

ISOLASJON

En remiks

Innhold:

• Bomull	s. 3
• Cellulosefiber	s. 3
• Fåreull	s. 4
• Halm	s. 4
• Hampefiber	s. 6
• Kokosfiber	s. 7
• Kork	s. 7
• Kutterspon	s. 7
• Lettklinker	s. 8
• Lettleire	s. 8
• Linfiber	s. 8
• Massivtre	s. 9
• Mineralull	s. 10
• Never	s. 13
• Perlitt	s. 13
• Porebetong	s. 14
• Skumbetong	s. 14
• Skumglass	s. 14
• Torv	s. 15
• Transparent isolering	s. 15
• Trefiberisolasjon	s. 16
• Trefiberplater	s. 20
• Treullplater	s. 20
• Vakuumisolasjon	s. 20
• Vermiculitt	s. 21

De fleste isolasjonsmaterialer bygger på prinsippet med stillestående luft som isolerer, og de inneholder derfor mange små hulrom (Dette kalles termisk isolasjon, andre alternativer er vakuumisolering og dynamisk isolering). De kan inndeles i isolasjonsmaterialer som tåler fuktige miljøer og isolasjonsmaterialer som må holdes tørre. Interessant er om materialet kan lagre varme og fukt, om det er tett eller diffusjonsåpent, samt om det er trykktålelig. Isolasjonsmaterialer forekommer som løsfyll (granulat), matter, skiver og blokk. Dessuten finnes det spesialisolasjon, f. eks. rørisolasjon.

Lav λ (lambda)-verdi = god isolasjonsevne.

BOMULL ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$)

Bomull har gode isoleringsegenskaper og anvendes som isolasjonsmatter og som løsfyllisolering. Den behøver ikke beskyttes mot møllangrep, men borsalter tilsettes for å minske lettantenneligheten. Transporten fra dyrkerne er lang og energikrevende. Bomullsdyrkerne anvender store mengder gift ved dyrking og bearbeiding av bomull, som gir alvorlig innvirkning på mennesker og miljø.

CELLULOSEFIBER ($\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$)

Cellulosefibrerisolasjon framstilles av gamle dagsaviser eller nyprodusert cellulose. Isolasjonen leveres som løsfyll, matter eller dyttestry. Den tilsettes borsyre og boraks i så høye verdier som opp til 18 - 25 % av massens vekt. Noen produsenter framstiller forskjellige produkter med hvert sitt anvendelsesområde, og har derfor tilsatt fargestoff for å kunne skille de forskjellige produktene fra hverandre.

Materialet har god termisk varmekapasitet med 1600 J/(kgK) , noe lavere enn for trefiberisolasjon. Det har gode fuktbuffrende egenskaper. Rett installert har cellulosefibrene høy lufttetthet og motvirker luftbevegelser (konveksjon) i isolasjonen. Cellulosefibrerisolasjon er relativt tungt og medfører at lydisoleringen blir forholdsvis god, samt motstår overoppheting om sommeren ved god komprimering. Best lydisolering oppnås ved en densitet på 50 kg/m^3 , ved en densitet på 65 kg/m^3 (anbefalt for å unngå setninger) får man en reduksjon på 1 – 2 dB i enkeltvegger og 2 – 4 dB i dobbeltvegger. I tillegg kan man ved en innblåsning større enn ca 50 kg/m^3 i lette konstruksjoner, skape en uhensiktsmessig kobling mellom konstruksjonens to halvdel.

Løsfyllisolering sprutes inn med kompressordrevne maskiner med et visst trykk, noe som gjør så hulrom fylles ut effektivt og sammensynkning (setninger) uteblir (krever relativt høy komprimering, 65 kg/m^3 eller mer for å være på den sikre siden). Ved våtsprøyting av papirisolasjon tilsettes 20 – 30 vekt% vann som "bindemiddel" til det tørre isolasjonsmaterialet. Deretter skal veggen tørke ut innen den lukkes. Våtsprøyting er utbredt i Finland, men har inntil videre ikke vunnet innpass i Norge. Cellulose støver under innsprøytingen og åndedrettsvern må anvendes.

En ulempe med løsfyllisolering er at man må anvende en entreprenør med innblåsingsutstyr, generelt bør man som økobygger unngå entreprenører. Å produsere cellulosefibrer av returpapir eller opprevet tremasse er energieffektivt, mens nyprodusert

cellulose krever betydelig mer energi. På den annen side slipper man trykksverte, samt bekymringer for at avisene kan ha vært utsatt for fukt og mugg (f. eks. aviser som har stått ute om natta ved en kiosk).

Gjenvunne cellulosefibre kan også bli brukt i produksjon av matter ved å tilsette limstoff (ofte basert på lignosulfater, et restprodukt ved tilvirkning av papirmasse). Jute kan bli tilsatt som en forsterker, pluss en treharpiks (kolofonium) som fuktavvisende middel. Som fungicid kan nyttes en blanding av ammoniumfosfat og tannin, som et alternativ til borater. Disse mattene blir temmelig stive. En mer fleksibel type produseres fra jomfruelig cellulose med opp til 9 % polyester- eller polyolefinfibre som støttefibre. Jomfruelig cellulose kan også formes til remser, som kan nyttes til drevmateriale.

FÅREULL ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$)

Saueull tilsettes ofte borsalter i ca 3 vekt% ved anvendelse som isolering, og kan forses med opptil 18 % polyesterfibre for at mattene skal bli stive. Den er brannherdig og har god evne til å ta opp, lagre og avgi fukt (30-40 % av egenvekten). Hardt sammenpressede fårullsmatter anvendes også som trinnlydisolering. Fårull er utsatt for møllangrep og man impregnerer den derfor med sådanne halogenorganiske forbindelser som eulan og mitin FF. Fåreull uten møllmiddel kan rammes av insektangrep.

HALM ($\lambda = 0,070 - 0,085 \text{ W/mK}$)

Halm kan anvendes som isolering og som bærende materiale i vegger, men det er en fordel å forse den med tungt bindingsverk e.l. Halm kan også blandes med leire i konstruksjoner av lettleire. Noen tilsetter kalk i halmen for å gjøre den mer motstandsdyktig mot muggangrep. Mugg trives best i sure omgivelser og med organiske materialer som næring. Noen mener økologisk dyrket halm er å foretrekke, fordi den har langsommere vekst og en mindre "svampaktig" struktur. Andre foretrekker sprøytet halm fordi de mener denne bærer på færre sopp sporer. Noen mener rughalm er mest motstandsdyktig, trolig fordi denne har et høyere naturlig innhold av silikater. Uansett er det viktigste å holde halmen tørr gjennom reale takutspring og kapillærbrytende sjikt mot grunn. Mot grunn er glasopor blokk absolutt kapillærbrytende. Problemet er at denne må ha en slags "overdekning" for at pussen skal få tak, da leire- og kalkpuss ikke biter på tette materialer som betong og skumglass. I forhold til CO₂-utslipp kommer halm desidert best ut av alle isolasjonsmaterialer med en faktor på minus 13, der 0 er nøytralt.

For å oppnå halmballer egnet til konstruksjonsbruk, må det sikres at halmen ikke har vært utsatt for regn fra den høstes til den presses til baller, samt at lagring av ballene skjer med så fri lufttilgang som mulig.

Egnede halmballer skal være gule og skinnende og ha en densitet på minst 80 – 90 kg/m³. Desto lengre strå som inngår, desto mer formstabile er halmballene. Det skal sikres at halmballer til konstruksjonsbruk er fra foregående års høst, da de ellers ikke vil være tilstrekkelig tørre. Halmballer må lagres minst et år før bruk, dette fordi stråene har et utvendig vokslag som brytes ned over tid. Dette vokslaget gjør så pusslaget får dårlig feste til stråene, og kan derfor lettere falle av.

Isolering med halm kan utføres som løsfyll, som skiver eller som baller. Størrelsen på halmballer varierer avhengig av halmpressa, tostrengsballer kan være 35x45x90 cm og trestrengsballer 41x58x114 cm. Halmballene må være ordentlig sammenpressede, tørre (10-15 % fukt) og ikke vise noen tegn til mugg. Det kan være et problem med insektangrep som har skjedd under oppbevaring av halmballene, og som så kan spre seg når ballene anvendes til bygningskonstruksjoner.

