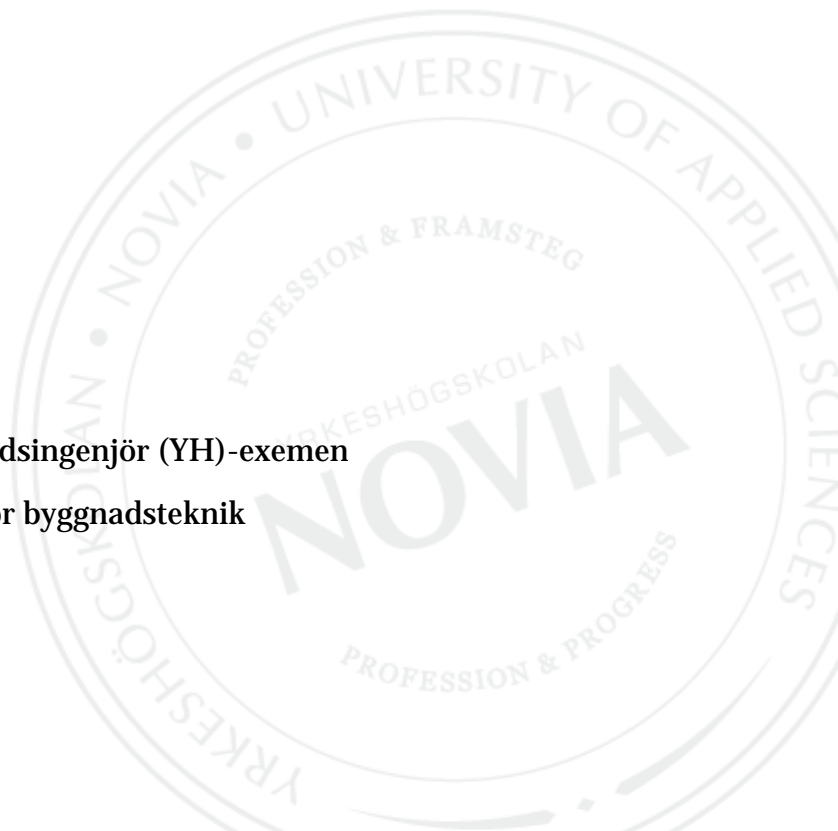


Byggnadsteknisk planering av fritidshus i skärgården

Jonathan Nylund

Examensarbete för byggnadsingenjör (YH)-examen
Utbildningsprogrammet för byggnadsteknik
Raseborg 2013



EXAMENSARBETE

Författare: Jonathan Nylund
Utbildningsprogram och ort: Byggnadsteknik Raseborg
Inriktning/alternativ/Fördjupning: Konstruktionsplanering
Handledare: Towe Andersson

Titel: *Byggnadsteknisk planering av fritidshus i skärgården*

Datum 1.4.2013 Sidantal 42 Bilagor 18

Abstrakt

Det här ingenjörsarbetet har gjorts för att utreda vilka konstruktionstyper och materialval som bäst lämpar sig för fritidshus i allmänhet samt för en sommarstuga som skall planeras och byggas i Ekenäs skärgård på ön Kalvön.

Ett vanligt problem för sommarstugor som står uppvärmda under vinterhalvåret i skärgårdens påfrestande miljö är fuktskador i konstruktionen med mikrobväxt som följd. Förutom att den fuktiga luften inne och i konstruktionen ställer till bekymmer, orsakar den variation i temperatur och fuktighet mellan inne- och uteluften, vilket leder till att det periodvis sker fuktvandring utifrån inåt i konstruktionen. Den vattenånga som rör sig inåt i konstruktionen kan i vissa förhållanden sedan kondenseras mot kallare ytor i konstruktionen. För att få en uppfattning om hur stor risken för fuktskador är har jag gjort en fuktteknisk undersökning där jag utfört luftmätning och beräkningar med programmet Dof-Lämpö 2.2 för ett befintligt trähus utan underhållsvärme i skärgården. I arbetet tas även upp vissa planeringskrav, teori om fukt och fuktvandring samt eventuella åtgärder som man kan göra för att undvika fuktproblem.

När man skall planera en byggnad som skall klara av att stå uppvärmd i skärgården under långa perioder kan det vara bra att känna till vilka materialval som passar bäst som vindskydd, värmeisolering och luftspärr. Därför har jag i arbetet jämfört olika materials funktion och egenskaper. Som resultat av hela arbetet presenteras de konstruktionslösningar och materialval som gjorts för sommarstugan som skall byggas i Ekenäs skärgård.

Språk: Svenska Nyckelord: Planering, fritidshus, fuktproblem, fuktteknisk undersökning

BACHELOR'S THESIS

Author: Jonathan Nylund
Degree Programme: Construction Engineering, Raseborg
Specialization: Structural Engineering
Supervisors: Towe Andersson

Title: *Planning the Building Structure of a Summer House in the Archipelago/
Byggnadsteknisk planering av fritidshus i skärgården*

Date 1.4.2013 Number of pages 42 Appendices 18

Summary

This work has been done to investigate which types of structures and materials that are best suited for summer cottages in general, and for a summer house to be planned and built in the Ekenäs archipelago on the island of Kalvön.

A common problem in summer cottages that are left unheated during the winter months in the archipelago's demanding environment is moisture damage in the structure. In addition to the fact that humid air inside and in the structure is of concern, the variation of the temperature and humidity indoors and outdoors causes the moisture to periodically move from the outside air into the building structure. To get an idea of how great the risk of moisture damage is, I have done a technical moisture damage study which includes air measurements and calculations using the program Dof-Lämpö 2.2. The moisture damage study has been done for an existing summer cottage without maintenance heat in the archipelago. The work also raises some planning requirements, theory of humidity and moisture migration and any action you can do to avoid moisture problems.

When planning a building that should be able to be unheated for long periods, it may be useful to know which materials are best suited as a wind protection, heat insulation and air barrier. Therefore, I have in this work compared the function and properties of different materials. As a result of all the work I have finally presented the design solutions and chosen materials for the cottage to be built in the Ekenäs archipelago.

Language: Swedish

Key words: planning, summer cottage, moisture problem, moisture damage study.

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Jonathan Nylund

Koulutusohjelma ja paikkakunta: Byggnadsteknik, Raasepori

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Byggnadsplanering

Ohjaaja: Towe Andersson

Nimike: Kesämökin rakennustekninen suunnittelu saaristossa.

Päivämäärä 1.4.2013

Sivumäärä 42

Liitteet 18

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan minkälaiset rakenteet ja materiaalit soveltuvat parhaiten kesämökkeihin, sekä erityisesti Tammisaaren saaristossa Kalvön saarelle suunniteltavaan ja rakennettavaan kesämökkiin.

Yhteinen ongelma kesämökeissä, jotka ovat ilman lämmitystä talvikuukausina saariston rasittavassa ympäristössä, on kosteusvaurioita rakenteessa. Sen lisäksi että kostea ilma aiheuttaa sisätiloissa ja rakenteessa ongelmia, niin sisä- ja ulkoilmassa tapahtuva lämpötilan ja kosteuden vaihtelu aiheuttaa kosteuden siirtymistä ulkoilmasta rakenteen sisään. Vesihöyryn liikkuaessa rakenteessa sisäänpäin voi vesihöyryä joissakin tapauksissa kondensoitua kylmempiin pintoihin rakenteessa. Jotta saadaan käsitys siitä, kuinka suuri kosteusvaurion riski on olemassa, tehdään kosteustekninen tutkimus, johon kuuluu ilmamittauksia ja laskelmia Dof-Lämpö 2.2- ohjelmaa käyttäen. Tutkimus tehdään olemassa olevaan kesämökkiin joka, on saaristossa ja ilman huoltolämpöä talvisin. Työssä käsitellään myös suunnittelun vaatimuksia, teoriaa kosteudesta ja kosteuden siirtymisestä sekä erilaisia toimenpiteitä joiden avulla voi välttyä kosteusongelmia.

Kun suunnitellaan rakennusta jonka pitää pärjätä saaristossa pitkiä aikoja ilman minkäänlaista lämmitystä, voi olla hyödyllistä tietää, mitkä materiaalit toimivat parhaiten, tuulensuojalevynä, lämmöneristyksenä ja ilmansulkuna. Siksi työssä vertaillaan eri materiaalien toiminto ja ominaisuuksia. Koko työn tuloksena esitellään suunnitteluratkaisut ja materiaalien valinnat kesämökkiin, joka on tarkoitus rakentaa Tammisaaren saaristossa.

Kieli: Ruotsi
kulkeutuminen

Avainsanat: Suunnittelu, kesämökki, kosteusongelmia, kosteuden

Innehållsförteckning

1 Inledning.....	1
1.1 Bakgrund.....	1
1.2 Målsättning och avgränsning	1
1.3 Metoder och tillvägagångssätt.....	2
2 Planering av fritidshus.....	2
2.1 Byggnadsobjektets planeringsmål.....	2
2.2 Krav och begränsningar.....	3
2.2.1 Raseborgs byggnadstillsyn och byggnadsordning	3
2.2.2 Byggnaders energiprestanda.....	4
2.2.3 Brandklass.....	5
3 Planering av fritidshus med beaktande av fuktig luft	5
3.1 Allmänt.....	5
3.2 Fukt i luft	5
3.2 Fuktvandring.....	7
3.3 Fukt i material.....	9
3.4 Nedbrytning av material	11
3.5 Problem i ouppvärmda fritidshus	12
3.6 Åtgärder.....	14
3.6.1 Ventilation.....	14
3.6.2 Underhållsvärme.....	15
3.6.3 Avfuktare	16
4 Vindskydd.....	16
4.1 Vindförhållanden.....	16
4.2 Jämförelse av vindskyddsskivor	17
5 Värmeisolering.....	19
5.1 Allmänt.....	19
5.2 Mineralull.....	19
5.3 Cellulosafiberisolering	20
5.4 Cellplast	21
5.5 Jämförelse av isoleringsmaterialen	21
6 Ångspärr eller luftspärr.....	23
6.1 Allmänt om att bygga lufttätt	23
6.2 Luftspärr eller ångspärr i fritidshus?.....	25
7 Fuktteknisk undersökning av fritidshus.....	26
7.1 Undersöknings objektet.....	26

7.2 Mätning av luftförhållanden i januari 2013.....	28
7.3 Luftförhållanden ute för oktober 2012.....	30
7.4 Luftförhållanden ute 2012-2013.....	30
7.5 Fukttekniska beräkningar	31
7.6 Slutsats av fukttekniska undersökningen för undersökningsobjektet	34
7.7 Övriga fukttekniska beräkningar.....	35
8 Valda konstruktionslösningar för fritidshuset.....	36
8.1 Grunden	36
8.2 Golvbjälklag.....	37
8.3 Yttervägg.....	38
8.4 Vindsbjälklag.....	39
9 Diskussion och avslutning.....	40
Källförteckning.....	41
Bilagor.....	42

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till detta examensarbete uppkom då jag åtog mig att påbörja planeringen av en byggnad på södra sidan av ön Kalvön i Ekenäs skärgård. Uppdragsgivaren i det här fallet är min släkt Nylund då byggnaden kommer att byggas för eget samt släktens behov.

För att kunna planera en byggnad som lämpar sig för skärgårdens påfrestande miljö och användning så kommer jag att utreda vilka konstruktionstyper som lämpar sig bäst för sommarstugor och vilka vanliga problem som uppstår i färdiga byggnader så att rätt val kan göras för planeringsobjektet.

Ett vanligt problem i sommarstugor är problem orsakade av fukt. I mitt examensarbete kommer jag därför att fördjupa mig i vad som händer i sommarstugors konstruktioner i olika luftförhållanden, speciellt då de står ouppvärmade under långa perioder. Därtill kommer jag att undersöka vad olika val av material i konstruktionsdelar leder till.

1.2 Målsättning och avgränsning

Målet med det här arbetet är att undersöka vilka byggnadsmaterial och konstruktionslösningar som lämpar sig bäst för den planerade stugan och sommarstugor i allmänhet. Målet är att kunna presentera konstruktionsdetaljer där materialval och konstruktionslösningarna för den planerade stugan framgår.

Arbetet avgränsas till en utredning om sommarstugors konstruktionslösningar för att i ett senare skede kunna färdigställa planeringsuppdraget med huvudritningar för byggnadslov.

Tyngdpunkten i arbetet kommer, förutom olika lagar och krav på fritidshus, att ligga på utredning om fuktvandring, isoleringsmaterial, vindskydd samt valet mellan ångspärr och ångbroms. Utgående från detta skall jag sedan kunna göra en slutsats av vilka konstruktioner och material som lämpar sig för fritidshus och möjligtvis vilka åtgärder man kan göra åt befintliga problemobjekt.

Byggfukt är ett vanligt problem som uppkommer genom slarvigt utförande, dålig lagring av material eller av att byggnadsdelar ofta på grund av tidsbrist inte hinner torka tillräckligt. Det här ämnet kommer jag inte att behandla utan istället koncentrera mig på luftfukt och vad det kan leda till.

Genom att fördjupa mig i och undersöka vad som sker i uppvärmda fritidshus förväntar jag mig att få fram lärorik och nyttig information gällande fukt och fuktvandring i sommarstugor som även andra kan ha nytta av.

1.3 Metoder och tillvägagångssätt

När man skall planera en byggnad kräver det att man känner till olika bestämmelser, och föreskrifter så att byggnaden uppfyller alla de krav som ställs. Därför kommer jag att kort presentera de krav som jag stöter på under planeringen av fritidshuset.

För att få konkret information som stöder teorin av vad som sker i byggnadsdelar vid olika luftförhållanden mellan ut- och insidan i sommarstugor kommer jag att göra en fuktteknisk undersökning. Dessa beräkningar görs med data programmet Dof-lämpö 2.2 med vilket man kan undersöka konstruktionens värme- och fuktkurvor, kondensationsmängd, U-värde och energiförbrukning. För att få verklig data på temperaturförändringar, ånghalt samt relativ fuktighet kommer jag att utföra mätningar i en befintlig sommarstuga. Mätningarna görs med en luftmätare av märket *Vaisla drycap hand-held Dewpoint Meter DM7*. Den registrerade temperaturen och relativa fuktigheten inomhus jämförs sedan med uteluftens data uppmätt vid Tvärminne zoologiska station vilket ligger ungefär 2 km från undersökningsobjektet. Ritningarna för planeringsobjektet kommer jag att utföra i ritprogrammet Auto Cad 2010. Källor för examensarbetet kommer att vara både böcker och internetsidor.

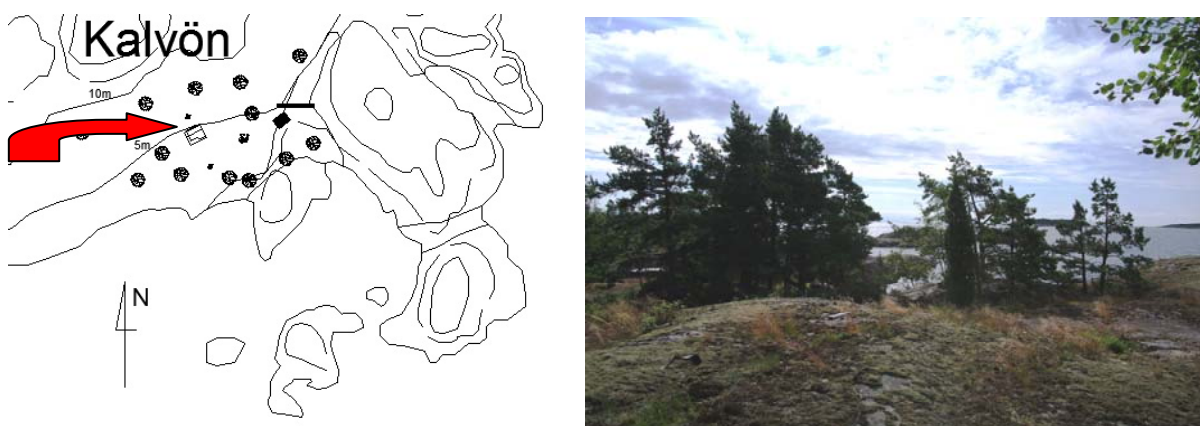
2 Planering av fritidshus

2.1 Byggnadsobjektets planeringsmål

Byggnaden som planeras kommer att vara en nybyggnad 50 meter från en befintlig 30 m² stor byggnad. Fritidshuset kommer att användas som en traditionell sommarstuga och skall konstruktionsmässigt klara av att vara utan underhållsvärme under vinterhalvåret. Storleken på byggnaden kommer att vara ungefär 60 m² och genom diskussion med Raseborgs byggnadstillsyn så var det möjligt att göra en ändring av användningsändamålet för den befintliga byggnaden så att den blir en bastubyggnad. Således är det möjligt att bygga den 60 m² stora nybyggnaden och ytterligare vid behov en 40 m² stor gäststuga i samma gårdstun.

Byggnadens konstruktion kommer att bestå av relativt vanliga konstruktionslösningar för sommarstugor. Nybyggnaden planeras med trossbotten på pelargrund, trästomme och takstolar. Placeringen av huset kommer att vara på södra sidan av ön Kalvön i Ekenäs

skärgård. Framför byggnadsplatsen ut mot öppet vatten finns inte andra holmar och endast lite växtlighet vilket resulterar i stark vindstyrka speciellt då vinden pinar på från syd och sydväst.



Figur 1. Situationsplan med utplacerad nybyggnad där den röda pilen pekar och ett fotografi som är riktat från byggnadsplatsen mot söder. (Bild: Jonathan Nylund)

2.2 Krav och begränsningar

Vid planering av hus och i det här fallet ett fritidshus måste man följa lagar, förordningar och bestämmelser. För att få ett grepp om vilka krav som gäller och vilka som inte behöver beaktas för fritidshus så har jag kortfattat presenterat en del av de väsentliga kraven.

2.2.1 Raseborgs byggnadstillsyn och byggnadsordning

För varje byggnad som är över 10 kvadratmeter samt för alla bastubyggnader där det finns brandrisk krävs byggnadslov. Förutom markanvändnings- och bygglagen, markanvändnings- och byggnadsförordningen samt andra bestämmelser och föreskrifter så ställer kommunens byggnadsordning olika krav och begränsningar för byggandet som bör följas. Här kommer att tas upp de föreskrifter som Raseborgs byggnadsordning ställer. Dessa föreskrifter vilka påverkar planeringen av nybyggnaden och fritidshus i allmänhet.

För nybyggnaden som skall planeras krävs att avståndet till nuvarande byggnad får vara högst 50m och avståndet till vattnet måste vara minst 40 meter då byggnadsområdet hör till kategorin strandområde. Endast bastubyggnader och båthus får byggas närmare vattnet. Höjdläget för golvnivån skall vara 1 meter ovanför högvattennivån eller 2 meter ovanför normalvattennivån. (Raseborg 2010, s. 12).

Den totala våningsytan d.v.s. våningarnas totala areal begränsas för nybyggnaden till 80 m² och huset får inte skiljas till en separat fastighet. Den del av byggnaden som är öppen och

har enbart skyddstak får vara högst 20 m² och skall vara 50 % öppet. (Diskussion med Raseborgs byggnadstillsyn).

Förutom placeringen av huset så skall byggnaden smälta in i miljön med utseende, befintliga byggnader, fasadmateriell och färgsättning. Avloppsvattnet från fritidshuset som ligger utanför vattenverkets verksamhetsområde ska ledas och behandlas enligt bestämmelserna i miljö- och hälsoskyddslagstiftningen. Det rekommenderade minimiskyddsavståndet från utloppsplats vid behandling av avloppsvatten är 30 meter från strandlinjen. Vid avloppsvatten från bastubyggnad är minimiavståndet 15 meter. (Raseborg 2010, s.12).

2.2.2 Byggnaders energiprestanda

Miljöministeriet har gjort nya byggbestämmelser som skall förbättra energieffektiviteten i byggnader. De nya kraven kom i kraft den 1 juli 2012 och gäller endast nybyggnader och innebär en gräns för den totala energiförbrukningen i byggnaderna. Det här betyder att då man söker byggnadslov måste man kunna visa att den planerade byggnaden uppfyller kraven i de nya byggbestämmelserna. (Miljöministeriet 2012).

