



Avdelningen för energi-, miljö- och byggt teknik

Jessica Tangen Nord

# Cellulosa

-en alternativ isolering med hänsyn till  
brand och fukt?

## Cellulose

-an alternative insulation material considering fire and moisture?

Examensarbete 180 hp  
Byggnadsingenjörprogrammet

Datum/Termin: 11-08-13  
Handledare: Lars Kilström  
Examinator: Malin Olin

## Sammanfattning

Cellulosaisolering är ett relativt nytt isoleringsmaterial som används mer och mer. Då det fortfarande är ganska okänt har dess brand och fukttegenskaper granskats. Brandegenskaperna har studerats med hjälp av publicerade fakta och fukttegenskaperna har studerats med hjälp av publicerade fakta men även genom egna fuktberäkningar. Fuktberäkningar har utförts på tak, yttervägg och vindsbjälklag i beräkningsprogrammet Wufi Pro 4.2. Konstruktionerna som valts till beräkningen är uppbyggda enligt rekommendationer från försäljare av cellulosaisolering. Varje konstruktion är bl.a. beräknade med och utan ångspärr. Detta är gjort med tanke på att det finns de som förespråkar att cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga skall vara tillräcklig för att klara av de fuktigare perioderna på året. Cellulosan skall buffra fukten under den fuktiga perioden för att sedan avge denna då den varmare och torrare perioden kommer. I den första delen av rapporten, den som presenterar funna fakta, kan man bl.a. läsa om detta. Dock visar fuktberäkningarna att en ångspärr skall användas för att säkerställa konstruktionens hållbarhet. Fuktberäkningar har även utförts på tak, yttervägg och vindsbjälklagskonstruktioner med olika isoleringstjocklekar och olika medeltemperaturer. Resultatet av dessa beräkningar visar att isolera mera inte är något problem ur ett fuktperspektiv. Så länge man använder sig av en ångspärr.

När det gäller cellulosaisoleringens brandegenskaper visar diskussionen att det är osäkert hur bra materialet motstår brand. Få laboratorieundersökningar har hittats och knaphänta fakta har lett till att en direkt slutsats inte kunnat utföras med hänsyn till cellulosaisoleringens brandhämmande egenskaper.

Eftersom cellulosaisolering är ett ganska nytt material på marknaden görs jämförelser med mineralull. Anledningen till detta är att mineralull funnits en längre tid på marknaden och det är material många kan relatera till.

## **Abstract**

Cellulose insulation is a relatively new insulation material that is used more and more. Since it is still quite unknown the materials fire and moisture properties have been reviewed. The fire performance has been studied by means of published data and moisture properties studied by using published data but also by own moisture calculations. Moisture calculations have been performed on a roof, exterior wall and attic floor in the measurement program Wufi Pro 4.2. The structures chosen for the calculations are constructed as recommended by the vendors of cellulose insulation. Each design is calculated with and without a vapour barrier. This is done given that there are those who advocate that the cellulose insulation's hygroscopic capacity can cope with the humid periods of the year. The cellulose can buffer the moisture during the wet period and then deliver it when the warmer and drier period sets in. You can read about this in the first part of the report, which presents the facts found. However, calculations show that a moisture vapour barrier should be used to ensure structural durability. Moisture calculations have also been performed on a roof, exterior wall and attic floor construction with different insulation thicknesses and different average temperatures. The results of these calculations show that a thicker isolation layer is not a problem from a moisture perspective, as long as you use a vapour barrier.

When it comes to the cellulose insulation's fire characteristics, the discussion shows that it is uncertain how well the material resists fire. Few laboratory studies have been found and small facts have led to that conclusion could not be conducted on the cellulose insulation's fire retardant properties.

Because cellulose insulation is a relatively new material on the market, comparisons are made with mineral wool. The reason for doing this is that mineral wool has been on the market for a longer period of time and is therefore a material that most people can relate to.

# Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	5
1.1 <i>Bakgrund</i> .....	5
1.2 <i>Syfte</i> .....	5
1.3 <i>Mål</i> .....	5
1.4 <i>Avgränsning</i> .....	6
1.5 <i>Rapportstruktur</i> .....	6
<b>2. Teori</b> .....	7
2.1 <i>Allmänt om cellulosaisolering och mineralull</i> .....	7
2.2 <i>Brand</i> .....	8
2.2.1 <i>Brandhämmande tillsatser</i> .....	8
2.2.2 <i>Brandegenskaper</i> .....	8
2.2.3 <i>Kvaliteter, standard och brandklassad</i> .....	10
2.3 <i>Fukt</i> .....	10
2.3.1 <i>Ånggenomsläpplighet och kapillaritet</i> .....	10
2.3.2 <i>Värmekonduktivitet och isoleringstjocklek</i> .....	12
2.3.3 <i>Mögel</i> .....	12
2.3.4 <i>Lufttäthet</i> .....	15
2.3.5 <i>Byggfukt</i> .....	18
<b>3. Metod</b> .....	19
3.1 <i>Konstruktioner och fuktberäkning</i> .....	19
3.2 <i>Indata</i> .....	22
3.2.1 <i>Tak</i> .....	22
3.2.2 <i>Vindsbjälklag</i> .....	23
3.2.3 <i>Yttervägg</i> .....	25
<b>4. Resultat</b> .....	27
4.1 <i>Fuktberäkning – resultat tak</i> .....	28
4.2 <i>Fuktberäkning – resultat yttervägg</i> .....	31
4.3 <i>Fuktberäkning – resultat vindsbjälklag</i> .....	33
<b>5. Diskussion</b> .....	36
<b>6. Slutsatser</b> .....	39
<b>7. Tackord</b> .....	40
<b>Referenslista</b> .....	41

# **1. Inledning**

## ***1.1 Bakgrund***

Under byggnadsingenjörutbildningen på Karlstads Universitet har det under åren 2007-2009 lästs och diskuterats mycket om hållbart byggande. Det har då bl.a. vid ett flertal tillfällen diskuterats om cellulosa är ett alternativ vid val av isoleringsmaterial. Tidigare har exempelvis mineralull använts mycket i Sverige men nu verkar trenden vara att fler och fler, av olika anledningar, väljer cellulosaisolering. Trenden verkar också vara den att många väljer att tilläggsisolera sina befintliga hus och de som bygger nytt väljer tjockare isoleringsmängd än vad Boverket egentligen kräver. Detta för att minska bostadens energianvändning. Om trenden fortsätter och användningen av cellulosaisolering i väggar, tak och vindbjälklag kommer att öka är det intressant att veta mer om cellulosaisoleringens egenskaper och hur en konstruktion bör se ut för att minimera riskerna mot framtida fuktskador. Fuktskador kan leda till mycket besvär, inte bara för hälsan utan även ekonomiskt.

Denna rapport har skrivits med handledning av Lars Kilström, lärare vid Karlstads Universitets avdelning för energi-, miljö- och byggt teknik. Den ingår i kursen Examensarbete som är en av de avslutande kurserna på utbildningen Byggingenjör 180 hp.

## ***1.2 Syfte***

Syftet med detta arbete har varit att ta reda på och reda ut vilka fukt- och brandrisker det finns med cellulosaisolering. Syftet har också att utifrån framtagna fakta och resultat göra en utvärdering om cellulosaisolering kan vara ett alternativ vid val av isoleringsmaterial. Cellulosaisolering har varit populärt i USA och Kanada under en längre tid. Men i Sverige är det ett relativt nytt byggmaterial och den lättillgängliga information man finner kan vara vinklad då den ofta är skapad av dem som tillverkar och säljer materialet. Ytterligare ett syfte har därmed varit att arbetet skall generera en rapport, med fakta, utan någon vinklad bild. Förhoppningsvis kan detta leda till större helhetsförståelse för någon som ska isolera sin bostad.

## ***1.3 Mål***

Arbetets mål har varit att beskriva eventuella fukt- och/eller brandrisker med cellulosaisolering och ange lösningar om sådana finns. Målet har också varit att göra fuktberäkningar av olika yttervägg-, vind-, och takkonstruktioner för att få reda på om det är någon av dessa som är extra utsatt för höga fukthalter.

#### ***1.4 Avgränsning***

I detta arbete är avgränsningen lagd till att endast titta på vilka möjliga fukt- och/eller brandrisker det finns med cellulosaisolering. Arbetet är också avgränsat till att endast titta på yttervägg-, vind- och takkonstruktioner för småhus. Under arbetet kommer det ibland göras jämförelser med mineralull. Det är dock inte en jämförelse mellan dessa två isoleringsmaterial som är huvudtemat. Men för att få en större förståelse för ett material kan det ibland vara bra att ha något och jämföra med. Mineralull har valts ut eftersom det är ett vanligt förekommande isoleringsmaterial som många redan känner till. Någon jämförelse av övriga isoleringsmaterial görs ej.

#### ***1.5 Rapportstruktur***

Denna rapport är indelad i tre delar. Den första delen "*Teori*", tar upp fakta runt vald avgränsning. All fakta har tagits fram via en litteraturstudie. I rapportens andra del "*Metod*", görs fuktberäkningar på olika konstruktioner. Dessa konstruktioner har tagits fram med hänsyn till litteraturstudien.

Tredje och sista delen "*Diskussion*", diskuterar utifrån de två första delarna. Denna sista del har även fungerat som en egenkontroll då möjliga brister i arbetet kommit fram och har tagits i beaktande.

## 2. Teori

### 2.1 Allmänt om cellulosaisolering och mineralull

Cellulosaisolering ses av många som en relativt ny produkt trots att den egentligen har existerat längre än den i dag vanligtvis använda mineralullen. Mineralullen började dominera byggmarknaden i Sverige på 1960 talet och tog då över efter kutterspån som tidigare använts som isoleringsmaterial i svenska småhus. Kutterspån räknas till familjen cellulosaisolering men i dag är den mest använda cellulosaisoleringen skapad från returpapper [3]. Cellulosaisolering förekommer alltså i två olika sorter. Den ena är baserad på malt returpapper och den andra från färsk träråvara. Den pappersbaserade finns endast som lösullsisolering och sprutas in i konstruktionen på plats. Den pappersbaserade cellulosaisoleringen kan sprutas in antingen torr eller utblandad med vatten. Anledningen till att man tillsätter vatten är att den då ”klibbar sig fast” och kan användas i öppna konstruktioner. Den torra används där konstruktionen tillslutits innan insprutning.

Cellulosaisolering baserad på träråvara finns både som träull och skivmaterial. Båda sorterna kan användas i både befintliga och nya tak, vind, vägg och bjälklagskonstruktioner. [1]

Mineralullen förekommer också i två sorter. Dessa sorter är glasull och stenull. Glasullen lämpar sig bra i konstruktioner mellan exempelvis trä och stålreglar. Stenullen används där isoleringsmaterialet måste klara av höga temperaturer eller där det finns krav på högt brandmotstånd, exempelvis närmast skorstenen på vinden och taket. Glasullen och stenullen är precis som de låter framställda av glas respektive sten [24].

Desto tätare och tyngre ett isoleringsmaterial är desto bättre ljudisolerar det. De ljudisolerande egenskaperna hos cellulosaisoleringen är goda. Lösullen har en densitet på 40-65 kg/m<sup>3</sup> beroende på vilken konstruktion som skall isoleras. I väggar och bjälklag ligger exempelvis densiteten på 50-65 kg/m<sup>3</sup> [1]. Mineralullen har ett större spann på valbara densiteter än cellulosaisolering. De har bl.a. skivor med densiteten 90 kg/m<sup>3</sup>. Detta är dock något extremt i vanliga bostadshus [24].

Lösullen, den vanligaste sorten av cellulosaisolering, kräver ett sättningspåslag vid montering. Anledningen är att isoleringen just sätter sig (sjunker ihop) med tiden och för att få rätt tjocklek i slutändan bör påslaget ligga på 10-30 %. Detta görs alltså för att kompensera och undvika värmeförluster på sikt. Mineralullen kräver ett sättningspåslag på 5-10 % [14].

Vid montering av lösull (cellulosaisolering) i slutna områden så som vindar m.m. rekommenderas att man använder en engångsmask eller liknande. Men då materialet inte är irriterande krävs inte några speciella skyddskläder [2]. Mineralullen innehåller fibrer som är lokalt irriterande för huden. Höga halter av fiberdamm kan irritera näsa, mun, hals och ögon. Isover, som tillverkar mineralull rekommenderar att man använder skyddsglasögon, munskydd och heltäckande klädsel vid hantering av mineralull.

## **2.2 Brand**

### **2.2.1 Brandhämmande tillsatser**

För att motverka brand i cellulosaisolering tillsätts ett impregneringsmedel. I lösullen används oftast borsalt som impregneringsmedel och i träullen ammoniumpolyfosfat. Borsalter är svagt giftiga men bioackumuleras inte i näringskedjan och betraktas därför inte som något problem. I alla fall så länge det inte deponeras i stora koncentrationer. Ammoniumpolyfosfat är enligt Kemikalieinspektionen ofarligt men Ove Kummel tycker annorlunda enligt en artikel i Gård & Torp (nr 4/09). Han säger bl.a. att ammoniumpolyfosfat kan jämföras som ett gödningsämne och kan gynna mögeltillväxten. Han nämner dock inga studier som styrker hans påstående [4].

Det har även diskuterats om borsalt är ett bra impregneringsmedel med tanke på konstruktionens livsvarighet. Eftersom borsalt kan "blandas" med fukt finns det risk för att impregneringsmedlet borttransporteras på grund av det ständiga fuktflödet genom konstruktioner [7]. Om detta är fallet blir följdrisken att flamskyddet kan avta med tiden. Morten Hjorslev Hansen från den danska Statens Byggeforskningsinstitut (Danish building and urban Research) har gjort en laboratorieundersökning angående urlakningen och även omfördelningen av borttillsatser. I undersökningen kom han fram till att vid normala fuktförhållanden är urlakningen av impregneringsmedlen i organisk isolering låg men vid vattenskada kan urlakning ske och konstruktionens brandegenskaper försämras [17].

