



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R17:1984

Purisolering

Kunskapsöversikt

Sven Strandberg

R
B
[K]
9/11

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION	
Accnr	Plac Ser

Byggeforskningsrådet

R17:1984

PURISOLERING
Kunskapsöversikt

Sven Strandberg

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820219-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Sveriges Plastförbund, Stockholm.

I Byggforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R17:1984

ISBN 91-540-4084-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Liber Tryck Stockholm 1984

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRORD	1
SAMMANFATTNING	2
1. <u>ALLMÄNT OM URETANCELLPLAST</u>	3
1.1 INGÅENDE RÅVAROR	4
2. <u>TILLVERKNINGSMETODER</u>	5
2.1 ALLMÄNT	5
2.2 ARBETSPLATSMETODER	7
2.2.1 <u>Friskumning (spray-form)</u>	7
2.2.2 <u>Hålrumsfyllning</u>	8
2.3 INDUSTRIMETODER	9
2.3.1 <u>Diskontinuerlig tillverkning</u>	9
2.3.2 <u>Kontinuerlig tillverkning</u>	11
3. <u>MATERIALEGENSKAPER</u>	13
3.1 ALLMÄNT	13
3.2 MEKANISKA EGENSKAPER	13
3.3 VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER	19
3.3.1 <u>Värmeledningstal</u>	19
3.3.2 <u>Värmeutvidgning</u>	28
3.4 FUKTTEKNISKA EGENSKAPER	29
3.4.1 <u>Ångmotstånd</u>	29
3.4.2 <u>Vattenabsorption</u>	29
3.5 LJUDISOLERINGSEGENSKAPER	32
3.6 BRANDEGENSKAPER	32
4. <u>MILJÖPÅVERKAN</u>	34
4.1 INRE MILJÖ	34
4.2 YTTRE MILJÖ	36
5. <u>MARKNADSÖVERSIKT</u>	39
5.1 RÅVAROR	39
5.2 VÄRMEISOLERINGSSKIVOR	40
5.3 SANDWICHKONSTRUKTIONER	41
5.4 PLATSSKUMNING	41
5.5 ÖVERSIKT SVENSKA PRODUCENTER (1982)	42
6. <u>FOU</u>	44
<u>REFERENSER</u>	46

FÖRORD

Sedan 1975 gäller krav på bättre energihushållning i byggnader. Därmed har effektivare värmeisoleringsmaterial, som inkräktar mindre på byggnadsvolymen, blivit intressanta.

Ett av de värmeisoleringsmaterial som allt mer vunnit insteg i Sverige är uretancellplast (PUR). Ur byggnadsteknisk synvinkel krävs emellertid en omfattande dokumentation av materialet och dess användningsmöjligheter.

Denna rapport syftar till att sammanfatta inte bara institutionell kunskap utan även branschkunskap vad gäller styv uretancellplast. På Chalmers Tekniska Högskola, avdelningen för husbyggnadsteknik, har man vid två tillfällen gjort litteratursammanställningar, (21) och (22), och denna utredning är således en komplettering och viss uppdatering av dessa.

Projektet har haft en referensgrupp bestående av

Folke Barre	AB Svenska Shell
Bertil Faust	Porolon AB
Bo Jedler	Sveriges Plastförbund (projektledare)
Ulf Lassen	AB Skånska Cementgjuteriet
Heinrich Maresch	JM Byggnads och Fastighets AB
Gustaf Nilsson	AB Bofors Plast
Gert Sjögren	F A W Jacobi AB
Johnny Wendel	Rectisol AB

Projektet har finansierats av Statens råd för byggnadsforskning och Sveriges Plastförbund. Utredningen har gjorts på uppdrag av Sveriges Plastförbund.

Lund i mars 1983

Civ.ing Sven Strandberg
 HB Sven Strandberg Ingenjörbyrå, Lund

SAMMANFATTNING

Uretancellplastisolerade byggkomponenter har funnits många år på marknaden. Kylskåpen i våra bostäder är ett sådant exempel. Under 1960-talet kom kyl- och frysrummen men det dröjde till slutet på 1970-talet innan byggnadsdelar isolerade med uretancellplast för bostäder och industrier på allvar dök upp på marknaden. Idag tillskrives byggkomponenter av uretancellplast en allt mer framträdande roll. Orsaken ligger i uretancellplastens egenskap att vara ett av de bästa värmeisoleringsmaterial vi känner till samt att materialets goda limverkan med fördel kan utnyttjas vid en högt industrialiserad tillverkning.

Uretancellplasten som värmeisoleringsmaterial är dock inte alltid konkurrensmässig jämförd med annan värmeisolering t ex mineralull. Därför måste också andra egenskaper hos uretancellplasten utnyttjas i konstruktionerna. Limningen av skiva och regelmaterial har exempelvis ersatt spikningen i den traditionella träregelkonstruktionen. Ångspärren (och luftspärren) som i träregelkonstruktionen är en tunn plastfolie kan åstadkommas med uretancellplastens egen ångtäthet. Vindtätheten som annars åstadkommes med en asfboard, mineralullsboard eller liknande åstadkommes likaledes med själva cellplastmaterialet. Statiska och dynamiska laster kan upptas i materialet om dock än så länge i begränsad omfattning.

För bedömning av uretancellplastens olika egenskaper finns en hel del redan utförda provningar och forskning. Materialet är emellertid fortfarande tämligen ungt varför det fortfarande finns problemställningar att lösa. Brand- och miljöaspekterna är de som för närvarande diskuteras mest. Långtidshållfastheten är ett område där det behövs ytterligare kunskap.

1. ALLMÄNT OM URETANCELLPLAST

Det sedan 1975 gällande kravet på bättre energihushållning i våra byggnader har bland annat föranlett byggnadsindustrin att se sig om efter nya värmeisoleringsmaterial som inte inkräktar allt för mycket på byggnadsvolymen m m.

Under en lång period har glas- och mineralull varit helt dominerande som värmeisoleringsmaterial. De ökade energihushållningskraven har emellertid inneburit att husens vägg-, bjälklags- och takkonstruktioner med de traditionella "ullmaterialen" blivit tjockare, mer komplicerade och dyrbarare.

Cellplastmaterial erbjuder effektiv termisk isolering och konstruktionerna kan därför göras väsentligt tunnare. Därmed erhålls ekonomiska fördelar för cellplasterna jämfört med "ullmaterialen".

Flera i byggnadssammanhang aktuella cellplaster förekommer. Den mest allsidiga av dessa plaster är uretancellplast (PUR). Uretancellplast kan utnyttjas i form av skivmaterial som limmas eller på annat sätt fixeras i en konstruktion, i form av "in-situskummade" byggelement (dvs cellplasten jäser mellan två ytskikt), i form av delkomponenter i fogmassor, i form av fogskum till byggelement eller som stomkompletteringsdetaljer (fönster, dörrar etc) med flera användningsområden.

Tidigare var uretancellplast jämfört med glas- och mineralull en förhållandevis dyr produkt. Genom ökade isoleringskrav har emellertid uretancellplast de senaste åren blivit allt mer konkurrenskraftig. Som en följd härav har också uretancellplastens användning ökat markant.

Förutom energihushållningsaspekten har även möjligheterna till rationalisering inom både byggmaterialproduktionen och byggmonteringen drivit på marknadsutvecklingen för uretancellplast.

1.1 INGÅENDE RÅVAROR

För framställning av uretancellplast användes bifunktionella isocyanater, s k diisocyanater, i kombination med olika högmolekylära polyoler på polyeter- eller polyesterbas. Ju större antal funktionella grupper som finns i isocyanaten resp polyolen, ju mer tvärbunden och styvare blir den bildade uretancellplasten. Genom variation av antalet funktionella grupper, främst i polyoldelen, erbjudes möjligheter att påverka uretancellplastens slutegenskaper.

Av isocyanaterna är det vid tillverkning av styv uretancellplast nästan undantagslöst difenylmetandiisocyanat (MDI) som kommer till användning.

För tillverkning av styv uretancellplast användes polyeterpolyol eller blandning av polyeter- och polyesterpolyol.

Polyeterpolyolerna är reaktionströga och fordrar speciella aktivatörer. Många råvarutillverkare levererar idag färdiga råvarusystem för framställning av styv uretancellplast. Systemen består av två komponenter, isocyanat och polyol. Polyoldelen innehåller dessutom erforderliga hjälpkemikalier såsom aktivatörer, emulgatorer, stabilisatorer samt jäsmedel.

Cellbildningen erhålles med hjälp av lågkokande fluorkolväten t ex F11 (monofluortriklormetan, ex vis Freon 11 eller Frigen 11) som inblandas i polyoldelen. På grund av temperaturstegring i reaktionsmassan förångas kolvätet varvid expansion erhålles.

Förutom den önskade expansionen, medför inblandning av jäsmedel (F11) bland annat följande fördelar.

- Reducerad förbrukning av MDI.
- Sluten cellstruktur.
- Nedsättning av uretancellplastens värmeledningsförmåga. F11 (freonet) har betydligt lägre värmeledningsförmåga än luft och koldioxid.

2. TILLVERKNINGSMETODER

2.1 ALLMÄNT

Uretancellplastens slutliga materialegenskaper är beroende av vilken tillverkningsmetod som används. Bland annat inverkar de ingående komponenternas kemiska egenskaper, tillvägagångssättet vid blandningen av dessa komponenter och om uretanskummet exempelvis får jäsna i en form eller appliceras genom sprutning.

Tillverkningen av uretancellplast omfattar tre steg

- dosering
- blandning och
- expansion (jäsning).

Vid tillverkningen blandas komponenterna i ett bestämt viktsförhållande. Efter omrörning erhålles en blandning som efter några sekunder börjar jäsna upp. Reaktionen som styrs av katalysatorer är exoterm d v s sker under värmealstring. Temperaturhöjningen aktiverar det skumbildande tillsatsmedlet och skumningen börjar. Genom sin klibbighet under uppskumningsprocessen får uretancellplasten sin goda vidhäftningsförmåga. Efterhand avtar uppskumningen genom att härdningsprocessen fortgår och skummet stelnar.

