

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Camilla Persson Lidgren, Skanska Teknik och
Projekteringsledning
Skanska Sverige AB
2010-07-07

SAMMANFATTNING

Titel: Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Författare: Camilla Persson Lidgren

Företag: Skanska Sverige AB

Avdelning: Teknik och Projekteringsledning

Syfte och mål: Undersöka vilken som är den vanligaste takkonstruktionen idag för småhus och flerbostadshus, samt om byggmarknaden idag upplever problem med den. Undersöka om det är lika vanligt att man bygger ventilerade som oventilerade takkonstruktioner idag. Ett mål är att presentera innovativa takkonstruktioner samt jämföra olika takkonstruktioner med hänsyn till fuktillstånd och kostnader.

Metod: Studien baseras på intervjuer och enkätundersökningar gjorda med personer som arbetar med utveckling, konstruktion och byggnation av takkonstruktioner, litteratur i ämnet, leverantörers hemsidor, företagsbesök och beräkningar med Wufi 4.2, m-modellen och SPIK.

Slutsats: Hälften av alla som svarat på enkäten har upplevt svarta mögelprickar på råsponttak och upplevt att där finns fukt, men det upplevs inte som ett hälsoproblem då de boende inte är i kontakt med den inbyggda råsponten. De flesta bygger i dag traditionellt med en ventilerad takkonstruktionslösning som visar sig inte klara dagens krav.

BBR 6:52 Högsta tillåtna fuktillstånd. Vid bestämning av högsta tillåtna fuktillstånd skall kritiska fuktillstånd användas varvid hänsyn tas till osäkerhet i beräkningsmodell, ingångsparametrar (t.ex. materialdata) eller mätmetoder. För material och materialtyper, där mögel och bakterier kan växa, skall väl undersökta och dokumenterade kritiska fuktillstånd användas. Vid bestämning av ett materials kritiska fuktillstånd skall hänsyn tas till eventuell nedsmutsning av materialet. Om det kritiska fuktillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat skall en relativ fuktighet (RF) på 75 % användas som kritiskt fuktillstånd. (BFS 2006:12).

Det är svårt att klara 75 % RF för de vanligaste takkonstruktioner som byggs idag, vilket är ett krav om inte materialet är väl undersökt och dokumenterat. Det är därför viktigt att använda väl undersökta och dokumenterade material med beräknade fukttillstånd. Fler takkonstruktioner bör vara beräknade och testade, alla leverantörers typkonstruktioner bör vara genomräknade och anpassade till olika orter och materialsammansättningar, eller som bäst dimensionerade efter det värsta förhållandet. Konstruktörer och entreprenörer förutsätter att de lösningar som redovisas på tillverkarnas hemsidor klarar dagens normkrav.

En godkänd takkonstruktion ska:

- klara Boverkets krav enligt BBR 6:52
- dimensionernas enligt Boverkets konstruktionsregler BKR
- ha en maximal fuktkvot vid inbyggnad motsvarande målfuktkvot 15 %, enligt AMA08
- ha ett resultat med m-modellen där kritisk varaktivitetskvot, KVK <1

Beräkningar i Wufi 4.2 visar att en takkonstruktion med utvändig isolering på kalla sidan förbättrar konstruktionen avsevärt.

Fyra konstruktioner av de sex som vi beräknade blir godkända, vi har även valt att godkänna ett industritak utan att redovisa beräkningar. Det finns säkert fler takkonstruktioner som kan räknas som godkända och ännu fler som inte är godkända, vi har här redovisat ett axplock. Konstruktionerna blir betydligt mycket bättre med utvändig isolering på råsponenten, både vid ventilerade och oventilerade lösningar. Det går inte att säga att en ventilerad lösning är bättre än en oventilerad eller tvärtom, det är sammansättningen mellan material och utförandet som är viktig.

FÖRORD

Jag vill tacka alla som hjälpt till med att få fram resultat, svarat på enkäter, låtit sig intervjuas och ställt upp med information avseende takkonstruktion, takproduktion samt materialinformation.

Malmö, april 2010-07-07
Camilla Persson Lidgren

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	4
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	5
1 BAKGRUND	1
1.1 SYFTE	1
1.2 GENOMFÖRANDE	2
1.3 AVGRÄNSNINGAR	2
2 PROBLEM MED FUKT OCH MÖGEL I TAKKONSTRUKTIONEN	3
3 HISTORIK SVENSK TAKKONSTRUKTION /8,9/	5
4 OLIKA ISOLERINGSMATERIAL, TÅTSKIKT OCH YTSKIKT	9
4.1 ISOLERINGSMATERIAL	9
4.2 BRANDKLASSER FÖR ISOLERINGSMATERIAL	12
4.3 FUKTTRANSPORT I ISOLERINGSMATERIAL	13
4.4 TÅTSKIKT	14
4.5 YTSKIKT	16
5 TAKKONSTRUKTIONER	17
5.1 VENTILERADE TAKKONSTRUKTIONER	18
5.2 TAKKONSTRUKTION NR 1.	23
5.3 TAKKONSTRUKTION NR 2	29
5.4 TAKKONSTRUKTION NR 3	33
5.5 OVENTILERADE TAKKONSTRUKTIONER	35
5.6 TAKKONSTRUKTION NR 4	35
5.7 TAKKONSTRUKTION NR 5	41
5.8 TAKKONSTRUKTION NR 6	45
5.9 TAKKONSTRUKTION NR 7	48
5.10 TAKKONSTRUKTION NR 8, UNDERLAG AV STÅL	55
6 TAK ÖVER KALLT VINDSUTRYMME	60
6.1 PROBLEM MED KALLVIND	60
6.2 UTFÖRANDE AV KALLVIND	61
6.3 VÄDERSKYDD	62
7 SLUTSATS	63
LITTERATURFÖRTECKNING	68
BILAGOR	71

1 Bakgrund

Den vanligaste takkonstruktionen är ett ventilerat tak med råspons. Taken är då luftade med uteluft direkt i anslutning mot råsponsen. Denna byggmetod redovisas i de flesta handböcker och normer och är använd sedan lång tid tillbaka. Vissa nytänkande husbyggare samt några framsynta bygger däremot oluftade kompakttak. Det är idag vanligt vid passivhus samt hus som har taklösningar med duk och utan råspons. Några få företag har byggt med oventilerade parallelltak i över 40 år! Idag går flera experter ut och rekommendera att man bygger oventilerade tak, vilket även innebär varma tak och varma vindar.

I gällande BBR finns idag ett fuktkrav i kapitel 6:52 med "ett siffervärde" på 75 % RF. Detta innebär att flertalet husbyggare nu har tänkt till och måste uppfinna nya lösningar för sina tak och ytterväggar. Det har varit positivt med ett värde, då har man haft något att utgå ifrån samt räkna med. Om "oskyddat" trä exponeras mot uteluft får det samma RF som uteluften vilket ofta är över 75% RF, i alla fall i södra och västra Sverige. En enkel lösning är att komplettera med utanpåliggande isolering både på råspons på tak och på vindskivan på vägg för att klara konstruktionen under RF75%. Några husbyggare ser normkravet som en möjlighet att testa nya taklösningar och vågar ta ut svängarna. Det är intressant för alla byggare att veta hur experterna tänker idag: - Vad är en bra takkonstruktion och vad är en dålig? Finns det erfarenhet som inte alla känner till som kan vara till nytta för ett bättre byggande i Sverige i framtiden är det bra om det sprids. Hur bygger vi egentligen och vad tycker byggarna är den bästa lösningen?

En del husbyggare gör det enklaste möjliga att inte över huvudtaget använda trä i sina konstruktioner. Man bygger ett "industritak" även när man bygger bostäder och använder plåt och isolering istället för träkomponenter.

1.1 Syfte

Vad är det vanligaste byggsättet idag av takkonstruktioner och hur tar man hänsyn till kravet i BBR 6:52. Upplever man att det finns problem med mögel på råspons, eller är det ett "teoretiskt forskningsproblem"?

Målet är att kunna redovisa accepterade taklösningar som fungerar bättre än det traditionella luftade råspons-taket med ytskikt av pannor, papp eller plåt. Kostanden i form av m²-pris samt u-värde kommer att redovisas. Även några beräkningar med programmet WUFI Pro 4.2 samt mögelmodellberäkningar kommer att redovisas.

1.2 Genomförande

För att få fram de vanligaste byggmetoderna och takkonstruktionerna har en omfattande internet, litteratur- och leverantörsstudie gjorts. En sammanställning av några utvalda typer av takkonstruktioner som finns redovisade från AMA, Rockwool, Isover, Trähusguiden TMF, Bygga Hus, Thermisol, Plannja, Isover, Du Pont, Thermofloc, Bauder m.fl. valdes ut. En enkät utformades och skickades ut till speciellt utvalda personer och svaren är anonyma. Med enkäten bifogades taklösningar och de mest använda eller omskrivna takkonstruktionerna valdes ut för detaljerade beräkningar vad avser fuktinnehåll, mögelinnehåll, u-värde samt pris. Leverantörer har kontaktats och lösningar har diskuterats. Produktionsvänlighet är nog så viktigt, att hitta en perfekt konstruktion som byggarbetarna inte kan hantera är inte bra, vilket innebär att även produktionschefer och snickare har fått möjligheten att uttala sig. Erfarenheter från högskolans experter inom träkonstruktioner skall belysas. Mötet med expertgruppen gav upphov till diskussionen om hur väl de teoretiska modellerna fungerar, håller antagandena, har man räknat ångmotståndens fuktberoende på rätt sätt, är modellerna verifierade? Man ska inte ha en övertro på teoretiska beräkningar, men med de antaganden vi har gjort får vi de resultat som presenteras i studien. Det är viktigt att mäta ute på reella byggnader och följa upp och jämföra med de teoretiska beräkningarna.

1.3 Avgränsningar

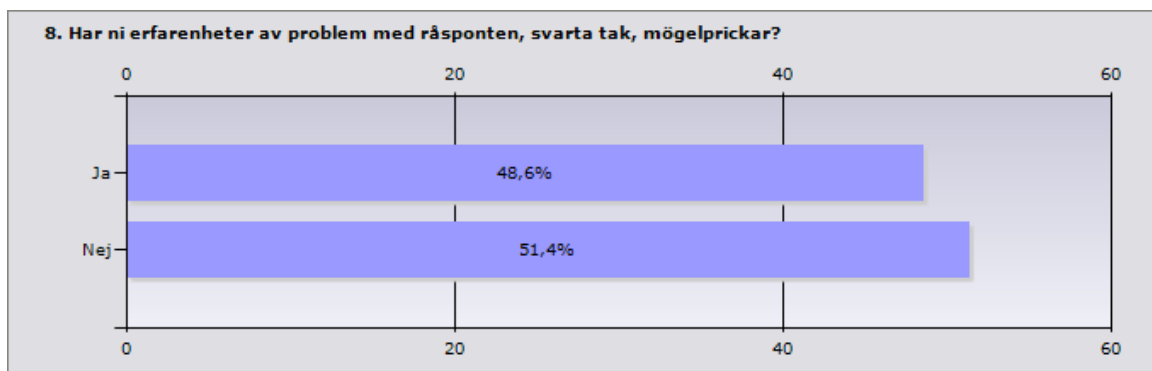
Frågor som pris och u-värde är intressanta men även stabilitet och infästningen till bärande konstruktioner är viktig. Tyvärr fanns inte möjlighet att gå in på alla konstruktionsdetaljer vad avser infästning, stabilitet och miljö. Åldersbeständighet, genomtrampningsskydd, kemiskt innehåll, miljömärkt mm är frågor som måste diskuteras, men som det inte fanns utrymme för i denna rapport.

2 Problem med fukt och mögel i takkonstruktionen

Det finns flera olika fukt- och mögelproblem med dagens takkonstruktioner. Eller som Ingemar Samuelsson konstaterade på Fuktcentrums årliga informationsdag i Lund: ”Beprovade lösningar finns inte längre.” /35/

Det är råsponten som får svarta mögelprickar, det är kallvindar som det växer mögel på, ofta pga. att man har ändrat förutsättningar på vinden. Hur ska man lösa takkonstruktionen utan att få mögelproblem? Hur bygger vi idag, vet vi själva om vi bygger rätt eller fel? Det är enklare att upptäcka mögel på en oisolerad vind, än om det är mögelproblem på en inbyggd råspont.

Speciellt utvalda personer har fått en enkät med 21st frågor om takkonstruktioner. 37st har valt att svara och deras resultat presenteras successivt i rapporten. Hela enkäten samt svarsrapporten kan läsas i Bilaga 1. Enkätsvaren speglar en tydlig bild av hur tak byggs idag. En av frågorna var om man hade erfarenhet av svarta prickar och mögel på råsponttak.



Figur 1. Enkätfråga 8 /Bilaga 1/

Vårt sätt att leva har förändrats de senaste åren. Det är inte länge sedan alla hus eldades med en varm skorsten som gick genom hela huset och värmdde upp vinden. Oftast var det inte heller någon isolering på vindsbjälklagen utan man eldade för kråkorna, vinden var varm och god samt användes som förråd eller tvättvind. Plastfolien började användas i tak på 70-talet och man började tilläggsisolera vindsbjälklaget i energikrisens tid, vinden blev kallare. Värmepumpen introducerades på 80-talet och fjärrvärmens på 90-talet, då blev vinden ännu kallare. Samtidigt har vi valt att isolera mer och mer och bygga tätare och tätare. Vinden har blivit en riskkonstruktion och är inte längre ett förvaringsutrymme – om den är kall. Vinden har blivit ett outnyttjat

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

utrymme som mest är till problem, det är ett utrymme för att få ett vackert tak, billig takkonstruktion och arkitektoniskt utseende. Trä är ett fantastiskt material, miljömässigt och prismässigt och det måste gå att bygga takkonstruktioner i trä som man har gjort traditionellt lång tid tillbaka. Det måste finnas bra och erkänt godtagbara lösningar som klarar dagens ökade lagkrav på energi, täthet och fukttinnehåll.

För att hitta godkända takkonstruktioner där mögel och bakterier inte kan växa ska väl undersökta och dokumenterade kritiska fukttillståndet användas.

Fukttillstånd: Nivå på fuktförhållanden i ett material. Fukttillståndet för material kan beskrivas som fukthalt, fuktkvot, relativ fuktighet mm.

Kritiskt fukttillstånd: Fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte uppfylls. /5/

Varför växer det mögel:

1. det finns något som kan mögla, organiskt material
2. det finns gynnsamt temperatur- och fuktförhållande
3. det finns fukt: byggfukt, utomhusfukt, vattenläckage, fuktkonvektion och fuktdiffusion
4. det finns något som stoppar fuktvandringen, fukten kommer inte ut då det är tätskikt både på undersida och översida
5. det finns läckor som ger ökad fuktvandring (takluckor, spotlights, glipor i tätskikt)

Hur kan vi enkelt åtgärda mögelproblem;

1. Det enklaste kan vara att bygga takkonstruktioner utan material som kan mögla dvs. utan råspons t.ex. plåttak, dukar, fribärande utvändigt isolering, stålbalkar istället för träbalkar, andra material (Observera att råsponsen idag är stabiliserande. Det är även trp-plåt – men om man byter ut dessa styva skivor mot duk eller isolering måste stabiliteten tas upp av läkten vid pannor och någon annan styv skiva vid papptak.)

Övriga åtgärder;

1. Isolera taket på konstruktionens utsida (kalla sidan)
2. Bygg taket med takstolar/råspons med torrt virke fukthalt 13-15% eller ännu bättre med lättbalkar
3. Undvik råspons i direkt kontakt med kall uteluft
4. Bygg lufttätt vilket innebär att alla hus måste täthetsprovas och termograferas för att hitta ev. läckor.
5. Undvika att transportera kall uteluft eller varm inneluft – detta kan ge kondens, vilket ger fuktproblem

6. Bygg inte kalla vindar, bygg fuktsäkert och använd utrymmet!
7. Använd avfuktare första året om behov finns

3 Historik svensk takkonstruktion /8,9/

Under **1870-1890-talet** var takkonstruktionen i princip lika oavsett villa eller flerbostadshus, stommen var av 5"x5" (125x125) takstolar på takstolarna takpanel och ytskikt av plåt. Man sammanfogade stolparna/balkarna i halvt om halvt och allt sågspill som blev använde man som fyllning (värmeisolering). Vindsbjälklaget utfördes av balkar 5"x7" (125x175) med golv av 1¼"x5" (32x125), blindbotten med 1" utskottsvirke och sågspånsfyllning. Innertak av 1" brädor samt pappspänning. Ibland kunde vindsbjälklaget utföras av 3"x7" (75x175) balkar och istället för pappspända innertak hade man puts på vassmattor. 4-våningshusen hade vindsbjälklag med brandbotten av stortegel, 2"-brädgolv, balkar 7"x10" (175x250), blindbotten av 1" brädor med lertätning och fyllning av kalkgrus eller sand. Innertaken var oftast puts på vassmatta.

På **1890-1910-talet** var taket på flerbostadshusen uppbyggt precis som tidigare av fyrkantsvirke med ytbeläggning av falsad plåt, dock var vindsbjälklaget lite annorlunda. 4"x8" (100x200) med spontat brädgolv både över och under och med fyllning däremellan av koksaska. Innertak av putsad panel. När det gällde yngre Landshövdingehus hade man börjat med lite klenare virke för takkonstruktionen 3"x6" (75x150) c/c 1200 med spontade 1" (25mm) brädor täckta med tjärad papp, ströläkt, bärläkt och tegelpannor. Samma konstruktion användes till villorna där man hade gått över till takkonstruktionen 75x150 c/c1200, utanpå takstolarna 17mm spontade brädor, papp, strö- och bärläkt samt enkupigt tegel. Vindsbjälklagen var av 3"x8" (75x200) c/c 600 med golvbrädor 1½" över och under och sågspån emellan.

1910-1920 var takkonstruktionerna fortfarande i kraftiga dimensioner för flerbostadshus och mindre dimensioner för villor. Dock började man använda tegel även för flerbostadshus. Det innebar att på takstolarna hade man träpanel, tjärad papp, ströläkt och bärläkt. Flera hus hade även fortfarande falsat plåttak på 1½" brädor. Vindsbjälklaget hade fortfarande brädgolv av 1½" både över och under bjälklaget med fyllning av sågspån emellan. Innertak av antingen papp eller puts. Om man istället har ett 1½-planshus med mellanbjälklag ligger balkarna c/c600.

Ett nytt byggnadsmaterial började försiktigt användas, *betong*. I storstäderna byggdes de första 5-och 6-våningshusen. Dessa höga hus kunde ha brandsäkert vindsbjälklag med 100mm betongplatta och armerade betongbalkar. Ovanpå betongplattan ligger regler 2"x3" med fyllning samt däröver 1½" brädgolv.

På **1930-talet** började man bygga plankhus av 3"-brädor (75mm), dock var takkonstruktionen densamma som tidigare. Den enda skillnaden var att istället för pappspända innertak började man ha putsade innertak med vassmattor som putsunderlag även i villor. Lite brantare tak, takstol av 4"x6" (100x150) c/c1200 med 1½" takpanel, tjärpapp, strö- och bärläkt samt enkupigt tegel. Höga hus (> 4-våningar) hade fortfarande vindsbjälklag med brandbotten av tegel eller betong. Hus byggdes med större spännvidder än tidigare och man började använda stålbalkar för att klara de spännvidder som inte träbalkar klarade. Nya material som *Treetex* och *Masonite* introducerades.

1930-1940 kom de första lamellhusen med sadeltak och tegelpannor. Takstolar av 4"x6" (100x150) c/c1200 med 1" takpanel, tjärpapp, strö- och bärläkt samt enkupigt tegel. Husens spännvidder gjorde att man var tvungen att använda stålbakar på c/c 2-4m i vindsbjälklaget och med en höjd på 220mm. Mellan stålbakarna la man träbalkar 4"x9" (100x220) samt även sekundära stålbalkar. Över badrum och trapphus hade man oftast armerat betongbjälklag. Vindsbjälklaget hade även brandbotten av tegel i bruk. 1" brädgolv ligger överst. Fyllning av koksaska eller kalkgrus.

När det gäller villor kom husfabrikerna i gång på slutet av 40-talet. Element förtillverkades på fabrik och levererades till byggplatsen. Ett statligt standardiseringsarbete samlade mått och profiler, ett byggsystem började utvecklas. Fortfarande isolerade man med sågspån, kutterspån, koksaska och lera men även nyare isoleringsmaterial började användas som sjögräs, kork, wellpapp och *mineralullsmattor*. Takkonstruktionen var vanligtvis 75x175 c/c1200 med 25mm råspont, papp, strö- och bärläkt samt tegeltakpannor. Vindsbjälklag med sågspån på ett undertak av 25mm panel och 12mm träfiberskiva av *Treetex*.

1950-talet och betongens inträde som byggnadsmaterial var ett faktum. Man började göra tjockare bjälklag av armerat betong. Vindsbjälklag byggdes av 160mm betong, isolering av 130mm koksaska eller granulerad masugnsslagg och däröver ett övergolv av 50mm betong. Takkonstruktionen har slimmats rejält och takstolar av 2"x7" (50x175) c/c 1200mm med råspont, strö- och bärläkt samt enkupigt tegel var vanligt på 50-talet flerbostadshus och lamellhusen. Efter kriget har kommit ökat krav på värmeisolering och man använder mer isolering i vindsbjälklaget samt *träullsskivor* på insidan av yttervägg samt innertak. *Lättbetong* gjorde sitt intåg som nytt byggnadsmaterial, det kallades gasbetong.

När det gäller villorna så dominerades marknaden av monteringsfärdiga småhus. Efter kriget var det virkesbrist och nya byggsätt dök upp. Plankväggarna ersattes av *regelväggar* och mindre trä krävdes. Man började

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

isolera med *mineralull*. Dessa väggar var dock inte lika täta som tidigare och det var ett problem. *Gipsskivor* började användas från mitten på 50-talet och de gav ett bättre brandskydd än träfiberskivorna, det gjorde även att tätheten blev bättre och det var enklare att tapetsera. När det gäller takkonstruktionen var den grövre än för lamellhusen, vanligt var 50x225 c/c 720mm (för att passa regelstommen), 19mm råspont, papp, strö- och bärläkt, tegelpannor. Vindsbjälklag med 100mm mineralull mellan takstolarna och ett undertak av 19mm glespanel och 12mm träfiberskiva.

På **1960-talet** introducerades den *diffusionstätta plastfolien*. Det kunde även vara en plastfolierad gipsskiva eller en diffusionstät papp. Denna täta folie användes vid träregelstommar. Regelstommarna dominerade och man lämnade begreppet tum och gick helt över till hyvlade dimensioner. Generellt började man isolera husen bättre och förutom oljepannor började man använda elradiatorer samt luftburen värme för uppvärmning. På 60-talet byggdes flera hus med flackt tak och man använde papptak som ytskikt. Lamellhusen som även kallas miljonhemshusen byggdes i mängder. De vanligaste husen var 3-våningslimpor med bärande stomme av betong och utfackningsväggar med trästomme. Takstolar på både lamellhus och villor konstruerades av 50x125mm takstolar eller 45x145mm överramar c/c 1200 med 23mm råspont och två lager papp. Vindsbjälklaget utfördes av betong på lamellhusen med 150mm isolering och i villorna av träunderramar 45x170mm och 125mm isolering med ett undertak av 17mm spontad panel.

Byggnormen föreskrev på **70-talet** att *ångtät plastfolie* ska finnas på insidan av ytterväggen. Först nu började man även använda plastfolie på insidan av vindsbjälklaget. Isoleringen ökades ytterligare efter energikrisen vid mitten på 70-talet. Vid fabrikstillverkning började man använda spikmaskiner och limning och nu började man även tillverka hela takelement, takkassetter, som lyftes på plats. Takkassetterna var helt färdiga med innertak, plastfolie, isolering, regler, vindtätning och bärläkt för pannor. Takkonstruktionen var 45x270mm c/c 1200, 245mm mineralull, 25mm luftspalt om luftad konstruktion, 6mm träfiberskiva, bärläkt och betongpannor. *Betongpannor* var nytt och även att byta ut råsponten mot oljehärdad träfiberskiva var nytt. Innertak utfördes av glespanel och gips.

Energisparkraven ökade med åren och på **1980-talet** innebar det att väggar och tak fick ännu tjockare isolering. Det punkterades att det är viktigt att bygga vindtätt, plastfolien som monterades innanför gipsen skarvtejpades. Nya konstruktionsmaterial började användas, bland annan lättreglar, *masonitbalkar*. Dessa användes även som takbalkar. Nu börjar man upptäcka problem med fukt och mögel och diskussionen om det var pga. att bygga för välisolerat

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

uppstod. Det blev krav på bättre ventilation, vilket innebar att *mekanisk ventilation* började monteras i villor. Detta i sin tur ökade energiförbrukningen och då installerades värmeåtervinning. Fortfarande var vanligaste takkonstruktionen 45x270mm c/c 1200, 220-245mm mineralull, 25-50mm luftspalt om luftad konstruktion, 22mm råspont, ströläkt, bärläkt och betongpannor.

På **1990-talet** kom de första *passivhusen*, isolerade trähus med 300 isolering i väggarna och 500mm isolering i tak. I övrigt byggde man ungefär på samma sätt som på 80-talet. Det normaliserades att använda 300mm isolering i yttertak. 19mm råspont användes och takkonstruktionen 45x270 påspikades med 45x45mm för att få plats med isoleringen. Värmepumpar med återvinning blev den vanligaste uppvärmningen i villor.