### **2.2.2 Brandegenskaper**

Sveriges Provningsinstitut (SP) har testat brandegenskaperna hos några av de cellulosaisoleringar som finns på den svenska marknaden (se tabell 1 på nästa sida för testresultat). De testade bl.a. självslockningsförmågan för de fyra cellulosebaserade produkterna Ekofiber vind, Cuttercut, Termoträ och Warmcel. Resultatet visade att endast Warmcel självslocknar vid en glödbrand. I de tre övriga produkterna spred sig glödbranden. I och med detta påvisas att tillsatserna ofta inte är tillräckliga för att materialet ska motstå brand [14].

Termoträ har enligt SP en produkt som sprider glödbrand och har för lite brandhämmande tillsatser i sin cellulosebaserade isolering. Tittar man däremot in på Termoträs egen hemsida och deras häfte "Fuktegenskaper" kan man se bilder efter en brand. På några av bilderna kan man se och få förklarad hur deras isolering stått emot branden jämfört med resterande material i konstruktionen. Man kan bl.a. se att översta lagret av vindisoleringen är svart men om man gräver bort översta ytan av isoleringen ser man att den inte påverkats av branden. Termoträs kommentar till detta är "Sammantaget tyder detta på att isoleringsmaterialets brandmotståndseffekt i detta fall klart förhindrat brandspridningen och påverkat brandförloppet mycket positivt." [11].

California Task Force är en amerikansk organisation som undersökt hur brand sprider sig beroende på om en konstruktion är installerad med cellulosa eller mineralullsisolering. De säger bl.a. att väggar installerade med cellulosaisolering inte suger åt sig luft och därmed bidrar den inte till att hålla elden vid liv. Det är snarare tvärtom att cellulosaisoleringen begränsar syretillförseln och det blir då svårare för

elden att spridas och ta fart. Till skillnad mot väggen med cellulosaisolering är en vägg installerad med mineralull inte lika brandsäker då den suger åt sig syre under branden och föder den. Med andra ord ska ett hus installerat med mineralull brinna ned snabbare medan det finns mer tid för dig själv och brandkåren att rädda det som räddas kan då huset är installerat med cellulosaisolering. De hänvisar även till ett demonstrationstest där två identiska byggnader sattes i brand. Identiska på alla vis förutom att ett var installerat med cellulosaisolering och det andra mineralull. Huset med mineralull kollapsade taket på efter 20 minuter tillika 70 minuter för huset med cellulosaisolering. Efter ca två timmar hade hela huset med mineralull brunnit ned till grunden och efter tre timmar hade branden i huset med cellulosaisolering slocknat. De fyra bärande väggarna stod då kvar [19]. Termoträ skriver också om studier som kommit fram till att en byggnad med cellulosaisolering ger boende mer tid till att rädda sig själva vid en aktuell brand och mer tid för brandmännen att rädda byggnadens struktur. Anledningen de ger till att cellulosaisoleringen fördröjer brandförloppet är att dess kompakta struktur inte suger åt sig och leder syre så att elden tilltar i styrka eller sprids [11].

Tabell 1. Resultat från Sveriges Provningsinstitut angående cellulosabaserade materials brandhämmande egenskaper.

<b>CELLULOSABASERADE MATERIAL</b>				
<b>Produkt</b>	<b>Cuttercut</b>	<b>Ekofiber vind</b>	<b>Termoträ (standard)</b>	<b>Warmcel</b>
<b>Tillverkare</b>	LL Produktion AB	Nordiska Ekofiber NEF AB	Svenska Termoträ AB	Warmcel i Skandinavien AB
<b>Material</b>	Kutterspån	Tidningspapper	Cellulosafiber	Tidningspapper
<b>Brandhämmande tillsatser</b>	Vattenglas	Borsalter	Ammoniumpolyfosfat	Mineraliska salter
<b>Brandegenskaper</b>	Sprider glödbrand	Sprider glödbrand i fyra av fem tester	Sprider glödbrand	Sprider inte glödbrand

Tabell 2. Resultat från Sveriges Provningsinstitut angående sten eller glasbaserade materials brandhämmande egenskaper.

<b>STEN ELLER GLASBASERADE MATERIAL</b>				
<b>Produkt</b>	<b>Gullfiber kretsull</b>	<b>Rockwool lösull 127-03</b>	<b>Roxull lösull</b>	<b>Supergul L42</b>
<b>Tillverkare</b>	Saint-Gobain Isover AB	Nordiska Ekofiber NEF AB	Roxull AB	Super-Glass Isolering
<b>Material</b>	Glasull	Stenull	Stenull	Glasull
<b>Brandhämmande tillsatser</b>	–	–	–	–
<b>Brandegenskaper</b>	I princip obrännbart	I princip obrännbart	I princip obrännbart	I princip obrännbart

### **2.2.3 Kvaliteter, standard och brandklassad.**

Termoträ träfiberisolering tillverkas i två kvaliteter, standard och brandklass. Den brandklassade används i konstruktioner där höga temperaturer kan förekomma som exempelvis närmast spismuren på vind och tak. Standard används i övriga konstruktioner [11]. Den brandklassade isoleringen innehåller större halter av brandhämmande tillsatser än standardisoleringen (enligt innehållsdeklarationerna) men den säger inget om upp till vilka temperaturer den kan användas [32]. Isover, som tillverkar mineralull är däremot tydliga med hur höga temperaturer deras produkter klarar av. De anger, trots att deras glas och stenullsprodukter icke är brännbara, en användningstemperatur på 200°C. Detta pga. att bindemedlet i produkten bryts ned vid högre temperaturer. Vissa produkter kan dock användas trots något högre temperatur men då börjar som sagt bindemedlet långsamt att brytas ned. Skulle isoleringen utsättas för ännu högre temperaturer bryts bindemedlet ned fortare. En följdkonsekvens till att bindemedlet bryts ned är att isoleringen tappar sin bärande förmåga. Det är alltså viktigt att avlasta isoleringen om man vet med sig att isoleringen kommer att utsättas för temperaturer över 200°C. Isover föreslår att man använder avståndshållare för att avlasta isoleringen [24].

### **2.3 Fukt**

Fukt kan vara enkelt men även väldigt komplext. Oberoende av vilket är det viktigt att sätta sig in i hur det fungerar och vidta åtgärder då höga fukthalter kan ge kostsamma konsekvenser för både hälsa och hus. [27].

Följande underrubriker beskriver olika ”fuktfällor” man bör ta i beaktande vid om- eller nybyggnation vid både cellulosa- och mineralullskonstruktioner.

#### **2.3.1 Ånggenomsläpplighet och kapillaritet**

Den relativa fukthalten RF, strävar efter att vara jämn. Men då RF påverkas av temperaturen kan alltså ånghalten skilja sig mellan inne och ute och detta leder till diffusion. Vid diffusion vandrar vattenången genom konstruktionen och dess material. Vattenången vandrar från den sida av konstruktionen där ånghalten är som högst och mot den sida där den är lägst. Transporten sker med hjälp av luft [33].

Om man tar reda på RF både ute och inne och räknar ut ånghalten kommer man med stor sannolikhet upptäcka att ånghalten i inomhusluften överstiger den i uteluften. Detta beror på att de som uppehåller sig i bostaden producerar vattenånga genom olika aktiviteter som exempelvis torkning av tvätt, bevattning av växter, matlagning och duschning m.m. Fuktproduktionen kan i en normalstor familj uppgå till 10 liter vatten per dygn [18].

Beroende på materialets egenskaper och täthet vandrar fukten olika snabbt genom konstruktionen. Se tabell nedan för värden på olika isoleringars ånggenomsläpplighet [18].

Tabell 3. Ånggenomsläpplighet för olika isoleringsmaterial.

CELLULOSABASERADE MATERIAL					
	Termoträ	Thermocell	Ekofiber	Cuttercut	Sågspån
Ånggenomsläpplighet [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]	$14,2 \times 10^{-6}$	$14,2 \times 10^{-6}$	$13,7 \times 10^{-6}$	$13,1 \times 10^{-6}$	$11,4 \times 10^{-6}$
	MINERALULL				
	Gullfiber				
Ånggenomsläpplighet [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]	$14,6 \times 10^{-6}$				

Förutom ett materials ånggenomsläpplighet finns det ytterligare faktorer som avgör hur fukten vandrar eller hamnar i en konstruktion. En av faktorerna är tryckskillnad och den andra är materialets kapillaritetsförmåga.

Vid tryckskillnad vandrar luften från det högre trycket till det lägre. Kapillaritet handlar om ett materials förmåga att ta upp fukt. I samband med cellulosaisolering brukar man använda uttrycket hygroskopisk förmåga vilket alltså är detsamma som kapillaritet.

Gemensamt för all cellulosaisolering, oberoende av tillverkare, är att de är hygroskopiska. De som är för cellulosaisolering brukar se detta som positivt. Thermocell som tillverkar cellulosaisolering skriver exempelvis att pga. materialets hygroskopiska förmåga att fördela inkommande fukt till träfibrerna minskar fukthaltsnivån i materialet. Detta gör att risken för kondensation minskar. Den buffrade fukten ventileras sedan bort under varmare månader då temperaturen i materialet stiger [5]. Morten Hjørlev Hansen från den danska Statens Byggeforskningsinstitut håller med om detta. Han säger att korta perioder med hög luftfuktighet kan dämpas men han säger även att det kan ha en negativ effekt. Om det ackumuleras fukt under en period men att denna fukt inte tillåts att torka ut tillräckligt snabbt kommer mögelväxten att gynnas när den varma perioden kommer. Morten Hjørlev Hansen säger att detta dock inte är något problem vid rätt uppbyggd konstruktion [17] men enligt byggavdelningen på Boverket (*Ekologiskt byggande. Föreställningar och fakta*. December 1998) räcker inte cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga till att hålla fuktbalansen i konstruktioner. De förespråkar att en ångspärr skall placeras på konstruktionens varma sida för att förhindra att stora delar av fukten skall kunna vandra in i konstruktionen. Till skillnad mot cellulosaisolering suger inte mineralullsprodukterna kapillärt och tar inte upp fukt från luften [24].

Hur stor ånggenomsläppligheten och den hygroskopiska förmågan hos cellulosaisolering och mineralull är har man kommit fram till via laboratoriska undersökningar. Ånggenomsläppligheten har bestämts via wet-cup metoden och resultatet visar att ånggenomsläppligheten hos mineralull och cellulosaisolering är likvärdig. Den hygroskopiska förmågan har bestämts via ett kapillärtest och resultatet visar att isolering av returpapper har högre hygroskopisk förmåga än pappersmassa och kutterspån. Testet visade att cellulosaisolering överlag har en större hygroskopisk förmåga än mineralull. Detta innebär att vid läckage rinner vattnet rakt igenom mineralullen medan vattnet sugs upp och stannar kvar i cellulosaisoleringen [38].

### 2.3.2 Värmeledning och isoleringstjocklek

Material har olika förmåga att leda värme. Man brukar tala om deras värmeledningsförmåga eller värmeledning. Beteckningen för värmeledning är lambda [ $\lambda$ ] och den visar hur bra ett material isolerar. Lågt lambda värde betyder att materialet har bra isoleringsförmåga [14]. En låg värmeledning hänger samman med materialets förmåga att hålla luften i isoleringen stilla. Detta påverkas bl.a. av materialets densitet. Låg densitet leder till bättre isoleringsförmåga [24].

I september 2002 skrev Råd & Rön om ett test de låtit SP (Sveriges Provningsinstitut) utföra åt dem. Testet gick bl.a. ut på att prova olika materials värmeledningsförmåga. De kom fram till att mineralull och cellulosaisolering håller ungefär samma värde [14].

Tabell 4. Värmeledningsförmåga hos olika material [35].

	Densitet [ $\text{kg/m}^3$ ]	$\lambda$ [W/mK]
<b>Stål</b>	7800	60
<b>Gipsskiva</b>	800	0,22
<b>Trä (furu, gran)</b>	500	0,14
<b>Kutterspån</b>	100-160	0,08
<b>Cellulosaisolering</b>	60	0,039
<b>Mineralull</b>	60	0,04

Viktigt att veta är att all mineralull och cellulosaisolering inte alltid har den densitet och värmeledningsförmåga som nämns i ovanstående tabell. Den kan ha olika densitet beroende på tillverkare och vilket användningsområde isoleringen är ämnad för. Information om ett materials värmeledningsförmåga finner man på dess produktblad.

### 2.3.3 Mögel

För att förhindra mögeltillväxten på cellulosaisolering tillsätts ett impregneringsmedel (fungerar även som brandhämmande medel. Se även stycke ang. brand). De vanligaste tillsatsmedlen är borsalt eller ammoniumpolyfosfat [3].

Tidningen Råd & Rön har testat mögelbeständigheten hos olika isoleringstyper och levererade ett testresultat i sitt septembernummer år 2002. Testresultatet visas nedan i Tabell 5 och 6. Betygskalan är 1-5 där fem betyder att materialet har bäst mögelbeständighet (minst risk för mögelpåväxt) och ett betyder att materialet har samma mögelbeständighet som vanligt trä. Sveriges Provningsinstitut (SP) har ombetts att göra en kommentar till resultatet och de säger att det inte finns någon anledning till att ställa högre krav på mögelbeständigheten hos isoleringsmaterialet än på t.ex. träreglarna. Såvida man har en trästomme, så klart. Om träreglarna endast klarar av fuktförhållanden pga. en viss mögelbeständighet kan även isolering med samma värde användas i konstruktionen då man ändå inte ska utsätta konstruktionen för högre fuktvärden än vad trästommen klarar av, det vill säga en relativ fuktighet på

ca 75 %. Vid en betongstomme kan det däremot vara värt att titta på isoleringens mögelbeständighet då betong klarar högre fuktvärden än en trästomme [13].

**Tabell 5.** Olika cellulosisoleringsmaterials mögelbeständighet i förhållande till vanligt konstruktionsvirke (obehandlat trä) med mögelbeständigheten 1. Desto högre betyg desto bättre mögelbeständighet.

