

Termiska isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR)





Termiska isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Egenskaper - tillverkning

Fast polyuretanskum (PUR/PIR) är ett av de mest effektiva högpresterande isoleringsmaterialen och möjliggör mycket effektiv energibesparing med minimal utrymmes användning.

Bättre isolering i byggnader är en betydande bidragande faktor för implementeringen av Kyoto-protokollet och kommer även att medföra ytterligare fördelar:

- energibesparingar, som resulterar i lägre elräkningar, både för individer och länder. Detta kommer att hjälpa till att förbättra Europas konkurrenskraft i sin helhet
- skydd av miljön: strängare isoleringslagar kan sänka de europeiska CO₂-utsläppen med 5 % (60 % av nuvarande europeiska Kyoto-mål)
- en positiv inverkan på skapande av arbete
- ett uppsving för den europeiska ekonomin

Denna rapport beskriver egenskaper för och tillverkning av fast polyuretanskum (PUR/PIR), ett av de mest effektiva isoleringsmaterialen.

Innehåll

Introduktion	4
1 Vad är fast polyuretanskum (PUR/PIR)?	5
2 Tekniska och fysiska egenskaper för fast polyuretanskum (PUR/PIR)	6
2.1 Termisk ledningsförmåga	6
2.1.1 Termisk ledningsförmåga och termiskt motstånd för isoleringsmaterial	6
2.1.2 Termisk ledningsförmåga för fast polyuretanskum (PUR/PIR)	6
2.1.2.1 Inverkan av cellgasen	7
2.1.2.2 Inverkan av densitet	7
2.1.2.3 Inverkan av temperatur	7
2.1.2.4 Inverkan av vattenabsorption efter nedsänkning i vatten under 28 dagar	7
2.1.3 Deklarerat värde för termisk ledningsförmåga	7
2.1.4 Långsiktig termisk ledningsförmåga för isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	7
2.2 Densitet	8
2.3 Tryckstyrka om eller tryckbelastning vid 10 % deformation σ_{10}	8
2.4 Kontinuerlig tryckbelastning σ_c (tryckkrypning)	8
2.5 Perpendikulär dragspänning för ytor omt, skjuvhållfasthet och böjstyrka σ_b	9
2.6 Uppträdande vid närvaro av vatten och fukt	9
2.6.1 Vattenabsorption efter nedsänkning i vatten under 28 dagar	9
2.6.2 Fuktbeteende under effekt av diffusion och kondensation och i omväxlande frost-tö-förhållanden	9
2.6.3 Diffusionsmotståndsfaktor för vattenånga μ	9
2.6.4 Diffusionsekvivalent tjocklek för luftlagret S_d	10
2.7 Termisk expansion	10
2.8 Specifik värmeförmåga och värmelagringsförmåga	10
2.8.1 Specifik värmeförmåga C_p	10
2.8.2 Värmelagringsförmåga C	10
2.9 Temperaturstabilitet	11
2.10 Kemisk och biologisk stabilitet	12
2.11 Brandegenskaper för fast polyuretanskum (PUR/PIR)	12
2.11.1 Reaktionen vid brand för isoleringsprodukter i enlighet med europeisk standard	12
2.11.2 Motståndskraft mot brand för byggnadselement som innehåller isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	12
2.11.3 Klassificering för reaktion vid brand för produkter baserade på fast polyuretanskum (PUR/PIR)	12
3 Hållbar utveckling med fast polyuretanskum (PUR/PIR)	13
3.1 Minskad energiförbrukning och minskade utsläpp	13
3.2 Hygien och livsmedelskonservering	13
3.3 Livscykelanalys av fast polyuretanskum (PUR/PIR) och energibalans	14
3.4 Fast polyuretanskum (PUR/PIR) - materialåtervinning och energiåtervinning	14
4 Tillverkning av termiska isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	15
4.1 Tillverkning av isoleringspaneler med flexibla ytor av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	15
4.2 Tillverkning av block av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	16
4.2.1 Kontinuerlig tillverkning av blockskum	16
4.2.2 Icke-kontinuerlig tillverkning av blockskum	16
4.3 Tillverkning av sandwichpaneler med stela ytor av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	17
4.3.1 Kontinuerlig tillverkning av metallbelagda sandwichpaneler	17
4.3.2 Icke-kontinuerlig tillverkning av sandwichpaneler	17
4.4 Sammanfattning	17
5 Europeisk harmonisering av isoleringsmaterial - märkning av termiska isoleringsprodukter av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	18
5.1 Föreskrifter inom det europeiska direktivet för byggnadsprodukter	18
5.2 CE-märkning	18
6 Referenser	19



Introduktion

Polyuretan – förbättrar vår livskvalitet

Oavsett om det handlar om skosulor, madrasser, rattar eller isolering – en värld utan polyuretan är otänkbar idag. Inom sport- och fritidsvärlden, i hemmet eller i bilen – polyuretan har en positiv inverkan på vårt dagliga liv. Det behövs överallt. Beroende på formel och grundläggande kemisk blandning kan egenskaperna för polyuretan bestämmas med precision under tillverkningen – fast, mjuk, integrerande eller kompakt. Resultatet: skräddarsydda och kostnadseffektiva lösningar för (nästan) alla användningsområden.



Bild 1: Polyuretan – ett mångsidigt material

Skräddarsydd isolering

När det gäller isolering av byggnader, är fast polyuretanskum (PUR/PIR) den kostnadseffektiva isoleringslösningen för nybyggnation på grund av dess låga termiska ledningsförmåga, som är överträffad i jämförelse med andra konventionella produkter. Dessutom är fast polyuretanskum (PUR/PIR) idealiskt för renoveringar när tyngdpunkten ligger på energieffektivitet. Nyisolering av fasaderna på existerande byggnader kan minska den genomsnittliga energiförbrukningen med mer än 50 % och fast polyuretanskum (PUR/PIR) underlättar installationen. Låg termisk ledningsförmåga innebär tunnare isolering för

alla specificerade isoleringsnivåer och tunnare isolering innebär att det är enklare att få plats med isoleringen i byggnadens hålrum. Isoleringförmågan är oerhört hög, även med blygsam materialtjocklek. Slutligen, goda mekaniska egenskaper och utmärkt fästförmåga vid andra material, öppnar upp ett brett fält av användningsområden.

Med sin optimala isoleringsförmåga, är isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) mycket mångsidiga. Produkterna sträcker sig från isoleringspaneler för takläggning, väggar, golv och innertak till fönsterisolering och skumtätningsmedel och vidare till metallbelagda sandwichpaneler för industribyggnader.

Effektiv termisk isolering som räcker hela livet

Termen fast polyuretanskum (PUR/PIR) står för en familj av isoleringsmaterial, som förutom polyuretan (PUR) även inkluderar fast polyisocyanuratskum (PIR).

De utmärkta termiska isoleringsegenskaperna för fast polyuretanskum (PUR/PIR) med slutna celler uppnås idag huvudsakligen med hjälp av blåsmedel som exempelvis pentan (kolväte) eller CO₂.

Utöver den låga termiska ledningsförmågan är fast polyuretanskum (PUR/PIR) stabilt och hållbart. Det kommer att fungera så länge byggnaden står och har en livstid som överstiger 50 år.

Termisk isolering med fast polyuretanskum (PUR/PIR) sparar resurser och energi och innebär inga betydande miljöfarliga utsläpp.

Fast polyuretanskum (PUR/PIR) är den rätta investeringen för framtiden eftersom:

- det erbjuder optimal, livslång isolering utan nackdelar, underhåll eller reparationer
- det höjer egendomens värde och livskvaliteten
- det leder till stora energibesparingar och minskade uppvärmningskostnader
- det är kostnadseffektivt och enkelt att installera



1 Vad är fast polyuretanskum (PUR/PIR)?

Fast polyuretanskum (PUR/PIR) är en plast med slutna celler. Den används som ett fabriktillverkat termiskt isoleringsmaterial i form av isoleringspaneler eller blockskum och i kombination med olika fasta fasadbeklädnader som ett konstruktionsmaterial eller sandwichpanel. In-situ-polyuretanskum tillverkas direkt på byggnadsplatsen.

För tunnare materialtjocklekar erbjuder fast polyuretanskum (PUR/PIR) optimal termisk isolering tillsammans med en exceptionell utrymmes användningsfördel. För arkitekter och planerare, ger fast polyuretanskum (PUR/PIR) möjlighet till kreativa isoleringslösningar från källare och väggar till innertak och tak. Det är idealiskt för en byggnadsapproach med tonvikt på lättvikt, lågenergi eller nollenergi (Passivhaus).

Isoleringspaneler

Tack vara deras utmärkta mekaniska styrka, är isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) mycket motståndskraftiga; de kan kombineras med andra material och är enkla att installera på byggnadsplatsen.