2000-talet innebar en återgång arkitektoniskt till 60-talet med plana papptak, skivfasader och putsfasader samt stora fönsterytor. Funkisstilen har återkommit eller nymodernism som man också kan kalla det. Taket görs av fribärande fackverkstakstolar alternativt limträbalkar, 200-500mm lösullsisolering (fyller konstruktionen), 20 mm råspont och 2-lager papptak på utsidan. Innertaket består av plastfolie, glespanel och gips. Uppvärmning med värmepumpar, fjärrvärme eller bergvärme, även pellets och naturgas används – oljepannan är på utgång.

4 Olika isoleringsmaterial, tätskikt och ytskikt

När man går igenom takets historia i Sverige har det hänt en del, men egentligen inte extremt mycket. Isoleringen har ökat och tätheten har ökat, det har fokuserats i huvudsak på energikrav. Takkonstruktionen i villor är fortfarande av trä, vanliga träbalkar, limträbalkar, kertobalkar eller masonitbalkar. Vissa leverantörer vågar sig på lite andra material, men det återkommer vi till. Det som däremot har varierat och fortfarande varierar är isoleringsmaterialet, ytskiktet och tätskiktet. Diskussion om taket ska vara luftat eller oluftat hänger också ihop med valet av isoleringsmaterial och tätskikt, då det är en samverkanskonstruktion.

4.1 Isoleringsmaterial

Förutom alla ”vanliga” isoleringstyper som vi idag använder i takkonstruktioner som stenull, glasull, cellulosa, träull, lösull, perlite, foamglas, cellplast mm finns det massor av högpresterande och tunna isoleringar. Dessa finns beskrivna i en alldeles nysläppt rapport som heter ”Inventering och Utvärdering av Högpresterande Isolering” av Magnus Clase. Det är en mycket intressant läsning och i framtiden kommer vi säkert att använda vakuumisolering, aerogeler med flera material i tak för att komma ner i isoleringstjocklekar och därmed lägre byggnadshöjder och ev. ett bättre ekonomiskt resultat. Då dessa material i dag inte används i tak, går jag inte in på dem i denna rapport. I Magnus Clases rapport tas även materialen PIR och PUR upp, de nämner vi även i denna rapport. När man använder nya material är det mycket viktigt att titta på hela livskedjan, råmaterial, framställning, användningsskedet samt hur det fungerar som rivningsmaterial. Miljön är viktig och kommer att bli än viktigare i framtiden. Priset och funktionen är viktiga, men man måste alltid titta på miljöfaktorerna både hur materialet påverkar människan och naturen. Energivärden, avgivning av emissioner och koldioxid samt hur materialet fungerar i brand och vad det avger vid ev. brand är viktiga faktorer. /Bilaga 4/

Mineralull är ett samlingsnamn för både stenull och glasull. Gemensamt är att som bindemedel används oftast fenolformaldehyd och kabamidformaldehyd. På grund av bindemedlet kan nedfuktad isolering avge illaluktande ämnen och isoleringen bör därför skyddas mot fukt.

Stenull och råmaterialet är sten, som sorteras och smälts ned. Stenull framställs genom smältning av sten, kalksten, briketter (av återanvänt material) och råmaterial vid 1.500°C. Den nedsmälta produkten omvandlas sedan till stenull. Vid framställningen av stenull smälts stenmaterial först ned och spinnas sedan

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

till en ull som innehåller mycket luft. Resultatet är ett isoleringsmaterial med egenskaper, som är värme-, brand-, kyl- och ljudisolerande. Stenull är vanlig isolering i tak, antingen som skivor eller riven som lösull. Enligt byggvarudeklarationen är ingående material sten 97.8%(diabas, dolomit etc.), 2 % ureamodifierat fenolformaldehydharts, 0.2% mineralolja. Huvudsaklig tillverkning sker genom koks och olja samt el. /10,11/

Glasull huvudmaterialiet är 72,2% återvunnet glas, 19,4% är sand, borax, soda och fältspat. 4,6% fenolformaldehydharts och 1,9% urea därutöver mangandioxid, natriumnitrat, paraffinolja och återvunnet glasullspill. Huvudsaklig tillverkning sker genom användning av elenergi och naturgas. Glasull är mycket vanlig i tak antingen som skivor, rulle eller som lösull. /12/

Cellplast är ett samlingsnamn för EPS och XPS.

EPS består av expanderad polystyren till 95% och resten pentan. Råmaterialiet vid tillverkningen är små polystyrenpärlor som fått absorbera pentangas. Vid uppvärmning med ånga expanderar materialet ca 50 gånger ursprungliga volymen. Jäsprocessen sker i två steg, förskumning och gjutning. En månad efter tillverkningen är pentangasen så gott som borta. Energiåtgången kommer från olja och resten från el. Vissa leverantörer förespråkar EPS i tak och det är vanligt både vid luftade och oluftade konstruktioner. /12,13/

XPS består av extruderad polystyren till 97% och 2% 1,1-difluoroethane HFC152a (florerande gas) samt talk. Alternativt kan man tillverka XPS med 99% polystyren och blåsa med koldioxidgas samt lite copperphatalocyanineblue. XPS används oftast inte i tak. /10,13/

PUR polyuretan, grunden är diisocyanat, polyol och MDI (difenylmentandiisocyanat). Detta tillsätts sedan koldioxid eller pentan vid blåsning (samma som vid framställning av EPS). Med olika tillsatser och processer kan det varieras i all oändlighet. Det kan skummas, färgas, sprutas, gjutas till praktiskt taget vad som helst. Tillsatser används för att öka beständighet mot värme, UV-nedbrytning, vatten och kemikalier. /14/ PUR används ofta i sandwichpaneler till exempelvis kylrum, både för yttertak och vägg. Materialet är också vanligt runt fjärrvärmerör samt övriga vvs-rör, bilisolering, möbler, ytskikt till gummi- och plastgolv, ljuddämpande Stepisolskivor mm. Färdighärdad polyuretan innehåller inga fria isocyanater och kan vid normal användning betraktas som en ofarlig produkt. Vid kraftig upphettning (högre än ca 175 °C) kan isocyanater återbildas. /18/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

PIR polyisocyanurat (även till plastgolv, lim, färg) används ofta som takisolering i Tyskland, England och Nederländerna – än så länge sparsamt använt i Sverige. Hållfastheten är bra och vissa skivor fungerar som fribärande taksivor direkt på takstolarna utan råspont inunder. Enligt byggvarudeklarationen är de ingående komponenterna polyuretan, polyisocyanat, pentan, trisklordipropylfosfat. PIR isoleringen har ett ytskikt på båda sidorna som kan bestå av aluminium, papper eller glasfleece. /13,29/

Leca, är en förkortning av *Light Expanded Clay Aggregate* som fritt översatt betyder *lätt expanderad lera*. Den officiella svenska termen för Lecakulorna är Leca Lättklinker. Lättklinkerkulor tillverkas av kalkfattig lera som formas till små kulor som sedan bränns i roterande ugnar. Tillsammans med cement, sand och vatten binds lättklinkerkulorna ihop och formas till block. Lättklinkerblock innehåller endast naturliga material. Murblock av lättklinker är ett säkert byggmaterial på många sätt. Du får en hög brandsäkerhet, då lättklinker är obrännbart. Leca eller lättklinkerblock används dock inte till takkonstruktioner, oftare Lecakulor t.ex. som isolering på terrassbjälklag. Vid produktionsprocessen används el, olja, kol och/eller träflis. /20,21/

Torvtak, det finns flera olika leverantörer av torvtak och det kan byggas upp på olika sätt. I rapporten redovisas två olika system, ett som kompakttak eller isolerande tak och det andra mer som ett ytskikt jämförbart med sedumtak. Viktigt är att ha tätt mot undertak/träbalkar då man tillför organiskt material som suger vatten. Några leverantörer satsar på tätskikt av olika material (asfaltpapp, helsvetsade takfolier/plastmaterial eller gummidukar) andra fokuserar på en speciell isoleringsplatta av stenull under torvtaket med högt tryckmotstånd och stort fuktmotstånd. Torvtak kan byggas som kompakttak eller som ventilerat tak. Torvtaket är isolerande. /22,23/

Perlit är namnet på en vulkanisk sten, det är ett expanderat granulat som har framställts vid en speciell värmebehandling. Vid uppvärmning till 1100°C expanderar det 20 gånger sin volym. Perlite kan återanvändas som jordförbättring, om man inte vill använda den som isolering igen. Perlite har goda isoleringsegenskaper. Fördelen är att den är vattenavvisande och samtidigt kapillärbrytande. Perlite packar sig effektivt runt kring värmerör och kabelgenomföringar, den används som isolering vid tegelväggar och tak. Perlitens vulkaniska ursprung och de obrännbara beståndsdelarna möjliggör en hög användningstemperatur. Materialet kan inte ruttna, komprimeras inte och kan inte nedbrytas. Den kan inte heller vara en grogrund för mikroorganismer och svampar och den avger inte någon form av fukt eller lukt. Tegelmäster AB marknadsför sedan några år hydrofoberad Perlite som ett alternativ till glas- och stenullsisolering. Hyrdofoberad Perlite är en helt mineralisk och oorganisk

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

produkt som varken kan uppta fukt, ruttna eller mögla. Hydrofoberad Perlite avger heller inga gaser.

Cellglas, varumärke bl. a Foamglas består till 60-100% av aluminiumsilikatglas, varav ca 68% är återvunnet returglas. Framställning sker med energi från naturgas och el. Foamglas taksystem är kompakta. Samtliga skikt är limmade med ett smältlim och det är omöjligt för vatten att passera mellan skikten. Cellglas används ofta vid terrassbjälklag, gårdsbjälklag med trafik samt vid kompakttak med växtlighet. /31/

Cellulosaisolering framställs av cellulosa fiber från dagstidningar med borsalt och borsyra som tillsats. Man använder el och fossilt bränsle vid tillverkningen. Isoleringmaterial tillverkat av cellulosa har använts i Sverige sedan 70-talet och i USA sedan 30-talet. Cellulosaisoleringen kan sprutas på plats i både gamla och nya konstruktioner; på vind, i snedtak, väggar, bjälklag samt golv. Vid brand avges i huvudsak koldioxid och vatten. /30/

Trällsplattor, Trällit Takelement är en 150 mm cementbunden trällsskiva tillverkad av gran och armerad med rundvirke. Varje armeringsstav provbelastas för att säkerställa att kraven för föreskriven last uppfylls. Trällit används främst i offentliga byggnader som skolor, barnstugor, bibliotek, sporthallar, simhallar, ridhus samt i industrier och andra hallbyggnader. Takkonstruktion med bärande Trällit Takelement och kompletterande värmeisolering har använts i 40 år. Det finns även som sandwichelement av 15 mm Trällit och 55 mm styrencellplast främst som kompletterande isolering på Trällit Takelement. Trällitskiktet utgör ett starkt värmetåligt luftspaltbildande skikt för pappläggning. /36/

4.2 Brandklasser för isoleringsmaterial

Alla isoleringsmaterial är indelade i Europabrandklasser A-F, där A är obrännbart och bästa klassen och F är sämst och innebär att materialet brinner lätt. De isoleringsmaterial som räknas som obrännbara och är klass A är stennull, glasull, perlit, cellglas, foamglas och lättklinker. Om en obrännbar isoleringsprodukt beläggs med ett brännbart ytskikt (t.ex. vindpapp), blir hela produkten klassad som brännbar. EPS är mycket brännbart och inte lämpligt där det kan komma i direkt kontakt med eld eller höga temperaturer. Även PUR har lätt för att brinna. PIR däremot är självslocknande och godkänt för att klara 30 minuters brand, därför lämplig som takskiva. Dock räknas PIR ej som obrännbart och även detta material kan behöva kompletteras med stennull eller gips vid t.ex. lägenhetsskiljande väggars takanslutning. Cellulosa tillhör brandklass B. Oskyddad PIR tillhör brandklass E, dock klädd med

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

aluminiumdukar räknas den till klass B. EPS tillhör brandklass F (oklassat). Byggsaum av typ PUR som sprutas kan man få i brandklass B, men som fri isolering är det brandklass F. De flesta plaster utvecklar mycket rök, ofta 3-4 gånger mer än trä, och på mycket kortare tid. EPS har sämre brandegenskaperna än de flesta andra isoleringsmaterial. Det är en lättantändlig plast som ger kraftig rök när det brinner. EPS kallas ibland ecoprim, frigolit eller cellplast och får ha maxtemperatur 75°C. Vanligtvis använder man gips på takets insida som fungerar som brandskyddande beklädnad.

Euroklass	Exempel
A1, A2	Mineralull, gipsskiva
B	Målad gipsskiva
C	Gipsskiva med papperstapet
D	Trä
E	---
F	Mineralull med papper

Euroklasser enligt BBR samt exempel på produkter i de olika klasserna.

Rök uttrycks med index:	Brinnande droppar med index:
s1 (lägst rökutveckling)	do (inga brinnande droppar)
s2	d1
s3	d2

Det innebär att Euroklassen ska kombineras med dessa två index t.ex. A2s1, do

Euroklass	Tidigare benämning i BBR
A1 eller A2s1, do	Obrännbart material
Bs1, do	Ytskikt klass I
Cs2, do	Ytskikt klass II
Ds2, do	Ytskikt klass III
E	---
F (ingen deklaration)	

Figur 2. Brandklasser. /12/

4.3 Fuktransport i isoleringsmaterial

I Fukthandboken kan man läsa: ”Fukt kan transporteras antingen i ångfas eller i vätskefas. Transport i ångfas kan ske på olika sätt:

- Diffusion som innebär att vattenmolekyler rör sig i riktning mot avtagande koncentration.
- Fuktkonvektion som innebär att vattenånga transporteras med luft som transporterande medium”.

/3/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Fukttransport genom yttertak eller ytterväggar beror på skillnaden i ånghalt mellan ute och inne. Om luft vandrar från varmt till kallt innebär det att luften avkyls, då uppstår kondens. Om luften däremot går från kallt till varmt ökar luftens fuktupptagande och det blir torrare. Konvektion kan uppstå genom vindtryck, temperaturdifferenser samt ventilationssystemet. I Fukthandboken kan man läsa om hygroskopisk fukt: "Ett material kan ta upp fukt direkt från luften. I vilken grad detta sker varierar starkt mellan olika material. Trä som är ett mycket hygroskopiskt material kan ta upp 150 kg/m³ medan en tegelsten endast kan ta upp 30 kg/m³."/3/ Mineralull absorberar inte fukt från luft, men kan däremot bli helt genomfuktad i kontakt med vatten. Då man använder isolering utanpå tak måste därför isoleringen täckas för att inte bli våt. T.ex. hårda mineralullsskivor täcks av papp på låglutande tak. PIR täcks alltid av ett tätt skikt av aluminiumduk eller någon annan form av duk. Cellulosaisolering och träullsplattor är hygroskopiska, vilket innebär att de kan absorbera fukt när det är fuktigt klimat och sedan torka ut då det är mindre fuktigt. Miljövänner och byggnadsvårdande personer uppskattar dessa förmågor i kombination med att det är naturliga material som använts i många år. Råsponten är också hygroskopisk, samtidigt som det innebär att mögel kan uppstå, kan det i mindre mängder tas upp och avge fukt utan att ge skador på konstruktionen.

4.4 Tätskikt

Under begreppet tätskikt finns många olika material. Yttertak och underlagstak av papp och bitumenmattor, dukar typ Monier, Tyvek, Vario, Icopal och Matak, ångbromsar, diffusionsspärrar, konvektionsbroms, vindpapp mm. Vad är vad? Leverantörerna kalla sina tätskiktsprodukter för diffusionstäta eller diffusionsöppna, lufttäta, ångbromsar, kan andas mm.

En ångbroms har ett ånggenomgångsmotstånd som är mindre än ångspärrens men större än vindskyddets.

Det finns tre olika alternativ att lösa fuktvandringen i takkonstruktionen enligt leverantörerna av isolering, dukar och tätskikt:

- 1) Diffusionsöppen duk på kalla sidan och taket kan andas utåt. Då har man helt tätt mot varma insidan med exempelvis en plastfolie.
- 2) Tät utsida med exempelvis papptak och en variabel ångbroms på den varma insidan, ev. byggfukt kan då vandra inåt.
- 3) Taket byggs med luftspalt, och ev. byggfukt, diffusion, konvektion eller läckage transporteras bort via luftspalten. I detta fall är det oftast en helt tät utsida samt en helt tät insida.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Underlagspapp, dvs. underlagsprodukter kan fungera som undre, vattenavledande skikt i konstruktioner där ett övre skikt skyddar mot regn, snö och blåst, men inte ger fullständig täthet mot vatten. I de fall taktäckningen består av ett tätskikt behövs underlagsprodukter för att förhindra att tätskiktet dras sönder av eventuella rörelser i underlaget. Icopal Micoral används som underlagstäckning under tätskikt. Icopal Macoflex används som underlagstäckning under tätskikt och som vattenavledande skikt under överläggsplattor, till exempel Icopal Decra, Icopal Shingel, betong- och tegeltakpannor och profilerad takplåt. /24/

Diffusionsöppna moderna underlagstak som andas står det på Moniers hemsida. Underlagstak skall vara genomtrampningssäkra. Det är viktigt, för att göra arbetet på taket säkrare. Den äldre typen av helt täta underlagstak, de diffusionstäta, används fortfarande på tak med kallvind eller isolerade tak med extra luftspalt mellan isolering och underlagstak. /37/

Icopals duk Monaperm 900 är en frihängande diffusionsöppen underlagsduk som klarar kravet på genomtrampningsskydd och måste läggas med minst 14 ° lutning. Duken är uppbyggd av en polyesterfilt med en vattentät samt diffusionsöppen beläggning av polyuretan. Ventilation av utrymmet under duken kan utelämnas. Observera att enligt monteringsanvisningen ska en luft- och ångspärr monteras på den varma sidan i takkonstruktionen. /24/

Tyvek High Density Polyeten HDPE är ett diffusionsöppet underlagstak. Duken Tyvek Super Grid är vind- och vattentät men samtidigt diffusionsöppen vilket gör att taket kan andas. Duken måste läggas med minst 14 ° lutning. Ventilation av utrymmet under duken kan utelämnas. Duken fungerar även vid kallvindar. Ånggenomgångsmotstånd 2000 s/m.

Monier Divoroll Top RU har ett mycket lågt diffusionsmotstånd och kan läggas på råspont eller direkt på isoleringen. Spanflex är ett diffusion-, vatten- och vindtätt underlagstak. En fribärande duk som svarar mot krav på genomtrampning. Duken är uppbyggd av fyra lager miljövänlig polypropylen med UV-skydd och kondensskydd. /37/

Ångspärr 0.2 Polyeten PE är en helt tät plastfolie avsedd att användas på den varma sidan i konstruktionen för att motverka diffusion och konvektion.

Isover Vario Duplex är en ångbroms av glasfiberförstärkt polyamidfolie. Vario Duplex har förmågan att variera ånggenomgångsmotståndet utifrån luftens relativa fuktighet. Ånggenomgångsmotstånd varierar mellan 12000 s/m (hög

relativ fuktighet) och 200000 s/m (låg relativ fuktighet) beroende på luftens RF. /12/

Det finns många fler tätskikt t.ex. gummi bitumenmattor, ett antal underlagstak från flera leverantörer, vindpapp, mikroporöst membran mm.

4.5 Ytskikt

Tegelpannor, betongpannor//, plåt och papp är de vanligaste ytskikten. Skiffer var vanligt förr i tiden, men är inte så vanligt idag. Även Eternit var mycket vanligare förr än nu för tiden, dock finns det idag eternit = fibercementskivor som inte innehåller asbest och fungerar bra.

Shingel, Icopal Shingel är ett takmaterial som ger ett yttertak till lägre pris än tak med pannor av tegel eller betong. Icopal Shingel passar både större och mindre byggnader med en taklutning på minst 14°. Icopal Shingel är stansade plattor av glasfiberfilt som impregnerats med asfalt. Ovansidan har yta av krossad skiffer som ger taket lyster och skyddar mot solens UV-strålning. Undersidan har självklistrande yta av asfalt. /24/

Takpapp, bitumenlösning Icopal Mono är ett 1-lags tätskiktssystem baserat på SBS-modifierad bitumen som kan användas både vid reovering och nyproduktion. Det passar alla typer av takkonstruktioner. Icopal Top & Base används för 2-lagstäckning vid både nyproduktion och reovering av tak med särskilt höga krav. Systemet finns i två versioner avsett för klistring med varmasfalt respektive svetsning. Båda innebär två skilda täta skikt med mycket hög säkerhet mot läckage. Det undre lagret kan med fördel användas som tillfällig tätning. /24/

Gröna tak, generell benämning för tak med växter eller av växtmaterial. Det kan vara sedumtak, torvtak, halmtak eller vasstak. Gröna tak med levande växter som skiftar i nyanser efter årstiderna. De gröna växterna på taket bidrar dessutom till en bättre miljö. Gröna tak kan anläggas både på låglutande och branta tak.

Konstruktionen för moss- och sedumtak bygger på ett inbyggt tätskiktssystem. Ovanpå tätskiktet växer vegetationen i ett tunt, armerat skikt av mineraljord. /24/

Sedumtak, färdiga växtmattor av moss-sedum och sedum-ört-gräs. Vegetations- och jordlagret i mattorna hålls samman av en stark armeringsstomme. Detta är ett ytskikt istället för papp eller något annat material, under ytskiktet byggs takkonstruktionen upp med isolering. /22,24,25/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

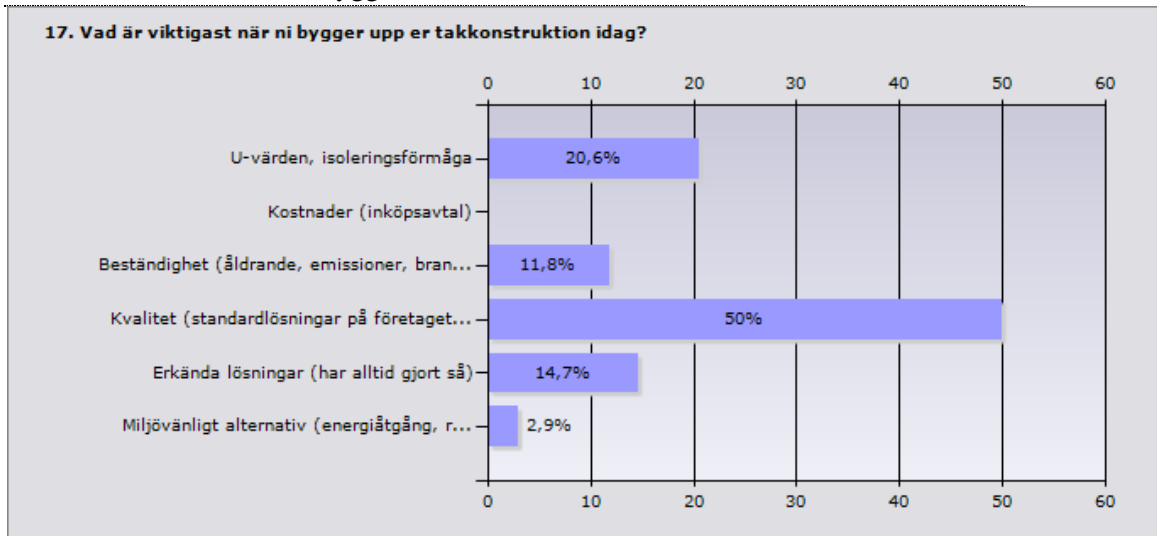
Halm, används från våra fyra sädeslag eller från lin. Den förekommer som både lösfillnad och skivor. Skivorna har genom tryck limmats ihop av halmens lignin. En gammal teknik som börjat prövas igen är att istället använda halmbalar. Dessa fungerar då inte bara som isolering utan även som bärande element. Dessa väggar putsas ofta både utvändigt och invändigt. När det gäller tak, har man idag bytt ut halmtaket mot vasstak, då det har längre hållbarhet.