Den totala energiförbrukningen beror på byggnadstypen och begränsas av E-talet. De värden som inte får överskridas gällande E-talet anges i kWh/m² och är indelat i olika kategorier samt varierar enligt storleken på byggnaden. Vid beräkning av E-talet beaktas även hur energin som huset använder har producerats. Den här ändringen i bestämmelserna betyder att man nu får större frihet vid planering. Då man skall planera och beräkna en konstruktions värmeisolering så hittar man föreskrifter och anvisningar i Finlands byggbestämmelsesamling C2, C3, C4 och D3.

De här föreskrifterna gäller dock inte fritidshus med uppvärmningssystem som inte är menade att användas året runt. Fritidsbostäder som har en våningsyta mindre än 50 m² behöver inte heller följa föreskrifterna. (Finlands byggbestämmelsesamling D3, s.8).

Fritidshus som däremot är tänkta att värmas året runt eller vintertid är inte befriade från föreskrifterna utan begränsas av kraven gällande värmeförlust genom byggnadsmanteln. Värmeförlusten genom manteln får då vara lika stora som de referensvärden som anges i W/m²K i Finlands byggbestämmelsesamling D3. (Finlands byggbestämmelsesamling D3, s. 13).

Så kortfattat innebär detta att det inte ställs några krav på värmeisoleringen i den planerade nybyggnaden då den hör till traditionella fritidshus som inte är menade att vara uppvärmda vintertid.

2.2.3 Brandklass

Byggnader delas in i tre olika brandklasser: P1, P2 och P3. Den sommarstuga som skall byggas kan i det här fallet planeras enligt brandklass P3 då byggnaden är under 9m hög, har en areal under 2400 m². Dessutom behöver stugan inte delas in i brandsektorer och skall användas av ett lågt personantal. (Finlands byggbestämmelsesamling E1 2012, s.11).

Det betyder att det inte ställs några särskilda krav på husets brandmotstånd. De enda krav för att säkerhetsnivån skall uppnås är begränsad storlek på byggnaden och begränsat personantal enligt användning. (Finlands byggbestämmelsesamling E1 2012, s.11).

3 Planering av fritidshus med beaktande av fuktig luft

3.1 Allmänt

Fuktproblem är vanligt i sommarstugor. En konstig och unken lukt då man återvänder till sommarstugan på våren kan vara mögel som börjat växa i för fuktiga förhållanden. Vi vet att kallare luft inte kan innehålla lika mycket fukt som varm luft och det här leder till problem då temperaturen sjunker och luftfuktigheten stiger, vilket orsakar att bl.a. mögelsporer har möjlighet att växa i material. Skillnader i ånghalt mellan ute- och inneluften speciellt under höst, vinter och vår orsakar problem eftersom fuktig uteluft periodvis då vandrar in i konstruktionen mot den torrare inneluften. Man kan då fråga sig vilka åtgärder såsom underhållsvärme lönar sig eller om byggnaden klarar av att vara ”kall” under hösten, vintern och våren. För att få ett bättre grepp om detta ämne kommer i det här arbetet att presenteras fakta, eventuella problem, åtgärder och utförda undersökningar.

3.2 Fukt i luft

Luften har en förmåga att bära fukt i form av vattenånga som huvudsakligen kommer från mark, vattendrag, sjöar och hav. Den mängd vattenånga det finns i luften kallas **aktuell ånghalt** och anges i gram per kubikmeter. (Pettersson 2007, s. 298).

Den aktuella ånghalten varierar mycket enligt årstider och är under sommaren från juni till augusti i medeltal runt 8-10 gram vattenånga per kubikmeter. Vintertid under perioden november till mars är ånghalten i medeltal betydligt lägre ungefär 2-4 g/m³. Under hösten

d.v.s. september till november rör sig vattenången i medeltal kring 5-8 g/m³ och under våren från mars till maj 4-6 g/m³. (Rak- 43.1210, s.13).

Hur mycket fukt luften innehåller kan också anges som ångtryck med enheten *Pa*. Men vanligtvis uttrycks luftens fukttinnehåll i byggtkniska sammanhang som vattenånga per kubikmeter luft. (Pettersson 2007, s. 299).

Mättnadsånghalt är den maximala ånghalt som luften kan innehålla vid en viss temperatur och uttrycks oftast också i g/m³. Mättnadsånghalten varierar med temperaturen så att den är lägre vid lägre temperatur och högre vid högre temperatur. (Pettersson 2007, s.298).

Den relativa fuktigheten är ett mått i procent som anger hur mycket vattenånga luften innehåller i förhållande till mättnadsånghalten vid en viss temperatur. Då den relativa fuktigheten överstiger 100 %, d.v.s. då luftens aktuella ånghalt överstiger mättnadsånghalten så kan inte all vattenånga bäras i luften och vattenånga kondenseras till vatten. Den temperatur vid vilken den aktuella ånghalten blir lika stor som mättnadsånghalten och det uppstår kondens kallas för daggpunkt. Nedanom finns formeln för hur man beräknar den relativa fuktigheten. (Pettersson 2007, s.298).

RF= (Aktuell ånghalt/ Mättnadsånghalten) x 100 %. (Pettersson 2007, s. 298)

För att lättare förstå sambandet mellan de olika begreppen aktuell ånghalt, mättnadsånghalt och relativ fuktighet kan man tänka sig följande exempel, vilket också kan jämföras med tabell 1: När temperaturen inne i ett egnahemshus är 20°C så är luftens mättnadsånghalt 17,3 g/m³. Om den relativa fuktigheten då är 50 % så innebär det att luftens aktuella ånghalt blir 8,65 g/m³. Om inneluften av någon orsak sedan kyls ned till 5°C så kommer det att kondenseras 1,85 g vatten per kubikmeter eftersom luften vid 5°C endast kan bära 6,8 g/m³.

Tabell 1: Luftens mätnadsånghalt vid olika temperaturer.

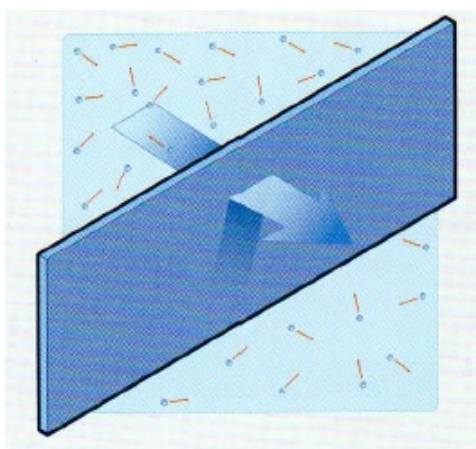
Temperatur (°C)	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
Mätnads- ånghalt (g/m ³)	2,1	3,2	4,8	6,8	9,4	12,8	17,3	23,0	30,4

(Samuelsson, Arfvidsson, Hagentoft 2007, s. 125).

3.2 Fuktvandring

Fukt kan röra sig i material och genom konstruktioner på olika sätt. Fukttransporten påverkas av materialets egenskaper och fukthalt, byggnadskonstruktionens uppbyggnad och omgivande luftens värme- och fuktförhållande. De olika sätten som fukt kan transporteras genom är diffusion, konvektion och kapillärsugning. Dessa olika typer av ång- och vattentransporter kan alla ske samtidigt men behöver nödvändigtvis inte vara i samma riktning.

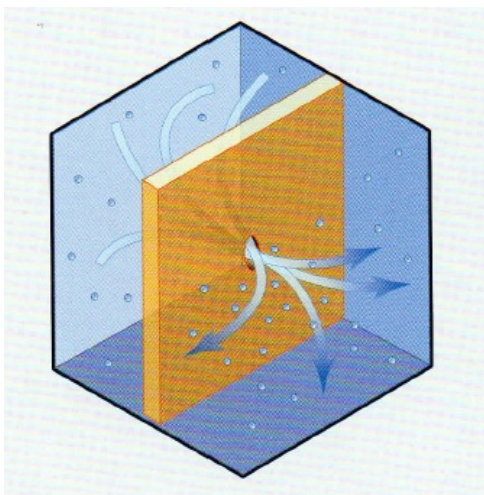
Ångdiffusion i byggnadstekniska sammanhang innebär att vattenånga vandrar genom konstruktioner. Det här betyder att luften strävar efter jämvikt och fukt söker sig från luft med högre ånghalt mot luft med lägre ånghalt. Fuktflödet genom konstruktionen ökar ju större skillnaden mellan ånghalten i uteluften och inneluften är. Hur mycket ånga som kan vandra genom konstruktionen beror också på konstruktionens ånggenomgångsmotstånd vilket varierar enligt materialens ånggenomsläpplighet, fukthalt, tjocklek och temperatur. När materialen i konstruktionen blir fuktiga ökar fuktvandringen ytterligare. (Hagentoft 2002, s. 85-86).



Figur 2. Diffusion av vattenånga från sidan med hög ånghalt mot sidan med låg ånghalt. (Hagentoft 2002, s.85)

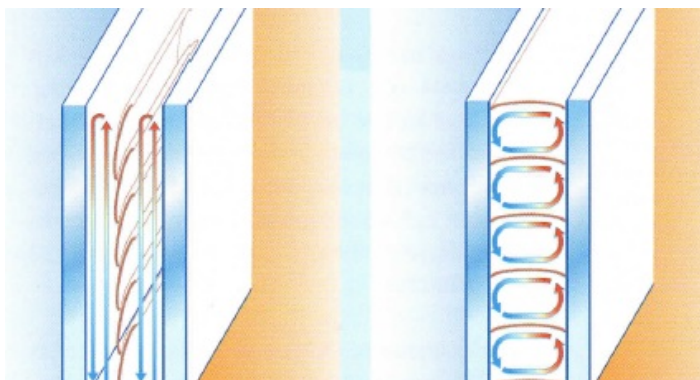
Vid normalt uppvärmda hus är det oftast högre temperatur och ånghalt inomhus än utomhus och då strävar fukten att vandra genom byggnadskonstruktionen ut mot den lägre temperaturen samt ånghalten. För att hindra att vattenångan rör sig utåt i konstruktionen och kondenseras mot kallare ytor i konstruktionen är det därför nödvändigt att göra fiberisolerade byggnader ångtäta med en ångspärr eller luftspärr på insidan av isoleringen.

Fuktkonvektion i sin tur betyder att vattenånga transporteras med strömmande luft igenom konstruktionen vilket orsakas av lufttrycksskillnader. Fuktkonvektion kan finnas som yttre konvektion och inre konvektion. Yttre konvektion innebär att luft läcker genom byggnadens konstruktion medan inre konvektion är när det t.ex. sker luftrörelser inne i konstruktionens värmeisolering vilket orsakas av temperaturskillnader mellan ut och insidan. (Hagentoft 2002, s.87).



Figur 3. Fuktkonvektion där skillnad i lufttryck gör att luft strömmar genom ett hål och tar med sig vattenånga. (Hagentoft 2002, s. 87).

Otättheter och porösa material i konstruktionen leder oftast till fuktkonvektion. Fuktkonvektion genom otättheter innebär att stora mängder fukt kan röra sig med luftflödet i jämförelse med ångdiffusion som är en långsammare process. Därför är det ytterst viktigt att byggnaden är lufttät och alla genomföringar och skarvar görs täta. Vindskyddet på konstruktionens yttersida skall också vara ordentligt installerat och tätt för att inte orsaka fuktproblem.



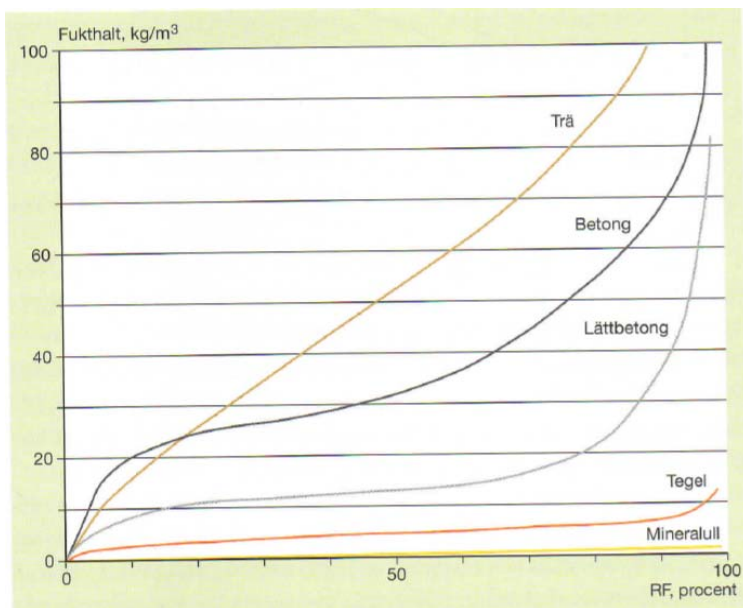
Figur 4. Exempel på hur luftrörelser skapas av naturlig inre konvektion i en yttervägg. (Hagentoft 2002, s. 65).

Kapillärsugning betyder i sin tur att vatten transporteras i material med fukthaltsskillnader som drivkraft. Transporten sker mot områden med lägre fukthalt. Kapillärsugning kan förhindras med kapillärbrytande skikt vilket t.ex. kan vara bitumenfilt på pelargrunder för att vatten inte skall sugas upp i bjälklaget (Hagentoft 2002, s. 90).

3.3 Fukt i material

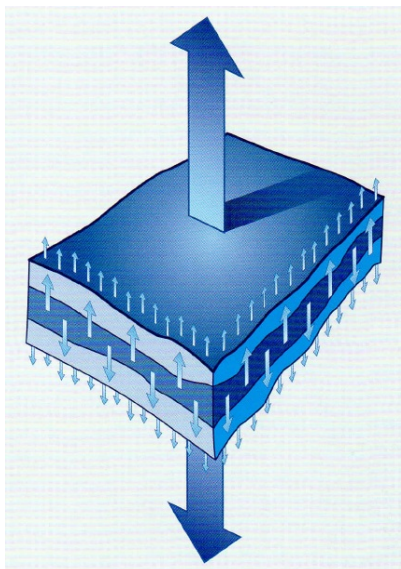
Det fysikaliskt bundna vattnet i material är instängt i olika hålrum eller porer. När materialet omges av fuktig luft kan vattenångan vandra in i materialet. Det här fenomenet att fukt lagras i material genom kontakt med fuktig luft kallas för hyroskopisk fukt. Alla material lagrar vatten i viss mängd på olika sätt. De material som har en stor mängd fina porer kan lagra mest vilket exempelvis är trä, betong och gips. Värmeisoleringsmaterial typ mineralull binder endast lite fukt till sig medan cellulosebaserade isoleringsmaterial kan lagra mera fukt i sig. (Samuelsson, Arfvidsson, Hagentoft 2007, s. 126). Hur mycket hyroskopisk lagrad fukt olika material lagrar kan ses i fuktjämviktskurvor.

Materialen strävar hela tiden att komma i jämvikt med den fuktiga luften och gör detta om den relativa fuktigheten hålls samma en längre tid. Hur mycket fukt ett material innehåller kan anges som fukthalt vilket anger hur många kilogram vatten det finns per kubikmeter material. (Samuelsson, Arfvidsson, Hagentoft 2007, s. 127).



Figur 5. Fuktjämviktsviktskurvor för trä, betong, lättbetong, tegel och mineralull. (Samuelsson, Arfvidsson, Hagentoft 2007, s. 127).

Olika materials förmåga att binda fukt är mycket stor i jämförelse med luftens förmåga att binda fukt. I material handlar det om några eller tiotals kilogram vatten per kubikmeter medan luft kan binda endast några tiotals gram vatten per kubikmeter. Så med andra ord kan material binda upp till 1000 gånger mera vatten per kubikmeter än luft och det här bara genom att vara i kontakt med fuktig luft. Materialens egenskaper att binda samt avge fukt innebär att då temperaturen och den relativa fuktigheten förändras kommer materialen med en viss fördröjning att ändra fukthalt. Det betyder att då ånghalten stiger binder materialet mera fukt till sig och då ånghalten sjunker avger materialet den bundna fukten till luften omkring sig vilket fungerar på samma sätt med värme. Materialets egenskaper att binda fukt beror mycket på dess hyroskopiska egenskaper, temperatur och relativ fuktighet i luften. Vanligtvis så binder material mera fukt till sig då temperaturen sjunker och den relativa fuktigheten är hög.



Figur 6. När ett blött material torkar ut sugts vatten snabbt fram till ytan där det är torrare och transportsättet övergår till diffusion. Vid ytan förs vattenången bort med konvektion. (Hagentoft 2002, s. 91).

I sommarstugor kan trämaterial och textilier binda fukt i stora mängder under fuktiga luftförhållanden vilket kan orsaka mikroväxt och lukter. Valet av material på väggar och tak inomhus i sommarstugor görs oftast mellan träpanel och gipsskivor. Träpanel hör till det naturligare alternativet till väggar och tak tack vare sina hydrokopiska egenskaper i jämförelse med gipsskivor som torkar långsammare då de blivit fuktiga.

3.4 Nedbrytning av material

Bakterier, svampar och insekter hör till den biologiska nedbrytningen av organiska material. Vanliga problem i sommarstugor är speciellt svampar som växer i fuktiga material vilket i sin tur gynnar insekter som äter samt gnager sönder materialen t.ex. myror. Svampar trivs bäst i högre temperaturer runt 20 grader Celsius och vid lägre temperaturer så minskar deras aktivitets- och tillväxtförmåga. Det här leder till att mikroväxtligheten kan för t.ex. mögelsvampar avstanna vintertid men fortsätter igen när temperaturen stiger (Hagentoft 2002, s36). För att det skall kunna växa svampar krävs det att de har tillgång till fuktig luft och att materialet är vått. De vanliga svamparna som växer i byggnader är mögelsvampar, blånadssvampar, rötsvampar och aktinomyceter. (Hagentoft 2002, s. 37).

Mögelväxten vilken hör till den vanligaste svamptypen i hus påverkar inte hållfastheten för materialet men ökar risken för rötangrepp. Därtill skapar mögelsporerna problem för människor genom allergier, andra medicinska reaktioner, missfärgningar på material och

dålig lukt som fastnar i kläder samt textilier. (Hagentoft 2002, s. 38). I tabell 2 kan man studera vid vilken fuktkvot och relativ fuktighet som risken för mögel och röta är som störst. För att det skall finnas risk för mögel eller röta förutsätter det att fukttillståndet varar en längre tid.

Tabell 2. Bedömning av risk för röta och mögel hos trä vid olika fuktkvot och relativ fuktighet.

	Ingen risk	Liten eller måttlig risk	Stor risk
Röta, fuktkvot (kg/kg)	Mindre än 0,16	0,16–0,28	Större än 0,28
Röta, relativ fuktighet	Mindre än 75 %	75–99 %	Större än 99 %
Mögel, fuktkvot (kg/kg)	Mindre än 0,15	0,15–0,20	Större än 0,20
Mögel, relativ fuktighet	Mindre än 70 %	70–85 %	Större än 85 %

(Samuelsson, Arfvidsson, Hagentoft 2007, s. 134).

Tryckimpregnerat trä kan förhindra rötsvampar men inte mögelsvampar och mögelrötsvampar. Det som skiljer vanligt trä från impregnerat trä när det börjar mögla är att det impregnerade materialet börjar lukta starkare vilket lätt kan märkas. Mögelsvamparna kan bekämpas med olika gifter som förhindrar mikrobväxt. Det som motverkar mögelväxt bäst är naturligtvis att hålla materialen torra. (Hagentoft 2002, s. 38-40).