Bild 2: Isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Metallbelagda sandwichpaneler

Sandwichpaneler har en kärna av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med profilerad beklädnad, i de flesta fall metall, på både de övre och nedre ytorna. Sandwichpaneler är särskilt lämpliga för tak och väggar, för olika stödstrukturer i salar och industribyggnader, såväl som för kyl- och kallförvaringsenheter. Dessa lättviktspaneler är enkla att tillverka och kan installeras i alla väderförhållanden. PUR/PIR-sandwichpaneler är i hög grad monteringsfärdiga, vilket ger dem strukturella och konstruktionsrelaterade designegenskaper som erbjuder en hög säkerhetsgrad, både i tillverkningsstadiet och i den avslutade byggnaden.

Block

Blockskum av polyuretan (PUR/PIR) kan skäras till för att passa isoleringsbyggnadsutrustningen och industriella anläggningar.



2 Tekniska och fysiska egenskaper för fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Egenskaperna för isoleringsmaterial är beroende av deras struktur, råmaterialet som används och tillverkningsprocessen. Vid valet av lämpligt termiskt isoleringsmaterial, spelar de önskade termiska egenskaperna den viktigaste rollen. För byggnadens funktion och säkerhet är en annan viktig faktor vid valet av isolering den mekaniska styrkan, motståndskraft mot åldrande, ljudisolerande egenskaper och motståndskraft mot fukt och brand.

ISOLERINGSMATERIAL av fast polyuretanskum (PUR/PIR) uppvisar utmärkta isoleringsegenskaper. De har extremt låga värden för termisk ledningsförmåga och kan uppnå optimala energibesparingar. De utmärkta värdena för mekanisk styrka och den exceptionella hållbarheten för fast polyuretanskum (PUR/PIR) uppfyller alla krav för isoleringsmaterial som används inom byggnadsindustrin.

2.1 Termisk ledningsförmåga

Den viktigaste egenskapen för ett isoleringsmaterial är dess isoleringsförmåga. Mätstickan för sådan isoleringsförmåga är låg termisk ledningsförmåga eller hög termisk motståndskraft.

2.1.1 Termisk ledningsförmåga och termiskt motstånd för isoleringsmaterial

Termisk ledningsförmåga (λ) är en specifik materialegenskap. Det representerar värmeflödet i watt (W) genom en yta på 1 m² och ett 1 m tjockt plant lager av ett material när temperaturskillnaden mellan de två ytorna i värmeflödets riktning uppgår till 1 Kelvin (K). Måttheten för termisk ledningsförmåga (λ) är W/(m·K).

Den termiska motståndskraften (R) beskriver den termiska isoleringseffekten för ett byggnadslager. Den uppnås genom att dividera tjockleken (d) med det designade värdet för termisk ledningsförmåga för en byggnadskomponent: $R = d/\lambda$ (i enlighet med EN ISO 6946). Enheten för termisk motståndskraft (R) är (m²·K)/W. I byggnadskomponenter som består av flera lager, läggs den termiska motståndskraften för de individuella lagren ihop.

Den termiska överföringen (U) är värmeflödet i watt (W) genom 1 m² av en byggnadskomponent när temperaturskillnaden mellan ytorna i värmeflödets riktning är 1K. U-värdet kan beräknas från $U = 1/R$ för en given konstruktion och anges i allmänhet i W/(m²·K).

Den termiska ledningsförmågan och den termiska motståndskraften för isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) bestäms i enlighet med Bilaga A och Bilaga C i EN 13165.

2.1.2 Termisk ledningsförmåga för fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Den termiska ledningsförmågan för fast polyuretanskum (PUR/PIR) är beroende av:

- cellgasen som används
- densitet
- temperatur
- uppträdande vid närvaro av vatten och fukt
- tidpunkt för mätningen.

2.1.2.1 Inverkan av cellgasen

De exceptionella isoleringsegenskaperna för fast polyuretanskum (PUR/PIR) uppnås via användning av blåsmedel. Den termiska ledningsförmågan för blåsmedlet vid en referenstemperatur på 10 °C är betydligt lägre än för luft [$\lambda_{\text{luft}} = 0,024 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$]. Det vanligast använda blåsmedlet är kolvätet pentan, antingen som en ren isomer eller som en blandning av isomererna normal, iso- eller cyklopentan, med en termisk ledningsförmåga på mellan 0,012 och 0,013 W/(m·K). [1] För särskilda syften, används fluorkolväten som exempelvis HFC-365 mfc eller HFC-245 fa.

Tack vare det höga slutna cellinnehållet i fast polyuretanskum (PUR/PIR) (proportion av slutna celler > 90 %), förblir blåsmedlet i isoleringsmaterialet i det långa loppet. Gasdiffusionstäta fasader reducerar cell-gas-utbytet med den omgivande luften.

Nivåerna för termisk ledningsförmåga som specificeras av tillverkaren är långtidsvärden. Dessa är baserade på en livstid på minst 25 år för isoleringsmaterialet, i praktiken förväntas livstiden vara längre än 60 år. Nivåerna för termisk ledningsförmåga tillåter möjliga åldrandeffekter. Bilaga C för produktstandard EN 13165 beskriver procedurerna för att avgöra effekterna för åldrande för fast polyuretanskum (PUR/PIR).

De inledande värdena för termisk ledningsförmåga bestäms inom ramverket för övervakning från tredje part i enlighet med EN 13165, en till åtta dagar efter tillverkningen av isoleringspanelerna av ett testinstitut som är godkänt av byggnadsmyndigheterna.

2.1.2.2 Inverkan av densitet

Mängden strukturellt material ökar allteftersom densiteten stiger. Detta ökar andelen värme som leds över det strukturella materialet. Ökningen av termisk ledningsförmåga ökar dock inte i proportion till den ökade densiteten, den termiska ledningsförmågan för fast polyuretanskum (PUR/PIR) förändras lite i densitetsintervallet 30 till 100 kg/m³ som är relevant för byggnation.

2.1.2.3 Inverkan av temperatur

Den termiska ledningsförmågan för isoleringsmaterial minskar allteftersom temperaturen sjunker. Temperaturökningar leder å andra sidan till en minimal ökning av den termiska ledningsförmågan.

Mätningar av termisk ledningsförmåga sker under standardiserade förhållanden. Det är av denna anledning som de uppmätta värdena konverteras till en medeltemperatur på 10°C. De minimala avvikelserna i termisk ledningsförmåga för byggnadsförhållanden jämfört med referenstemperaturen på 10°C tas med i beräkningen för designvärdet för termisk ledningsförmåga.

2.1.2.4 Inverkan av vattenabsorption efter nedsänkning i vatten under 28 dagar

Vid en referenstemperatur på 25 °C, är den termiska ledningsförmågan för vatten $\lambda = 0,58 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Eftersom den termiska ledningsförmågan för det vanligaste isoleringsmaterialet varierar mellan 0,020 W/(m·K) och 0,050 W/(m·K), leder vattenabsorption på grund av nedsänkning i vatten till en ökning av den termiska ledningsförmågan. Dock har vattenabsorption endast en liten inverkan på den termiska ledningsförmågan för fast polyuretanskum (PUR/PIR). Studier som har genomförts av Forschungsinstitut für Wärmeschutz i München har påvisat att ökningen av termisk ledningsförmåga för fast polyuretanskum (PUR/PIR) som har expanderats med pentan efter 28 dagars nedsänkning i vatten är obetydligt och uppgår till runt 0,0018 W/(m·K) [2]

2.1.3 Deklarerat värde för termisk ledningsförmåga

Det deklarerade värdet för termisk ledningsförmåga (λ_D) härleds från uppmätta värden som bestäms under förhållande och regler som anges i EN 13165. Det deklarerade värdet bestäms utifrån de ursprungliga uppmätta värdena och tar med statistisk spridning och ökningen för åldrande i beräkningen. Det rapporteras i steg på 0,001 W/(m·K).

2.1.4 Långsiktig termisk ledningsförmåga för isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Forschungsinstitut für Wärmeschutz i München utförde långsiktiga tester på isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) under en period på 15 år. Den termiska ledningsförmågan och cellgassammansättningen bestämdes periodiskt. Bild 3 visar förändringen av termisk ledningsförmåga för paneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) som blåsts med pentan över en förvaringsperiod på 15 år vid rumstemperatur.

Utöver den termiska ledningsförmågan för den solida materialstrukturen och värmestrålningen i skumcellerna, är den termiska ledningsförmågan för fast polyuretanskum (PUR/PIR) i huvudsak beroende av värmeöverföring via cellgasen. Den relativt stora ökningen av termisk ledningsförmåga i början av studien har att göra med gasutbytet mellan CO₂ (termisk ledningsförmåga c. 0,016 W/(m·K)) och luft (termisk ledningsförmåga c. 0,024 W/(m·K)).

