Klimat

Utomhusklimatet varierar beroende på var i Sverige vi befinner oss, därför kommer den geografiska platsen påverka beräkningsresultatet. Beräkningar utfördes för Lund.

Inomhusklimatet följer en standard EN13788, fuktklass 2 med inomhus-temperatur på 21°C.

12.1.4 Fuktkällor

I beräkningarna lade vi till två fuktkällor. En fuktkälla som simulerade att en del av det slagregn som träffar fasaden läcker in i konstruktionen. Samt en begynnelsefukthalt i Ignucell Protect som simulerade att materialet var blött och behövde torka ut.

Fuktkällan som simulerar slagregn utgår från att en viss procent av det slagregn som träffar fasaden läcker in i konstruktionen. Vid ASHRAE i USA har man tagit fram en standard som säger att, i brist på fullskaligt utförda test som visar på den verkliga mängden vatten som läcker in, är det relevant att sätta att 1 procent av det slagregn som träffar fasaden läcker in (ASHRAE, 2008).

WUFI kan i beräkningar inte ta hänsyn till att vatten dräneras ut ur väggen. Eftersom dräneringsförmågan är Ignucell-skivans främsta egenskap skulle en WUFI beräkning med 1 procent inläckage ge ett missvisande resultat. I dräneringstestet har vi visat att skivan i vårt test dränerar 80 – 90 procent av det vatten som tillfördes. Detta test utfördes dock bara på en skiva. För att vara på den säkra sidan satte vi i beräkningarna att endast 50 procent av det slagregn som läcker in i konstruktionen dräneras ut. Detta blir samma mängd som om enbart 0,5 procent av slagregnet läckte in.

Begynnelsefukthalten kan beskrivas som fukthalten i Ignucell-skivan efter ett regn där vatten läckt in i konstruktionen. Denna fuktkälla användes för att se hur de inre delarna av väggen påverkas när Ignucell-skivan har varit ordentligt uppfuktad och måste torka ut. För att få ingångsvärden till detta har vi utgått från resultaten från de dräneringstester vi genomfört och som presenteras i kapitel 9.4.

12.2 Beräkningar

Mängden fukt som läcker in i en fasad är väldigt omdiskuterat. Vi vet inte om 1 procent inläckage från ett slagregn är en relevant mängd. Vi vet heller inte om det är relevant att sätta så höga mängder för begynnelsefukthalten som vi gör.

Därför valde vi att titta på fuktkällorna var för sig men också att sätta dessa tillsammans i våra beräkningar för att se hur de påverkar varandra. Beräkning 12.2.2 samt 12.2.3 visar hur dessa fuktkällor påverkar väggen var för sig.

Beräkning 12.2.4 visar hur dessa fuktkällor påverkar väggen när de verkar samtidigt. Denna beräkning används sedan som referens vid jämförelse. I efterföljande beräkningar används grundfallet från 12.2.4 och enbart en parameter åt gången varierar, se ingångsparametrar i tabell 12.1.

Parametrar för beräkning av grundfallet 12.2.4	
Parameter	Värde
Orientering	Söder
Puts S_d -värde	0,44 m
Putsens kulör	0,4
Startdatum	15 maj
Geografisk plats	Lund
Fuktkälla: slagregn	0,5 %
Begynnelsefukthalt	7 kg/m ³

Tabell 12.1 Ingångsparametrar för beräkning 12.2.4.

I beräkning 12.2.1 samt 12.2.9–10 modifieras väggens konstruktion, övriga parametrar enligt tabell 12.1.

Resultaten från beräkningarna i WUFI presenteras i grafisk form. Forskning visar att mögel tydligt är beroende av temperatur och relativ fuktighet och det är därför vanligt att man redovisar ett materials tillstånd som funktion av dessa två parametrar. Ett sätt att göra detta är att göra ett diagram med temperatur och relativ fuktighet på axlarna där varje timma representeras av en punkt i diagrammet, detta kallas för ett isopletdiagram. Det är bland annat sådana isopletdiagram WUFI presenterar.

Mögeltillväxt är inte bara beroende av temperatur och relativ fuktighet utan beror också på vilken tid som materialet är utsatt för ett visst tillstånd.

I ett paper har Isaksson med flera härlett en ekvation baserad på data från experiment utförda av Viitanen. Denna ekvation beskriver när mögeltillväxt uppstår på gran beroende av fukttillstånd och den tid som materialet befinner

sig i detta tillstånd (Isaksson, Thelandersson, Ekstrand-Tobin, & Johansson, 2010).

I våra resultatdiagram nedan har denna ekvation använts för att beräkna en kurva som kan ge en indikation till när förhöjd risk för mögeltillväxt föreligger. Denna kurva har vi i detta arbete valt att kalla kritisk linje. Den kritiska linjen har beräknats för tiden 365 dagar som ger en kurva med minimum runt 75 procent, vilket överstämmer med kraven som ställs i BBR. I vissa diagram visas också en kritisk linje baserad på 12 veckor.

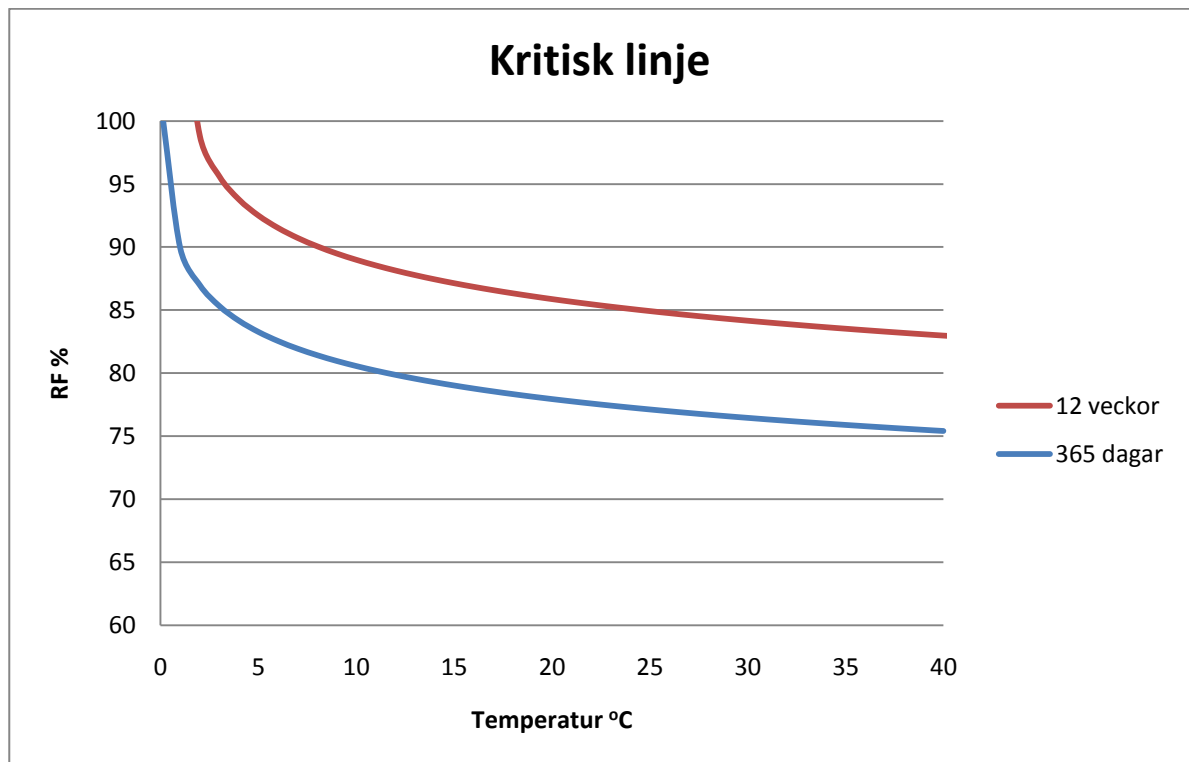


Diagram 12.1 Kritisk linje för 12 veckor respektive 365 dagar.

De punkter som ligger nära eller över kritiska linjen har alltså högre risk att leda till mögeltillväxt. Varje punkt i diagrammet, kallad isoplet, motsvarar en timma. För att risken för påväxt ska anses hög måste fukttilståndet överstiga kritiska linjen under en längre tid, som närmar sig den tid som kurvan baseras på. Eftersom det alltid finns en risk för mögel kan diagrammen endast användas som en indikation på hur stor risken för mögel är.

För att kunna jämföra resultaten av olika beräkningar gör vi en resultatlinje som följer gränsen av de mest kritiska isopleterna i beräkningen, se den röda linjen i diagram 12.2. Resultatlinjer från olika beräkningar kan sättas i relation till varandra.

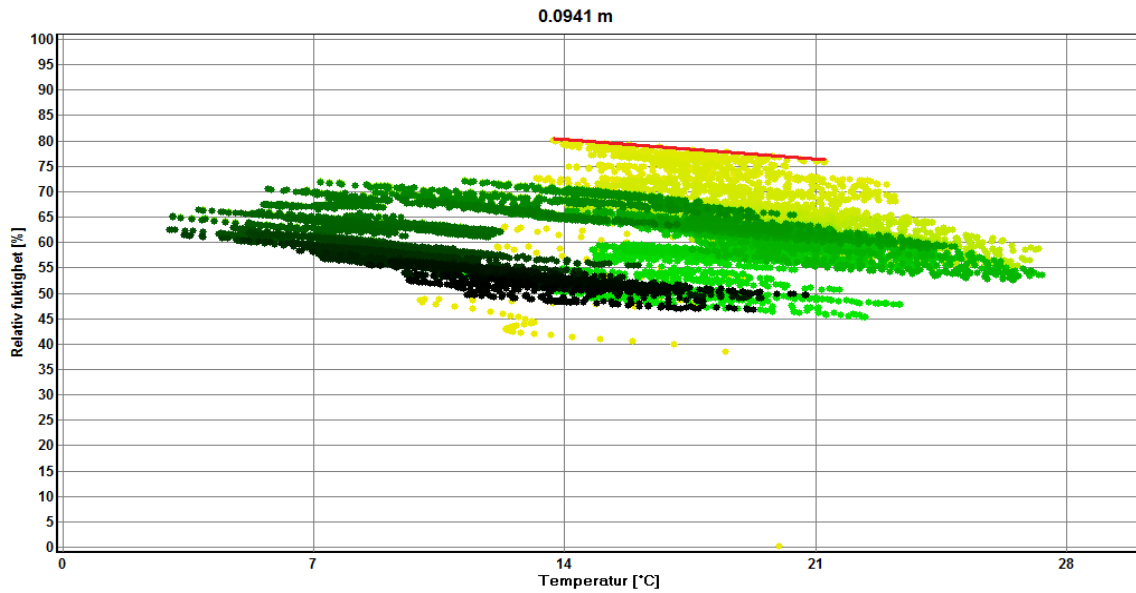


Diagram 12.2 Exempel på hur en resultatlinje ritas.