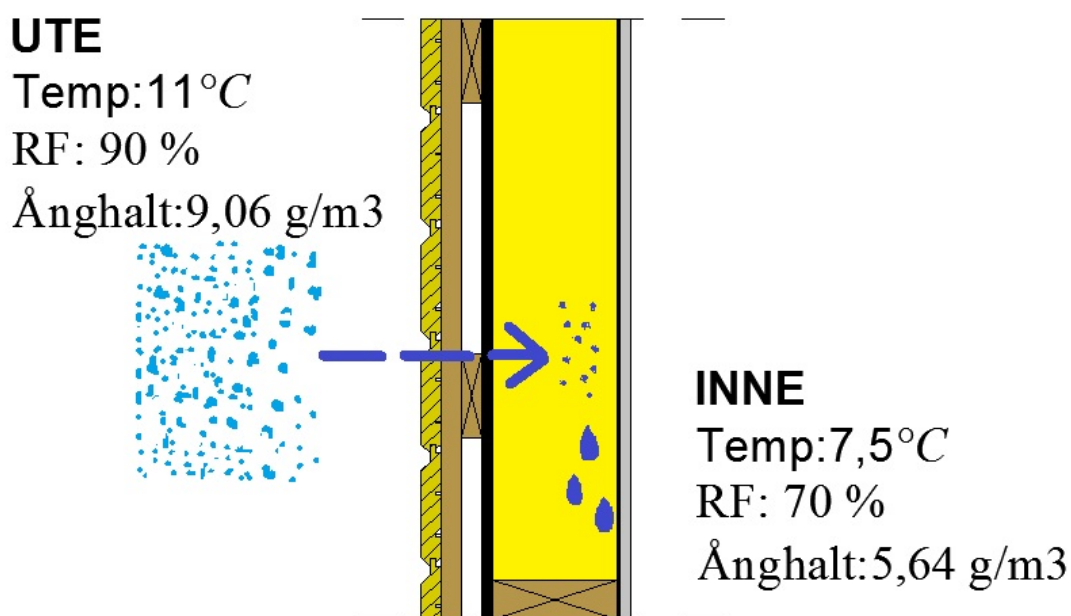
3.5 Problem i uppvärmda fritidshus

I fritidshus som står oanvända och uppvärmda under längre perioder ökar risken för fuktproblem då temperaturen är låg i kombination med lite ventilation. Inneluften beror direkt på uteluftens temperatur samt vattenånghalt, byggnadsmantelns täthet, ventilation och material som är i kontakt med inneluften.

Den relativa fuktigheten i fritidshus som är uppvärmda är oftast hög i jämförelse med ett uppvärmt hus där den varma luften kan bära mera vattenånga och den relativa fuktigheten således hålls lägre. Fuktig luft i fritidshusen ökar risken för mikrobväxt i byggnadsmaterial, möbler och textilier då den relativa fuktigheten stiger över 70 % (Hagentoft 2002, s.). Risken för fuktskador i byggnadens konstruktioner och material är

som störst under hösten, vintern och våren då temperaturerna utomhus och inomhus är låga samt varierande. Man kan nästan säga att huset badar i fuktig luft då det finns både på ut och insidan av konstruktionen.

Innetemperaturen i sommarstugor utan underhållsvärme följer temperaturen ute med en fördröjning beroende på ventilation och konstruktionens täthet. Inneluftens vattenånghalt följer på samma sätt som temperaturen uteluftens ånghalt. Fördröjningen som då sker mellan ute- och innetemperaturen gör att fuktvandring genom konvektion samt diffusion periodvis kommer att ske utifrån inåt då temperaturen och ånghalten är lägre inomhus. Fuktvandringen inåt sker speciellt då inomhusluften ännu är kall och temperaturen stiger på utsidan. Temperatur- och ånghaltskillnaden orsakar fuktvandring inåt i konstruktionen. När den varmare uteluften med viss vattenånghalt möter kallare ytor i konstruktionen uppnås mättnadsånghalten och vattenångan kondenseras vilket sedan leder till fuktskador om vattnet inte kan torka upp tillräckligt snabbt. Det här problemet har jag undersökt i en befintlig ouppvärmad sommarstuga genom att utföra mätningar samt beräkningar vilka beskrivs i kapitel 8. Ett exempel då det kondenseras vattenånga vid fuktvandring inåt kan ses i figur 7.



Figur 7. Exempel på kondens i ytterväggen eftersom vattenångan genom diffusion vandrar inåt i konstruktionen då ånghalten är högre ute än inne.

Även i normala egnahemshus kan fuktvandringen ske inåt då man sommartid kyler inneluften medan uteluften är varm och fuktig. Detta förorsakar oftast inte problem

eftersom temperaturen i konstruktionen under sommaren oftast är såpass hög att kondens inte bildas.

3.6 Åtgärder

Förutom valet av konstruktionslösningar och material kan man med andra åtgärder undvika eller minska de nämnda problem som uppkommer i uppvärmda fritidshus. Till följande kommer jag därför ta upp eventuella lösningar för att hålla den relativa fuktigheten tillräckligt låg inomhus och därmed undvika fuktvandring från uteluften inåt i konstruktionen.

3.6.1 Ventilation

Sommarstugor saknar oftast maskinell ventilation och har istället självdragsventilation vilket sköts med tilluftsventiler, frånluftsventiler, skorsten och läckande bygnadsdelar som fönster och dörrar. Självdragsventilationen fungerar huvudsakligen med termisk drivkraft d.v.s. den varmare luften är lättare än den kalla och stiger uppåt och ut genom frånluftsventiler. Det här innebär att ventilationen fungerar sämre under vinterhalvåret i en uppvärmd stuga då luften nästan står stilla. Vindförhållandena ute inverkar också på självdragsventilationen på så sätt att när det blåser ventilerar det bra och sämre då det är vindstill.

God ventilation i fritidshus är minst lika viktig som i året runt bostäder om inte t.o.m. viktigare. I ett normalt uppvärmt hus är fuktbelastning och temperaturer nästan lika hela tiden och man kan justera ventilationen efter behov vilket inte är möjligt i sommarstugor då de står tomma.

Under hösten och vintern innehåller uteluften oftast mera vattenånga per kubikmeter än inomhus luften. Då strävar luften till jämvikt genom att vandra inåt vilket delvis kunde begränsas genom att minska eller stänga ventilationen. Det här är dock inte så enkelt eftersom skillnaden i ånghalt ute och inne trots åtgärden kommer att sträva efter jämvikt vilket kan resultera i att det istället sker mera fuktvandring genom konstruktionen med fuktskador som följd. Därför är det troligtvis smartast att lämna ventilerna öppna då man lämnar huset för vinterhalvåret. Under våren är luften oftast torrare ute och då lönar det sig att vädra inneluften ordentligt. Sommartid då man vistas i stugan skall man ytterligare vädra genom att ha fönster och dörrar öppna.

Eftersom självdragsventilationen har en tendens att fungera sämre under vinterhalvåret om stugan inte är uppvärmd kan det löna sig att installera en skorstenshatt som garanterar

frånluftsdraget. På marknaden finns även luftsolångare som ger både ventilation och värme utan elförbrukning. När solen lyser värms luften upp i solångaren och fläkten som drivs av en solpanel blåser varm luft in i huset. På så vis sänker man den relativa fuktigheten inne då temperaturen höjs samtidigt som man undviker fuktvandring inåt. Problemet med luftsolångaren som vanligen installeras på den soligaste sidan av huset är att den enbart fungerar då solen lyser.

Det kan vara värt att tänka på hur ventilationen påverkar den egna sommarstugan då konstruktionstyperna, samt användning av underhållsvärme vintertid påverkar hurdan ventilation som lönar sig. Kortfattat kan man säga att ju större ventilationen är mellan uteluften och inneluften ju snabbare följer inneluften temperaturen och ånghalten utomhus vilket kan ha både för och nackdelar.

3.6.2 Underhållsvärme

Som åtgärd för att undvika fuktskador under vinterhalvåret kan man använda sig av underhållsvärme. Genom att hålla inomhustemperaturen högre än utomhustemperaturen så kan luften bära mera fukt och den relativa fuktigheten blir lägre. En högre temperatur inne än ute betyder också att luftens konvektion samt diffusion sker utåt vilket är den väg konstruktionen fukttkniskt är dimensionerad för. Redan en underhållsvärme som håller innetemperaturen 5 grader varmare än temperaturen ute kan sänka den relativa fuktigheten tillräckligt för att hindra mikrobväxt. Dessutom sker diffusionen av vattenånga från insidan utåt vilket är önskat då ång- eller luftspärren hindrar fuktvandringen och ångan rör sig ut genom frånluftsventiler. Denna sparsamma sort av underhållsvärme har undersökts i Tammerfors tekniska universitet och visat sig fungera bra i sju stycken stockstugor för att hålla den relativa fuktigheten under 70 %. (Rakennusmailma 9/2010, s12).

Vid användning av underhållsvärme lönar det sig som sagt att inte värma i onödan genom att ha en onödigt hög temperatur i stugan eftersom det inte behövs. Temperaturen inomhus får sjunka till minusgrader bara den hålls högre än utomhus. Då man låter temperaturen sjunka till minusgrader måste man dock komma ihåg att eventuella vattenrör skall tömmas och stanklås fyllas med glykol för att undvika frysskador. Luftvärmepump är ett alternativ som kan löna sig om man tänker ha underhållsvärme längre tider eftersom direkt elvärme kan bli mycket dyrt. Strömavbrott bör beaktas då man väljer konstruktionsmaterial samt lösningar i sommarstugan som kräver underhållsvärme. Som tidigare nämnt kan även en

luftolfångare vara en bra lösning för att höja temperaturen inomhus så mycket att fuktvandringen sker rätt väg och inneluften hålls tillräckligt torr.

Vintertid är det vanligt att man åker till sin fritidsbostad för att elda den torr. Genom att värma stugan ventilerar man ut den fuktiga luften och torkar upp ytorna inne. När man sedan lämnar huset igen kan de upptorkade materialen binda mera fukt till sig och håller på så vis den relativa fuktigheten lägre i t.o.m. ett par veckor.

3.6.3 Avfuktare

Avfuktare är ett alternativ istället för underhållsvärme som blivit allt vanligare i sommarstugor under hösten, vintern och våren. Avfuktare har den fördelen att de sänker fukthalten inomhus genom att ta bort vatten ur luften med betydligt mindre energikostnad än underhållsvärme. Det finns olika avfuktare som fungerar bra även vid lägre temperaturer. Problemet med avfuktare i uppvärmda sommarstugor är att det finns risk att den orsakar fuktvandring från uteluften inåt i golv-, tak- och väggkonstruktioner. Det här beror på att avfuktaren håller inneluften torrare än uteluften vilket leder till att vattenånga rör sig genom diffusion och konvektion inåt i konstruktionen. Den fuktiga uteluften rör sig från uteluften inåt i materialen och har då möjlighet att kondenseras vid lägre temperaturer i materialen vilket orsakar fuktskador i konstruktionen. Dessutom fungerar avfuktaren med el vilket har sina nackdelar.

4 Vindskydd

4.1 Vindförhållanden

I skärgården vid öppna hav är vindförhållandena och vindstyrkan oftast högre och mera påfrestande på byggnaderna då det endast finns lite vegetation framför. Vinden skapar stora tryck och sug runt byggnaden vilket ger fuktig luft en möjlighet att tränga in i konstruktionen vid otätheter och sämre vindskydd.

I byggnader där värmeisoleringsmaterialen är luftgenomsläppliga behövs det skydd på utsidan mot vind. Byggnadens fasadmaterial är den del som tar emot stor del av vind, regn och fukt men det här räcker inte till. Därför installeras vindskydd innanför fasadmaterialets luftspalt mot värmeisoleringen. Det är viktigt att installationen av vindskyddsskivor är noggrant utförd så det inte sker oönskad konvektion genom dåliga skarvar och andra håligheter. Allmänna problem för bl.a. stockstugor i skärgården är fuktskador då vinden

gör att regn och vattenånga tränger sig in mellan stockvarven speciellt i husets knutpunkter.

4.2 Jämförelse av vindskyddsskivor

Vindskyddet görs med olika skivor eller folier och för den planerade stugan kommer valet av vindskydd att göras mellan träfiberskiva och gipsskiva vilka hör till de vanligaste vindskyddsskivorna. Förutom dessa skivor finns också kompositsskivor uppbyggda av glasfibermatta och fiberarmerad gips som klarar mera vind och fuktbelastning men de är betydligt dyrare samt svårare att få tag på och därför har jag valt att lämna dem utanför jämförelsen.

För att vindskyddsskivan i en sommarstuga eller bostad skall vara bra krävs det att den skall vara vindtät och samtidigt vara diffusionsöppen så att fukt och vattenånga inifrån konstruktionen kan vandra samt torka utåt. Eftersom vindskyddsskivorna är ånggenomsläppliga så kommer materialen att upprepade gånger bli våta och eventuellt frysa till is då luftförhållandena växlar. Skivan skall därför klara av en viss mängd vatten utan att egenskaperna förändras allt för mycket. För att kunna välja vindsydd för sommarstugan har jag valt att jämföra två olika finska produkter. Som gipsskiva har jag valt att jämföra en 9 mm tjock Gyproc GTS gipsskiva mot en 12 mm tjock Tuulileijona träfiberskiva vilka tidigare har varit med i en jämförelse i tidningen Rakennusmaailma år 2008 baserat på VTT Expert Services Oy: s mätningar och materialdata. Till jämförelsen har jag även valt den tjockare 25 mm Runkoleijona träfiberskivan. De olika skivorna kan ses i figur 8.



Figur 8. Bilder av produkterna Tuulileijona träfiberskiva, Runkoleijona träfiberskiva och Gyproc GTS gipsskiva uppräknade från vänster. (TM Rakennusmaailma nr7/2008, s. 16-17).

Träfiberskivor menade för vindskydd har en vindtät yta och är behandlade med harts och vax vilket gör skivan styvare och vattenbeständigare samtidigt som de olika porösa materialet har relativt bra ånggenomsläpplighet. Tjockleken för den svarta träfiberskivan

Tuulileijona är 12 mm medan den blåa skivan Runkoleijona är 25 mm tjock vilket ger bättre vindskydd och stomstabilisering.

För den 12 mm tjocka Tuulileijona skivan är vindtätheten inte så värst bra då luftgenomsläppligheten är ungefär $11 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$ och ökar ytterligare vid fuktbelastning (TM Rakennusmaailma nr7/2008, s. 15). Det här är inte bra då vindskyddsskivan i speciellt skärgårdshus utsätts för mycket vind och borde vara relativt lufttät. Den tjockare Runkoleijona skivan är vindtätare än den tunnare skivan och har enligt tillverkaren en luftgenomsläpplighet som är lika med eller mindre än $10 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$ (Suomen kuitulevy Oy 2013).

Vattenånggenomsläppligheten för den 12 mm tjocka skivan är $1,61 \times 10^{-9} \text{ kg}/\text{m}^2\text{sPa}$ vilket är överraskande lågt då man skulle tro att den porösa träfiberskivan skulle släppa vattenånga bättre igenom sig (TM Rakennusmaailma nr7/2008, s. 15). Detta mätvärde ur VTT:s undersökning är lägre än vad tillverkaren lovar d.v.s. $3 \times 10^{-9} \text{ kg}/\text{m}^2\text{sPa}$. Ånggenomsläppligheten för skivan är ändå helt tillräcklig och kan även ses som fördel då den hindrar diffusion av vattenånga utifrån inåt bättre. Vattenånggenomsläppligheten för den tjockare skivan är enligt tillverkaren $2 \times 10^{-9} \text{ kg}/\text{m}^2\text{sPa}$. (Suomen kuitulevy Oy 2013).

Träfiberskivorna har bra fukttekniska egenskaper då de är gjorda att klara av fuktiga förhållanden och låter isoleringsmaterial torka utåt då de släpper vattenånga genom sig. Träfiberskivan lämpar sig bra till konstruktioner utan ångspärr samt om man har cellulosafiber som isoleringsmaterial eftersom den som hydrokopiskt upptar samt avger fukten. Den tjockare Runkoleijona träfiberskivan är ett bättre val till skärgårdsbyggnader då den har bättre vindmotstånd och en tillräckligt bra ånggenomsläpplighet. Den tjockare skivan passar även bra som vindskydd i trossbotten då den är stabil och inte böjer sig. Träfiberskivorna klarar i allmänhet fuktbelastning bra förutom att de tunnare 12 mm skivorna har en tendens att böja sig (TM Rakennusmaailma nr7/2008, s. 15).

Gipskivor består av en impregnerad kärna med gips som är beklädd på båda sidor med pappskikt. Tjockleken för vindskyddsskivorna av gips är vanligtvis är 9 mm. Gipsskivor har goda brandegenskaper och är bra som stomstabilisering.

För den 9 mm tjocka Gyproc GTS gipsskivan är luftgenomsläpplighet $0,27 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$ vilket betyder att skivan är betydligt vindtätare än den 12mm tjocka Tuulileijona skivan. Vattenånggenomsläppligheten för skivan är $1,96 \times 10^{-9} \text{ kg}/\text{m}^2\text{sPa}$ som är aningen högre än för den jämförda 12 mm tjocka träfiberskivan vars ånggenomsläpplighet var $1,61 \times 10^{-9} \text{ kg}/\text{m}^2\text{sPa}$. Skivan klarade i det test som gjordes av VTT fuktbelastning bra men man

kan ändå vara aningen skeptisk till hur bra den klarar fukt utan att mögla i skärgården där den utsätts för mycket fukt. Det är därför svårt att veta hur bra en gipsskiva klarar fuktbelastning och kalla temperaturer i skärgården under längre perioder. (TM Rakennusmaailma nr7/2008, s. 15)

5 Värmeisolering

5.1 Allmänt

De vanligaste värmeisoleringsmaterialen man använder i dag är mineralull, cellulosafiber och cellplast. De olika materialens volym består till största del av mellanliggande luft som helst skall röra på sig så lite som möjligt. (Hagentoft 2002, s 54).

I traditionella sommarstugor är en bra värmeisolering inte lika viktigt som i en året runt bostad eftersom de används under årstider som inte är så kalla och då man använder dem under kallare årstider vistas man inte så länge där. Isoleringens egenskaper skall i en sommarstuga uppfylla bra beständighet, fuktsäkerhet, behaglig inomhusmiljö och i vissa fall bra värmeisoleringsegenskaper. Fuktsäkerheten hör till ett av de viktigare kraven eftersom materialen i sommarstugor utsätts för helt andra förhållanden än ett ständigt uppvärmt hus. Vilket isoleringsmaterial man än väljer så måste inneluften ventileras ordentligt och konstruktionslösningarna samt utförandet vara bra för att byggnaden skall fungera.

När man installerar värmeisoleringen är det viktigt att den fyller hela utrymmet utan att lämna tomrum speciellt på varma sidan av konstruktionen. Om det lämnas tomrum inne i byggnadsdelen är risken stor att luften kan börja cirkulera i utrymmet på grund av inre konvektion, vilket minskar isoleringseffekten och ökar risken för kondens och fuktskador. Ett isoleringsmaterial med låg luftgenomsläpplighet är således också bättre eftersom det hindrar skadliga luftrörelser.

För att kunna jämföra och välja mellan de olika tillverkarnas produkter måste man känna till isoleringsmaterialens egenskaper och hur de beter sig i olika förhållanden. Därför är i kapitel 5.2 till 5.4 kort presenterat de vanligaste isoleringsmaterialen och i avsnitt 5.5 framtaget en jämförelse hur de passar till sommarstugor.

5.2 Mineralull

Mineralull är idag det dominerande isoleringsmaterialet även vid byggandet av fritidsbostäder. Mineralull är en gemensam beteckning för de mineralfiberbaserade

isoleringsmaterialen glasull och bergull. Mineralull används förutom som värmeisolering även som akustisk, teknisk- samt brandisolering.

Mineralull har normalt en densitet mellan 20-50 kg/m³ beroende på produkt och användningsområde. Värmeledningsförmågan eller värmekonduktiviteten för mineralull är ungefär 0,035 W/(mK) och produkterna finns att få som både skivor, rullar och som blåsull (TM Rakennusmaailma nr6/2012, s.19).

Mineralullen är luftgenomsläpplig och således även diffusionsöppen vilket gör att vattenånga kan vandra genom den. Däremot kan materialet binda ytterst lite fukt till sig vilket ökar risken för fuktskador då vattenånga kondenseras i materialet. Det här resulterar i att vatten samlas i nedre kanten av isoleringen mot trästommen och kan orsaka mikrobväxt (Pettersson 2007, s145).