Vid val av lämpligt skumsystem för en viss tillverkningsmetod är reaktionstiderna för de olika stadierna i skumningsprocessen av väsentlig betydelse.

Man brukar indela förloppet i fyra stadier.

1. Starttid Tid från omrörningens början till jäsningssprocessens början.
2. Expansionstid: Tid från omrörningens början till jäsningssprocessens slut.
3. Avformningstid: Tid från omrörningens början tills dess materialet kan tas ur formen, dvs då det är klubb-fritt.
4. Härdningstid: Tid från omrörningens början till härdningens slut.

Såväl avformningstiden som härdningstiden är tjockleksberoende.

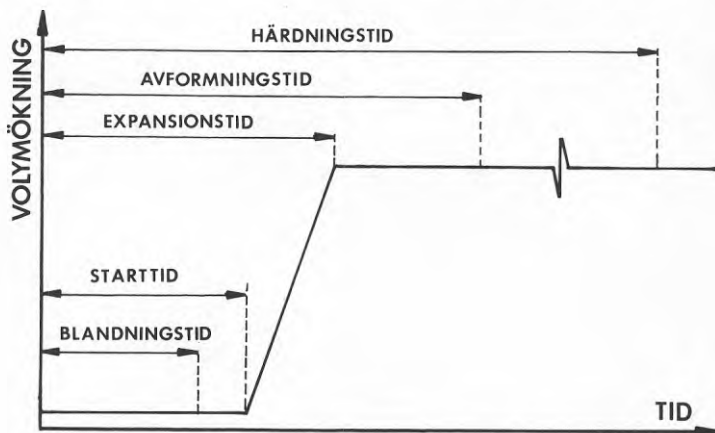


FIG 2.1. Exempel på reaktionstider och volymökning.

Reaktionstiderna bestäms vid en temperatur av 20 °C med hjälp av bägarförsök. Högre temperatur påskyndar reaktionerna och lägre fördröjer dem.

Råvarusystemen kan indelas efter reaktionstid i tre grupper.

Grupp	Starttid (sek)	Expansionstid (sek)	Avformningstid (sek)
1	30 - 120	150 - 300	Beroende av
2	10 - 25	50 - 150	tjocklek hos
3	3 - 10	25 - 50	materiallet.

Grupp 1 är avsedd för manuellt arbete i trånga och komplicerade utrymmen samt för fyllning av stora formar.

Grupp 2 är avsedd för hel- eller halvautomatisk serietillverkning av exempelvis sandwichelement.

Grupp 3 är avsedd för sprutning. Den korta reaktionstiden hindrar att uretancellplasten rinner bort från de ytor som den sprutas på.

Man kan särskilja på tillverkningsmetoder avsedda för arbetsplats och industribruk.

2.2 ARBETSPLATSMETODER

Här förstås till verkning av uretancellplast ute på arbetsplatsen. Som arbetsplatsmetoder förekommer friskumning (sprayform), hålrumsfyllning (t ex kanalväggar) och fogskumning.

2.2.1 Friskumning (spray-form)

Isolering med uretancellplast kan utföras med användning av sprut-teknik, ungefär samma som användes vid sprutmålning. Metoden används för att isolera tankar, ut- och invändig takisolering samt isolering av olika typer av lagerbyggnader.

Man använder mycket snabbreagerande komponentsystem (starttid mindre än 10 sek) eftersom blandningen inte får rinna eller droppa.

Blandningen sprutas på i skikt med en tjocklek av 1 á 2 cm. Genom flera översprutningar kan den önskade tjockleken byggas upp.

Sprutad uretancellplast fäster på de flesta material som t ex betong, stål, aluminium, papper och olika plastmaterial. I vissa fall kan det vara nödvändigt att sandblästra eller på annat sätt behandla den yta som skall sprutas.

Sprutad uretancellplast kan täckas med olika påsprutbara täckskikt som skyddar mot brand och klimatpåverkan som t ex UV-ljus.

Volymvikten hos sprutad uretancellplast ligger normalt i området 30 - 35 kg/m³.

2.2.2 Hålrumsfyllning

Vid hålrumsfyllning eller gjutning i form användes både lågtrycks- och högtrycksmaskiner. Vid lågtrycksblandning flyter reaktionsblandningen praktiskt taget utan tryck ur ventilmunstycket ned i hålrummet som antingen kan vara slutet eller öppet. Fyllningen kan utföras intermittent eller kontinuerligt.

Vid gjutning i slutet hålrum måste detta vara så utformat att luften kan avgå när blandningen jäser upp. För att få en god utfyllnad av hålrummet bör det fyllas med ett mindre överskott av råvara. Detta ger upphov till ett jästryck på 50 - 100 kPa som hålrumsväggarna måste kunna ta upp utan att deformeras. Omedelbart intill hålrumsväggen fås vanligen en densitetsökning beroende på väggens kylande effekt.

Öppen gjutning användes vanligen vid tillverkning av kyl- och frysrum och vid isolering av skalmurar, dvs långa, höga och relativt smala konstruktioner. Utfyllnaden sker genom upprepad gjutning. Reaktionsblandningen fördelas i ett jämnt lager i botten på hålrummet.

Efter jäsningen hålls nästa lager på. Detta upprepas tills full höjd har nåtts. Om de olika lagren får jäsa upp maximalt 20 cm blir trycket mot hålrumsväggarna mycket litet.

På marknaden finns idag speciella hålrumsfyllningssystem som ger mycket låga jästryck (0,5-1,0 kPa). Dessa system används vid tilläggsisolering av äldre hus och kantfyllnad av golv för att ta bort golvdrag m m.

För hålrumsfyllning finns transportabel utrustning med kapacitet 5 - 20 kg/min.

Vid fyllning av stora, smala eller komplicerade hålrum kan det ibland vara fördelaktigt att byta en del av drivmedlet mot difluordiklormetan (R12). Då denna kokar vid $-29,8^{\circ}\text{C}$ sker redan vid utträdet ur blandningskammaren en förexpansion (Frothing). Denna metod ger en jämn fördelning av volymvikten, mindre skumningstryck i hålrummet och en dimensionsstabilare slutprodukt.

2.3 INDUSTRIMETODER

Med industrimetoder förstås här tillverkningsmetoder som baseras på rationell tillverkning i någon form av "löpande band"-modell. Det kan vara frågan om antingen kontinuerlig eller diskontinuerlig tillverkning i fabrik.

2.3.1 Diskontinuerlig tillverkning

Diskontinuerlig tillverkning innebär att uretancellplasten får jäsa i form till sitt slutliga utseende.

Som form används här det slutliga byggelementet. Sandwichelement byggs upp med ytskikt, nödvändiga träregelförstärkningar, öppningar för fönster och dörrar samt elrör och eldosor.

Då "formen" är klar sprutas de blandade komponenterna in i denna. Metoden kallas även för "in-situ"-tillverkning, dvs jäsning på plats. Skummet strävar efter att utfylla hålrummen i formen och stelnar snabbt. Under processen utvecklas värme ända upp till 100 °C.

Det stelnade skummet häftar vid de omgivande täckskikten. Ingjutna detaljer fixeras samtidigt i skummet.

Skumningen möjliggör tillverkning av helt färdiga byggelement med ingjutna fönster och dörrar. Elementen kan tillverkas våningshöga.

Tillverkningen kräver tillgång till stödformer (jiggar), vertikala eller horisontala, som mothåll under själva jäsningen.

Om man betraktar tillverkningen av konstruktioner där uretancellplastens olika egenskaper utnyttjas till en samverkande konstruktion (sandwich) finns följande huvudsakliga tillverkningsmetoder.

För det första tillverkas sandwichkonstruktioner med en styv förtillverkad skiva av uretancellplast som genom limning sammanfogas med ytmaterial och bärverk.

För det andra finns sandwichkonstruktioner tillverkade i en jigg eller form. Förfarandet innebär att man i formen lägger material som skall hoplimmas, sätter formen i en press och injekterar uretanskummet i varje enskilt fack. Genom det höga tryck som alstras under jäsprocessen fås en god limverkan mellan de olika delarna.

För det tredje finns den kontinuerlig (ändlösa) tillverkningen som kräver en kvalificerad produktionsutrustning. Behandlas ytterliggare i nästa avsnitt.

Skillnaden i egenskaper mellan slutprodukterna i de båda sistnämnda fallen är liten men jiggen ger idag möjlighet till en större flexibilitet medan man i den kontinuerliga produktionen måste arbeta med en mycket hård standardisering.

Det som skiljer de olika tillverkningsätten åt är bland annat att investeringarna och kapaciteten ökar kraftigt för metoderna i nämnd ordning. I jiggtillverkning finns tillverkare med en årskapacitet på 100.000 - 200.000 m² per skift och maskin. I den kontinuerliga produktionen finns idag kapaciteter på långt över 1 milj m² per skift och år.

2.3.2 Kontinuerlig tillverkning

Vid en kontinuerlig tillverkning sprutas blandningen genom blandningsmunstyckena mellan två täcksikt som matas fram på två transportband.

Blocktillverkning tillgår på så sätt att skumblandningen får jäsa upp till långa limpor som efter avsvälning kapas upp i önskade format och längder. Slutprodukten är värmeisoleringskivor med sågade ytor runt om.

Värmeisoleringskivor kan också tillverkas med rullbara ytskikt i färdig tjocklek i en s k dubbelbandsanläggning. Slutprodukten är ett sandwichelement med ytskikt av exempelvis kraftpapper, aluminiumfolie, glasfiberväv eller underlagspapp för taktäckning.