Efter cirka 3 år, när cellgassammansättningen en stabil jämvikt och den termiska ledningsförmågan förändras endast minimalt efter detta. I allmänhet uppnår tjockare isoleringsmaterial lägre långsiktiga värden för termisk ledningsförmåga.

Tidskurvan visar att de 'fasta ökningarna' i enlighet med EN 13165 för pentan har dimensionerats korrekt:

- 5,8 mW/(m·K) vid tjocklekar < 80 mm
- 4,8 mW/(m·K) vid tjocklekar > 80 mm och < 120 mm
- 3,8 mW/(m·K) vid tjocklekar > 120 mm och < 160 mm
- 2,8 mW/(m·K) vid tjocklekar > 160 mm och < 200 mm (prEN13165, 2010)
- 1,8 mW/(m·K) vid tjocklekar > 200 mm (prEN13165, 2010)

Användare kan vara säkra på att de deklarerade värdena för termisk ledningsförmåga (λ_D) inte kommer att överskridas ens över mycket långa tidsperioder. [2 ja 3]

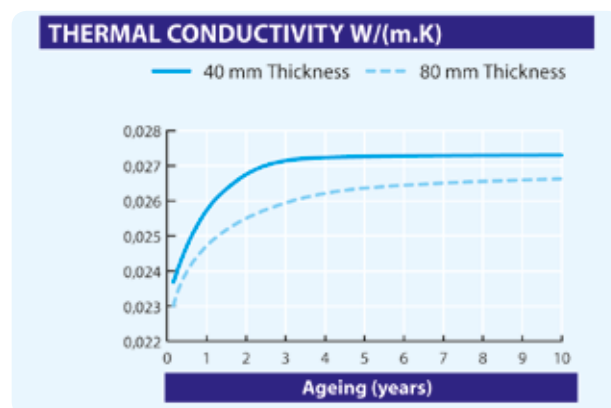


Bild 3: Ökning av termisk ledningsförmåga för isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) under de första 15 åren efter tillverkningen

2.2 Densitet

Densiteten för fast polyuretanskum (PUR/PIR) som används för termisk isolering i byggnader varierar normalt mellan 30 kg/m³ och 45 kg/m³. Dock kan den uppnå 100 kg/m³ inom vissa användningsområden.

För särskilda användningsområden som är föremål för extrem mekanisk belastning, kan densiteten för fast polyuretanskum (PUR/PIR) ökas till 700 kg/m³.

Endast en liten del av det fasta polyuretanskummets volym består av fast material. För en densitet på 30 kg/m³ som är vanlig inom byggnadsarbeten, utgör det fasta plastmaterialet endast 3 % av volymen. Detta material bildar ett nät av cellstötter och cellväggar som kan motstå mekanisk belastning på grund av sin fasthet och motståndskraft mot buckling.

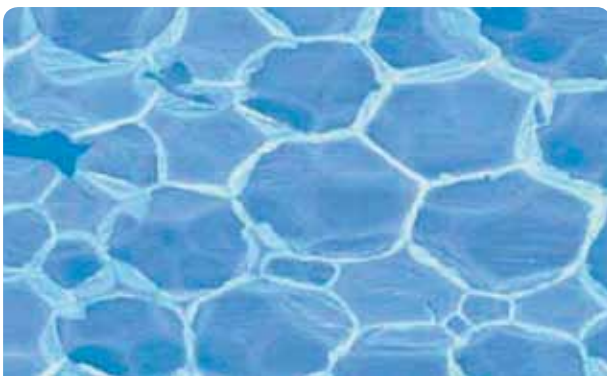


Bild 4: Cellstruktur för fast polyuretanskum (PUR/PIR)

2.3 Tryckstyrka σ_m eller tryckbelastning vid 10 % deformation σ_{10}

Styrkeegenskaperna för fast polyuretanskum (PUR/PIR) är primärt en funktion för dess densitet. När man tittar på materialuppträdande under tryckbelastning, skiljer man mellan tryckbelastning och tryckstyrka. Tryckbelastning bestäms i allmänhet vid 10 % deformation. Tryckstyrka definieras som maximal belastning upp till brytstyrkan.

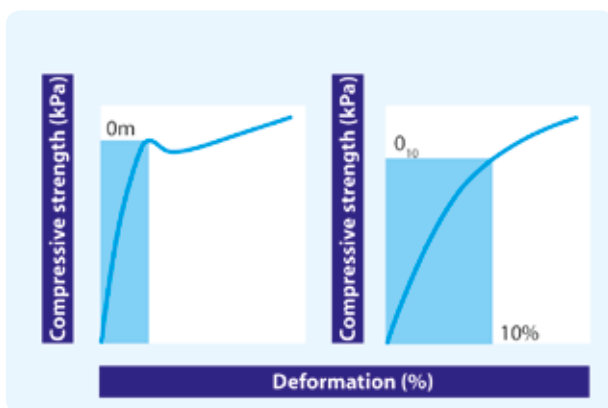


Bild 5: Tryckstyrka och tryckbelastning vid 10 % deformation (tryckstyrka: skummaterial kollapsar plötsligt under ökad tryckbelastning. Värdet vid maxpunkten i kurvan är tryckstyrkan σ_m . Tryckbelastning: det finns ingen tydlig brytpunkt. Värdet vid 10 % deformation för provet är tryckbelastningen σ_{10})

Tryckstyrkan eller tryckbelastningen vid 10 % deformation för isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) mäts i enlighet med EN 826 inom en tidsram på endast några få minuter. Detta är känt som korttidsuppförande. Dessa uppmätta värden kan användas för att jämföra olika isoleringsmaterial. För pålitliga statistiska mätvärden, är det nödvändigt att ha värden för långsiktig kontinuerlig tryckbelastning (tryckkrypning).

För många användningsområden för fast polyuretanskum (PUR/PIR), är ett värde för tryckstyrka σ_m eller tryckbelastning σ_{10} på 100 kPa tillräckligt.

Inom vissa användningsområden, som exempelvis takläggning, golvläggning, innertak eller yttre isolering, kan högre tryckbelastningar förekomma.

2.4 Kontinuerlig tryckbelastning σ_c (tryckkrypning)

Byggnader är i allmänhet föremål för statisk belastning över långa perioder. Belastningen måste fördelas säkert utan att hämma byggnaden i sin helhet. Med dess utmärkta tryckbelastningsvärden kombinerat med elasticitet, har fast polyuretanskum (PUR/PIR) visat sig vara ett exceptionellt termiskt isoleringsmaterial inom sådana tryckbelastade användningsområden över flera årtionden.

Inom vissa användningsområden - huvudsakligen inom golvläggning - utsätts fast polyuretanskum (PUR/PIR) för kontinuerlig statisk belastning, exempelvis från maskiner eller förvarat material. Här utgör deformation under kontinuerlig belastning den fundamentala faktorn i den statistiska beräkningen. För att säkerställa säker dimensionering för sådana strukturer, får den maximala deformationen av isoleringsmaterialet inte betydligt överstiga 2 % över en belastningsperiod på 20 respektive 50 år. Långsiktiga tester av fast polyuretanskum (PUR/PIR) har bekräftat pålitligt uppfyllande av dessa värden.

Långsiktigt uppträdande för isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) under kontinuerlig tryckbelastning (tryckkrypning) bestäms i enlighet med EN 1606.

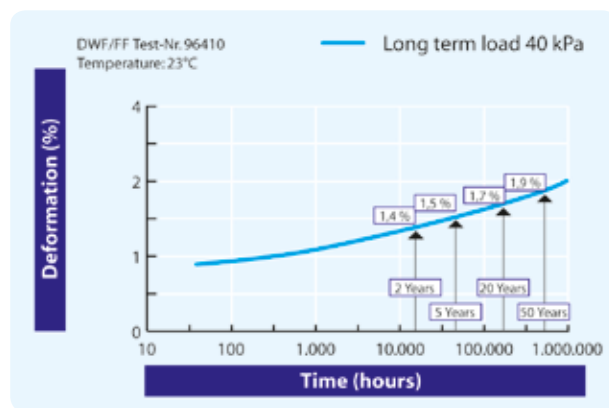


Bild 6: Långsiktiga tryckkurvor för isoleringspanel tillverkad av fast polyuretanskum (PUR/PIR), 33 kg/m³ med fasad av aluminiumfolie, långsiktig belastning 40 kPa, uppmätta värden efter en belastningsperiod på 2 respektive 5 år och extrapolering på 20 och 50 år. [4]

Långa trycktester i enlighet med EN 1606 på fast polyuretanskum (PUR/PIR) med aluminiumfasad och en densitet på 33 kg/m³ har påvisat att detta termiska isoleringsmaterial presterar utmärkta resultat i fråga om tryckbelastade användningsområden över en period som omfattar flera årtionden. Under utsättande av en kontinuerlig belastning på 40 kPa över en tvåårsperiod, uppnåddes deformationresultat på 1,4 %. Under ett kontinuerligt belastningstest som löpte över fem år, uppmättes deformationen till 1,5 %.