5.3 Cellulosafiberisolering

Cellulosafiberisolering är ett organiskt material som tillverkas av returpapper också i kombination med träfibrer. Isoleringen behandlas med olika kemikalier för att förbättra brandtåligheten och mögelresistensen. Träfiberisolering finns som torr blåsull, sprutull och isoleringsskivor (Burström 2006, s468).

Den torra blåsisoleringen används mest till isolering av golv, takbjälklag och vindbjälklag men också i väggar. Den isolering som består av behandlad söndermalt papper köps på balar som med blåsmaskin söndermals och blåses på rätt plats.

Vid sprutisolering är isoleringen fuktig så att träfibers egna limmande bindemedel binder ihop massan så att den inte faller samman. Den här produkten används oftast till isolering av väggar och när man sprutat så maskinbeskärs isoleringen slät med skålningen. Därefter skall isoleringen torka före man kan lägga tillverkarens rekommenderade luftspärr. Kvaliteten på arbetet och hur stor densiteten för materialet blir på plats inverkar mycket på isoleringens egenskaper. Densiteten kan variera mellan 30-60kg/m³ beroende på produkt samt utförandet och har en värmeledningsförmåga på ungefär 0,04-0,05 W/(mK) (Burström 2006, s468). Om densiteten blir för låg eller det lämnas tomrum i konstruktionen ökar risken för luftrörelser i materialet med värmeförluster och kondensrisk i konstruktionen som följd.

Cellulosafiberisolering finns också som skivor vars tekniska egenskaper motsvarar blåst och sprutad träfiberisolering. Den här produkten lämpar sig vintertid då man inte kan spruta väggar eftersom det finns stor risk för byggfukt. Dessutom behövs inte diverse

maskiner och utrustning för att isolera byggnaden vilket underlättar arbetet speciellt i skärgården.

Vid användning av träfiberisolering skall rekommenderad diffusionsöppen luftspärr installeras på varma sidan av isoleringen och en tillräckligt diffusionsöppen vindsyddsskiva på utsidan.

5.4 Cellplast

Cellplast tillverkas genom att expandera plast. Cellplasten indelas i hårda och mjuka cellplaster och används för att isolera allt från grund till tak i en byggnad. De vanligaste cellplasterna inom byggbranschen är polystyrencellplast och polyuretancellplast.

Polystyrencellplast delas in i två olika cellplaster: EPS (Expanderad PolyStyren) och XPS (Extruderad polystyren) enligt deras framställningsprocess. Cellplast isoleringen består till största delen av innesluten gas i plast. Styrencellplasterna säljs som skivor i olika dimensioner samt hårdhet och finns som olika färger. Skivorna har en bra värmeisoleringsförmåga, fukttålighet och hållfasthet. Däremot så är de känsliga för lösningsmedel som fräter sönder materialet så ifall man vill få en skiva som skall vara svårantändlig måste den behandlas med flamskyddsmedel (Burström 2006, s470).

Tack vare sina goda fuktegenskaper, värmeisoleringsförmåga samt tryckhållfasthet så används polystyrenplast mycket till husgrunder men också till alla andra delar av huset. Densiteten för materialet varierar beroende på produkt mellan 20-40kg/m³ och har en värmeledningsförmåga kring 0,03 W/(mK) (Petterson 2007, s144).

Polyuretancellplast eller endast uretan som det också kallas är en tvåkomponentprodukt som består av slutna celler fyllda med gas i likhet med polystyrenplast. Polyuretan används som värmeisolerings-skivor, sandwichelement eller som tätskum som sprutas (Burström 2006, s471). Densiteten för materialet rör sig mellan 20-30 kg/m³ och kan ha en värmeledningsförmåga som är ungefär 0,025 W/(mK) (Petterson 2007, s144).

5.5 Jämförelse av isoleringsmaterialen

För att kunna motivera och överväga vilken isolering som passar en ouppvärmad sommarstuga bäst så har jag ställt valda isoleringsmaterial mot varandra och jämfört deras egenskaper.

I tidningen Rakennusmaailma nummer 6 år 2012 har man jämfört egenskaperna mellan olika fiberisoleringsmaterial som baserar sig på VTT Expert Services Oy: s mätningar och materialdata. Från mätningarna fick man fram bl.a. isoleringarnas värmeledningsförmåga,

luftgenomsläpplighet, densitet, brandegenskaper, draghållfasthet samt hur mycket vatten materialet suger i sig och hur länge det tar för materialet att torka upp.

Från undersökningen har jag valt tre isoleringsmaterial vilka är Isover glasull, Paroc bergull och Ekovilla cellulosafiberisolering som kan ses i figur 9. De olika materialen är alla isoleringsskivor som kan köpas i förpackningar vilket är behändiga att använda till skärgårdsbyggnader då transporten oftast är besvärlig. Jag har valt att hålla cellplast utanför jämförelsen trots sina goda fuktegenskaper på grund av att materialet i allmänhet är aningen för dyrt att lägga i byggnadens alla konstruktioner.



Figur 9. Bilder av produkterna Isover glasull, Paroc bergull och Ekovilla cellulosafiber uppräknade från vänster. (TM Rakennusmaailma nr6/2012, s.21-22).

Värmeledningsförmågan för de olika materialen är alla nästan samma då de rör sig kring $0,035 \text{ W/mK}$. Luftgenomsläppligheten för Ekovilla cellulosafiber materialet är $148 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$ vilket är större än för de mineralbaserade materialen där Isover glasull och Paroc bergull har en luftgenomsläpplighet på 48×10^{-6} respektive $93 \times 10^{-6} \text{ m}^3/\text{m}^2\text{sPa}$. Eftersom glasullen har lägsta luftgenomsläppligheten så sker det minst luftrörelser i det materialet. Trots detta så är luftgenomsläppligheten hos materialen så höga i jämförelse med vindskyddet ute och luftspärren inne att valet mellan glasull, bergull eller cellulosafiber inte borde påverka risken för kondens i konstruktionen. (TM Rakennusmaailma nr6/2012, s.19).

Torkningstestet för materialen som gjordes av VTT utfördes så att 10 mm av isoleringen var under vatten 24 timmar. Hur mycket vatten som materialet sög åt sig noterades genom att väga materialet efter blötningen och sedan kontrollerades torkningshastigheten med materialen stående vertikalt i utrymme med $22 \text{ }^\circ\text{C}$ och 50 % relativ fuktighet. Bergull är det material som sög minst vatten åt sig, endast $0,08 \text{ kg/m}^2$ och torkade på bara en timme. Glasullen sög åt sig $1,12 \text{ kg/m}^2$ vatten och hade en torkningstid på 24 timmar. Inte helt oväntat så upptog det hydroskopiska materialet cellulosafiber hela $8,19 \text{ kg/m}^2$ när det var i

vattnet och torkade först efter 140 timmar vilket är ganska oroväckande. (TM Rakennusmaailma nr6/2012, s.19).

Den här undersökningens resultat motsvarar dock inte isoleringens torkningstid i en konstruktion då materialet är instängt och inte luftas lika bra som i testet. Därför är det mycket möjligt att mineralullen inte torkar alls bra i konstruktionen medan cellulosafibern som kan uppta och avge fukt kan transportera fukten ut ur byggnadsdelen. Dessutom är det en självklarhet att de material som upptog mera vatten också hade en längre torkningstid och därför kan man inte dra några avgörande slutsatser utav torkningstestet vilket material som fukttekniskt är bättre.

När det gäller brandegenskaper så är bergull det material som har de bästa egenskaperna och därefter kommer glasullen. Cellulosafibern däremot har begränsad brandresistans trots att det är behandlat för att klara av brand bättre. (TM Rakennusmaailma nr6/2012, s.19). Mögelrisken för de olika materialen är minst i bergull och aningen högre för glasull. Cellulosafibers mögelresistans är aningen oklar och kan ifrågasättas då den utsätts för mycket fukt under långa perioder. (TM Rakennusmaailma nr3/2005, s.44).

Cellulosafibers goda egenskaper är att materialet ständigt söker sin jämviktsfukt genom att absorbera och avge fukt vilket gör att det lämpar sig bra t.ex. ifall man vill tilläggsisolera en stockstuga då materialet är diffusionsöppet och har liknande hydrokopiska egenskaper som trä.

Cellplast är ett material med goda fuktegenskaper då det varken släpper luft eller fukt genom sig. Därmed behöver man inte installera ång- eller luftspärr på inre sidan om isoleringen och vid användning i takbjälklag behövs inte vindskyddsskiva ovanför som skydd för isoleringen. Dessutom lämpar sig cellplast bra till takbjälklag där dess goda värmeisoleringsförmåga gör att man kan göra tunnare konstruktioner och undvika eventuella kondensproblem i byggnadsdelen. Nackdelen med cellplast är att materialet obehandlat brinner ytterst snabbt och är prismässigt betydligt dyrare än mineralull och cellulosafiber.

6 Ångspärr eller luftspärr

6.1 Allmänt om att bygga lufttätt

De byggnader som man bygger idag har till stor utsträckning lufttäta konstruktioner. Det här är en förutsättning för att kunna bygga hus med låg energianvändning men också för att

skydda byggnaden från att fuktig inneluft skall strömma ut i konstruktionen genom otätheter och skapa fuktproblem.

Konsekvenserna av bristande lufttätet är kortfattat följande:

- Ökad energianvändning genom transmissionsförluster.
- Ökad energianvändning genom ventilationsförluster.
- Drag, kalla golv.
- Fuktkonvektion.
- Frysrisk hos installationer och sämre ljudisolering.
- Spridning av lukter, partiklar, gaser inkl radon.

För att uppnå en lufttät byggnad och hindra fuktvandring krävs det att en ång- eller luftspärr läggs på varma sidan om isoleringen i alla vägg-, tak- och golvytor. Vid installation av ångspärren eller ångbromsen är det viktigt att alla genomföringar är täta, skarvar tejpade och att skiktet inte får hål i sig. Detta löses vanligtvis i egnahemshus med korskålning på inre sidan av bärande stommen på så sätt att luftspärren läggs mot stommen och sedan bygger man inåt med 50 mm träskålning som isoleras samt ytbeläggs. Det här gör det möjligt att dra elkablar, vattenledningar och installationer på insidan om luftspärren utan att punktera den.

En viktig minnesregel är att ång- eller luftspärren på varma sidan om isoleringen skall ha fem gånger tätare ångmotstånd än vindskyddet på utsidan av isoleringen vid normal uppvärmning året runt.

Ett allmänt diskussionsämne bland folk är att det för människan är ohälsosamt att bo inplastad i sitt hus och att gamla byggnader var mycket bättre när väggarna "läckte luft". Det här stämmer inte eftersom man kan konstatera att mängden koldioxid och syre som transporteras genom byggnadsmanteln är såpass liten i jämförelse med den mängd som förs till och från med ventilationen att den nästan helt kan borträknas. I normala fall så transporteras ungefär 100 gånger mera fukt bort genom ventilationen än vad som diffunderar genom en vanlig träregelvägg med mineralull som isolering även om det saknas plastfolie som ångspärr (Hagentoft, CE) .

6.2 Luftspärr eller ångspärr i fritidshus?

Valet om man skall använda ångspärr eller luftspärr (ångbroms) på den varma sidan om isoleringen styrs direkt av vilket isoleringsmaterial man har valt och byggnadens användning. I byggnader som är uppvärmda året runt lägger man nästan alltid en ångspärr på den varma sidan om isoleringen speciellt om isoleringsmaterialet är mineralull.

Fritidshus avviker från normal användning eftersom de oftast står ouppvärmda under kallare delen av året men skall ändå klara av att vara uppvärmda under kyliga dagar.

Vad är då skillnaden mellan de olika luftspärrarna och hur skall man välja för att uppnå en bra och funktionell konstruktion i stugan? Här tas till följande upp fakta och jämförelse mellan de olika materialen.

Ångspärren är diffusionstät vilket också samtidigt innebär att den är konvektionstät. Denna spärr hindrar då att luft strömmar ut i konstruktionen men stoppar också vandring av vattenånga d.v.s. diffusion. Dessa diffusionstäta material är oftast Polyetenfolie (plastfolie) som finns i olika färger samt ofärgade.

I bastun måste man använda aluminiumfolie som fuktspärr eftersom plastfolierna inte klarar av höga temperaturer. Dessutom så reflekterar aluminiumfolien värmen tillbaka till bastulufte. Här lönar det sig att vara speciellt noggrann med att få utrymmet lufttätt genom att tejpa skarvar och genomföringar eftersom fuktvandring av mycket varm luft ut i konstruktionen inte är bra. I badutrymmen och omklädningsrum kan det också vara nödvändigt med ångspärr då luftfuktigheten ofta är hög men den här ångspärren kan vara av normal platsfolie.

Luftspärr eller ångbroms som den också kallas har som uppgift att hindra skadliga luftrörelser i byggnadsdelarna. Dessa material är konvektionstäta men inte diffusionstäta och har betydligt lägre ånggenomgångsmotstånd vilket gör att fukt även kan röra sig och torka inåt. Vanliga luftspärrar är luftspärrspapp som är nätförstärkt laminerat papper med olika ånggenomsläpplighet. Tjärpapper är också en vanlig luftspärr som används till fritidshus och renovering av gamla byggnader där man vill att konstruktionen skall kunna "lufta" och torka bra. Dessa luftspärrar passar även speciellt bra till hydrokopiska värmeisoleringsmaterial som cellulosafiber.

Som slutsats kan man konstatera att i fritidshus som är uppvärmda rekommenderas att inte använda ångspärrar som plastfolie utan istället lägga ångbromsande material som luftspärrspapp. Orsaken till att det lönar sig att använda luftspärr istället för ångspärr är att

luftförhållandena mellan utsidan och insidan på konstruktionen varierar kraftigt under hösten, våren och vintern. Dessa kalla och fuktiga förhållanden kan då leda till att fuktvandringen ofta blir omvänd men genom att ha en luftspärr som släpper igenom en viss mängd ångdiffusion så möjliggör det att fukten kan torka ut på båda sidor av konstruktionen. I en konstruktion med ångspärr så kan inte vattenånga röra sig genom t.ex. plastfolien och större mängder vattenånga kommer att kondenseras mot plastfolien vid fuktvandring inåt. I traditionella sommarstugor använder man sig oftast inte av maskinell ventilation som skapar undertryck vilket nästan är en förutsättning för att använda ångtät plastfolie som spärr i byggnadens mantel.

Om man däremot bestämmer sig för att ha underhållsvärme i stugan då man inte vistas där kan en ångspärr vara rätt val eftersom diffusionen då hela tiden sker utåt i konstruktionen.

Ifall man tänker använda byggnaden under kallare perioder borde den luftspärr som installeras ändå vara så ångbromsande att man kan värma huset utan att det sker för mycket diffusion av vattenånga ut i konstruktionen som kan kondenseras.

7 Fuktteknisk undersökning av fritidshus

7.1 Undersökningsobjektet

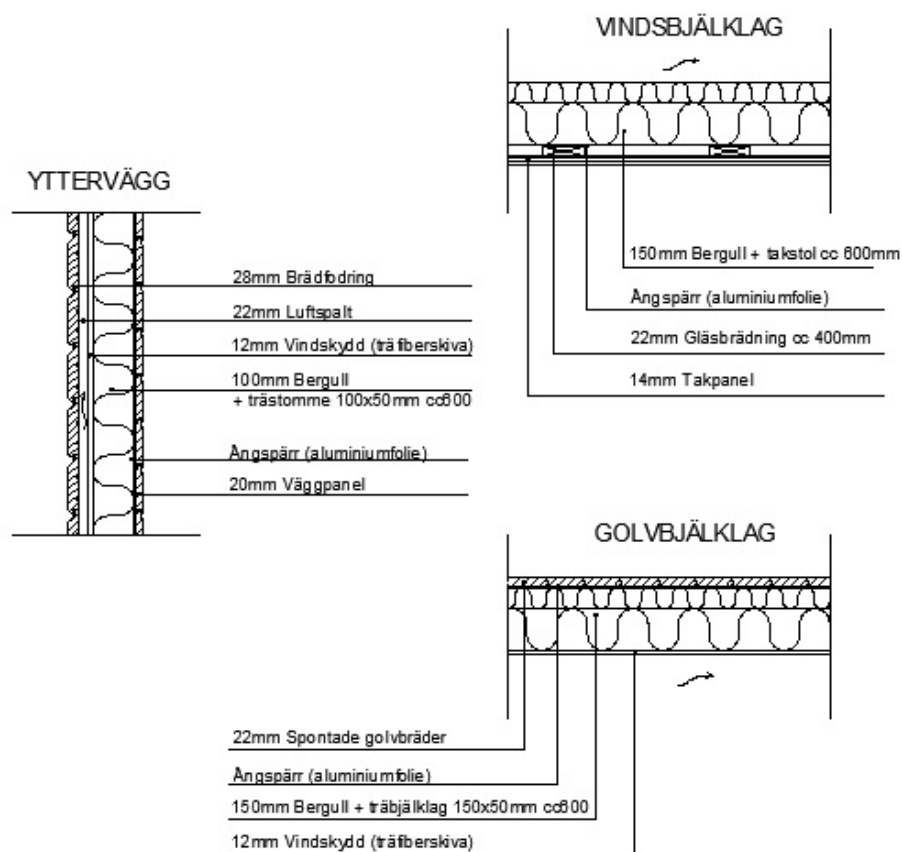
I sommarstugor som är ouppvärmda är risken för fuktproblem som tidigare nämnts då temperaturen och ånghalten inomhus är lägre än utomhus eftersom diffusion av vattenånga då sker inåt i konstruktionerna. Den största risken för kondens är då luften utomhus efter en kallare period värms upp under höst-, vinter- och vårdagar medan innetemperaturen ännu är lägre. För att få konkret information om variationen mellan luften ute och inne har jag i detta arbete under en period på ungefär tre veckor i januari utfört en mätning av temperatur och relativ fuktighet i den befintliga sommarstugan på Kalvön.

Den byggnad som luftmätningen utförts i och fuktberäkningarna gjorts för är en 30 m² stor träbyggnad som har självdragsventilation och är byggd år 1989. Byggnaden står ouppvärmd då den inte är i användning och då någon vistas där sker uppvärmningen med vedeldad gjutjärnsspis. Huset har trossbotten på öppen pelargrund, trästomme och åstak av takstolar. Konstruktionslösningarna för stugan är relativt normala för sommarstugor och motsvarar de material och lösningar som troligtvis även kommer att användas i fritidshuset som skall planeras. Det som är speciellt för sommarstugan är att ångspärren i byggnadsmanteln är av överlopps aluminiumpapper vars egenskaper motsvarar ungefär

plastfoliens. Byggnaden samt konstruktionstyperna med material är presenterade i figurerna 10 och 11 nedan.



Figur 10. Byggnaden som fungerade som undersökningsobjekt.



Figur 11. Konstruktionstyperna för undersökningsobjektet. Till vänster är ytterväggen och till höger vindsbjälklaget och golvsbjälklaget.