12.2.1 Traditionell enstegstätad vägg

För att få en bild av skillnaden mellan en traditionell enstegstätad fasad, av den typ som beskrivs i kapitel 2.2, samt en fasad med StoTherm Vario D gjordes en beräkning på en traditionell fasad. Denna vägg hade samma stomme som den modifierade väggen men som vindskyddsskiva användes en gipsskiva och utanpå den satt en EPS-skiva. Väggen utsattes för 1 procent inläckande slagregn. Ingen begynnelsefukthalt i EPS-skivan. Resultatet av beräkningen visas i diagram 12.3, detta visar fukttillståndet i mineralullen intill gränsen mot vindskyddsskivan.

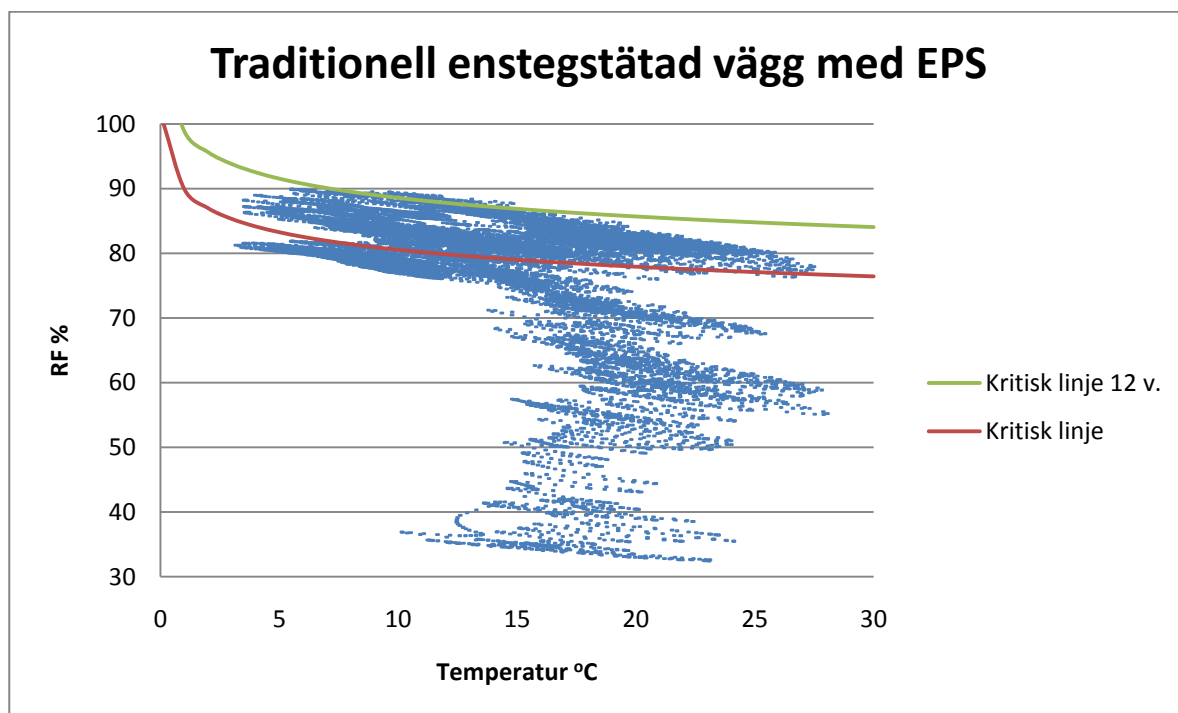


Diagram 12.3 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Beräkningen är gjord på en traditionell enstegstätad vägg med EPS.

12.2.2 Slagregn

Den första beräkningen vi utförde på en vägg med StoTherm Vario D avsåg slagregn. Inställningarna sattes så att 0,5 procent av det slagregn som träffar fasaden läcker in i konstruktionen. Läckaget uppstod 0,04 m in i Ignucell Protect. I diagram 12.4 visas fukttillståndet längst ut i mineralullen.

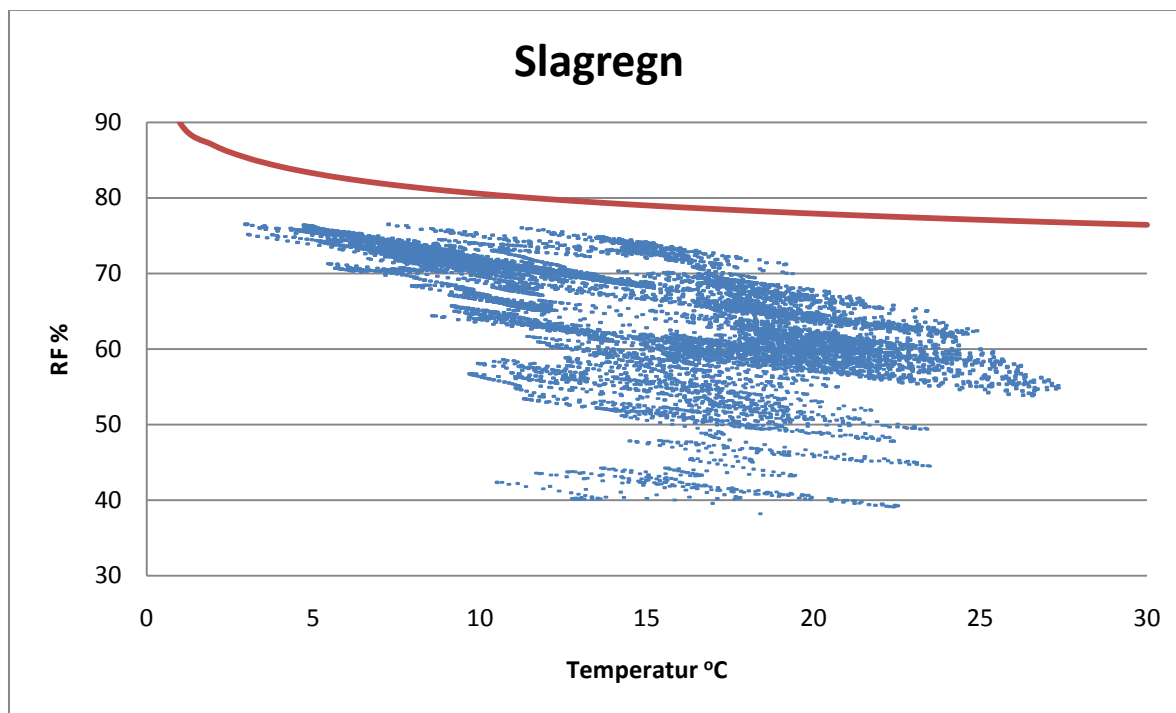


Diagram 12.4 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Beräkning av slagregnets påverkan.

En beräkning med inläckage 0,01 m in i skivan har också gjorts, vilket gav ett resultat som hade 1-2 procent lägre relativ fuktighet. Vi har valt att i fortsatta beräkningar sätta inläckaget 0,04 m in, det vill säga i mitten av Ignucell-skivan, för att få en mer kritisk beräkning.

12.2.3 Begynnelsefukthalt

Beräkningar har gjorts med olika begynnefukthalter i Ignucell Protect, detta för att se om skivan i de olika fallen kan torka ut utan att fukttillståndet i de inre delarna av väggen når kritiska värden.

Fukthalterna har tagits från resultaten i dräneringstestet se tabell 9.5. Dessutom har 5 kg/m^3 testats för att se hur stor skillnad det blir. Begynnelsefukthalten i de övriga materielen är enligt WUFIs default värden vilket motsvarar den fukthalt materialen har vid 80 procent RF. Fukttillståndet längst ut i mineralullen för beräkningen med begynnefukthalt 7 kg/m^3 visas i diagram 12.5.

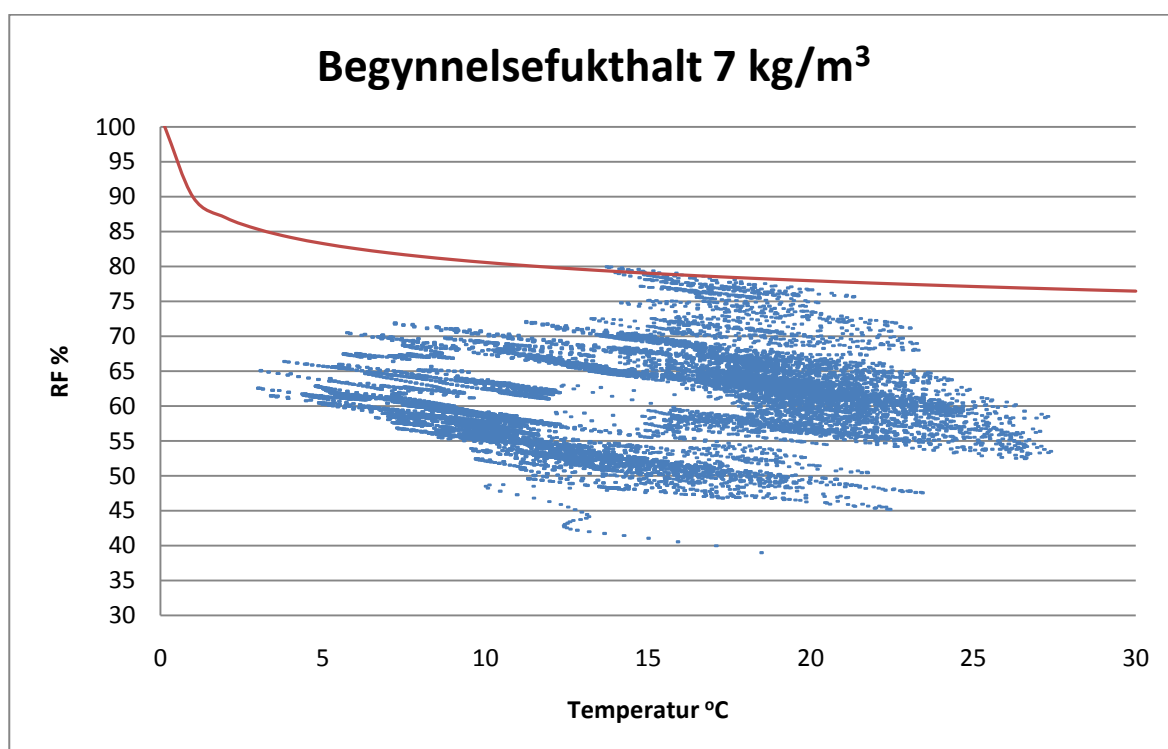


Diagram 12.5 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Begynnelsefukthalt 7 kg/m^3 i Ignucell Protect.

I diagram 12.6 visas en jämförelse mellan beräkningarna med olika begynnelsefukthalter. Dessa resultatlinjer visar endast de mest kritiska isopleterna för varje beräkning och vi vill bara visa en grov jämförelse på hur fuktillståndet påverkas av varierande begynnelsefukthalter i Ignucell-skivan. Även dessa resultat är från den yttersta delen av mineralullen.