Med hjälp av Findleys extrapoleringsprocedur, uppnåddes deformationvärden på 1,7 % och 1,9 % för perioder med kontinuerlig tryckbelastning på 20 respektive 50 år.

2.5 Perpendikulär dragspänning för ytor σ_m , skjuvhållfasthet och böjstyrka σ_b

Isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) används ofta i kombination med andra byggnadsmaterial (till exempel i utvändiga termiska isoleringskompositssystem (ETICS)) för stora industri- och jordbruksbyggnader. Inom sådana användningsområden, utsätts de för drag-, skjuv- och böjbelastning. Tack vare deras stabilitet och exceptionella isoleringsegenskaper, har kompositelement med en kärna av fast polyuretanskum (PUR/PIR) en erkänd prestandshistorik som går tillbaka årtionden - även i fråga om extremt tunna element.

Om fast polyuretanskum (PUR/PIR) används för termisk isolering i tak, invändig finish eller i externa termiska isoleringskompositssystem (ETICS), är det viktigt att säkerställa att kompositstrukturen förblir intakt utan brott i isoleringslagret. Dragspänning och skjuvhållfasthet är viktigt i detta avseende. Perpendikulär dragspänning i relation till ytorna bestäms i enlighet med EN 1607.

Beroende på densiteten ligger värdena för PUR/PIR mellan 40 och 900 kPa. Beroende på densitet, uppvisar isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) skjuvhållfasthet i enlighet med EN 12090 på mellan 120 och 450 kPa.

Böjstyrkan som avgörs i enlighet med EN 12089 beskriver uppförandet under böjbelastning inom vissa användningsområden, som exempelvis stöd för puts i träbyggnader eller för överbyggning av stora öppna spann mellan takstolar i takkonstruktioner. Böjstyrkan för kompositelement med en kärna av fast polyuretanskum (PUR/PIR) är beroende av skumdensiteten och ytan som används; alla värden ligger mellan 250 och 1 300 kPa.

2.6 Uppträdande vid närvaro av vatten och fukt

Den funktionella effektiviteten för byggnadskomponenter vad gäller motståndskraft mot fukt är i hög grad beroende av isoleringsmaterialens uppträdande i relation till byggnaden och markfukt, såväl som nederbörd under transport, förvaring och montering. Kondensationsfukt på ytan av byggnadskomponenterna och kondensation i tvärsnittet för byggnadskomponenter på grund av ångdiffusion spelar också en roll.

Isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) absorberar inte fukt från luften. På grund av deras slutna cellstruktur, absorberar de inte eller transporterar vatten, dvs. det förekommer ingen kapillär aktivitet. Av denna anledning, leder inte normal fukt i byggnader till en ökning av den termiska ledningsförmågan. Vattenångdiffusion kan inte orsaka ökade fuktnivåer i isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) såvida dessa inte har installerats korrekt från en strukturell synvinkel, t.ex. avsaknad av ångbarriärer eller på grund av luftfickor eller defekta tätningar i tak.

2.6.1 Vattenabsorption efter nedsänkning i vatten under 28 dagar

Vid laboratorietester där isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) är permanent omgivna av vatten, kan vattenabsorption ske via diffusion och kondensation. I det 28 dagar långa nedsänkningstestet i enlighet med EN 12087, är absorptionsnivån som uppmäts i en 60 mm tjock PUR/PIR-isoleringspanel (med yta av mineralull, densitet 35 kg/m³) typiskt runt 1,3 procent efter volym.

När isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) används som ytterisolering, kan de vara konstant utsatta för fukt.

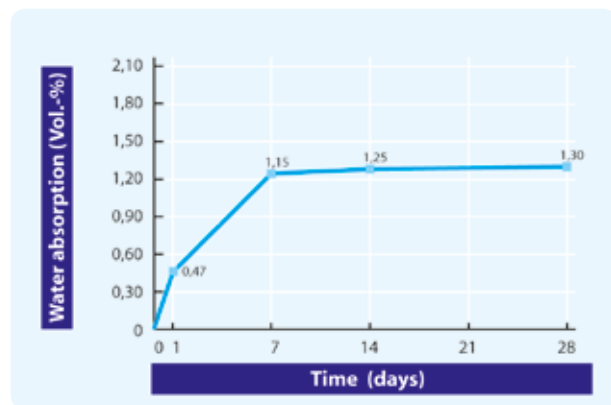


Bild 7: Vattenabsorption för fast polyuretanskum (PUR/PIR) efter 28 dagars nedsänkning i vatten [2]

2.6.2 Fukt beteende under effekt av diffusion och kondensation och i omväxlande frost-tö-förhållanden

När fast polyuretanskum (PUR/PIR) används som ytterisolering, är isoleringspanelerna i ständig direktkontakt med underlaget och därför föreligger ökad exponering för effekterna av fukt och frost.

Den maximala fuktabsorptionen för isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) på grund av diffusion och kondensation som uppmäts i enlighet med EN 12088 uppgår till cirka 6 volymprocent.

Tester som har genomförts vid Forschungsinstitut für Wärmeschutz i München angående fukttegenskaperna för fast polyuretanskum (PUR/PIR) som utsätts för omväxlande frost-/töförhållanden gav resultat mellan 2 och 7 volymprocent - för isoleringspaneler utan yttäckning.

2.6.3 Diffusionsmotståndsfaktor för vattenånga μ

Diffusionsmotståndsfaktorn för vattenånga (μ) utgör en primär parameter vid bestämmandet av det fuktrelaterade beteendet för byggnadskomponenter. μ -värdet specificerar hur mycket större diffusionsmotståndet för vattenånga för ett byggnadskomponentlager är än samma tjocklek för luft ($\mu_{luft} = 1$).

Diffusionsmotståndsfaktorn för vattenånga för fast polyuretanskum (PUR/PIR) bestäms i enlighet med EN 12086. Den är beroende av densitet och tillverkningsmetod. Om materialen är överdragna eller har en täckt yta, måste den deklarerade nivån för diffusionsmotstånd för vattenånga (symbolen Z) specificeras.

För fuktrelaterade beräkningar för byggnadskomponenter inom specifika användningsområden, bör det mindre fördelaktiga värdet antas.

2.6.4 Diffusionsekvivalent tjocklek för luftlagret S_d

Den diffusionsekvivalenta tjockleken för luftlagret (s_d) är produkten av lagertjockleken i meter och diffusionsmotståndsfaktorn (μ):

$$S_d = \mu \cdot s$$

EXEMPEL:

Beroende på deras användningsområde i byggnaden, har 120 mm tjocka isoleringspaneler med yta av mineralull, tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR), ett S_d -värde på mellan $4,0 \times 0,12 = 4,8$ m och $200 \times 0,12 = 24$ m.

2.7 Termisk expansion

Alla material expanderar när de utsätts för värme. Koefficienten för termisk expansion uttrycker den materialspecifika termiska expansionen vid en temperaturökning på 1 Kelvin. I skumplast med slutna celler, påverkar även gstrycket i cellstrukturen expansionen.

Koefficienten för termisk expansion för fast polyuretanskum (PUR/PIR) är bland annat beroende av

- densitet
- yttäckning
- fästmetod, om sådan har använts, för isoleringsmaterialet på ett byggnadskomponentlager
- det valda temperaturintervallet

Mätningar på isoleringspaneler med flexibla ytor, tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) och med en densitet mellan 30 och 35 kg/m^3 gav koefficienter för termisk expansion på mellan 3 och $7 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$.

För isoleringspaneler tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR), utan yttäckning och med en densitet mellan 30 och 60 kg/m^3 , ligger den linjära koefficienten för termisk expansion på mellan 5 och $8 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$. Koefficienten för termisk expansion för isoleringspaneler med högre densitet utan yttäckning ligger på runt $5 \times 10^{-5} \text{K}^{-1}$. Dessa värden gäller för paneler eller skurna sektioner/gjutna stycken som inte är fästa vid ett underlag eller inte är onödigt monterade.