7.2 Mätning av luftförhållanden i januari 2013

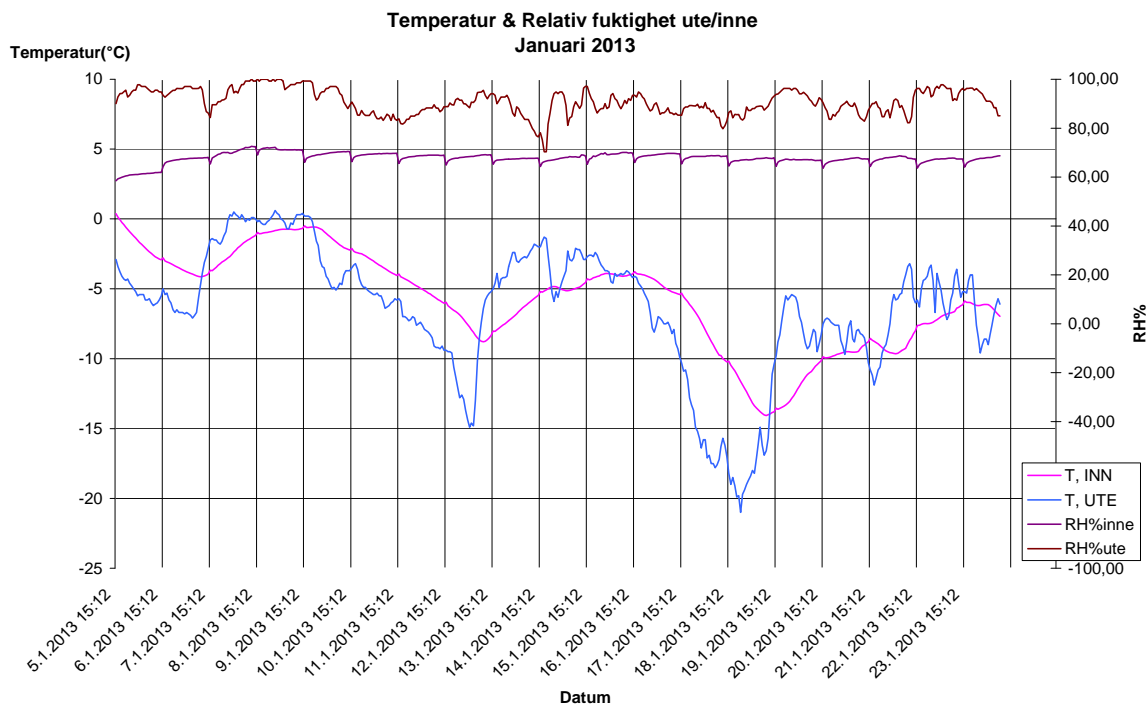
Mätningarna i undersökningsobjektet utfördes under perioden 6.1 – 23.1.2013 med en *Vaisla drycap hand-held Dewpoint Meter DM70* fuktmätare som var inställd att spara data om inneluftens temperatur och relativa fuktighet med en timmes mellanrum. Mätaren var placerad mitt i stugan.



Figur 12: Mätinstrumentet som användes vid mätningen av inneluftens temperatur och relativa fuktighet för januari månad 2013.

Dessa mätvärden har jag jämfört med uppmätta värden för utomhusluften under samma tidsperiod från Tvärminne zoologiska station i Hangö som ligger endast 2 km från undersökningsobjektet. All data har jag infört i programmet Microsoft Excel för att få grafiska kurvor att analysera. Det som försämrar den fukttekniska undersökningen är att mätningen av inneluften endast gjordes för januari månad och borde istället utföras under hela hösten, vintern och våren för att ha konkret och bredare information att dra slutsatser

ifrån.

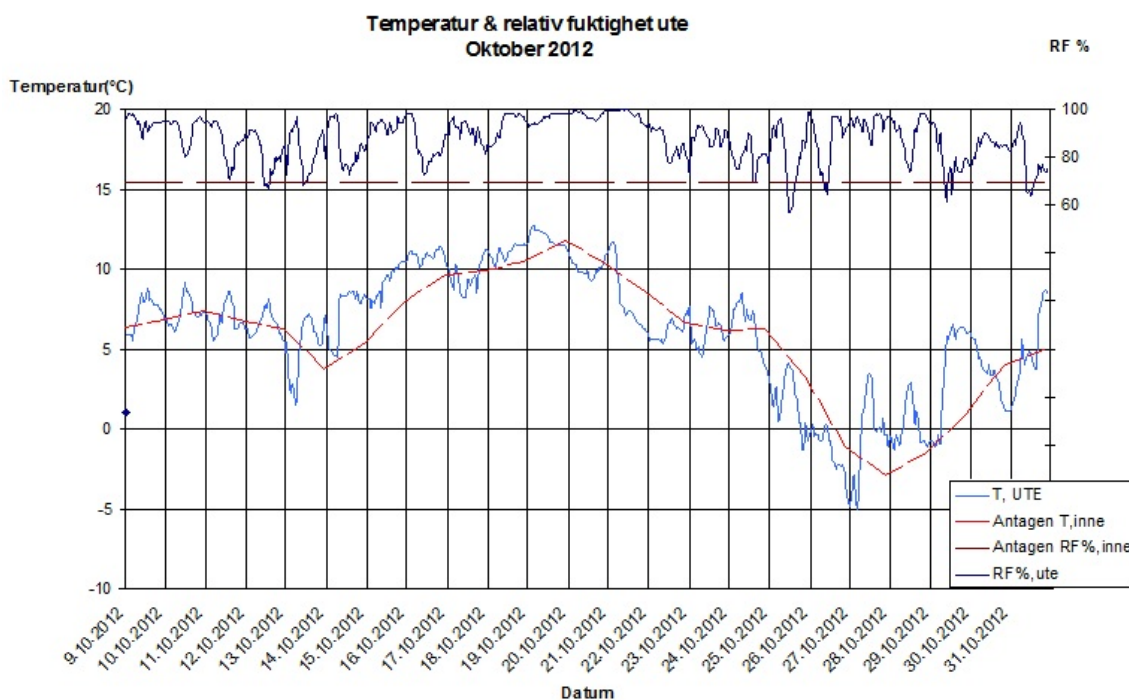


Figur 13. Uppmätta samt registrerade temperaturer och relativ fuktighet inne och ute i januari månad år 2013 för undersöknings objektet.

Från figur 13 kan man studera luftförhållandet mellan ute- och inne-temperatur samt relativ fuktighet för januari månad år 2013. Man kan tydligt se att då temperaturen utomhus stiger efter att ha varit kallare under en period så kommer det att ske fördröjning före innetemperaturen som fortfarande är kall börjar stiga. Den tid som temperaturen inomhus är kallare än utomhus beror förstås på temperaturförändringen ute, ventilationen och konstruktionens täthet. Man kan av mätresultatet dra slutsatsen att alltid då temperaturen är lägre inne än ute kommer fuktvandringen att ske från utomhusluften inåt i konstruktionen. Under mätperioden för januari kan man se att det sker 3-4 stycken perioder då det är kallare inomhus vilka varar i ungefär 2 till 4 dagar. Temperaturen är då mellan 2 och 7 °C kallare inomhus än utomhus. Den relativa fuktigheten utomhus varierar kring 90 % medan den inomhus hålls ganska konstant lite under 70 % vilket är acceptabel luftfuktighet. Vid analys av grafen för den relativa fuktigheten inomhus bör påpekas att mätaren varje dag vid samma tid kl 15:12 kalibrerade sig själv vilket påverkade mätresultaten så att den relativa fuktigheten sjönk vid den perioden. Eftersom temperaturerna under mätperioden var minusgrader både på ut och insidan innebär det att den vattenånga som kondenseras i konstruktionen kommer att samlas som frost som senare smälter.

7.3 Luftförhållanden ute för oktober 2012

Eftersom mätningen av temperatur och relativ fuktighet inne endast gjordes i januari så finns inga värden för andra månader som eventuellt skulle orsaka mera risk för fuktproblem. För att få en uppfattning om hur temperaturen och den relativa fuktigheten varierar under hösten är oktober månads mätvärden år 2012 som är mätta vid Tvärminne zoologiska station presenterade i följande graf. Temperaturerna samt den relativa fuktigheten inomhus för oktober månad har jag antagit utgående från mätningen som gjordes i januari 2013 och borde således vara relativt trovärdig.



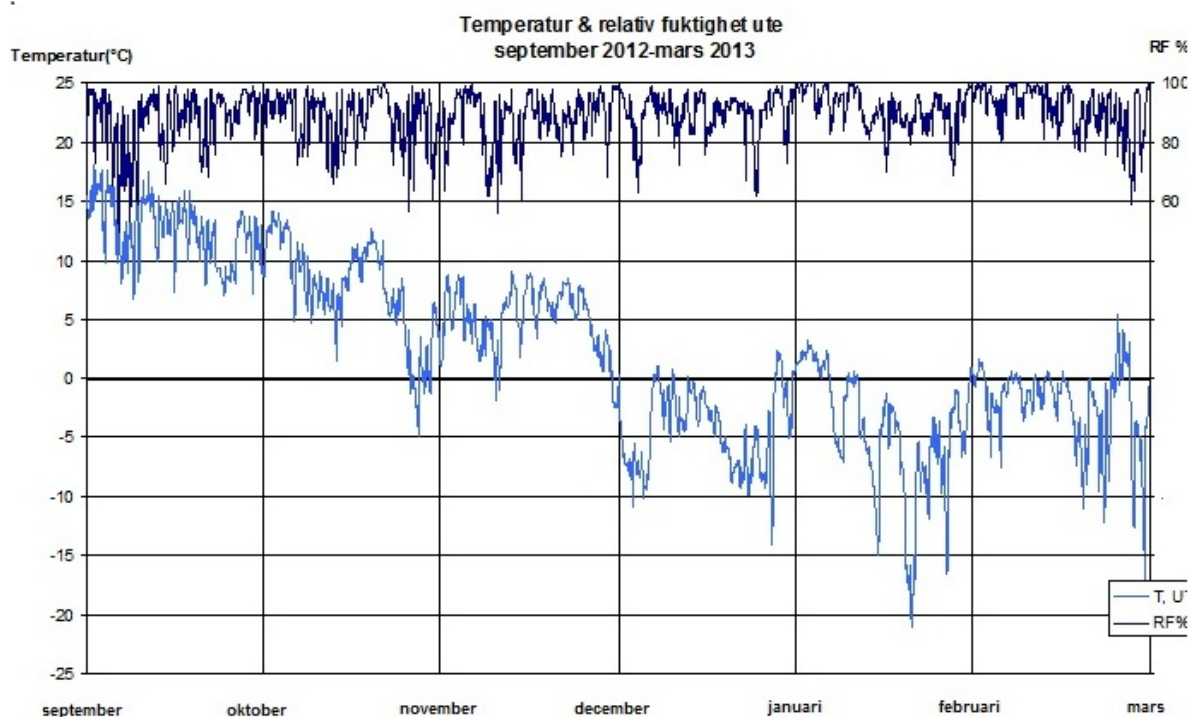
Figur 14. Registrerade temperaturer och relativ fuktighet ute för oktober månad vid Tvärminne zoologiska station i Hangö. Temperaturen och den relativa fuktigheten inomhus är antagen men rimlig och visas som röd respektive brun kurva.

I figur 14 kan man se vad temperaturen och den relativa fuktigheten ute var vid oktober månad. Då temperaturen utomhus varierar relativt lika som under januarimånad kan man även anta att liknande temperaturfördröjningar sker inomhus som de som uppmättes i undersökningsobjektet för januari månad. Då det sker fuktvandring inåt i konstruktionen kommer det också att vara risk för att mera vattenånga kondenseras i konstruktionen i jämförelse med januari månad eftersom ånghalten utomhus är betydligt högre.

7.4 Luftförhållanden ute 2012-2013

Som det tidigare i arbetet har nämnts så borde mätningar av inomhusluften gjorts för en längre period för att få konkret information av hur ofta och hur stor mängd vattenånga som kan kondenseras vid fuktvandring inåt i konstruktionen under vinterhalvåret. Nu kan man

enbart utgående från data av uteluften under hösten 2012 till våren 2013 registrerad vid Tvärminne zoologiska station anta och spekulera i hur ofta det finns risk för fuktskador i byggnadens konstruktioner. När man studerar figur 15 nedan som visar temperaturen och den relativa fuktigheten utomhus från september 2012 till mars 2013 kan man klart se att temperaturen varierar kraftigt från dag till dag. Temperaturväxlingen utomhus möjliggör därmed att det blir många korta perioder där fuktvandring kommer att ske inåt och orsaka fuktskador då det är lägre ånghalt inomhus. Längden på de perioder som fuktvandringen sker inåt är uppskattade att vara ett par dagar i likhet med mätperioden för undersökningsobjektet i januari månad och sker många gånger per månad.



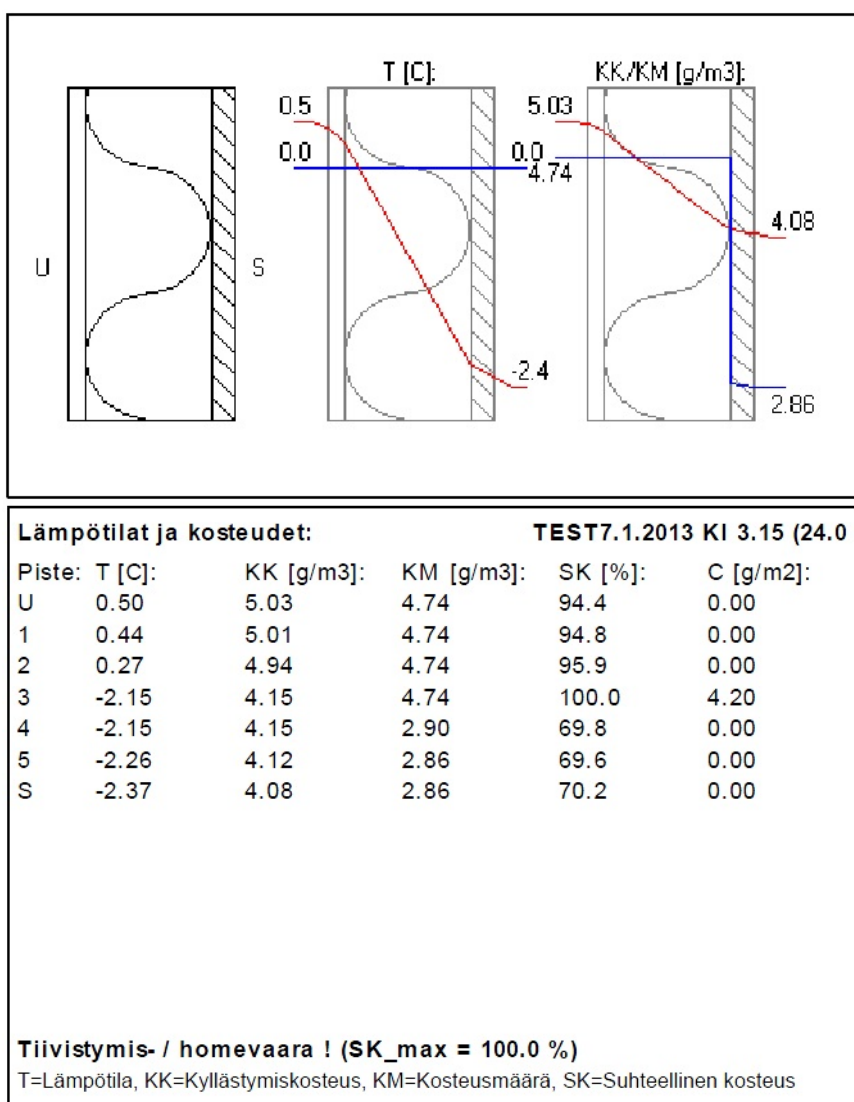
Figur 15. Registrerade temperaturer och relativ fuktighet ute från september 2012 till mars 2013 vid Tvärminne zoologiska station.

7.5 Fukttekniska beräkningar

Den fukttekniska kontrollen om det finns kondensrisk i undersökningsobjektet har utförts med datorprogrammet Dof-Lämpö 2.2 med vilket man kan undersöka konstruktionens värme- samt fuktkurvor, kondensationsmängd, U-värde och energiförbrukning. Vid beräkningarna har konstruktionens olika byggnadsdelar gjorts i programmet med rätta materialtjocklekar och programmets färdigt givna egenskaper för olika byggnadsmaterial. För att programmet skulle kunna räkna ut kondensrisken i de olika materialskikten krävdes att man hade temperaturen samt den relativa fuktigheten både ute och inne vid den tidpunkt man ville testa.

En av de fukttekniska beräkningarna som utfördes för undersöknings objektets yttervägg var baserat på luftförhållandet som rådde vid tidpunkten 7.1.2013 kl 3:15. Temperaturen ute var $0,5^{\circ}\text{C}$ och den relativa fuktigheten ute var 94,4 %. Innetemperaturen var $-2,37^{\circ}\text{C}$ och den relativa fuktigheten var 70,2%. Av beräknade tabellvärden kan man då se att $0,58\text{ g/m}^3$ vatten kondenseras i bergullen vilket betyder att det på 24 timmar samlas $4,11\text{ g/m}^2$ vatten i isoleringsmaterialet. Den tidpunkt vid vilket beräkningen av kondensmängden valdes var inte det mest drastiska och således kunde resultatet användas som medelvärde för den period som det skedde fuktvandring inåt.

I figur 16 nedan som är utklippt ur programmet Dof-Lämpö 2.2 kan man studera hur den relativa fuktigheten stiger i ytterväggen som grafer och tabellvärden och var samt hur stor mängd vattenångan som kondenseras den 7.1.2013 kl 3:15.



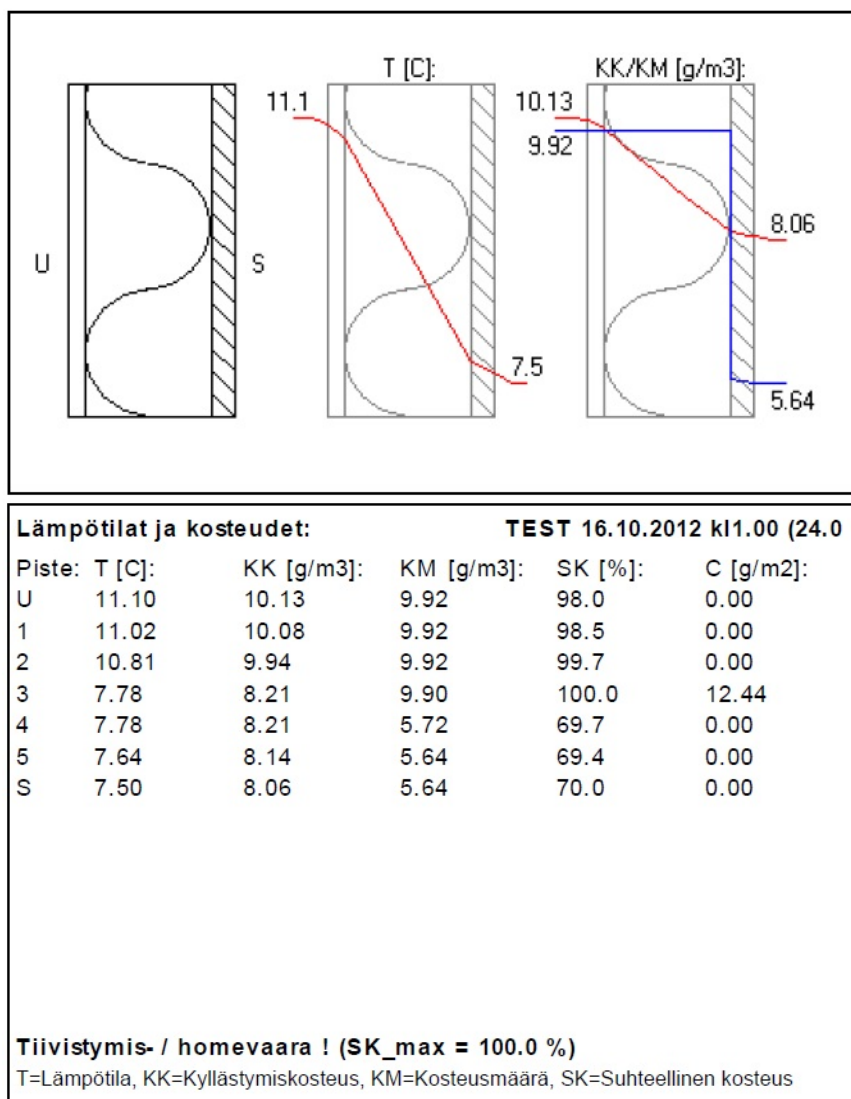
Figur 16. Resultat av fuktteknisk beräkning vid tidpunkten 7.1.2013 för undersökningsobjektets yttervägg. I de grafiska bilderna kan ses temperaturen, aktuella

ånghalten samt mätnadsånghalten. Tabellen anger konstruktionens temperatur, mätnadsånghalt, aktuell ånghalt och relativ fuktighet som råder i de olika skikten samt hur mycket vatten som kondenseras i konstruktionen på 24 h.