Vasstak, Takets lutning är den mest påtagliga faktor vad gäller ett taks livslängd. Idealet är att ha en taklutning som är minst 45 grader. Över kupor och i rännदार är detta ofta inte möjligt och man bör då sträva efter att ha minst 30 graders lutning. Över kupor kan man om ingen annan lösning står till buds acceptera en lutning ner mot 20 grader men måste då ta i beaktan att detta väsentligt förkortar livslängden på den delen av taket. Ett vasstak åldras men förblir vackert under hela dess livstid. Att byta delar av ett vasstaket till exempel över kupor med dåligt takfall är relativt enkelt. Därför är vass ett material som fungerar väl om man senare vill bygga till eller förändra taket. Takets ryggning (halmen på taknocken) bör läggas om efter ca 5 år. Vassen fixeras med galvaniserade stänger som najas med rostfri tråd som i sin tur är fäst med skruv i underlaget. Vassen är ca 30 cm tjock vid takfoten och ca 28 cm strax under nocken. Underlaget kan vara traditionella läkt eller ett slätt undertak. Ett 25 cm tjockt vasstak har ungefär samma isoleringsvärde som 10 cm modern isolering vilket motsvarar en tilläggsisolering av taket. Till detta kan man lägga den ljudisolerande effekt som man får. Man lägger även vasstak vid nybyggnation. /26, 27/

5 TAKKONSTRUKTIONER

Rapporten kommer att presentera olika takkonstruktioner, ventilerade och oventilerade som man kan hitta på leverantörernas hemsidor samt i olika tekniska rapporter. Parallellt med takkonstruktionslösningarna visas intervju och enkätsvaren. Även WUFI-beräkningen, u-värdet och kalkylpriset redovisas. Kalkylen är gjord i SPIK med de priser som är inlagda där och det kan skilja för olika entreprenörer beroende på vad man har för avtal, det är inte det exakta priset som är avgörande utan mer en insikt i vad som är billigast, dyrast samt vilka konstruktioner som är likvärdiga. Även om enkätsvaren visar att ekonomin inte spelar någon roll vid valet av takkonstruktion, kan det vara intressant med en jämförelse mellan konstruktionerna.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



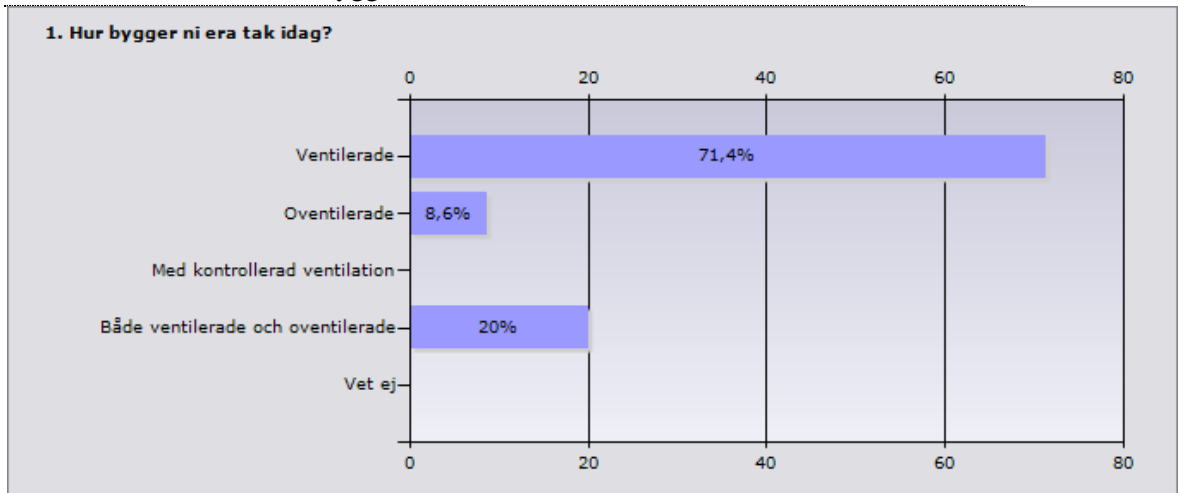
Figur 3. Enkätfråga 17.

Det är stor skillnad produktionsmässigt mellan industriellt byggande inomhus i en varm och torr fabrik jämfört med att bygga taket ute i en halvindustriell fältfabrik eller att bygga helt utomhus på byggplats. Detta kan påverka val av takkonstruktion, att bygga fullisolerade takkassetter inomhus i en varm fabrik på lagom arbetshöjd innebär att man enklare kan få en konstruktion tät och utan byggfukt än om man står ute i regn och blåst och försöker få isolering, dukar och plast på plats. Olika takkonstruktioner passar olika byggsätt och det som är rätt i ena fallet kan vara fel i andra fallet. Det är därför intressant att läsa att 50 % bygger enligt sitt företags standardlösningar, har man en väl genomarbetad lösning och alltid bygger på samma sätt är det lättare att lösa eventuella systematiska fel, genomföra ev. förbättringar samt få upp en rutin på produktionen.

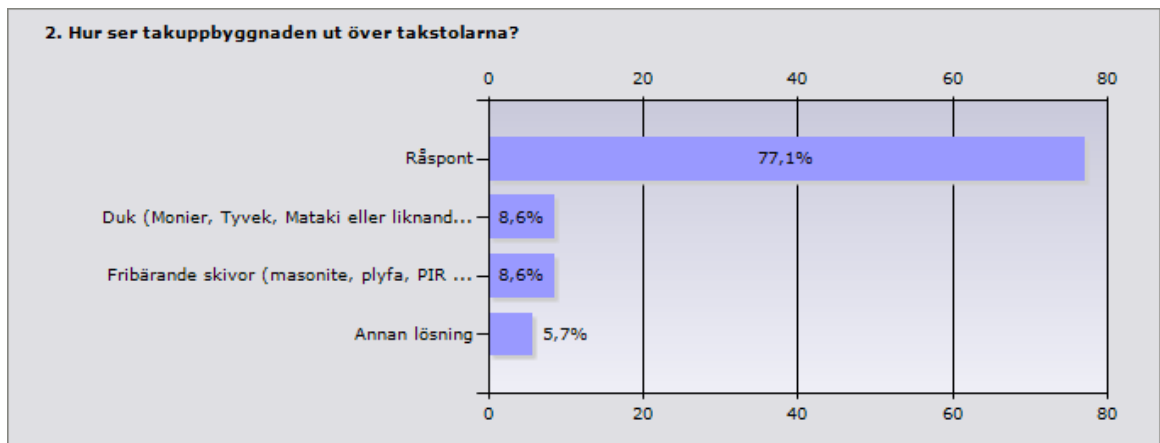
5.1 Ventilerade takkonstruktioner

Det traditionellt vanligaste byggsättet är att ventilerat taket. Det alternativet kan man hitta hos de flesta leverantörerna samt i AMA och Trähusguiden. Flera leverantörer redovisar idag även alternativ för oventilerade tak, kompakttak. Märkligt nog hittas inte så många lösningar med utvändigt isolering hos leverantörerna, det har dock diskuterats sedan BBR-ändringen 2006 och flera småhusbyggare tog tag i frågan snabbt och diskuterade det bland annat i forumet STR, Sveriges Trähusbyggare i TMF Trä- och Möbelförbundet.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



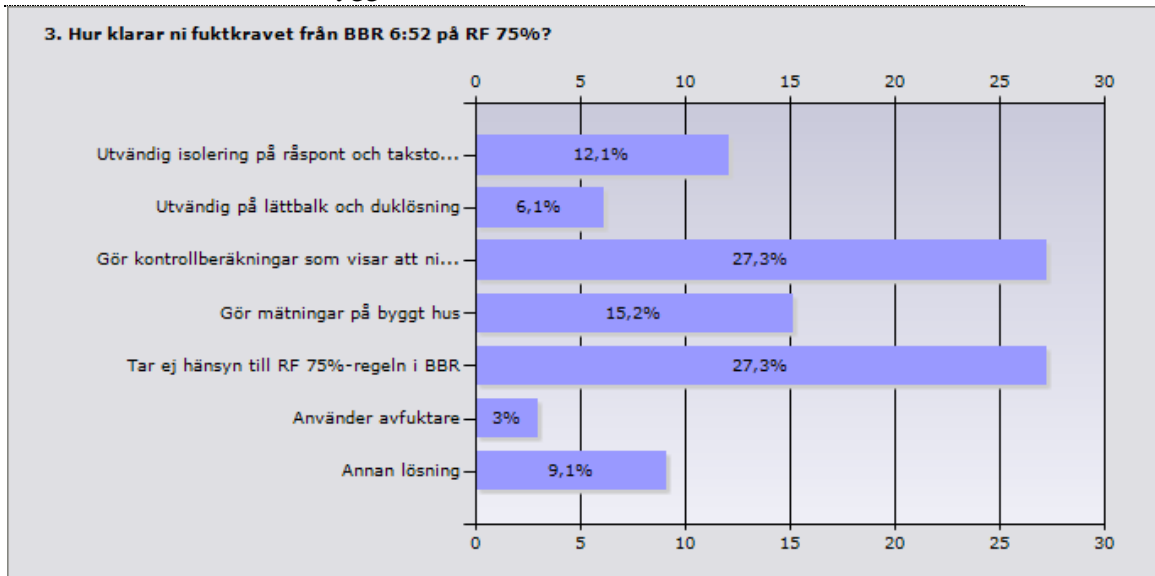
Figur 4. Enkätfråga 1.



Figur 5. Enkätfråga 2.

Sedan Boverket 2007 förtydligade reglerna för fuktnivåer i material i byggnader har det blivit mycket svårt att teoretiskt kunna bevisa att många av de konstruktionslösningar som används idag uppfyller de uppställda kraven. För trä är kritisk fuktnivå, det vill säga den nivå under vilken risken för mögelpåväxt är mycket låg, 75 % relativ fuktighet på ytan. För mer information se Boverkets byggregler kapitel 6.5 /5/ och Byggvägledning 9 /6/. Erfarenheter med mögelpåväxt på råspont tillsammans med ovannämnda ändring av regelverket gör att nya konstruktionslösningar måste tas fram. /33/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 6. Enkätfråga 3.

Ett enkelt sätt att lösa de nya byggnormerna är att placera en isolering utanpå råsponten. Beräkningsmässigt kan man då räkna hem ca 75 % RF efter det första året, som är kritiskt, därefter får man god funktion. Men är det bara att lägga på en isolering, vad bör man välja för isoleringsmaterial, hur ska man fästa läkten genom isoleringen, vad händer med isoleringen när den blir vattenbegjuten, montering (vill blåsa bort), brandegenskaper mm. Hur påverkar den högre relativa fuktigheten som finns i konstruktionen det första året, är det bara att bortse ifrån eller bör man kontrollera det?

I ett ventilerat parallelltak ventileras konstruktionen via en luftspalt under råsponten. Med begränsad ventilation efter att byggfukten torkat ut förbättras klimatet på vinden. Detta skulle kunna utföras vid t ex garantibesiktningen som görs två år efter slutbesiktningen. I tidningen Vi i Villa kan man regelbundet läsa artiklar/annonser om Trygghetsvakten Vind. Det innebär att man har fuktstyrd ventilation som via en dator bevakar om det finns risk för att mögel- och rötsvampar kan gro. Om den styrda ventilationen visar att miljön inte är tillräckligt torr kopplas uppvärmning in vilket sänker den relativa fuktigheten. Uppvärmningen är normalt aktiv ett par veckor/år enligt annonsen. /38/

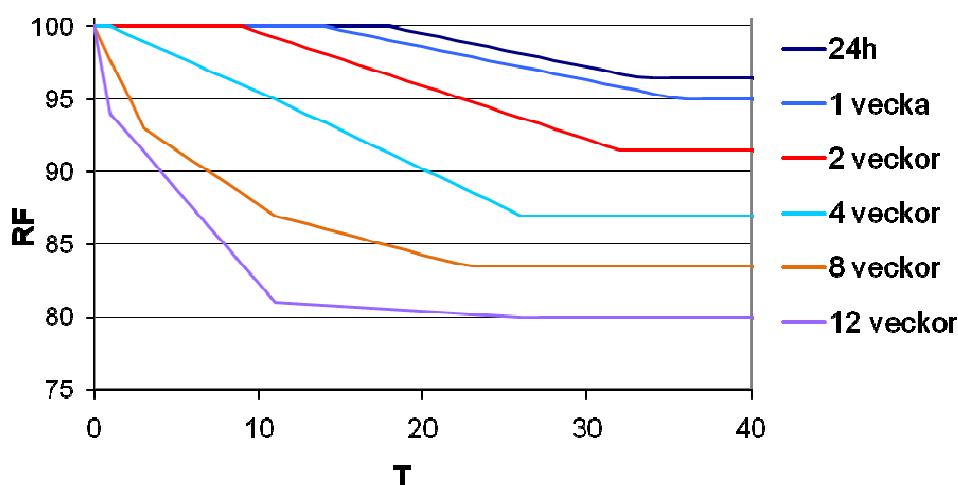
För att jämföra olika konstruktioners fukt beteende har ett antal beräkningar utförts i WUFI Pro 4.2, i fortsättning kallad WUFI-beräkning. Så många data som möjligt har varit identiska mellan de olika beräkningarna. För några tak redovisas även fukthalt och fuktkvot i råsponten.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Fukthalten är ett mått på hur mycket vatten i kg som finns per m³ av materialet och fuktkvoten är förhållandet mellan fuktinnehåll i kg och mängden torr material i kg. /3/

Taken är räknade i Lund med 45° taklutning riktade mot norr, svart takyta, inomhusklimat enligt EN15026 (fuktlast RF 50-70%), beräkning startar 2009-10-01 och slutförs 2012-04-01, materialdata har så långt som möjligt plockats från leverantörmaterial men även ur materialdatabaser i WUFI.

Generella slutsatser från WUFI-beräkningarna av de sex utvalda konstruktionerna är att ingen av konstruktionerna klarar av att hålla fukttillståndet i driftskedet konstant under 75 % RF. Det innebär att man måste göra en mer noggrann analys där det kritiska fukttillståndet tas ifrån litteraturen istället, för att kunna göra en bedömning om konstruktionerna fungerar eller inte. Fuktberäkningarna bör användas för att jämföra varaktigheter och absolutnivåer mellan konstruktionstyper.



Figur 7. Samband för hur kritiskt fukttillstånd för trä varierar med relativ fuktighet, temperatur och dessa tillståndets varaktighet. Om respektive tillstånd överskrids i tid, med den tid som varje varaktighetskurva representerar, är risken för mögel eller bakteriepåväxt teoretiskt sett 100 %. Sambanden grundar sig på mätdata från Viitanen (1996).

En mögelmodell, m-modell, är framtagen av Åse Togerö och Charlotte Svensson Tengberg där de samkör resultaten från WUFI-beräkningarna med trämaterialtes kritiska fukttillstånd/varaktigheter m.a.p mikrobiell påväxt. /1/ De har gjort ett beräkningsprogram som tittar på alla timmar som konstruktionen överskrider kritisk nivå för att bilda mögel.

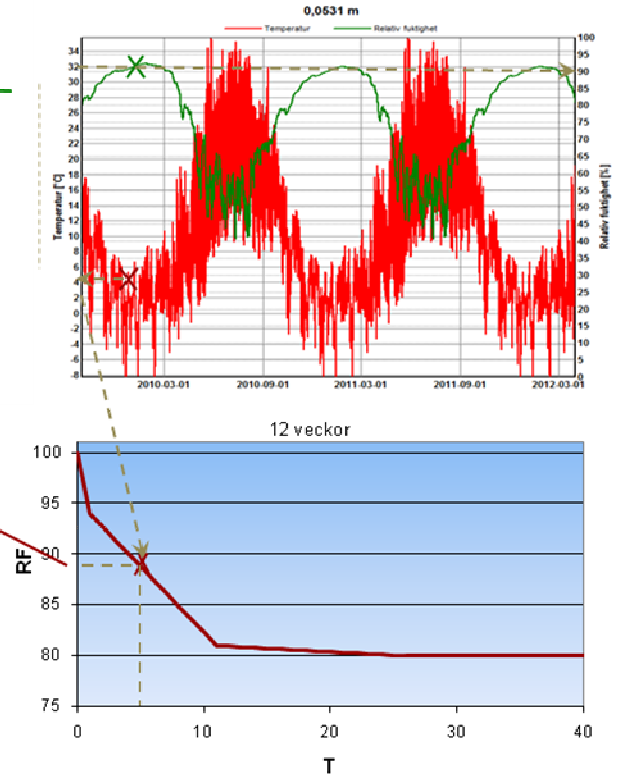
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Reglerna/varaktigheterna baseras på Viitanens labresultat samt vilken grad av mögelpåväxt som kan absorberas.

$$m = \frac{RH_{act}(t)}{RH_{crit}(T(t))}$$

$m > 1$: kritiskt fuktillstånd överskrids under ett tidssteg (t ex en timme)

Summan av alla $m > 1$ = ackumulerad risktid :
Om den tiden överskrider kritisk varaktighet (i exemplet 12 veckor) är risken stor för mögelpåväxt.



Figur 8. Förklaring av m-modellens beräkningsformel. Då $m > 1$ betyder att tillståndet i konstruktionen har överskridit det kritiska under ett tidssteg. Ackumulerade risktider fås genom att summera alla tider då $m > 1$. KVK = kritisk varaktighetskvot

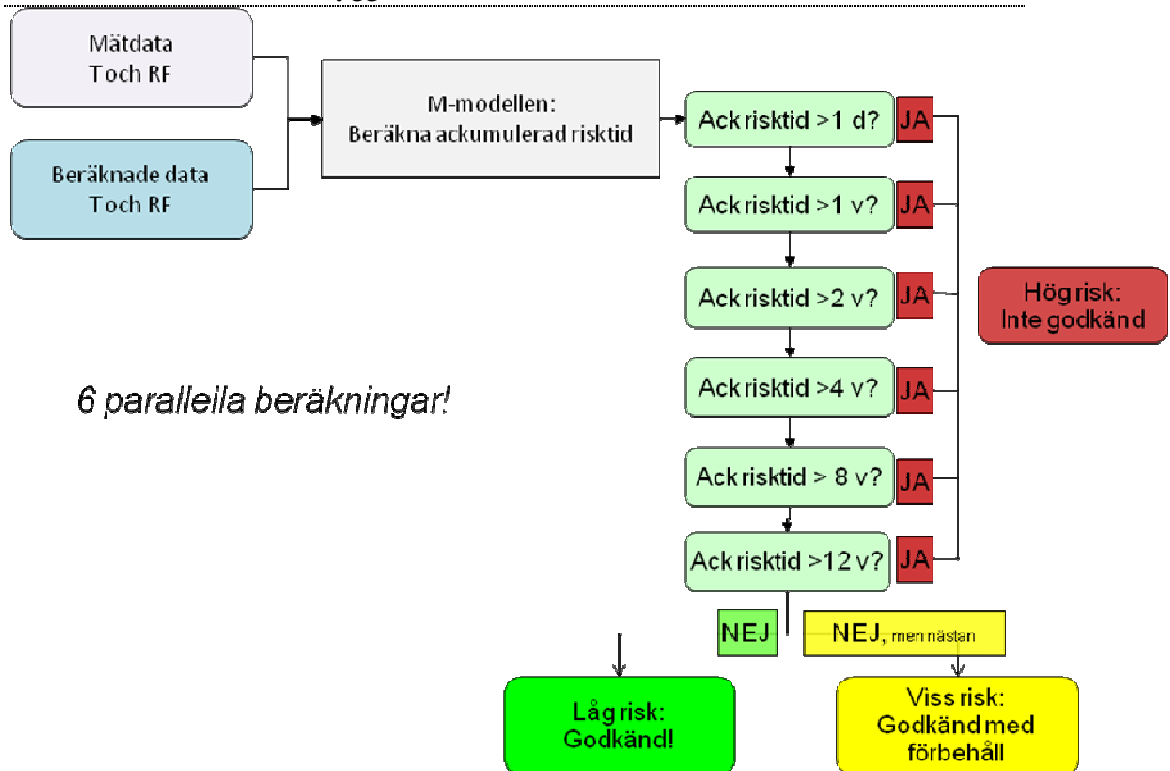
$$KVK = \frac{\text{materialytans ackumulerade risktid (h)}}{\text{kritisk varaktighet (h)}} = \frac{\sum m > 1 (h)}{\text{kritisk varaktighet (h)}}$$

Table 1: Mould growth index for the experiments and modelling

Index	Growth rate	Description
0	No growth	Spores not activated
1	Small amounts of mould on surface (microscope)	Initial stages of growth
2	<10% coverage of mould on surface (microscope)	
3	10-30% coverage mould on surface (visual)	New spores produced
4	30-70% coverage mould on surface (visual)	Moderate growth
5	> 70% coverage mould on surface (visual)	Plenty of growth
6	Very heavy and tight growth	Coverage around 100%

Figur 9, tabell som visar index för mögelpåväxt som används vid experiment och modeller. /x/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 10, Principiell metodik i m-modellen. /40/

Om $KVK > 1,0$: Hög risk för mögelpåväxt, markerad röd
 Om $0,7 < KVK < 1,0$: Viss risk för mögelpåväxt, markerad gul
 Om $KVK < 0,7$: Låg risk för mögelpåväxt, markerad grön

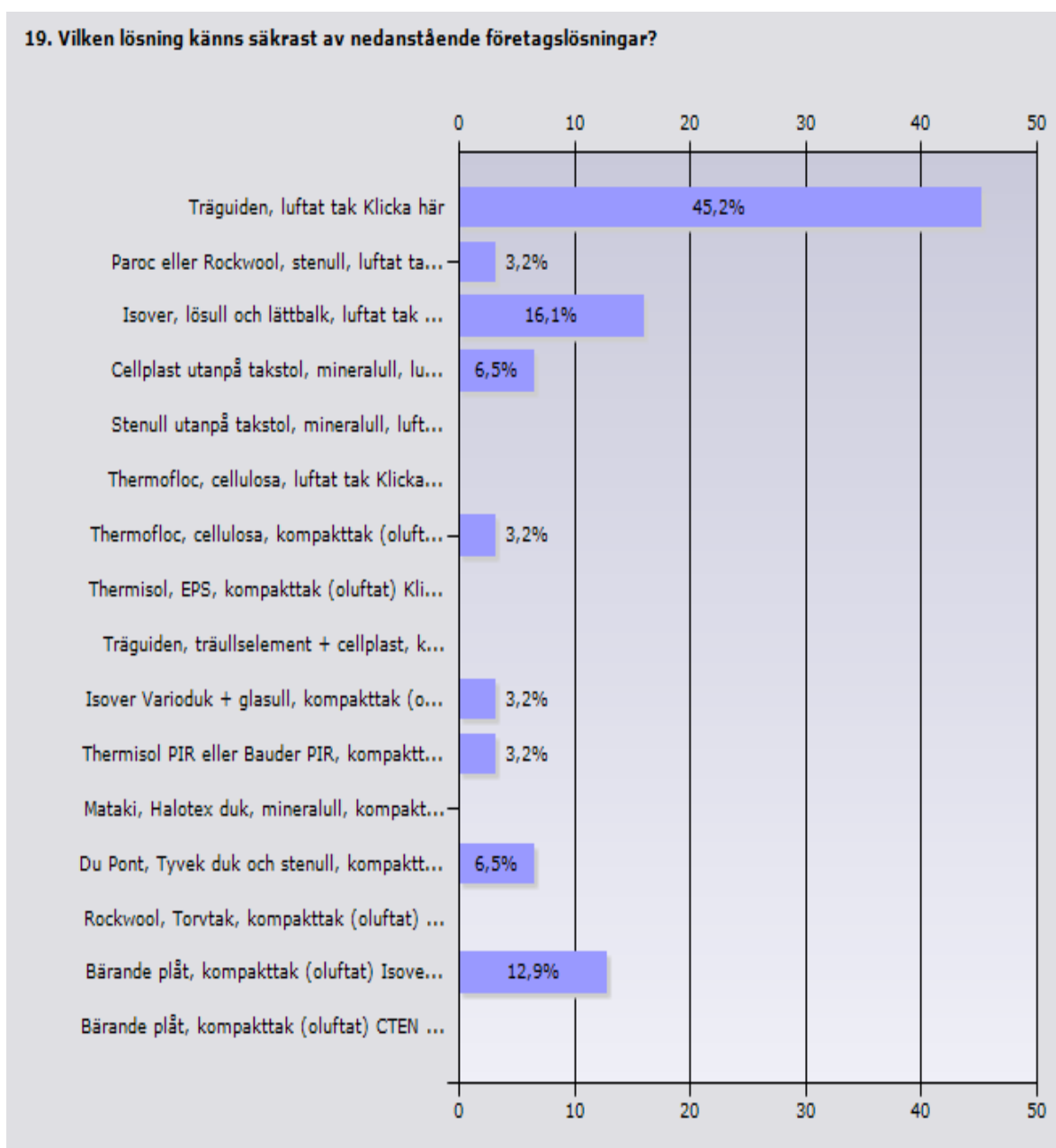
5.2 Takkonstruktion nr 1.

Vi börjar med att titta på "traditionellt tak" som redovisas i Träguiden samt i samtliga leverantörers produktkataloger. Konstruktionslösningar från Paroc, Isover och Roxulls hemsidor visas för en luftad konstruktion med råsponttak utan utvändig isolering. Dessa lösningar visas även i enkäten fråga 20 som de tre första alternativen. Vi har valt att räkna på en konstruktion med u-värdet ca $0,1 \text{ W/m}^2\text{K}$ och tittat på alternativ 400 Kertobalk eller 400 Masonitbalk och 350 mineralull.

Konstruktionen består av: Betongtakpannor, strö- och bärläkt, 17 råspont, 50 luftspalt, 400 träbalk, 350 minull, plastfolie, glespanel och gips. Kalkylpriset ligger på 682 kr/m^2 för det dyraste alternativet med kertobalk och mineralullsskivor och det billigare alternativet på 602 kr/m^2 då man använder masonitbalk och lösull.

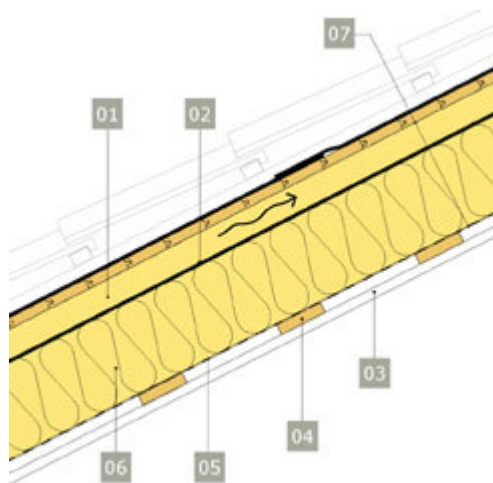
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Enkäten visade att de flesta konstruktörer, entreprenörer, småhustillverkare samt produktionschefer och projektchefer tycker att dessa lösningar är de säkraste, 64,5% har valt någon av dessa lösningar som det säkraste alternativet. Vi tittar lite noggrannare på de alternativ som man tycker är intressant samt hoppar över några av de alternativ som ingen har valt att använda.