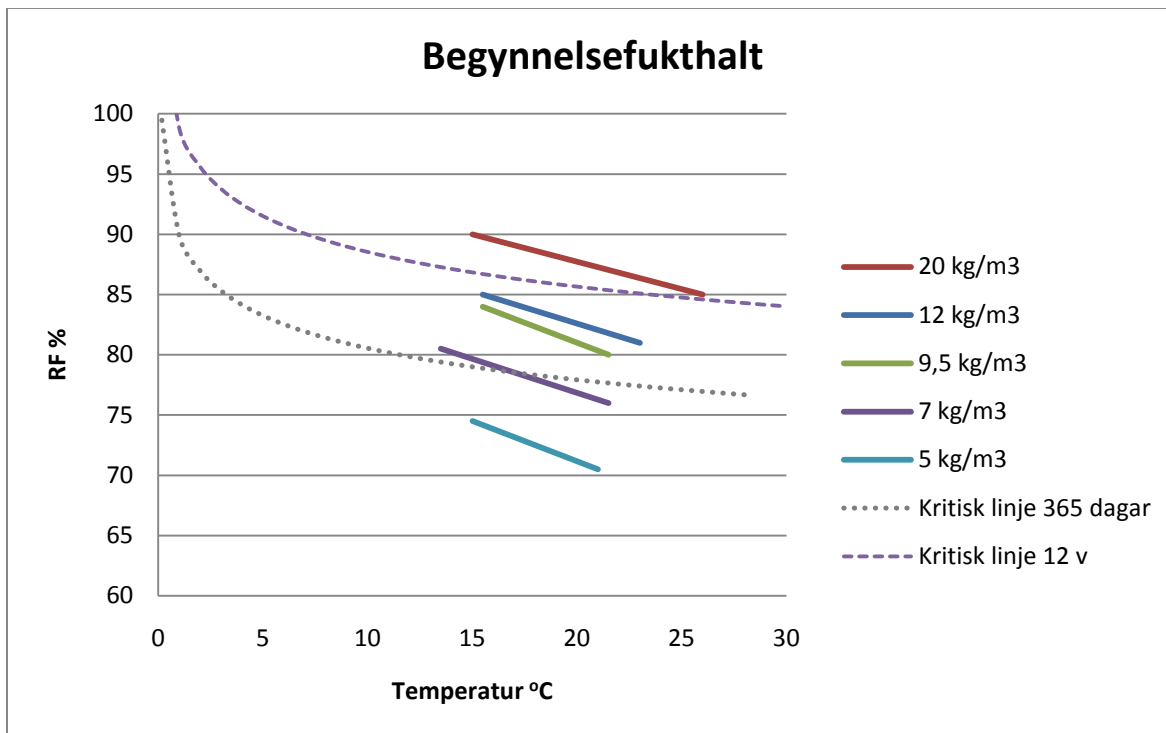


Diagram 12.6 Fuktillståndet ytterst i mineralullen. Jämförelse av resultatlinjer för olika begynnelsefukthalter.

Syftet med att variera begynnelsefukthalten är att se hur bra skivan kan torka ut och hur dess uttorkning påverkar de inre delarna av väggen. När Ignucell-skivan torkar går en del av fukten att inåt i väggen och orsakar förhöjda fukthalter i de inre skikten. I diagram 12.7 nedan visas RF i Ignucell Protect, StoEco board och mineralullen som följd av tiden, när Ignucell Protect torkar ut från begynnelsefukthalten 7 kg/m^3 . Diagrammet visar hur lång tid det tar för Ignucell att torka ut och hur de andra materialen påverkas.

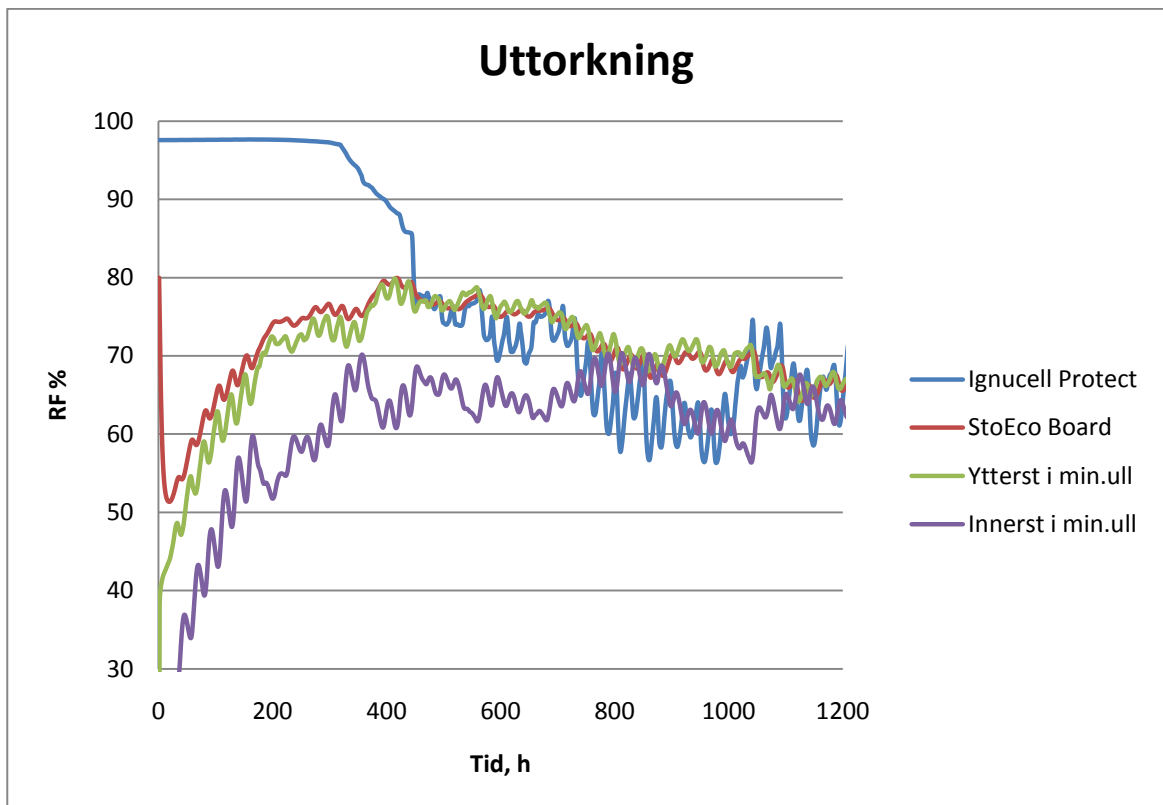


Diagram 12.7 Vatteninnehåll i materialen som funktion av tiden.

12.2.4 Slagregn och begynnelsefukthalt

Beräkningar har gjorts med både slagregn och begynnelsefukthalt. Detta för att undersöka om konstruktionen klarar att torka ut om Ignucell Protect har en begynnelsefukthalt som motsvarar att ett stort inläckage har inträffat, och dessutom utsätts för ytterligare tillskott av inläckande regnvatten. För slagregnet sattes att 0,5 procent läckte in 40 mm in i Ignucell Protect. Begynnelsefukthalten var 7 kg/m^3 .

Resultatet för den yttre delen av mineralullen visas i diagram 12.8. Jämfört med resultatet i diagram 12.5 där vi enbart hade en begynnelsefukthalt på 7 kg/m^3 ser man att isopleterna omfördelats och RF har ökat i de nedre delarna av diagrammet med 10-15 procent. Antalet isopleter ovanför den kritiska linjen har ökat lite, men fortfarande är väldigt få isopleter ovanför kritiska linjen.

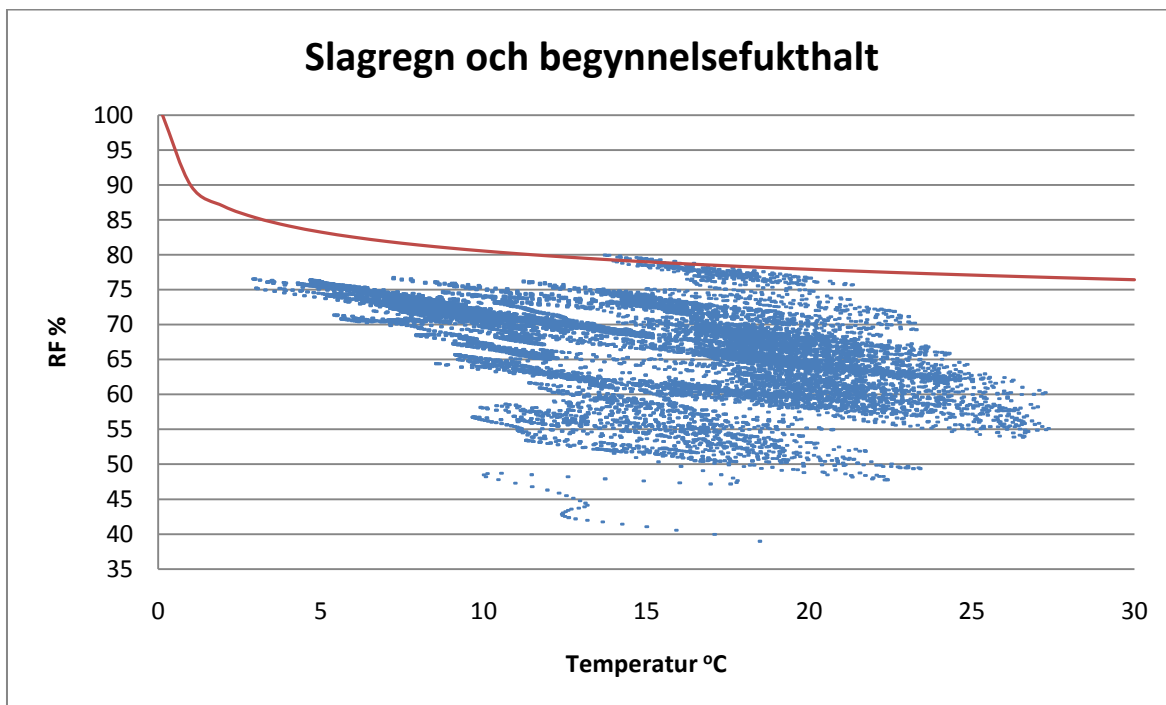


Diagram 12.8 Fukttillståndet ytterst i mineralullen vid samtidig inverkan av begynnelsefukthalt och slagregn.

12.2.5 Startdatum

Beräkningarna ovan har gjorts på två år med start den 15 maj. Startdatumet påverkar beräkningen eftersom klimatet skiljer sig mellan årstiderna. Vi valde 15 maj eftersom det då var några dagar med höga temperaturer utomhus. I klimatfilen såg vi att en liknande period med höga temperaturer uppstår med start 30 mars. Vi har också testat starta beräkningen 30 april och 1 september. Resultaten från den yttersta delen av mineralullen jämförs med hjälp av resultatlinjer i diagram 12.9.