Halmballene kan gjøres mer brann- og råteresistente ved å dyppe dem i en 5 % vannglassløsning eller tyntflytende leire- og/eller kalkvelling. Bjørn Berge anbefaler en oppløsning med 1 del vannglass til 2 deler vann, i forbindelse med halmmaterialer. Vannglass er meget dampåpent, det både hever alkaliteten og er brannhemmende. I Danmark foregår det forsøk for å benytte natriumsilikat (vannglass) i linisolasjon. Også leire hever alkaliteten noe. Mugg trenger en pH mellom 2,5 – 6 for å utvikles.

Normalt vil den bærende konstruksjonen utgjøres av et treskjelett, men halmballene bør alltid spennes sammen ved innbygging for å unngå at de setter seg. Dette minimerer dels risikoen for kuldebroer, dels motvirker det revnedannelser i pusslaget. Typiske svingninger i fuktinnholdet over året vil bevirke en setning av en leirpusset halmvegg på 0,1 %.

Forsøk med en 450 mm tykk halmvegg med 40 mm leir- eller kalkmørtel utvendig og 40 mm leirmørtel innvendig utført uten dampsperre har vist, at hvis en sådan vegg utsettes for en langvarig fuktbelastning tilsvarende vinterforhold, kan det oppbygges et fuktinnhold i veggen opp til 20 vekt%. (Munch-Andersen & Møller Andersen, in press). Dette tilsvarende nivået hvor råte og mugg kan bryte ned halmen, forutsatt at temperaturen er tilstrekkelig høy.

Det høye fuktinnholdet finnes kun umiddelbart innenfor det ytterste pusslaget, hvilket betyr at kombinasjonen av fuktinnhold og temperatur som kan gi anledning til råte og sopp, kun sjelden forekommer. Konstruksjonen kan forbedres med å blande inn linolje i det innvendige pusslaget, som en ”diffusjonsbrems”, samt at innvendig pusslag bør gjøres noe tykkere enn utvendig. I utsatte strøk bør man vurdere en ventilert regnskjerm utenpå halmveggen.

En korrekt utført halmvegg med en tykkelse på ca 450 mm og pusset med ca 40 mm leire på begge sider, kan forventes å ha en luftlydisolasjon R’w på ca 52 dB.

Vindusnisjene i halmhus bør skrånes med 15 grader eller mer, ”pattern” 223 i *A Pattern Language* anbefaler en vinkel på 50 – 60 grader. En dyp og skrånet nisje minsker blendingen rundt vinduet, samtidig som lyset trenger bedre inn i rommet. Ulempen er en noe redusert isolering rundt vinduet, en mulighet er å bruke doble vindusrammer.

Noen er redde for at det kan komme mus i halmballene. Ifølge de som har erfaring med halmhus viser mus ingen interesse for halmballene så lenge de er tilstrekkelig hardt presset, dette er derfor viktig. Mus viser heller ingen interesse for å gnage i leirpusset, og med godt pressede halmballer er risikoen for revnedannelser liten.

Norsk Jord og Halmbyggerforening (NJH) www.njh.no har mer info om halmhus.

HAMPEFIBER ($\lambda = 0,038 - 0,040 \text{ W/mK}$)

Det ble laget tekstiler av hamp allerede for ti tusen år siden. Planten kom til Europa fra Asia for 3000 år siden, og var fram til 1883 den mest brukte jordbruksplanten i verden. For seilskipene ble hampefiberne viktig for å lage tauverk og seil. Også Osebergdronninga fikk hampefrø med seg da hun ble gravlagt rundt år 850.

Hamp er bomullsproduksjonens rake motsats, en rasktvoksende plante som konkurrerer godt mot ugras, og som er motstandsdyktig mot ulike sjukdommer og skadedyr. Den kan derfor dyrkes med liten eller ingen innsats av plantevernmidler. Hamp har i tillegg et effektivt rotsystem for opptak av vann og næringsstoffer, så kravet til kunstig vanning og bruk av handelsgjødsel er relativt moderat. Planten foredler jordsmonnet, i Ukraina er hamp dyrket på samme åker i 30 år uten at jorda ble utarmet. Den er hardfør og ble dyrket så langt nord som Nordland, og i mange dal- og fjellbygder.

Hampfibermatter består av sammenpresset hampefibre, som er meget sterke. Vanligvis benyttes kun bastfibrene, men også vedfibrene inne i stammen egner seg til isoleringsmateriale. Isoleringsmatter av hamp er ofte tilsatt opptil 15 % polyesterplast som bindemiddel, et meget brannutsatt materiale. Ved å benytte samme mekaniske prosess til avkorting av fibrene, som anvendes ved danskproduserte linfibermatter, bør det være mulig å redusere mengden støttefibre til 5 %. Oppkuttete fibre kan nyttes som isolasjonsgranulat og som styrkefibre i puss og mørtel. Hampefibre er et ypperlig drevmateriale rundt dører og vinduer etc. Hampefibre er vannavstøtende i seg selv, og tåler meget godt å utsettes for vann. Mattene er fuktbuffrende og har termisk varmekapasitet på 1600 J/(kgK) .

Fibrene er svært varmeresistente og tåler oppvarming opp til 600 °C uten å ta skade. Først over 370 °C oppstår fargeendring, og når fibrene varmes opp til 1000 °C forkulles materialet uten å ta fyr.

Ettersom hamp har en naturlig sopp- og bakteriehemmende virkning, behøver isolasjonsmateriale av hamp ikke å impregneres. Det er allikevel vanlig å tilsette 6 vekt% soda (natriumkarbonat), en soppkemmer som i første rekke virker ved å heve alkaliteten i produktet. Danske Statens Byggforskningsinstitutt klassifiserer soda som en brannhemmer, ved at den avgir vann under oppvarming. Det er ikke undersøkt om soda medvirker til økt fuktopptak i isolasjonen, slik som for ammoniumfosfat.

Den hampsorten (industrihamp) som dyrkes for å få fibre inneholder ytterst små mengder narkotiske substanser, men tilstrekkelig til å minske risikoen for skadedyr. Surrer man litt hampefiber rundt den nederste delen av kålplantene, holder kålflua seg unna. Hampefibre inneholder ingen proteiner og trenger derfor ikke behandles mot møll og biller.

Kanskje er det mulig å lage byggeblokker av hamp slik som for halmballer? En besnærende tanke med henblikk på hampens innebygde motstandskraft. Vurdert ut fra halmhusets gode inneklimategenskaper, ville hamphuset være intet mindre enn en liten revolusjon innen byggekunsten. Med tungt bindingsverk, håndverkspregede overflater og ro for sjela.

Hamp skal helst "rødne" før fibrene er egnet til videre bearbeiding. Rødning er den prosessen som foregår når den skårlagte hampeplanten ligger på marken et par uker, mens mikroorganismer bryter ned laget mellom vedceller og bastefibrene. "Rødningen" kan

framskyndes ved i stedet å legge stenglene i 35 °C varmt vann i fire dager. Adskillelsen av vedceller og bastfibre kan også skje rent mekanisk.

Hampfiberisolasjon har et svært godt miljørykte. I Tyskland finnes den å kjøpe hos de mange miljøbyggevarehusene. Etter informasjon fra selgerne skal den motstå setninger (sammensynking) bra, også som løsfyll. I følge Thermo Hanf er hampisolasjon å anbefale for astmatikere og allergikere. (Min mor hevder dog å være allergisk mot hampematter, hun måtte i sin tid kaste ut disse. Men det er mulig disse var produsert av Manilahamp, som tross navnet ikke er ei hampeplante).

Min artikkel om hamp ligger her: http://www.oa.no/lesernes_oa/leserbrev/article4733192.ece

Noen produsenter er www.thermo-hanf.de (informasjon på Svensk og Dansk), www.hanffaser.de og www.steico.de.

KOKOSFIBER ($\lambda = 0,045 - 0,050 \text{ W/mK}$)

Kokosmatter eller -skiver består av rene kokosfibre som sammenfiltres. Materialet er brannfarlig og antennes lett og impregneres derfor med ammoniumfosfat, borsalt eller vannglass (best). Kokosfiber er fuktbestandig og motstandskraftig mot forråtnelse og bakterieangrep. Materialet er elastisk (motstår setninger) og slitesterkt. Kokosfiber anvendes som drevmateriale og som varmeisolering. Transportene er dog lange.