I en dubbelbandsanläggning fördelas reaktionsblandningen över ett av täckslikten med hjälp av blandningsmunstyckena. Vid s k inverslaminering placeras blandningen på det övre täckslikten medan det vid rak laminering placeras på det undre täckslikten enligt figur 2.2. Täckslikten löper sedan samman och går in i dubbelbandet. I denna kontinuerliga rörliga form börjar härdningen av uretanet. Efter

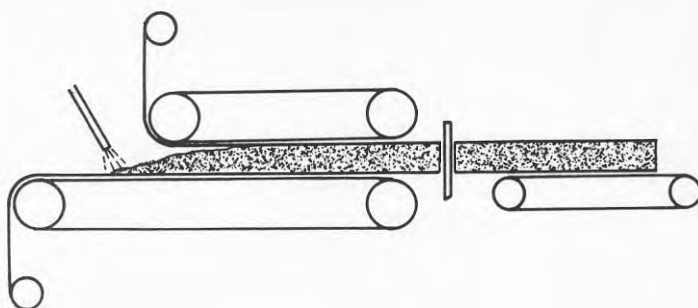


FIG 2.2. Principer för en dubbelbandsanläggning för kontinuerlig tillverkning av värmeisoleringskivor med rullbara täcksikt.

ca två minuter lämnar skivorna bandet och kapas i lämpliga längder. Med denna metod är det möjligt att tillverka sandwichelement med tjocklekar mellan 1 och 20 cm. Det är viktigt att ytskikten har likartade fukt- och värmetekniska egenskaper annars finns risk för att elementskivorna deformeras under härdningen (slår sig).

I efterhand kan uretanskivorna förses med ytskikt av exempelvis gipsskiva.

Ytskikt som gipsskivor kan också påföras kontinuerligt enligt dubbelbandsprincipen, jfr föregående avsnitt. Elementen består av en uretancellplastkärna som skummats mellan två gipsskivor. I elementen kan också finnas ingjutet stabiliserande träreglar och rör för eldragning. Hål för fönster och dörrar tas upp i efterhand.

3. MATERIALEGENSKAPER.

3.1 ALLMÄNT

Här koncentreras behandlingen till egenskaper som är eller kan vara av intresse för styv uretancellplast i byggnadskonstruktioner.

I det följande kapitlet summeras det som bedömts relevant för uretancellplastens olika egenskaper. Det är sålunda en sammanställning av litteraturuppgifter, given muntlig information och egna kommentarer.

3.2 MEKANISKA EGENSKAPER

Den litteratur som studerats är dels råvarutillverkarnas produktinformation dels (15), (16) och (17).

Det som normalt behandlas är korttidshållfastheten. Korttidshållfastheten är därvid beroende av volymvikt och temperatur. I figur 3.1 - 3.5 nedan redovisas några exempel på olika mekaniska egenskaper. I figuren är skuggat de volymvikter som för närvarande är mest aktuell i byggnadskomponenter.

Korttidshållfastheten är av intresse vid t ex hanteringen och eventuellt då man vill ta upp vindlaster i ytterväggselementen. Märk då att vindlasten i praktiken är dynamisk, även om t ex SBN 1980 betraktar den som statisk och bunden last.

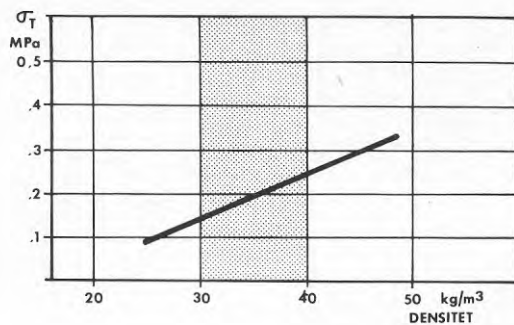


FIG 3.1. Tryckhållfasthetens beroende av densiteten. DIN 53421, 22 °C, 55% relativ luftfuktighet.

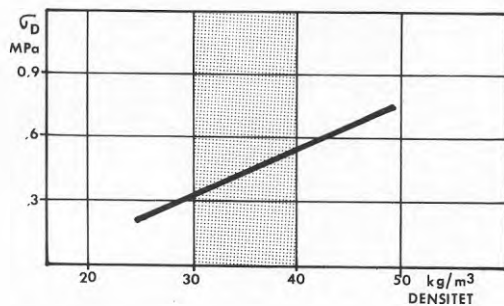


FIG 3.2. Draghållfasthetens beroende av densiteten vid viss tillverkning. DIN 53455, 22 °C, 55% relativ luftfuktighet. Normalt ligger drag- och tryckhållfasten i samma storleksordning.

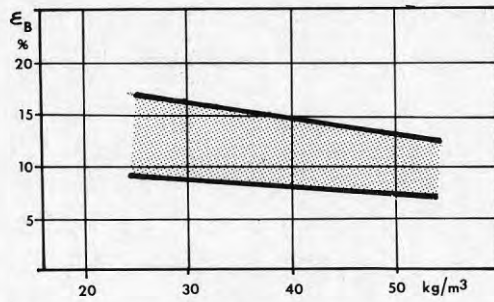


FIG 3.3. Brottöjningens beroende av densiteten. DIN 53423, 22°C , 55% relativ luftfuktighet.

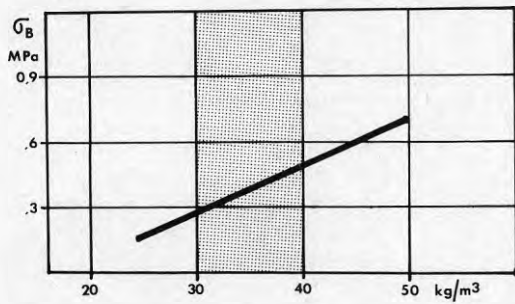


FIG 3.4. Böjhållfasthetens beroende av densiteten. DIN 53423, 22°C , 55% relativ luftfuktighet.

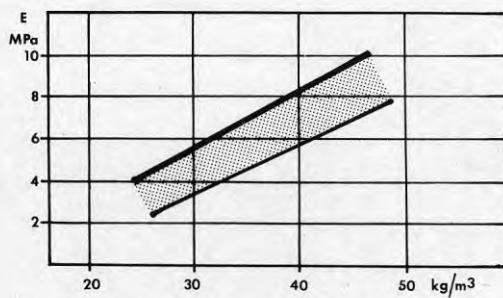


FIG 3.5. Elasticitetsmodul vid 22°C och 55% relativ luftfuktighet.

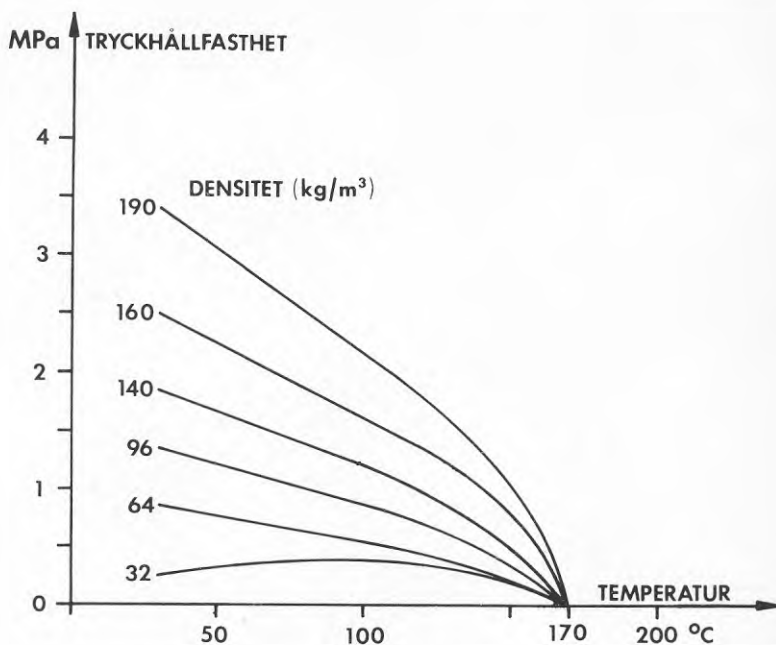


FIG 3.6. Tryckhållfasthetens beroende av temperaturen.

Ur hållfasthetssynpunkt kan uretancellplast emellertid betecknas som ett typiskt reologiskt material. Vid långtidslast uppträder krypdeformationer av betydande storlek. Detta kan exemplifieras av figur 3.7 som är hämtad från ett examensarbete vid KTH (18). Provkropparna är en sandwichkonstruktion med kärna av 40 mm cellplast med pålimmade 0,7 mm plastbelagda stålplåtar. Densiteten på kärnmaterialet var för PUR ca 30 kg/m^3 , PVC ca 36 kg/m^3 , PS_{ext} ca 32 kg/m^3 och för PS_{exp} ca 20 kg/m^3 . Provkropparnas längd var 1200 mm. Lasten var jämnt fördelad längs provkroppen.

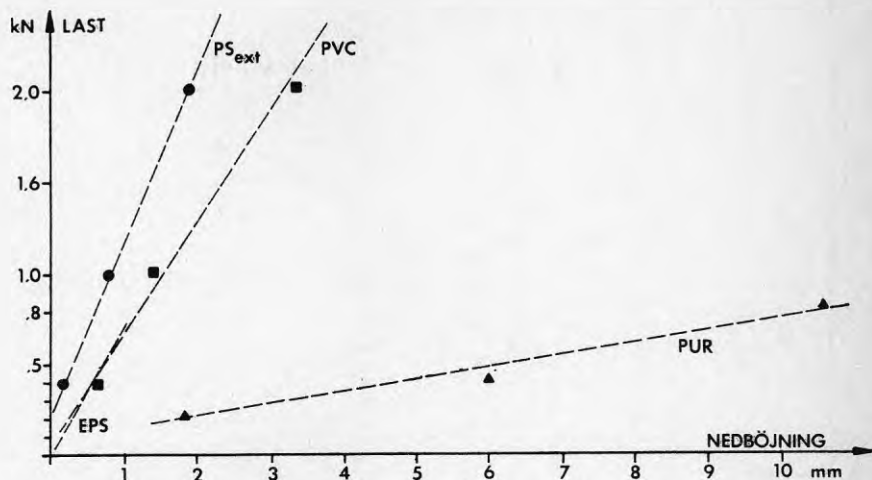


FIG 3.7. Samband mellan last och krypnedböjning efter 1000 h. 40 mm sandwichkonstruktion. (-----:hjälpelinje!) Last-nivåerna var 10, 25 samt 50 % av brottlasten vid kort-tidsbelastning. Examensarbete vid KTH.