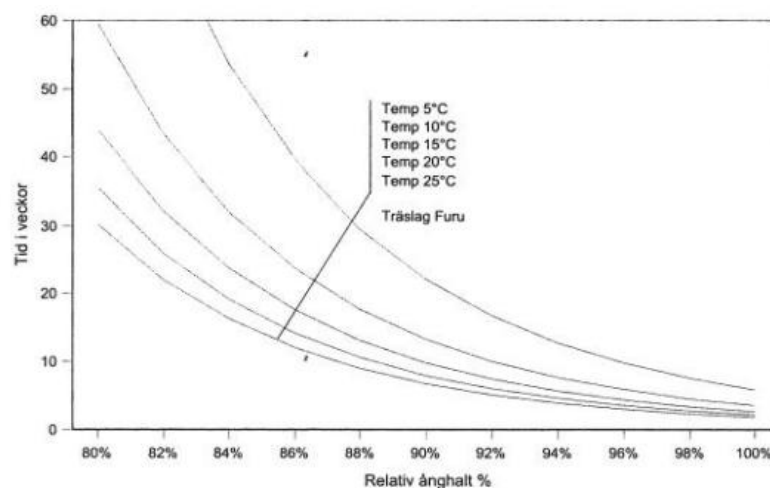
<b>CELLULOSABASERADE MATERIAL</b>				
<b>Produkt</b>	<b>Cuttercut</b>	<b>Ekofiber vind</b>	<b>Termoträ (standard)</b>	<b>Warmcel</b>
<b>Tillverkare</b>	LL Produktion AB	Nordiska Ekofiber NEF AB	Svenska Termoträ AB	Warmcel i Skandinavien AB
<b>Material</b>	Kutterspån	Tidningspapper	Cellulosafiber	Tidningspapper
<b>Mögelhämmande tillsatser</b>	Vattenglas	Borsalter	Ammonium polyfosfat	Mineraliska salter
<b>Mögelbeständighet betyg</b>	1	4	1	2

**Tabell 6.** Olika sten eller glasbaserade isoleringsmaterials mögelbeständighet i förhållande till vanligt konstruktionsvirke (obehandlat trä) med mögelbeständigheten 1, där 1 betyder att materialet har samma mögelbeständighet som konstruktionsvirke. Desto högre betyg desto bättre mögelbeständighet.

<b>STEN ELLER GLASBASERADE MATERIAL</b>				
<b>Produkt</b>	<b>Gullfiber kretsull I</b>	<b>Rockwool lösull 127-03</b>	<b>Roxull lösull</b>	<b>Supergul L42</b>
<b>Tillverkare</b>	Saint-Gobain Isover AB	Nordiska Ekofiber NEF AB	Roxull AB	Super-Glass Isolering
<b>Material</b>	Glasull	Stenull	Stenull	Glasull
<b>Mögelhämmande tillsatser</b>	–	–	–	–
<b>Mögelbeständighet, betyg</b>	1	5	5	5

Morten Hjørsløv Hansen från Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark [18] håller med SP i deras resonemang. Han säger att i en konstruktion med obehandlat trä sätts inte skadekriterierna med hänsyn till isoleringens mögelresistens utan till intilliggande trämaterial. Morten Hjørsløv Hansen har liksom Råd & Rön utfört ett mögelresistentförsök. I försöket exponerades cellulosisolering för en hög relativ fuktighet (RF) på 95-100% under fyra veckor. Försöket konstaterade en varierande grad av mögelsvampangrepp. De provade materialen bestod av impregnerat och

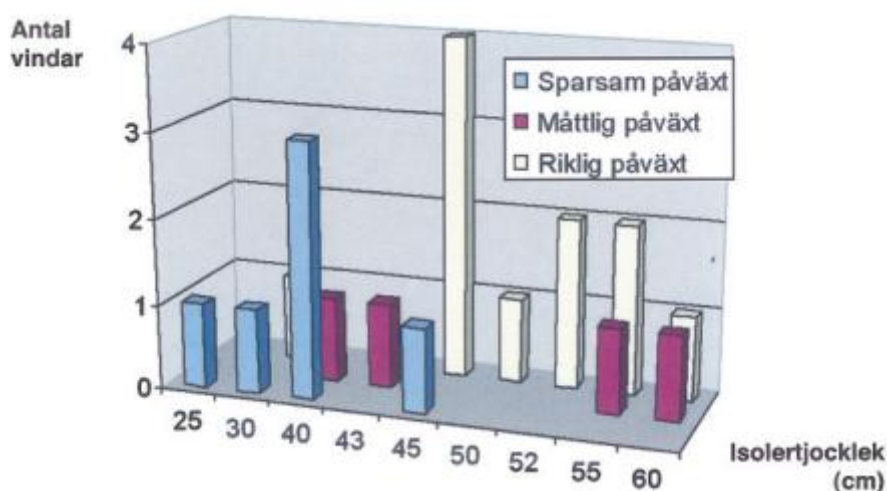
oimpregnerat mekaniskt defibrerad trä (kutterspån) samt returpappersbaserad isolering impregnerad med bl.a. borsyra. Försöket visade en riklig påväxt av mögelsvamp på det defibrerade trä som var oimpregnerat. Övrig isolering hade ringa eller ingen mögelpåväxt. Detta tyder på att impregneringen som tillsätts i brandskyddande syfte också kan skydda materialet mot mögelsvamp, menar Morten Hjorslev Hansen [18].



**Figur 2.** Tidsåtgång för att ett mögelangrepp ska bli synligt i obehandlat trä vid olika relativa ånghalter och temperaturer. [35]

Ett aktuellt och omtalat ämne, nu när många isolerar tjockare, är hur mycket man bör isolera vindsbjälklaget utan att risken för fuktskador på takstolar och råspont blir alltför uppenbar. Risken ligger nämligen i att man isolerar för mycket och att det därmed läcker upp för lite varmluft upp till vinden. Om temperaturen blir alltför låg på vinden ökar risken för högt RF som i sin tur kan leda till fuktskador [14]. Råd & Rön har med hjälp av SP kommit fram till att omkring 30-50 cm isolering kan användas beroende på om det är ett nytt eller äldre hus med befintlig isolering [14]. Christer Harrysson, professor i byggt teknik vid Örebro Universitet, håller däremot inte med om att man ska välja isoleringsdimensioner ända upp till 40-50 cm. Han menar att risken för fuktproblem inte väger upp den energivinst som görs på de sista extra 10-20 cm isolering. Han menar att 30 cm är tillräckligt [20].

Sveriges Provningsinstitut, SP, som i samverkan med Råd & Rön, rekommenderar isoleringstjocklekar mellan 30-50 cm har även gjort fältundersökningar på ett antal kalla vindar. Resultatet av deras undersökning visar ett samband mellan mikrobiell påväxt på underlagstaket och bjälklagisoleringens tjocklek. Riklig påväxt finns främst i de mycket välisolerade vindarna. Se figur 3 på nästa sida.



**Figur 3.** Samband mellan vindbjälklagets isoleringstjocklek och mikrobiell påväxt [27].

Ingemar Samuelsson och Linda Hägered, från SP, som gjort fältundersökningen ger olika förslag på vägar till att få bättre fuktsäkerhet på kalla vindar. En är att skapa ett torrare klimat i vindsutrymmet. Detta kan bl.a. ske genom att isolera ”lagom” så att värme fortfarande tar sig upp till vinden och därmed håller luften på vinden en lägre relativ fuktighet. Ett annat sätt att skapa en torrare vind är att installera en avfuktare. Detta kräver dock ytterligare installationer och energitillförsel [27].

Genom utförda beräkningar visar SP att en liten temperaturhöjning på vinden (under vintertid) blir klimatet tillräckligt torrt att risken för mögelpåväxt minskar drastiskt. Se tabell 7 [27].

**Tabell 7.** RF minskning per grad ökande temperatur i en kallvind jämfört med ett uteklimat på 0°C och 95% RF.

Uteklimat	0°C	95 %
Vindklimat	1°C	89 %
Vindklimat	2°C	83 %
Vindklimat	3°C	78 %
Vindklimat	4°C	73 %
Vindklimat	5°C	68 %

### 2.3.4 Lufttäthet

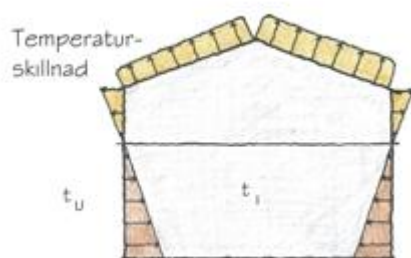
Fukt kan, som tidigare nämnts i rapporten, vandra i klimatskärmens olika delar genom diffusion, konvektion eller kapillärsugning. De två först nämnda fuktflödena, diffusion och konvektion kan förhindras genom utnyttjandet av en ångspärr på konstruktionens varma sida. Diffusionen drivs av att koncentrationen av vattenånga är högre på väggens varma sida (insidan) än på den kalla sidan. Diffusionen behöver i sig inte vålla någon skada så länge vattenången har lätt för att vandra ut på den kalla

sidan. Detta kan säkerställas genom att ha en mer ångtät insida än utsida. Ångspärren förhindrar även konvektion, alltså luftläckage av varm och fuktig inomhusluft ut i konstruktionen [18]. Luft och ångspärr kan med fördel placeras inne i värmeisoleringen då detta motverkar risken för att spika eller skruva hål i ångspärren. Dock bör den placeras högst ca 1/3 av isoleringstjockleken från den varma sidan. Det gäller alltså att vara noggrann vid montering av ångspärren då även små hål kan leda till stora fuktmängder i konstruktionen. Desto högre tryckskillnad och större öppning, desto mer luft och fukt passerar genom hålet eller revan i ångspärren. Om exempelvis bredden på en reva fördubblas, i ångspärren, så ökar luft och fuktmängden åtta gånger [22].

Cellulosaisolering förs ibland fram som diffusionslösa konstruktioner. Alltså en konstruktion utan ångspärr. Bl.a. har Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark sagt att svenska och finska erfarenheter visar att en ångspärr inte behöver vara nödvändig vid cellulosaisolering. Däremot förespråkar de att man ändå bör använda en ångspärr då detta tydligt visar att fukthalten minskar. De menar att genom lufttätning med hjälp av en ångspärr säkras man klimatskärmens hållbarhet [25]. Boverkets byggavdelning tycker däremot inte att det finns något alternativ. De har genom mätningar och kontrollerade fältexperiment kommit fram till att fuktskador uppkommer i cellulosaisolerade konstruktioner om en ångtätare insida inte säkerställts [18]. Swedisol, tillverkare av isoleringsmaterial, menar att stora fuktproblem i byggnader ofta beror på bristande lufttätethet [21].

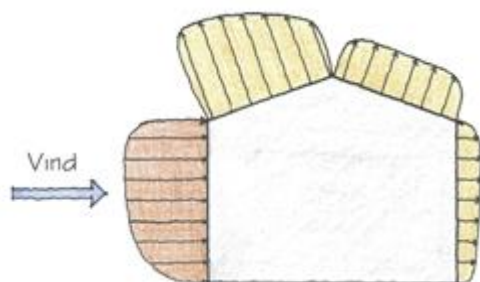
Luftrörelser uppstår pga. tryckskillnader mellan två sidor av en konstruktion [21]. Under taket finns normalt ett övertryck som kan uppstå av tre olika skäl [36]:

Termik uppstår pga. att varm luft är lättare än kall luft. Den varma luften stiger och temperaturskillnaden skapar övertryck i byggnadens övre delar.



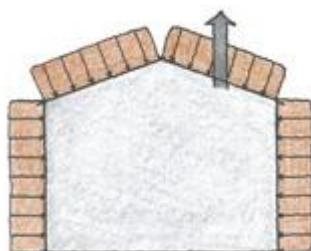
**Figur 4.** Tryckskillnader över byggnaden pga. termik [36].

Vindpåverkan skapar tryckskillnader över väggar och tak.



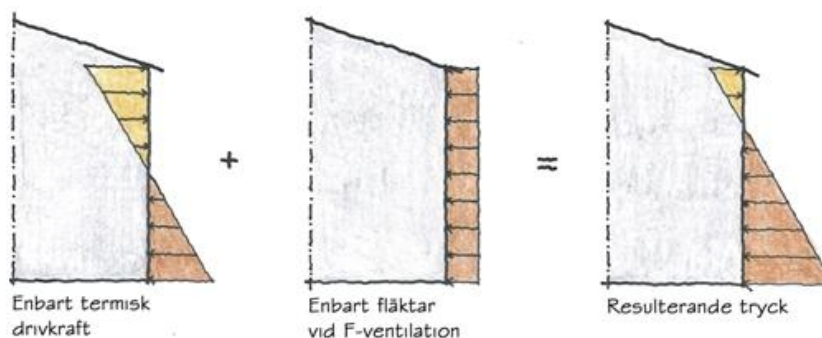
**Figur 5.** Tryckskillnader över byggnaden vid påverkan av vind [36].

Ventilation skapar tryckskillnader över byggnadsskalet. Olika tryckskillnader beroende på ventilationssystem.



**Figur 6.** Tryckskillnader över byggnaden beroende på ventilationssystem [36].

Nedan, i figur 7 ser man ett exempel på hur man adderar de olika tryckskillnaderna. Anledningen till att vindpåverkan inte är medräknad beror på att denna oftast är väldigt liten på de flesta håll och den har därför en begränsad påverkan på fuktskador.



**Figur 7.** Exempel på tryck vid addition av termik och F-ventilation [36].

Vid övertryck finns det risk för att man trycker ut varm och fuktig luft ut i husets stomme. I den yttre delen av stommen är temperaturen låg under höst och vintermånaderna och luften kan då fälla ut kondens i dessa delar av konstruktionen. Pga. detta strävar man alltid efter att hålla ett visst undertryck [23]. Vid ett ventilationssystem med endast frånluft får man automatiskt ett undertryck i huset men vid ett FTX system är det viktigt att ha det rätt inställt för att få till undertryck [21].

Eftersom det numera ställs större krav på lägre energiförbrukning och att man därmed isolerar mer är det inte lätt för vattenångan att ta sig genom hela konstruktionen. Det blir fuktigt i den yttre delen av ytterväggen och risken för mögel och röta är uppenbar vissa månader på året. Pga. detta kanske man inte ska lita för mycket på cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga utan göra en säkrare konstruktion och använda sig utav en ångspärr.

### **2.3.5 Byggfukt**

En fastighet som exponeras för regn under byggprocessen kommer ta upp byggfukt i stomme, tak och annat trämaterial. Om inte byggfukten torkar ut snabbt kan det leda till omfattande mögelskador då huset börjar bli klart. Om fukten ligger närmast insidan kommer den gynnsamma temperaturen på 19-21 °C och den relativa fuktigheten (som också går in i virket) att bidra till mikrobiologisk tillväxt. Det är mycket möjligt att insidan inte kommer visa några tecken på mögel då plastfolien kan avskärma den mikrobiella påväxten. Efter en viss tid kan fukten torka bort men den kan även tillta och då skada regelverket permanent genom förruttelse. Det är därför viktigt att byggfukt ej byggs in i konstruktioner [29].