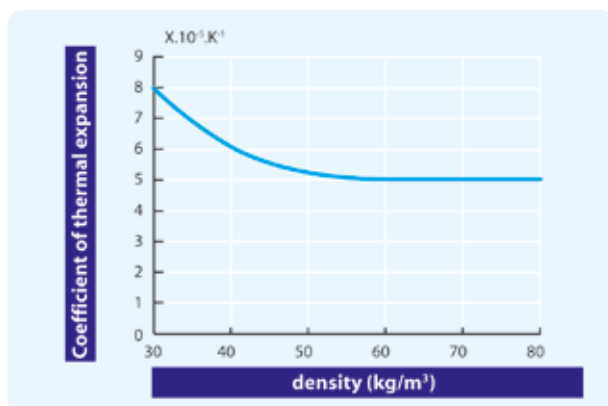


Bild 8: Termisk expansion för fast polyuretanskum (PUR/PIR) utan yttäckning. (Termisk expansion för fast polyuretanskum (PUR/PIR) utan yttäckning inom temperaturintervallet -60°C till $+20^\circ\text{C}$, uppmätt i relation till densitet)

2.8 Specifik värmeförmåga och värmelagringsförmåga

2.8.1 Specifik värmeförmåga c_p

Den specifika värmeförmågan c_p anger hur mycket värmeenergi som krävs för att höja temperaturen för 1 kg materialmassa med 1 K. Specifik värmeförmåga c_p mäts i $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$.

Mera värmeenergi krävs för att höja temperaturen med 1 K för ett material med högre värmeförmåga. Omvänt krävs mindre energi för att producera en temperaturökning på 1 K för material med lägre värmeförmåga.

I enlighet med EN 12524, ska dessa beräknade värden användas i särskilda beräkningar av värmeöverföring i byggnadskomponenter med ostadiga randvillkor.

Material	Specifik värmeförmåga c_p = $\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$
Fast polyuretanskum (PUR/PIR)	1 400 – 1 500
Isoleringspaneler av träfiber	1 400
Mineralull	1 030
Trä och träbaserade material	1 600
Gipspaneler	1 000
Aluminium	880
Andra metaller	380 – 460
Luft ($\rho=1,25 \text{ kg}/\text{m}^3$)	1 000
Vatten	4 190

Tabell 1: Beräknade värden för specifik värmeförmåga c_p för olika material

2.8.2 Värmelagringsförmåga C

Värmelagringsförmågan för byggnadskomponenter påverkas av den specifika värmeförmågan hos de individuella byggnadsmaterial som de innehåller.

Värmelagringsförmågan C i $\text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ specificerar hur mycket värme ett homogent byggnadsmaterial med en yta på 1 m^2 och tjocklek (s) kan lagra när temperaturen stiger med 1 K.

$$\text{VÄRMELAGRINGSFÖRMÅGA } C \text{ i } \text{J}/(\text{m}^2\cdot\text{K}) = \text{specifik värmeförmåga } (c) \times \text{densitet } (\rho) \times \text{lagrets tjocklek } (d)$$

Tabell 2 visar att värmelagringsförmågan för träfiberplattor är många gånger större än för isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR). Vid inomhusförhållande på sommaren är dessa skillnader försumbara.

Med hjälp av datorstödda termiska simulationer, undersökte Forschungsinstitut für Wärmeschutz i München vilken påverkan isoleringstypen har i olika lutande takkonstruktioner på inomhusklimatet. [5]

Utän solskydd, nådde innetemperaturen 31°C på eftermiddagen. De uppmätta temperaturerna i rummet visar att värmelagringsförmågan för olika isoleringsmaterial saknar relevans. Innetemperaturerna skilde sig som mest $0,6 \text{ K}$.

Material	Tjocklek	Termisk ledningsförmåga	Densitet	Specifik värmeförmåga	Värmelagringsförmåga
	mm	W/(m·K)	kg/m ³	kJ/(kg·K)	kJ/(m ² ·K)
Fall 1: Lutande tak med isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR)					
Isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR)	105	0,025	30	1,5	4,73
Timmerskal	28	0,13	600	1,6	26,88
Bitumenskal	2	0,17	1 200	1,0	2,40
Gipsplattor	12,5	0,21	900	1,0	11,25
Fall 2: Lutande tak med träfiberisolering					
Träfiberpanel	180	0,040	120	1,4	30,24
Timmerskal	28	0,13	600	1,6	26,88
Bitumenskal	2	0,17	1 200	1,0	2,40
Gipsplattor	12,5	0,21	900	1,0	11,25

Tabell 2: Exempel på värmelagringsförmåga för olika byggnadskomponentlager i ett tak med lutning.

När fönstret i taket är skyddat från solen, är innetemperaturen på eftermiddagen betydligt lägre än utomhustemperaturen; rumtemperaturen förblir under 25° C hela tiden. Även här saknar isoleringsmaterialet betydande inverkan på inomhustemperaturen.

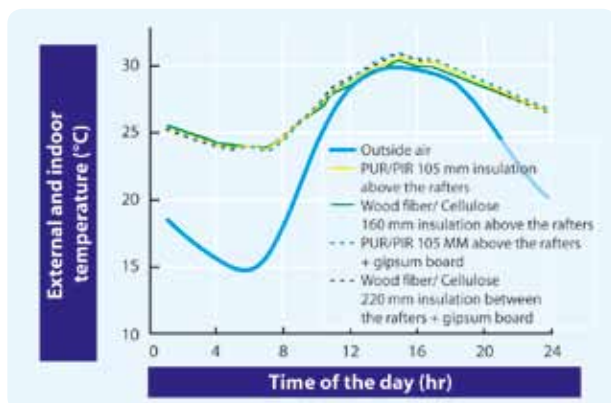


Bild 9: Extern temperatur och inomhustemperatur den varmaste dagen en varm sommarvecka - utan solskydd.

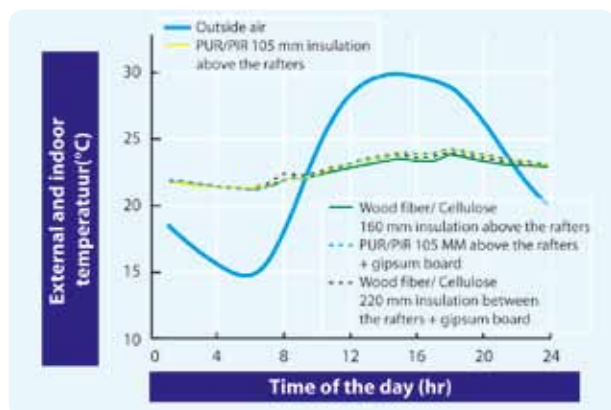


Bild 10: Extern temperatur och inomhustemperatur den varmaste dagen en varm sommarvecka - med solskydd.

Resultatet av datorsimulationen visar att:

- solstrålning är den huvudsakliga inverkan på inomhusklimatet på sommaren och därför skapar effektivt solskydd vid fönstren behagliga inomhusförhållanden
- värmelagringsförmågan för de olika isoleringsmaterialen har väldigt liten inverkan på inomhusklimatet på sommaren.

Bra termisk isolering förbättrar inomhusklimatet även på sommaren. Tjocklek för tjocklek, reducerar isoleringsmaterial med lägre termisk ledningsförmåga värmeflödet genom externa byggnadskomponenter.

2.9 Temperaturstabilitet

Utöver stabilitetsegenskaperna för isoleringsmaterial under ökade temperaturer, är även max- och minimitemperaturgränserna också viktiga inom vissa användningsområden. Varaktigheten för en specifik temperaturinfluens är särskilt viktig här. Temperaturgränsen för användningsområdet för materialet kan tydliggöras via olika effekter, exempelvis ändringar av dimensioner, form- och stabilitetsförändringar eller termiskt sönderfall.

Isoleringsmaterial tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) erbjuder en hög nivå av termisk motståndskraft och goda dimensionella stabilitetsegenskaper. Beroende på densitet och täckning, kan

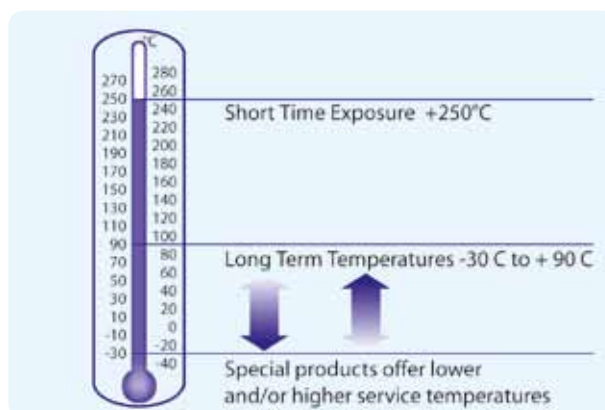


Bild 11: Hållbarhet för isoleringspaneler av fast polyuretanskum (PUR/PIR) som utsätts för värme

isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) för byggnadsändamål användas långsiktigt inom ett temperaturintervall på -30°C till +90°C. Isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) kan motstå temperaturer på upp till 250°C under korta perioder utan negativa effekter. Fast polyuretanskum (PUR/PIR) med täckning av mineralull eller utan överdrag är motståndskraftig mot varm bitumen och kan användas för platta tak som är tätade med bituminös tacktäckning. Fast polyuretanskum (PUR/PIR) är en termohärdad plast och smälter inte vid brand.