Av de andra fukttekniska beräkningar som gjorts för ytterväggen i januari månad som även kan ses som bilagor 1-5 kunde man bl.a. konstatera att det vid nämnda tidpunkter kondenserades följande mängd vatten i bergullen:

- 7.1.2013 kondenseras det 4,20 g/m² vatten i bergullen under 24 h.
- 9.1.2013 kondenseras det 9,19 g/m² vatten i bergullen under 24 h.
- 14.1.2013 kondenseras det 3,47 g/m² vatten i bergullen under 24h.
- 20.1.2013 kondenseras det 4,31 g/m² vatten i bergullen under 24h.
- 23.1.2013 kondenseras det 2,51 g/m² vatten i bergullen under 24h.

För att dessutom få uppfattning av hurdan fuktvandring det kan ske under hösten så har jag utgående från uppmätta värden av uteluftens temperatur och relativ fuktighet för oktober månad gjort beräkning på ytterväggen för samma undersökningsobjekt. Eftersom det inte fanns uppmätta värden för innetemperaturen och den relativa fuktigheten för oktober så har jag utgående från undersökningen som gjordes för januari 2013 uppskattat en rimlig inneluft för beräkningstidpunkten i oktober. Den fukttekniska beräkning som gjordes den 16.10.2012 kan ses som bilaga 6 samt som figur 17. Av de beräknade tabellvärdena kan man då se att 0,66 g/m³ vatten kondenseras i bergullen vilket betyder att det på 24 timmar samlas hela 12,26 g vatten i isoleringsmaterialet per kvadratmeter vilket är betydligt mera än vid testet den 7.1.2013.



Figur 17. Resultat av fuktteknisk beräkning vid tidpunkten 16.10.2012 för undersökningsobjektets yttervägg. I de grafiska bilderna kan ses temperaturen, aktuella ånghalten samt mätnadsånghalten i konstruktionen. Tabellen anger konstruktionens temperatur, mätnadsånghalt, aktuell ånghalt och relativ fuktighet som råder i de olika skikten samt hur mycket vatten som kondenseras på 24h.

7.6 Slutsats av fukttekniska undersökningen för undersökningsobjektet

Om man adderar de mängder vattenånga som kondenseras under de perioder som det sker fuktvandring inåt under januari månad 2013 kommer man till att ungefär 32 gram vatten samlas i bergullen per kvadratmeter under 18 dygn. Den totala mängden vatten som kondenseras är beräknad utgående från luftmätningarna som visar när och hur länge det sker fuktvandring inåt samt de fukttekniska beräkningar som gjorts och kan ses som bilagor 1 till 6. För oktober månad och hösten i allmänhet kan man konstatera att det troligtvis kommer att ske mycket mera kondens och vara en större risk för fuktskador. För att få ett riktigande resultat av hur mycket vatten som samlas i konstruktionen under

oktober månad 2012 så kunde jag baserat på de antaganden jag gjort komma fram till att det kan samlas mellan 60 upp till t.o.m. 80 g/ m² i ytterväggens isolering. Det här är med andra ord nästan en hel deciliter vatten per kvadratmeter bergull vilket teoretiskt borde resultera i fuktskador i nedre delen av trästommen.

Trots att det teoretiskt kommer att samlas relativt mycket vatten på grund av fuktvandring i konstruktionen under vinterhalvåret för undersökningsobjektet så skall det här resultatet enligt min åsikt "tas med en nypa salt". Först måste man ta i beaktande att konstruktionen har möjlighet att torka mellan de perioder som det finns risk för kondens i konstruktionen. Dessutom så när jag kontrollerade vindsbjälklaget hos undersökningsobjektet i januari 2013 så visade det sig att isolering och takstolar var torra och det syntes inte några spår av fuktskador. Det skulle förstås varit intressant att kontrollera ytterväggen men det fanns inte någon möjlighet till detta då det skulle ha förutsatt att riva en del av väggen.

Däremot så har det ur den fukttekniska undersökningen visat sig att byggnadsmaterialen i konstruktionen då den är ouppvärmad utsätts för mycket hög relativ fuktighet över 80 % under långa perioder vilket kunde leda till mögelväxt. I den här stugan som nu fungerade som undersökningsobjekt har det dock inte märkts av några illaluktande eller synligt mögel. Det som enbart har märkts av är en aning unken lukt på våren då man börjat använda stugan igen och då har lukten snabbt försvunnit. Den här stugan är nu över 20 år gammal och verkar klara vinterhalvåret bra utan någon underhållsvärme.

7.7 Övriga fukttekniska beräkningar

Som bilagor till det här arbetet finns kalkylblad ur vilka framgår relevant information av de fukttekniska beräkningar som utförts på undersökningsobjektet vid olika luftförhållanden och olika konstruktionsdelar.

Vid kontroll om det sker kondens i golvsbjälklaget vid fuktvandring utifrån inåt visade det sig med beräkningsprogrammet att det sker betydligt mindre kondens i jämförelse med ytterväggen vid de testade luftförhållandena. Kondensrisken i vindsbjälklaget är däremot lika stor och aningen större som i ytterväggen förutsatt att temperaturen på vinden är ungefär samma som ute. Resultatet av beräkningarna för golvsbjälklaget och vindsbjälklaget kan ses i bilaga 7, 8 och 9.

Förutom beräkningar för undersökningsobjektet har jag även utfört beräkningar för att undersöka och jämföra vad olika materialval och dimensioner kan leda till med tanke på fritidshuset som skall byggas. Dessa beräkningar kan studeras som bilagor till detta arbete.

Genom att prova beräkna med olika tjocklekar av isolering i konstruktionen för samma luftförhållanden kunde man se att det kommer att kondenseras mera vatten i en tunnare konstruktion än i en tjockare. Det här beror på att vattenånga som vandrar inåt i en konstruktion med tunnare lager isolering snabbare möter kallare ytor medan temperaturen i en tjockare konstruktion kommer att utjämnas mera.

Utgående från fukttekniska beräkningarna som finns som bilaga 11 och 14 kunde man summera att valet mellan glasull, bergull och cellulosafiber som isoleringsmaterial i konstruktionen inte har någon avgörande betydelse för hur mycket kondens av vattenånga som sker. Detta på grund av att dessa materials luftgenomsläpplighet är nästan de samma.

För att få en uppfattning av vilken vindsyddsskiva som bättre hindrar risken för kondens vid fuktvandring inåt så har jag gjort beräkningar där jag jämförde en 9 mm tjock gipskiva och en 25 mm tjock träfiberskiva vilka kan ses som bilaga 10 och 14. Resultatet var att gipsskivan klart bättre hindrar vandrigen av vattenånga utifrån inåt och således minskar mängden vatten som kondenseras.

När man sedan jämförde hur en ångspärr eller luftspärr påverkar risken för fuktskador till följd av fuktvandring inåt så var tjärpappret klart bättre än plastfolien. Det här eftersom tjärpappret släpper en viss mängd vattenånga genom sig och låter den fuktiga luft som finns i isoleringen torka upp i jämförelse med plastfolien som inte alls släpper någon vattenånga genom sig. Dessa beräkningar kan ses i bilaga 13 och 14.

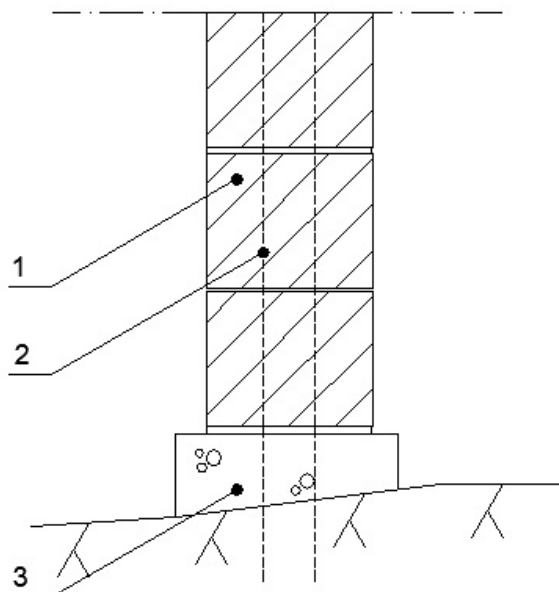
8 Valda konstruktionslösningar för fritidshuset

8.1 Grunden

Grunden till fritidshuset kommer att göras av murade pelare som stöder upp tomtvarvet. Pelarna muras av lättgrusblock 240 x 240 x 190 mm då de är lätta att hantera och transportera ut till skärgården. Alternativt skulle man kunna gjuta betongpelare i lämpliga former av rör eller liknande men då det uppskattat skulle gå åt 1-1,5 m³ betong vilket är besvärligt att blanda på plats eller transportera till ön, så utesluts det alternativet.

Pelarna kommer att muras direkt mot berggrunden då det endast är ungefär 0,5- 1 m med jord före man kommer fram till berg. Pelarens förankring i berget görs av armeringsjärn och en lämplig grundsula gjuts även före pelarna muras upp. Avståndet mellan pelarna där tomtvarvet för golvbjälklaget kommer skall vara ungefär 2 m och avståndet till följande rad vara så att spännvidden på golvbjälklagets träbalkar blir högst 3,5 m.

- 1 Murad pelare: Lättgrusblock 250x250x190mm
- 2 Armering 2 st 10 mm kammstål.
- 3 Betongjuten plint på berg.



Figur 18. Konstruktionsdetalj av murad pelare som grund.

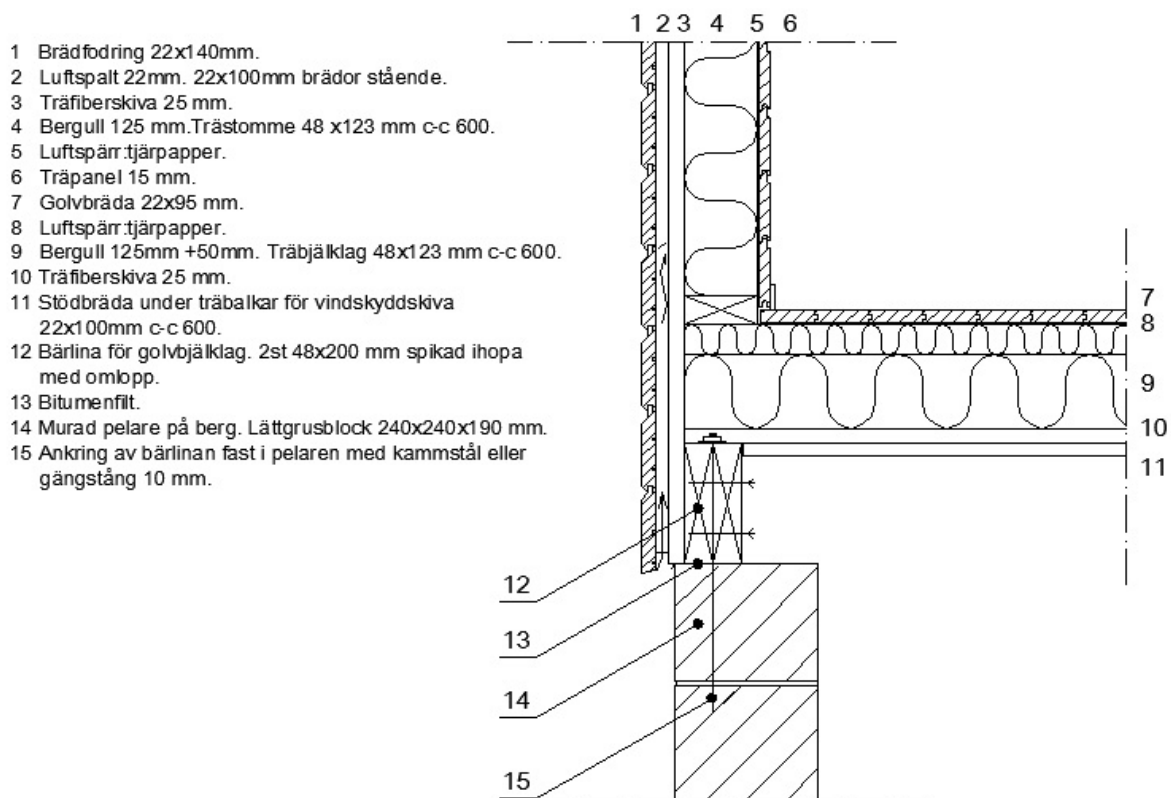
8.2 Golvbjälklag

De bärande balkarna i golvbjälklaget görs av sågat trävirke 48 x 198 mm klass T24. Fördelningen av balkarna görs med 600 mm mellanrum och spännvidden får helst inte överskrida 3,5 m. Balkarna fästes i bärlinan med spikar eller skruvar och under balkarna spikas 22 x 100 mm brädor vars uppgift är att stöda upp vindskyddsskivorna. Vindskyddet i golvbjälklaget görs av Runkolejonas 25 mm tjocka träfiberskiva som läggs mellan balkarna ned mot stödbräderna då det är en säker och beprövad lösning.

Som värmeisolering installeras 175mm bergull då dess fukttekniska egenskaper har visat sig fungera bra i en sommarstuga utan underhållsvärme. Blåst cellulosafiberisolering skulle ha varit ett annat alternativ men eftersom den har en tendens att sätta sig efter en tid och för att det är aningen oklart hur väl den klarar av fuktbelastningen så utesluts det materialet.

Ovanpå balkarna installeras tjärpapper som luftspärr efter att värmeisoleringen är på plats. Tjärpappret valdes före plastfolie och andra folier då det enligt de fukttekniska beräkningarna visat sig minska risken för kondens vid fuktvandring utifrån in. Material i konstruktionen kan då torka bättre när tjärpappret släpper igenom vattenånga och fastän byggnaden värms upp under kalla dagar så finns det ingen risk för fuktskador.

Som golvmaterial i den planerade stugan används spontade golvbräder 28 x 95mm som spikas i spanten direkt mot bjälklagets balkar. I figur 19 kan man se en konstruktionsdetalj på anslutningen mellan bärlina, golvbjälklag och yttervägg inklusive de nämnda materialvalen.



Figur 19. Konstruktionsdetalj över anslutningen mellan grund, golvbjälklag och yttervägg.

8.3 Yttervägg

Stommen för ytterväggen görs av sågade trästolpar 48 x 123mm med en fördelning på 600mm. På utsidan av stommen läggs en Runkoleijona träfiberskiva som fungerar som vinskydd. Valet av träfiberskiva som vindskyddsskiva gjordes för att den klarar av fuktbelastning utan att börja mögla och har egenskaper som gör att den fukttekniskt kommer att vara bra för sitt ändamål. Brädfodringen för stugan görs av träpanel 28 x 140 mm på liggande som fästs i 22 x100 mm bräder på stående vilka åstadkommer en nödvändig luftspalt före vindskyddsskivan.

Värmeisoleringen i ytterväggarna kommer att göras av 125 mm bergull eftersom stommens bredd även är 123 mm. Bergullen valdes även här som isoleringsmaterial då det verkar vara bättre än glasull för sommarstugan och cellulosafibern skulle ha känts som ett osäkert val.

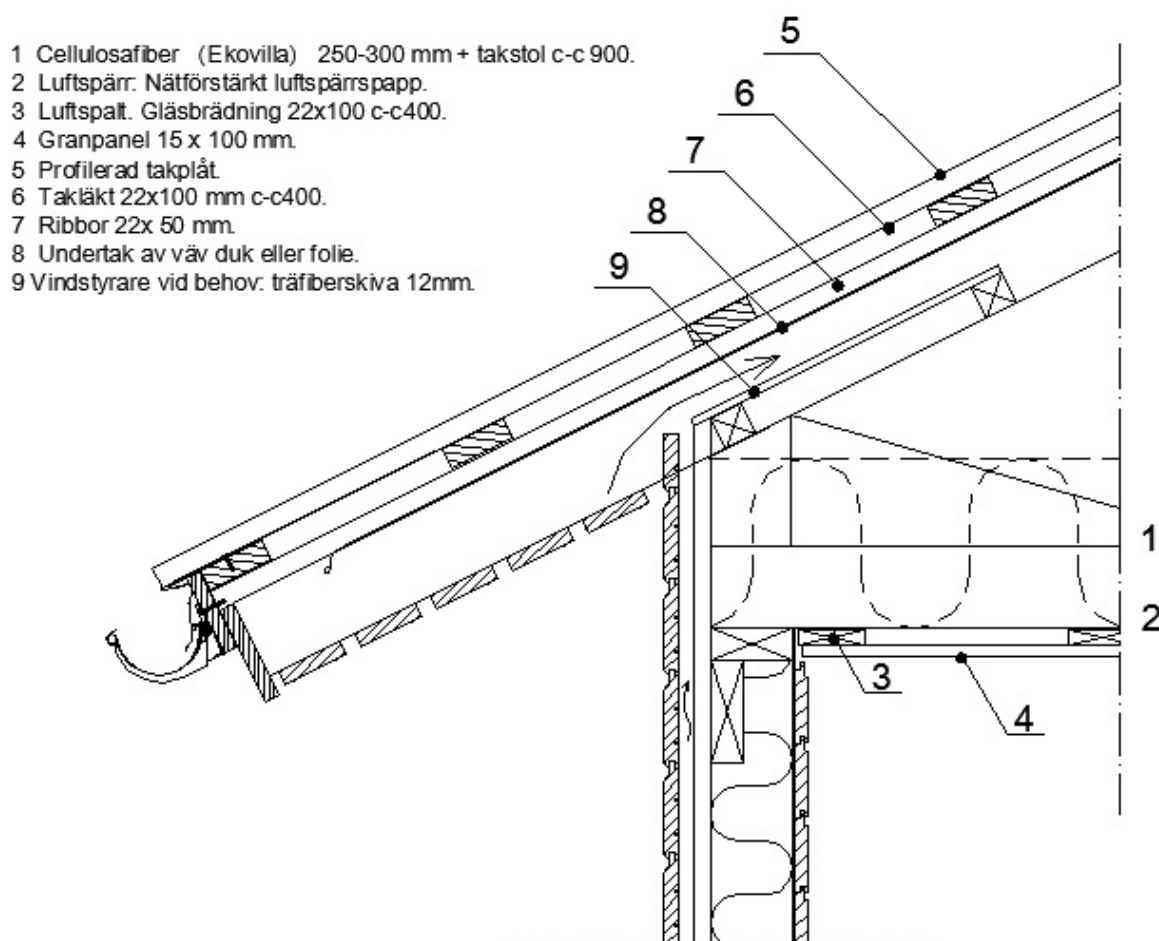
Tjärpapper kommer att fungera som luftspärr i stugan då den har en ånggenomsläpplighet som gör att konstruktionen blir luftigare men klarar av funktionen som luftspärr då man värmer stugan en kall dag. Dessutom har tjärpappret som luftspärr visat sig fungera bra i både nya som gamla sommarstugor. Eventuellt kan andra luftspärrspapp med tillräcklig

ånggenomsläpplighet användas. På insidan av stommen och luftspärren installeras slutligen 15 x 120 mm granpanel. Ytterväggs uppbyggnad med material kan ses i figur 19.

8.4 Vindsbjälklag

Åstaket byggs upp av takstolar med en fördelning på 900 mm. Takstolarnas vilar på ett hammarband av 2 stycken träplankor 48 x 123 mm, där övre är på ligg och nedre stående enligt konstruktionsdetaljen i figur 20. Undertaket av lämpligt material läggs mot takstolarna, 22 x 50 mm ribbor utanpå takstolarna och takläkt tvärs över takstolarna med en 400 mm fördelning i vilken takplåten sedan skruvas fast.

Värmeisoleringen görs av blåst cellulosafiber (Ekovilla) då den är lätt att installera i trånga utrymmen och dess egenskap att uppta och avge fukt fungerar bra på vindsutrymmen. Luftspärren mot takstolarna görs här av lämplig nätförstärkt luftspärrspapp och tvärs under takstolarna läggs glesbrädning 22 x 100 mm med centrumavstånd 400mm. Innertaket blir av 15 x 100 mm granpanel som läggs fast i glesbrädningen.



Figur 20. Konstruktionsdetalj av anslutning mellan yttervägg och vindsbjälklag.