Angående byggfukt och isolering så säger Trygghetsvakten på sin hemsida, att de flesta moderna isoleringstyperna inte är känsliga för byggfukt men att allt material som kan komma i kontakt med den fuktiga isoleringen påverkas, däribland konstruktionsvirke och damm. Vad som innefattar moderna isoleringstyper förklarar de dock inte [29].

Trygghetsvakten nämner också kort på sin hemsida att Danmark ställer krav på att alla nybyggda fastigheter skall ha ett väderskydd under hela byggprocessen. De tror att detta kommer minska byggfukt och mögelskador dramatiskt [29].

### 3. Metod

#### 3.1 Konstruktioner och fuktberäkning

Morten Hjørsløv Hansen från Statens Byggeforskningsinstitut i Danmark säger att fuktskador i samband med cellulosaisolering i första hand är förknippat med otillräcklig lufttätethet, läckage av vatten genom yttertaksstrukturen, byggfukt samt brister i konstruktionsutförningen. Han menar att skador inte kan förhindras genom val av isoleringsmaterial utan är enbart betingat av konstruktionslösningen och felutföranden [17].

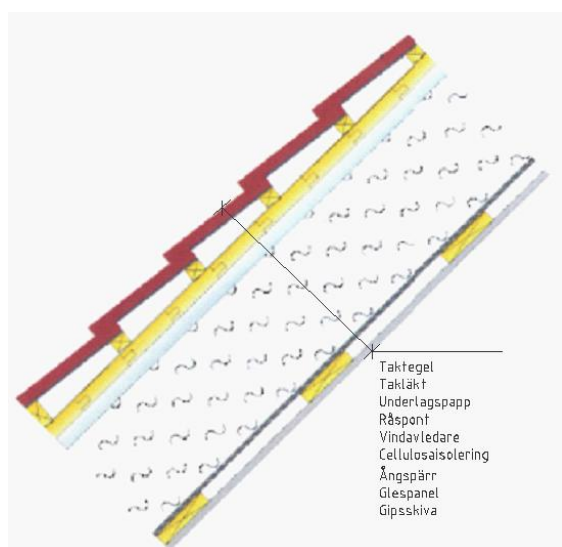
Stig Hedén från byggavdelningen på Boverket är utav samma åsikt som Morten Hjørsløv Hansen. Han säger att man inte minskar riskerna för skador genom att byta isoleringsmaterial utan genom att ändra konstruktionen. [18]

Men hur vet man då vad som är rätt konstruktion och vilken man ska använda sig utav? Exempelvis kan man titta på olika isoleringstillverkares hemsidor så som warmcel.se och ekofiber.se. De visar förslag på ett antal olika tak, vind och väggkonstruktioner. I detta arbete har en av vardera tak, vind och väggkonstruktion valts ut och på dessa har sedan fuktberäkningar utförts. Detta för att få en uppfattning om tillverkarnas förslag på konstruktioner ser ut att hålla ett stabilt och torrt klimat för att inte mögel eller röta skall kunna uppkomma. Beräkningar görs även på några av de teoretiska resonemangen från den inledande delen. Exempelvis har nedanstående konstruktioner beräknats utan ångspärr för att se om cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga gör att användandet av en ångspärr inte är nödvändig (se resonemang på sid. 11). Konstruktionerna nedan har även beräknats med olika isoleringstjocklekar. Detta har gjorts med hänsyn till resonemanget om att mindre värme läcker ut i en konstruktion vid större isoleringstjocklekar. Detta kan ge ändrade förutsättningar för uppkomsten av mögel i konstruktionen (se hela resonemanget på sid. 14). Trygghetsvakten säger att det fuktillskott som tillsätts en konstruktion via byggfukt kan vara förödande om fukten inte torkar ut tillräckligt snabbt (se sid. 18). För att se om det kan vara så illa som Trygghetsvakten säger har byggfuktsberäkningar utförts på nedanstående konstruktioner. En beräkning som utförts men som inte är tagen från något teoretiskt resonemang är med hänsyn till utemedeltemperaturen. Ursprungskonstruktionerna är beräknade till att finnas i Karlstad och därmed har så klart Karlstads utemedeltemperatur använts till dessa. Dock kan det vara intressant att se om en längre varmperiod än Karlstads kan vara gynnsam för mögeltillväxten. Därmed har beräkningar utförts på samma konstruktioner fast med Lunds klimat. Lund har ca 2 grader varmare utemedeltemperatur än Karlstad [35].

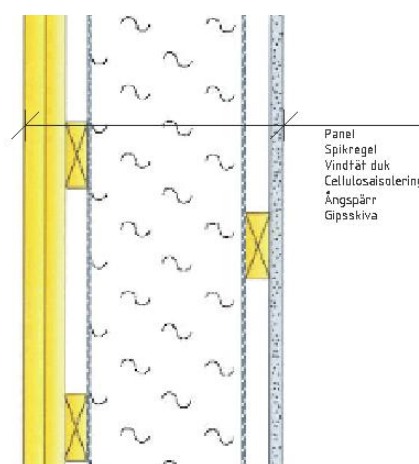
Konstruktioner som tillverkarna Warmcel (mineralull) och Ekofiber (cellulosaisolering) rekommenderar, och som används som grundkonstruktioner vid fuktberäkning i denna rapport, är 220 mm isolerat tak, 350 mm isolerad vind och 240 mm isolerad vägg. Samtliga med ångspärr. Se konstruktionerna nedan.

Det är många parametrar att ta i beaktande när det gäller fukt i konstruktioner. För att få en beräkning som tar hänsyn till så många av dessa parametrar som möjligt, har beräkningar utförts i fuktberäkningsprogrammet WUFI Pro 4.2. En stor fördel med att använda ett fuktberäkningsprogram som WUFI Pro 4.2 är att det kan ta hänsyn till cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga, byggfukt och längre beräkningsperioder. Något som är svårt vid handberäkningar.

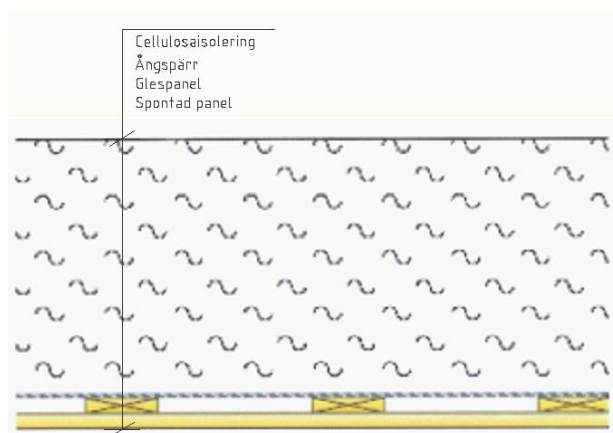
Fuktberäkningar som valts ut och utförts är enligt tabell 8, tabell 9 och tabell 10. Dessa tabeller finner man på nästa sida.



**Figur 8.** Vald takkonstruktion för fuktberäkning av tak isolerat med cellulosaisolering [2] eller mineralull [10].



**Figur 9.** Vald ytterväggskonstruktion för fuktberäkning av vägg isolerad med cellulosaisolering [2] eller mineralull [10].



**Figur 10.** Vald vindsbjälklagkonstruktion för fuktberäkning av bjälklag isolerat med cellulosaisolering [2] eller mineralull [10].

**Tabell 8.** Utförda fuktberäkningar på takkonstruktionen. Kolumnen ”Figur” visar numret på den figur där man finner fuktberäkningens resultat. Kolumnen ”Tjocklek” syftar på isoleringens tjocklek.

<b>TAK</b>					
<b>Figur</b>	<b>Isolerings-material</b>	<b>Tjocklek [mm]</b>	<b>Ångspärr</b>	<b>Byggfukt</b>	<b>Klimatzon</b>
8	cellulosa	220	Ja	Nej	Karlstad
9	cellulosa	220	Nej	Nej	Karlstad
10	mineralull	220	Ja	Nej	Karlstad
11	cellulosa	300	Ja	Nej	Karlstad
12	mineralull	300	Ja	Nej	Karlstad
13	cellulosa	300	Ja	Ja	Karlstad
14	cellulosa	300	Ja	Nej	Lund

**Tabell 9.** Utförda fuktberäkningar på väggkonstruktionen. Kolumnen ”Figur” visar numret på den figur där man finner fuktberäkningens resultat. Kolumnen ”Tjocklek” syftar på isoleringens tjocklek.

<b>YTTERVÄGG</b>					
<b>Figur</b>	<b>Isolerings-material</b>	<b>Tjocklek [mm]</b>	<b>Ångspärr</b>	<b>Byggfukt</b>	<b>Klimatzon</b>
15	cellulosa	240	Ja	Nej	Karlstad
16	cellulosa	240	Nej	Nej	Karlstad
17	mineralull	240	Ja	Nej	Karlstad
18	cellulosa	360	Ja	Nej	Karlstad
19	mineralull	360	Ja	Nej	Karlstad
20	cellulosa	360	Ja	Ja	Karlstad
21	cellulosa	360	Ja	Nej	Lund

**Tabell 10.** Utförda fuktberäkningar på vindsbjälklagskonstruktionen. Kolumnen ”Figur” visar numret på den figur där man finner fuktberäkningens resultat. Kolumnen ”Tjocklek” syftar på isoleringens tjocklek.

<b>VINDSBJÄLKLAG</b>					
<b>Figur</b>	<b>Isolerings-material</b>	<b>Tjocklek [mm]</b>	<b>Ångspärr</b>	<b>Byggfukt</b>	<b>Klimatzon</b>
22	cellulosa	350	Ja	Nej	Karlstad
23	cellulosa	350	Nej	Nej	Karlstad
24	mineralull	350	Ja	Nej	Karlstad
25	cellulosa	500	Ja	Nej	Karlstad
26	mineralull	500	Ja	Nej	Karlstad
27	cellulosa	500	Ja	Ja	Karlstad
28	cellulosa	500	Ja	Nej	Lund

### 3.2 Indata

De flesta värden för använda material har tagits från programmet WUFI Pro 4.2 databas men några värden har ändrats eller lagts till. Om värden ändrats eller lagts till nämns detta i texten vid respektive konstruktion. Nämns inget om ändrat värde i texten betyder detta att det är ett default värde. Med defaultvärde menas att programmet WUFI Pro 4.2 redan har angivit ett värde och detta har då använts.

Följande indata kan användas av dem som har tillgång till Wufi Pro 4.2 och är intresserade av att dubbelkolla beräkningarna eller möjligtvis göra egna men snarlika beräkningar. Värden kan även användas för beräkning i annat fuktberäkningsprogram om inte tillgång till just Wufi Pro 4.2 finns. Hur grundläggande parametrar beaktas i Wufi Pro 4.2 tas dock inte upp i denna rapport. Skulle man däremot vara nyfiken på detta kan examensrapporten "Fuktsäkerhetsbedömning med Wufi", skriven av E. Fredriksson och M. Svensson via Karlstads Universitet, rekommenderas [37].

#### 3.2.1 Tak

I nedanstående tabell kan man se vilka material som valts för takkonstruktionen. Det man ser är basvärden, för varje material, som behövs för att programmet Wufi Pro 4.2 skall kunna utföra fuktberäkningar. Värden för alla material är förvalda av programmet (defaultvärde) förutom skrymdensiteten och värmeledningsförmågan för cellulosaisolering och mineralull. Dessa värden är valda enligt tabell 4 som finns att hitta på sid 12. Valda värden enligt tabell 4 är även markerade med blått i tabell 11 nedan.

**Tabell 11.** Basvärden för valda material på takkonstruktionen.

	Basvärden för valda material					
	Takpapp	Råspont	Cellul.	Min.ull	PE-folie	Gipsskiva
Skrymdensitet [kg/m <sup>3</sup> ]	130	510	60	60	130	625
Porositet [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,001	0,73	0,99	0,95	0,001	0,73
Specifik värmekapacitet, torr [J/kgK]	2300	1600	1550	850	2200	850
Värmeledningsförmåga, torr [W/mK]	2,3	0,13	0,039	0,04	1,65	0,2
Diffusionsmotstånd, för vattenånga [-]	1500000	50	1,86	1,3	87000	8,33
			200	200		
			och	och		
Skiktjocklek [m]	0,001	0,017	300	300	0,001	0,013
Normalvärde fukt [kg/m <sup>3</sup> ]	-	125,87	5,33	-	-	4,25
Byggfukt [kg/m <sup>3</sup> ]	-	135	5,5	-	-	20

På taket har beräkning gjorts i olika delar av isoleringen för att se vart största fukthalten uppstår. Taket har även satts till en lutning på 25° i norrläge. Anledningen till att norrläge valts är att det är sämsta tänkbara då så lite värme som möjligt tillförs konstruktionen. Mindre värme gör att luften inte bär vatten lika bra och RF ökar.

Takpannor är ett vanligt ytskiktmaterial och därför har detta material valts. Basvärden för ytskiktet är defaultvärden från Wufi Pro 4.2 enligt tabell 12 nedan. De basvärden som använts är värmemotståndet [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ] och Sd-värdet [m]. Värmemotståndet anger värmeutbytet mellan luften och ytskiktet och Sd-värdet ytbehandlings ångtäthet i skiktjocklek luft i meter [37]. I detta fall har ytmaterialet (lertegel) ingen ytbehandling och därav finns det inget Sd-värde.

**Tabell 12.** Basvärden för ytskiktmaterial på takkonstruktionen.

Yttre yta		Inre yta	
Värmemotstånd [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]	0,0526	Värmemotstånd [ $\text{m}^2\text{K/W}$ ]	0,125
Sd-värde [m]	2	Sd-värde [m]	-

Övriga värden och inställningar som använts kan ses i tabell 13. Alla värden i tabellen är defaultvärden.