Krypeffekterna tenderar också att öka med stigande temperatur och fallande densitet.

Beroende på kemisk sammansättning och framställningsmetod kan de mekaniska egenskaperna varieras även vid konstant densitet. I regel uppvisar uretancellplast en viss anisotropi. Denna kan ofta hänföras till framställningssättet. En orsak är tidsförskjutningen i kemiska reaktioner på olika ställen i formen. Praktiskt innebär detta att olika egenskaper erhålls vinkelrätt och parallellt med skumningsriktningen. I vissa fall torde dessa effekter kunna utnyttjas praktiskt

Kommentarer

Om uretancellplasten enbart skall användas som värmeisoleringsmaterial är enbart korttidshållfastheten av intresse. Uretanskivorna skall tåla hantering, kunna beträdas vid tak- och golvisolering och liknande påfrestningar.

Det finns emellertid ett intresse av att mer eller mindre kunna tillgodoräkna sig uretancellplastens mekaniska egenskaper vid den statistiska beräkningen av vägg- och bjälklagselement. Detta skulle innebära mindre virke i elementen och ett enklare sprutförfarande. Elementen sprutas in-situ

Det primära intresset för uretancellplasten har hittills varit att kunna utnyttja dess utmärkta värmeisolerande egenskaper. Detta har man i princip lyckats med. Nästa steg är nu att även utnyttja de statistiska fördelar som materialet erbjuder med "in-situ"-skummade byggelement. Materialets hållfasthetsegenskaper i "nyskummat" utförande har därvid studerats och befunnits goda, jfr figurerna ovan.

Vid mindre pilotförsök och liknande har emellertid deformations-egenskaperna väsentligt ändrats vid längre tids konstant belastning. Detta innebär att exempelvis ett bjälklagselement med bärande uretancellplastkärna skulle hänga ned med tiden. Detta kan naturligtvis inte accepteras utan måste påverkas vid konstruktionsstadiet.

Uretancellplastens långtidsegenskaper kan påverkas genom variationer i recepturen. Det är därför önskvärt att det tas upp forskning inom området uretancellplastens hållfasthetsegenskaper. Det finns idag praktiskt taget inget utfört på detta område. Här måste såväl statistiska som dynamiska belastningsfall beaktas. För närvarande tas inte hänsyn till uretancellplastens inverkan på byggelementets hållfasthet.

En viss forskning har bedrivits på Chålmers Tekniska Högskola, avdelningen för husbyggnadsteknik, beträffande långtidsbelastning men försöken har inte blivit tillräckligt dokumenterade. Det vore önskvärt om man gavs möjlighet att sammanställa sina resultat och erfarenheter inom detta område.

Vad gäller korttidshållfastheten hos sandwichkonstruktioner har forskning bland annat bedrivits på Institutionen för flygplansstatik, KTH.

3.3 VÄRMETEKNISKA EGENSKAPER

3.3.1 Värmeledningstalet

Uretancellplasterna har mycket goda värmeisoleringssegenskaper och överträffas inte av något annat material på marknaden. Uretancellplast består till 85 - 90% av slutna celler som innehåller freon. Det är freonet i cellerna som bidrager till uretancellplastens låga värmeledningstal. Värmeledningstalet för freon är så lågt som 0,008 W/mK. Som jämförelse kan nämnas att värmeledningstalet för luft är 0,023 W/mK. Detta gör det alltså möjligt att tillverka uretancellplast som omedelbart efter skumningen har värmeledningstal på 0,015 W/mK.

Värmeledningsförmågan hos freongasen är temperaturberoende. I figur 3.8 nedan visas hur värmeledningstalet för relativt nyskummad uretancellplast varierar med temperaturen.

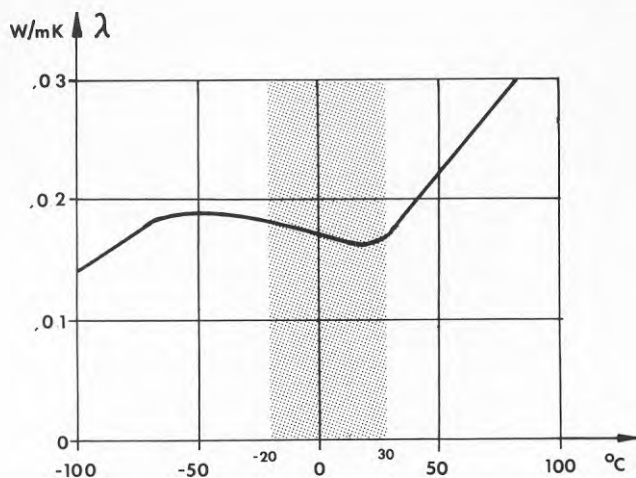


FIG 3.8. Värmeledningstalets variation med temperaturen för nyskummad uretancellplast. Aktuellt område för byggnadskonstruktioner är skuggat i figuren.

Värmeledningstalet är också beroende av densiteten hos uretancellplasten. För att uppnå bästa resultat används för närvarande volymvikterna $30 - 40 \text{ kg/m}^3$, jfr figur 3.9.

Den nyskummade uretancellplastens värmeledningsförmåga beror således på olika faktorer. Begränsningen av densiteten och relevanta användningstemperaturer gör emellertid att dessa faktorer här kan anses tämligen konstanta. Andelen slutna celler kan däremot variera och därigenom också det initiella värmeledningstalet. Närvaron av ythud, som i sig har en annan densitet, påverkar också resultatet.

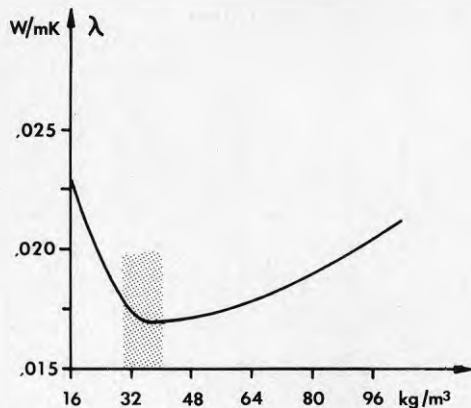


FIG 3.9. Värmeledningstalets beroende av densiteten.

Undersökningar på olika håll i världen har emellertid visat att uretancellplastens värmeledningsförmåga ändras med tiden. Man är dock inte helt överens om anledningen men resultatet blir det-samma.

Oavsett koppling eller överensstämmelse kan ett flertal faktorer, som påverkar värmeledningstalet nämnas. (2), (3), (4) m fl.

Infiltration av luft i cellerna

Omedelbart efter tillverkningen innehåller cellerna i styv uretancellplast enbart freongas vilket förklarar den initieilt låga värmeledningsförmågan. En del forskare brukar beskriva långtids-förloppet enligt figur 3.10 medan andra vill ha en succesiv ökning av värmeledningstalet kring C i figur 3.10 eller något längre fram i tiden.

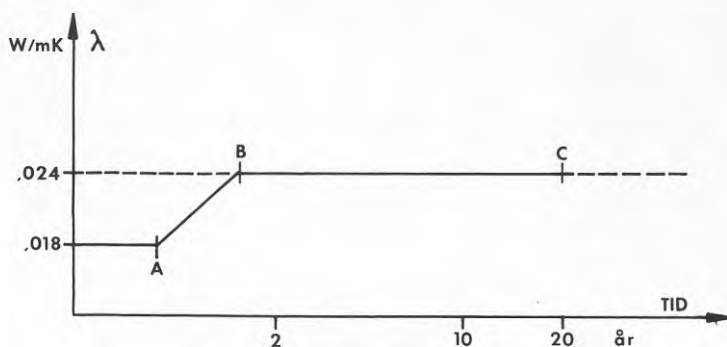


FIG 3.10. Uretancellplastens värmeledningsförmåga och dess principiella variation med tiden, enligt vissa forskare.

Efter en tid diffunderar luft in i cellerna och orsakar en försämring av värmeisoleringsförmågan (delen A-B). Efter ca två år fås emellertid en stabilisering och värmeledningsförmågan är därefter konstant. Jämför ovan vad som sagts om punkten C i figur 3.10.

Ovanstående förlopp är visat i praktiska mätningar (5) och (6). Från ett initieellt värde på 0,018 - 0,019 W/mK stabiliseras värmeledningstalet på 0,024 - 0,025 W/mK.

Freon diffunderar ut från cellerna

Förutom att luft tränger in i cellerna och späder ut freongasen kan sistnämnda också diffundera ut ur cellerna vilket likaledes innebär ett försämrat värmeledningstal.

Ett stort antal undersökningar visar att denna utåtriktade diffusion av freongas tar mycket lång tid. Försök visar att halveringstiden för freongasen i cellerna bör ligga i storleksordningen 75 år (7). Ökningen av värmeledningsförmågan beroende på detta skulle därför kunna vara försumbar i praktiskt hänseende.

Praktiska mätningar av värmeledningstalet hos styv uretancellplast (skivor) med täta ytskikt visar också på en tämligen stabil nivå, jfr tabellen nedan. (6), (8).

0 år	2 år	7 år	14 år	19 år	
0,0175	0,0235	0,0240	0,0245	0,0250	W/mK vid 20 °C

Från nämnda mätningar kan man dra slutsatsen att det redan efter två år (om inte före) har skett en stabilisering av värmeledningstalet. Tiden är naturligtvis i viss mån beroende av provtjockleken.