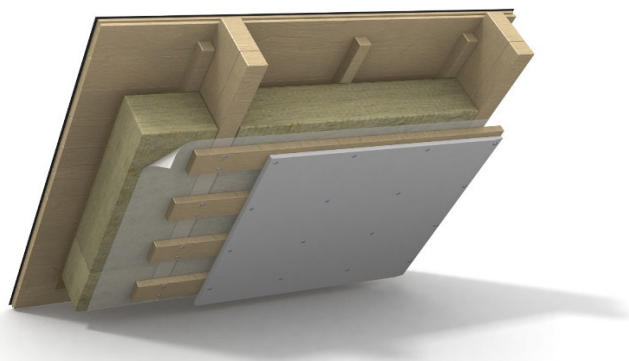
Figur 11. Enkätfråga 19.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



1. Ventilerad luftspalt ≥ 50 mm.
2. Vindskydd.
3. Invändig beklädnad.
4. Glespanel.
5. Ångspärr.
6. Värmeisolering.
7. Takstol.

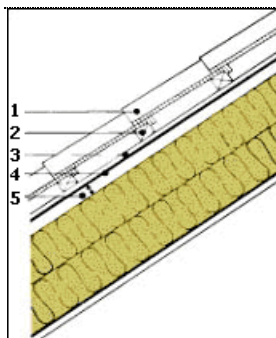
Figur 12. Utdrag från Träguiden;/34/ De rekommenderar också 50mm luftspalt.



Figur 13.

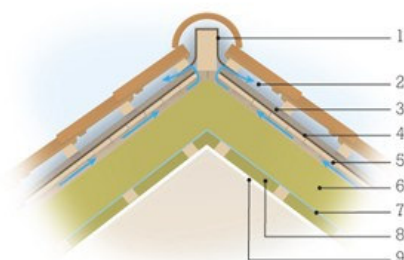
Paroc rekommenderar att yttertaket och vindsutrymmet ska vara väl ventilerat så att fukt som trots allt tränger upp på vinden kan ventileras bort. Det vanligaste är att ta in luft vid takfoten som sedan ventileras ut i nock eller ventiler. Paroc Vindavledare rekommenderas för att säkra luftspalten mellan bjälklagsisoleringen och yttertaket. /10/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

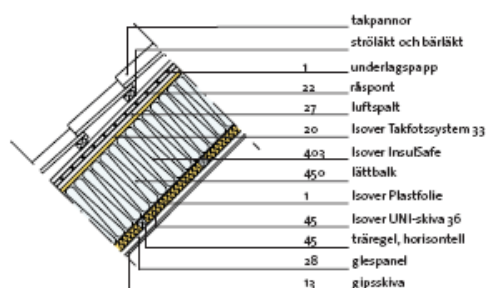


1. Takbeläggning
2. Bärläkt 25x50
3. Ströläkt 25x50
4. Undertak
5. Ventilationsspalt min 50mm

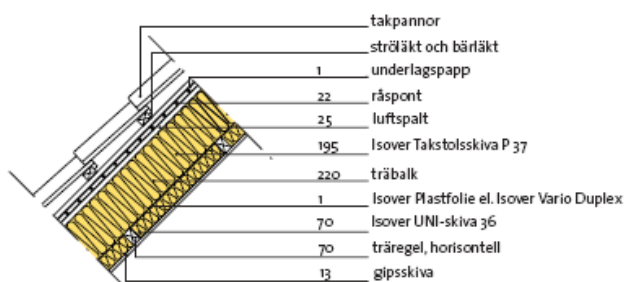
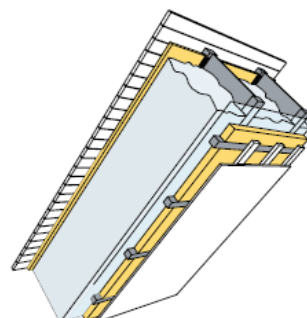
Figur 14. Rockwool/Roxull rekommenderar alltid en luftspalt på min 50mm vid trätakskonstruktioner. //1//



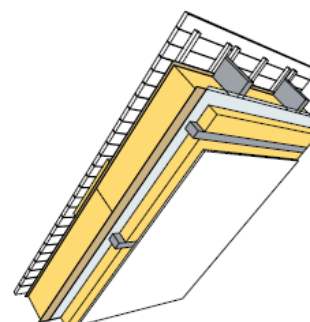
1. Takpapp
2. Bärläkt 25x50
3. Ströläkt 25x50
4. Takpapp
5. Ventilationsspalt min 50mm
6. Rockwool Takstolsskiva
7. Ångspärr
8. Rockwool Flexibatts
9. Invändig beklädnad



- takpannor
- ströläkt och bärläkt
- 1 underlagspapp
- 22 råspont
- 27 luftspalt
- 20 Isover Takfotssystem 33
- 403 Isover InsulSafe
- 450 lättbalk
- 1 Isover Plastfolie
- 45 Isover UNI-skiva 36
- 45 träregel, horisontell
- 28 gipspanel
- 13 gipsskiva

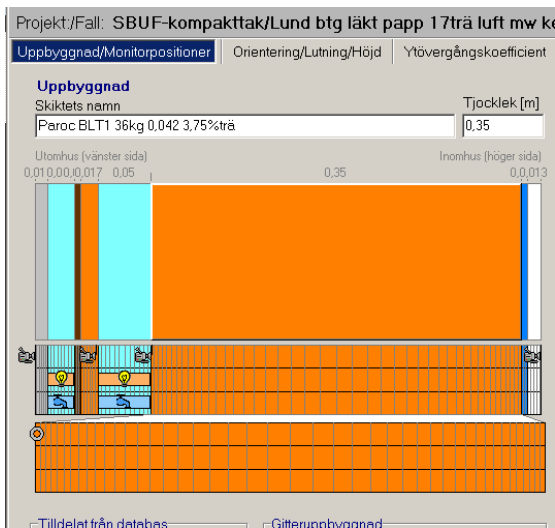


- takpannor
- ströläkt och bärläkt
- 1 underlagspapp
- 22 råspont
- 25 luftspalt
- 195 Isover Takstolsskiva P 37
- 220 träbalk
- 1 Isover Plastfolie el. Isover Vario Duplex
- 70 Isover UNI-skiva 36
- 70 träregel, horisontell
- 13 gipsskiva



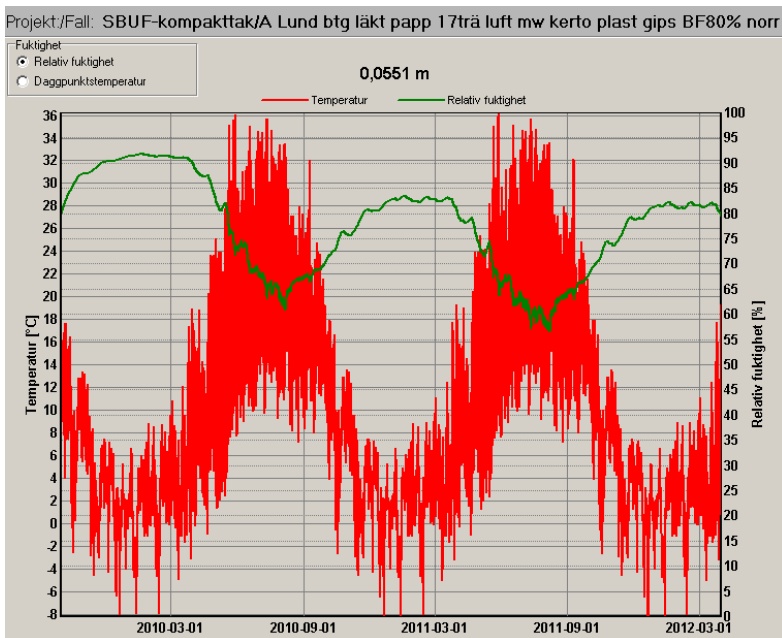
Figur 15. Lösningar från Isover med luftad takkonstruktion, antingen isolering med lösull eller skivor.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



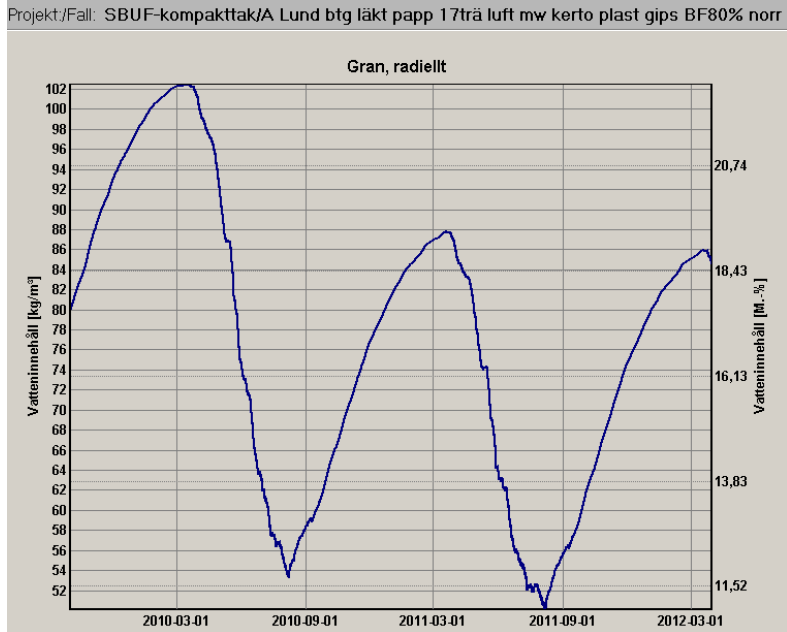
Figur 16. Byggfukt 80 % RF. Strypt ventilation 1oms/h.

Taket är känsligt för byggfukt första vintern och når över 75 % RF i driftskedet. Därför behöver en mögelmodell tillämpas för att eventuellt kunna godkänna konstruktionen. Driftsituationen förvärras med mer ventilation medan byggfukten första året sjunker med mer ventilation. Eftersom konstruktionen styrs av fuktbuffering är tjock råspont att föredra framför tunnare.

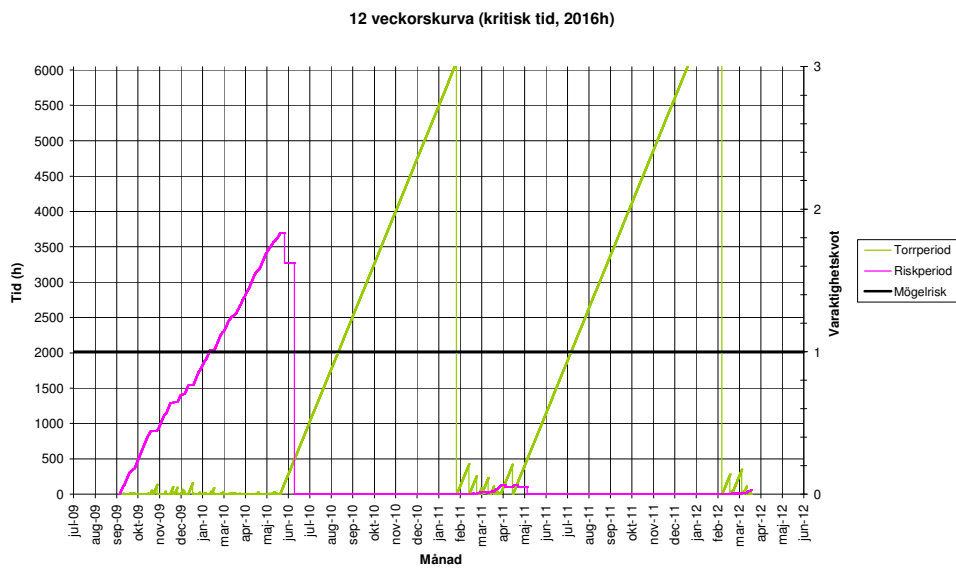


Figur 17. RF i råspont (mot inre luftspalten)

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

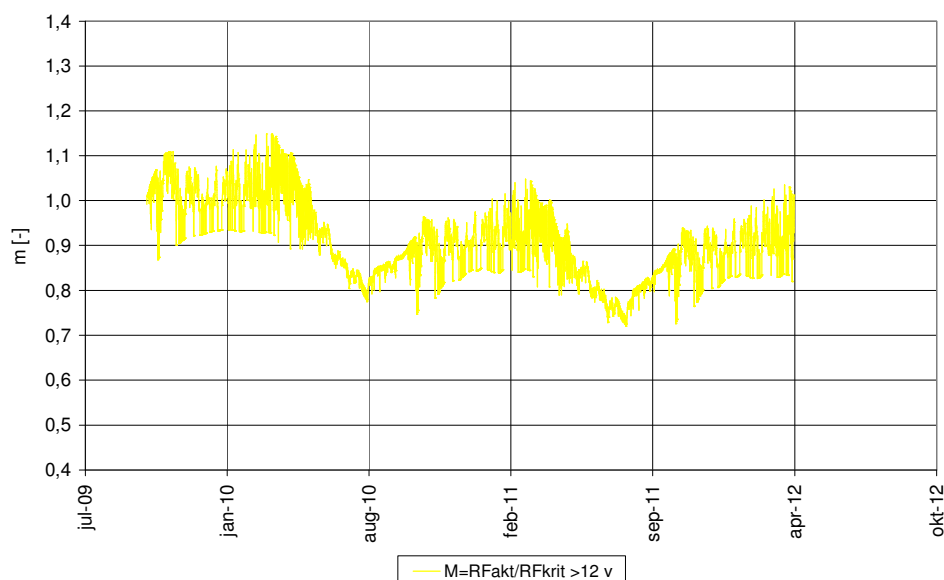


Figur 18. Fukthalt och fuktvot för råsponten.



Figur 19. M-modellen visar att byggfukten är hög första året, men att konstruktionen sedan i driftskedet fungerar bra.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 20. M -värdet > 1.0 även framåt i tiden och den byggfukt man hade initialt byggs på under åren framåt.

	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period $m > 1$ [h])	0	0	0	16	2034	3693
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Hög Risk!	Hög Risk!
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,00	0,02	1,51	1,83

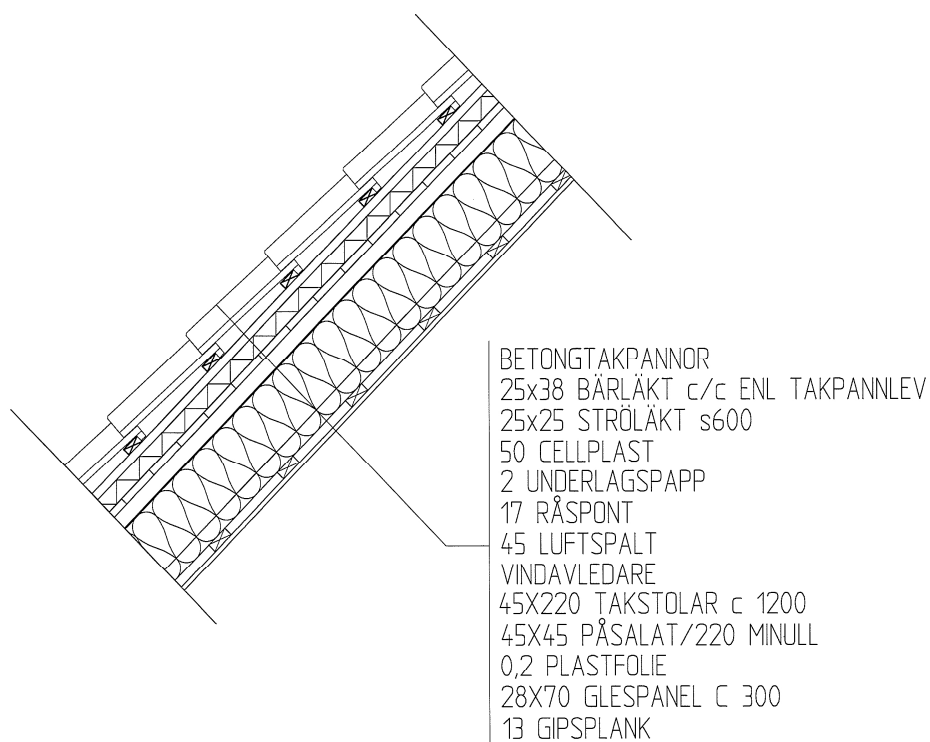
Figur 21. Då byggfukten är så hög första året, hinner mögelpåväxt uppstå vilket ger komplikationer fram i tiden, konstruktionen hinner aldrig återhämta sig.

5.3 Takkonstruktion nr 2

Eftersom det i dagsläget finns begränsad erfarenhet när det gäller att använda **cellplast ovanpå råsponten** så måste det vid projektering ske en noggrann genomgång vad gäller detaljer för taket. För tak med takpannor ses denna lösning annars som en metod som inte bör behöva betyda allt för stora tilläggs kostnader och avsteg från hur tak idag produceras. Råsponten gör att det fortfarande är möjligt att bygga taket på marken och sedan lyfta det på plats för att på ett snabbt sätt kunna åstadkomma tätt hus. Som yttertak med underliggande kallvind och för parallelltak: I första hand kan taket användas på friliggande enfamiljshus. Vid användning på par-, kedje-, och radhus skall frågeställningar när det gäller brand och brandspridning utredas. /33/

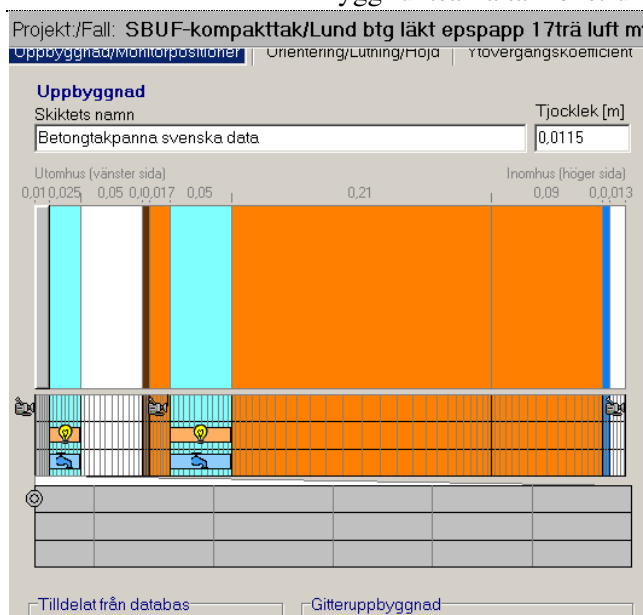
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Vi har valt att räkna på en konstruktion med u-värdet ca 0,1 W/m²,K och tittat på alternativ 300 Kertobalk eller 300 Masonitbalk och 255 + 45 mineralull. Konstruktionen består av: Betongtakpannor, strö- och bärläkt, 50 cellplast, 17 råspont, 50 luftspalt, 300 träbalk, påsalat 45x45 träreglar, 255+45 minull, plastfolie, glespanel och gips. Kalkylpriset ligger på 622 kr/m² för det dyraste alternativet med kertobalk och mineralullsskivor och det billigare alternativet på 609 kr/m² då man använder masonitbalk.



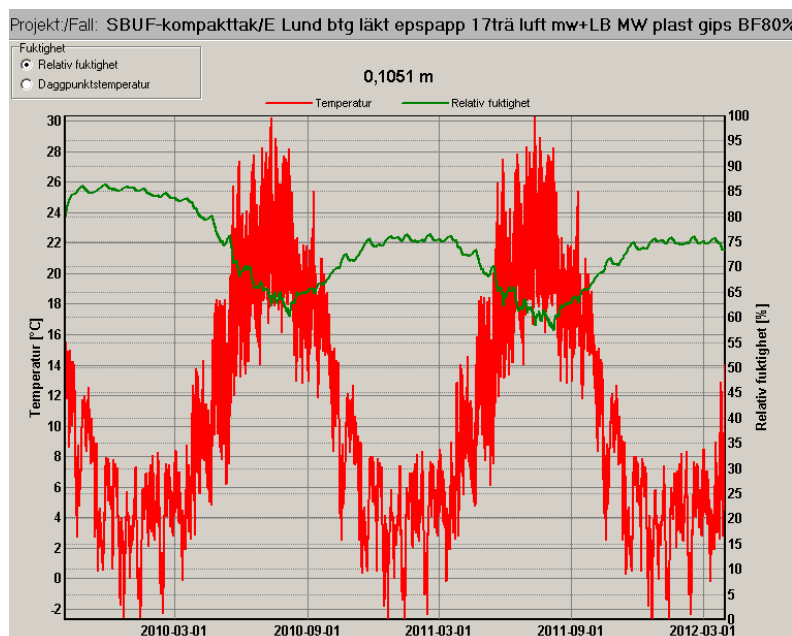
Figur 22. Yttertak för mindre byggnad med cellplastisolering ovan råspont.
Taktäckning av betongtakpannor. Luftat tak. /33/

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



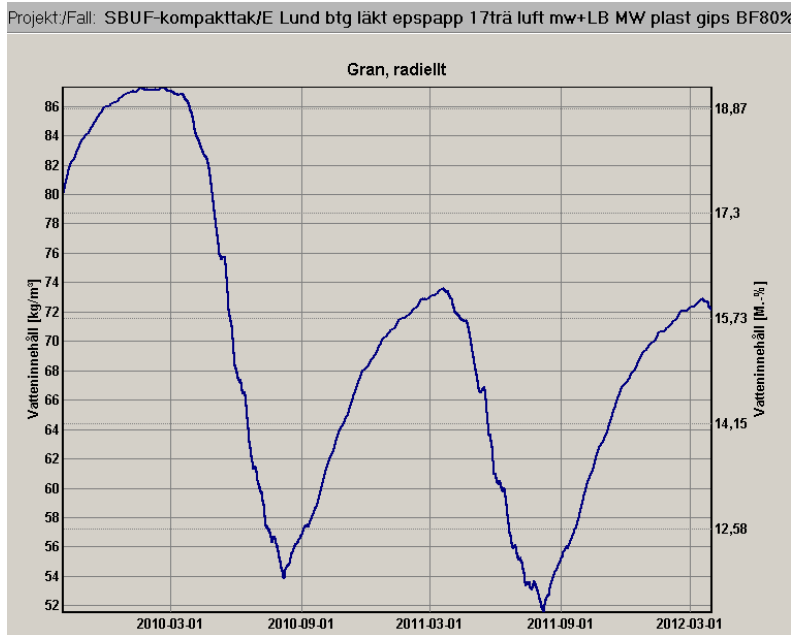
Figur 23. Byggfukt 80 % RF. Strypt ventilation 1oms/h.

Taket är känsligt för byggfukt första vintern och når strax över 75 % RF i drift. Mögelmodell behöver tillämpas för att kunna godkänna konstruktionen. Driftsituationen förvärras med mer ventilation medan byggfukten första året förbättras med mer ventilation. Eftersom konstruktionen styrs av fuktbuffering är tjock råspont att föredra.

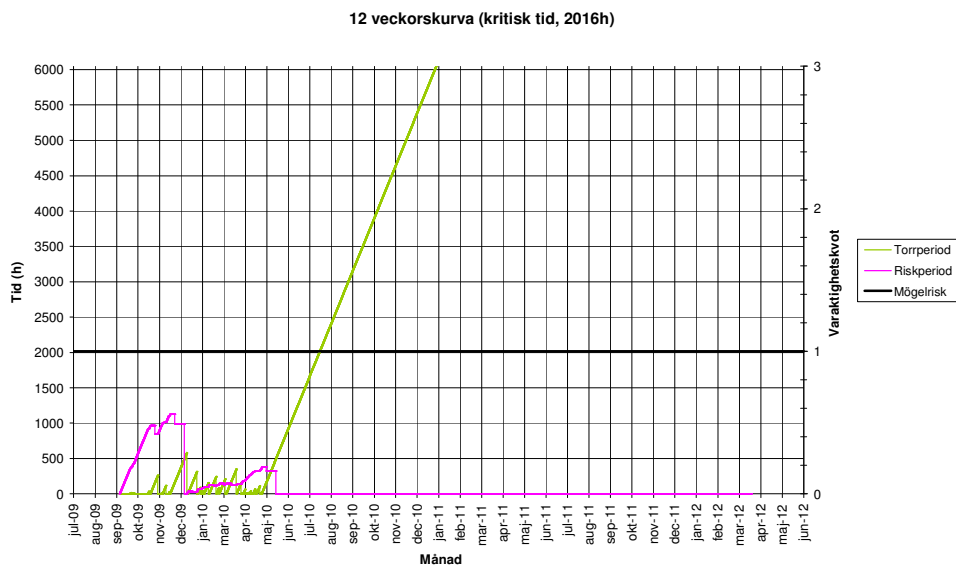


Figur 24. RF i råspont (mot inre luftspalt)

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 25. Fukthalt och fuktkvot för råsponten.



Figur 26. Denna konstruktion fungerar bra, under förutsättning att man bygger när det inte regnar. Ursprunglig byggfukt är låg och den hinner torka ut för att sedan vara torr i driftskedet.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period m>1 [h])	0	0	0	0	203	1125
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,15	0,56

Figur 27. Enligt m-modellen är det låg risk för denna takkonstruktion, luftat tak med utvändigt cellplast. En bra lösning fuktmässigt.