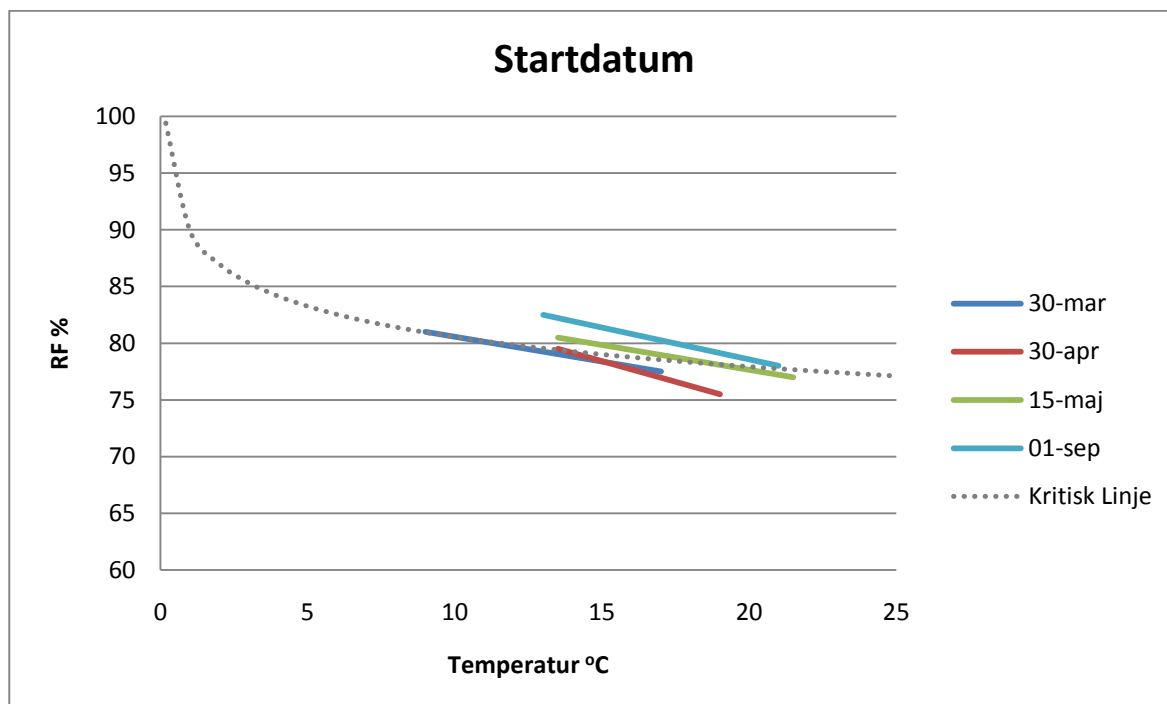


Diagram 12.9 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Jämförelse av olika startdatum.

12.2.6 Väggens orientering

Väggens orientering påverkar uttorkningen. Andelen solstrålning som träffar en fasad skiljer sig för de olika vädersträcken och därmed varierar temperaturen. Mängden slagregn som träffar fasaden varierar också. I klimatfilen har vi sett att söderväggen utsätts för mest sol och även en stor del av slagregnet. Därför har vi utfört samtliga beräkningar ovan på en södervägg. Även västväggen träffas av solstrålning och en betydande del av slagregnet, därför har en beräkning gjorts på denna vägg.

Det blev ingen betydande skillnad på resultaten på västerväggen, varken vad gäller sommarkondens eller kritisk fukthalt i mineralullen.

12.2.7 Geografisk plats

Beroende på var i Sverige vi befinner oss varierar klimatet vilket påverkar beräkningens resultat. Vi har därför utfört beräkningar för Göteborg, Stockholm och Kiruna.

Stockholm och Göteborg ger liknande resultat som i beräkning 12.2.4, dessa är lite mer gynnsamma än motsvarande beräkning för Lund. Kiruna har ett resultat långt under kritiska linjen.

12.2.8 Putsens ånggenomgångsmotstånd

Putsens ånggenomgångsmotstånd påverkar beräkningen eftersom en puts med högre ånggenomgångsmotstånd är tätare och därför försvårar uttorkning. Ånggenomgångsmotståndet uttrycks i WUFI med ett S_d - värde. De putser Sto rekommenderar är StoSilco som tillsammans med underliggande putslager har S_d - värde 0,44 m. Sto rekommenderar också StoLoutsan som tillsammans med underliggande putslager har S_d - värde 0,29 m. Alla beräkningar som utförts ovan har gjorts med S_d 0,44 m. Vi har nu utfört en beräkning med S_d - värde 0,29 m. För att testa vad som händer om man använder en tät puts, som inte rekommenderas, har vi även gjort en beräkning med S_d - värde 1,0 m. Resultaten från mineralullens yttre del jämförs i diagram 12.10.

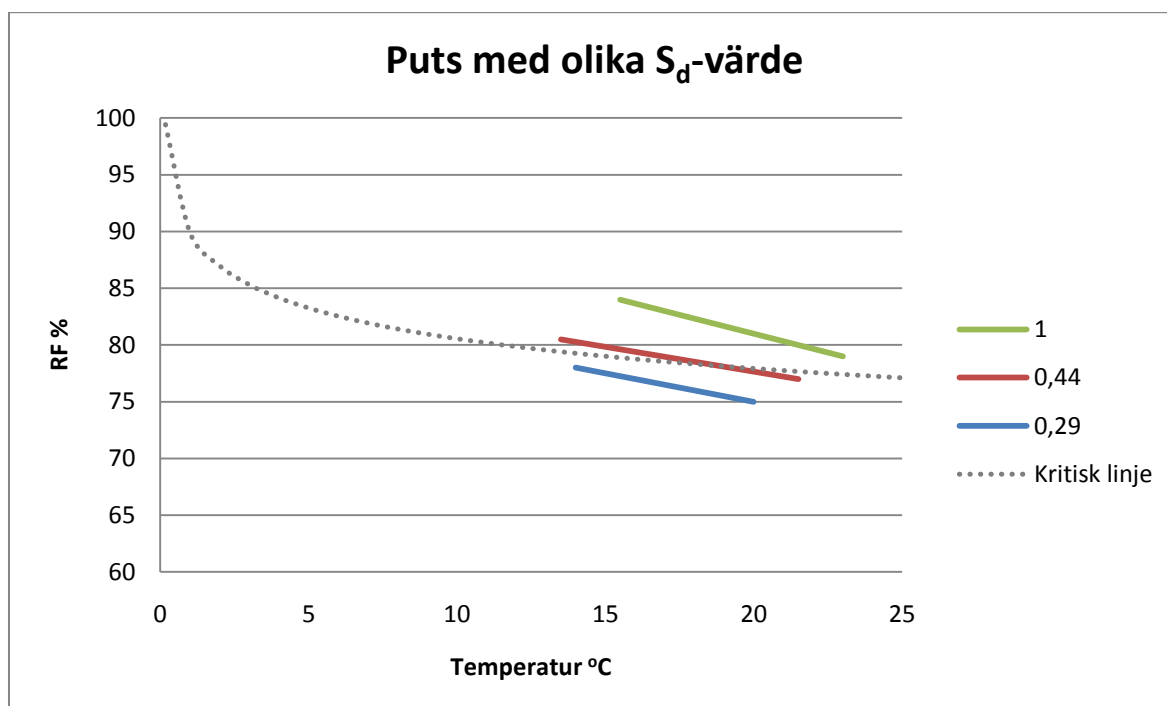


Diagram 12.10 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Jämförelse mellan puts med olika ånggenomgångsmotstånd.

12.2.9 Putsens kulör

Putsens kulör påverkar resultatet eftersom en vägg med mörkare puts får högre temperatur vilket medför en ökad risk för sommarkondens. Samtliga beräkningar ovan har utförts med ett absorptionstal för kortvågig strålning på 0,4 vilket motsvarar en ljus puts. I detta test ändrades absorptionstalet till 0,8 vilket motsvarar en mörk puts.

RF i gränsen mellan mineralullen och plastfolien blir som mest 75 procent vilket visar att det enligt denna beräkning inte finns risk för sommarkondens.

12.2.10 Konstruktion utan StoGold Coat

I samtliga beräkningar ovan, undantaget beräkning 12.2.1, har samma väggkonstruktion använts. I denna beräkning har vi testat att ta bort skiktet med StoGold Coat helt. Eftersom StoGold Coat är tät mot fritt vatten och enbart släpper genom vatten via diffusion undersökte vi med denna beräkning vad som händer om vatten kan spridas mer fritt in i konstruktionen.

I väggen utan StoGold Coat blir RF ca 5 procent högre än i referensberäkningen 12.2.4. Resultaten ytterst i mineralullen visas i diagram 12.11.

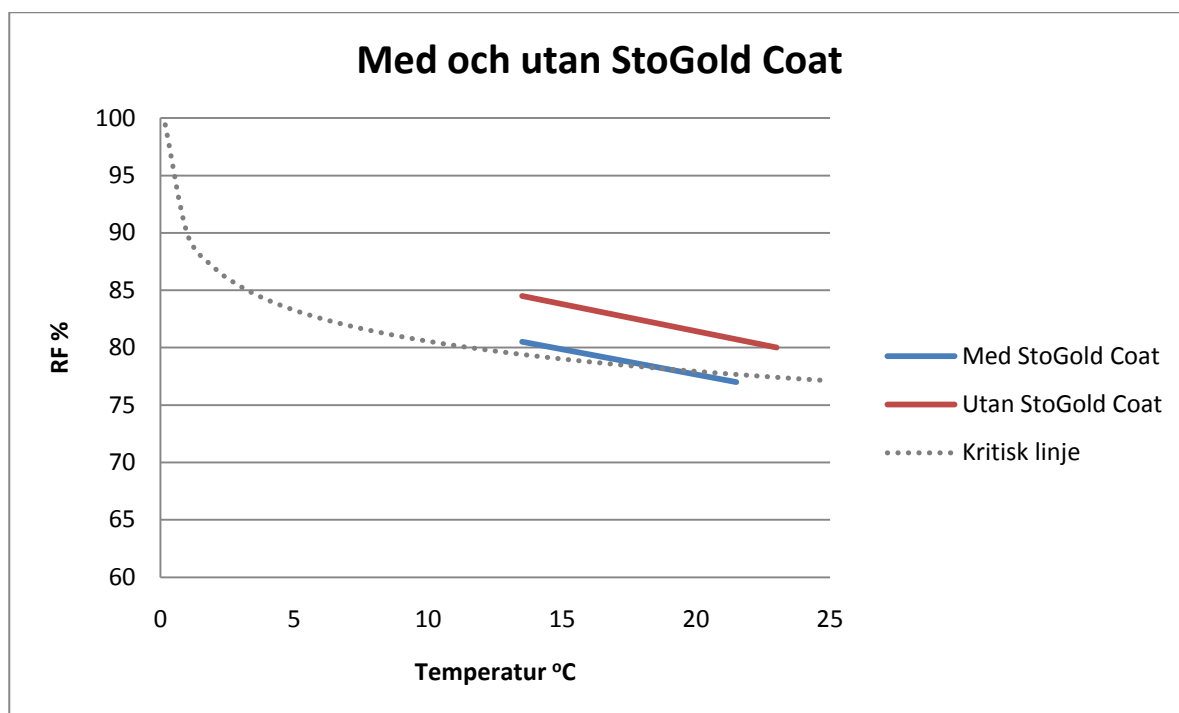


Diagram 12.11 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Jämförelse av vägg med och utan StoGold Coat.