9 Diskussion och avslutning

I det här arbetet har tyngdpunkten varit kring fuktig luft och hur det påverkar en byggnad. Man kan direkt konstatera att detta är ett mycket intressant men brett ämne som det fortfarande finns mycket att lära sig om.

Den fukttekniska undersökningen som gjorts för ett fritidshus som står ouppvärmad under vinterhalvåret är en viktig del av det här arbetet. Utgående från resultatet får man en uppfattning om att det finns risk för fuktskador i en byggnad som står ”kall” under fuktiga höst-, vinter- och vårdagar. Detta på grund av att den fuktvandring som periodvis kommer att ske inåt gör att vattenånga har en möjlighet att kondenseras mot kallare ytor i konstruktionen och att byggnadsmaterialen utsätts för hög relativ fuktighet.

Trots att resultatet visar att det finns risk för fuktskador på grund av fuktig luft i fritidshus bör man vara aningen skeptisk till resultatet då mängderna som teoretiskt kondenseras är relativt små och troligtvis torkar upp mellan varven. Men det utesluter inte att det skulle vara en betydligt större risk att lämna en stuga ”kall” under vinterhalvåret istället för att ha underhållsvärme.

Bristen i den fukttekniska undersökningen är att mätningen av temperaturen och den relativa fuktigheten inne för undersökningsobjektet endast gjordes för januari månad 2013. För att kunna ge en mera faktarik analys av hur mycket vatten som kondenseras i konstruktionsdelarna borde en luftmätning göras för hela vinterhalvåret i ett lämpligt undersökningsobjekt.

I slutet av examensarbetet har jag presenterat de konstruktionstyper och lösningar som valts för den planerade byggnaden. Valen av material och konstruktionslösningar har gjorts på basen av resultat av fukttekniska beräkningar och byggnadsmaterialens egenskaper. Det bör påpekas att tolkningen av materialens egenskaper och hur de sedan fungerar i konstruktionen varit svår och jag gjort antaganden som verkat mest troliga. Sådana material och konstruktionslösningar som tidigare har visat sig fungera i gamla hus har naturligtvis också påverkat vilka lösningar som valts för nybyggnaden.

Avslutningsvis kan man säga att det här arbetet varit mycket lärorikt och förhoppningsvis kan även andra dra nytta av arbetet då man tänker planera en egen sommarstuga eller vill undvika fuktskador i sin nuvarande stuga. Jag vill också tacka min handledare Towe Andersson från yrkeshögskola Novia i Raseborg för goda råd och bra handledning.

Källförteckning

Burström, P-G. (2006). *Byggnadsmaterial*. Sverige: Studentlitteratur Ab.

Finlands byggbestämmelsesamling D4. (2012). *Byggnaders energiprestanda, föreskrifter*.
http://www.finlex.fi/data/normit/37188-D3-2012_Svenska.pdf (Hämtat 15.3.2013).

Finlands byggbestämmelsesamling E1. (2011). *Byggnaders brandsäkerhet, föreskrifter*.
http://www.finlex.fi/data/normit/10530-e1_svenska.pdf (Hämtat 15.3.2013).

Hagentoft, C-E. (2002). *Vandrande fukt, strålande värme*. Danmark: Narayana Press.

Miljöministeriet. (2012). *Direktivet om byggnaders energiprestanda*.
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=14527&lan=sv> (Hämtat 15.3.2013)

Petterson, B-Å. (2007). *Tillämpad byggnadsfysik*. Danmark: Scangraphic.

Raseborg. (2010). *Byggnadsordning för Raseborgs stad*.
<http://www.raseborg.fi/service/bygga-och-bo/byggnadstillsyn/byggnadsordning> (Hämtat 13.12.2012)

Rak- 43.1210. (2013). *Kaavakokoelma, rakennusfysiikan perusteet*.
http://users.tkk.fi/talesone/TKK/Kurssit/Rakennusfysiikan%20perusteet/Kaavakokoelma/rak-43.1210_kaavakokoelma.pdf (Hämtat 15.1.2013)

Samuelsson, I, Arfvidsson, J & Hagentoft, C-E. (2007). *Få bukt med fukt*. Danmark: Scangraphic.

Suomen kuitulevy Oy. (2013). *Rakennuslevyt*.
<http://www.suomenkuitulevy.fi/fi/tuotteet/rakennuslevyt> (Hämtat 1.4.2013)

TM Rakennusmaailma. (nr6/2012). *Lämmön takeeksi*.
<http://rakennusmaailma.fi/vertailut/vertailussa-kuitueristeet> (Hämtat 7.2.2013).

TM Rakennusmaailma. (nr9/2010). *Energiapihi kuivanpitolämmitys*.
<http://www.sisailmakeskus.fi/kuvat/file/Energiapihi%20kuivanapitol%C3%A4mmitys.pdf>
(Hämtat 27.3.2013)

TM Rakennusmaailma. (nr7/2008). *Tuulen vartijat - kosteuden kaitsijat*.
<http://rakennusmaailma.fi/vertailut/tuulensuojatuotteet> (Hämtat 7.2.2013).

TM Rakennusmaailma. (nr3/2005). *Lämmöneristyksen ytimessä*.
<http://rakennusmaailma.fi/arkisto/lehtiarkisto> (Hämtat 7.2.2013)

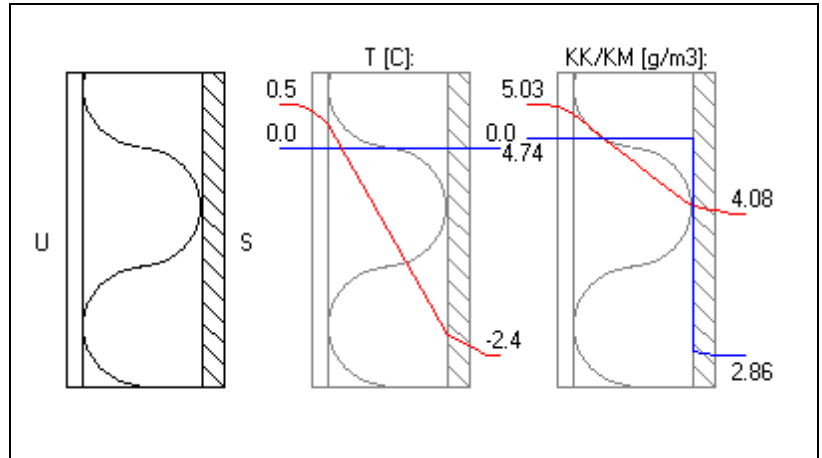
Bilagor

I bifogade bilagor finns de fukttekniska undersökningar som utförts för undersökningsobjektet med programmet Dof-Lämpö 2.2

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 7.1.2013 kl 3.12	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/27/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.44	5.01	4.74	94.8	0.00
2	0.27	4.94	4.74	95.9	0.00
3	-2.15	4.15	4.74	100.0	4.20
4	-2.15	4.15	2.90	69.8	0.00
5	-2.26	4.12	2.86	69.6	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

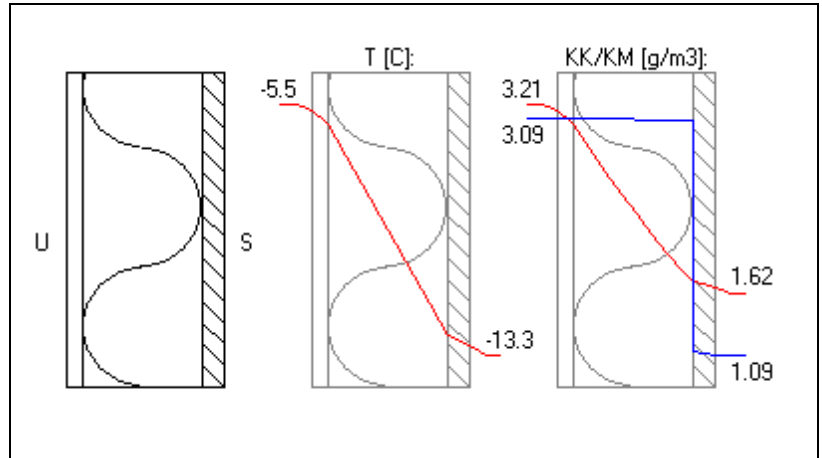
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 9.1.2013 kl 20.12	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/27/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST 9.1.2013 kl 20.12 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-5.50	3.21	3.09	96.3	0.00
1	-5.67	3.16	3.09	97.5	0.00
2	-6.14	3.04	3.08	100.0	0.00
3	-12.70	1.72	3.08	100.0	9.19
4	-12.70	1.72	1.13	65.7	0.00
5	-13.00	1.67	1.09	65.4	0.00
S	-13.31	1.62	1.09	67.3	0.00

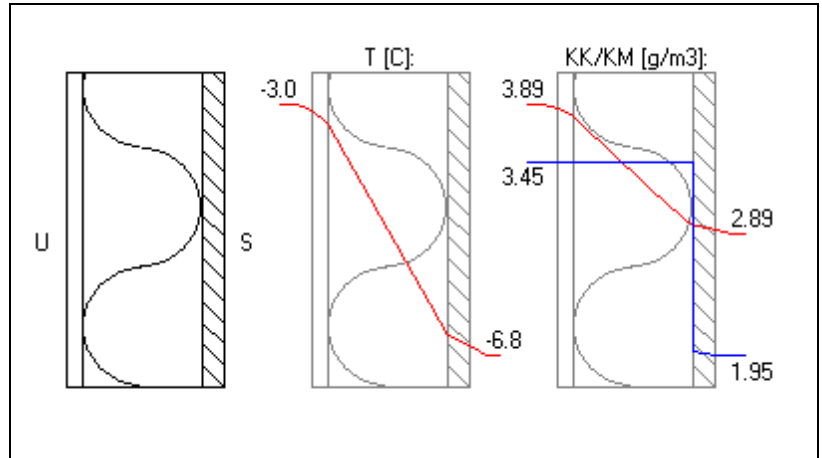
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 14.1.2013 kl 3.12	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/27/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST 14.1.2013 kl3.12 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-3.00	3.89	3.45	88.7	0.00
1	-3.08	3.87	3.45	89.2	0.00
2	-3.31	3.80	3.45	90.7	0.00
3	-6.50	2.96	3.44	100.0	3.47
4	-6.50	2.96	1.97	66.8	0.00
5	-6.65	2.92	1.95	66.6	0.00
S	-6.80	2.89	1.95	67.5	0.00

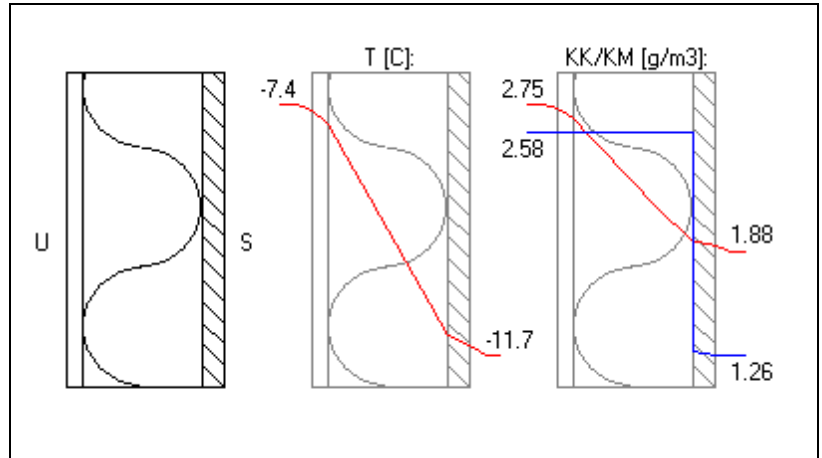
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 20.1.2013 kl 4.12	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/27/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

Test 20.1.2013 kl 4.12 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-7.40	2.75	2.58	94.0	0.00
1	-7.49	2.72	2.58	94.7	0.00
2	-7.75	2.67	2.58	96.7	0.00
3	-11.38	1.94	2.57	100.0	4.31
4	-11.38	1.94	1.28	66.2	0.00
5	-11.55	1.91	1.26	66.0	0.00
S	-11.72	1.88	1.26	67.0	0.00

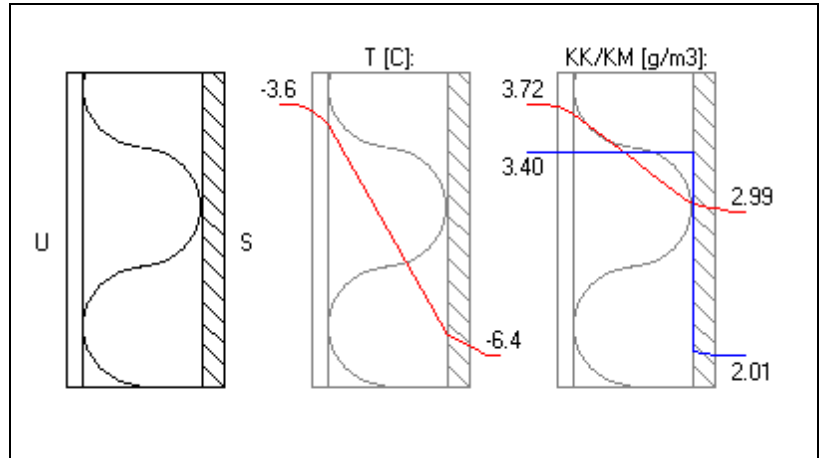
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 23.1.2013 kl 11.12	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/27/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST 23.1.2013 kl 11.12 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-3.60	3.72	3.40	91.4	0.00
1	-3.66	3.70	3.40	91.8	0.00
2	-3.83	3.65	3.39	92.9	0.00
3	-6.16	3.04	3.39	100.0	2.51
4	-6.16	3.04	2.04	67.0	0.00
5	-6.27	3.01	2.01	66.8	0.00
S	-6.38	2.99	2.01	67.3	0.00

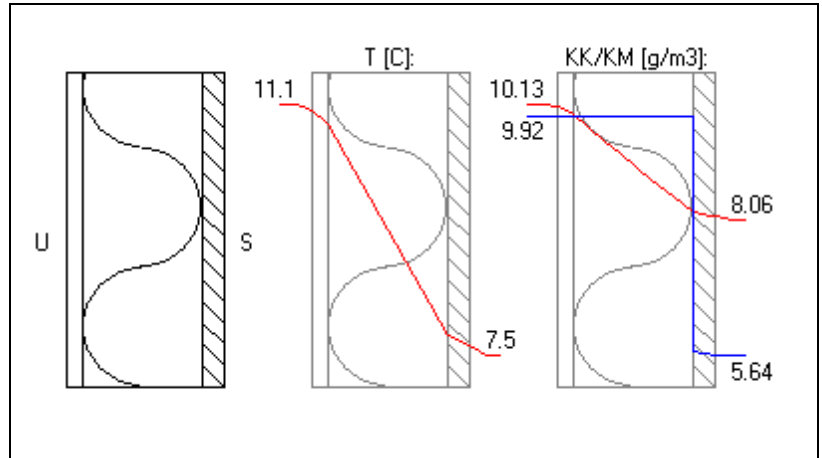
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 16.10.2012	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/21/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.386 W/m ² K
Paksuus:	131.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	20.53 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	98408.455 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.592 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	13.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	100.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST 16.10.2012 kl1.00 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	11.10	10.13	9.92	98.0	0.00
1	11.02	10.08	9.92	98.5	0.00
2	10.81	9.94	9.92	99.7	0.00
3	7.78	8.21	9.90	100.0	12.44
4	7.78	8.21	5.72	69.7	0.00
5	7.64	8.14	5.64	69.4	0.00
S	7.50	8.06	5.64	70.0	0.00

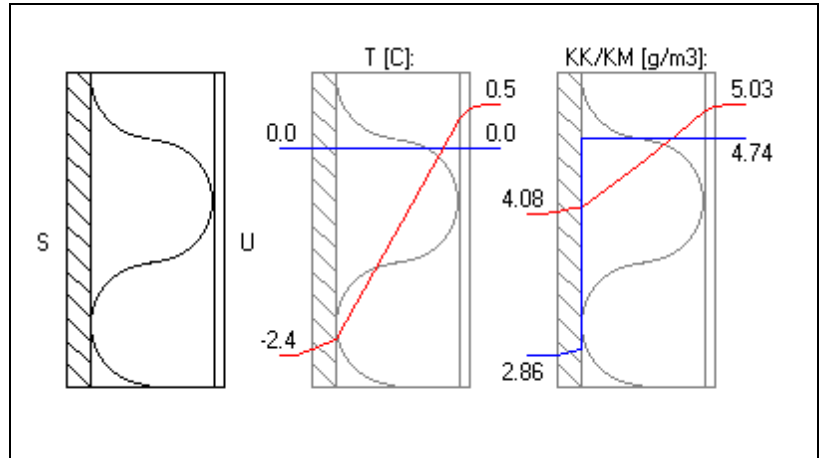
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/21/2013	Tunnus: Golvbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.272 W/m ² K
Paksuus:	190.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	28.54 kg
Hinta:	0.02 euro
Vesihöyryn vastus:	99526.110 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.679 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (kuusi)	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
2 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
3 Kivivilla	150.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
4 Puukuitulevy, huok.	12.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
3 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00
1	-2.29	4.10	2.86	69.8	0.00
2	-2.17	4.14	2.92	70.4	0.00
3	-2.17	4.14	4.73	100.0	3.37
4	0.35	4.97	4.74	95.3	0.00
5	0.46	5.01	4.74	94.6	0.00
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00

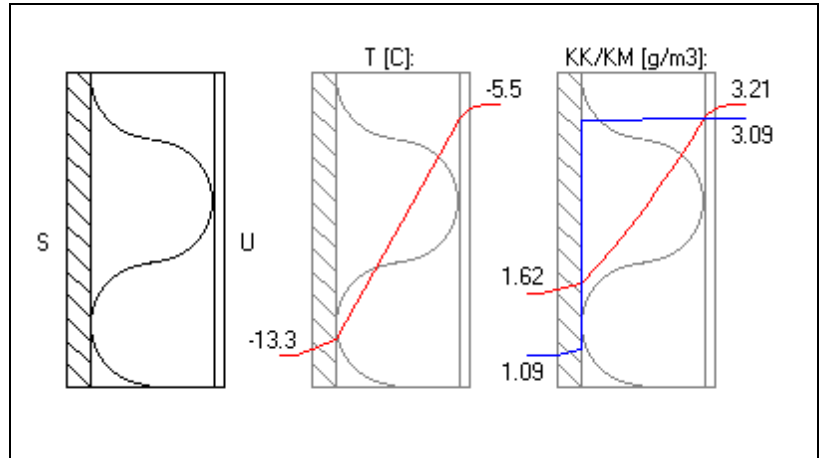
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 9.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/21/2013	Tunnus: Golvbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.272 W/m ² K
Paksuus:	190.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	28.54 kg
Hinta:	0.02 euro
Vesihöyryn vastus:	99526.110 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.679 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (kuusi)	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
2 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
3 Kivivilla	150.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
4 Puukuitulevy, huok.	12.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
3 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST 9.1.2013 kl 20.12 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
S	-13.31	1.62	1.09	67.3	0.00
1	-13.10	1.65	1.09	66.0	0.00
2	-12.77	1.71	1.15	67.2	0.00
3	-12.77	1.71	3.07	100.0	7.36
4	-5.92	3.10	3.08	99.5	0.00
5	-5.62	3.18	3.09	97.1	0.00
U	-5.50	3.21	3.09	96.3	0.00