5.4 Takkonstruktion nr 3

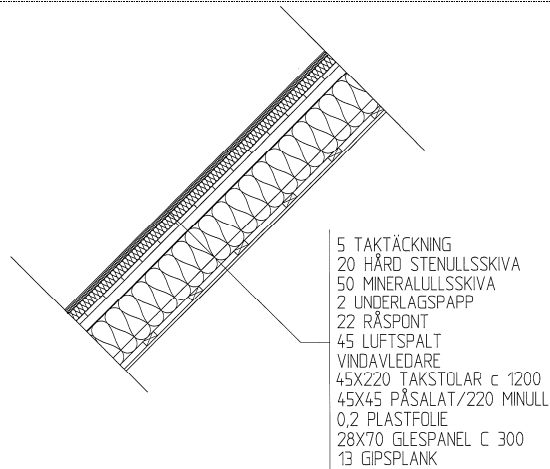
Konstruktion med hård mineralull kan även användas vid taktäckning av plåt. Lösningen bygger på beprövad teknik som i stor utsträckning används vid bl a stora industritak. Det som skiljer är att industritaken ofta har TRP-plåt där detta tak har råspont. Mekaniska infästningar och tätningsmetoder finns framtagna av materialleverantörer vilket kan underlätta projektering. Dock bör det klargöras att låglutande tak (tak med lutning < 10°) ska ses som en riskkonstruktion vilket måste tas hänsyn till vid användning av en sådan konstruktionslösning.

Några större avsteg från dagens byggande bör inte behöva ske. Som yttertak med underliggande kallvind och för parallelltak: Taket kan användas på friliggande enfamiljshus, par-, kedje-, och radhus. /33/

Denna konstruktion, är svår att räkna med WUFI-fuktprogrammen då man har två täta skikt både papptak och plastfolien och fukten studsar däremellan. Nedan visas en konstruktion med u-värdet ca 0,1 W/m²,K och tittat på alternativ 300 Kertobalk eller 300 Masonitbalk och 255 + 45 mineralull.

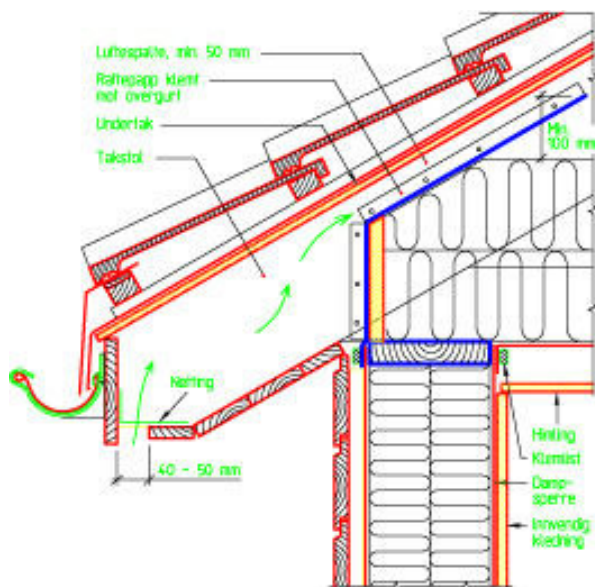
Kalkylpriset ligger på 743 kr/m² för det dyraste alternativet med kertobalk och mineralullsskivor och det billigare alternativet på 677 kr/m² då man använder masonitbalk samt endast 30mm hård stenullsskiva utanpå råsponten.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 28.

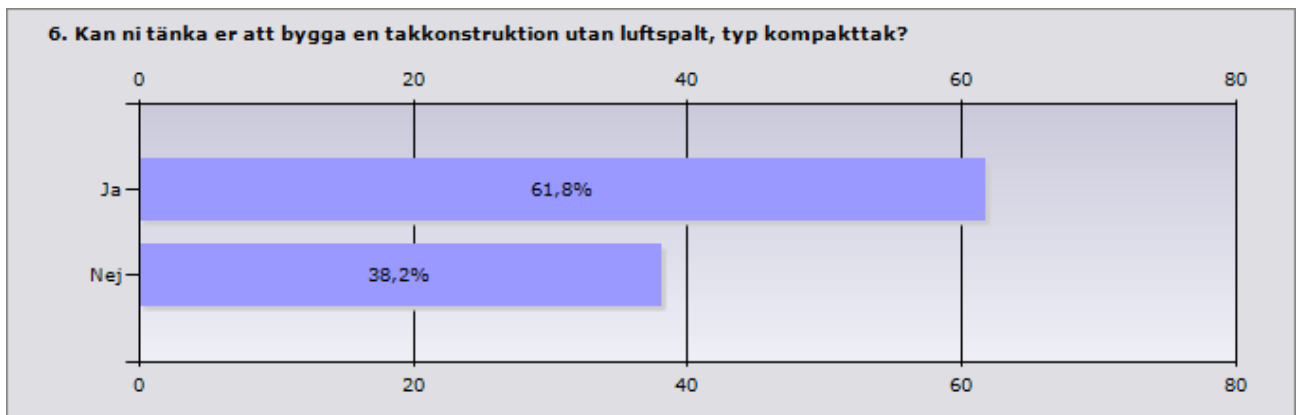
Hur ser det då ut i AMA 2008? Där står under GSN samt HSD att takstolen ska tillverkas av minst 45mm virke och vid inbyggnad innehålla en målfuktkvot på högst 15 % samt att tryckimpregnerat virke ska undvikas. Under HSD står det att ströläkten ska vara minst 25x25 och bärläkten minst 25x38 vid råspont och har man fribärande läkt ska den vara minst 45x70 om takstolarna ligger c1200. Sedan redovisas detaljer för dukar, papp, plåt och tätskikt. Ingenting om takkonstruktionen och eventuella luftspalter.



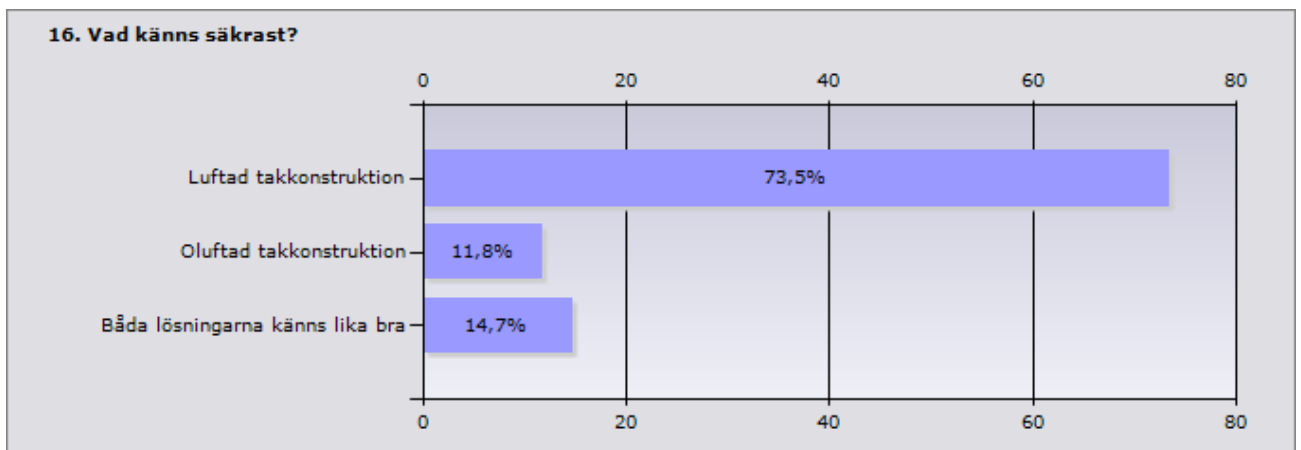
Figur 29. Norska SINTEF däremot visar fullständiga taklösningar. /2/

5.5 Oventilerade takkonstruktioner

Vi bygger traditionellt med ventilerade takkonstruktioner idag, men flera kan tänka sig att bygga kompakttak - om det finns bra lösningar som fungerar. Det krävs att lösningarna är typgodkända, P-certifierade, Sitac-certifierade eller på något annat sett provade för att man ska våga bygga utan luftspalt. Ingen vill ha problem med tak i framtiden, motsvarande problemet vi idag har med puts på cellplast och oluftade väggkonstruktioner.



Figur 30. Enkätfråga 6.



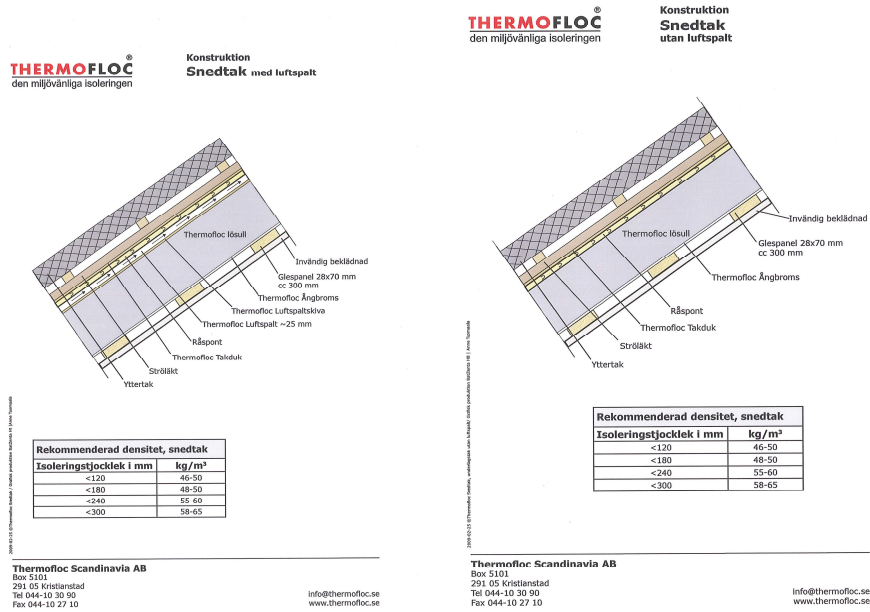
Figur 31. Enkätfråga 16.

5.6 Takkonstruktion nr 4

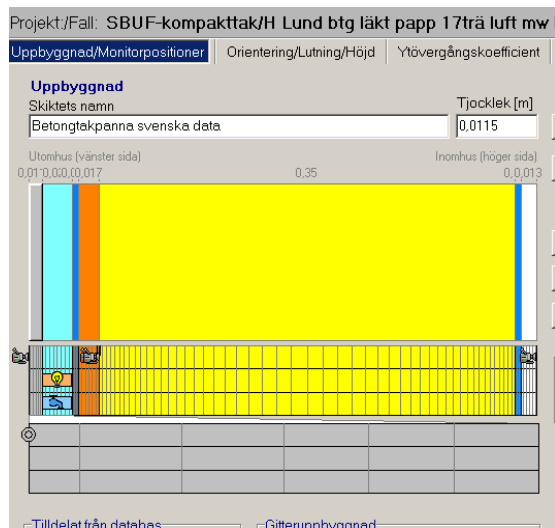
Thermofloc har lösningar både för ventilerad och oventilerad takkonstruktion. Vi har valt att räkna på en konstruktion med u-värdet ca 0,1 W/m²,K och tittat på 350 Masonitbalk och 350 lösull. Enligt Thermoflocks egna uträkningar klarar man u-

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

värdet 0,11-0,12 med 300mm lösull. Vi har räknat med lite mer isolering för att nå 0,1 W/m²K och få en likvärdig konstruktion som övriga taksystem och då ligger kalkylpriset på 726 kr/m². Om man väljer 300 lösull blir priset 702 kr/m². Dessa pris är med den vanligtvis använda ångbromsen, sedan har man även en ångbroms som fungerar som Isovers Vario Duplex-duk, den är något dyrare. Vi väljer att köra en WUFI-beräkning på den oluftade konstruktionen.



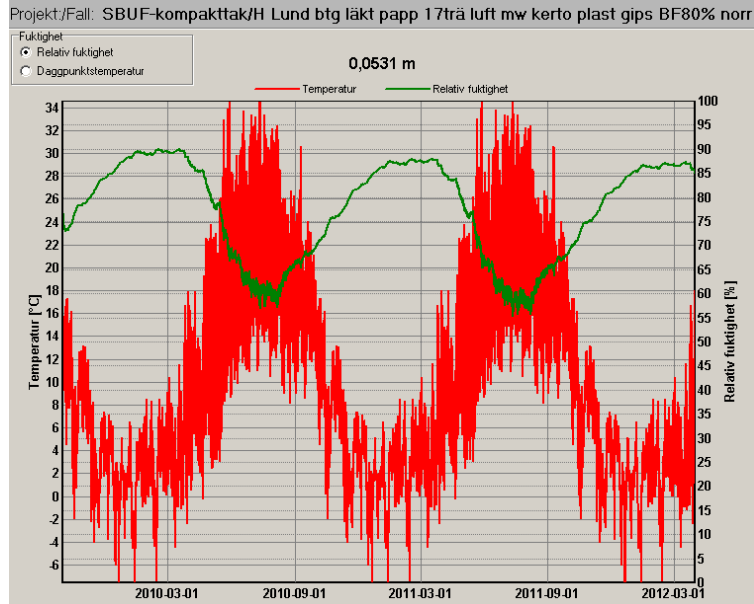
Figur 32, Thermoflocs lösning med och utan luftspalt, med cellulosa och dukar! Istället för plastfolie använder man takduk och ångbroms.



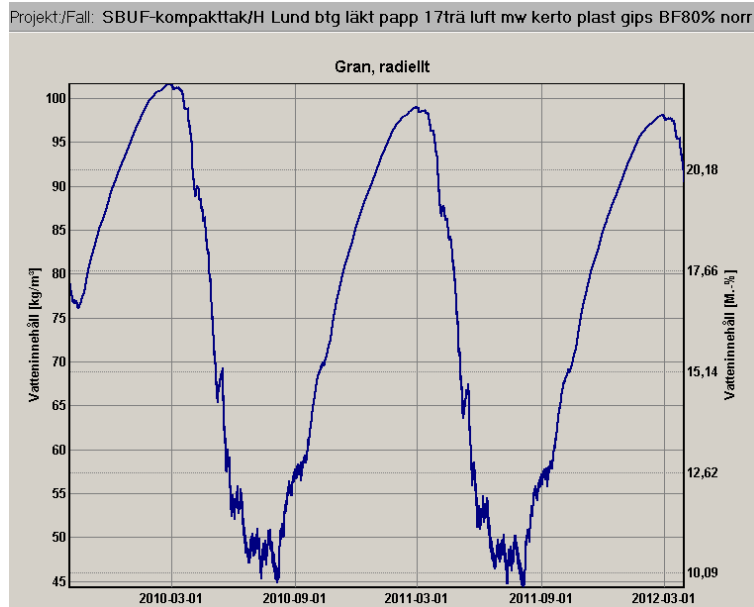
Figur 33. Byggfukt 80 % RF (60% i isoleringen).

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Kräver stor fokus på byggfuktshantering. Konstruktionen är känslig i drift vid högre fuktbelastning inomhus. Mögelmodell behöver tillämpas för att kunna godkänna konstruktionen. Den största skillnaden mot de ventilerade lösningarna är att fukt även diffunderar in i konstruktionen tidvis när betongpannorna är blöta (p.g.a. diffusionsöppna underlagstak).

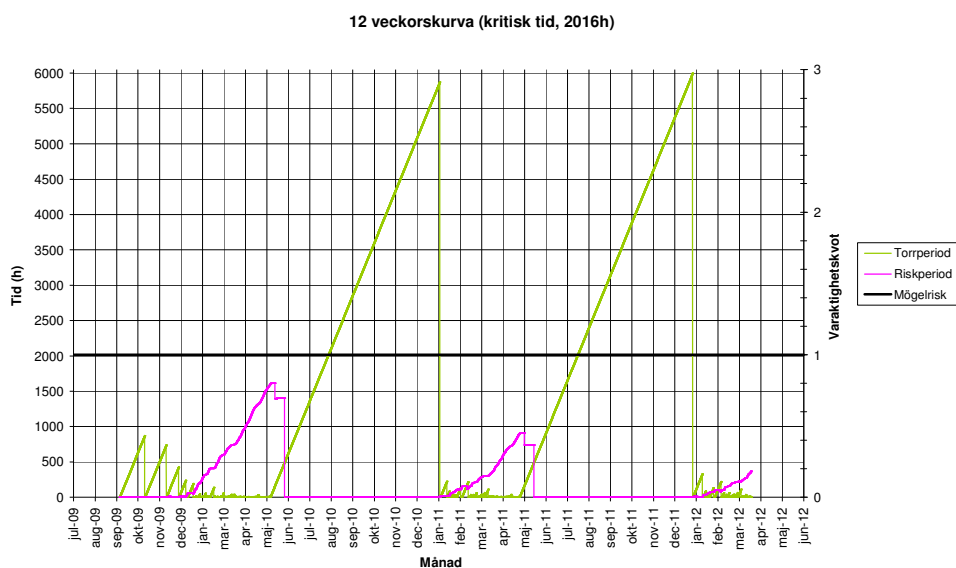


Figur 34. RF i råspont mot isoleringen



Figur 35. Fukthalt och fuktqvot i råsponten

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 36. Det uppstår byggfukt första året som hinner torka ut, det uppstår även fukt under kalla perioderna åren framöver – men de torkar upp under varmare säsongen och det blir aldrig upphov till mögelpåväxt.

	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period m>1 [h])	0	0	0	0	604	1617
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Risk
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,45	0,80

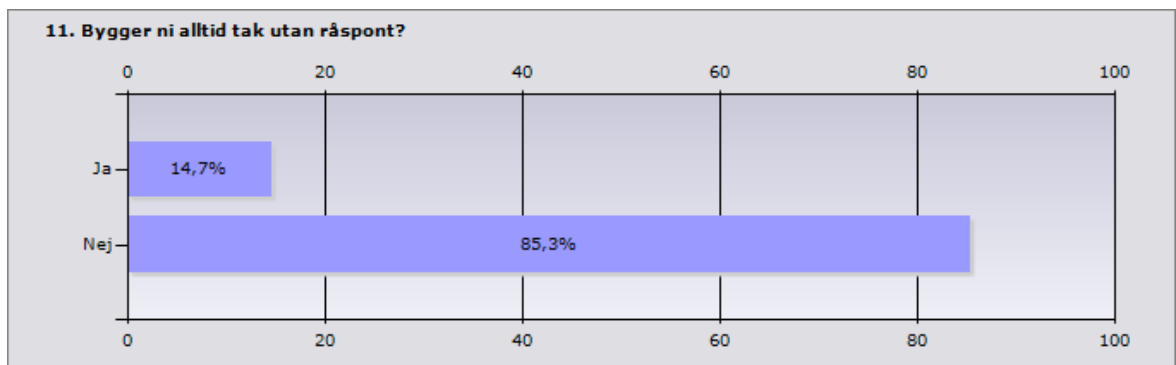
Figur 37. Det finns enligt bedömningen en begynnande risk, men då värdet är < 1.0 räknas det som en godkänd konstruktion.

Vi kommer nu att titta på ett antal takkonstruktioner utan råspont, lösningar med till exempelvis utanpåliggande PIR eller duk. Flera konstruktörer, entreprenörer och småhusleverantörer har enligt enkätsvaren provat på andra lösningar, men ofta gått tillbaka till att använda de traditionella lösningarna.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 38. Enkätfråga 10.

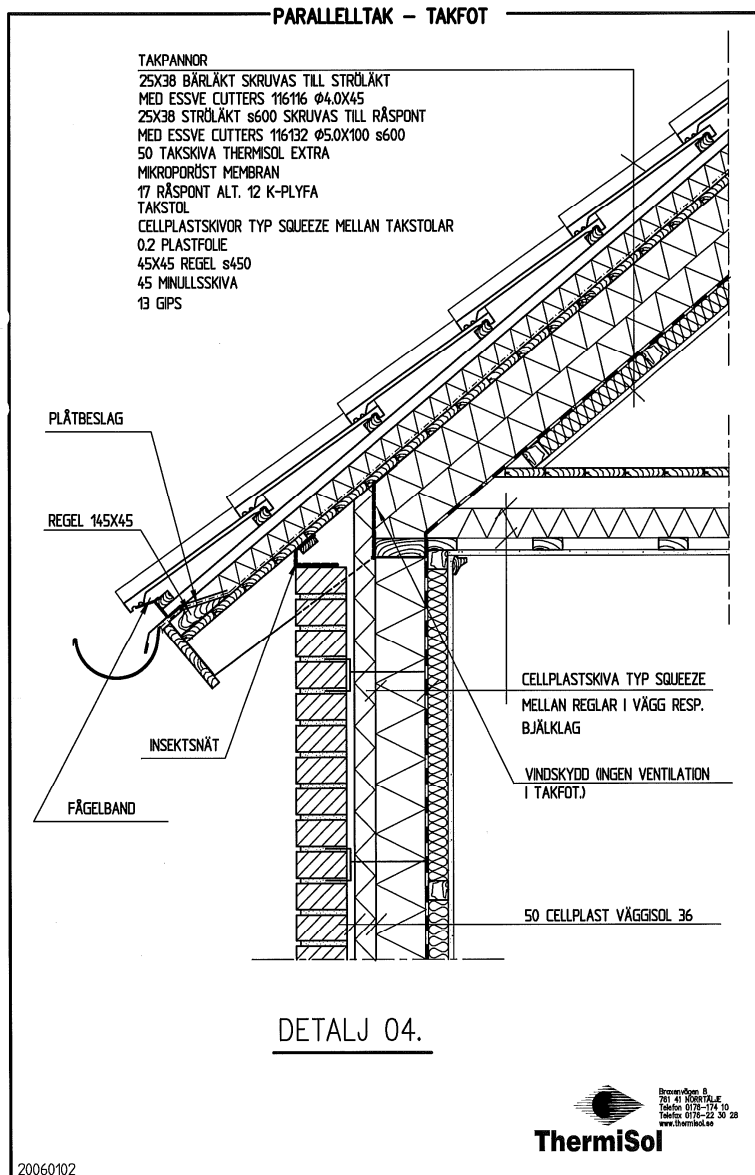


Figur 39. Enkätfråga 11.

Ventilerade tak över välisolerade vindsbjälklag är känsliga för skador. Om fuktig inneluft läcker upp till vindsutrymmet via otäta luckor, skorstenstockar eller genomföringar kan kondens uppstå med allvarliga skador som följd. Även små otätheter kan ge stora problem. Problemen kan bestå i mögelpåväxt, missfärgningar och i allvarliga fall även rötskador, framför allt på underlagstaket. Dessutom uppstår ibland mögelpåväxt på sådant som lagras på vinden, till exempel resväskor och kartonger. Fullskaleförsök visar att det i en oventilerad vind blir torrare och att den relativa fuktigheten blir betydligt jämnare under perioder med kraftiga växlingar i uteklimatet. Har du ett välisolerat vindsbjälklag är en oventilerad vind att föredra. En viss luftväxling bör finnas för att få en uttorkande effekt under sommarhalvåret. För att säkerställa denna räcker det med relativt måttlig ventilation från en eller ett par gavelventiler. Genom att förse yttertakpanelen med en utvändig värmeisolering höjer man temperaturen och sänker den relativa fuktigheten i vindsutrymmet, vilket ger en varmare och torrare vind. Detta är en vanlig takkonstruktion ute i Europa. Tjockleken på den utvändiga skivan kan vara 30–100 mm. Thermisol rekommenderar 70–100

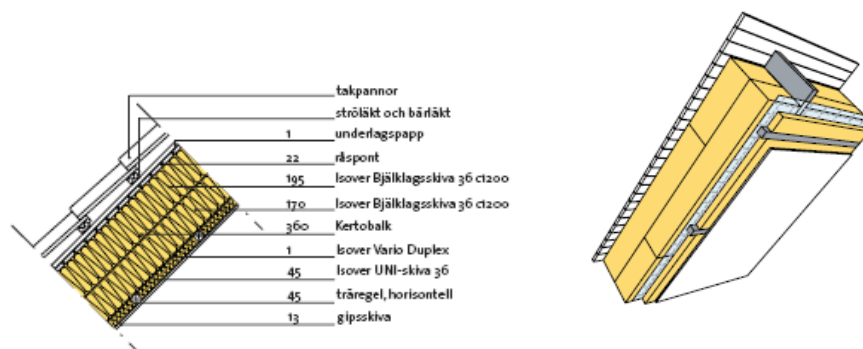
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

mm. Ett välisolerat parallelltak har ett lika lågt värmeläckage som ett oventilerat tak med kallvind. /13/



Figur 40. Denna konstruktion har vi inte fuktberäknat eller tagit fram något pris på, då ingen av enkätsvararna har valt att använda denna taklösning. Troligtvis kommer den fuktmässigt att likna alternativet med utvändigt cellplast, då det även finns i denna konstruktion. Detta är för övrigt ett av de få alternativ vi kan hitta på leverantörernas hemsidor som visar utvändigt isolering utanpå råsponten.

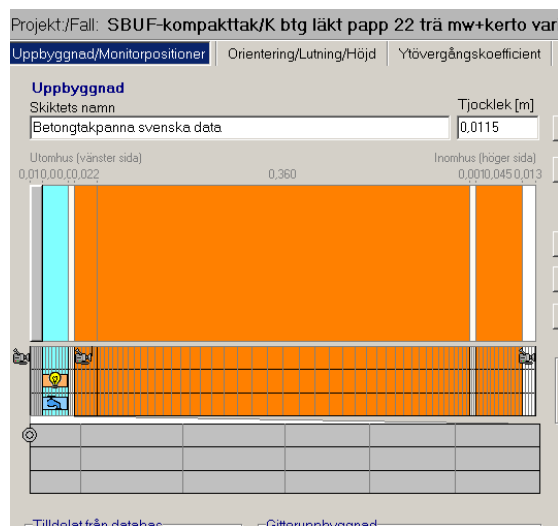
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 41. Lösning från Isover med oventilerad takkonstruktion.