**Tabell 13.** Övriga basvärden för takkonstruktionen.

Övriga basvärden	
Temperatur (begränsningsvärde byggnadsdel) [ $^{\circ}\text{C}$ ]	21
RF (begränsningsvärde byggnadsdel) [-]	0,6
Beräkningsperiod	20101027-20131027 (3 år)
Tidssteg för beräkningen [h]	1
Inomhustemperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	21
RF (inomhusklimat) [-]	Fuktklass 2
Utomhusklimat	Karlstad och Lund
Inomhusklimat	SS-EN 13788

Utomhusklimatet är satt till Karlstad förutom då beräkning gjorts med tanke på ökad utemedeltemperatur. Då har Lunds utomhusklimat valts i stället. Lunds utemedeltemperatur ligger ca 2 $^{\circ}\text{C}$  högre än Karlstads utemedeltemperatur. Inomhusklimatet genereras av Wufi Pro 4.2 som tar fram värden via en algoritm som finns definierad i standarden SS-EN 13788 [37].

### 3.2.2 Vindsbjälklag

I tabell 14 på nästa sida kan man se vilka material som valts för vindsbjälklaget. Precis som vid takkonstruktionen är det basvärden, för varje material, som behövs för att programmet Wufi Pro 4.2 skall kunna utföra fuktberäkningar. De flesta värden är defaultvärden. Alla värden för PE-folien är förvalda av programmet. För cellulosaisoleringen och mineralullen är alla värden tagna från programmet förutom

skrymdensiteten och värmeledningsförmågan. Dessa värden är valda enligt tabell 4 som finns att hitta på sid 12. De värden som är ändrade är markerat med blått i tabell 15 nedan.

**Tabell 14.** Basvärden för valda material på vindsbjälklaget.

	Basvärden för valda material		
	Cellulosa	Mineralull	PE-folie
Skrymdensitet [kg/m <sup>3</sup> ]	60	60	130
Porositet [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,99	0,95	0,001
Specifik värmekapacitet, torr [J/kgK]	1550	850	2200
Värmeledningsförmåga, torr [W/mK]	0,039	0,04	1,65
Diffusionsmotstånd, för vattenånga [-]	1,86	1,3	87000
Skiktjocklek [m]	200 och 300	200 och 300	0,001
Normalvärde fukt [kg/m <sup>3</sup> ]	5,33	-	-
Byggfukt [kg/m <sup>3</sup> ]	5,5	-	-

På vindsbjälklaget har beräkning gjorts i olika delar av isoleringen för att se vart största fukthalten uppstår. Då vindsbjälklaget inte vetter mot utsida och konstruktionen inte beror av solinstrålning m.m. så är takets lutning ointressant och inget värde är taget.

Eftersom vindsbjälklaget inte vetter mot utsida blir värmemotståndet förändrat jämfört med takkonstruktionen och eftersom det inte har något ytskiktmaterial kan det heller inte finnas någon ytbehandling och därav har konstruktionen heller inget Sd-värde.

**Tabell 15.** Basvärden för ytskiktmaterial på vindsbjälklaget.

Yttre yta		Inre yta	
Värmemotstånd [m <sup>2</sup> K/W]	0,09	Värmemotstånd [m <sup>2</sup> K/W]	0,125
Sd-värde [m]	-	Sd-värde [m]	-

Övriga värden och inställningar är samma som vid takkonstruktionen. Vänligen se tabell 13 på sid. 23 för dessa värden.

Precis som vid takkonstruktionen är utomhusklimatet satt till Karlstad förutom då beräkning gjorts med tanke på ökad utemedeltemperatur. Då har Lunds utomhusklimat valts i stället. Lunds utemedeltemperatur ligger ca 2°C högre än Karlstads utemedeltemperatur.

Inomhusklimatet genereras av Wufi Pro 4.2 som tar fram värden via en algoritm. Algoritmen finns definierad i standarden SS-EN 13788 [37].

### 3.2.3 Yttervägg

I nedanstående tabell kan man se vilka material som valts för väggkonstruktionen. Precis som vid tidigare konstruktioner är det basvärden, för varje material, som behövs för att programmet Wufi Pro 4.2 skall kunna utföra fuktberäkningar. De flesta värden är defaultvärden. Alla värden för PE-folien är förvalda av programmet. För cellulosaisoleringen och mineralullen är alla värden tagna från programmet förutom skrymdensiteten och värmeledningsförmågan. Dessa värden är valda enligt tabell 4 som finns att hitta på sid 12. De värden som ändrats är markerat med blått i tabell 16 nedan.

**Tabell 16.** Basvärden för valda material på vindsbjälklaget.

	Basvärden för valda material					
	Väggpapp	Råspont	Cellulosa	Mineralull	PE-folie	Gipsskiva
Skrymdensitet [kg/m <sup>3</sup> ]	130	510	60	60	130	625
Porositet [m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]	0,001	0,73	0,99	0,95	0,001	0,73
Specifik värmekapacitet, torr [J/kgK]	2300	1600	1550	850	2200	850
Värmeledningsförmåga, torr [W/mK]	2,3	0,13	0,039	0,04	1,65	0,2
Diffusionsmotstånd, för vattenånga [-]	500	50	1,86	1,3	87000	8,33
Skiktjocklek [m]	0,001	0,017	varierar	200 och 300	0,001	0,013
Normalvärde fukt [kg/m <sup>3</sup> ]	-	125,87	5,33	-	-	4,25
Byggfukt [kg/m <sup>3</sup> ]	-	135	5,5	-	-	20

Precis som vid taket och vindsbjälklaget har beräkningar gjorts i olika delar av isoleringen för att se vart största fukthalt uppstår. Ytterväggen vetter mot norr och dess lutning är 90°. Beräkning på vägg mot norr har valts därför att solinstrålningen är som minst åt detta väderstreck och detta ger sämst värmestillskott till konstruktionen. Mindre värme gör att luften inte bär vatten lika bra och RF ökar.

Värmemotståndet för ytterväggen har tagits från programmet Wufi Pro 4.2 (defaultvärden). Enligt vald konstruktion består fasaden av målad träpanel men då det i beräkningsprogrammet inte går att välja målarfärg som ytbehandling finns det inget Sd-värde.

**Tabell 17.** Basvärden för ytskiktmaterial på ytterväggen.

Yttre yta		Inre yta	
Värmemotstånd [m <sup>2</sup> K/W]	0,0588	Värmemotstånd [m <sup>2</sup> K/W]	0,125
Sd-värde [m]	-	Sd-värde [m]	-

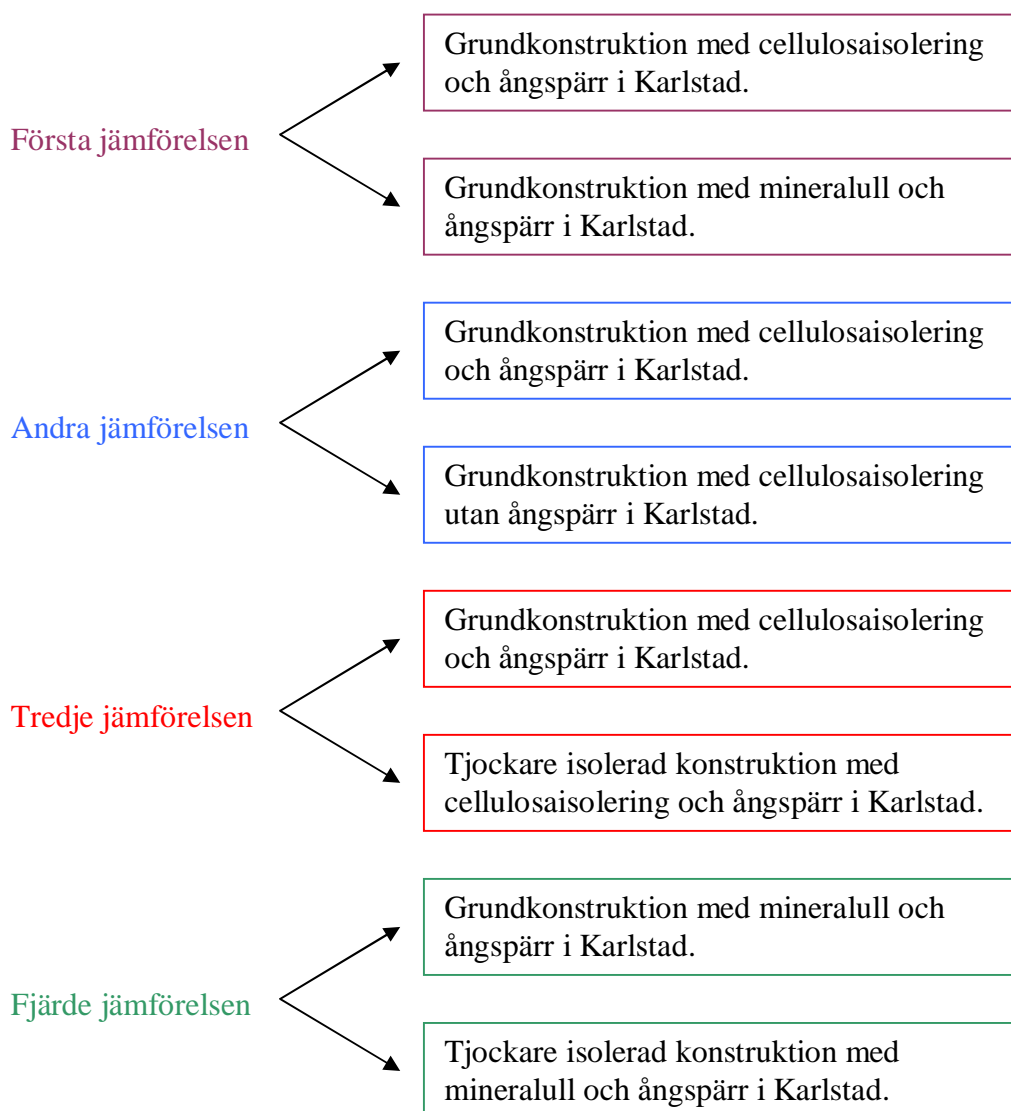
Övriga värden och inställningar är samma som vid takkonstruktionen. Vänligen se tabell 13 på sid. 23 för dessa värden.

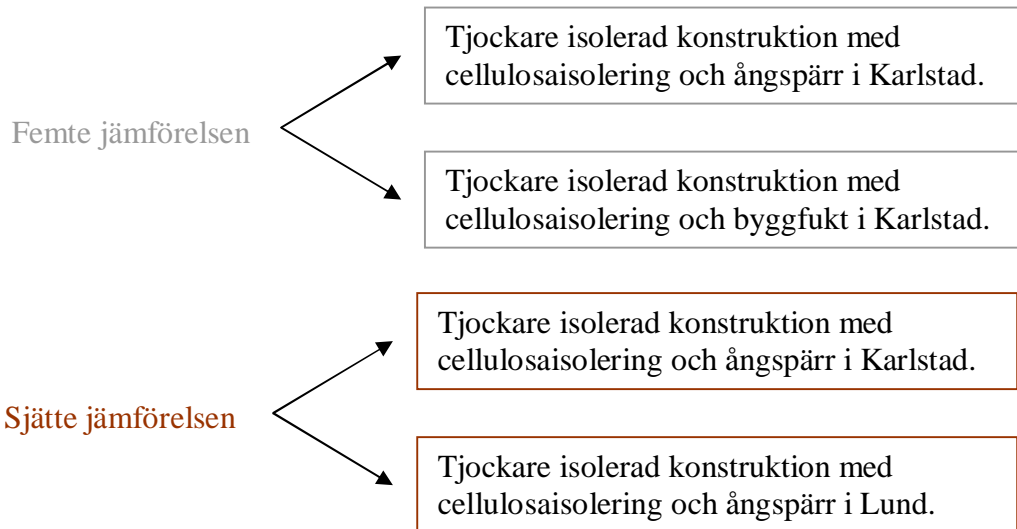
Precis som vid övriga konstruktioner så är utomhusklimatet satt till Karlstad förutom då beräkning gjorts med tanke på ökad utemedeltemperatur. Då har Lunds utomhusklimat valts i stället. Lunds utemedeltemperatur ligger ca 2°C högre än Karlstads utemedeltemperatur.

Inomhusklimatet genereras i Wufi Pro 4.2 som tar fram värden via en algoritm som finns definierad i standarden SS-EN 13788 [37].