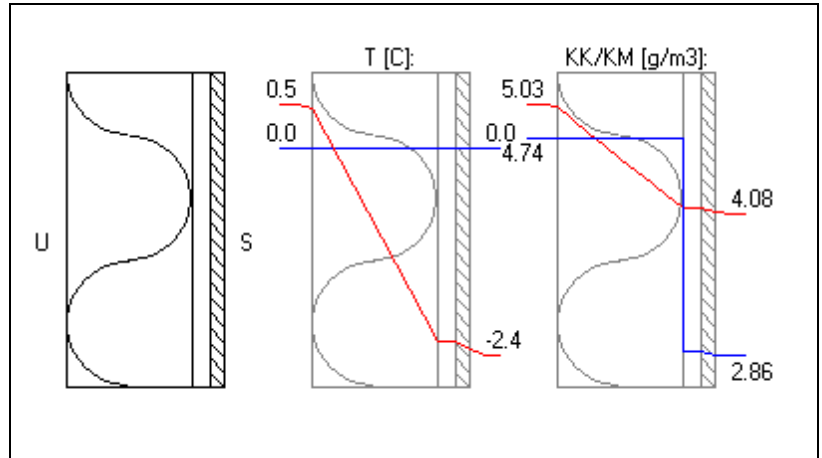
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Undersökningsobjekt Kalvö	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/21/2013	Tunnus: Vindsbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.292 W/m ² K
Paksuus:	188.150 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	19.94 kg
Hinta:	0.02 euro
Vesihöyryn vastus:	98350.674 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000010 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.425 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Kivivilla	150.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
2 Alumiinikalvo	0.15	0.3400	1.560000e-09	0.00	900.00
3 Tuulettuva ilmarako	20.00	10.0000	1.000000e+01	0.00	0.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
1 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.46	5.01	4.74	94.7	0.00
2	-2.20	4.13	4.74	100.0	4.96
3	-2.20	4.13	2.90	70.1	0.00
4	-2.21	4.13	2.90	70.2	0.00
5	-2.29	4.11	2.86	69.7	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

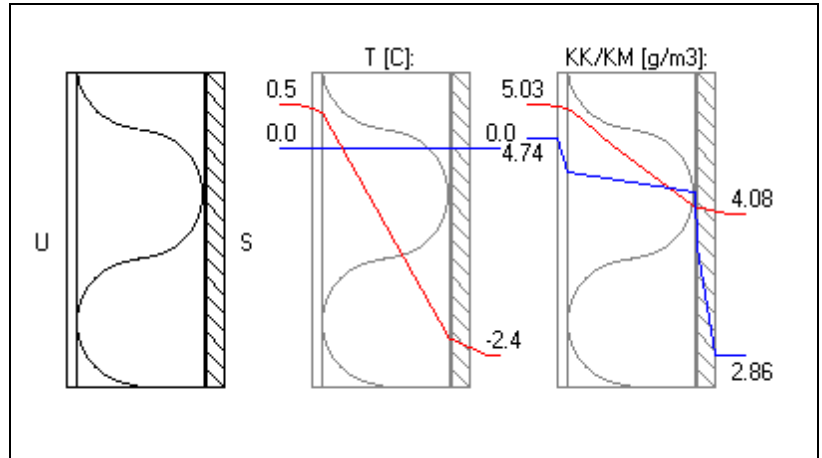
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad. Jämförelse material: 9 mm gipskiva	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/21/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.339 W/m ² K
Paksuus:	153.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	28.62 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	3554.299 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000281 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.952 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Kipsilevy	9.00	0.2400	1.620000e-05	0.00	1200.00
2 Kivivilla	125.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.45	5.01	4.74	94.7	0.00
2	0.42	5.00	4.45	89.0	0.00
3	-2.17	4.14	4.28	100.0	0.76
4	-2.18	4.14	3.82	92.2	0.00
5	-2.27	4.11	2.86	69.7	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

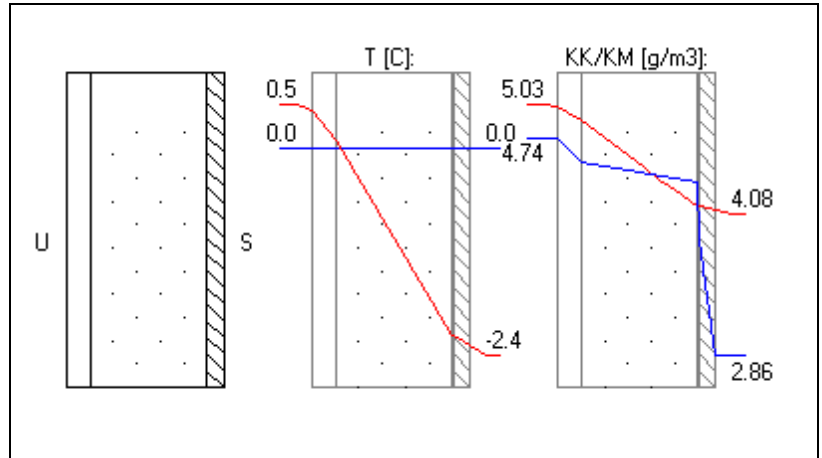
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad. Jämförelse material, cellulosafiberisolering	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen pää tiedot:

U-arvo:	0.360 W/m ² K
Paksuus:	169.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	27.12 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	3364.240 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000297 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.776 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	25.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Puukuitueriste	125.00	0.0500	3.780000e-04	0.00	35.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.44	5.01	4.74	94.8	0.00
2	0.09	4.88	4.54	93.0	0.00
3	-2.13	4.15	4.36	100.0	1.30
4	-2.14	4.15	3.87	93.2	0.00
5	-2.25	4.12	2.86	69.6	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

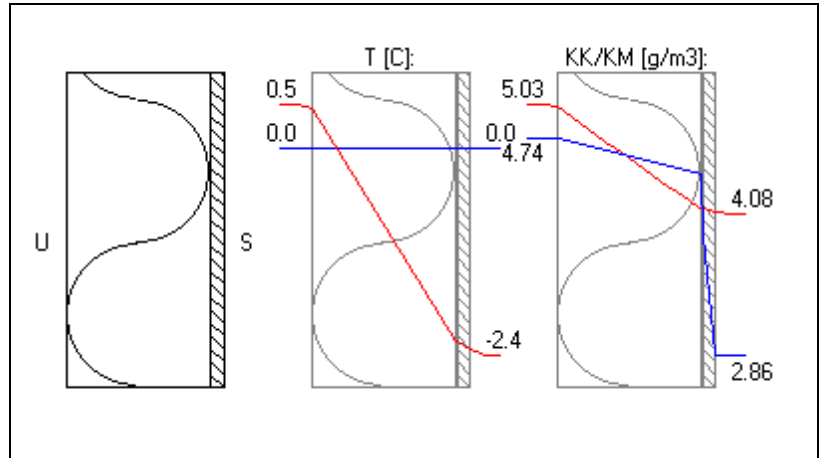
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad. Jämförelse material, bergull isolering	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Vindsbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.261 W/m ² K
Paksuus:	219.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	23.76 kg
Hinta:	0.02 euro
Vesihöyryn vastus:	3197.156 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000313 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.827 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Kivivilla	200.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
2 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
1 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.46	5.01	4.74	94.6	0.00
2	-2.21	4.13	4.43	100.0	2.33
3	-2.21	4.13	3.92	95.0	0.00
4	-2.29	4.11	2.86	69.8	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

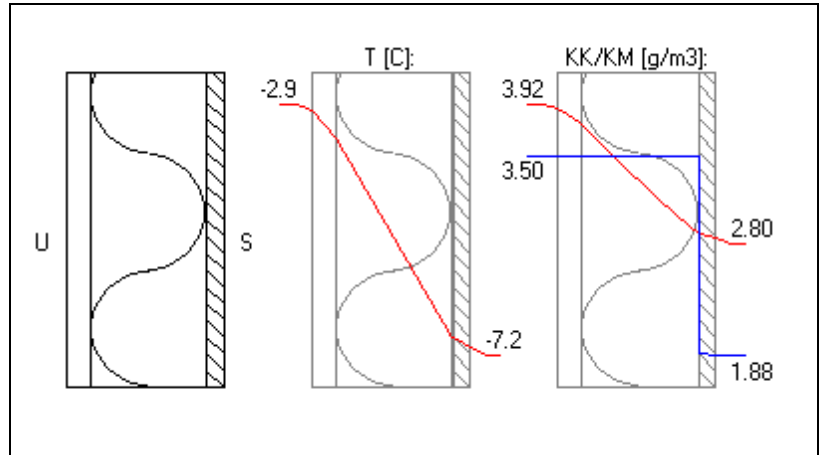
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad. Jämförelse material, ångspärr (plastfolie).	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.345 W/m ² K
Paksuus:	168.200 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	26.75 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	127496.185
Vesih. läpäisykerroin:	0.000008 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	2.896 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	25.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	125.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Muovikalvo 0.20 mm	0.20	0.3400	1.600000e-09	0.00	900.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST 14.1.2013 KL00.12 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-2.90	3.92	3.50	89.4	0.00
1	-2.99	3.89	3.50	90.0	0.00
2	-3.47	3.76	3.50	93.1	0.00
3	-6.85	2.87	3.50	100.0	2.86
4	-6.85	2.87	1.91	66.4	0.00
5	-7.01	2.84	1.88	66.4	0.00
S	-7.17	2.80	1.88	67.3	0.00

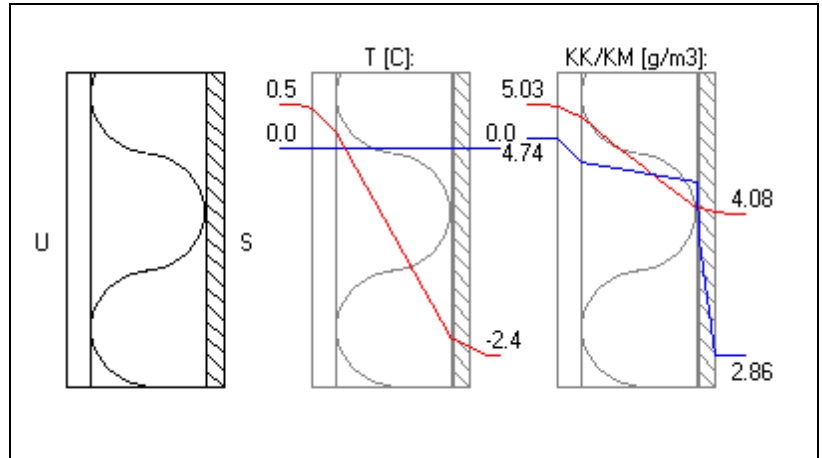
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad Kalvö (valda material)	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.303 W/m ² K
Paksuus:	169.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	26.57 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	3364.240 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000297 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.299 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	25.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	125.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.45	5.01	4.74	94.7	0.00
2	0.19	4.92	4.54	92.3	0.00
3	-2.19	4.14	4.36	100.0	1.39
4	-2.19	4.13	3.87	93.6	0.00
5	-2.28	4.11	2.86	69.7	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

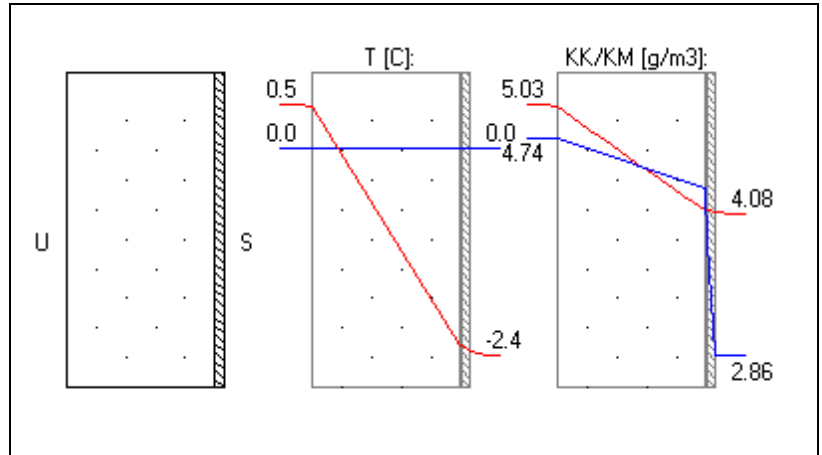
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad Kalvö (valda material)	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Vindsbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.190 W/m ² K
Paksuus:	319.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	33.00 kg
Hinta:	0.04 euro
Vesihöyryn vastus:	3461.706 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000289 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.270 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitueriste	300.00	0.0500	3.780000e-04	0.00	35.00
2 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
1 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00
1	0.47	5.02	4.74	94.6	0.00
2	-2.25	4.12	4.31	100.0	1.14
3	-2.25	4.12	3.84	93.3	0.00
4	-2.31	4.10	2.86	69.9	0.00
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00

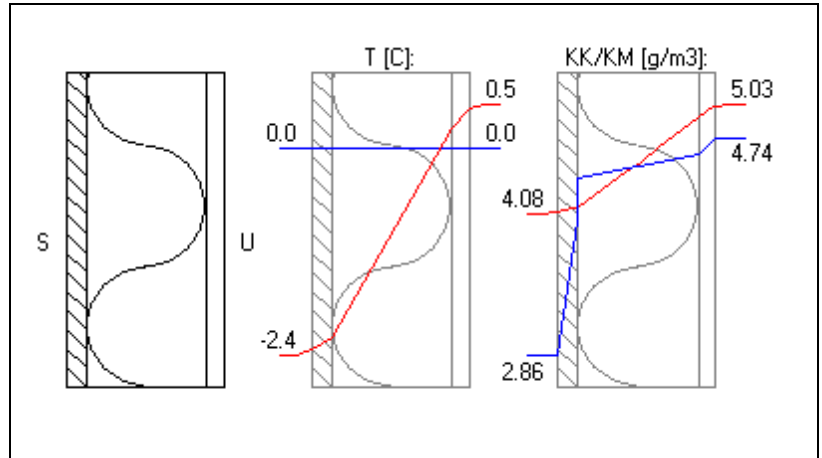
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad Kalvö (Valda material)	Sisältö: Test 7.1.2013	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Golvbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.260 W/m ² K
Paksuus:	229.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	34.93 kg
Hinta:	0.02 euro
Vesihöyryn vastus:	4496.516 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000222 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.847 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000


Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset sisältä (S) ulos (U)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puu (kuusi)	28.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
2 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3 Kivivilla	175.00	0.0460	3.780000e-04	0.00	30.00
4 Puukuitulevy, huok.	25.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
3 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:
TEST7.1.2013 KI 3.15 (24.0 h)
Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
S	-2.37	4.08	2.86	70.2	0.00
1	-2.29	4.11	2.86	69.7	0.00
2	-2.16	4.14	4.04	97.4	0.00
3	-2.16	4.14	4.40	100.0	1.29
4	0.22	4.93	4.59	93.2	0.00
5	0.46	5.01	4.74	94.7	0.00
U	0.50	5.03	4.74	94.4	0.00

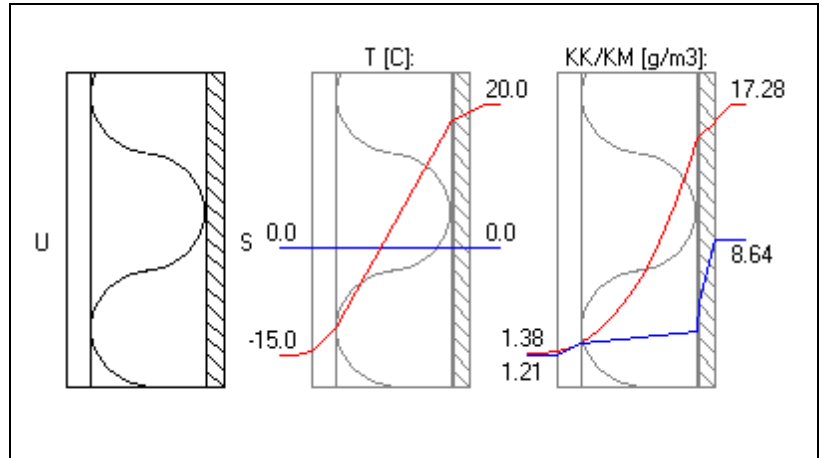
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad Kalvö uppvärmd kall dag (valda material)	Sisältö: Test uppvärmd i januari	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Yttervägg

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.303 W/m ² K
Paksuus:	169.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	26.57 kg
Hinta:	0.01 euro
Vesihöyryn vastus:	3364.240 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000297 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	3.299 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	90.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitulevy, huok.	25.00	0.0650	6.840000e-05	0.00	350.00
2 Kivivilla	125.00	0.0360	3.780000e-04	0.00	30.00
3 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
4 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00

KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
2 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-15.00	1.38	1.21	88.0	0.00
1	-14.42	1.46	1.21	83.1	0.00
2	-11.20	1.97	2.02	100.0	1.30
3	17.78	15.18	2.75	18.1	0.00
4	17.84	15.23	4.67	30.6	0.00
5	18.91	16.22	8.64	53.3	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

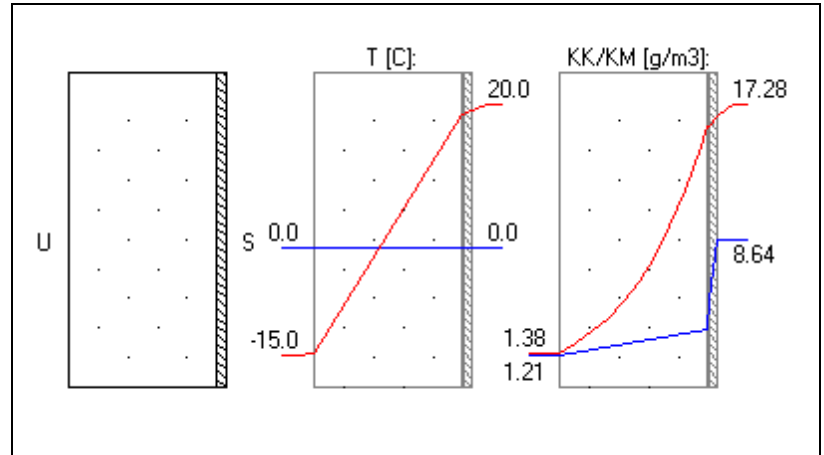
Tiivistymis- / homevaara ! (SK_max = 100.0 %)

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus

Rakennuskohde: Nybyggnad Kalvö uppvärmd kall dag (valda material)	Sisältö: Test uppvärmd i januari	
Suunnittelija: Jonathan Nylund	Päiväys: 3/26/2013	Tunnus: Vindsbjälklag

Rakenteen päätiedot:

U-arvo:	0.190 W/m ² K
Paksuus:	319.000 mm
Pinta-ala:	1.00 m ²
Paino:	33.00 kg
Hinta:	0.04 euro
Vesihöyryn vastus:	3461.706 m ² hPa/g
Vesih. läpäisykerroin:	0.000289 g/m ² hPa
Lämmönvastus:	5.270 m ² K/W
Pintavastus, ulko:	0.070 m ² K/W
Pintavastus, sisä:	0.130 m ² K/W
Kulma (0-90):	0.000



Rakenteen kerrostiedot:

Kerrokset ulkoa (U) sisälle (S)

KERROS:	T [mm]:	LJ [W/mK]:	VHL [gm/Nh]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:
1 Puukuitueriste	300.00	0.0500	3.780000e-04	0.00	35.00
2 Tervapaperi	1.00	0.1400	1.152000e-06	0.00	0.00
3 Puu (kuusi)	18.00	0.1400	1.000000e-05	0.00	440.00
KYLMÄSILTA:	LJ [W/mK]:	SPA [%]:	Hinta [e/m ³]:	Paino [kg/m ³]:	LK [W/K](kpl):
1 Runko	0.1400	12.0	1.00	440.00	---

T = Paksuus, LJ = Lämmönjohtavuus, VHL = Vesihöyryn läpäisevyys, SPA=Suht. pinta-ala, LK = Lisäkonduktanssi

Lämpötilat ja kosteudet:

Tammikuu (24.0 h)

Lisätiedot:

Piste:	T [C]:	KK [g/m ³]:	KM [g/m ³]:	SK [%]:	C [g/m ²]:
U	-15.00	1.38	1.21	88.0	0.00
1	-14.61	1.43	1.21	84.7	0.00
2	18.53	15.87	2.92	18.4	0.00
3	18.57	15.91	4.78	30.1	0.00
4	19.28	16.58	8.64	52.1	0.00
S	20.00	17.28	8.64	50.0	0.00

T=Lämpötila, KK=Kyllästymiskosteus, KM=Kosteusmäärä, SK=Suhteellinen kosteus