5.7 Takkonstruktion nr 5

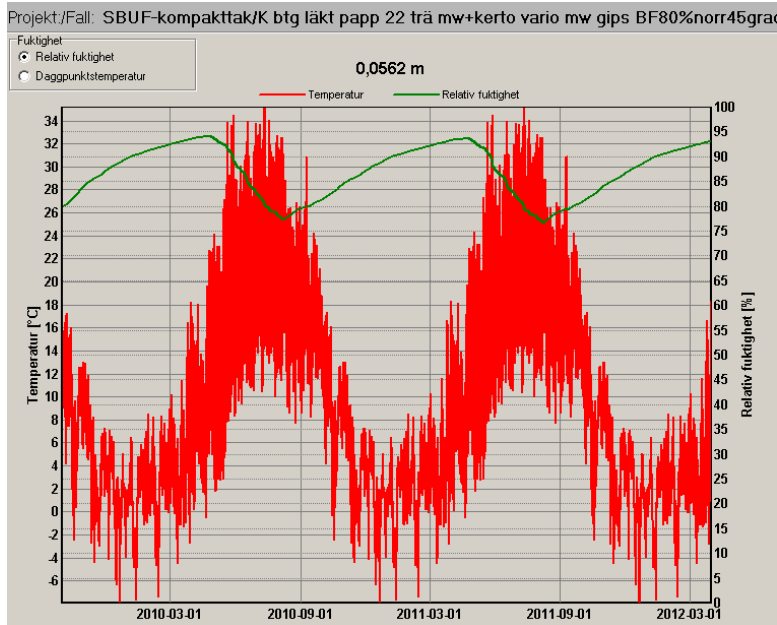
En takkonstruktion som Isover rekommenderar enligt Isover Multi-Comfort House. Ett exempel på takkonstruktion med kertobalk, kompakttak utan luftspalt med Isover Vario KM Duplex UV på insidan som är en variabel ångbroms. Isover Vario KM Duplex UV har egenskapen att eventuell byggfukt kan passera genom den under vissa perioder. I tak kan solens uppvärmning medföra sommarkondens och genom att använda Isover Vario KM Duplex UV istället för traditionell ångspärr får fukten möjlighet att ta sig ut ur konstruktionen. Man bör alltid göra en fuktteknisk uppskattning och överväga om det behövs noggrannare databeräkningar av fuktriskerna. Ingen enskild byggprodukt löser hela byggnadens fuktproblem. Den bästa fuktsäkerheten uppnås med en optimal kombination av produkter, montering och drift. Total isolertjocklek: 410 mm. Enligt Isovers egna uträkningar klarar man u-värdet 0,09. Kalkylpriset ligger på 621 kr/m².



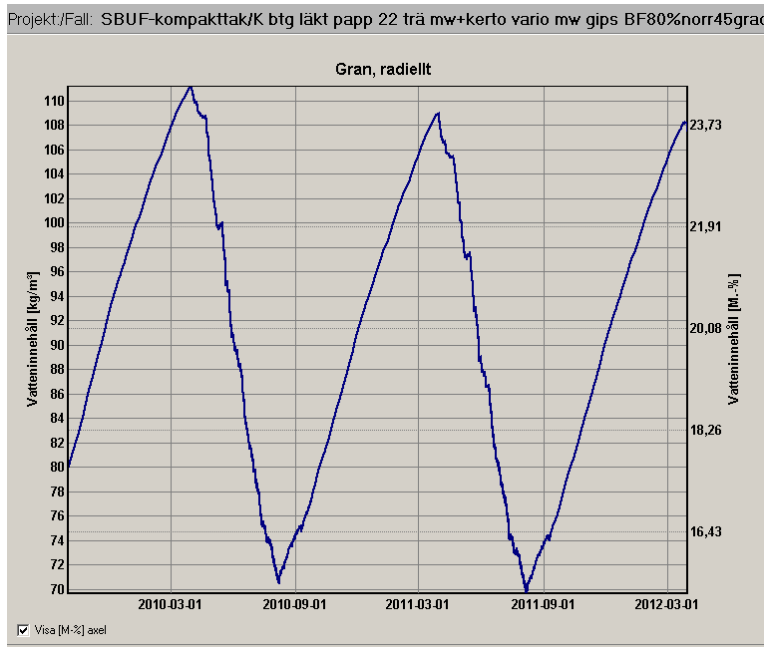
Figur 42. Byggfukt 80%RF.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Kräver stor fokus på byggfuktshantering. Konstruktionen är känslig i drift vid högre fuktbelastning inomhus. Mögelmodell behöver tillämpas för att kunna godkänna konstruktionen. Den största skillnaden mot de ventilerade lösningarna är att fukt även diffunderar in i konstruktionen tidvis när betongpannorna är blöta.

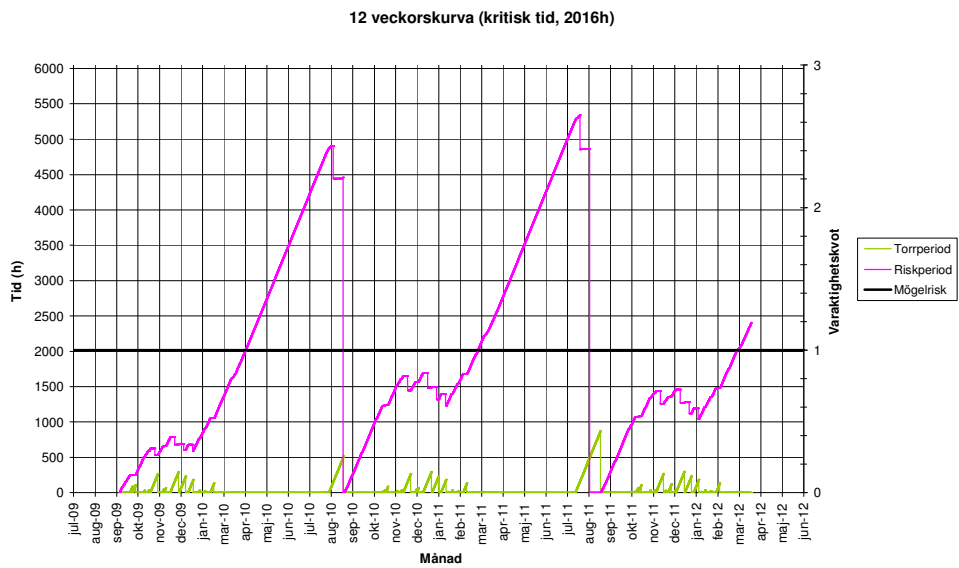


Figur 43. RF insida råspont

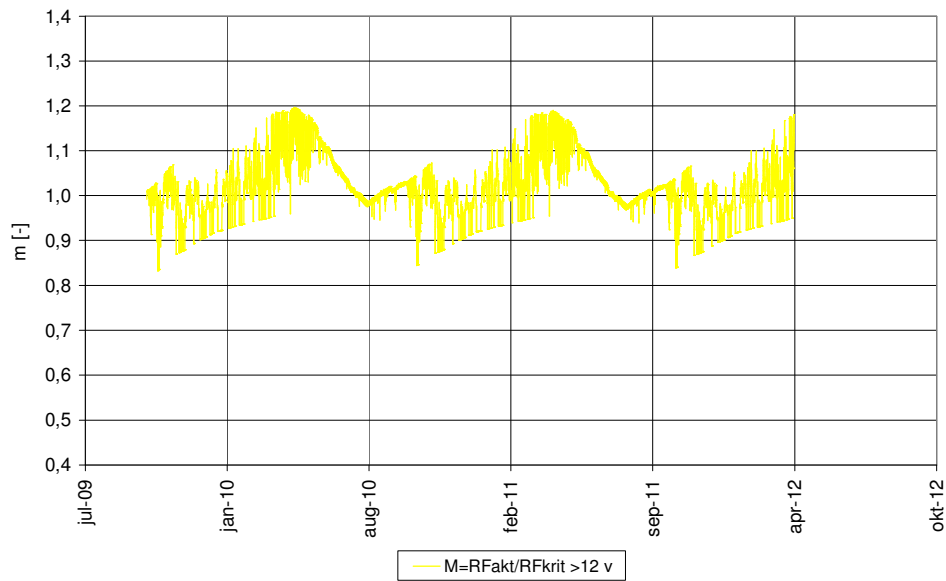


Figur 44. Fukthalt och fuktkvot för råsponten.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 45. Denna kurva visar att det är hög halt med byggfukt första året och detta byggs på och blir ännu högre år två. Konstruktionen blir mycket känslig för mögelpåväxt.



Figur 46. M -värdet > 1.0 även framåt, vilket visar att byggfukten inte har möjlighet att torka ut utan extra åtgärder.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

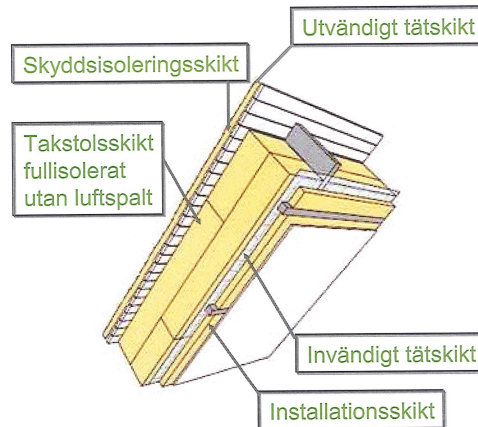
	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period m>1 [h])	0	0	119	970	3223	5346
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Hög Risk!	Hög Risk!	Hög Risk!
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,35	1,44	2,40	2,65

Figur 47. Detta är en högriskkonstruktion.

Dessa beräkningar visar höga fuktvärden och Isover rekommenderar att man inte använder Vario Duplex vid RF 50-70%, vilket de bedömer som högre än normalfallet. Vid en diskussion med Isover om varför man inte redovisar typkonstruktioner med utvändigt isolering, vilket hade förbättrat resultatet avsevärt svarar man att man just nu håller på att testa en lösning med 30mm takboard utanpå råsponten. Inom kort kommer alla konstruktioner på hemsidan att uppdateras. Vi fick en introduktion och principlösning för att visa i rapporten. Dock har vi inte fuktberäknat denna konstruktion. /12/

Principer för välisolerat tak

- Snedtak - oventilerad

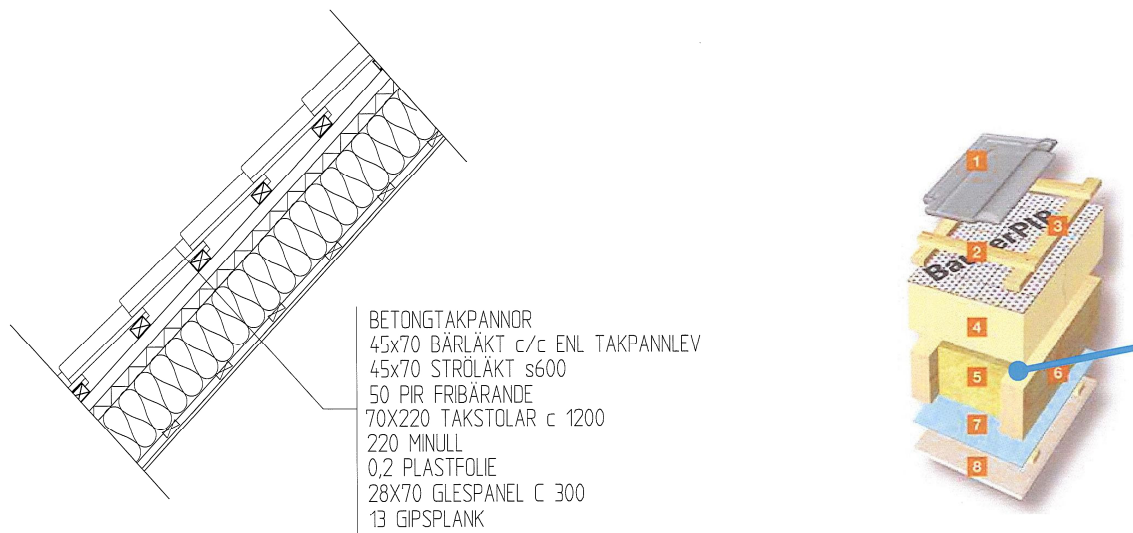


ISOVER

Figur 48. Ny konstruktion under testskede hos Isover.

5.8 Takkonstruktion nr 6

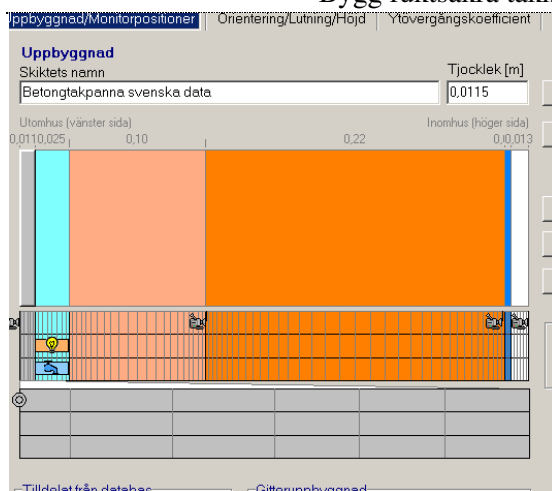
Thermosol och Bauder är två varumärken som säljer PIR isolering. Denna kan läggas fribärande över takstolarna. Vill man behålla råsponen för stabilitetens skull går det också bra. PIR är vanligt i Europa, men är precis på intågande i Sverige. På dessa leverantörers hemsidor ligger isoleringen oftast utanpå råsponen eller som helt fribärande.



Figur 49.

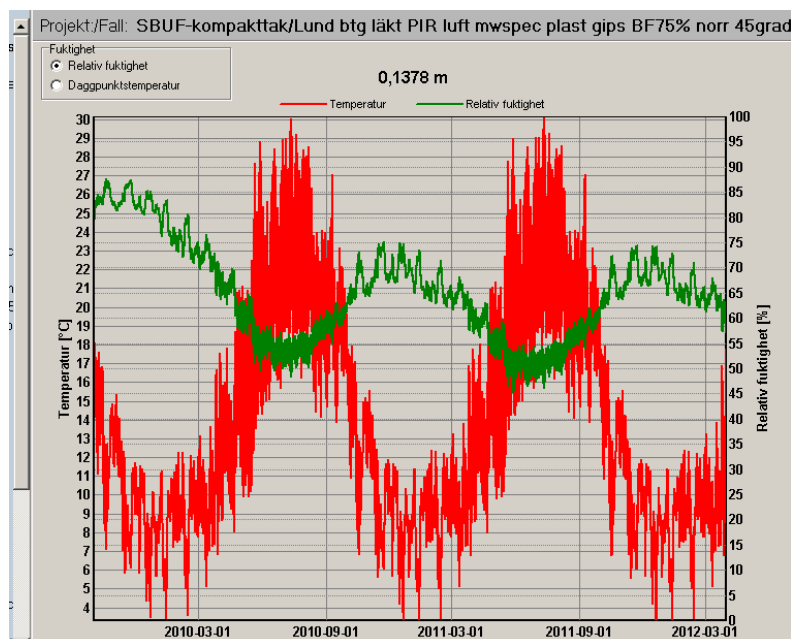
För att klara en konstruktion med u-värdet ca 0,1 W/m²,K har vi räknat på alternativ med 100mm utvändig PIR som fribärande, dvs. ingen råspon, då behövs grövre bär- och ströläkt 45x70 jämfört med vad man använder traditionellt för att klara vindstabiliteten. Även infästningen påverkas med längre skruvar än normalt. En konstruktion med vanligt konstruktionsvirke 45x220 K24 och 220mm mineralullsskivor, blir billigare än med kerto eller masonitbalkar. Vi får samma u-värde om vi använder 50 PIR, 300 Kertobalkar samt 300mm minull – men en dyrare konstruktion. Kalkylpriset ligger på 572 kr/m² för det billigaste alternativet och 628 kr/m² för det dyrare alternativet.

Bygg fuksäkra takkonstruktioner



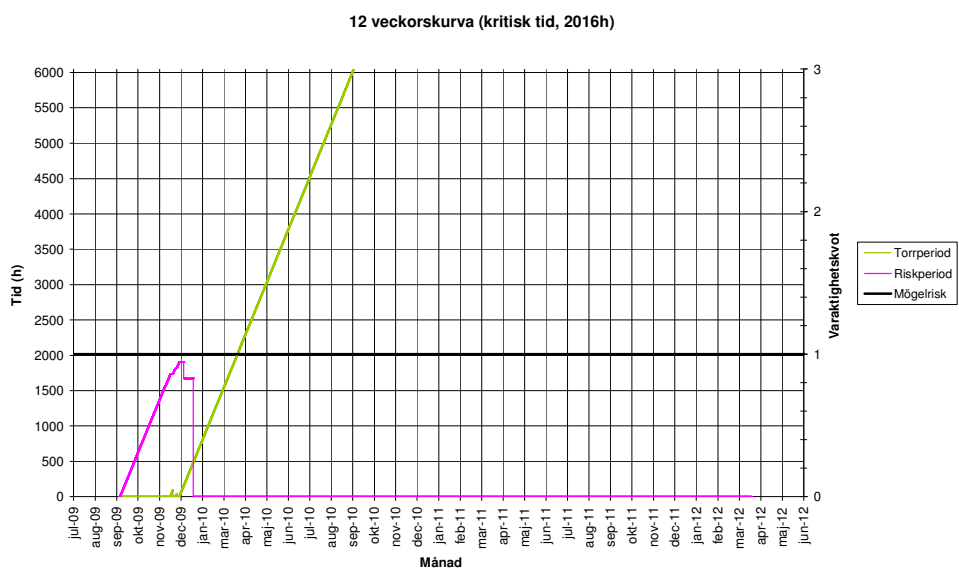
Figur 50. Byggfukt 75 % RF.

Kräver stor fokus på byggfukshantering (takstolen är placerad mellan två täta skikt). Driften fungerar bra. Troligtvis är en bra metod att först sätta PIR-isoleringen för att sen torka ut takstolarna ordentligt (<14 % FK) innan plastfolien monterar. Också viktigt att sätta plastfolien direkt i samband med inre isolering vid vintermontage (för att undvika kondensrisk). Konstruktionen förbättras ju mer utvändigt isolering som läggs.

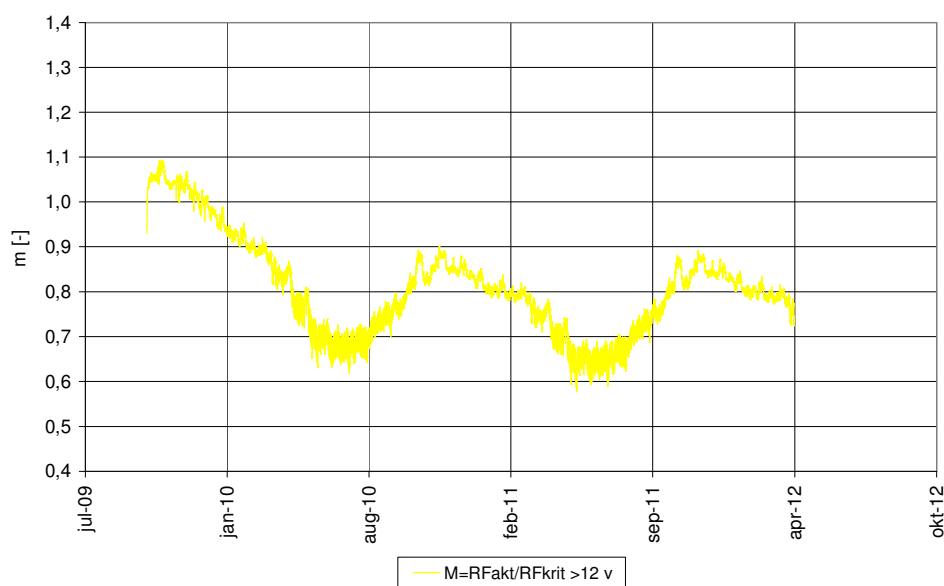


Figur 51. RF i ovasida takstol (mot PIR-skivan)

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 52. Kurvan visar medelhög byggfukt första året för att sedan torka ut och fungera bra i driftsskedet. En ännu bättre lösning hade varit att avfukta konstruktionen första året, eller klä in konstruktionen med invändig ångspärr först efter första året.

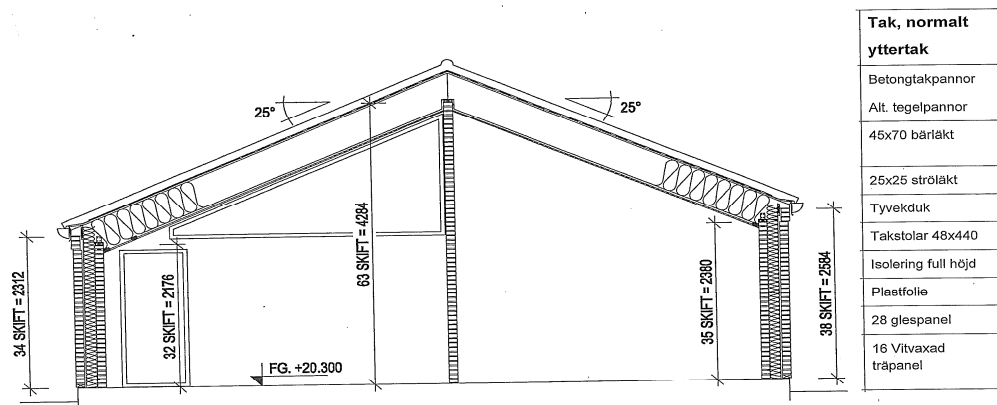


Figur 53. M-värdet överskrider 1 första året för att sedan sjunka <0,9, riskbedömningen ligger på 0,95.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period m>1 [h])	0	0	0	0	220	1907
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Risk
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16	0,95

Figur 54. Vi gjorde ytterligare några beräkningar och fick fram bättre värden med 50mm PIR på en luftat konstruktion med råspont. Man måste prova sig fram till de konstruktioner som man väljer som lämpliga.

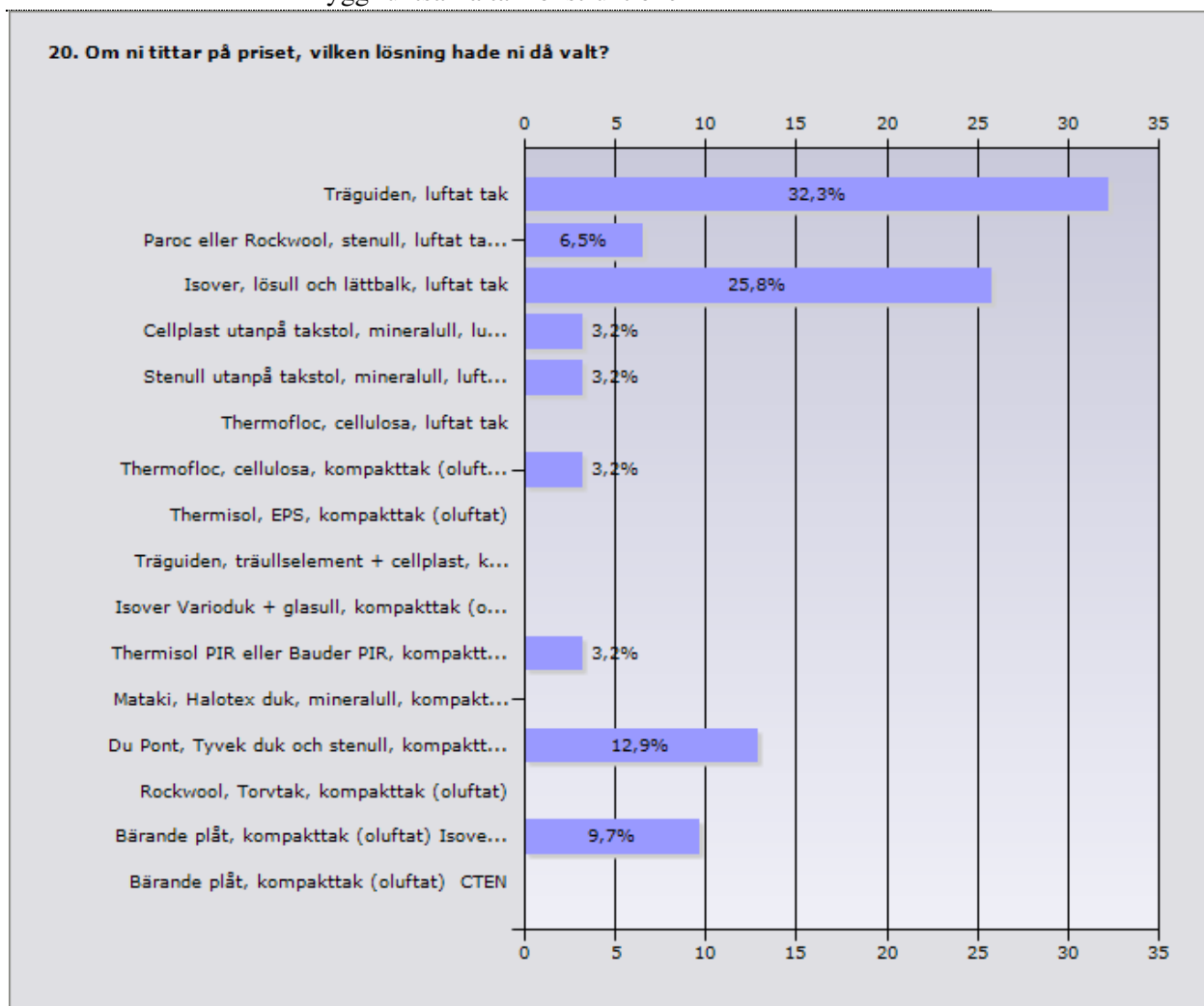


Figur 55. Förslag med oluftad takkonstruktion uppbyggd med Tyvekduk från Du Pont.