KORK ($\lambda = 0,045 \text{ W/mK}$)

Kork tilvirkes av barken fra korkeik dyrket i Spania, Portugal og Nord-Afrika. Den høstes fra 25 år etter planting. Korkeiker skrelles hvert 8-15 år og man tar da ca en tredjedel av barken. Den selges som skiver eller granulat, er motstandskraftig mot fukt og råte og angripes ikke av skadedyr. Om materialet utsettes for væte under lang tid kan det begynne å mugne. Kork har minimale temperaturbevegelser. For å øke isolasjonsverdien er det vanlig å ekspandere korken med vanndamp under 380 °C i trykkjele. Deretter presses den under høyt trykk til skiver eller rørskåler. Korkens egen limeevne holder sammen materialet. Skivene er relativt sterke, har god tilbakefjoringsevne og anvendes derfor til isolering som utsettes for trykkbelastninger, f. eks. ved utvendig isolering av terrassetak, såkalte varme tak. Granulert kork anvendes som isolering i bjelkelag.

KUTTERSPON ($\lambda = 0,060-0,080 \text{ W/mK}$)

Kutterspon brukes som løsfyll i vegger og tak, og var før det vanligste isolasjonsmaterialet. Kuttersponene tørkes ned til under 20 % fuktkvote, fylles i veggene og stemples så det pakkes godt. Konstruksjonen må utføres slik at det er mulig med etterfylling, da tresponene synker sammen med årene. Etterfylling bør utføres ca hvert 20'nde år. Materialet tar opp og avgir fukt på samme vis som tre. Man kan tilsette 5 % lesket kalk for å minske risikoen for insekter og skadedyr. Mugg trives best i sure omgivelser og med organiske materialer som næring. Ved å tilsette 5-8 % vannglass eller magnesiumklorid (meget fuktabsorberende) kan brannrisikoen minskes.

(Et unntak er ekte hussopp (*Serpula lacrymans*), som trenger kalk (kalsium) for å nøytralisere oksalsyre den produserer under nedbrytingen av veden. Denne verstingsoppen kan ikke overleve i rene trekonstruksjoner. Har den først etablert seg kan den spre seg lynraskt, fordi den egenhendig kan frakte vann over lange avstander eller utvinne vann fra veden den bryter ned, og slik lage seg optimale vekstbetingelser (30 % fuktkvote i treet og +20 °C)).

For å redusere brannfaren kan man tilsette sand eller pulverisert leire i mengder fra 1:2 og 1:1. 1:1 er godkjent som ubrennbart stubbloftsfill med tykkelse minst 10 cm. Sandtilsetninger reduserer imidlertid isolasjonsverdien.

I Tyskland har rensket kutterspon fått et visst gjennomslag som isolasjon. For å kunne garantere isolasjonsverdien er det avgjørende at støv og mindre fraksjoner renses fra, i en sikteprosess. Mest utbredt er et produkt som benytter myse og soda, henholdsvis som brannhemmer og soppkemmer (Danske Statens Byggeforskningsinstitutt klassifiserer soda som en brannhemmer, ved at den avgir vann under oppvarming). Det andre er produsert med sementvann som kombinasjonsmiddel.

LETTKLINKER ($\lambda = 0,10-0,15 \text{ W/mK}$)

Blokk og element som anvendes i vegger, tak og bjelkelag, som bærende og trykktålelig isolerende materiale. Løsfyll av lettklinker er utmerket for isolering mot grunn, og er å foretrekke framfor polystyren.

LETTLEIRE ($\lambda = 0,30 \text{ W/mK}$)

Blanding av leire og halm har vært brukt i århundrer som byggemateriale. Leiren konserverer og halmen isolerer. Hus med vegger av lettleire behøver en bærende stamme av tre. Halmen gjennomfuktes nøye med leirvann. Vegger av lettleire stemples opp i glideform eller mures opp av leirblokker (adobe). Det er viktig at veggene får tørke ut ordentlig. Foruten halm kan lettklinker anvendes i leiren.

LINFIBER ($\lambda = 0,040 \text{ W/mK}$)

Linfibermatter tilvirkes av linfibre som er for korte for tekstiltilvirkning. Materialet er naturlig resistent mot skadeinsekter, tåler fukt og brenner ikke særlig bra. Det har gode egenskaper når det gjelder fuktbuffering og lydisolering. Linisolasjon vurderes til å ha stort sett samme lydabsorberende effekt som mineralull. Tradisjonelt er linfiber mye brukt som drevmateriale rundt dører og vinduer etc. (kan evt. dyppes i linolje). Lin trenger verken gjødsel eller insektgifter ved dyrking. Fibrene bindes sammen ved en kort oppvarming og formes til matter. Det finnes også linfiberisolasjon med brannbeskyttelsesmiddel.

Til produksjon av linisolasjon oppnås det beste resultatet ved anvendelse av lett rødnede fibre. Rødning er den prosessen som foregår når den skårte linplanten ligger på marken et par uker, mens mikroorganismer bryter ned laget mellom vedceller og bastfibrene. Rødnede fibre har et vokslag som gjør dem vannavvisende. Linisolasjon som har vært i kontakt med vann vil

dog nedbrytes relativt hurtig pga. råte, idet den selvimpregnerende effekten da ikke lenger er til stede. Derfor tilsetter enkelte produsenter borsalt som sopphekkende middel.

På det norske markedet finnes linisolasjon kun i matte- og rulleform (importeres bl.a. av Panda Bygg, danskprodusert), fordi det minsker vekten i forhold til et granulert produkt. Linisolasjon produseres i Tyskland og Danmark.

I Tyskland benyttes en maskinell kartning av fibre etter samme prinsipp, som anvendes til produksjon av bomull til tekstilindustrien. Ved produksjon i Danmark anvendes en nyutviklet mekanisk prosess til avkortning av fibre. Denne metoden gjør det mulig å vesentlig redusere mengden støttefibre som må tilsettes for å oppnå elastiske og formstabile matter, sammenlignet med tyskprodusert linisolasjon. Det er tilsatt hele 17 vekt% støttefibre i tyskprodusert linfiberisolasjon, mens dette er redusert til 5 vekt% støttefibre i dansk framstilt linisolasjon.

Tyskprodusert linisolasjon er tilsatt 9 vekt% ammoniumfosfat og 1 vekt% borsalt som brannhemmere, mens danskprodusert linisolasjon inntil videre framstilles uten brannhemmere. Muligheten for å anvende natriumsilikat (vannglass), et uorganisk, naturlig forekommende stoff, som brannhemmer, undersøkes.

Brannhemmeren ammoniumfosfat bevirker at det ved en relativ luftfuktighet på over 90 %, bindes mye fukt i isolasjonen. Linisolasjonens (tyskprodusert) store kapillærsugningsevne (100 kg/m²) skyldes likeledes den tilsatte brannhemmeren (ammoniumfosfat), idet linfibre i seg selv er vannavvisende.

Utsettes ammoniumsalter for svært høy fuktighet (97 % RF) opptar tilsetningsstoffet opp til 200 vekt% vann (de Place Hansen & Kielsgård Hansen, 1999), mens borsalt og aluminiumhydroksid opptar mindre enn 2 vekt% fukt. Dette forklarer hvorfor linisolasjon som inneholder ammoniumsalt som brannhemmer, har en særlig høy fuktbindingsevne ved høy RF.

MASSIVTRE elementer ($\lambda = 0,078 \text{ W/mK}$)

Fordi det bygges inn luftlommer i konstruksjonen, isolerer massivtreelementer (dyblede) nesten dobbelt så godt som en tilsvarende tømmervegg. Massivtre motvirker vakumklima, dvs. at all fukt og varme farer ut av rommet straks man åpner vinduet en kort stund. Fukt og varme lagres i veggene og avgis langsomt, for slik å utjevne døgnvariasjoner. I en undersøkelse gjort ved Graz tekniske universitet viste det seg at nedkjølingstiden for et massivtrehus fra Holz100 fra +21 grader til 0 grader ved -10 grader ute var 225 timer, mens det for et reisverkhus isolert med mineralull tok 45 timer. Dette er ypperlig hvis man baserer seg på vedfyring, slik at man slipper å komme hjem til kaldt hus om man er borte en stund. Baserer man seg på panelovner eller radiatorer og har tidsstyring, har denne fordelingen minimal betydning.