För närvarande saknas data på förändringar efter 20 år. Accelererade försök, (7) och (9), har dock visat att värmeledningstalet skulle förbli konstant även efter 20 år.

Redan 1967 visades hur gastrycket i en tunn uretancellplastskiva förändrades med tiden (3), figur 3.11. Direkt efter skumningen fås ett undertryck i cellerna p g a kemiska reaktioner när uretancellplasten först upphettats och därefter avkylts till lufttemperatur.

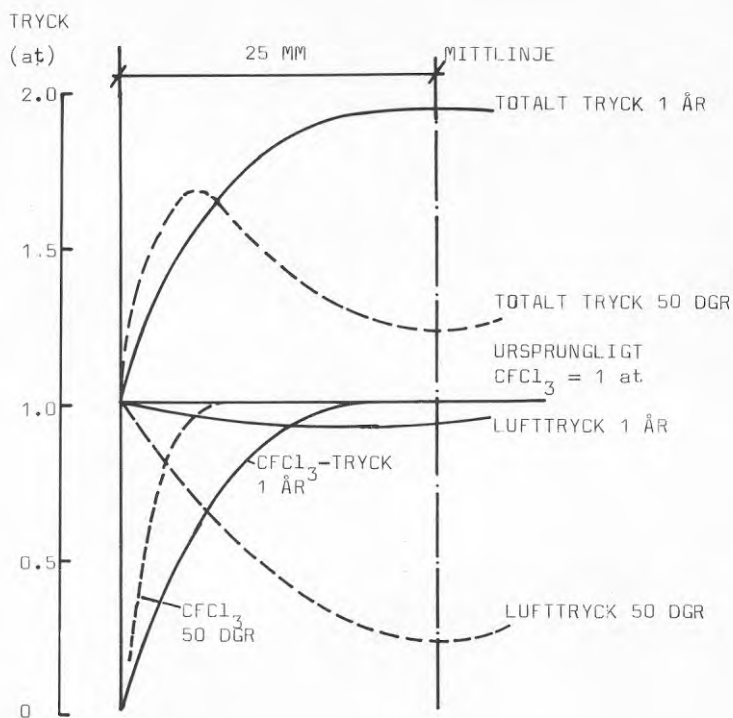


FIG 3.11. Gastryckets fördelning över halva skivtjockleken (storleken ca 300x300x25 mm). Densiteten ca 35 kg/m³. Åldring i luft med båda sidor fritt exponerade (3).

Beträffande figur 3.11 saknas uppgift huruvida uretancellplasten hade ythud eller om den var sågad. En ythud kan påverka skivans diffusionsegenskaper.

Initiellt värmeledningstal

Det slutliga värmeledningstalet beror också på det ursprungliga värdet. Ju lägre initiellt värmeledningstal direkt efter skumningen desto lägre blir också slutvärdet. Här spelar alltså de ursprungliga recepturerna en stor roll.

Det initiella värdet å sin sida beror huvudsakligen på cellstrukturen (form, orientering, storlek), andelen slutna celler och densiteten (4), (5) och (6).

Ytmaterial

Åldrandet av styv uretancellplast som ett resultat av absorption av luft och avgivning av freon i cellerna beror i mycket stor utsträckning på ytans beskaffenhet, dess diffusionsegenskaper.

Genom att applicera ett ytmaterial på uretancellplasten kan värmeledningstalet i hög grad bibehållas, se t ex (6). En annan verkan av detta blir att förändringen av plasten sätts in betydligt senare så att ett initieellt lågt värmeledningstal kan upprätthållas under en längre tid vid lämpligt val av ytmaterial.

Det kan nämnas att ythuden i sig fungerar som ett ytmaterial. Detta kan vara viktigt att notera om man exempelvis skall skriva regler för kvalitetskontroll av skivorna, (jfr VIM-kontrollen).

Ett exempel på ytmaterialets inverkan är en styv uretancellplast som klätts med aluminium på ytan. Sidorna är lufttäta och dess värmeledningstal är fortfarande 0,019 W/mK efter 10 år (6).

I (14) finns liknande resultat redovisade. Även i dessa fall är uretancellplasten innesluten i aluminium. Proven hade ett ursprungligt värmeledningstal på 0,016 W/mK. En mätning 5 år senare visade på en ökning till 0,019 W/mK för att sedan förbli konstant fram till den sista mätningen ytterligare drygt 5 år senare. Efter drygt 10 års förvaring i laboratorieatmosfär avlägsnades aluminiumfolien. Resultatet blev på 3 månader en ökning av värmeledningstalet till 0,024 W/mK. Efter ca 6 månader hade värdet stigit till 0,025 W/mK.

Fuktighet

Närvaron av fukt i form av vatten eller i extrema fall is har negativa effekter på värmeledningstalet då båda har avsevärt större värmeledningsförmåga än luft (2), (10) och (11).

Styva uretancellplastskivor som har placerats i utrymmen med mycket hög relativ luftfuktighet (90 - 100%) absorberar vatten vilket medför att värmeledningstalet ökar med tiden.

Denna åldrandefaktor kan undvikas med en ångspärr av något slag.

På Chalmers Tekniska Högskola har fuktvandringförsök utförts under 3 år på sandwichelement med kärna av uretancellplast inskummad mellan ytskikt av gipsskiva, träfiberskiva, spånskiva, asfboard, plywood och stålplåt (12).

Under första året kördes försöket med normal temperatur och relativ luftfuktighet på insidan och med årstidsväxlingar på utsidan. Andra året var klimatet varmt (+23 °C) och mycket fuktigt (90%) på insidan medan tredje året innebar en återgång till normalt klimat på varmsidan.

Under förutsättning att normalt klimat råder på elementets insida, här +21 °C och 40%, behöver man inte räkna med någon kondensation i uretancellplasten även om ångspärr saknas. Om klimatet däremot är varmt och fuktigt (extremt hög belastning) kan kondensation uppkomma under höst, vinter och vår. Särskilt gäller detta element med plåtbeklädnad på utsidan. Vid återgång till normalt inneklimat sker en uttorkning och fukthalterna antar åter låga värden.

Kommentarer

Nyskummad uretancellplast har ett för värmeisoleringsmaterial extremt lågt värmeledningstal, 0,016 - 0,019 W/mK. Värdet tycks variera mellan olika tillverkare varför man kan tro att recepturer och tillverkningsmetod/-kontroll kan påverka det initiella värmeledningstalet. Detta är något som måste beaktas i det fortsatta arbetet med att ta fram en branschnorm för uretancellplast. Möjligtvis måste man till en början på något sätt låsa hela eller delar av recepturerna.

För fritt exponerad uretancellplast ökar värmeledningstalet under de två första åren för att därefter stabilisera sig. Det är svårt att exakt ange ökningen av initialvärdet men 30% verkar rimligt i sammanhanget.

Uretancellplast används inte fritt exponerat utan förses oftast med olika ytskikt. Normalt är det gipsskivor eller plåt på en eller två sidor. Det måste anses klart visat att ytskikt, som reducerar eller hindrar gasutbytet mellan celler och omgivande luft, har en positiv inverkan på värmeledningstalets bibehållande. Här vore det intressant med mätningar på prov uttagna ur naturligt exponerade byggnadsdelar.

Fukt som tillåts tränga in i uretancellplasten har en negativ inverkan på värmeledningstalet. I byggnadskonstruktioner är emellertid uretancellplasten skyddad av ytskikt som reducerar fuktens inträngning, jfr (12). CTH har också visat att man normalt kan bortse från luftfuktens inverkan på värmeledningstalet.

Fuktens inverkan måste dock bedömas från fall till fall då ytskikten kan kombineras på olika sätt. De ovan önskade mätningarna skulle i sitt resultat också innehålla fuktens inverkan.

3.3.2 Värmeutvidgning

Uretancellplastens längdutvidgningskoefficient kan vid god formstabilitet variera mellan 20 och $160 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ beroende på densiteten. Utvidningens storlek är även beroende av om den mäts parallellt med eller vinkelrätt mot jäsriktningen. Den kan vara 2 - 6 gånger större i sistnämnda riktningen.

Uretancellplasten bör hålla en minsta densitet för att cellväggarna inte skall brista alltför lätt. Idag är man i dessa sammanhang överens om en minsta kärndensitet på $30 - 35 \text{ kg/m}^3$.

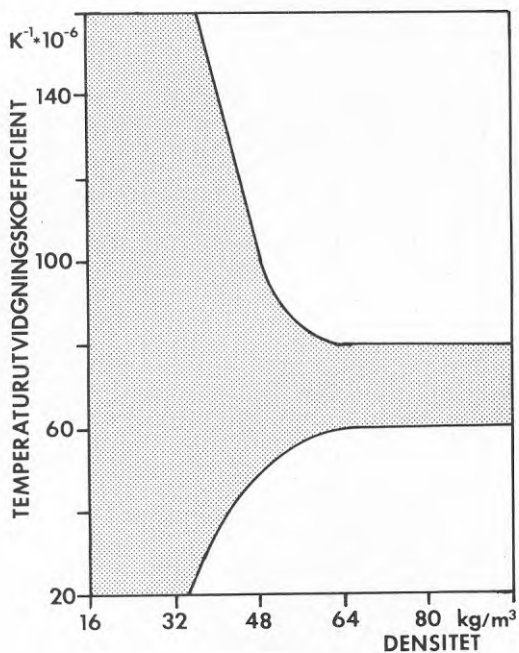


FIG 3.12. Uretancellplastens längdutvidgningskoefficient vid olika densiteter.

Uretancellplasten har vid användning i sandwichkonstruktioner vanligen betydligt större längdvidgningskoefficient än ytskikten. Vid temperaturgradienter över tjockleken uppstår därför spänningar i cellplasten och mellan cellplast och ytskikt. Dessa spänningar är dock så små att de i huskonstruktioner på grund av plastens viskoelastiska egenskaper inte leder till brott. Spänningarna avtar succesivt med tiden, så kallad relaxation.