12.2.11 Modifierad vägg

Efter att ha gjort beräkningen utan StoGold Coat ville vi även testa en beräkning med ett helt tätt skikt utanför vindskyddsskivan. Väggen modifierades därför och StoGold Coat byttes mot en plastfolie med μ -värde 1 500 000. Den invändiga plastfolien togs bort helt för att undvika att bygga in träreglarna mellan två täta skikt. Inga andra ändringa gjordes i väggen. Denna beräkning visade ett alldeles för högt RF, ytterst i mineralullen, under vintern. Det beror på att temperaturen här blir väldigt låg under vintern.

För att få en högre temperatur i den yttre delen av regelskiktet ändrades fördelningen av isolering i väggen. Vi ökade Ignucell-skivans tjocklek till 150 mm. Det invändiga skiktet med regler och mineralull minskades till 95 mm. Resultatet från yttersta delen i mineralullen visas i diagram 12.12.

I denna vägg kommer eventuell sommarkondens att ske mot plastfolien och kan därför inte skada träreglarna eftersom dessa sitter innanför plastfolien.

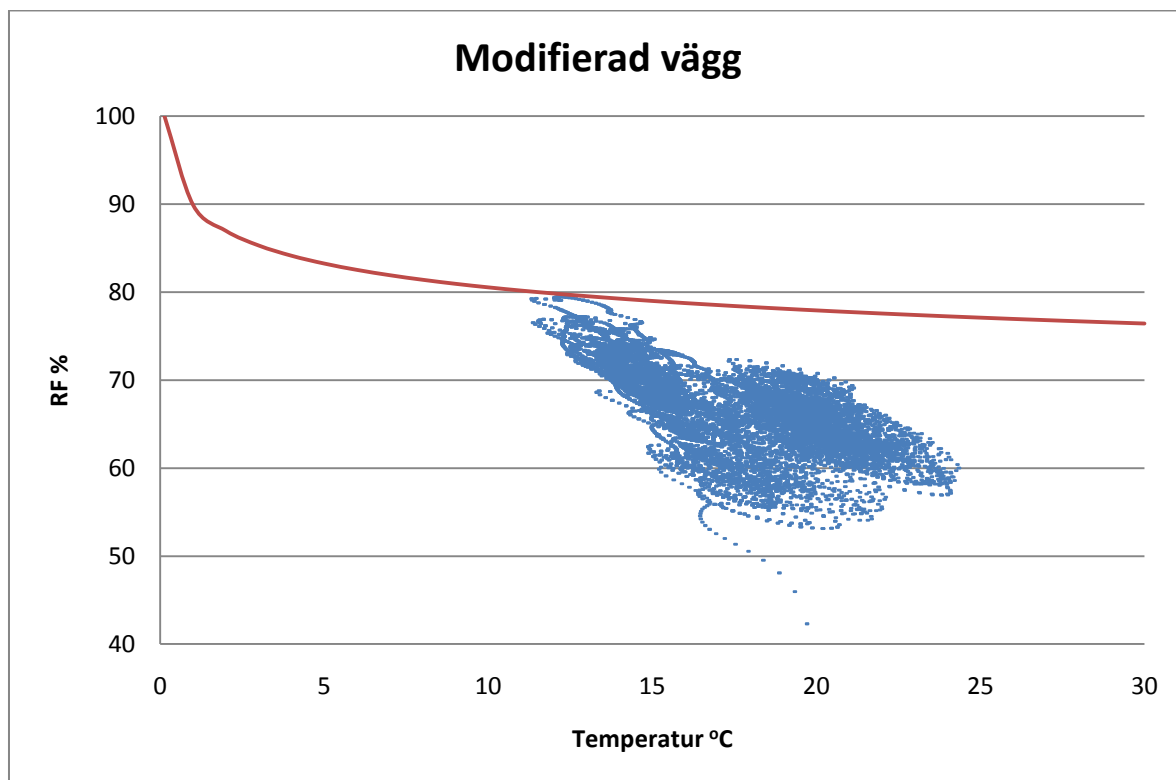


Diagram 12.12 Fukttillståndet ytterst i mineralullen. Beräkning på en modifierad vägg.

12.3 Analys

Programmets begränsningar gör att resultatet av en beräkning inte helt motsvarar verkligheten. Resultaten från beräkningar i WUFI kan inte ensamma säga om en konstruktion klarar sig eller inte. Men tillsammans med kunskap om systemets funktion kan en analys av beräkningarna ändå ge en uppfattning om hur fukttillståndet och konstruktionen påverkas.

Vid fuktberäkningar finns det många parametrar att ta hänsyn till. Beroende på hur man väljer indata kommer beräkningarna visa på olika saker. Vilka indata som är relevanta, och vad man vill visa med en beräkning, kan alltid diskuteras. Vi har därför försökt motivera vårt val av indata, för att öka förståelsen för hur vi har tänkt och vad vi vill ha ut av de beräkningar som genomförts.

I några beräkningar ligger isopleter över den kritiska linjen. Då varje isopleter motsvarar en timme kan vi se att det endast är under en begränsad tid som förhöjda fukttillstånd uppnås. Bara för att isopleterna under en period ligger över kritiska linjen innebär inte det att mögelpåväxt uppstår, det visar bara att det finns en förhöjd risk för påväxt. Även om alla isopleter ligger under kritiska linjen föreligger alltid en risk för påväxt.

När vi sätter en begynnelsefukthalt i Ignucell-skivan räknar WUFI med att hela väggen har denna fukthalt. I verkligheten skulle troligtvis inte hela väggen bli så blöt utan begynnelsefukthalten kanske bara uppnås lokalt vid inläckagepunkten. Uttorkning kommer därför kunna ske tredimensionellt vilket ger en snabbare uttorkning.

Absorptionstalet för regnvatten var i våra beräkningar satt till 0. Detta eftersom putsen som ska användas i systemet är vattenavvisande. Vid regnprovning på SP såg vi att putsen under ytan inte var fuktig efter att väggen hade utsatts för regn och vindtryck under flera timmar.

För begynnelsefukthalten i materialen har vi i beräkningarna utgått från WUFIs default värden, vilket innebär att väggen är i jämvikt med 80 procent RF vid start. Vi startar vår beräkning i maj, då det är lägre RF ute. Detta ger en förhöjd begynnelsefukthalt för StoEco Board vilket kan ge en negativ påverkan på fukttillståndet i resultatet.

Vi utförde våra beräkningar med startdatum 15 maj eftersom vi trodde att sommarkondens var ett problem. Det visade sig dock att en beräkning med start 1 september får ett högre fukttillstånd. Detta eftersom det tar längre tid för väggen att torka ut på hösten då temperaturen är lägre och det regnar mer. Då antalet isopleter ovan den kritiska linjen var begränsat anser vi att det inte är någon större risk för påväxt.

13 Resultat

Vatten som läcker in i Ignucell Protect kan nå bak till vindskyddsskivan. I StoTherm Vario D fasadsystem är vindskyddsskivan skyddad av StoGuard som är vattenavvisande. Det fria vattnet bör därför inte skada vindskyddsskivan.

Vattnets väg genom skivan kan inte säkert förutbestämmas. Vattnet rinner på en vågformad väg genom skivan men sprids även ut i skivan. I interlockskarven mellan skivorna rinner vattnet framåt mot spetsen på skarven.

Skivan har en väl fungerande dränering. Dräneringen startar snabbt efter att man tillfört vatten och det mesta vattnet dräneras ut i interlockskarvens spets. Skivan kan trots detta hålla en betydande mängd vatten.

Den fukt som kan hållas i skivan efter ett stort inläckage kan lokalt orsaka förhöjda fukthalter i väggen. Under korta perioder kan kritiska nivåer för relativa fuktigheten överstigas.

Beräkningarna i WUFI visar att det inte finns någon större risk för påväxt och skador.

Fuktdiffusion inåt som drivs av värmen kommer att uppstå. Beräkningsresultaten visar inte på någon risk för sommarkondens.

Skivans kapillära stighöjd är <15 mm.

14 Diskussion

Samtliga tester som genomförts har vi designat själva eller med hjälp av handledare. Vattenflöde och total mängd vatten, som skivan utsatts för under test, har vi uppskattat med utgång från tidigare utförda tester. Det går inte att säkert säga vad som är relevanta mängder vatten för ett inläckage. Dessa faktorer har stor inverkan på resultatet av våra tester. Vi kan därför inte få fram ett svar på vårt syfte och vår frågeställning som gäller under alla omständigheter. Men testerna ger en uppfattning om hur skivan och systemet beter sig och vi kan därför genom diskussion komma fram till vissa slutsatser.

I resultaten från dräneringstester ser vi att skivan dränerar ut en stor del av det vatten som tillförs. Dock kan det trots god dränering bli en betydande mängd vatten kvar i skivan.

Vid små mängder tillfört vatten vet vi inte hur mycket vatten som stannar i skivan, men det blir i alla fall mindre än de mängder vi gjort beräkningar med. Därför bör det inte påverka fukttillståndet så mycket att en större risk uppstår.

Även vid vattenspårningstestet dränerades en stor del av det tillförda vattnet ut. Det visar att mängden dränerat vatten är stor trots att vattnet dränerats en längre väg. Rinner vattnet genom en högre vägg borde en större del av vattnet stanna i väggen. Detta borde dock få en begränsad påverkan eftersom vattnet då sprider sig över en större del av väggen, fukthalten per kvadratmeter borde bli ungefär densamma.

Dräneringstestet och vattenspårningstestet är utförda med olika metoder. I dräneringstestet tillfördes vatten utmed skivans hela längd, vid vattenspårningstestet tillfördes vattnet i en punkt. Om samma mängd vatten skulle tillföras i de båda testen skulle en betydligt större mängd vatten skulle stanna i skivan där det tillsätts över hela längden. Detta innebär att inläckagepunktens storlek spelar stor roll för fukttillståndet i väggen.

Ignucell Protect har en öppen porstruktur, som borde göra att tryckdifferensen uppstår över vindskyddsskivan. Det innebär att en drivkraft som annars skulle kunna föra med sig fukt in i väggen minimeras. Det påverkar systemet positivt och gör det säkrare mot fukt.

Både i dräneringstestet och under testet för jämviktsfuktkurvan såg vi att Ignucell Protect-skivan minskade i vikt efter att ha spolats med vatten. Detta var något vi upptäckte av en slump när vi vägde skivan för testerna. En extra kontroll av detta genomfördes med resultatet att ingen viktminskning kunde upptäckas.

På Cellplast Direkt har man utfört ett test av hur hållfastheten påverkas av vattenbegjutning. Under testet lades skivan i vatten under två dygn och fick sedan torka under sju dygn. Innan skivan utsattes för vatten hade den en

tryckhållfasthet på 84 kPa, efter att den torkat hade den en tryckhållfasthet på 82 kPa. Vi ser av detta test, som finns i bilaga 2, att tryckhållfastheten enbart påverkas marginellt av vattenbegjutningen.