Massivtre er det materialet som isolerer best mot varmeinnstråling utenfra på heite sommerdager (varmekonduktivitet). Mens inntrengningsdybden for døgnvariasjoner av temperatur for betong er 15 cm og for tegl 9 cm, er den for massivtre kun 7 cm. På den annen side er massivtre det materialet som avgir varme langsomt, og blir veggen gjennomvarm vil man slite med overoppheting lenge. Det er derfor avgjørende at man unngår oppheting innenfra om sommeren. Dette kan unngås med tilstrekkelige takutspring og/eller vinduene

orientering, for å forhindre solinnstråling. Markiser er naturligvis også et godt alternativ. I tillegg vil et lag utvendig isolasjon med høy isoleringsverdi beskytte mot oppheting av innenforliggende massivtrevegg. Det kan også være en fordel å bygge opp innvendige lettvegger med adobe, som reagerer meget raskt på varmforskjeller. Adobe suger hurtig opp overskuddsvarme på dagtid, og avgir denne igjen om kvelden.

En kjempefordel er at man slipper å tenke på kondensasjonsfaren, dess tykkere vegger dess mindre blir dette problemet. Personlig ville jeg foretrekke en løsning med 30 cm tykke massivtrevegger og 10 cm utenpåliggende isolasjon.

I forhold til brann overskrider elementene fra Holz100 brannklasse R60 (bærende ubrennbare bygningsdeler). Ved brann vil massivtre danne et beskyttende trekullsjikt, som virker som en for så vidt effektiv varmeisulator. Forkullingshastigheten, den hastigheten som forkullingssonen arbeider seg innover i trevirket med, er kun 35 mm pr time.

I motsetning til de fleste andre byggematerialer skjermer Holz100-vegger mot inntil 99,999 prosent fra høyfrekvensstråler i omgivelsene, slik som mobiltelefonmaster, DECT - telefoner og trådløse nettverk. Bygging med Holz100-elementer betyr i denne sammenheng å skape nær hundre prosent trygghet.

Denne fordelten får man ikke med limte elementer. Disse inneholder vanligvis 2 – 4 % lim, men er de limt opp av tynnere bord kan limmengden komme opp i 6 %. Dette er over akseptabel limmengde anbefalt av Sveitsiske myndigheter på 3 % av det totale volumet. Vanligvis benyttes MUF-lim (melamin-ureaformaldehyd).

Ved bruk av limtredragere må man se til at disse monteres slik at margstrålene peker skrått nedover, for at evt. fukt og væte kan dreneres ut av veden.

MINERALULL ($\lambda = 0,033-0,045 \text{ W/mK}$)

Når nyttet som isolasjon trenger både glassvatt og steinull en tett fuktmembran av aluminium (kan fange opp og forsterke elektromagnetisk stråling) eller plastfolie (utsatt for skader og relativt lite varig), delvis for å avverge at støv trenger inn i innemiljøet, delvis fordi mineralullsprodukter er dårlige fuktregulatorer. Forskning har vist at bruk av steinull, og til en viss grad glassvatt, kan gi økt muggvekst og skader forårsaket av fukt i trekonstruksjoner. I motsetning til mer hygroskopiske isolasjonsmaterialer, som trefiber.

Det er vist at fukt i mineralull kan lede til emisjoner av gasser, som senere kan trenge inn i bygningen. Problemet er mer akutt når veggen blir varm, for eksempel gjennom solinnstråling. Gassene som frigjøres er aromatiske og alifatiske hydrokarboner. Formaldehyd, som er cancerogent, kan også emittere fra glassullsprodukter. Alle disse gassene irriterer øyne, nese og strupe (Gustafsson, 1990). Tilsetninger i mineralull som inneholder nitrogen er veldig mottagelige for mugg. Mengden mugg i infisert materiale kan bli 1000 til 50000 ganger høyere enn for uinfisert materiale (Bakke, 1992).

Bjørn Berge oppgir mineralull til å ha en varmekapasitet på 1030 J/(kgK), mens andre kilder oppgir denne til å kun være på 800 J/(kgK). Til sammenligning har trefiberisolasjon en varmekapasitet på 2100 J/(kgK), og lin- og hampisolasjon 1600 J/(kgK).

De viktigste råmaterialene i mineralull eksisterer i overflod. For glassvatt kan inntil 30 % av isolasjonen gjenvinnes, for steinull 0 %.

Glassvatt

Glassvatt framstilles av kvartssand (30 vekt%), fenolformaldehydharpiks eller ureaformaldehydharpiks (6 vekt%), feltspat, dolomitt og boraks (25 vekt%), soda (10 vekt%), samt returglass (30 vekt%). Fibrene holdes sammen med kunstharpiks, i Norge benyttes kun fenolharpiks, som herder ved 220 °C. Fenolharpiks er en herdeplast med sterke kjemiske bindinger, som er motstandsdyktig og knapt avgir formaldehyd ved fuktbelastninger. Dette i motsetning til ureaformaldehydlim (karbamidharpiks), som har relativt svake kjemiske bindinger. Formaldehydavgassingene fordobles for hver 7. grads temperaturstigning, og tilsvarende ved en økning av relativ fuktighet fra 30-70 %. Formaldehyd er slimhinneirriterende og kan være kreftfremkallende. Under den siste byggeboenanzaen ble glassvatt importert fra hele verden, bl.a. Mexico, dette stod med liten skrift på forpakningene. Det skal mye til at glassvatt produsert i disse landene benytter fenolharpiks, som er vesentlig dyrere enn karbamidharpiks. Men ved brann er fenolharpiks verst, da denne avspalter fenolgass, som er en nervegift.

Glassvatt smelter ved ca 640 °C, så selv om den ikke bidrar til flammespredning har den kun en svak brannbeskyttende effekt i forhold til steinull, som tåler mer enn det dobbelte, i tillegg til å være mer massiv. Fordi glassvatt er så lett (13 kg/m³) har den knapt noen varmeakkumulerende evne, huset blir raskt overopphetet sommerstid og kjølig vinterstid.

Materialet har nesten ingen fuktbufferende kapasitet, kun 2 vekt%, slik at vann fra kondensert luftfuktighet etc. risikerer å renne ned og skade trekonstruksjonen. Kondens kan også legge seg som en vannfilm utenpå fibrene. Konstruksjonen blir derfor utsatt ved defekter i dampsperra i kombinasjon med tykke isolasjonslag. Bygninger med mineralull må derfor være meget lufttette for å forhindre kondens (plast eller aluminiumsfolie), men dette skjer knapt i praksis. Det er fort gjort at det blir hull i plasten under arbeidet, dessuten lektes det jo ikke ut i dag slik at ledninger træs bak plastsperra, og det må skjæres hull i denne for kontaktuttak etc. Uten utlekting slås stendere fast midt på plata mellom stendere, med lange spiker som gjennomhuller stender, plate og byggeplast. Dette har jeg sett flere eksempler på, tanken på at plastsperra blir som ei sil levnes ikke en tanke. Det samme gjelder hvis man i etterkant ønsker å henge opp noe, som et bilde. Bruker man en spiker lengre enn 12 mm blir det nye hull. Hittil har dette gått relativt bra, med 10-15 cm isolasjonstykkelse. Men etter hvert som nye energikrav krever 25-30 cm isolasjonstykkelse kommer dette til å bli et stort problem. Noen kaller det isolering etter hummerteineprinsippet, hvor luftfuktighet enkelt trenger inn gjennom små hull, men vanskelig unnslipper.