3.4 FUKTMEKANISKA EGENSKAPER

3.4.1 Ångmotstånd

Vätsketransporten i uretancellplast sker här uteslutande genom diffusion. Strukturen på uretancellplast med övervägande slutna celler (85 - 90% av totalvolymen) innebär att dess motstånd mot vattenångdiffusion är stort. Man kan jämföra med ångmotståndet hos extruderad polystyren (EPS) som likaledes består av övervägande slutna celler.

Ångmotståndet är i hög grad beroende av cellstorleken och cellorienteringen. I starkt anisotropa material kan ångmotståndet vara dubbelt så stort vinkelrätt mot jäsriktningen som parallellt med denna. Då cellstorleken normalt minskar med stigande densitet ökar även ångmotståndet.

För densiteter kring 35 kg/m^3 varierar ångmotståndet för en cm uretancellplast i området $25 - 100 \cdot 10^3 \text{ s/m}$. Ångmotståndet för styrencellplast ligger som jämförelse i samma storleksordning.

3.4.2 Vattenabsorption

Försök på uretancellplastens vattenabsorptionsförmåga (18), (19) visar på en absorption i storleksordningen 0,4 - 0,5 volymsprocent för prover flytande på vattenytan (dvs i princip kapillär sugning) och 7-9 volymsprocent för prov helt nedsänkta i ett

vattenbad. I figur 3.13 visas vattenupptagning respektive uttorkning av uretancellplast vid laboratorieprov.

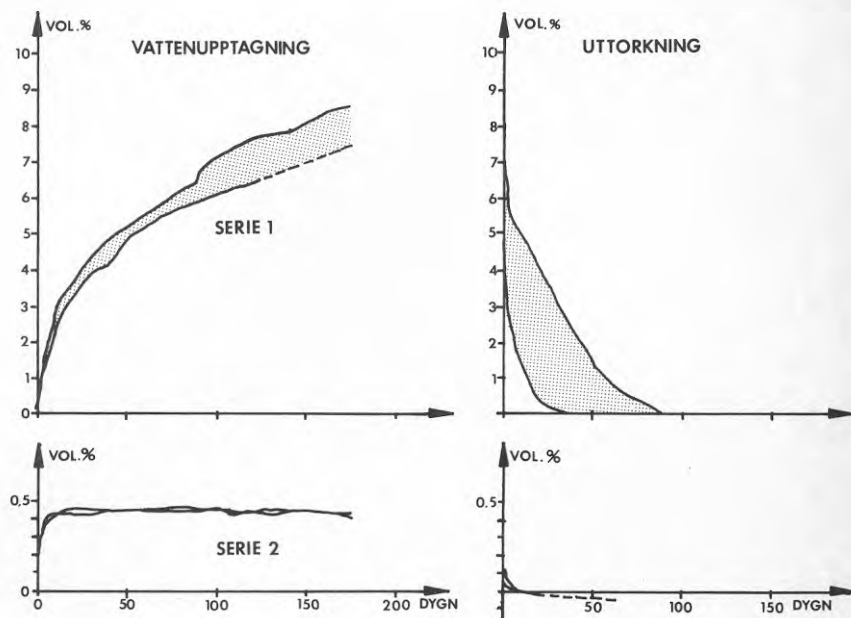


FIG 3.13. Exempel på resultat av vattenupptagning och uttorkning för uretancellplast. Serie 1: prov nedsänkta under vattenytan, serie 2: prov flytande på vattenytan.

En värmeisolerad byggnadskonstruktion skall inte kunna stå under vattentryck. Då är den konstruktivt felaktigt utformad. Serie 1 i figur 3.13 skall alltså inte få förekomma i praktiken.

Någon skulle kunna protestera mot påståendet i ovanstående stycke genom att säga att i ett omvänt yttertak är isoleringen i princip fritt exponerad mot smältvatten och regn. Det är sant men det är en kortvarig belastning då vattnet lätt kan avdunsta igen samt att man måste utgå från att även de omvända taken dräneras.

Kommentarer

De fuktmekaniska egenskaperna är "något flytande". Att exempelvis ångmotståndet kan variera, procentuellt sett mycket, är inget unikt för uretancellplast. Studerar man fuktkommentarerna till SBN 1975 (1975:3) finner man att detta gäller i princip alla material. En 10 cm skiva av uretancellplast skulle ha ett ångmotstånd på $250 - 1000 \cdot 10^3$ s/m vilket kan jämföras med en polyetenfolie (0,15 - 0,2 mm) som har ångmotståndet $2000 - 4000 \cdot 10^3$ s/m eller ett 16 cm betongbjälklag som har ångmotståndet $100 - 500 \cdot 10^3$ s/m. Sistnämnda anses kunna klara sig utan extra ångspärr.

Vattenabsorptionen är lite mera diffus. I verkligheten står isoleringen inte under vattentryck som motsvaras av att proven är helt nedsänkta under vatten, åtminstone inte i byggnadskonstruktioner. Uretancellplast bör emellertid klara en kortvarig nedblötning avsevärt bättre än exempelvis mineralull utan att dess värmeisolerande egenskaper på sikt försämras.

Vid tillverkningen kan vatten tillsättas men detta ombildas då vid skumningen. Materialet innehåller således ingen byggfukt. Om uretancellplasten jäses mellan två plåtskikt (t ex fryshuspaneler) skulle fukt inte heller kunna tränga in med undantag för elementskarvarna.

Uretancellplast som skummas mellan två gipsskivor kan däremot påräkna en viss fuktdiffusion genom skivorna och delvis även i isolerkärnan. Ångtrycksgradienten över en byggnads hölje är dessutom sådan att fukt vandrar inifrån och ut. Om utsidan då har

stort ångmotstånd finns risk för att fukt ansamlas innanför denna. Vintertid är det minusgrader i uretancellplastens yttre delar. Vid tillräckligt stor fuktvandring fås då rimfrost eller is i uretancellplasten vilket kan skada de slutna cellerna.

Problemet är att man egentligen inte vet om det är någon nämnvärd fuktdiffusion i praktiska fall. En invändig gipsskiva + tapet i kombination med ett relativt ångtätt isoleringsskikt (utan springor) innebär att farhågorna för isbildning i uretancellplast borde kunna minimeras. Detta torde kunna studeras i befintliga konstruktioner som är några år gamla.

Frågan om risken för kondens/isbildning i uretancellplast är viktig inte bara ur värmeisoleringssynpunkt utan i ännu högre grad om man vid projekteringen vill tillgodoräkna sig uretancellplastens mekaniska egenskaper.

3.5 LJUDISOLERINGSEGENSKAPER

Styv uretancellplast är mindre lämpat för användning i ljudisoleringssammanhang, både som absorberent och som stegljudsisolering. Orsaken är materialets stela struktur, låga densitet och den höga andelen slutna celler.

3.6 BRANDEGENSKAPER

Uretancellplast är klassificerad som ett brännbart material. Genom tillsatser kan det emellertid göras svårantändligt. Detta innebär att det inte brinner utan s k stödeld och förmår således inte sprida en uppkommen brand. De nu omnämnda brandhämmande tillsatsmedlen medför emellertid att de fysikaliska och mekaniska

egenskaperna förändras. Mängden tillsatsmedel måste därför begränsas. Rökutvecklingen synes emellertid öka med användningen av tillsatsmedel.

En väsentlig faktor vid en undersökning av ett materials brandtekniska egenskaper är rökutvecklingen vid brand.

En takisolerings-skiva kan exempelvis klistras med varmasfalt vid en temperatur på 200 - 220 °C. Under kort tid tål uretancellplasten en temperatur av 250 °C. Högsta användningstemperatur under lång tid uppgår till ca 110 °C. Temperaturen 150 °C kan accepteras om tiden är begränsad till mindre än ett dygn. De brandtekniska egenskaperna hos sandwichelement isolerade med uretancellplast är i avgörande grad beroende på vilken ytbeklädnad man väljer. Denna bestämmer brandklassificeringen.

Den undersökning omfattar inte de brandtekniska egenskaperna då dessa är planerade som ett separat projekt inom Sveriges Plastförbund. Orsaken är att den brandtekniska sidan för närvarande är så komplex och omfattande att den behöver större utrymme än vad som kan anges i en sådan här sammanställning.

4. MILJÖPÅVERKAN

Sedan ett tiotal år diskuteras olika plastmaterials påverkan på inre och yttre miljö. Debatten är delvis svåröverskådlig. Orsaken är kanske främst massmedias många gånger bristande kunskaper om plaster och deras förkärlek för brett uppdragns "larmrapporter".

Uretancellplasterna är s k hårdplaster. I uthärdat skick och vid normal användning påverkar den färdiga uretanprodukten, exempelvis uretancellplast, inte sin omgivande miljö.

4.1 INRE MILJÖ

Vid tillverkning av uretancellplaster utgår man från de kemiska huvudkomponenterna isocyanat och polyol. Som tillsatsmedel används bland annat olika typer av aminer. Jfr avsnitt 1.1.

Polyolerna är ur arbetsmiljösynpunkt relativt harmlösa. Vissa typer av isocyanater och aminer kan däremot nödvändiggöra arbetshygieniska skyddsåtgärder vid produkttillverkningen.

Tillverkningen av uretancellplastprodukter sker normalt industriellt. Det kemiska arbetarskyddet kan då anordnas på ett tillfredsställande sätt. Skyddsåtgärderna är i allmänhet av typen bortventilering, för att reducera halterna av ur arbetarmiljösynpunkt olämpliga gaser.