Dessutom kan ett antal specialprodukter av polyuretan installeras som isolering under gjutna asfaltgolv och motstå temperaturer på upp till +200°C utan ytterligare värmeskydd, eller kan användas för användningsområden för kall temperatur ner till -180°C.

2.10 Kemisk och biologisk stabilitet

Kontakt med kemikalier kan påverka isoleringsmaterialens egenskaper. Dock är isoleringsplattor tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) för det mesta resistent mot de vanliga kemiska ämnen som används vid byggnadsarbeten. Detta inkluderar exempelvis de flesta lösningsmedel som används i klister, bituminösa material, träskyddsprodukter och tätningsföreningar. Dessutom är inte isoleringsmaterialen mottagliga för effekterna från mjukgörare som används i tätningsfilm, eller för bränslen, mineraloljor, utspädda syror och alkali, avgaser eller aggressiva industriella atmosfärer. Fast polyuretanskum (PUR/PIR) ruttnar inte, står emot mögel och förfall och är luktfritt.

UV-strålning orsakar missfärgningar hos isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) utan täckning eller vid skårytor och med tiden leder detta till en slipeffekt på ytan av lägre grad. Dock utgör inte detta en teknisk nackdel. Den slipade ytan kan avlägsnas i följande steg. Motståndskraften för fast polyuretanskum (PUR/PIR) (utan yttäckning) mot byggnadsmaterial och kemiska ämnen bestämdes vid en testtemperatur på 20°C.

Förklaring: + motståndskraftig, +/- delvis motståndskraftig

Byggnadsmaterial / kemiska ämnen	Uppträdande för fast polyuretanskum (PUR/PIR)
Kalk, gips, cement	+
Bitumen	+
Kall bitumen och vattenbaserad bitumencement	+
Kallt bitumenklister	+/-
Varm bitumen	+/-
Kall bitumen och bitumencement med lösningsmedel	+/-
Silikonolja	+
Tvål	+
Havsvatten	+
Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, kaustiksoda (10 %)	+
Ammoniumhydroxid (konc.)	+
Ammoniakvatten	+
Normal bensin/dieselbränsle/blandningar	+
Toluen /klorbensin	+/-
Monostyren	+/-
Etylakohol	+/-
Aceton/etylacetat	+/-

Tabell 3: Kemisk motståndskraft för fast polyuretanskum (PUR/PIR)

2.11 Brandegenskaper för fast polyuretanskum (PUR/PIR)

2.11.1 Reaktioner vid brand för isoleringsprodukter i enlighet med europeisk standard

Den europeiska teststandarderna beskriver testutrustning och testförfarande och hur testet bör genomföras och utvärderas. Den centrala testmetoden för produkter inom klasserna A2 till D, exklusive golv, är Single Burning Item (SBI)-testet (ensamt brinnande föremål) i enlighet med EN 13823. SBI-testet utförs med en gasbrännare vars brandbelastning motsvarar brandbelastningen för en brinnande papperskorg. Följande parametrar utvärderas: brandens spridningshastighet, total värmeproduktion, horisontell brandspridning över ytan, rökutveckling och gnistregn. SBI-testet ersätter tidigare använda nationella tester.

Ytterligare ett test för liten brännare som utförs i enlighet med EN ISO 11925-2 krävs för klass B, C och D (varaktighet för branden: 30 sekunder). Euroclass E testas exklusivt i enlighet med EN ISO 11925-2 (varaktighet för branden: 15 sekunder). Klassificeringsstandarder finns tillgängliga för att underlätta utvärderingen av testresultaten. Byggnadsmaterial delas in i 'Euroklasser' i enlighet med EN 13501-1 "Brandklassificering för byggnadsmaterial och byggnadselement - Del 1: Klassificering som använder testdata från reaktion på brandtester". För närvarande har 4 olika brandklassificeringar bestämts: för byggnadsmaterial som exkluderar golvbeläggningar, för golvbeläggningar, för rörisolering och för kablar.

Under de harmoniserade europeiska standarderna, delas byggnadsmaterial in i 7 Euroklasser: A1, A2, B, C, D, E och F. Det europeiska klassificeringssystemet tar även med i beräkningen andra sekundära reaktioner på brandrelaterade beteendegenskaper, som rökutveckling och gnistregn/brinnande partiklar. För byggnadsmaterial har tre klasser etablerats för rökutveckling (s1 till s3) och för brinnande gnistor/partiklar (d0 till d2). Dessa måste alltid deklarerats tillsammans med reaktionen på brandklasser för klasserna A2 till D. För produkter med klassificeringen klass E, måste brinnande gnistor deklarerats om antändning av filterpappret inträffar i testet för liten flamma, som leder till E, d2. Fast polyuretanskum (PUR/PIR) är en termohärdad plast och smälter inte eller producerar gnistregn i händelse av brand.

2.11.2 Motståndskraft mot brand för byggnadselement som innehåller isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Byggnadselement klassificeras i enlighet med EN 13501 "Brandklassificering för byggnadsmaterial och byggnadselement - Del 2: Klassificeringen använder data från brandmotståndstester, exklusive ventilationstjänster". Byggnadsinspektionen i de individuella EU-medlemsländerna håller för närvarande på att granska de nationella kraven för att avgöra vilka europeiska klasser som kommer att vara nödvändiga i framtiden vad gäller motståndskraft mot brand för byggnadselement. Det är relativt enkelt vad gäller testerna för motståndskraft mot brand och de resulterande klasserna för motståndskraft mot brand för byggnadsmaterial, eftersom de nationella testerna endast avviker minimalt från de nya europeiska teststandarderna.

2.11.3 Klassificering för reaktion vid brand för produkter baserade på fast polyuretanskum (PUR/PIR)

I enlighet med formel och typ av ytbeläggning, har de vanligaste PUR/PIR-plattorna en klassificering från C, s2, d0 till F. För rörisolering av PUR/PIR, beroende på formel och typ av ytbeläggning, är en klassificering från BL, s1, d0 till F möjlig. Sandwichpaneler med metalllyta som är baserade på PUR/PIR kan nå B, s2, d0.



3 Hållbar utveckling med fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Sedan FN:s Rio-konferens i Rio de Janeiro 1992, har termen "hållbarhet" legat på allas läppar. Men att förklara hållbarhet endast i fråga om "ekologi" är inte tillräckligt. Implementering av hållbarhetsprincipen innebär att ta med miljörelaterade, ekonomiska och sociala aspekter i beräkningen i en likvärdig utsträckning. Emfasen måste ligga på en holistisk infallsvinkel som behandlar miljöskydd, sociala behov och hållbara affärsmetoder på ett likvärdigt sätt. Energibesparingar är ett av de primära kraven och med en befolkning i världen som redan överstiger 6 miljarder, kommer livsmedelsfrågan att vara minst lika viktig.

Hållbar konstruktion handlar inte bara om att utvärdera de miljömässiga aspekterna för individuella byggnadsmaterial. Hållbarhetskonceptet kräver en mera komplex infallsvinkel som omfattar hela livstiden för en byggnad och materialen som används. Följande aspekter måste beaktas:

- miljömässiga mål, som exempelvis resursskydd, energibesparingar, minskade koldioxidutsläpp och återvinning
- ekonomiska mål, som minskade byggnads- och driftkostnader genom att använda byggnadsprodukter med motsvarande prestandaprofil
- sociokulturella aspekter, hälsa och bekvämlighet, dvs. byggnader där människor lever och arbetar måste uppfylla användarnas behov och garantera en hög nivå av välbefinnande

I denna rapport fokuserade vi på hur PUR/PIR bidrar till de miljömässiga aspekterna för hållbar utveckling.

3.1 Minskad energiförbrukning och minskade utsläpp

Byggnader står för mer än 40 % av den totala energiförbrukningen inom EU. Våra energikällor är emellertid inte outtömliga. Ökningar av energieffektiviteten, dvs. energibesparingar och optimal energi-användning är förhandskraven för att stänga gapet mellan begränsade resurser och ökad efterfrågan.

Det finns ett nära samband mellan utsläpp av växthusgaser och energiförbrukning. Fossila bränslen tillhandahåller energi för uppvärmning och kylning av byggnader, för transport och industriella processer. Höjningen av jordens medeltemperatur kan härledas till den snabba ökningen av förbränning av fossila bränslen. Koldioxid (CO₂) står för mer än 80% av alla utsläpp av växthusgaser. Dessa utsläpp förvärrar växthuseffekten och bidrar därmed till uppvärmningen av jorden. I Kyoto-protokollet för FN:s klimatkonvention, kom EU:s medlemsstater överrens om att minska de sammanlagda utsläppen av växthusgaser med 8 % mellan 2008 och 2012, baserat på siffrorna från 1990. Dessa mål kan uppnås via förbättrad energieffektivitet i byggnader.