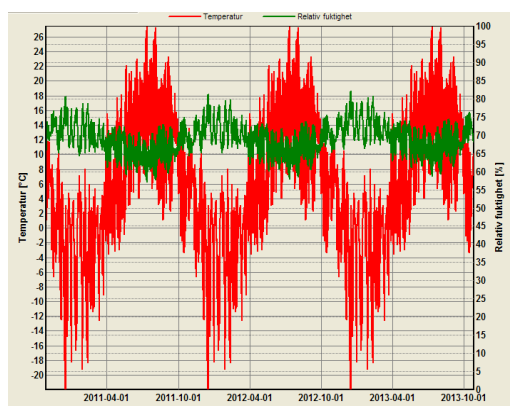
## 4. Resultat

I denna del av rapporten visas en figur, med resultat, för varje beräknad konstruktion utförd i WUFI Pro 4.2. Tabeller över alla beräknade konstruktioner finns på sidan 21. Varje figur visar en röd kurva, en grön kurva och tidsperioden. Den röda kurvan visar temperaturen i det lager beräkningen utförts och den gröna kurvan visar den relativa fuktigheten (RF) i samma lager. Tidsperioden ser man längst ned. Liknande beräkningar är gjorda för samtliga konstruktioner. Exempelvis är takets grundkonstruktion (konstruktionen som rekommenderas av isoleringstillverkarna) med cellulosaisolering och ångspärr beräknad. Detta betyder alltså att även ytterväggs och vindbjälklags grundkonstruktion är beräknad med cellulosaisolering och ångspärr. Detta har gjort det möjligt att utföra likadana jämförelser på tak-, yttervägg- och vindbjälklagkonstruktionerna. Det har även, tack vare detta, gått att göra jämförelser mellan de olika byggnadsdelarna. Eftersom det är en hel del figurer/resultat och jämförelser gjorda ligger inte alltid figurerna precis intill den aktuella texten. Dock är alltid jämförelserna av de olika resultaten presenterade i samma ordning för respektive byggnadsdel. Jämförelserna är utförda enligt ordningen nedan:

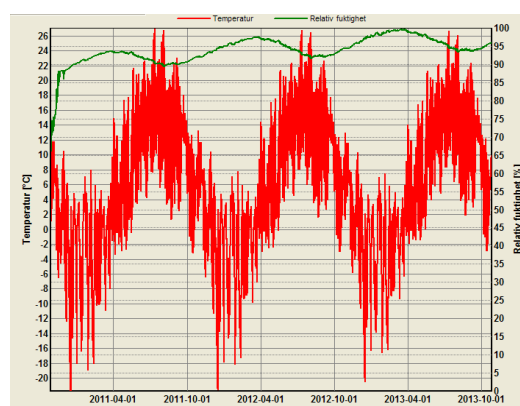




#### 4.1 Fuktberäkning – resultat tak



**Figur 11.** 220 mm isolerat tak med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

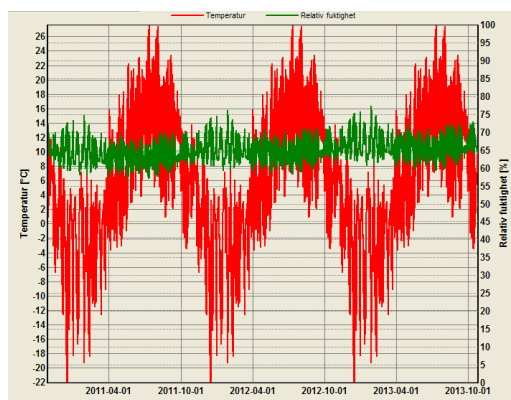


**Figur 12.** 220 mm isolerat tak utan ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Om man tittar på figur 11 och 13 och jämför dessa kan man se att både cellulosa och mineralull ger goda konstruktioner. Takkonstruktionen med mineralull ligger lite lägre i RF än den med cellulosa men då båda inte utgör någon uppenbar risk för uppkomst av mögel och röta kan man i detta fall egentligen välja vilken som. Anledningen till att man vet att båda konstruktionerna är goda och att det är liten risk för mögel och röta kommer av sambandet RF, temperatur och tidsperiod. På vintern är RF som högst och ligger på maxvärden runt 75-80% i konstruktionen med cellulosaisolering (fig. 11). Samtidigt ligger temperatures maxvärden runt 2-6°C. För att mögeltillväxten skall kunna ta fart vid dessa RF och temperaturvärden behövs en tidsperiod på över 60 veckor. Eftersom konstruktionen utsätts för dessa maxvärden i ca 15 veckor är det alltså liten risk för uppkomst av mögel och röta. Eftersom samma konstruktion med mineralull (fig. 13) håller en aningen mindre maxvärden, än konstruktionen med cellulosaisolering, under samma tidsperiod är det även här liten

risk för uppkomst av mögel och röta. Sambandet mellan temperatur, RF och tidsperiod finns även att se i figur 2 (sid. 14)

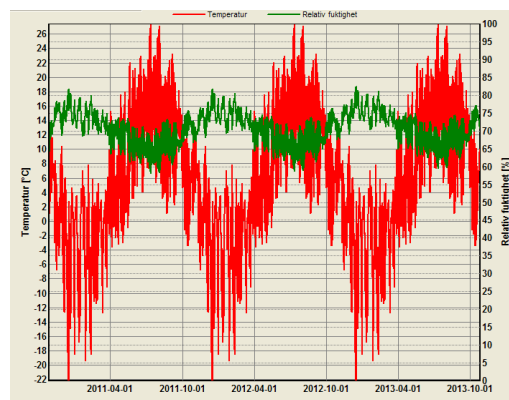
I figur 15 ser man resultatet av vad som händer om man väljer att bygga utan ångspärr. RF ökar drastiskt och ligger högt under hela beräkningsperioden. Detta är en uppenbar riskkonstruktion. Resultatet visar också att cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga inte räcker till och den klarar alltså inte av att buffra och ge ifrån sig fukt i den utsträckning som är nödvändigt för att få en säker konstruktion. Hade cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga varit tillräcklig skulle RF legat lägre under hela året. RF kan ha legat runt 80% under de kallare månaderna men sedan minskat till ca 70-75% under de varmare månaderna. Som vid konstruktionen med cellulosaisolering eller mineralull med ångspärr (fig. 11 respektive fig. 13). Man kan dock se att RF ligger högre än de värden som krävs för att det ska vara liten risk för uppkomst av mögel och röta. Konstruktionen utan ångspärr ligger från början på 75% RF men ökar snabbt till att ligga på ca 90-95% RF under det första året. Under andra och tredje året ökar RF ytterligare och ligger till slut på ca 100% under de kallare månaderna och 95% under de varmare månaderna. Anledningen till detta scenario är att den hygroskopiska förmågan hos cellulosaisolering buffrar fukt under den kallare delen av året. Sedan ventileras inte tillräckligt med fukt bort under den varmare delen av året då temperaturen i materialet stiger. Vid en RF mellan 95-100% och 5°C behövs endast en tidsperiod på 5 veckor för att tillväxten av mögel och röta skall kunna ta fart.



**Figur 13.** 220 mm isolerat tak med ångspärr i Karlstad.

Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst.

Isoleringsmaterial: Mineralull.

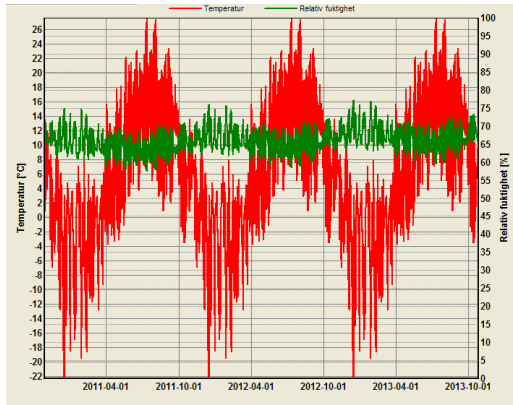


**Figur 14.** 300 mm isolerat tak med ångspärr i Karlstad.

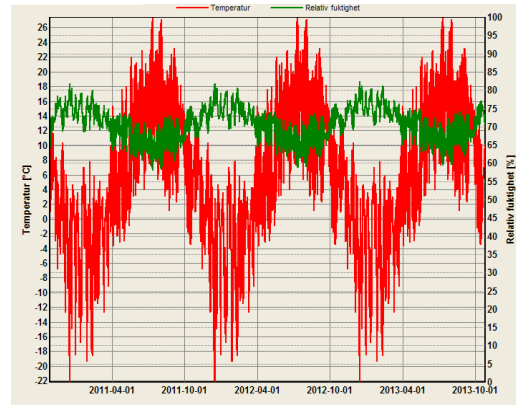
Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst.

Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Ett mer välisolerat tak med cellulosaisolering (figur 14) visar sig inte göra någon skillnad jämfört med ett 220 mm isolerat tak (figur 11) med cellulosaisolering. De håller samma temperatur i isoleringens yttersta lager och får alltså även samma RF värden. Precis som vid ökad isoleringstjocklek med cellulosa blir resultatet detsamma vid mineralull. Se figur 13 och 15.

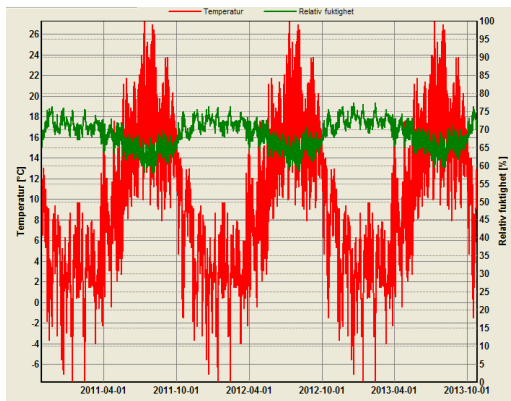


**Figur 15.** 300 mm isolerat tak med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringmaterial: Mineralull.



**Figur 16.** 300 mm isolerat tak med byggfukt i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringmaterial: Cellulosa.

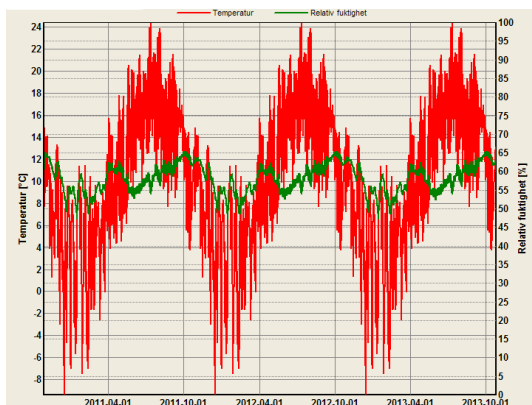
Byggfukt som byggs in i en konstruktion kan vara förödande men om man jämför figur 14 och 16, där figur 16 representerar byggfuktsberäkningen, så är detta inte fallet i takkonstruktionen.



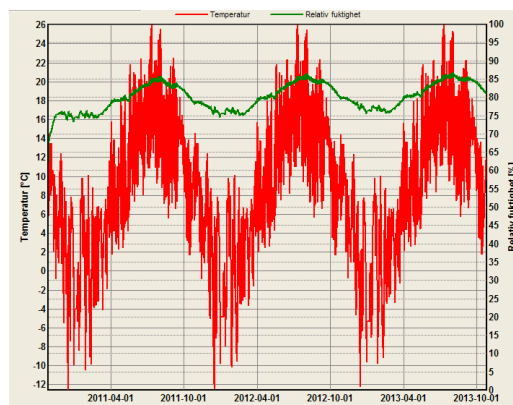
**Figur 17.** 300 mm isolerat tak med ångspärr i Lund. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringmaterial: Cellulosa

Samma takkonstruktion med 300 mm isolering i Karlstad (figur 14) som i Lund (figur 17) visar att en ökning av utemedeltemperaturen inte gör att RF ökar i konstruktionen. Alltså är den fullgod och kan användas i både Karlstad som i Lund.

## 4.2 Fuktberäkning – resultat yttervägg

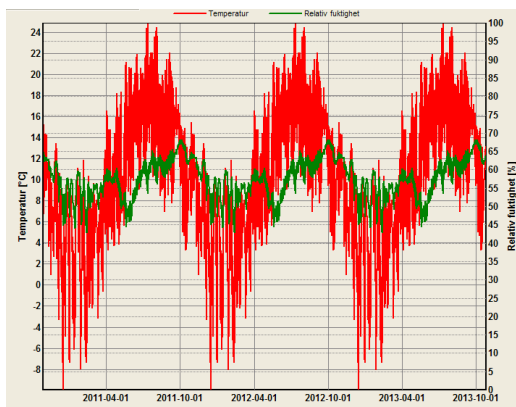


**Figur 18.** 240 mm isolerad yttervägg med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

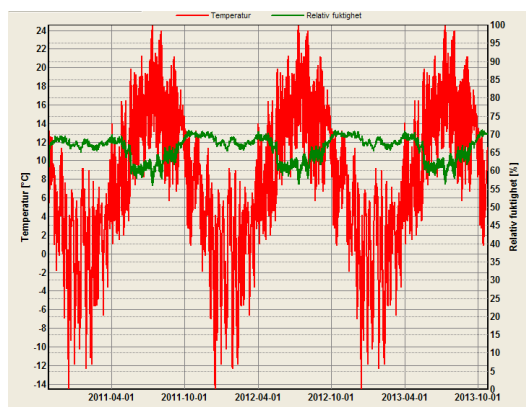


**Figur 19.** 240 mm isolerad yttervägg utan ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Vid en 240 mm isolerad yttervägg med ångspärr och cellulosaisolering (se figur 18) är RF låg under hela beräkningsperioden och det uppstår aldrig någon risk för uppkomst av mögel och röta. Likadant är det med konstruktionen med mineralull och ångspärr (se figur 20). Där ligger RF något högre än i konstruktionen med cellulosaisolering men den uppnår aldrig tillräckligt höga RF värden och temperaturer och uppkomsten för mögel och röta är även här minimala. När RF ligger som högst i konstruktionen med mineralull (mellan ca 65-70 %) så är temperaturen ca 14-16°C. Tidsperioden är endast några veckor. Om man tittar på figur 2 på sid. 14 ser man att den tidsperiod som krävs för att mögeltillväxten skall kunna ta fart är mycket längre än detta. Tar man bort ångspärren i konstruktionen med cellulosaisolering (se figur 19) ökar RF och då det under längre perioder är både höga RF och temperaturvärden är risken stor för uppkomst av mögel och röta. Precis som vid takkonstruktionen utan ångspärr (figur 12) klarar inte cellulosaisoleringen av att buffra och ge ifrån sig fukt.



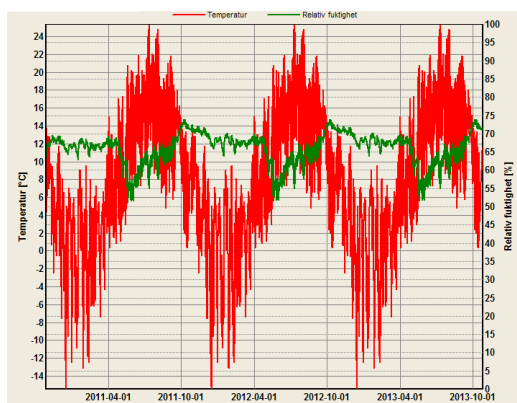
**Figur 20.** 240 mm isolerad yttervägg med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Mineralull.



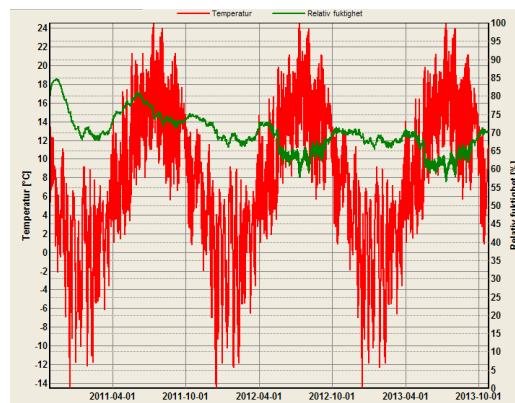
**Figur 21.** 360 mm isolerad yttervägg med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Om man väljer att isolera ytterväggen med 360 mm cellulosaisolering (figur 21) i stället för 240 mm får man fortfarande en fungerande konstruktion. RF och temperatur uppnår aldrig tillräckligt höga värden för att mögel och röta ska trivas. Tar man samma konstruktion men byter ut cellulosaisoleringen mot mineralull (figur 22) får man samma resultat som vid jämförelsen med 240 mm isolerad vägg. Ytterväggen med mineralull får lite högre RF topp än cellulosaisoleringen men temperaturen och tiden räcker ändå inte till för att mögel och röta skall trivas. Om man däremot tillsätter byggfukt till samma konstruktion med cellulosaisolering (figur 23) utsätts den för höga RF och temperaturer under första sommarperioden. Detta gör att risken för uppkomst av mögel och röta inte kan uteslutas. Man kan se att byggfukten torkat ut efter ca 1,5 år.