Det finns flera olika typer av isocyanater. Vilken isocyanat som ska användas beror på önskade egenskaper hos slutprodukten. Vid tillverkning av styv uretancellplast används isocyanaten MDI (difenylmetandiisocyanat). MDI har ett relativt lågt ångtryck och avger endast små kvantiteter hälsovådliga gaser vid här normal tillverkning. Avgivningen ligger i allmänhet långt under det fastställda hygieniska gränsvärdet, även utan särskilda skyddsåtgärder.

Industriell framställning av produkter i styv uretancellplast innebär således inga särskilda arbetsmiljöproblem.

Styva eller halvstyva uretancellplaster används också på byggarbetsplatser bland annat i form av s k enkomponent fogsikum eller maskinblandade fogsikum. För att eliminera arbetsmiljöriskerna med denna användningsform prepolymeriseras isocyanaterna till polyolen. Prepolymerisering innebär att en "tyngre" (större) sammansatt molekyl framställs, vilket ytterligare sänker ångtrycket. Därigenom förhindras att skadliga kvantiteter av isocyanatgas avges vid den kemiska reaktionen.

Arbete med fogsikum av uretancellplast sker nästan uteslutande utomhus, varför det är väl sörgt för luftväxlingen. Om appliceringen sker i mindre utrymmen måste skyddsåtgärder vidtagas.

Styv uretancellplast används också i värmekulvertledningarna. Ledningarna består oftast av ett mediarör av stål och ett mantelrör av polyeten med mellanliggande uretancellplastisolering. Värmekulverttrörens tillverkas i standardiserade längder som monterats på arbetsplatsen. Vid varje monterings skarv "in-situ"-skummas kompletterande uretancellplastisolering, hålrumsfyllning. Då den kompletterande skumningen sker i trånga utrymmen måste utarbetade arbetarskyddsregler beaktas.

Anledningen till att det i vissa fall behövs arbetarskyddsåtgärder mot exponering för isocyanater är att dessa kan ha en kraftigt irriterande verkan på ögonens, näsans, svalgets och luftrörens slemhinnor. Vid exponering för isocyanat vid lufthalter under det nu gällande hygieniska gränsvärdet uppstår inga olägenheter för normalt känsliga personer. Om luftinnehållet av isocyanat är högt - mycket över det hygieniska gränsvärdet - kan bronkialkonstriktion och lungödem förekomma.

För tillverkning av styv uretancellplast till byggkomponenter används för närvarande (1982) mellan 2 500 och 3 000 ton råvaror per år i Sverige (isocyanater, polyoler och tillsatsmedel) varav isocyanaterna utgör omkring 50%.

4.2 YTTRE MILJÖ

Vid tillverkning av styv uretancellplast till byggkomponenter används oftast freon (monofluortriklormetan) som jäsmedel. Andra jäsmedel kan förekomma, men dessa saknar då freonets goda värmeisolerande egenskaper.

Freon är under tryck en lågkokande vätska. Vid normalt atmosfärtryck omvandlas freon till gas. Freongasen är i små kvantiteter relativt harmlös för människor. Harmlösheten har inneburit att freon under 1960- och 70-talen fått stor användning som drivgas i sprayförpackningar. Freon används också i stor utsträckning som kylmedia i kyl- och frysskåp och industriella kyl- och frysrumsanläggningar.

Diskussioner om freonets eller freongasens roll för den yttre miljön har nu pågått något tiotal år. Debatten gäller hur freon påverkar det skyddande ozonlagret i stratosfären. Mätningar av ozonhalten sker kontinuerligt i stratosfären sedan flera årtionden. Utvärderingen av långtidmätningar visar att ozonskiktet succesivt skulle ha ökat under åren 1960 - 1979. Trots dessa resultat har kalkyler på rent teoretisk grund presenterats vilka anger en reducering av ozonskiktet för perioden 1970 -1979. Som en följd av de framlagda misstankarna om freonets verkan på ozonlagret har ett flertal industriländer, inklusive Sverige, infört förbud mot användningen av freon som drivgas i sprayförpackningar.

För att söka klarlägga sambandet mellan freon och dess eventuella påverkan på ozonskiktet har omfattande undersökningar igångsatts av världsmeteorologiorganisationen och av NASA (North American Space Association). Mycket tyder på att ozonlagret spontant är utsatt för normala periodiska förändringar. NASA-undersökningarna ska slutrapporteras 1985 och förhoppningsvis kommer resultaten att innebära ett entydigt klarläggande av motstridiga uppgifter.

För styv uretancellplast är freon för närvarande en omistlig produkt. Förutom som jäsmedel i tillverkningsprocessen fungerar freonet som termisk isolering då det innesluts i cellerna. Vid tillverkningen av s k flexibel uretancellplast har freon främst funktionen som jäsmedel, men även produkterna användningsegenskaper påverkas positivt. Teoretiskt sett kan freon ersättas med andra jäsmedel, men de nu kända substituten ger då stora arbetsmiljöproblem och en tekniskt sämre slutprodukt. De flexibla uretancellplasterna har s k "öppna celler", vilket innebär att freonet avgas under tillverkningsprocessen.

Då den styva uretancellplasten har s k "slutna celler" stannar freonet kvar i slutprodukten. Med tiden ökar emellertid värmeledningsförmågan hos den styva uretancellplasten om denna inte är försedd med ångtäta ytskikt. Ökningen är troligen beroende på att luft diffunderar in i cellerna. Freonet, som är en "tung" gas, kan med största sannolikhet inte komma ut genom de slutna cellernas väggar. I det fall att uretancellplasten, exempelvis i en väggkonstruktion, är försedd med täta ytskikt sker ingen förändring av värmeisoleringsförmågan.

Freon kan således inte under en byggprodukts (som innehåller uretancellplast) användningstid avgas ur produkten. Efter produktens användningstid, dvs vid en framtida ombyggnad eller renovering, kan freongasen emellertid avgas då produkten eventuellt destrueras genom söndermalning eller förbränning.

Av den totala freonanvändningen i Sverige går f n omkring 25% till uretancellplasttillverkningen - huvudsakligen flexibel uretancellplast. Endast en liten del används för att tillverka styv uretancellplast och uretancellplastprodukter. Det i absoluta tal största förbrukningsområdet för freon är som kylmedia i kyl- och frysskåp, värmväxlare samt industriella kyl- och frysrumsanläggningar.

5. MARKNADSÖVERSIKT

Jämfört med andra värmeisoleringsmaterial har uretancellplasten för närvarande relativt liten marknadsandel. De klart dominerande på isolermarknaden är "ullföretagen" Gullfiber, Rockwool och Holmens Bruk.

5.1 RÅVAROR

Totala marknaden i Sverige för råvaror till styv uretancellplast för byggkomponenter (isocyanater, polyoler och tillsatsmedel) uppgår för närvarande (1982) till 2 500 - 3 000 ton per år vilket grovt räknat motsvarar 60 000 - 80 000 m³ isoleringsmaterial. Som jämförelse kan nämnas att den totala nordiska marknaden är 12 000 - 15 000 ton per år med Finland som den största förbrukaren.

Till den inhemska tillverkningen av uretancellplast skall läggas importerade produkter från främst Finland men även övriga Europa. Storlekn på importen är svår att uppskatta men bedömmes vara 20 000 - 30 000 m³ per år.

I ovanstående förbrukningssiffror finns inte medtaget råvaror till kyl- och frysrum men väl råmaterial till såväl 1-komponents som 2-komponents fogska.

Bland råvaruleverantörerna (isocyanater, polyoler mm) på den svenska marknaden kan nämnas

- Nordsjö AB/Bayer, Malmö
- Svenska ICI AB, Göteborg
- Svenska Shell AB, Stockholm

Råvaruleverantörerna marknadsför normalt såväl råvaror som färdiga recepturer anpassade till kundens behov och önskemål.

5.2 VÄRMEISOLERINGSSKIVOR

Isoleringssskivor förekommer med eller utan ytmaterial. Skivkanterna kan vara raka för kant-i-kant-montering eller profilerade för sammanfogning med t ex not och spont eller genom skarvöverlappning. Som ytmaterial kan förekomma alla på marknaden förekommande skivmaterial, t ex gipsskivor (vanligast), träfiberskivor och spånskivor. Vid kontinuerlig tillverkning, t ex i en dubbelbandsanläggning, kan med fördel användas material som levereras på rulle, t ex takpapp, folier, papper, plåt m m.

Isoleringssskivorna tillverkas normalt i tjocklekarna 20 - 150 mm och i storlekar upp till 1,2 x 3,0 m.

I Sverige tillverkas isoleringssskivorna antingen genom blockskumningsprincipen, dvs sågas till rätt tjocklek ur stora block, eller kontinuerligt i en dubbelbandsanläggning varvid ytmaterialet normalt är en aluminiumfolie, takpapp eller fiberduk.

Användningsområdet för isoleringssskivorna är i huvudsak de som idag traditionellt behärskas av mineralull och styrencellplast. Speciellt inom ROT-sektorn (reparation och ombyggnad) har produkterna blivit av stort intresse pga materialets utrymmesbesparande egenskap. Uretancellplast bygger bara ca 60% av tjockleken jämfört med mineralull vid samma värmemotstånd. Isoleringssskivor med färdigt ytskikt minskar arbetskostnaden vid monteringen och sparar även in en del av den underliggande konstruktionen. Styvheten i skivorna innebär exempelvis vid invändig tilläggsisolering att de kan monteras utan träregelstomme vilket en isolering med mineralull behöver. Vid tilläggsisolering av fasader fungerar isoleringssskivorna som putsbärare. Skivorna fästes mekaniskt i den befintliga delen av ytterväggen.

5.3 SANDWICHKONSTRUKTIONER

Med ytmaterialet placerat på båda sidor om en kärna av uretancellplast fås en sandwichkonstruktion. Den kan tillverkas genom pålimning av ytmaterialet på uretancellplasten, tillverkning i form (jigg) eller genom ett kontinuerligt förfarande i t ex en dubbelbandsanläggning.