Vi vet inte vad viktnedgången beror på. En förklaring skulle kunna vara formsläppet som Jalakas nämnde. Vår teori är att det sker en urlakning när skivan sköljs igenom med vatten. Detta skulle i så fall också kunna förklara varför vår jämviktsfuktkurva skiljer sig från det normala. Stämmer denna teori borde vår absorptionskurva ligga lägre om även dessa provbitar blötlagts innan de torkades, detta eftersom materialet då skulle kunna hålla mindre fukt. Desorptionskurvan borde i så fall ligga på rätt nivå som den är nu.

För beräkningarna i WUFI är det av mindre betydelse att jämviktsfuktkurvan fått avvikande resultat. Vid beräkningarna har vi använt oss av den översta kurvan för att få värsta fallet, en lägre kurva skulle ge ett bättre resultat på beräkningarna.

Vi tycker att viktnedgången, trots att den inte påverkade tryckhållfastheten, borde undersökas noggrannare för att hitta en förklaring. Dessutom borde en ny jämviktsfuktkurva tas fram, där samtliga provbitar blötlagts, för att få rätt kurvor för absorptionen.

Beräkningar i WUFI har gjorts med olika inställningar för att se när störst risk för sommarkondens föreligger. Ingen beräkning visar att kondens mot plastfolien uppstår.

Det som kan orsaka problem och förhöjd relativ fuktighet i väggen är istället uttorkningen. Om skivan är blöt och inte tillåts torka ut nås för höga RF under en längre period vilket kan orsaka påväxt. På våren när de flesta beräkningar gjorts är väggen blöt men höga temperaturer utomhus ger en snabb uttorkning vilket leder till att RF endast under ett par dagar ligger över kritiska nivån. Väggen kommer då sannolikt att klara sig från skador. När man gör en beräkning på hösten med samma begynnelsefukthalt i skivan ligger RF under en något längre tid över den kritiska nivån. Det beror på att temperaturen är lägre och uttorkning därför inte sker lika fort. Uttorkningen kan dessutom försenas ytterligare genom att det på hösten ofta regnar vilket i vårt fall leder till nya inläckage. Trots att fler isopleter ligger över kritiska linjen är det inte heller här någon större risk för påväxt.

Vid en jämförelse med den traditionella enstegstätade fasaden visar beräkningen att en vägg med StoTherm Vario D har en betydligt lägre risk för fuktskador. I diagrammen ser vi att StoTherm Vario D har åtminstone 15 procent lägre RF. Baserat på dessa beräkningsresultat har denna vägg en betydligt lägre risk för fuktskador.

Vi ser i vattenspårningstestet att vatten kan rinna bak genom skivan till vindskyddsskivan. Hade inte StoGuard funnits där hade skivan bakom kanske kunnat suga upp fritt vatten som sedan hade kunnat orsaka förhöjda nivåer på relativa fuktigheten. Beräkningar i WUFI utan StoGuard visar förhöjda nivåer

på relativa fuktigheten i mineralullen. StoGuard är alltså en viktig komponent i systemet.

Beräkning i WUFI visar att de av Sto rekommenderade putserna ger ett lägre RF än om man byter till ett puts med högre ånggenomgångsmotstånd. Man bör därför inte byta ut den rekommenderade putsen utan att vara införstådd med hur det påverkar väggen.

I texten från Boverket nämns tre orsaker som Boverket anser gör att en traditionell enstegstätad vägg är felaktig. Vi anser att i en vägg med StoTherm Vario D har man åtgärdat dessa felaktigheter. Vatten som tränger in bakom fasadskiktet kan dräneras ut. Beräkningarna med begynnelsefukthalt visar att vatten kan ackumuleras i väggen utan att det löper stor risk att skada konstruktionen. Ignucell Protect och de putser som rekommenderas för systemet är diffusionsöppna vilket gör att fukt inte stängs in i väggen.

15 Slutsats

Enligt beräkningar i WUFI finns ingen anledning att tro att väggen inte skulle klara den fuktbelastning den kan utsättas för.

Våra tester visar på en god dränering som gör att en betydligt mindre del av det vatten som tränger in i Ignucell Protect-skivan kan stanna kvar och skada väggen. Systemet är dessutom uppbyggt av diffusionsöppna material vilket gör att det vatten som blir kvar i skivan tillåts torka ut.

Utifrån våra beräkningar samt eliminerande av de felaktigheter, i en enstegstätad fasad, som Boverket tar upp anser vi att StoTherm Vario D fasadsystem är en bättre lösning än den traditionella enstegstätade fasaden. Fuktproblemen och antalet skadade fasader hade troligen varit färre om man hade byggt med StoTherm Vario D fasadsystem. Relativa fuktigheten kan under vissa omständigheter nå förhöjda nivåer och då föreligger alltid en risk att skador uppstår. Beräkningar i WUFI visar dock att dessa förhöjda nivåer endast varar under kortare perioder och risken att skador uppstår är därför liten.

Under tester av Ignucell Protect har vi upptäckt ett par egenskaper hos skivan som vi anser borde undersökas lite djupare, vad beror viktminskningen på och hur påverkar det resultatet på jämviktsfuktkurvan?

Vi anser att StoTherm Vario D verkar vara en fuktsäker lösning och ett bra alternativ för enstegstätade fasader. Dock tycker vi att det vore relevant att utföra undersökningar på verkliga byggnader med detta system innan man helt säkert kan verifiera systemets fuktsäkerhet.

16 Litteraturförteckning

ASHRAE. (den 12 September 2008). Proposed New Standard 160, Design Criteria for Moisture-Control Design Analysis in Buildings. Atlanta, USA.

Bogren, H., & Jalakas, J. (den 13 April 2011). Ignucell Protect . (S. Erlandsson, & M. Pettersson, Intervjuare)

Boverket. (den 15 Maj 2009). *Boverket:Om Boverket*. Hämtat från Boverket: http://www.boverket.se/Global/Om_Boverket/Dokument/nyhetsbrev/boverket%20_informerar/2009/2009_3.pdf den 7 Mars 2011

Boverket. (2008). *Regelsamling för byggande, BBR 2008*. Karlskrona: Boverket.

Burström, P. G. (2008). *Byggnadsmaterial Uppbyggnad, tillverkning och egenskaper*. Lund: Studentlitteratur.

Cellplast Direkt Sverige AB. (u.d.). *Cellplast Direkt Sverige AB Företaget*. Hämtat från Cellplast Direkt Sverige AB: <http://www.cellplastdirekt.se/foretaget.htm> den 16 Mars 2011

Engerup, C. (2008). *Enstegstätning av putsade fasader - En fallstudie om beslutsfattandet kring tekniska lösningar i byggprocessen*. Lund: Institutionen för byggvetenskaper, Lunds Tekniska Högskola.

Ignucell. (u.d.). *Ignucell Interlocksysteem*. Hämtat från Ignucell: http://ignucell.se/?page_id=62 den 16 Mars 2011

Isaksson, T., Thelandersson, S., Ekstrand-Tobin, A., & Johansson, P. (2010). Critical conditions for onset of mould growth under varying climate conditions. *Building and Environment* , 45 (7), 1712-1721.

Jalakas, J. (den 9 Mars 2011). Ignucell . (S. Erlandsson, & M. Pettersson, Intervjuare)

Jansson, A., Samuelson, I., & Mjörnell, K. (2007). Skador i putsade träregelväggar. *Bygg & Teknik nr 1* , ss. 69-72.

Nevander, L. E., & Elmarsson, B. (2008). *FUKT handbok*. Stockholm: Svensk Byggtjänst.

Samuelson, I., & Jansson, A. (2009). *Putsade regelväggar*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Samuelson, I., Mjörnell, K., & Jansson, A. (2007). *Fuktskador i rutsade, odränerade träregelväggar - lägesrapport oktober 2007*. Borås: SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut.

Sandin, K. (2007). *Praktisk Husbyggnadsteknik*. Lund: Studentlitteratur.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. (den 15 Februari 2011). Studiebesök. Borås.

- Sto 1. (den 27 September 2010). *Teknikst Faktablad StoLotusan K*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoLotusan_K_tds_SE.pdf den 5 April 2011
- Sto 2. (den 10 Januari 2011). *Teknikst Faktablad StoSilco K*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoSilco_K_tds_SE.pdf den 5 April 2011
- Sto 3. (den 10 Januari 2011). *Teknikst Faktablad StoSilco R*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoSilco_R_tds_SE.pdf den 5 April 2011
- Sto 4. (den 1 April 2005). *Tekniskt Faktablad Sto Systemputs*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoSystemputs_tds_SE.pdf den 06 April 2011
- Sto 5. (den 28 Februari 2011). *Tekniskt Faktablad StoEco Board*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoEco_Board_tds_SE.pdf den 6 April 2011
- Sto 6. (den 24 Augusti 2009). *Tekniskt Faktablad StoGold Coat*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoGold_Coat_tds_SE.pdf den 6 April 2011
- Sto 7. (den 1 September 2006). *Tekniskt Faktablad StoPrep Miral*. Hämtat från http://www.sto.com/webdocs/0208/sto_se/produkter/tds/StoPrep_Miral_tds_SE.pdf den 6 April 2011
- Sto Scandinavia AB. (Mars 2008). *StoGuard Utvändigt fuktskydd*. Hämtat från http://sto.se/44474_SE-Broschyrer-StoGuard_-Utvaendigt_fuktskydd.pdf den 8 April 2011
- Sto Scandinavia AB. (Januari 2011). *StoTherm Vario D - Det dränerande fasadsystemet för kombinationslösningar*. Sto Scandinavia AB.
- Wallentén, P. (den 26 April 2011). *Byggnadsfysik och WUFI*. (S. Erlandsson, & M. Pettersson, Intervjuare)
- WUFI. (den 18 Mars 2011). *WUFI Välkommen*. Hämtat från [WUFI.se: http://www.wufi.se/Valkommen.html](http://www.wufi.se/Valkommen.html) den 11 April 2011

Bilaga 1- BBR Kapitel 6:5 Fukt

6:5 Fukt

6:51 Allmänt

Byggnader ska utformas så att fukt inte orsakar skador, elak lukt eller hygieniska olägenheter och mikrobiell tillväxt som kan påverka människors hälsa. (BFS 2006:12).

Allmänt råd

Kraven i avsnitt 6:5 bör i projekteringsskedet verifieras med hjälp av fuktsäkerhetsprojektering. Även åtgärder i andra skeden i byggprocessen påverkar fuktsäkerheten.

Byggnader, byggprodukter och byggmaterial bör under byggtiden skyddas mot fukt och mot smuts. Kontroll av att material inte har fuktskadats under byggtiden bör ske genom besiktningar, mätningar eller analyser som dokumenteras. Uppgifter om hur fuktsäkerheten kan kontrolleras under byggtiden finns bl.a. i Byggutbildarnas skrift *Bygg- och kontrollteknik för småhus*.

Utförandet av byggnadsdelar och byggnadsdetaljer som har betydelse för den framtida fuktsäkerheten bör dokumenteras. (BFS 2006:12).