Noen tenker å løse dette problemet med å legge plastsperra et stykke inn i isolasjonen, med den konsekvens at rommet blir eksponert for et fiberdryss av små glasspartikler, som bl.a. kan trenge inn i lungevevet. Verst er fibre som er tynnere enn 5 mikrometer og lengre enn 3 mm. Kontroversene har tvunget produsentene til å ta fram nye produkter. Visse produsenter, særlig i Tyskland, har stilt om produksjonen til mindre lungeskadelige fibre. Men dette gjelder neppe all den isolasjonen som har blitt importert fra Mexico og andre land, som ligger vesentlig etter Tyskland innen miljøteknologi. Dessverre er det vanlig å legge glassvatt ubeskyttet av plastsperra i innvendig himling og lettvegger, slik at fibereksposeringen i rommet blir altfor høy. Polyetylen, som er vanligste plastmateriale i diffusjonssperrer, har en levetid på maksimalt 50 år. Da har man valget mellom å rive ned alle vegger for å legge på ny plast, eller la huset råtne ned. Dette er neppe bærekraftig.

Et problem med mineralull er at den ikke kan bufre fukt. Selv om det er de to innerste centimeterne av veggen som er de desidert viktigste for fuktutjevningen over døgnet, vil en diffusjonsåpen isolering til en viss grad jevne ut sesongvariasjoner (se dokument av Bjørn Berge øverst på sida). For isolasjon i innvendige lettvegger kan fuktbuffrende materialer, som adobe, ha stor betydning for å utjevne den relative luftfuktigheten over året.

I forhold til volum går det med mindre energi ved produksjon av glassvatt enn for trefiberisolasjons-matter, men for løsfyll kommer trefiberisolasjon best ut. Produsentene reklamerer med at de bruker returglass (kan være opp til 65 %), men returglass bør heller anvendes til produksjon av skumglass. Glassvatt kan gjenbrukes som løsfyllisolering hvis den er uskadd, men kan ikke gjenvinnes. Når den ikke lenger er brukendes må den deponeres, i motsetning til trefiberisolasjon, som kan komposteres eller nyttes til fornybar energi.

En fordel med glassvatt er at den er meget billig å transportere. Delvis fordi den er så lett, delvis fordi den kan komprimeres svært mye, opp til 50 % for de letteste produktene.

Den desidert mest miljøvennlige glassvatten produseres av den tyske produsenten Knauf, http://www.knaufinsulation.com/products_glasswool. Dette gjelder både i forhold til fibrenes utforming og bindemidlet, som er biologisk nedbrytbart. Jeg har observert at Moelven har benyttet Knauf i noen av sine konstruksjoner. Får du ikke tak i Knauf mineralull gjennom din byggevareleverandør, kan det være en ide å kontakte Moelven.

Steinull

Steinull består av diabas og dolomitt. Små mengder (maks 2 vekt%) fenolformaldehydharpiks inngår som bindemiddel. Dessuten tilsettes 1 vekt% silikon eller mineraloljer for å minske støvning og øke fuktmotstanden. Råvarene blandes og smeltes ved 1350-1500 °C, smeltemassen blåses ut gjennom et munnstykke mot en roterende skive der mineralfibre dannes. Steinull har en betydelig bedre motstandskraft mot brann enn glassvatt, og vil ikke avgi så mye farlig fenoldamp. Som brannbeskyttende isolering er det overlegent annen isolasjon som selges i matter, og kan i enkelte tilfeller være eneste alternativ. Tåler godt opp til 1000 °C før den begynner å smelte.

Fibrene er heller mer helseskadelige enn de i glassvatt, da det finnes flere tynne fibre på under 5 mikrometer (mens glassvatt har en mer jevn fibertykkelse på rundt 5 µm, varierer de for steinull mellom 1 – 10 µm). Fordi isolasjonen er forholdsvis tung, er den bedre egnet til varmeakkumulering enn glassvatt. Vanlig vekt er 31 kg/m³, men det produseres trykksterke matter med vekt på over 170 kg/m³. For grunnisolering er trykksterke matter av steinull et mye bedre alternativ enn polystyren, og bør nyttes ved teleisolering for veibyggingsprosjekter etc. Slik kan økosystemet spares for store mengder plast.

Et problem med steinull er at den kan inneholde kalsium (kalsiumkarbonat = kalk), som ekte hussopp (*Serpula lacrymans*) trenger for å overleve. Denne verstingsoppen kan ikke overleve i rene trekonstruksjoner.

NEVER ($\lambda = ? \text{ W/mK}$)

Bjørkenever har vært brukt som isolasjon i vegger, særlig i hulmurer. Vi må anta at den betydelige råteresistensen sammen med høy elastisitet har gitt en stabil vegg.

PERLITT ($\lambda = 0,044\text{-}0,053 \text{ W/mK}$)

Perlitt har vært anvendt i bl.a. USA i 50 år til byggetekniske formål, og er et kornet materiale basert på en glassaktig bergart av vulkansk opprinnelse, hvorav hovedbestanddelen (75 %) er silisiumoksid. Råvaren brytes først og fremst på Island, men også på den greske øya Milos, i Ungarn og Tyrkia, og anses å finnes i overflod i verden. Perlitt kan ikke brenne og reagerer ikke kjemisk med andre bygningsmaterialer, og er diffusjonsåpen. Som isolasjonsmateriale anvendes perlitt i ekspandert form, mens det som tilslag anvendes i sin opprinnelige form. Perlitt selges også i form av skiver, bl.a. fra Xella.

Ekspandert perlitt anvendes i lette konstruksjoner eller løst utlagt på loft og i gulv. Ekspandert perlitt med ekstra høy densitet kan også brukes som underlag for flytende gulv.

For å unngå at perlittkornene løper ut, stilles det særlige krav til utførelsen av konstruksjoner, herunder gjennomføringer, åpninger ved vinduer, dører, eluttak, m.v.

I rå tilstand inneholder perlitt fra 2 til 6 % vann, som er innesluttet i porene. Etter knusing oppvarmes materialet til 1000 – 1200 °C. Ved oppvarming omdannes vannet til damp under høyt trykk, som får perlitten til å ekspandere 15 – 20 ganger opprinnelig volum i løpet av få sekunder. Resultatet er et kvitt, kornet materiale, kaldt ekspandert perlitt.

Ekspandert perlitt har en kornstørrelse på opp til 6 mm. Hvert enkelt korn er oppbygd av et stort antall lukkede porer med en diameter på ca 0,02 mm, hvor hver enkelt er omgitt av en ganske tynn vegg med tykkelse på ca 0,001 mm.

Ekspandert perlitt til isoleringsformål leveres som et fuktavvisende (coated) produkt, hvor kornene er behandlet med 0,2 vekt% silikonharpiks, som brennes fast på de varme kornene ved ca 400 °C. Denne formen for perlitt markedsføres også som hyperlit. Ved en reaksjon med luftens CO₂ omdannes silikonharpiksen til kaliumkarbonat og metylkiselsyre. Kaliumkarbonat er ifølge Arbeidstilsynet ikke klassifisert som farlig støv, og man har ingen opplysninger om at metylkiselsyre kan framkalle skader. Ekspandert perlitt er uorganisk og nedbrytes derfor ikke av mikroorganismer og brenner ikke. Perlitt som er impregnert med bitumen kan avgi emisjoner og bør derfor ikke anvendes innomhus.

Densiteten av produktet er typisk 80 – 85 kg/m³ i den utgaven, som anvendes til isoleringsprodukter. Ekspandert perlitt anbrakt i en loddrett konstruksjon mellom to plater av f.eks. gips eller tre vil sette seg, hvis platene som følge av fukt- eller temperatursvingninger bøyer ut. Perlittens manglende elastisitet bevirker, at denne setningen er blivende og forhindrer platene i å rette seg ut igjen.

Ekspandert perlitt er et lettløpende materiale, derfor stilles det særlige krav til konstruksjonens tetthet, idet det er meget stor risiko for at materialet løper ut.

Ekspandert perlitt kan anvendes som lydabsorbent i etasjeskiller og vegger samt på loft, og vurderes til å ha stort sett samme lydabsorberende effekt som mineralullsisolering. På grunn av ekspandert perlitts struktur vil materialet anvendt i lette konstruksjoner, kunne skape en uhensiktsmessig kobling mellom konstruksjonens to halvdel, hvilket kan forringe lydisolasjonen.

POREBETONG lavenergiblokk ($\lambda = 0,078 \text{ W/mK}$)

Lambdaverdien for porebetong lavenergiblokk er kun 0,078 W/mK, det samme som for massivtreelementer. En ytterveggskonstruksjon av 36,5 cm gir U-verdi på 0,20 W/m²K, og oppfyller bygningsreglementets minimumskrav. Man kan også velge 40 cm tykkelse og oppnå U-verdi på 0,18 W/m²K. At veggen kun består av et lag gir en enkel og trygg konstruksjon, fritt for kuldebroer og kondensasjonsfare.