5.9 Takkonstruktion nr 7

Takkonstruktionen med duk är de absolut billigaste lösningen, ca 13% av alla som svarade på enkäten gissade rätt! Vi har valt att räkna på en konstruktion med u-värdet 0,09 W/m²,K och tittat på alternativ 400 Kertobalk 400 lösull på insidan har vi 13mm gips som i övriga konstruktioner och inte vitlaserad panel som på bilden. Kalkylpriset ligger på 551 kr/m².

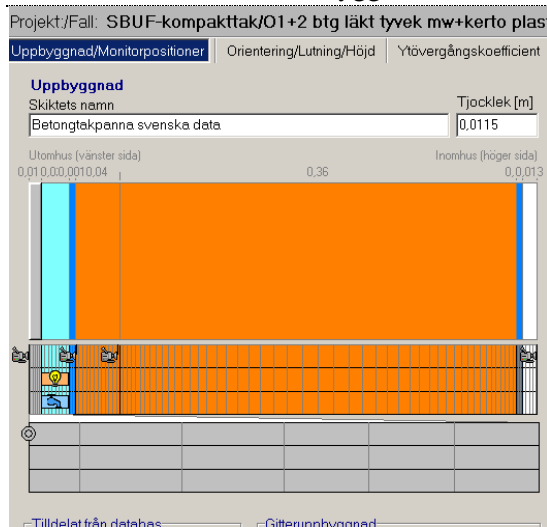
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 56. Enkätfråga 20.

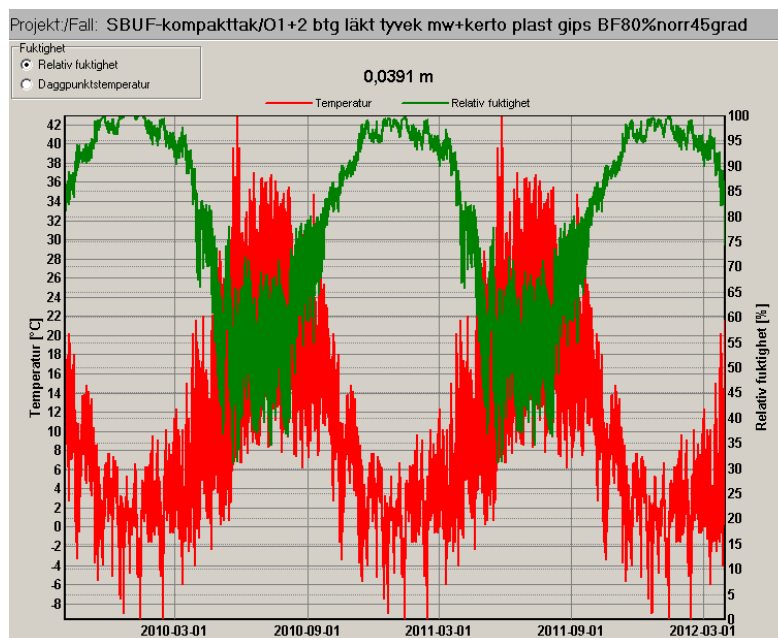
Vi har kört två WUFI-beräkningar, en beräkning med duken direkt på takstolen och den ger höga fuktvärden. Vi valde då att flytta in takkonstruktionen 40mm (då det är så en del småhusleverantörer producerar sina takkassetter) och fick då mycket bättre värden. Det blir då en konstruktion med ”utvändig” isolering på takkonstruktionen. Vi redovisar här endast den bästa lösningen.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



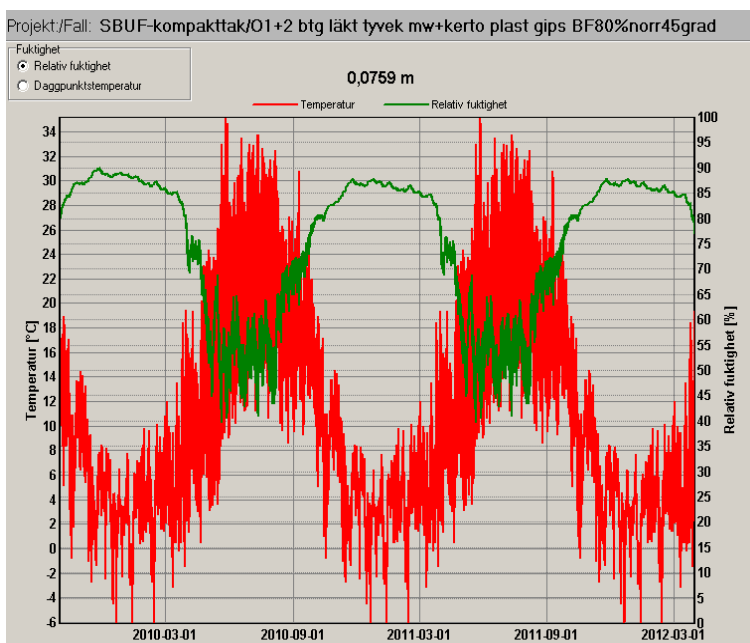
Figur 57. Byggfukt 80 % RF.

Kräver stor fokus på byggfuktshantering. Mögelmodell behöver tillämpas för att kunna godkänna konstruktionen som är känslig i drift vid högre fuktbelastning inomhus. Den största skillnaden mot de ventilerade lösningarna är att fukt även diffunderar in i konstruktionen tidvis när betongpannorna är blöta (p.g.a. diffusionsöppna underlagstak). Troligtvis behövs isolering utanpå takstolen vid användande av trätakstolar.

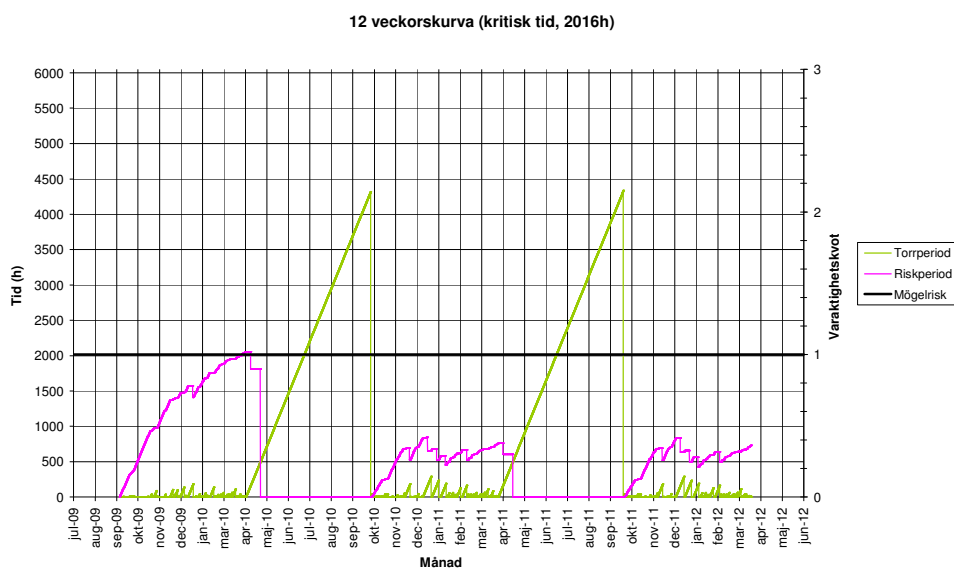


Figur 58. Klimatet närmast under takduken

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

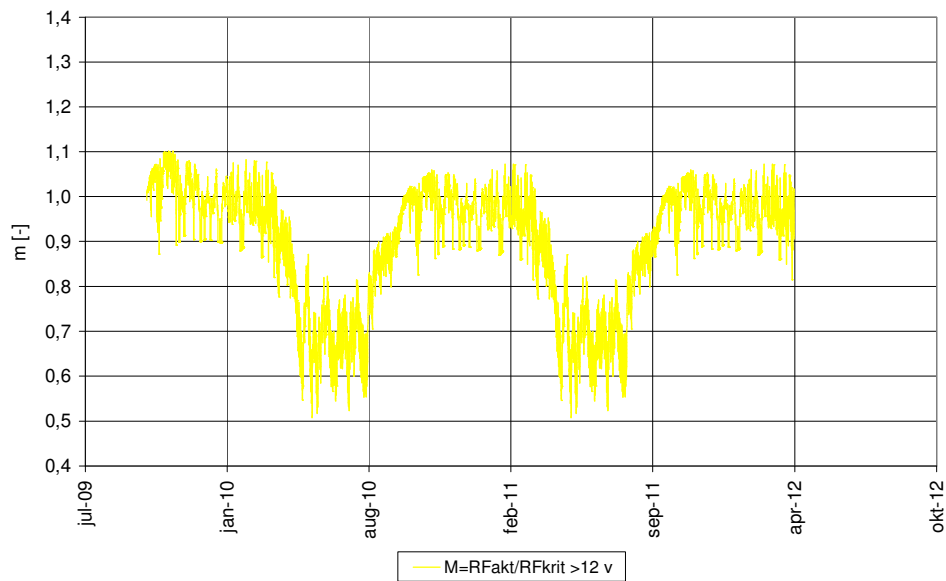


Figur 59. Om man även i denna konstruktion har utvändig isolering på takbalkarna får man en bättre lösning. Beräkningen visar klimatet 40mm in i isolerlagret (simulerar vad som händer vid en kombitakstol där yttersta delen består av isolering).



Figur 60. Byggfukten är hög första året, men hinner torka ut innan nästa fuktperiod uppstår under de kalla årstiderna. Fuktperioderna hinner torka ut emellan.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



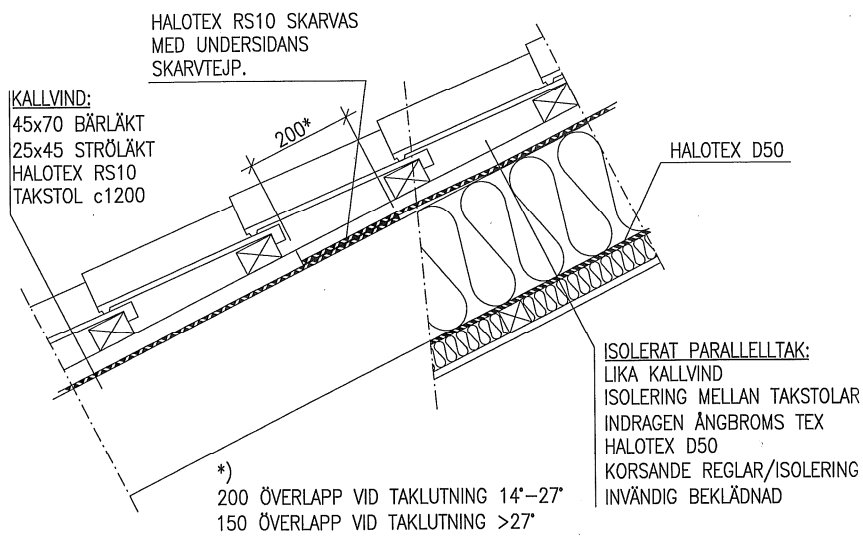
Figur 61. M-värdet går upp >1.0, men sjunker låg <0,6 under torrperioderna, vilket gör att konstruktionen hinner torka.

	>1 dygn	>1 vecka	>2 veckor	>4 veckor	>8 veckor	>12 veckor
Max varaktighet (period m>1 [h])	0	0	0	0	664	2059
Riskbedömning	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Låg Risk	Hög Risk!
Kritisk varaktighetskvot (max/kritisk)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,49	1,02

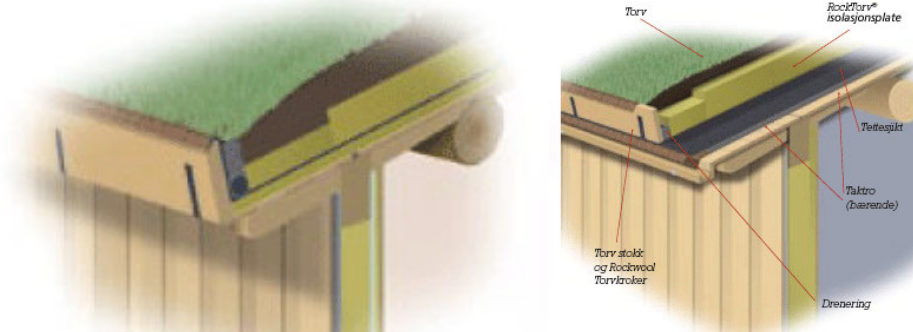
Figur 62. Totalvärdet blir runt 1,0 dock skulle den kunna förbättras något för att garanterat ligga med ett m-värde < 1.0. Genom att öka isoleringen lite i tjocklek över takbalkarna kan ge den positiv effekten som behövs, det bör man undersöka.

De följande konstruktionerna har vi inte utfört några beräkningar för (wufi, m-modell, kalkyl) i denna rapport. Vi redovisar endast typlösningar från leverantörernas hemsidor.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

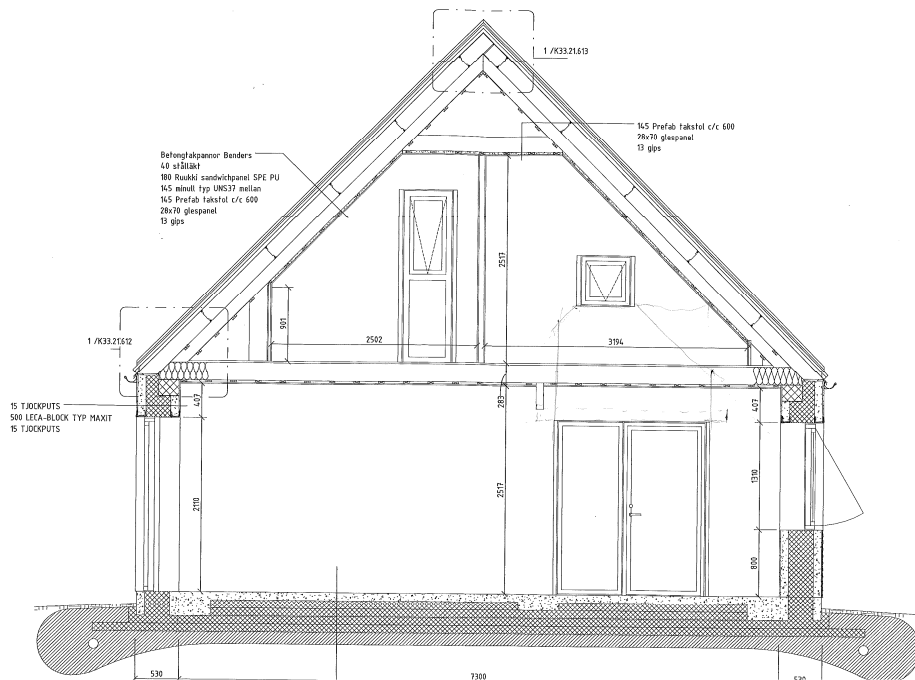


Figur 63. Halotex duk från Mataki, är ett dukalternativ. Dock har vi inte kört några beräkningar på detta alternativ.

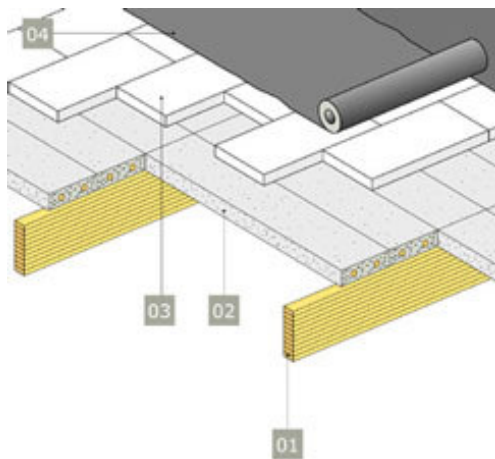


Figur 64. Rockwool har en lösning med oventilerat torvtak, tätskiktet består av asfaltpapp, helsvetsad takfolie eller annat godkänt tätskikt av plast.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 65. Ruukki fryspanel som yttertak är en innovativ idé och fullt möjlig!



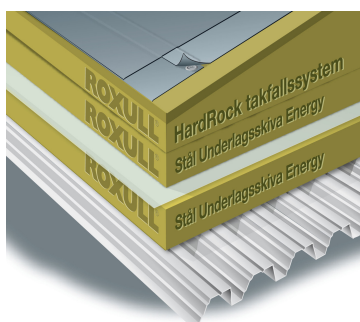
1. Bärverk, balkar av limträ.
2. Bärande träullselement, tjocklek 150 mm. Längder: 1990 mm eller 2 390 mm. Bredd 495 mm.
3. Sandwich-skiva av träull (15 mm) på cellplast. Totaltjocklek: 50, 70, 100, 120 respektive 150 mm.
4. Tätskikt av skyddsbelagd papp, duk eller plan plåt.

Figur 66. Oventilerat träullstak med utvändig isolering i Träguiden; /34/ Ett tak med bärande träullselement, vanligt i lagerhallar och idrottshallar.

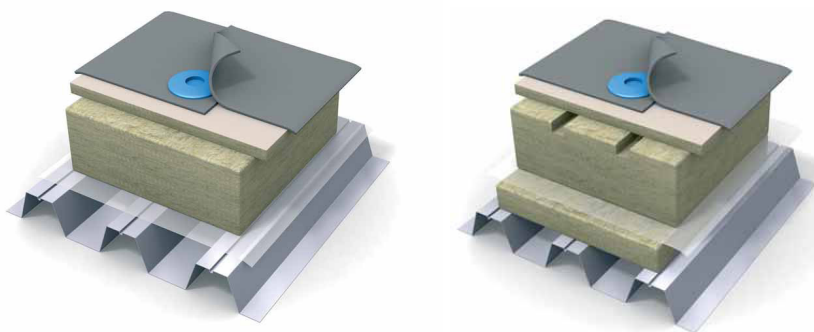
5.10 Takkonstruktion nr 8, underlag av stål

Kompakttak på trp-plåt, vanligt industritak men numera även vanligt på bostadshus. Det är en beprövad metod som man vet fungerar. Vill man ha en oventilerad konstruktion, kan man lämpligen isolera på trp-plåt. Idag lanseras detta som en lämplig konstruktion för låglutande tak, men den fungerar även för lutande parallelltak. /11/.

Denna konstruktionsbeskrivning föreskriver uppbyggnad av en takkonstruktion bestående av stålunderlag, fuktspärr, takisolering och takpapp eller takfolie. Vi har inte gjort någon WUFI- eller m-modellberäkning. Det finns inte något organiskt material som kan mögla. Denna konstruktion är utmärkt för tak med lägre lutning, men då man använder konstruktionen för branta tak kan det bli problem med infästningen av isoleringen (den måste ligga på plats) samt då man använder pannor med läkt behövs långa infästningar. Om man kan komma på nya smarta infästningar för både isolering och läkt utan att perforera plåten och folien – kan man få fram en framtidslösning. Denna konstruktion har vi redovisat som en godkänd lösning, utan att redovisa beräkningar.



Figur 67. Ovan visas exempel på energieffektiv takisolering av stålunderlag. U-Värde 0,12 W/m²K



Figur 68. Motsvarande lösning från Paroc och Isover. Att observera, i alla fall med isolering på trp-plåt finns en plastfolie (fuktspärr) placerad på plåten under isoleringen alternativt mellan två isoleringsskikt men så nära insidan som möjligt.

KONSTRUKTIONSLÖSNINGAR - Låglutande tak

L:201

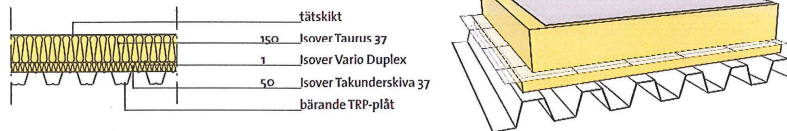
Bärande plåt, med tätskikt



Egenskaper			Förklaring
U-värde [W/m ² ·°C]	Brandklass	Ljudreduktion [dB]	Isover Takboard 33 används som lastfördelande övre skikt. Samtliga takprodukter av Isover glasull är klassade som A ₂ s ₁ d ₀ (obrännbart material). Genom att placera ångspärren/ångbromsen mellan den nedersta Isover Takboard 33 och Isover Takunderskiva 37 minskar risken för perforering. På underlag som inte är helbärande, t.ex. profilerad plåt, måste man ta hänsyn till största avstånd mellan profiltopparna och minsta bredd på profiltopparna. Se gärna arbetsanvisningarna på sid 152. VIKTIGT! För att undvika fuktvandring bör alla isolerade låglutande tak förses med en ångspär/ångbroms. Det är även viktigt att takmaterialen hålls så torra som möjligt när de byggs in i konstruktionen.
0,11	REI30	R _w +C ₅₀₋₃₁₅₀ =40 R _w +C _{1r,50-3150} =30	

L:202

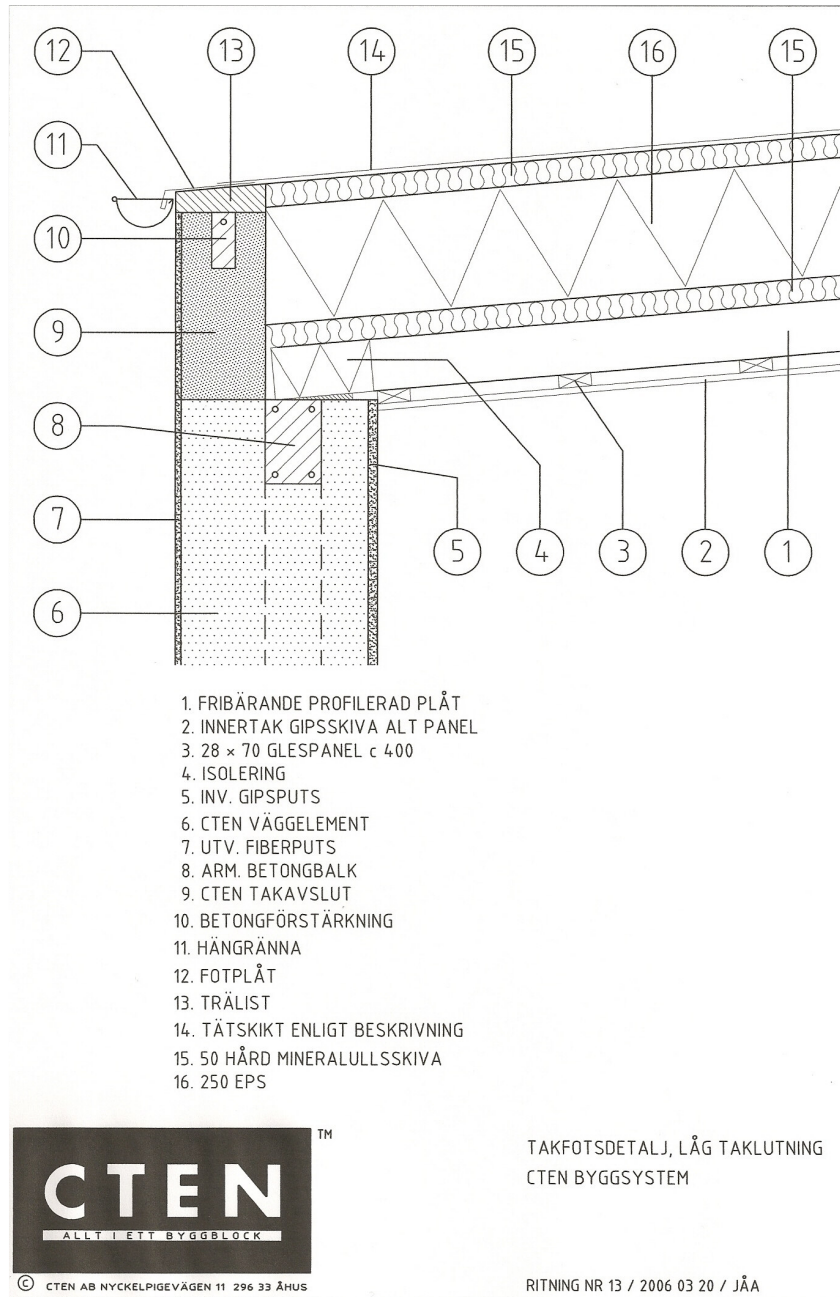
Bärande plåt, med tätskikt



Egenskaper			Förklaring
U-värde [W/m ² ·°C]	Brandklass	Ljudreduktion [dB]	Isover Taurus 37 används här som övre lager i en flerskiktlösning. Produkten tål tuffa tag på taket. Isover Taurus 37 har låg vikt, vilket är bra för arbetsmiljön och takkonstruktionen. Samtliga takprodukter av Isover glasull är klassade som A ₂ s ₁ d ₀ (obrännbart material). Genom att placera ångspärren/ångbromsen mellan Isover Takunderskiva 37 och Isover Taurus 37 minskar risken för perforering. På underlag som inte är helbärande, t.ex. profilerad plåt, måste man ta hänsyn till största avstånd mellan profiltopparna och minsta bredd på profiltopparna. Se gärna arbetsanvisningarna på sid 152. VIKTIGT! För att undvika fuktvandring bör alla isolerade låglutande tak förses med en ångspär/ångbroms. Det är även viktigt att takmaterialen hålls så torra som möjligt när de byggs in i konstruktionen.
0,18	REI30	R _w +C ₅₀₋₃₁₅₀ =40 R _w +C _{1r,50-3150} =30	

Figur 69. Samma typ av tak från Isover.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 70. Kreativ Hus, skapat av arkitekten Jan-Åke Andersson bygger sina hus med CTEN-block. CTEN byggblock består av EPS och betong. Yttertaken byggs upp av trp-plåt med EPS och mineralull.