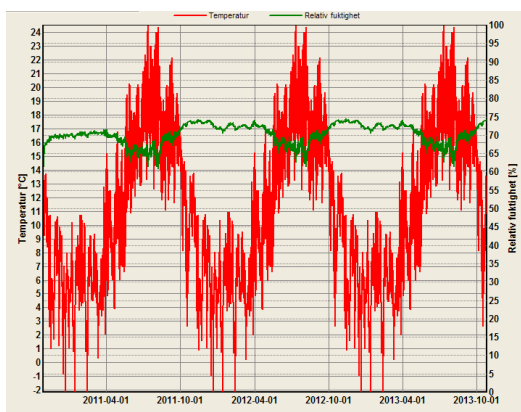
Samma välisolerade konstruktion, innehållande cellulosaisolering, placerad i Lund (figur 24) gör att RF ligger lite högre än jämfört med Karlstad. Dock uppnår aldrig konstruktionen tillräckligt höga värden för att mögeltillväxten ska kunna ta fart.



**Figur 22.** 360 mm isolerad yttervägg med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Mineralull.

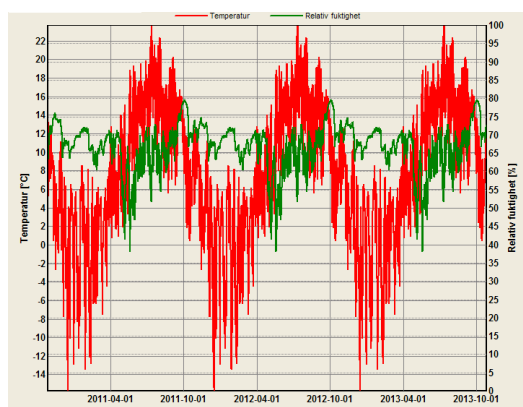


**Figur 23.** 360 mm isolerad yttervägg med byggfukt i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

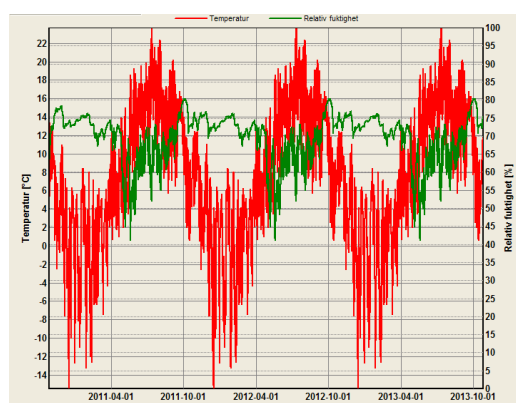


**Figur 24.** 360 mm isolerad vägg med ångspärr i Lund. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

### 4.3 Fuktberäkning – resultat vindsbjälklag



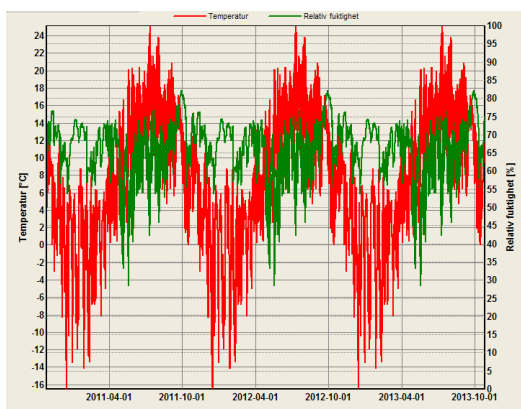
**Figur 25.** 350 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringmaterial: Cellulosa.



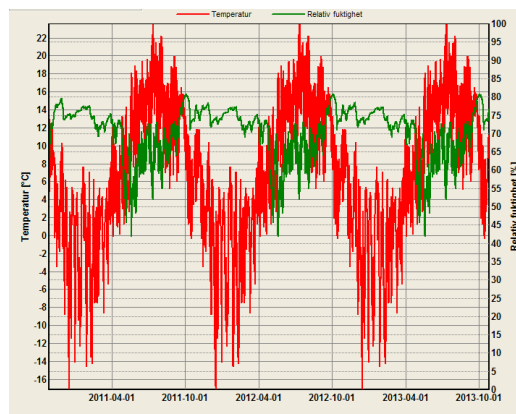
**Figur 26.** 350 mm isolerat vindsbjälklag utan ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringmaterial: Cellulosa.

I figur 25 ser man resultatet av fuktberäkningen, för ett 350 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr och cellulosaisolering. Man kan se att RF ligger lite högt i början av hösten varje år men tidsperioden är inte tillräckligt lång för att mögelrisk skall uppstå. Tittar man på samma konstruktion men utan ångspärr (figur 26) blir resultatet näst intill det samma. RF ligger lite högt i början av hösten varje år men tidsperioden är fortfarande inte tillräckligt lång för att någon mögelrisk skall uppstå. RF ligger även högre under vintermånaderna i konstruktionen utan ångspärr, men aldrig så pass högt och under så pass höga temperaturer att mögeltillväxt uppstår. Detta resultat skiljer sig från det resultat som genererats vid samma jämförelse fast vid tak och väggkonstruktionerna. Varken tak eller väggkonstruktionen klarar av (se figur 12 resp. figur 19) att hålla tillräckligt låga RF och temperaturvärden för att mögeltillväxt inte skall kunna uppstå.

I figur 27 ser man resultatet för ett 350 mm mineralull isolerat vindsbjälklag med ångspärr. Om man jämför detta resultat med figur 26 (samma konstruktion fast med cellulosaisolering) ser man att konstruktionen med mineralull håller lite högre RF än konstruktionen med cellulosaisoleringen. Under sommarmånaderna ligger RF topparna mellan 70-75 % i mineralullskonstruktionen. Då är även temperaturen hög men det behövs en längre sommar för att det ska föreligga risk för mögeltillväxt (se figur 2 sid. 14). Anledningen till att konstruktionen med cellulosa håller en lägre RF än den med mineralull kan vara att cellulosa's hygroskopiska förmåga jämnar ut fuktnivån. Något som stärker detta resonemang är att man tydligt kan se att cellulosa's RF inte hoppar lika mycket som mineralullens.



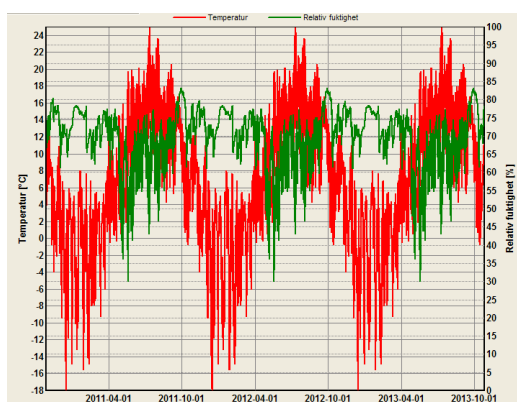
**Figur 27.** 350 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Mineralull.



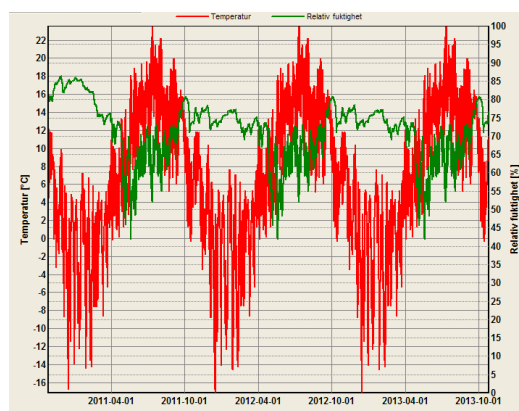
**Figur 28.** 500 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Om man tar konstruktionen från figur 25 men väljer att isolera mera så blir resultatet enligt figur 28. RF ligger högre under höst och vintermånaderna i den 500 mm isolerade konstruktionen än den med 350 mm isolering. Men då temperaturen är låg under dessa månader är detta inget orosmoment (se figur 2).

I figur 29 visas resultatet för ett 500 mm isolerat vindsbjälklag med mineralull. Precis som jämförelsen mellan normalt isolerat vindsbjälklag med cellulosa respektive mineralull får konstruktionen med mineralull lite högre RF värden än cellulosan. De högsta RF värdena, för mineralullskonstruktionen, under vår och sommarmånaderna ligger lite högt men om man tittar på figur 2 ser man att det behövs höga temperaturer under ett flertal veckor för att mögel skall uppkomma vid 80 % RF. Därmed är det med största sannolikhet ingen fara för mögeltillväxt.



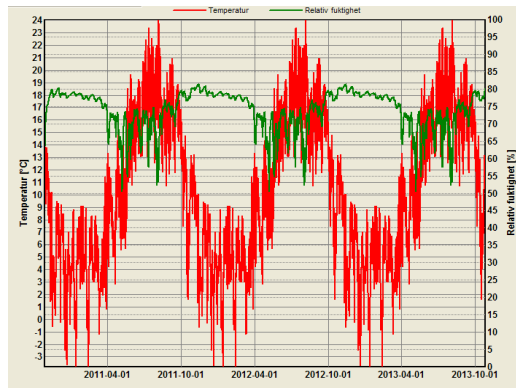
**Figur 29.** 500 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Mineralull.



**Figur 30.** 500 mm isolerat vindsbjälklag med byggfukt i Karlstad. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa.

Figur 30 visar resultatet av ett 500 mm isolerat vindsbjälklag innehållande cellulosa och byggfukt. Eftersom konstruktionen är beräknad att vara färdigbyggd i oktober månad hinner det extra fukttillskottet, i form av byggfukt, torka ut alldeles lagom

fram till att våren tar fart. RF värdena är sedan låga under vår och sommar då temperaturerna är höga och konstruktionen klarar sig bra mot mögeltillväxt. Under första halvåret när RF ligger högt som ända upp till 85% är temperaturen låg och konstruktionen klarar sig därför bra mot mögeltillväxt.



**Figur 31.** 500 mm isolerat vindsbjälklag med ångspärr i Lund. Värden är från isoleringens yttersta lager där fuktvärdet är som högst. Isoleringsmaterial: Cellulosa

Om man väljer att bygga ett 500 mm isolerat vindsbjälklag med cellulosa i Lund (figur 31) i stället för Karlstad (figur 28) ändras RF och temperaturen något men konstruktionen går att använda i Lund lika väl som i Karlstad.

## 5. Diskussion

Att göra en fuktberäkning vid bestämmande av konstruktion och materialval har visat sig vara ett nyttigt verktyg. Verktöget kan ge ett tydligt besked om vilka teorier och diskussioner som verkar vara de korrekta. Fuktberäkningarna visar bl.a. tydligt att cellulosaens hygroskopiska förmåga inte är tillräcklig för att utesluta ångspärren. De visar även att en konstruktion med cellulosaisolering kan hålla både likvärdiga och mindre fukthalter än samma konstruktion med mineralull.

Något resultat visar att byggfukten ibland torkar ut så pass snabbt att den inte ökar risken för mögeltillväxt. Detta resultat bör man dock stanna upp och fundera lite över. Resultatet som visas i figurerna med byggfukt visar RF och temperatur i en av konstruktionens yttersta lager eller närmare bestämt isoleringens yttersta lager. Här är det, tack vare att byggnaden uppfördes i oktober månad, låga temperaturer under första halvåret då byggfukten torkar ut. Men hur ser det ut i konstruktionens inre lager under samma tidpunkt? Byggfukten är jämnt fördelad i konstruktionen från början och detta fuktillskott kanske kan vara skadligt vid konstruktionens inre lager. Där är temperaturen högre och detta kan tillsammans med höga RF värden göra att konstruktionen ligger i farozonen för att mögeltillväxt skall kunna ta fart. Sedan är frågan hur det ser ut om man bygger vid något annat tillfälle än just oktober månad? Skulle man upprättat samma konstruktion i maj månad så hade temperaturen varit hög genom hela konstruktionen. Om det fortfarande tar ca ett halvår för byggfukten att torka ut kanske det redan finns massor med mögel i det nya huset. Med tanke på detta bör man vara försiktig och täcka ordentligt vid byggnation. Att täcka sin byggnad innan det vattenavvisande skalet är pålagt verkar vara en bra åtgärd för att reducera risken för mögel och rötskador. Detta gäller så klart vare sig man väljer att isolera med mineralull, cellulosa eller annat material.

I stycke 2.3.3 om mögel tas ett aktuellt och omtalat ämne upp med tanke på att många väljer att isolera tjockare. Det aktuella ämnet är hur mycket man bör isolera vindsbjälklaget utan att risken för fuktskador på takstolar och råspont skall bli alltför uppenbar. Risken ligger, som tidigare nämnts, i att man isolerar för mycket och att det därmed läcker upp för lite varmluft upp till vinden. Om temperaturen blir alltför låg på vinden ökar risken för högt RF som i sin tur kan leda till fuktskador. Råd & Rön har tillsammans med SP (Sveriges Provningsinstitut) kommit fram till att omkring 30-50 cm isolering kan användas beroende på om det är ett nytt eller äldre hus med befintlig isolering. Det finns dock de som inte håller med om att man bör isolera så mycket som 40-50 cm. Christer Harrysson, professor i byggt teknik vid Örebro Universitet tycker att man kan nöja sig med en isoleringstjocklek upp till 30 cm på vindsbjälklaget. Nämnas bör är att de fuktberäkningar som utförts på vindsbjälklaget inte tar hänsyn till RF i takets råspont. Alltså går det inte anta att ett vindsbjälklag med goda RF värden även är skonsam mot råsponten i fråga om mögeltillväxt.