SKUMBETONG ($\lambda = 0,10 \text{ W/mK}$)

Skumbetong anvendes i massive konstruksjoner som bærende og isolerende materiale. Den er meget bindemiddelskrevende og består av en sementvelling med 50 % sement, 50 % meritt (et slagprodukt), vann og en skumdanner (tensidbasert og nedbrytbar) samt lettklinkerkuler som ballast. Dette blir et relativt lett og massivt materiale. Skumbetong kan gyttes direkte i form, som blokk eller som element på fabrikk. Elementene er bærende men armeres med et galvanisert stålnett, først og fremst for at elementet bedre skal tåle å fraktes. Materialet er ikke kapillærbrytende. Skumbetong er et relativt nytt materiale, noe som gjør at erfaringene er begrenset.

SKUMGLASS ($\lambda = 0,042 \text{ W/mK}$)

I Norge markedsføres skumglass som Glasopor, www.glasopor.no. Skumglass framstilles av glass som varmes opp til 700 – 800 grader og kull tilsettes. Derved frigjøres karbondioksid som blåser opp glassmassen til skum, hvoretter den ved avkjøling danner en sluttet struktur med små luftbobler. Materialet er vanntett og diffusjonstett (maks 1 vekt% fuktopptak), det verken brenner eller mugner og livslengden er ekstremt lang. Dette i motsetning til skumplast (EPS, EPX), som har en livslengde i mark på kanskje kun 50-60 år. Derfor bør man vurdere å velge skumglass til markisolering (evt. lettklinker / trykksterke matter av steinull), da et økohus bør ha en livslengde som langt overstiger 100 år. Skumglass er evigvarende. Grunnet den høye energimengden som trengs under produksjonen, kan produktet kun forsvares for bygninger med en høy robustfaktor.

Plater av skumglass framstilles av nytt glass evt. med en tilsats av opp til 38 % returglass. Løsfyll av skumglass består av hele 95 % returglass.

Skumglassets høye trykkfasthet gjør at om ei plate på mark isoleres undertil med skumglass, kan betongplata gjøres tynnere eller helt fjernes. Materialet muliggjør konstruksjoner helt uten kuldebroer, og på en overdekt gårdsplass isolert med skumglass kan man kjøre bil uten at isolasjonen ødelegges.

Isolasjonen leveres både som løsfyll (granulat) og som plater. Glasopor består av 80 % luft i lukkede celler og 20 % glass, og er derfor lett å arbeide med. For å tette og lime sammen skumglassplater benyttes asfaltlim (se asfaltlim under ”Lim & Klister”).

I Sverige benyttes plater av skumglass for radonisolering mot grunn. Det legges to lag plater omskjerves, som limes sammen og tettes i fugene med varm asfalt. Også alle rørgjennomføringer må tettes med flytende asfalt. Dette gir ei meget robust og varig radonsperre.

TORV (Løsfyll: $\lambda = 0,080$ W/mK . Skiver: $\lambda = 0,038$ W/mK)

Torv ble før brukt som isolering på lignende vis som kutterspon. I dag er den ganske uvanlig. Torv kan anvendes som løsfyll, som skiver eller blokk. Den torven som brytes er den øverste torven i myrer der nedbrytningsprosessene enda ikke har gått så langt og der fibrene er intakte. Torv som løsfyll har blitt tørket og malt ned og har ofte en tilsats av kalk, ca. 5 %. Torv har lav pH og virker derfor bakterie- og mugghemmende. Torvforekomstene i Norden er enorme, men tilveksten skjer langsomt og bør derfor ikke betraktes som en fornybar ressurs. Torv synker sammen en del i vegger og må derfor kunne etterfylles. Den støver under fyllarbeidet.

TRANSPARENT ISOLERING ($\lambda = ?$ W/mK)

Transparent isolasjon hører til nye tiders isoleringsmaterialer av plast som slipper gjennom lys. Dels utnyttes materialets mønster i form av bikakemønster, fiberstrukturer eller små rør, dels materialets egenskaper (for eksempel at det inneholder mye luft). De er ofte laget av polykarbonat eller aerogeler. Produktene er enn så lenge dyre og anvendes fremst for å forbedre energiutbyttet ved passiv solvarme og solfangere.

TREFIBERISOLASJON ($\lambda = 0,038 - 0,040 \text{ W/mK}$)

Hvorfor vi gikk over fra trefiberisolasjon til syntetisk isolasjon i trelandet Norge, er vanskelig å forstå. Den norske grana er ypperlig som isolasjonsmateriale, den inneholder lite terpenener og har lange fibre. Lengste fibre har sitkagran, men denne inneholder til gjengjeld mer harpiksstoffer enn norsk gran.

Fordeler:

1. Isolasjonen produseres av fornybare og rikelige råvarer.
2. Produksjonen er lite energikrevende (avhengig av produkt, løsfyll har en CO₂-faktor på minus 1,5).
3. Produktet binder vesentlige mengder CO₂.
4. Du slipper plastsperra i veggen, en skjør og lite miljørettet konstruksjon.
5. Trakeidene, de lange fibre til grana, har indre, luftfylte hulrom. Dette medvirker til at isolasjonen er lite utsatt for konveksjon, at den bevarer en god isoleringsverdi ved komprimering, samt at isolasjonsevnen ikke svekkes nevneverdig ved oppfukning.
6. Fibrene kan ved hjelp av kapillærsuget transportere vann på tvers av tyngdekraften, fukt i isolasjonen vil derfor raskt bli drevet over mot kald side.
7. Man produserer et høykvalitets produkt av "lavkvalitets" virke.
8. Isolasjonen vil under brann ikke avspalte nervegiften fenoldamp (fenolharpiks).
9. Ved riving kan isolasjonen gjenbrukes, komposteres eller nyttes til fornybar energi.
10. Innemiljøet vil ikke eksponeres for lungeskadelige fibre. Også montørene skånes for skadelige fibre.
11. Isolasjonen er hygroskopisk med gode fuktbufferende egenskaper, og kan bidra til å utjevne den relative luftfuktigheten i rommet. Naturlig regulering av innendørs luftfuktighet gjennom fuktbufferende materialer og diffusjonsåpne overflater, er et sentralt bygningsbiologisk prinsipp.
12. Meget høy termisk varmekapasitet med 2100 J/(kgK). Isolasjonens høye egenvekt motvirker vakumklima og luftinfiltrasjon, samt gir god lydisolering.

Ulemper:

1. Isolasjonen er brennbar.
2. Fibrene har høy kapillærsugeevne, noe som gjør den utsatt for slagregn.
3. Tilsettes ofte brannhemmere og fungicider som er betenkelige.
4. Matter og plater i tørr prosess er avhengige av støttefibre, disse er ofte av petrokjemisk opphav, kan avgi farlige restmonomerer i bruk og farlige gasser ved brann (polyuretan), og kan være meget brennbare og lettantennelige.
5. Man kjenner ikke langtidsholdbarheten til støttefibre som nyttes i matter.
6. Matter kan kun komprimeres 10 % under transport og lagring.
7. Isolasjonen er utsatt for setninger hvis den ikke komprimeres tilstrekkelig, eller ikke installeres med tilstrekkelig overmål.

Installering

Løsfyll trefiberisolasjon blåses inn i konstruksjonene, vanligvis fra innsiden. Her er det to metoder i bruk; enten lukket innblåsing gjennom utboringer i kledningen eller åpen påblåsing som kles inn i etterkant. Det er antatt at sistnevnte gir best sikkerhet for god utfylling. For å forebygge setninger er det vanlig å legge inn horisontale lekter i hulrommene eller installere fibermassen med inntil 20 % overhøyde i en ribordskonstruksjon. Det er også avgjørende at det blåses inn med tilstrekkelig densitet. Som minimumsdensitet er anslått 65kg/m³ for å

unngå setning under varierende fuktforhold. Med god kontroll på fuktpåvirkningene vil man trolig kunne renonsere noe på densiteten.