Figur 71. På BoDagarna som var i Åhus 4-13 september 2009 visades bland annat detta hus med trp-tak enligt CTEN. Plåten gör det möjligt att bygga tak med annat utseende, här är plåten upplagd på CTEN-väggelement.



Figur 72.

På BoDagarna hade man inte hunnit få upp den invändiga gipsen. Gipsskivorna fungerar som akustikdämpande samt brandavskiljande (extra viktigt vid t. ex. radhus). Just vid plåttaklösningar är det lite knepigare att få till innertaket, det bör nämligen vara fribärande och inte inspönt vid väggarna för att undvika knäppningar/spänningar när plåttaket rör sig. Vid vägganslutningar kan det behövas skugglistor eller andra lösningar för att dölja anslutningarna.

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Traditionellt kompakttak är Foamglastak, beprövat och fungerande. Foamglas används ofta vid terrasstak och gårdsbjälklag och är en dyrare lösning, därför inte så vanlig vid "vanliga tak".



Figur 73. Läggnig av Foamglastak.

Foamglastaket fördelar är bl. a. /31/:

- Vattentät och kompakt konstruktion.
- Ogenomtränglig för vattenånga.
- Motståndskraftig mot rötter, gnagare och skadedjur.
- Hög tryckhållfasthet - klarar stor tryckbelastning utan nämnvärd deformation.
- Inga mekaniska fästen.
- Bidrar till profilplåtstrukturens styvhet.
- Vindtålig.
- Icke brännbar.
- Ljuddämpande.
- Lång livslängd och konstant U-värde

6 Tak över kallt vindsutrymme

I denna rapport har vi i huvudsak fokuserat på parallelltak både luftade och oluftade. När man läser i Fukthandboken /3/ står det bl. a. att parallelltak är i princip ett varmt tak då luftspalten är så liten jämfört med då man studerar en kallvind och hela vindsutrymmet är fullt av kall luft. Det är två olika takkonstruktioner som fungerar olika när man studerar dem ur fukt- och värmesynpunkt. Det är synd att bygga ett kallt och i princip oanvändbart utrymme, som man hade kunnat använda som ett perfekt förråd om det hade varit uppvärmt. När man tar upp frågan med entreprenörerna får man till svar att det är billigare att bygga kallvind. Är det sant? Om man får problem måste man åtgärda det. Om man inte använder utrymmet är det onödigt, då är det bättre att bygga utan vind. Entreprenörerna menar att traditionella takstolar är billigare än takbalkar, om man inte isolerar taket behöver man inte heller sala på takstolen med extra regel. Det är billigare med lösull på vindsbjälklaget än i parallelltaket. Om man har en kall vind behöver man inte värma upp utrymmet, det blir billigare. Förråd kan man bygga i övriga utrymmen. Just nu är det populärt med låglutande tak för alla hustyper, de byggs oftast som parallelltak och utan vind. Installatörerna går då med sina kanaler i taket istället för på vindsbjälklaget, det är viktigt att de ligger på varma sidan.

6.1 Problem med kallvind

Flera hus byggs med kallt vindsutrymme, det kan både vara småhus, flerbostadshus eller kontor. Gemensamt för bostäderna är att de har ett mycket väl isolerat vindsbjälklag och därmed ett mycket kallt tak. Det är förvånansvärt att taken ofta ser lika ut oavsett bostadstyp, vanliga traditionella takstolar med råspont och papptak ofta med ventilation vid takfot ochnock. Det är inte ovanligt med att yrsnö flyger in och lägger sig på vindsbjälklaget. Vindsbjälklaget kan vara av trä eller betong. Oftast finns där installationer dragna, och där finns isolerade ventilationskanaler mm.

Klimatet på vinden blir detsamma som utomhus, det innebär att relativa fuktigheten under vinterhalvåret är hög och under klara nätter uppstår kondens på insidan av råsponten pga. nattutstrålning. Detta är vanligt både vår och höst och vid gynnsam temperatur kan mögel växa.

Andra fuktskador kan vara läckage från installationer, läckage pga. dåligt utfört tätskikt, byggfukt, fuktvandring inifrån om det är hål i det invändiga tätskiktet. För att förhindra dessa läckage ska få genomföringar i innertak och yttertak utföras.

Tidigare rekommenderade man mycket ventilation på vinden, via takfötterna, nocken eller genom mögelstoppers. Nu har man kommit fram till att det är ogynnsamt med för mycket kall utomhusluft på vinden. Att ventileras vinden med utomhusluft vintertid innebär ingen uttorkning av luften i vindsutrymmet. Vid ett antal forskningsprojekt på SP har man studerat detta och även där har man kommit fram till att det blir ett gynnsammare klimat om man tilläggsisolerar underlagstaketets ovansida. Isoleringen innebär att vindsutrymmet blir något varmare och torrare. De utförde även prov med begränsad ventilation och fick torrare i vindsutrymmet. /39/

De fuktmätningar Skanska har utfört både teoretiskt och på testhus visar att de första åren då man har hög byggfukt kan det vara gynnsamt att ventileras även vid takfötterna. Efter två år bör denna takventilation täppas till och enbart övergå i begränsad ventilation vid gavlarna i kombination med isolering utanpå råsponen. /1/

6.2 Utförande av kallvind

Om man ska bygga kallvind ska den utföras med begränsad ventilation. Förslagsvis genom liten takfotsventilation (ca 5 mm) tillsammans med gavelventilation. Stängning av den ena ventilationsvägen kan ske efter att byggfukten torkat ut. Detta förbättrar klimatet på vinden och skulle kunna utföras vid t ex garantibesiktning. /33/

Det bör vara noggrant utförande vid montage av plastfolie i vindsbjälklag för att inte få något fuktillskott från inomhusluften på den kalla vinden. Vid luftläckage försämras klimatet på vinden. Då ventilationen är begränsad är vinden mer känslig för luftläckage än vid traditionell ventilation. Vid radhusbyggnation föreslås ofta helt täta takfötter, inte pga. fukt utan pga. brandriskspridning men det fyller även en funktion genom att begränsa ventilationen. När huset är färdigtbyggt ska en täthetsprovning utföras för att kontrollera att det inte finns läckage. Om det finns läckor ska dessa åtgärdas.

Utvändiga takluckor rekommenderas för att reducera risken för luftläckage. Invändiga takluckor/vindsluckor har i dagsläget inte

tillräckligt god täthet. Det är inte lämpligt med spotlights som perforerar ev. tätskikt mot vind.

6.3 Väderskydd

Ett bristfälligt väderskydd under byggnadsskedet kan innebära att stora vattenmängder tillförs takkonstruktionen som är fuktkänslig. Följande generella grundprinciper gäller för taket oavsett byggnadstyp:

Fukttillförsel till takstol, råspont och även läkt under byggnadsskedet skall undvikas och ett torrt byggande skall eftersträvas. Det ibland framförda synsättet att låta byggnadsmaterialen "magasinera" vatten under byggnadsskedet och i ett senare skede torka ut fukten avråds från.

Byggnadsutformning som medger hög prefabriceringsgrad bör eftersträvas. Det går då att skapa tätt hus under dagen, risken för vatteninträngning är liten när taket är på och behovet av ett yttre väderskydd minskar, se bilder nedan. Taket kan byggas på mark under tält och lyftas på plats, taket kan byggas som större kassetter eller som mindre element. Alla dessa byggsätt är bättre än traditionellt byggande, det blir torrare tak, det blir mindre fallolyckor och det går betydligt fortare att montera. Byggtiden minskar och det blir då billigare samtidigt som man får tätt hus på en dag.



Figur 74. Vädertätning.

Observera vikten av att redan tidigt i projekteringen ta beslut om vilken prefabriceringsgrad och produktionsmetod som skall användas. Detta för att kunna kommunicera krav och förutsättningar för projekteringen till berörda konsulter.

En kontroll av vilket byggväder som kan förväntas kan fås genom att kontakta SMHI, DMI eller någon annan väderstation så att väderkänsliga arbeten inte startas när risken för nederbörd är stor.

7 SLUTSATS

För att hitta godkända takkonstruktioner där mögel och bakterier inte kan växa ska väl undersökta och dokumenterade kritiska fukttillståndet användas.

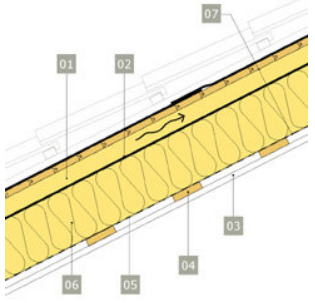
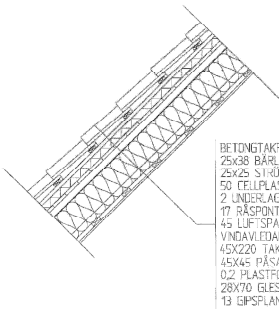
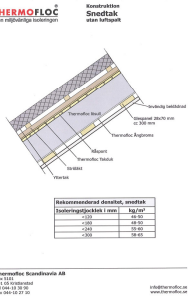
Fukttillstånd: Nivå på fuktförhållanden i ett material. Fukttillståndet för material kan beskrivas som fukthalt, fuktkvot, relativ fuktighet m.m.

Kritiskt fukttillstånd: Fukttillstånd vid vilket ett materials avsedda egenskaper och funktion inte uppfylls. /5/

Tabellen visar en sammanfattning av de teoretiska beräkningarna i rapporten som är räknade med Wufi 4.2, mögelmodellen samt SPIK. Att observera är att vi har räknat med en perfekt konstruktion utan någon ev. läckage, om vi har ett läckage blir resultaten annorlunda. Vi har räknat med svarta tak med lutning 45° i Lund riktade mot norr och fuktlast RF 50-70%, om man väljer andra indata t.ex. annan ort eller annan fuktbelastning visar beräkningarna andra resultat.

- Gör beräkningar och mätningar! Förutom teoretiska beräkningar bör man även göra praktiska mätningar på byggda hus.
- Det är viktigt att bygga med så lite byggfukt som möjligt samt undvika luft- och vattenläckage.
- Konstruktionen bör besiktigas noga efter utförandet för att undvika slarv vid byggnation.
- Det är viktigt att leverantörer som presenterar konstruktionslösningar har räknat igenom dem med många olika alternativ samt utfört praktiska mätningar i byggda hus. De ska kunna leverera materialdata med kritiska fuktnivåer för varaktighet och temperatur. Om det kritiska fukttillståndet för ett material inte är väl undersökt och dokumenterat skall en relativ fuktighet (RF) på 75% användas som kritiskt fukttillstånd.
- För att få fram de bästa resultaten bör man göra många beräkningar med olika konstruktionssammansättningar, i rapporten visar vi bara en bråkdel.

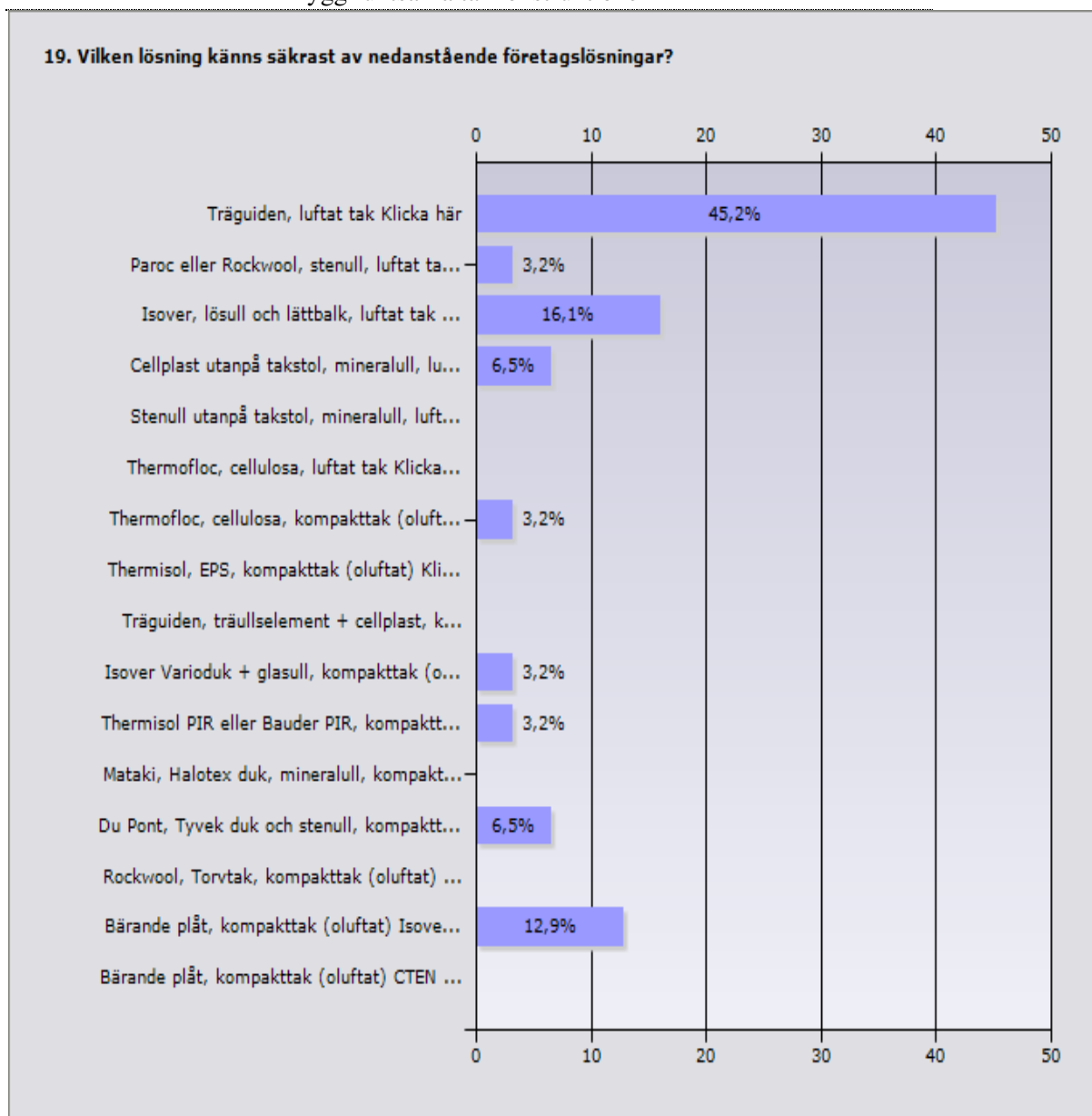
Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Takkonstruktion	Nr 1	Nr 2	Nr 4
Takkonstruktion Bild		 BETONGTAKPANNOR 25x38 BÄRLÄKT L 25x25 STRÖLÄKT S 50 CELLPLAST 2 UNDERLAGSPAPP 17 RÅSPONT 45 LUFTSPALT VINDAVLEDARE 45x220 TAKSTOLAR 45x45 PÅSALAT / 2 0,2 PLASTFOLIE 28x70 GLESPANEL 13 GIPSPANK	 THERMOFLOC Konstruktion Skivtäckt utan luftspalt THERMOFLOC 21 RÅSPONT 350 LÄTTREGEL 350 CELLULOSA THERMOFLOC ÅNGBROMS 28 GLESPANEL 13 GIPS BETONGTAKPANNOR 25x38 BÄRLÄKT L 25x25 STRÖLÄKT S 50 CELLPLAST 2 UNDERLAGSPAPP 17 RÅSPONT 45 LUFTSPALT VINDAVLEDARE 45x220 TAKSTOLAR 45x45 PÅSALAT / 2 0,2 PLASTFOLIE 28x70 GLESPANEL 13 GIPSPANK THERMOFLOC 21 RÅSPONT 350 LÄTTREGEL 350 CELLULOSA THERMOFLOC ÅNGBROMS 28 GLESPANEL 13 GIPS BETONGTAKPANNOR 25x38 BÄRLÄKT L 25x25 STRÖLÄKT S 50 CELLPLAST 2 UNDERLAGSPAPP 17 RÅSPONT 45 LUFTSPALT VINDAVLEDARE 45x220 TAKSTOLAR 45x45 PÅSALAT / 2 0,2 PLASTFOLIE 28x70 GLESPANEL 13 GIPSPANK
Takkonstruktion Ingående material	Betongtakpannor 25x38 Bärläkt 25x25 Ströläkt Underlagspapp 17 Råspont 50 Luftspalt 400 Kerto/Lättregel 350 Minull Plastfolie 28 glespanel 13 gips	Betongtakpannor 25x38 Bärläkt 25x25 Ströläkt 50 Cellplast Underlagspapp 17 Råspont 50 Luftspalt 300 Kerto/Lättregel 45/45 påsalat 300 Minull Plastfolie 28 glespanel 13 gips	Betongtakpannor 25x38 Bärläkt 25x25 Ströläkt Thermofloc Takduk 21 Råspont 350 Lättregel 350 Cellulosa Thermofloc Ångbroms 28 glespanel 13 gips
RF råspont driftskede Max år 1 Max år 2 Max år 3	≈ 91 % ≈ 82 % ≈ 80 %	≈ 85 % ≈ 76 % ≈ 75 %	≈ 90 % ≈ 88 % ≈ 87 %
Fuktkvot i Råspont Max år 1 Max år 2 Max år 3	≈ 23 % ≈ 19 % ≈ 19 %	≈ 19 % ≈ 16 % ≈ 16 %	≈ 23 % ≈ 22 % ≈ 21 %
m-modell, KVK = kritisk varaktighetskvot	1,83	0,56	0,80
kalkylpris	602-682 kr/m ²	609-622 kr/m ²	767 kr/m ²
GODKÄND enligt m-modellen	NEJ	JA	JA

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

Takkonstruktion	Nr 5	Nr 6	Nr 7	Nr 8
Takkonstruktion Bild				
Takkonstruktion Ingående material	Betongtakpannor 25x38 Bärläkt 25x25 Ströläkt Underlagspapp 22 Råspont 45x360 Kerto s1200 195 Isover Bjlskiva 36 170 Isover Bjlskiva 36 Isover Vario Duplex 45 Isover UNIskiva 36 45 hor träregel 13 gips	Betongtakpannor 45x70 Bärläkt 45x70 Ströläkt 100 PIR 45x220 K24 220 Minull Plastfolie 28 glespanel 13 gips	Betongtakpannor 45x70 Bärläkt 25x25 Ströläkt Tyvekduk 400 Kerto/Lösull Plastfolie 28 glespanel 13 gips	Papptak 20 Board 200 Takunderskiva Plastfolie 100 Takunderskiva Trp-plåt
WUFI RF råspont Max år 1 Max år 2 Max år 3	≈ 94 % ≈ 93 % ≈ 92 %	≈ 87 % ≈ 75 % ≈ 72 %	≈ 90 % ≈ 87 % ≈ 87 %	-
Fuktkvot i Råspont Max år 1 Max år 2 Max år 3	≈ 25 % ≈ 24 % ≈ 24 %	-	-	-
m-modell, KVK = kritisk varaktighetskvot	2,65	0,95	1,02	-
kalkylpris	621 kr/m ²	572-628 kr/m ²	551 kr/m ²	718 kr/m ²
GODKÄND Enligt m-modellen	NEJ	JA	NEJ	JA

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner



Figur 75. Enkätfråga 19.

Den lösning som enkätsvararna trodde var den säkraste lösningen, är tyvärr inte säker! Förhoppningsvis blir detta svar annorlunda om enkätundersökningen görs igen, om 1-2 år och de flesta entreprenörer, konstruktörer, produktionschefer och projektchefer har börjat bygga på ett annat sätt. Det bygger dock på att leverantörernas konstruktionslösningar uppdateras!

Intervjuer/enkäter

Björn Johansson, Bjerking
Peter Bojrup, Structor
Magnus Ericson, WSPgroup
Tomas Cervin, Tyréns

Per Strand, JM
Allan Rasmussen, JM
Åsa Letho, JM
Christer Harrysson, Midroc
Per-Olle Olsson, Midroc
Martin Sandén, NCC
Roger Persson, NCC
Bertil Hopp, PEAB
Bengt Jansson, PEAB
Anders Wester, Skanska
Bertil Frändeви, Skanska
Frank Hedström, Skanska
Göran Fridholm, Skanska
Johan Spogardh, Skanska
Mikael Åstenius, Skanska
Robin Jangenhed, Skanska
Lars Cullin, Skanska
Roger Hallberg, Skanska
Per Nilsson, Skanska

David Norrman, Eksjöhus
Gunnar Sand, Finndomo
Stefan Roslund, Finndomo
Stefan Lindbäck, Lindbäcks Bygg
Stefan Holmberg, LBhus
Carl-Johan Sigfridsson, Myresjöhus
Ulf Haglind, Plusshus
Bo Bengtsson, Trivselhus
Åke Arbenius, Anebyhus

Philip Andersen, Cremab
Patrik Andersson, Isover Saint-Gobain
Birgitta Rydén, Isover Scandinavia
Sven-Åke Jarl, Thermofloc
Magnus Wallin, Thermisol

Beräkningar

Peter Brander, Skanska Byggfysikgruppen, WUFI Pro 4.2-beräkningar
Stefan Ferrari, Skanska Byggfysikgruppen u-värden
Åse Togerö och Patrik Bengtsson, Skanska Byggfysikgruppen m-modellen
(mögelmодellen)
Linda Persson, Skanska Kalkyl, SPIK

Bilagor

1. Enkät easyresearch
2. Ferrari Stefan, u-värden
3. Kalkylvärden från SPIK
4. Byggvarudeklarationer

Litteraturförteckning

[1] Skanska Teknics WAR-projekt, Wall and Roof

[2]<http://www.sintef.no/Byggforsk/Byggematerialer-og-konstruksjoner/Konstruksjonsteknikk/>

[3]Nevander L E. Elmarsson B. (2007) *Fukthandboken*. Svenskbyggtjänst. ISBN 91-733-156-2

[4]Esping B. Salin J-G. & Brander P. (2005) *Fukt i trä för byggindustrin*. SP Träk 2005. ISBN 978-91-976310-0-6

[5]Boverket. (2008) *Regelsamling för byggande, BBR*. ISBN 978-91-86045-03-6

[6]Nilsson, L-O. (2007) *Byggvägledning 9: Fukt – En handbok i anslutning till Boverkets byggregler*. Svensk byggtjänst. ISBN 978-91-7333-231-6

[7]Betongvaruindustrin.
Branschregler för taktäckning med betongtakpannor.
Finns att ladda ned på t ex Benders hemsida, www.benders.se.

[8]Cecilia Björk, PerKallstenius, Laila Reppen (1984) *Så byggdes husen 1880-1980*

[9]Cecilia Björk, Lars Nordling, Laila Reppen (2009) *Så byggdes villan*

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

- [10] www.paroc.se
- [11] <http://guiden.rockwool.se/konstruktioner/>
- [12] www.isover.se; mejl från Birgitta Rydén och Patrik Andersson,
http://www.isover.se/files/Isover_SE/Om_Isover/Kontakta_oss/Broschyrer_Bygg/Isover%20Vario%20SE.pdf
- [13] http://www.thermisol.se/pdf/TH_tak%20broschyr_web2006.pdf
- [14] <http://purgruppen.se/?p=2>
- [15] http://www.casco.se/_miljo/pdf/produkter.pdf
- [16] <http://app.bastaonline.se/>
- [17] <http://www.kemi.se/templates/PRIOPage.aspx?id=4094>
- [18] http://www.av.se/teman/isocyanater/vad_isocyanater/
- [19] http://www.byggnadsvard.se/index.php?option=com_content&view=article&id=307:isoleringsmaterial-en-oersikt&catid=44:isolering&Itemid=68
- [20] http://www.finja.se/Page_____1001.aspx?PageID=15&MID=5
- [21] www.maxit.se/33575 www.weber.se
- [22] <http://www.torvtak.se/Produkter.htm>
- [23] <http://guiden.rockwool.no/produkter/byggisolering/rocktorv>
- [24] http://www.icopal.se/Produktsortiment/laglutande/grona_tak.aspx
- [25] <http://www.vegtech.se/sv/veg-tech-bygg/products/takvegetation---grona-tak/projektering---uppbyggnad/uid-35/categoryinformation.aspx>
- [26] <http://www.vasstak.se/>
- [27] <http://www.farfarspagar.se/?pid=24>
- [28] <http://www.tegelmaster.se/page2692.aspx>
- [29] www.bauder.de
- [30] <http://www.thermofloc.se/cellulosaisolering.asp>

Bygg fuktsäkra takkonstruktioner

- [31] <http://www.foamglas.se/kompakttak/>
- [32] http://www.lth.se/fileadmin/fuktcentrum/Publikationer/Bygg-Teknik/2_00_49.pdf
- [33] Skanska Teknik, Tekniska lösningar Hus och Bostad, Standardyttertak
- [34] <http://www.traguiden.se/TGtemplates/popup2spalt.aspx?id=5103&contextPage=5950>
- [35] Sydsvenskan 2008-11-14
- [36] <http://www.traullit.se/?location=3,1,1>
- [37] <http://www.monier.se/produkter/underlagstak.html>
- [38] www.trygghetsvakten.se
- [39] Bygg & Teknik 4/06, Kalla vindar – problem och förbättringar
- [40] Bygg & Teknik 4/10, Fuktsäkerhet och isolering i välisolerade hus – hur kan takkonstruktionen optimeras?

Bilagor