6:511 Definitioner <i>Fukttillstånd:</i>	Nivå på fuktförhållanden i ett material. Fukttillståndet för material kan beskrivas som fukthalt, fuktkvot, relativ fuktighet m.m.
<i>Kritiskt fukttillstånd:</i>	Fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte uppfylls.
<i>Fuktsäkerhetsprojektering:</i>	Systematiska åtgärder i projekteringsskedet som syftar till att säkerställa att en byggnad inte får skador som direkt eller indirekt orsakas av fukt. I detta skede anges även de förutsättningar som gäller i produktions- och förvaltningsskedet för att säkerställa byggnadens fuktsäkerhet.
(BFS 2006:12).	

6:512 har upphävts genom (BFS 2006:12).

6:52 Högsta tillåtna fukttillstånd

Vid bestämning av högsta tillåtna fukttillstånd ska kritiska fukttillstånd användas varvid hänsyn tas till osäkerhet i beräkningsmodell, ingångsparametrar (t.ex. materialdata) eller mätmetoder.

För material och materialytor, där mögel och bakterier kan växa, ska väl undersökta och dokumenterade kritiska fukttillstånd användas. Vid bestämning av ett materials kritiska fukttillstånd ska hänsyn tas till eventuell nedsmutsning av materialet. Om det kritiska fukttillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat ska en relativ fuktighet (RF) på 75 procent användas som kritiskt fukttillstånd. (BFS 2006:12).

Allmänt råd

Vid bestämning av kritiska fukttillstånd för ett material kan hänsyn behöva tas till

- när tillväxt av mögel och bakterier börjar,
- när oacceptabla kemiska och elektrokemiska reaktioner sker,
- när oacceptabla fuktrörelser sker,
- när transportprocesser för fukt, joner och andra vattenlösliga ämnen påverkas i oacceptabel omfattning,
- förändringar av mekaniska egenskaper,
- förändringar av termiska egenskaper,
- angrepp av rötsvamp och
- angrepp av virkesförstörande insekter.

De kritiska fukttillstånden för olika material är inte i detalj kända. Uppgifter om kritiska fukttillstånd kan normalt fås av materialtillverkare eller importör. (BFS 2006:12).

6:53 Fuktsäkerhet

Byggnader ska utformas så att varken konstruktionen eller utrymmen i byggnaden kan skadas av fukt.

Fukttillståndet i en byggnadsdel ska alltid vara lägre än det högsta tillåtna fukttillståndet om det inte är orimligt med hänsyn till byggnadsdelens avsedda användning. Fukttillståndet ska beräknas utifrån de mest ogynnsamma förutsättningarna. (BFS 2006:12).

Allmänt råd

Vid en fuktsäkerhetsprojektering bör hänsyn tas till de kombinationer av material som ingår i byggnadsdelen. Detta för att fukttillståndet i material och i materialgränser inte på ett oförutsägbart sätt ska kunna överskrida det kritiska fukttillståndet under så lång tid att skador kan uppstå.

Det kan ibland ta lång tid för en byggnadsdel eller konstruktionsdetalj att bli fuktig. Detta bör beaktas då man jämför det beräknade eller uppskattade fukttillståndet med det högsta tillåtna fukttillståndet.

För väggar med regnskydd och bakomliggande ventilerad luftspalt gäller inte kravet på högsta tillåtna fukttillstånd för påväxt av mögel och bakterier för själva regnskyddet.

Vid bedömning av fukttillståndet, såväl under byggtiden som i den färdiga byggnaden, bör hänsyn tas till förekommande fuktkällor (fuktbelastning). Fuktbelastningens storlek, varaktighet och frekvens bestäms utifrån lokala förhållanden. Följande fuktkällor kan förekomma

- 1) Nederbörd
- 2) Luftfukt, utomhus och inomhus
- 3) Vatten i mark (vätskefas och ångfas) samt på mark
- 4) Byggfukt
- 5) Vatten från installationer m.m.
- 6) Fukt i samband med rengöring

Ytterligare uppgifter om fuktbelastningar finns i Svensk Byggtjänsts handbok *Fukthandbok – praktik och teori*, avsnitt 51. (*BFS 2006:12*).

6:531 Lufttäthet

Allmänt råd

För att undvika skador på grund av fuktkonvektion bör byggnadens klimatskiljande delar ha så god lufttäthet som möjligt. I de flesta byggnader är risken för fuktkonvektion störst i byggnadens övre delar, dvs. där det kan råda invändigt övertryck.

Särskild omsorg att åstadkomma lufttäthet bör iakttas vid höga fuktbelastningar som i badhus eller vid särskilt stora temperaturskillnader.

Lufttätheten kan påverka fukttillståndet, den termiska komforten, ventilationen samt byggnadens värmeförluster.

Metod för bestämning av luftläckage finns i SS-EN 13829. Vid bestämning av luftläckaget bör även undersökas om luftläckaget är koncentrerat till någon byggnadsdel. Om så är fallet kan risk finnas för fuktskador. (*BFS 2006:12*).

Bilaga 2- Vattenbegjutnings påverkan på hållfastheten



Test water resistance and compression strength after 7 days of drying.

Testing dates: 22-24:th Feb, 3:rd Mar 2011

BASF226 and SP1103 (yellow) are the components.
Ignucell 80 Protect, production date 2:nd Feb 2011.

Description	Compression strength 10% deformation [kPa]	+2d H ₂ O+2h RT [kPa]	+2d H ₂ O+4d RT [kPa]	+7d RT [kPa]
IP80100 2/2-11	84	76	82	82
Density [kg/m ³]	33,6 Reference	66,4 wet	35,4	33,5

Comments:

After 4 days of sample being in room temperature, the sample is recovered.

20110309/HB

Bilaga 3- SP rapport, vattenpermeabilitet och kapillär stighöjd



RAPPORT

Datum 2010-05-21 Beteckning FX010287 Sida 1 (1)

Handläggare, enhet
Habib Soleimani-Mohseni, le
Bygg och Mekanik
010-516 58 26, Habib.Soleimani-Mohseni@sp.se

Cellplast Direkt Sverige AB
Box 127
312 22 Laholm

Bestämning av vattenpermeabilitet och kapillär stighöjd (1 bilaga)

Föremål

En cellplastskiva betecknad Ignucell 60

Ankomstdatum

2010-03-31

Av uppdragsgivaren inlämnades en blå cellplastskiva med måtten ca 600x1200x100 mm. Skivan var betecknad Ignucell 60. På det inlämnade provet har vattenpermeabilitet och kapillär stighöjd bestämts.

PROVNINGSRESULTAT

Vattenpermeabilitet

I det bifogade diagrammet, bilaga 1 redovisas vattenpermeabiliteten som funktion av tryckgradienten, uppmätt på två provkroppar från cellplastskivan.

I samband med provningen av vattenpermeabilitet bestämdes provkropparnas vikt före och efter provning. Fuktkvoten beräknades till 96%.

Kapillär stighöjd

Efter 28 dygns provningstid bestämdes fuktinnehållet på olika nivåer i två provkroppar, varvid följande värden erhöles.

Provskena betecknad	Provets läge från botten räknat	Fuktkvot, vikt-%		
		Prov 1	Prov 2	Medelvärde
S 60	0-10 mm *)	69	74	72
	10-25 mm	54	53	54
	25-40 mm	1,2	0,8	1,0

Anm: *) Den del av provkroppen som legat under vattenytan.

Provningdatum: 2010-04-19 – 05-17

SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut
Bygg och Mekanik - Hållfasthet och konstruktion

Jan Hilding
Tekniskt ansvarig

Soleimani-M, Habib
Habib Soleimani-Mohseni
Teknisk handläggare

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

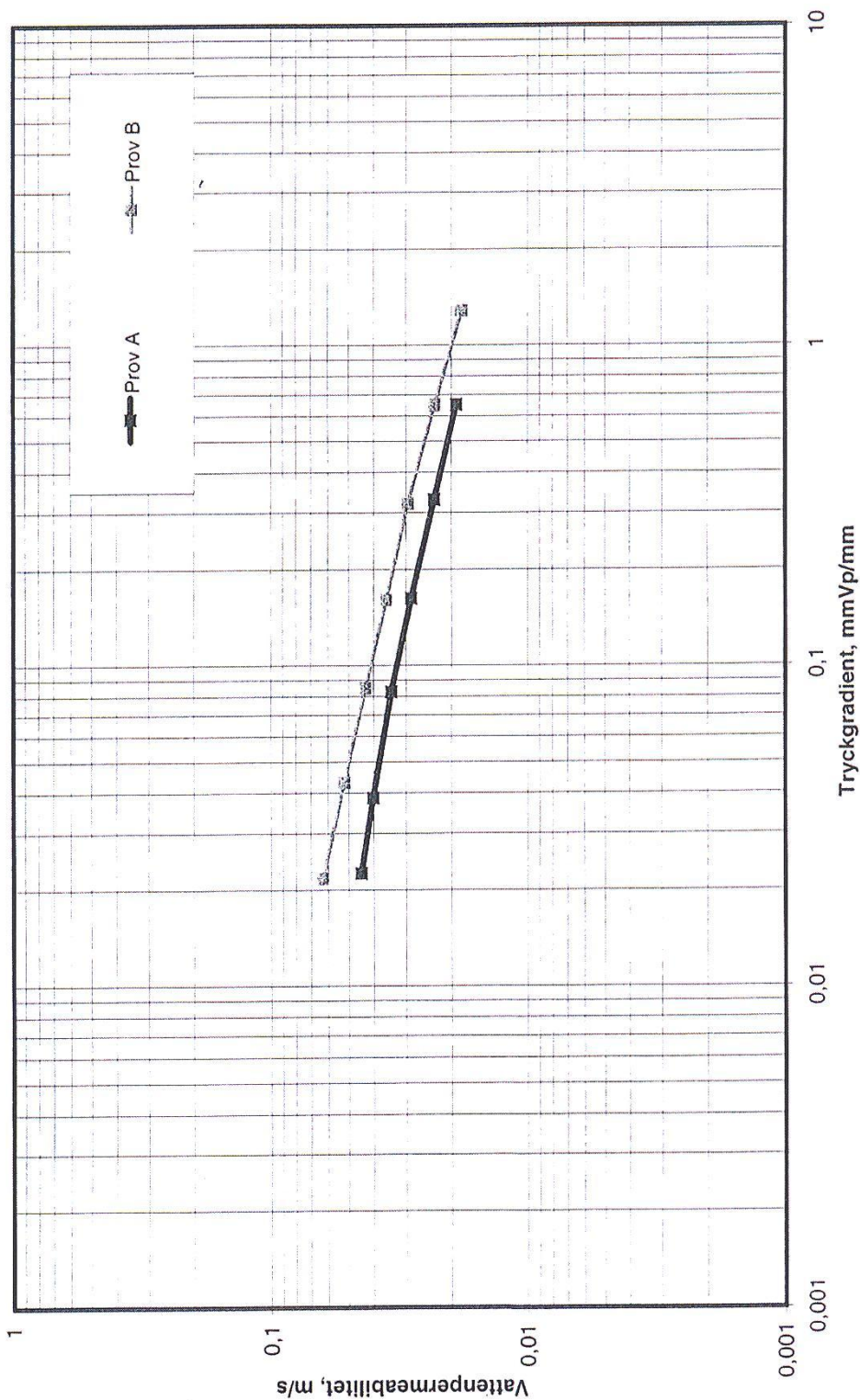
Postadress
SP
Box 240 36
400 22 Göteborg

Besöksadress
Gibraltargatan 35
Göteborg

Tfn / Fax / E-post
010-516 58 00
031-16 12 95
info@sp.se

Detta dokument får endast återges i sin helhet, om inte SP i förväg skriftligen godkänt annat. Provningsresultaten avser endast de provade föremålen.