Noen produsenter selger en diffusjonsbrems av polyetylenfolie full av mikroskopiske hull, slik at konstruksjonen kan puste. Men polyetylenfolie har en antatt livslengde på ca 25 – 50 år, noe som er et altfor kort tidsperspektiv i en økologisk sammenheng. En mulighet er å bruke harde trefiberplater innvendig (uten syntetstoffer), som påføres en fals lik stenderen der de skrus fast over stenderne. Slik holder det med ei rekke skruer for hver skjøt, man sparer stenderen, skruer, og får en tettere overlapp. Harde trefiberplater er mer brannbestandige, har bedre varmekapasitet og er mer lufttette enn porøse trefiberplater, som nyttes utvendig. Dette fordi innvendig diffusjonsbrems bør være 5-10 ganger mer diffusjonstett enn utvendig vindbrems, for å sikre at fukt effektivt transporteres vekk. Ønskes økt brannsikkerhet utvendig kan det legges inn ei 3 – 5 cm tykk steinullplate rett bak vindbremsen. Steinull er ikke fuktuffrende, men er like diffusjonsåpen som treull, og er i tillegg meget vannavvisende.

Ved løsfyllisolering som blåses inn må platene være solide, hvis ikke vil de bule ut av det store trykket fra isolasjonen, benytt derfor tykke og solide plater. Utenpå her skrus fast leker som ledninger og rør kan legges innenfor, og panel slås på. I mellomrommet kan evt. legges leirplater eller lignende brannhemmende og høyhygroskopisk materiale, løs isolasjon bør unngås pga. økt brannfare.

OSB-plater kan også benyttes, da disse har en limandel på 2 – 3 vekt%, noe som er akseptabelt (sponplater inneholder til sammenligning 7 – 10 vekt% lim og MDF-plater 10 – 12 vekt% lim). Disse kan evt. plasseres 1/3 inn i isolasjonen og deretter en tynnere treramme utenpå, som kan dekket med et brannsikkert materiale. Dette kan være sementbundne sponplater, kalsiumsilikatplater, gipsfiberplater (må ikke forveksles med vanlige gipsplater), takrørforsterkede leirplater eller pussede treullplater.

Mot taket er det viktig med ekstra god lufttetting, særlig hvis huset har to etasjer kan det oppstå et visst overtrykk i andre etasje. Dette vil presse mot takkonstruksjonen, slik at hver minste utetthet kan føre til at store mengder luft lekker ut og kondenseres. I tillegg kommer at isolasjonstykkelsen i tak gjerne er større enn i veggene, pluss at kapillærkreftene må jobbe rett opp mot tyngdekraften. Det er sjelden det oppstår mugg i vegger med trefiberisolasjon, men i takkonstruksjoner har det vært flere tilfeller av mugg.

For lufttetting kan det evt. legges kraftpapir eller lignende i overgangene før platene settes på. Bruk evt. hampepapir istedenfor kraftpapir, da dette er ti ganger sterkere enn vanlig papir. Mellom platene i alle overganger og skjøter må det brukes lin- eller hamperemser, som klemmes sammen mellom skjøtene. Til dette finnes det også spesielle pappremser med trekkspillbelgeform, et godt alternativ. Fest gjerne et lag kraftpapp, kraftpapir eller lignende mellom alle overganger utenpå platene før utlekting. Utlekting mot tak og gulv bør kombineres med å presse på plass ei drevremse i lin eller hamp. For å få god lufttetting er det også viktig at isolasjonen fyller godt ut, slik at det ikke blir noen tomrom. Å få trehus lufttette er en stor utfordring og krever den største nøyaktighet.

Tilsetningsstoffer

Som brannhemmende middel bruker mange ammoniumpolyfosfat, som produseres av ammoniakk og fosforsyre. Dette er et konserveringsmiddel som også er godkjent for fødevarer, men etter tester utført for Thermocell fant de ingen målbar fungicid forskjell

mellom behandlet og ikke behandlet isolasjon. Dette tilsettes isolasjonen i en mengde på ca 5 vekt% og har ingen negative miljøeffekter. Ammoniumsulfater har det vært spekulert i om kan avspalte ammoniakk på varme dager, om dette også kan gjelde for ammoniumfosfater vet jeg ikke.

Ammoniumpolysulfat brukes også som brannhemmende middel, særlig i matter. Dette er et middel som visstnok skal minne mye om kunstgjødsel, og enkelte er derfor redde for at det i fuktig tilstand kan være gunstig for mugg. Det har også vært spekulert i om tilsetninger av ammoniumsulfater kan avspalte ammoniakk på varme dager, men uten at dette har vært undersøkt nærmere.

Utsettes ammoniumsalter for svært høy fuktighet (97 % RF) opptar tilsetningsstoffet opp til 200 vekt% vann (de Place Hansen & Kielsgård Hansen, 1999), mens borsalt og aluminiumhydroksid opptar mindre enn 2 vekt% fukt.

Mye brukt er borater, vanligvis boraks og borsyre, som er effektivt både som fungicid og som brannhemmer. Borater avgir store mengder vann ved brann, borsyre er direkte soppdrepende. Det er dessverre vanskelig å få borsalter og aluminiumhydroksid til å hefte til fibrene. Det skal derfor tilsettes forholdsvis store mengder av disse stoffene for å oppnå ønsket effekt. (Jørgensen & Schneider, 1999).

Borater står på statens OBS-liste, www.sft.no/publikasjoner/kjemikalier/1910/ta1910.pdf, med begrunnelse at de kan gi redusert fruktbarhet og fosterskade. The Institute of Medicine, USA, har satt 17 mg bor per dag som toleransegrense for gravide (mat og drikke). Forekomsten av bor i inneklimate i bygninger hvor det er tilsatt borsalter i isolasjonen, adskiller seg ifølge feltundersøkelser ikke eller kun i meget liten grad fra bakgrunnsforekomsten (Schneider, 1999). Forskjellige alternativer til borsalter undersøkes og utprøves.

Bor er en noe begrenset lagerressurs og kan ved store mengder være giftig for vannlevende organismer. Bor er dessuten en viktig ingrediens i solceller, medisin og høyteknologi, og bør ikke "sløses" vekk til isolasjon og fyrverkeri (den grønne fargen i fyrverkeri). Borater bør uansett ikke benyttes i innervegger og innvendig himling, og må forsegles godt i yttervegger, tak og gulv. Borater er effektivt både som fungicid og som brannhemmer.

Magnesiumklorid er en god brannhemmer, men da den også er meget fuktabsorberende bør den ikke tilsettes i større mengder enn 5-8 %.

Vannglass er et over 200 år gammelt og velprøvd produkt, som bl.a. ble brukt til å konservere egg. Å tenne på et avisblad som er dyppet i vannglass er umulig, det er således en god brannhemmer. Ved påføring gir vannglass en sterk basisk reaksjon, så det er nødvendig å benytte beskyttelsesutstyr. Vannglass bidrar også til å heve alkaliteten i produktet slik at det blir mindre attraktivt for mugg og insekter. Det gir heller ikke næring til ekte hussopp, slik som kalk. Vannglass er helt ufarlig og ypperlig for brann-, fukt- og muggbeskyttelse i trefiberisolasjon. Dessverre har vannglass litt vanskelig for å feste på tre, men med en tilstrekkelig rufsete overflate på fibermassen bør dette kunne gå greit. SurfaPore inneholder nanopartikler av mineraler som trenger meget godt inn i underlaget, også i treflater. Disse nanopartiklene framstilles ved bruk av ultralyd, les mer her: www.nanophos.com. Denne teknologien bør kunne nyttes for å gi silikater god inntrengningsevne i trefibrene. Min

favorittilsetning er i alle fall vannglass, og jeg håper det kan utvikles bedre teknikker for bruk av vannglass til beskyttelse av trefiberisolasjon.

Jeg ville også foretrekke trefiberisolasjon fra vinterhogd virke, da dette har lavere protein- og sukkerverdier enn sommerhogd virke, noe som gjør det mindre attraktivt for mange sopparter.