I stycket om mögel visas också olika materials mögelbeständighet. Cellulosaisolering har inte lika bra mögelbeständighet som exempelvis mineralull men detta är inte något som känns oroväckande. Förutsatt att man bygger ett hus med trästomme. Jag tycker att resonemanget om att en stomme ändå inte kan utsättas för högre fukt mängder än träråvaran är korrekt. Alltså behöver man inte lägga så mycket vikt vid att

mineralullen har högre betyg i mögelbeständighet än cellulosaisoleringen. Bygger man däremot ett hus med betongstomme bör man vara lite mer aktsam eftersom betongen klarar mycket högre fukthalter än cellulosaisoleringen.

En annan intressant aspekt som nämns i kapitlet om mögel är att ammoniumpolyfosfat (används ibland som impregneringsmedel i cellulosaisolering) även fungerar som gödningsämne. Denna egenskap hos impregneringsmedlet kanske leder till att gynna mögeltillväxten? Men då det finns cellulosaisolering med borsalt som impregneringsmedel i stället för ammoniumpolyfosfat kan man välja detta i stället. Om man nu alltså gärna vill ha cellulosaisolering men är osäker på påståendet om gödningsämnet.

Väljer man borsalt som impregneringsmedel finns det dock en annan aspekt att ta hänsyn till. Det gäller informationen om att detta impregneringsmedel kan urlakas och att materialets brandegenskaper därmed försämrats. Det har varit svårt att få tag på tillräckligt läsbart material om detta, men då i alla fall en person nämligen Morten Hjørlev Hansen från den danska statens byggeforskningsinstitut kommit fram till (via laboratoriestudier) att det inte ska vara någon fara vid normala fuktförhållanden blir detta det mest trovärdiga slutbeviset. Övrig information ang. cellulosaisoleringens brandegenskaper är vaga. Termoträ, som tillverkar och säljer cellulosaisolering, säger så klart att den har bra brandegenskaper men resultatet från Sveriges Provningsinstitut visade inte direkt goda värden när det gäller isoleringens självslockningsförmåga. Däremot får Termoträ uppbackning av den amerikanska organisationen California Task Force. De har gjort en undersökning som visar motsatsen av vad SP säger. De har kommit fram till att cellulosaisoleringen har både bra självslockningsförmåga och att den bidrar till att byggnaden brinner långsammare. Detta ska ge mer tid till att rädda sig själv eller så mycket av sina kvarvarande saker som möjligt. Det kan vara svårt att veta vad som är korrekt och vad som är den största sanningen när det gäller brandegenskaperna hos cellulosaisolering. Skulle man känna sig osäker är mineralullen i så fall ett bättre materialval. Mineralull ger klara besked om vilka temperaturer deras isolering klarar plus att de fick bra resultat på SP:s självslockningstest.

Något man bör tänka på om man väljer att isolera exempelvis vindsbjälklaget med cellulosaisolering är att man bör isolera med stenull närmast skorstenen, om en sådan finns. Det finns nämligen ingen cellulosaisolering som visat att den är säker vid sådana anslutningar där temperaturen är högre än normalt.

I inledningen nämndes att en av anledningarna till att jag valt att titta närmare på cellulosaisolering är pga. den nyfikenheten som väcktes under studietidens diskussioner, runt just detta material, i samband med hållbart byggande. Även om denna rapport inte tar upp materialet ur ett hållbart byggande perspektiv tycker jag ändå det är viktigt att nämna något om detta. Det har nämligen under hela rapportens skrivande funnits ytterligare ett bakomliggande intresse. Ska det visa sig att detta ”nya och naturliga” material är ok? Kommer det finnas konstruktioner som är säkra med hänseende till fukt och brand? Med hänsyn till fukt tycker jag cellulosaisoleringen visar tydligt, genom beräkningar, att det fungerar lika bra som mineralullen. Däremot har det inte så imponerande brandegenskaper. Det har dock en del andra egenskaper när det gäller hållbarhet och som endast nämns lite hastigt i rapporten. Det är att cellulosaisoleringen är tillverkad av naturligt material som bl.a. returpapper.

Mineralullen räknas inte som ett naturligt material trots att grundråvaran kommer från naturen. Detta beror på att det är svårt att bryta ned och återvinna mineralull. Några tycker säkert att det känns tryggare att stoppa ett dött material, som mineralull i en konstruktion, medan andra värdesätter återvinning. Det som är bra är att man själv får välja. Ett tips är dock att först ordentligt kolla upp att konstruktionen är hållbar mot fukt. Detta ger goda förutsättningar för ett friskt och långlivat boende.

## 6. Slutsatser

Denna rapport försöker att på ett objektivt sätt ta upp olika fakta om cellulosaisolering. Bl.a. har fakta funnits där ett flertal diskuterat och förespråkat att ångspärr inte är nödvändigt i en konstruktion med cellulosaisolering. Anledningen till detta är att cellulosaisoleringens hygroskopiska förmåga skall vara tillräcklig för att reglera de perioder då fukthalterna är höga i konstruktionen. Via fuktberäkningar har det tydligt visats att en ångspärr är nödvändig. I övrigt har fuktberäkningarna även visat att det inte är valet av isoleringsmaterial som gör om en konstruktion är säker eller inte mot uppkomsten av mögel och röta, utan konstruktionens utförande. Med anledning av detta kan cellulosaisolering definitivt vara ett alternativ vid val av isoleringsmaterial.

När det kommer till cellulosaisoleringens brandhämmande egenskaper finns det få laboratoriestudier och knaphänta fakta att förlita sig på. Detta gör att man blir tveksam till dess egentliga brandskyddsförmåga. En egen laboratorieundersökning skulle kunna ha gjorts för att komma fram till en mer konkret slutsats när det gäller cellulosaisoleringens brandskyddsförmåga. Det hade även gått att titta på om eventuellt övriga ingående material i en konstruktion gör att den får ett tillräckligt brandskydd. Precis som vid fukt kanske det inte är det enskilda materialet som spelar roll utan konstruktionens helhetsutförande. Med andra ord kan en slutsats om cellulosaisolering är tillräckligt brandhämmande eller ej inte ställas utefter de fakta som presenterats i denna rapport.

## 7. Tackord

Jag skulle vilja tacka min gruppchef Johan Carlsson på WSP Byggprojektering i Borlänge, min handledare Lars Kilström på Karlstads Universitet och Niclas Wahl Prytz från WSP Environmental & Energy i Stockholm.

Under året som gått har min gruppchef låtit mig nyttja ett antal arbetstimmar i veckan till examensarbetet. Ett oslagbart stöd som bidragit massor till denna rapport. Tack så hjärtligt!

Min handledare har alltid funnits till hands och ställt upp med snabba svar och snabb feedback. Detta har gjort att arbetet flutit på och aldrig hamnat på vänt pga. oklarheter. Stort tack!

Fuktberäkningsprogrammet Wufi 4.2 Pro var nytt för mig inför detta arbete och då mina nybörjarkunskaper, om programmet, inte visade sig vara tillräckliga kom Niclas Wahl Prytz (fuktsakkunnig på WSP Environmental & Energy i Stockholm) till min räddning. Tack för all hjälp!

## Referenslista

- [1] Ekologisk isolering i Skåne AB (2008). *Ekoisolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://ekoisolering.se/cellulosaisolering.asp> [2010-01-29]
- [2] WARMCEL i Skandinavien AB. *Den naturliga isoleringen*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.warmcel.se/page.php?page=2> (2010-01-29)
- [3] Skogsmuseet & Länsstyrelsen i Västerbotten. *Isoleringsmaterial*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://hallahus.se> (2010-01-29)
- [4] Gård & Torp. *Debatt om brandskyddsmedel i isolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://gardoctorp.se/print.aspx?article=6152> (2010-01-29)
- [5] Cremab Isolering AB. *Fuktbalans i kalla vindar*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.cremab.se/Fuktbalans-i-kalla-vindar-villaagare.aspx> (2010-02-01)
- [6] Multisol träfiber AB. *Ventilation på vinden*. [Elektronisk] Tillgänglig: [http://www.multisol.se/ventilation\\_vind.htm](http://www.multisol.se/ventilation_vind.htm) (2010-02-01)
- [7] Västra Götalandsregionen och Länsstyrelsen i Västra Götalands Län (2008). *Flamskyddsmedel*. [Elektronisk] Tillgänglig: [http://www.vastragotaland.se/natur\\_miljo/miljosamv98/flamtext.htm](http://www.vastragotaland.se/natur_miljo/miljosamv98/flamtext.htm) (2010-02-01)
- [8] andreas.ostlund@cremab.se, (2010-02-08)
- [9] Östberg S. *Isolering i praktiken (1) – Det naturliga sättet att varmbona trähus*. Byggnadskultur nr 3 (2002)
- [10] Olsson, L. Ehn Lund, A. *Cellulosaisoleringens fuktegenskaper*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.ekofiber.se/Images/user/cellulos.isol.FuktegenskaperSPLarsOlsson.pdf> (2010-02-08)
- [11] Svenska Termoträ AB, *Brandegenskaper hos TERMOTRÄ träfiberisolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.termotra.se/filer/Dokument/brandbroschyren.pdf> (2010-02-08)
- [12] Lea, D. *Cellulose: Building Insulation with High Recovered Content, Low Embodied Energy*. Green Building Materials '96, Gainesville FL, 1996.
- [13] SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut. Enhet: Energiteknik, Per-Ingvar Sandberg, 2002-11-06
- [14] Arndt, S. *Lösull – enkel och effektiv isolering*. Råd&Rön nr 8, 2002.
- [15] expowera (2006). *CE-märkning*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://expowera.se/mentor/eu/cemarkning.htm> (2010-02-23)

- [16] Cremab Isolering AB. *Miljövänlig cellulosaisolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: [www.cremab.se](http://www.cremab.se) (2010-03-08)
- [17] Hjorslev M. *Risiko for vækst af skimmel i cellulosa-fiberisolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.alternativisolering.dk/download/Skimmelsvampev%C3%A6kst%20i%20organiske%20materialer/skimmelsvampev%C3%A6kst%20i%20organiske%20materialer.pdf> (2010-03-08)
- [18] Boverket, byggavdelningen (1998). *Ekologiskt byggande*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.boverket.se/Om-Boverket/Webbokhandel/Publikationer/1998/Bygg-for-halsa-och-miljo---Ekologiskt-byggande/> (2010-03-09)
- [19] CIMA-Cellulose Insulation Manufacturers Association. *Straight talk about building insulation and fire*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.cellulose.org/userdocs/TechnicalSpecifications/ConsumerUpdate02-InsulationEffectiveness.pdf> (2010-03-11)
- [20] Passivhuscentrum. *Harrysson artikel*. [Elektronisk] Tillgänglig: [http://passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Rapporter\\_definitioner/harryssonsartikel.pdf](http://passivhuscentrum.se/fileadmin/pdf/Rapporter_definitioner/harryssonsartikel.pdf) (2010-03-11)
- [21] Swedisol. *Övertryck*. [Elektronisk] Tillgänglig: [www.swedisol.se/sw1356.asp](http://www.swedisol.se/sw1356.asp) (2010-05-11)
- [22] Swedisol. *Luft – och ångspärr, rekommendationer*. [Elektronisk] Tillgänglig: [www.swedisol.se/sw1251.asp](http://www.swedisol.se/sw1251.asp) (2010-05-17)
- [23] Alig Ventilation AB. *Tryck*. [Elektronisk] Tillgänglig: [www.ventilationsbutiken.se](http://www.ventilationsbutiken.se) (2010-05-17)
- [24] Saint-Gobain Isover AB. *Vad är mineralull?* [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.isover.se/produkter/vad+är+mineralull-c7-> (2010-05-11)
- [25] Alternativ isolering. *Ångspärr*. [Elektronisk] Tillgänglig: [www.alternativisolering.dk/resumer/sbi-meddelelse\\_127.htm](http://www.alternativisolering.dk/resumer/sbi-meddelelse_127.htm) (2010-05-11)
- [26] LFS- Ljungby Fuktkontroll & Sanering AB. *Vind- Fuktrelaterade problem på kallvind*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.lfs-web.se/Vind.htm> (2010-05-11)
- [27] Samuelsson, I. Hägered, L. *Kalla vindar – problem och förbättringar*. Bygg och teknik, nr 4, 2006
- [28] LFS- Ljungby Fuktkontroll & Sanering AB. *Mögel*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.lfs-web.se/mogel.htm> (2010-05-11)

- [29] Trygghetsvakten (2009). *Byggfukt*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.trygghetsvakten.se/wiki/index.php/Byggfukt> (2010-05-17)
- [30] Kvalitetsansvariga (2009). *Byggfukt*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://kvalitetsansvariga.se/jobbfoto7.htm> (2010-05-17)
- [31] Saint-Gobain Isover AB. *Säkerhetsdatablad- stenull*. [Elektronisk] Tillgänglig: [http://www.isover.se/files/Isover\\_SE/Om\\_Isover/Miljo\\_halsa/Sakerhetsdatablad/Sakerhetsdatablad\\_stenull.pdf](http://www.isover.se/files/Isover_SE/Om_Isover/Miljo_halsa/Sakerhetsdatablad/Sakerhetsdatablad_stenull.pdf) (2010-06-03)
- [32] Svenska Termoträ AB. *Byggvarudeklaration- termoträ cellulosaisolering*. [Elektronisk] Tillgänglig: [http://www.termotra.se/filer/Dokument/byggvarudeklaration\\_1.pdf](http://www.termotra.se/filer/Dokument/byggvarudeklaration_1.pdf) (2010-06-16)
- [33] LFS- Ljungby Fuktkontroll & Sanering AB. *Fukt*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.lfs-web.se/fukt.htm> (2010-06-21)
- [34] Hansén, M. Strand, P. *Kallvindskonstruktioner – hänsyn tagen till fukt och brandkrav för kvarteret Tuppen i Borås*. Borås, 2009.
- [35] Petersson, B-Å. *Tillämpad byggnadsfysik*. Studentlitteratur, Lund, 2009.
- [36] SP- Sveriges Tekniska Forskningsinstitut. *Orsaker till tryckskillnader*. [Elektronisk] Tillgänglig: <http://www.fuktsakerhet.se/sv/luft/tryck/Sidor/default.aspx> (2010-09-07)
- [37] Fredriksson, E. Svensson, M. *Fuktsäkerhetsbedömning med Wufi*. Karlstad, 2009.