Dräneringsskiva av polystyrencellplast, IgnuCELL 60
Vattenpermeabilitet.
Tjocklek: 100 mm



Bilaga 4- SP rapport, ånggenomgångsmotstånd



RAPPORT

utfärdad av ackrediterat provningslaboratorium

Kontaktperson
Eva-Lotta Kurkinen
Energiteknik
010-516 51 77, Eva-Lotta.Kurkinen@sp.se

Datum 2011-03-30
Beteckning PX10757rev1
Sida 1 (1)



Cellplast Direkt Sverige AB
Helena Bogren
BOX 127
312 22 Laholm

Bestämning av ånggenomgångsmotstånd

(1 bilaga)

Provföremål

Provningen avser ett cellplastmaterial. Ett paket med Ignucell isolerskivor (dimension 1200x600x100mm) levererades oskadat till SP ETi. Materialproven valdes ut av uppdragsgivaren. Tre mindre provbitar med dimension 250x250x100mm togs ut från det levererade materialet.

Förberedelser och klimatisering av provföremålen

Provföremålen klimatiserades i ett klimatrums i $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ och $(50 \pm 5)\%$ relativ fuktighet (RF) enligt standard EN ISO 12572:2001. Tre provföremål placerades på provskålar med måtten $250 \times 250 \text{ mm}^2$.

Provningsmetod

Bestämning av ånggenomsläpplighet enligt EN ISO 12572:2001. Klimatet var $(23 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ och $(50/93, \pm 3)\%$ RF.

Resultat

Provföremål	Ånggenomgångsmotstånd, Z_v [s/m]	Vattenångdiffusion – Ekvivalent luftlagertjocklek, s_d [m]
Ignucell	$3,1 \cdot 10^4$	0,85

Resultatet ovan är medelvärde från de tre provföremålen. Resultaten av de separata provningarna redovisas i bilaga 1. Mätosäkerheten och provdatum redovisas också i bilaga 1.

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut Energiteknik - Byggnadsfysik och innemiljö

Eva-Lotta Kurkinen
Utfört av

Bertil Jonsson
Granskat av

SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut

Postadress
SP
Box 857
501 15 BORÅS

Besöksadress
Västeråsen
Brinellgatan 4
Borås

Tfn / Fax / E-post
010-516 50 00
033-13 55 02
info@sp.se

Laboratorier ackrediteras av Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll (SWEDAC) enligt svensk lag. Denna rapport får endast återges i sin helhet, om inte utfärdande laboratorium i förväg skriftligen godkänt annat.



Bilaga

Resultat – Bestämning av ånggenomgångsmotstånd

Uppdragsgivare	Cellplast Direkt Sverige AB
Provningsdatum	2011-01-12—02-07
Provföremålets storlek	bredd, längd och tjocklek: ca 250x250x107 mm
Utrustning	Provsålarna var gjorda av rostfri metall med storleken (250x250x40) mm. Saltlösningen var $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (ammonium dihydrogen phosphate), 93 % RH.
Provningsklimat (medelvärden)	(23 ± 1) °C (51 ± 3) % RH (990 ± 30) hPa
Mätinstrument	Våg (noggrannhet ± 0,01 g)
Resultatets mätosäkerhet	Z: ± 8 %, (K=2)

Resultat

Provföremål	1	2	3
Viktändring, G, [kg/s] (regressionslinje)	$1,73 \cdot 10^{-8}$	$1,79 \cdot 10^{-8}$	$1,78 \cdot 10^{-8}$
Area [m ²]	0,0618	0,0616	0,0618
Vattenångpermeans, W_c , [kg/(m ² ·s·Pa)]	$2,27 \cdot 10^{-10}$	$2,37 \cdot 10^{-10}$	$2,39 \cdot 10^{-10}$
Ånggenomgångsmotstånd, Z_p , [m ² ·s·Pa/kg]	$4,41 \cdot 10^9$	$4,22 \cdot 10^9$	$4,18 \cdot 10^9$
Ånggenomgångsmotstånd, $Z_{v,2}$, [s/m]	$3,24 \cdot 10^4$	$3,10 \cdot 10^4$	$3,07 \cdot 10^4$
Vattenångdiffusion – Ekvivalent luftlagertjocklek, s_d , [m]	0,88	0,84	0,84
Ångpermeabilitet, δ_p , [kg/(m·s·Pa)]	$2,43 \cdot 10^{-11}$	$2,54 \cdot 10^{-11}$	$2,56 \cdot 10^{-11}$
Ångpermeabilitet, δ , [m ² /s]	$3,31 \cdot 10^{-6}$	$3,45 \cdot 10^{-6}$	$3,48 \cdot 10^{-6}$

Bilaga 5- Data för jämviktsfuktkurva

Desorption 97 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
B9	6,04	6,23	12,78				8,43	6,71	6,35	6,24	7,20	6,72	3,43	
E3	6,68	6,87	14,17				8,61	7,44	7,23	6,95	6,89	6,91	1,14	2,00
E6	5,50	5,69	12,32	11,12	9,42	6,99	5,64	5,63	5,65	5,65	5,82	5,78	1,42	
B3	8,07	8,32	17,53				9,91	9,13	8,79	8,52	8,40	8,41	1,70	
C4	7,66	7,90	19,26				10,49	9,01	8,54	8,17	7,96	7,96	1,48	1,66
E2	7,94	8,18	18,53	16,63	14,59	11,71	9,24	8,39	8,31	8,24	8,27	8,30	1,80	

Desorption 85 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
D2	7,28	7,50	15,12	9,41	7,38	7,37	7,37	7,36			7,37		0,45	
D6	5,54	5,70	12,54				5,60	5,59			5,60		0,31	0,40
D11	6,83	7,04	13,50				6,91	6,91			6,92		0,43	
C10	8,07	8,31	19,27				8,17	8,18			8,18		0,52	
D7	7,58	7,82	17,24				7,66	7,67			7,67		0,47	0,50
D10	8,04	8,29	18,02	11,32	8,48	8,13	8,13	8,13			8,14		0,51	

Desorption 76 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
B2	7,44	7,66	15,68				7,51	7,51			7,50		0,33	
B6	5,66	5,82	12,93				5,71	5,71			5,71		0,23	0,27
D9	6,11	6,30	12,98	6,35	6,16	6,16	6,15	6,16			6,16		0,24	
C8	7,96	8,20	19,67				8,03	8,03			8,03		0,38	
D2	7,78	8,03	17,97				7,86	7,86			7,86		0,36	0,36
E4	7,74	8,00	17,75	8,87	7,82	7,82	7,81	7,82			7,81		0,35	

Desorption 33 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
C3	6,66	6,85	15,09				6,69	6,69			6,69		0,18	
C6	5,64	5,80	13,41	5,67	5,68	5,67	5,67	5,67			5,67		0,15	0,15
C9	6,02	6,20	13,66				6,05	6,05			6,04		0,14	
B7	7,59	7,83	17,06				7,63	7,63			7,63		0,19	
C2	7,92	8,17	17,62				7,96	7,96			7,96		0,20	0,19
D4	7,30	7,53	16,52	7,34	7,34	7,34	7,34	7,34			7,33		0,17	

Absorption 97 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt	18-mar	21-mar	24-mar	29-mar	07-apr	12-apr	14-apr	18-apr	26-apr	03-maj	W	W _{medel}
		orörd	Dag: 0	3	6	11	20	25	27	31	39	46	kg/m ³	kg/m ³
B8	5,57	5,61	5,57	5,82	5,82	5,83	5,75	5,76	5,77	5,98	6,08	6,06	2,45	
B11	6,87	6,92	6,87				7,18	7,17	7,21	7,48	7,90	7,93	5,28	3,55
D4	6,16	6,20	6,16				6,41	6,39	6,43	6,65	6,84	6,75	2,93	
B9	8,07	8,12	8,07				8,45	8,46	8,50	8,80	8,95	9,01	4,68	
C3	7,96	8,01	7,96	8,45	8,41	8,43	8,32	8,33	8,36	8,75	9,27	9,20	6,22	5,15
E10	8,11	8,15	8,11				8,48	8,48	8,52	8,89	9,18	9,02	4,57	

Absorption 85 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt	18-mar	21-mar	24-mar	29-mar	07-apr	12-apr	14-apr	18-apr	26-apr	03-maj	W	W _{medel}
		orörd	Dag: 0	3	6	11	20	25	27	31	39	46	kg/m ³	kg/m ³
B5	6,15	6,18	6,15	6,24	6,23	6,24	6,23	6,23			6,24		0,46	
C4	6,27	6,32	6,27				6,37	6,37			6,37		0,50	0,47
E4	6,24	6,28	6,24				6,33	6,33			6,33		0,44	
B5	7,95	8,00	7,95				8,08	8,09			8,11		0,78	
C6	7,55	7,59	7,55	7,69	7,68	7,68	7,67	7,67			7,69		0,70	0,75
C9	8,08	8,13	8,08				8,22	8,21			8,24		0,79	

Absorption 76 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
C7	5,87	5,91	5,87				5,92	5,92			5,92		0,27	
D10	6,59	6,64	6,59				6,66	6,65			6,66		0,36	0,30
E5	6,01	6,04	6,01	6,06	6,06	6,06	6,06	6,05			6,06		0,26	
D5	7,63	7,68	7,63				7,72	7,72			7,72		0,44	
D9	8,06	8,11	8,06				8,15	8,15			8,15		0,47	0,45
E6	7,50	7,55	7,50	7,59	7,59	7,59	7,58	7,59			7,59		0,44	

Absorption 33 %

Provkropp	Torrsvikt	Vikt orörd	18-mar Dag: 0	21-mar 3	24-mar 6	29-mar 11	07-apr 20	12-apr 25	14-apr 27	18-apr 31	26-apr 39	03-maj 46	W kg/m ³	W _{medel} kg/m ³
C10	6,56	6,60	6,56				6,58	6,58			6,58		0,12	
D8	5,86	5,90	5,86				5,88	5,88			5,88		0,12	0,13
E10	6,49	6,53	6,49	6,51	6,52	6,52	6,51	6,51			6,52		0,16	
D3	7,68	7,72	7,68				7,70	7,70			7,70		0,12	
D11	8,27	8,33	8,27	8,30	8,31	8,30	8,30	8,30			8,30		0,15	0,15
E3	8,06	8,12	8,06				8,10	8,10			8,10		0,19	