3.2 Hygien och livsmedelskonservering

Med en fördubblad befolkning på jorden inom 50 år och förväntade 8 miljarder invånare år 2030, har jorden ett ständigt ökande antal invånare som behöver boende och föda.

Isolerings effektiviteten för fast polyuretanskum (PUR/PIR) är en nyckelegenskap för lågtemperaturkonservering av livsmedel under beredning, förvaring och distribution till konsumenten och kan spara så mycket som femtio procent av värdefulla livsmedel som annars skulle ruttna innan de kan konsumeras.

Hygien är en viktig faktor vid hantering av livsmedel. Byggnader med sandwichpaneler med kärna av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

elimineras köldbryggor som säkerställer att både yt- och mellanrums-kondensering undviks, eftersom detta kan leda till bakterie- och mögel-tillväxt. De är utrustade med lättreglerligt livsmedelssäkert foder som är särskilt framtaget för att uppfylla reglerna.

Vid kyltransport, begränsas tjockleken för isoleringen av lastbilens maxbredd och en inre minimibredd som bestäms av storleken på standardiserade lastpallar. Studier har påvisat nyckelrollen för plattor med kärna av fast polyuretanskum (PUR/PIR) i relation till minskade CO₂-utsläpp.

Hygien är lika viktigt för andra processer som kräver en ren miljö, som exempelvis elektronik- och läkemedelsindustrin. Detta är inga aktivitetsområden som får försummas när vi ser hur trenden för högre teknologiindustri och den ökande livslängden är beroende av ordentlig och anpassad medicin.

3.3 Livscykelanalys av fast polyuretanskum (PUR/PIR) och energibalans

Utöver goda strukturella egenskaper, spelar miljökriterierna en allt viktigare roll vid valet av isoleringsmaterial. Vad gäller ekologisk balans, är det viktigt att använda omfattande data för att utvärdera hela livstiden för termiska isoleringsmaterial. Detta inkluderar data angående energi, råmaterial och processfakta och angående påverkan av utsläpp och avfall på luft, vatten och jord. Vid utvärderingen spelar långa användningsperioder och materialets livstid en viktig roll, eftersom de betydligt förbättrar den övergripande ekologiska balansen.

Energibalansen är en viktig komponent vid livscykelanalysen. Detta jämför produktionsförbrukningen vid tillverkning av produkten med energin den sparar under sin livstid. Studier visar att under en användbar livstid på mer än 50 år, sparar termiska isoleringsprodukter tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) många gånger den energi som förbrukas under deras tillverkning. Energiförbrukningen vid tillverkning av fast polyuretanskum (PUR/PIR) återfås i regel efter den första uppvärmningsperioden. 100 kWh energi förbrukas vid tillverkningen av en 80 mm tjock platta av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med en yta på 1 m² och med aluminiumtäckning. När isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med en tjocklek på 80 mm och aluminiumtäckning används för att förbättra isoleringen för ett lutande tak i en gammal byggnad, är det möjligt att spara 160 kWh energi per kvadratmeter tak varje år, vilket ger totalt 8 000 kWh under de 50 år som utgör produktens användbara livstid. [6 ja 7]

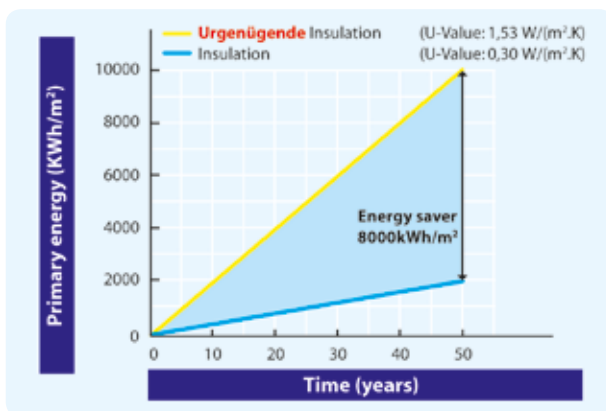


Bild 12: Energiförbesparingar med isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR) över en period på 50 år.

3.4 Fast polyuretanskum (PUR/PIR) – materialåtervinning och energiåtervinning

Termiska isoleringsprodukter tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) är extremt stabila och hållbara; de håller i allmänhet under byggnadens hela livstid. Efter nedmontering/rivning av byggnaden, kan isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) återanvändas.

Rena och oskadade isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) kan användas igen för att isolera övervåningar/vindsutrymmen.

Rent fast polyuretanskumsavfall (PUR/PIR) kan krossas och göras till pressade plattor av återvunnet polyuretan, på samma sätt som spånskivor. Dessa används inom specialiserade användningsområden, exempelvis golvkonstruktioner, som kräver extra fuktmotstånd.

Partiklar från mald termisk isolering tillverkad av fast polyuretanskum (PUR/PIR) kan även användas som bindemedel för olja eller i kombination med cement som isolerande murbruk.

Om sammansättningen av avfallsmaterialet är känd och det inte finns några orenligheter, kan en råmaterialkomponent återhämtas via glykols.

Avfall från fast polyuretan (PUR/PIR) med orenligheter, eller med rester av andra byggnadsmaterial, kan brännas tillsammans med annat hushållsavfall i förbränningsanläggningar med värmeåtervinningssystem utan några ytterligare negativa effekter på miljön. Under processen omvandlas energin i isoleringsmaterialet primärt till energi.

Produktionsavfall	Byggnadsavfall	Byggnadsavfall under nedmontering/rivning	
Rent	Rent	Rent	Orent
Materialåtervinning		Energiåtervinning	
Glykols	Pressade panelpartiklar	Återvunnet	Avfallsförbränningsanläggning med värmeåtervinningssystem
Råmaterial	Spånplatta Oljebindemedel isoleringsmurbruk	T.ex. isoleringspaneler för övervåningar/vindsutrymmen	Energiåtervinning

Tabell 4: Fast polyuretanskumsavfall (PUR/PIR) – materialåtervinning och energiåtervinning

Med fast polyuretanskum (PUR/PIR) åstadkoms en dubbel besparing: när man eftermonterar isolering av fast polyuretanskum (PUR/PIR), sparar man upp till 30 % av värmekostnaden över en period på minst 50 år. Efter dess användbara livstid som isolering, kan fast polyuretanskum (PUR/PIR) generera ytterligare besparingar genom att matas in i avfallsförbränningsanläggningar med värmeåtervinningssystem och på så sätt minska behovet av förbränning av nya energikällor (olja eller gas). Detta gynnar miljö, människor, växter och djur.



4 Tillverkning av termiska isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Fast polyuretanskum (PUR/PIR) tillverkas genom en kemisk reaktion mellan två baskomponenter i vätskeform och ett blåsmedel med låg kokpunkt som exempelvis pentan eller CO_2 .

Basmaterialet reagerar direkt vid blandningen och bygger en polymermatris: polyuretan. Värmen som alstras under denna reaktion gör så att blåsmedlet avdunstar och förvandlar polymermatrisen till skum. Den expanderade skumvolymen och därmed densiteten för skummet kontrolleras via mängden blåsmedel som tillsätts. Skummaterialets formel kan ändras genom att använda olika tillsatser för att producera önskade egenskaper. [8]

Ytan för reaktionsblandningen behåller sin fästkapacitet under en bestämd period efter skumningsprocessen, vilket gör det möjligt att fästa beklädnader på ett permanent sätt. Vid industriell tillverkning, fininställs skumningsprocessen via användning av katalysatorer, som tillhandahåller effektiv tidshantering för produktionscykeln..

Isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) fabriktillverkas som:

- isoleringsplattor med flexibel beklädnad
- blockskum, som formskärs till isoleringsplattor eller sektioner
- sandwichpaneler med fast beklädnad.

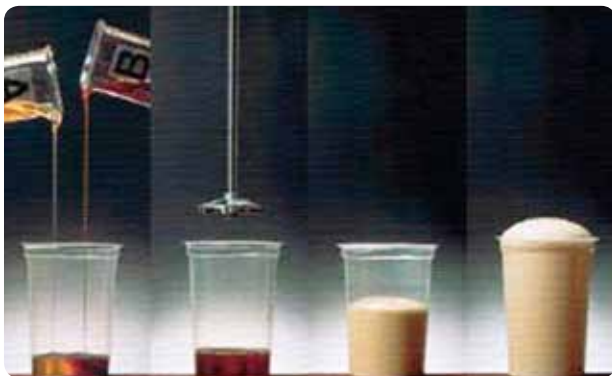


Bild 13: Fyra faser av expansionen för fast polyuretanskum (PUR/PIR) i en mätbägare

4.1 Tillverkning av isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med flexibel beklädnad

Isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med flexibel beklädnad tillverkas i en kontinuerlig process med en kontinuerlig lamineringsmaskin. Under denna tillverkningsprocess, hålls reaktionsblandningen genom ett blandarhuvud till den lägre beklädnaden som är tillverkad av ett flexibelt material som dras till lamineringsmaskinen. Blandningen expanderar och länkas sedan samman under tryck i lamineringsmaskinen till den övre beklädnaden som matas in ovanifrån. Laminatet härddas tillräckligt efter att ha passerat lamineringsmaskinen för att möjliggöra att det kan skäras i önskade storlekar. Plattorna kan tillverkas i olika tjocklekar upp till 200 mm.