Et nytt og meget interessant produkt er ”hempwood” isolasjonsmatt, som kombinerer det beste fra trefiberen med det beste fra hampefibre. Mattene består av 55 % trefiber + 35 % hampefibre + 15 % støttefiber (termoplast). Lages av den franske produsenten Buitex. Les mer her: <http://www.natural-building.co.uk/news/2009/hempwood-batts-launched.html>

Lydisolasjon

Best lydisolering oppnås ved en densitet på 50 kg/m³, ved en densitet på 65 kg/m³ (anbefalt minimum for å unngå setninger for løsfyll) får man en reduksjon på 1 – 2 dB i enkeltvegger og 2 – 4 dB i dobbeltvegger. I tillegg kan man ved en innblåsning større enn ca 50 kg/m³ i lette konstruksjoner, skape en u hensiktsmessig kobling mellom konstruksjonens to halvdel.

Støttefibre

Som bindemiddel i trefibermatter brukes ofte polyolefiner, gjerne en kombinasjon av polyetylen og polypropen. Polyolefiner sies å tilhøre den mest miljøvennlige plastfamilien, og skal ved brenning kun avgi karbondioksid og vann. Men det er dog et petrokjemisk produkt. Man kan også stille spørsmål ved varigheten, da termoplaster brytes ned av vekslende temperatur og fuktighet etc. Noen bruker maisstivelse som bindemiddel. Jeg har et håp om at lignin kan brukes som råvare for plaststoff for plastproduksjon, dette er et avfallsprodukt fra celluloseindustrien som i dag stort sett brennes. Se <http://www.forskning.no/artikler/2009/januar/208373>

Beste valg

Pavatex, <http://www.pavatex.co.uk/home.aspx>, har utviklet et matteprodukt hvor det er benyttet lignin som bindemiddel og som er overdekket av et lag med silikater. Spørsmålet er om de med silikater mener vannglass? De vanligste bergartsdannende mineralene er alle silikater. Alle silikatmineraler inneholder såkalte SiO₄-tetraedere, dvs. et silisiumatom omgitt av fire oksygenatomer. Vannglass er i tillegg til å være brannhemmende og å danne ei vannavstøtende overflate, også alkalisk og motvirker derfor muggvekst (mugg trenger en pH mellom 2,5 – 6 for å utvikles). Et annet spørsmål er hvor elastiske mattene er? Lignosulfater, et restprodukt fra celluloseindustrien, brukes mye som limstoff i matter fra cellulosefibre. Disse mattene blir veldig stive. Har Pavatex klart å løse dette problemet slik at mattene deres er tilstrekkelig elastiske? Under forutsetning av at mattene er tilstrekkelig elastiske og de har benyttet vannglass som trebeskyttelsesmiddel, er Pavatex sine matter mitt foretrukne førstevalg. Les mer om produktet her:

<http://www.architectsjournal.co.uk/sustainability/sustainable-development/specifying-natural-insulation/1994354.article>

Forhandlere

Homatherm (Homann) sine produkter forhandles i Norge gjennom Holz100 AS ved Braskereidfoss, de har også linremser. Steico sine produkter forhandles av Hunton Fiber AS på Gjøvik. Moelven Massivtre benytter Gutex. Thermo Cell forhandles av Norsk

Celluloseisolasjon AS. Dessverre vet jeg ikke hvor man kan skaffe Pavatex sine produkter, det beste rådet er å spørre Gaia Lista.

Les også den flotte utredningen om trefiberisolasjon av Bjørn Berge:

<http://www.arkitektur.no/?nid=155972&pid0=154998&publisher=155939&pid2=157909>.

Her finnes en oversikt med lenker til de fleste europeiske produsenter.

TREFIBERPLATER ($\lambda = 0,045$ W/mK porøs plate, $\lambda = 0,170$ W/mK hard plate)

Disse tilvirkes av tre som flises og defibreres, spes ut med vann, og presses så sammen under varme og trykk. Treets eget lignin fungerer som bindemiddel. Trefiberplater produseres som harde, mellomharde og porøse. Porøse trefiberplater (12-40 mm) anvendes framfor alt som varmeisolerings, trinnlydisolering og som lydabsorbenter. Iblant tilsettes (1-3 %) aluminiumsulfat for å beskytte mot mugg og ammoniumsulfat for å øke brannherdigheten. Visse plater har et yttersjikt av voks. Oljeherdede plater er mer fukttålelige og inneholder vanligvis tallolje eller linolje. Trefiberplater med lim (MDF) må unngås av miljøhensyn.

I lette trefiberplater (noen er så lette som 80 kg/m³ og kan minne om matter, de kan fint spennes mellom stenderne i en reisverkskonstruksjon) framstilt i tørr prosess, benyttes vanligvis polyuretanlim i mengder på 4 vekt%. Her kan finnes ureagerede isocyanater i mengder opp til 0,5 %. Isocyanater er et av de sterkeste allergener som finnes. For sensitive personer kan reaksjoner trigges ved så lave doser som 0,14 µg/m³. Polyuretan avgir dessuten meget giftige gasser ved brann, bl.a. blåsyredamp. En fordel er at isolasjonen blir betydelig mer fuktavvisende, da trefiberisolasjon har stor kapillærsugeevne og er utsatt ved slagregn etc. Da limet avgir løsemidler som lager hull i limhinna under tørking, svekker ikke limet fibrenes fuktuffrende egenskaper.

TREULLSEMENTPLATER ($\lambda = 0,090-0,150$ W/mK)

Disse platene består av treull (35 vekt%) med sement eller magnesitt som bindemiddel (65 vekt%). Tilsatsmiddel av kalsiumklorid (0,2 vekt%) kan forekomme for å styre herdingen. De er fukttålelige, fuktuffrende, lydabsorberende, trykkholdfaste, brannherdige og har høy pH-verdi, som vanskeliggjør muggvekst. De anvendes ofte i innertak i bad, badehaller og gymnastikksaler. Platene er tunge og derfor lydisolerende. Pga sin grove yte er platene utmerkede pussbærere. Har blitt brukt med suksess i hus med dynamisk isolasjon. Det finnes lave hus som er bygd av treullplater, der platene både bærer og isolerer. Det finnes også treullsementplater armerte med granstokker med spennvidde opp mot tre meter. Treullplater kan kjøpes ferdigmalte og finnes med ulike finhetsgrader for treulla. Sementtilvirkningen er energikrevende. Produksjon av treullplater finnes i Sverige.

VAKUUMISOLASJON ($\lambda = 0,005$ W/mK)

Vacupor er et nytt uorganisk isolasjonsprodukt basert på vakuumisolering, og det har åtte ganger så god isoleringsevne som mineralull eller cellulosefiber. Isolasjonen passer der det er trangt om plassen samtidig som det er høye krav til isoleringsevne. Last ned

produktinformasjon her:

<http://www.tknutsson.se/Upload/Docs/Explorer/40/Vacupor%20klar.pdf>

<http://www.tknutsson.se/Upload/Docs/Vacupor%20TDS.pdf>

Besøk produsenten sin hjemmeside her:

<http://www.porextherm.com/web/en/produkte/index.htm>

VERMICULITT ($\lambda = 0,053-0,065 \text{ W/mK}$)

Vermiculitt tilvirkes av glimmer. Materialet varmes opp til 800-1100 °C, da deler det seg i tynne skiver og krøller seg sammen til en lett og porøs masse som anvendes til varmeisolering, enten som løsfyll eller plater. Det kan også anvendes som tilsats i betong i proporsjonene 6:1, for å gjøre den lettere og mer termisk isolerende. Ekspandert vermiculitt er kjemisk inert, ubrennbar og tåler høye temperaturer. Vermiculitt tar opp mer fukt og har større setningsrisiko enn perlitt. Energiforbruket er høyt ved produksjon.

Kilder:

Dette dokumentet er en remiks hvor jeg har benyttet en rekke utdrag fra bøker, Internett, fagblader etc. Disse har jeg omskrevet, kopiert og mikset sammen med egne vurderinger og kunnskaper. Størst nytte har jeg hatt av bøkene og linkene nevnt under.

Anvendt hovedlitteratur:

- Bjørn Berge, "Ecology of Building Materials", Architectural Press, 2009.
- Varis Bokalders & Maria Block, "Byggeologi. Kunnskaper for ett hållbart byggande". Svensk Byggtjänst, 2004.

Anvendte nettsted:

<http://www.novator.se/kretslopp/0204/ekobygg.pdf>

<http://www.arkitektur.no/?nid=155972&pid0=155001>

www.papirisolering.info