Det är härvid viktigt att ytmaterialen på ömse sidor om uretancellplasten har lika fukt- och värmetekniska egenskaper då det annars finns risk för deformationer i konstruktionen.

I princip alla ytmaterial kan i efterhand limmas på uretancellplast. Vanligast är för närvarande gipsskivor varvid den yttre skivan är väderbeständig (vindskydd).

Element upp till 3 x 12 m för tak och ytterväggar kan för närvarande tillverkas i jigg. Denna metod tillåter exempelvis inskumning av fönster och dörrar redan vid elementtillverkningen. Detta garanterar god värmeisolering och lufttätethet. Även elektriska och vatteninstallationer kan skummas in i elementet. Produkterna används i huvudsak för småhus, utfackningselement i flerbostäder, personalbodrar, husvagnar, portelement m m.

I en dubbelbandsanläggning matas ytmaterialet automatiskt in i skumningsmaskinen. Bärverk av regler kan med stor exakthet direkt placeras i sandwichkonstruktionen. Enklare rördragningar kan också utföras. Om anläggningen kompletteras med ett plåtvalsverk kan sandwichkonstruktionen tillverkas med profilerad plåt som ytmaterial.

5.4 PLATSSKUMNING

Platsskumning, eller friskumning, förekommer på ytor eller i hålrum som t ex fogar, utrymmen i bjälklag och ytterväggar m m. Friskumning utomhus är i Norden än så länge begränsat till sommarmånaderna då temperatur och luftfuktighet så tillåter.

Hålrumsfyllning eller tilläggsisolering i gamla konstruktioner sker genom att uretancellplast sprutas direkt in i hålrummet. Därvid används recepturer som ger ett litet jästryck mot hålrumssidorna, jfr avsnitt 2.2.2. För stort tryck kan ge upphov till deformationer i den fyllda konstruktionen.

Fogskumning är en metod med ett enkomponents uretancellplastsystem. Metoden ersätter vanlig drevning med mineralull. Vid större arbeten används en mobil skumningsanläggning för tvåkomponentssystem.

All arbetsplatsskumning förutsätter att särskilt utbildad arbetskraft anlitas för att säkerställa ett gott resultat och arbetarskydd.

5.5 ÖVERSIKT SVENSKA PRODUCENTER (1982)

Av praktiska skäl har översikten inte kunnat göras fullständig. Flera små tillverkare har antagligen inte lokaliserats. Översikten ger emellertid en god bild över marknadsbilden för närvarande. Tillverkare av kyl- och frysrumspaneler har inte medtagits. Dessa importeras till största delen.

TABELL 5.1. Översikt på några av de största svenska producenterna av uretancellplastsprodukter.

<div style="text-align: right;">Produkt</div> <div style="text-align: left;">Tillverkare</div>	Isoleringskivor utan speciella ytskikt	Isoleringskivor med ytskikt	Byggelement med träreglar	Byggelement, plåtsandwich	Byggelement, betongsandwich	Portelement	Fogskum	Hållrumsisolering	Skumningsutrustning
Bofors Plast AB	■	■							
Cabby AB			■	■					
Crawfoord Door				■		■			
F A W Jacobi AB							■	■	■
Frigo Scandia				■			■		
Porolon AB	■	■		■					
Puretan Element AB			■						
Rectisol AB	■	■							
Rockwool Macropanel				■					
Skånska Cementgjuteriet AB			■						
Multi Element A/S			■						
Wemas			■						
Östgötabyggen					■				

6. FOU

Någon större aktivitet på den institutionella FoU-verksamheten har inte kunnat noteras. Hos såväl råvaruleverantörer som slutprodukttillverkare försiggår naturligtvis en kontinuerlig utveckling på såväl produkt- som marknadsområdet. Denna FoU-verksamhet offentliggörs av förståliga skäl inte i förväg.

På Chalmers Tekniska Högskola, avdelningen för husbyggnadsteknik, pågår en undersökning av uretancellplastskivor klädda med aluminiumfolie och med kanterna förseglade. Här skall man bland annat undersöka foliens inverkan på förändringar i värmeledningstalet över en längre tidsperiod.

Man avser också att studera hur gasdiffusionsegenskaperna hos olika ytmaterial påverkan en sandwichkonstruktion isolerad med uretancellplast.

CTH har också element av uretancellplast sedan 6 år utplacerade på/i Högskolans försöksstation ute på Fiskebäck utanför Göteborg. Här är det frågan om långtidsförsök i naturligt klimat. Försöken kommer att avrapporteras vid ett senare tillfälle.

På Tekniska Högskolan i Lund, avdelningen för byggnadstekniskt brandskydd, har man studerat hur olika tilläggsisoleringsmaterial på fasder beter sig vid en brand i byggnaden. Uretancellplast är ett av de isoleringsmaterial som provats i full skala. Försöken pågår för närvarande och kommer att avrapporteras under 1983. Projektet samfinansieras av Byggforskningsrådet, Sveriges Plastförbund och Brandforsk.

På statens provningsanstalt i Borås påbörjades vid årsskiftet 82/83 under Arne Holmströms ledning ett projekt benämnt "Metoder för bestämning av beständighet hos byggnadsdelar av plast och gummi för isoleringsändamål". Även material för fuktisolering ingår

i undersökningen. Uretancellplast är ett av de material som kommer att studeras. Projektet är beräknat bli färdigt 1986.

Inom den s k VIM-kontrollen pågår sedan några år viss uppföljande mätning av värmeledningstalets förändring med tiden hos uretancellplast.

REFERENSER

- (1) Baumann G F An Analysis of Rigid Urethane Foam Insulation effectiveness, Journal of Cellular Plastics, July/Aug 1978.
- (2) Kadar K Thermal insulating effectiveness of Polyurethane Rigid Foams, International Polymer Science and Technology, Vol 1, No 2, 1974
- (3) Norton F J Thermal Conductivity and Life of Polymer Foams, Journ of Cellular Plastics, Jan 1967.
- (4) Ball G W Journal of Cellular Plastics, pp 66 - 78, Hurd' R March/April 1970
Walker M G
- (5) Schmidt W Kältetechnik - Klimatisierung, Vol 20 No 12, p 387 - 397, 1968.
- (6) Ball G W The Thermal Conductivity of Isocyanatebased Healey W G Rigid Cellular Plastics; Performance in Partington J B Practice. The European Journal of Cellular Plastics, Jan 1968.
- (7) Brandseth D A Accelerated Ageing of Rigid Polyurethane Ingersoll M G Foam. Journal of cellular Plastics, July/August 1980.
- (8) Garlick B Thermal Conductivity of PUR/PIR Foams. Packer E A BRUFMA Symposium 1980.
- (9) Schmidt W Kältetechnik - Klimatisierung, No 12, 1966.
- (10) Levy M Moisture Vapor Transmission and its effect on Thermal Efficiency of Foam Plastics, Journal of Cellular Plastics, Jan 1966.
- (11) Zeherder H Einfluss von Feuchtigkeit auf die Wärmeleitfähigkeit von Schaumkunststoffen im Bereich von -30 bis +30 °C, Kunststoff im Bau, Heft 1, 1979.

- (12) Larsson L-E Sandwichelement av uretancellplast. Chalmers Tekniska Högskola, avd för Husbyggnadsteknik, Rapport 81:4, Göteborg 1981
- (13) Larsson B Uretancellplast. En sammanställning av tillverkningsmetoder, materialegenskaper och några byggnadstekniska tillämpningar. Chalmers Tekniska Högskola, avd för Husbyggnadsteknik, Rapport 72:18, Göteborg 1972
- (14) Sherman M Sampling Faced Foam Insulation Board for Heat Flow Meter, Thermal Performance Testing 1978, JWRC 9/1978.
- (15) Forslund U
Wallin L Cellplaster i sandwichkonstruktioner. Deformationer vid långtidsbelastning. Tekniska Högskolan i Stockholm, avd för Byggnadsmateriallära, TRITA-BYMA 1979:9E, Stockholm 1979.
- (16) Bernestål A
Stjerna P-E Deformations- och hållfasthetsegenskaper hos väggelement av sandwichtyp belastade med korttidslast, Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, avd för Husbyggnadsteknik, Publikation 78:12, Göteborg 1978.
- (17) Herólf P Deformations- och hållfasthetsegenskaper hos mellanbjälklagslement av sandwichtyp belastade med korttidslast. Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, avd för Husbyggnadsteknik, Publikation 79:7, Göteborg 1979.
- (18) Thorsén S-H Bestämning av längdvidgningskoefficienten, vattenupptagning, fuktdiffusionstal samt värmeledningstal vid olika fukthalter för uretancellplast och styrencellplast. Examensarbete, Chalmers Tekniska Högskola, avd för Husbyggnadsteknik, Publikation 73:6, Göteborg 1973.

- (19) Ondrus J Fuktmekaniska och värmetekniska egenskaper hos cellmaterial. Avd för Husbyggnadsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Publikation 76:4, Göteborg 1976.
- (20) Kartläggning av kemiska hälsorisker i samband med användning av polyuretanprodukter inom industrin. Slutrapport till Arbetarskyddsfonden Projekt 77/190, Stockholm 1981.
- (21) Hövik J Sandwichelement med kärna av cellplast och tunna ytskikt. Avd för Stål- och Träbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Publikation S70:3, Göteborg 1970.
- (22) Isberg J Sandwichelement med kärna av cellplast och tunna ytskikt. Avd för Husbyggnadsteknik, Chalmers Tekniska Högskola, Publikation 80:9, Göteborg 1980.
Larsson L-E
- (23) Maresch H Möjligheter med uretancellplastisolerade byggkomponenter, Föredrag på Plastdagen 1981.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag
820219-3 från Statens råd för byggnadsforskning
till Sveriges Plastförbund, Stockholm.**

R17: 1984

ISBN 91-540-4084-1

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 670417

**Abonnemangsgrupp:
W. Installationer**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirkapris: 30 kr exkl moms