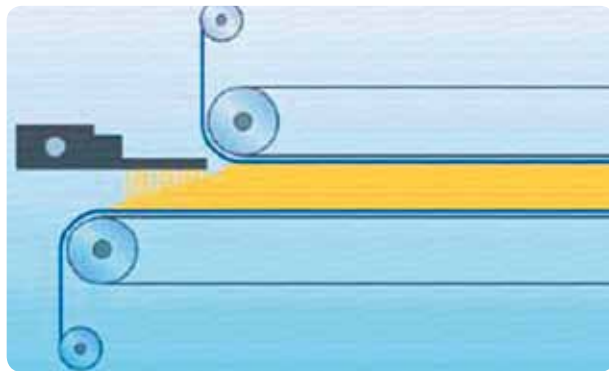


Bild 14: Kontinuerlig tillverkning av isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med flexibel beklädnad

Den flexibla beklädnaden tillverkas i allmänhet av

- mineralull
- glasull
- aluminiumfolie
- kompositfilm.

Olika beklädnader väljs för att passa avsett användningsområde för isoleringsplattorna. Beklädnaderna kan fungera som en ångbarriär, fukt-lås, optisk yta eller skydd mot mekaniska skador. Isoleringsplattorna erbjuds med flera olika kantprofiler, exempelvis "klicksystem", stegad profil eller platt.



Bild 15: Isoleringsplattor tillverkade av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med aluminiumfolie och andra beklädnader.

Isoleringsplattor av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med flexibel beklädnad tillverkas även i samband med fasta beklädnader som termiska kompositisoleringsplattor. Här limmas spånplattor eller mineralmaterial för vägganvändning, som exempelvis gipsplattor, till isoleringsplattorna.

4.2 Tillverkning av block av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Block av fast polyuretanskum (PUR/PIR) kan tillverkas antingen via kontinuerliga eller icke-kontinuerliga processer.

4.2.1 Kontinuerlig tillverkning av blockskum

Vid kontinuerlig tillverkning av blockskum, appliceras reaktionsblandningen på en U-format pappersremsa som stöds på sidorna och transporteras på ett transportband. Vid slutet av transportbandet, kan det expanderade blocket skäras till önskad längd.

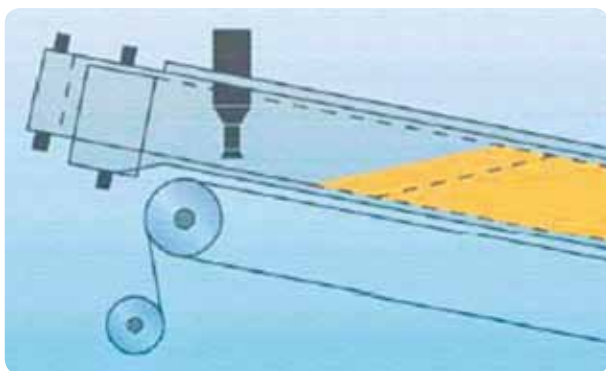


Bild 16: Kontinuerlig tillverkning av blockskum

4.2.2 Icke-kontinuerlig tillverkning av blockskum

Baskomponenterna blandas i en blandare innan de hälls i en lådform. Reaktionsblandningen expanderar och bildar ett fast skumblock.

Efter den avslutande härdningen, skärs blocken som har tillverkats i de kontinuerliga och icke-kontinuerliga processerna till plattor (exempelvis isoleringsplattor för antingen platta eller lutande tak) eller sektioner (för exempelvis vindar eller rörisolering).

Lämpliga beklädnader kan limmas på de skurna plattorna för att skapa laminat av olika slag för olika användningsområden.

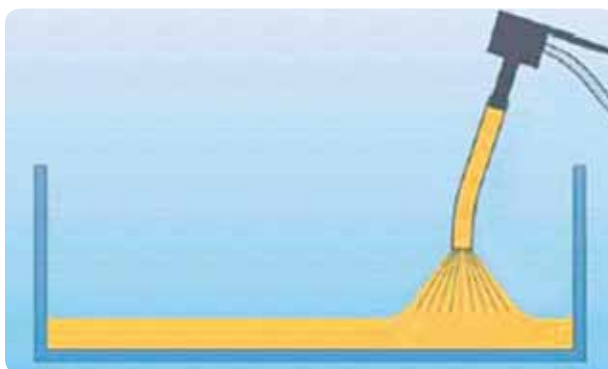


Bild 17: Icke-kontinuerlig tillverkning av blockskum



Bild 18: Isoleringsplattor av blockskum, vindspaltor och rörisolering tillverkade av polyuretan (PUR/PIR)

4.3 Tillverkning av sandwichpaneler av fast polyuretanskum (PUR/PIR) med fast beklädnad

Sandwichpaneler av polyuretan (PUR/PIR) kan tillverkas i kontinuerliga eller icke-kontinuerliga processer.

4.3.1 Kontinuerlig tillverkning av metallbelagda sandwichpaneler

Sandwichpaneler av polyuretan (PUR/PIR) tillverkas med hjälp av kontinuerliga lamineringsmaskiner. Reaktionsblandningen appliceras på en stål- eller aluminiumplåt som matas in på det nedre lamineringsbältet. För att öka fastheten, profileras i regel metallbeklädnaden innan skumappliceringen. Inne i lamineringsmaskinen fåsts den expanderade massan på en stål- eller aluminiumplåt som matas in på det övre bältet. Efter att ha passerat lamineringsmaskinen, skärs sandwichpanelerna i önskad längd. De långa kanterna på sandwichpanelerna ges i regel en profil med "klicksystem" för att underlätta installationen av de monteringsfärdiga elementen. Dessa paneler fabriktillverkas ofta med tätningar, vilket gör dem lufttäta.

Sandwichpaneler av polyuretan (PUR/PIR) tillverkas som självstödande monteringsfärdiga konstruktionselement med beklädnad av stål, aluminium eller andra fasta material. De levereras med bredder på 800 mm till 1 250 mm och med en längd på upp till 24 m. Dessa byggnadskomponenter har relativt låg totalvikt, men uppvisar trots detta bra styrka och stabilitet. De är enkla att transportera och kan installeras med minimalt arbete.

4.3.2 Icke-kontinuerlig tillverkning av sandwichpaneler

Vid icke-kontinuerlig tillverkning av sandwichelement, fåsts beklädnaden i en stödform på en ram och den skapade håligheten fylls med polyuretan-reaktionsblandning. I passande stödformar kan flera sandwichpaneler produceras samtidigt i denna process.

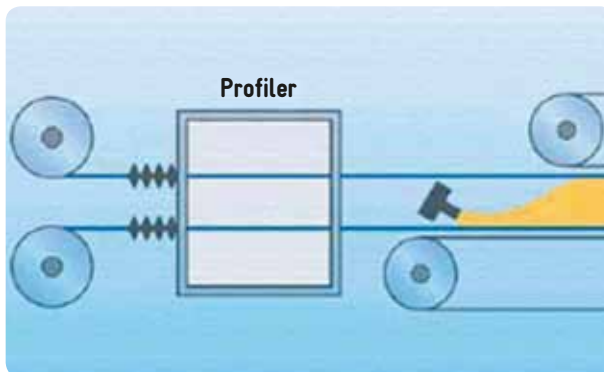


Bild 19: Kontinuerlig tillverkning av sandwichpaneler med profilerad metallbeklädnad i lamineringsmaskinen



Bild 20: Sandwichpaneler av polyuretan (PUR/PIR)

4.4 Sammanfattning

Användningsområden och tillverkningsmetoder för termiska isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR) presenteras i Tabell 5.

Användningsområden	Isoleringspaneler, fabriktillverkade		Blockskum, fabriktillverkat	På byggnadsplatsen in-situ-skum tillverkat på plats, sprayat/fördelat
	Isoleringspaneler med flexibel beklädnad	Isoleringspaneler med fast beklädnad/stålbläddade sandwichpaneler	Isoleringspaneler, skurna sektioner/gjutna paneler, kompositpaneler	In-situ-skum
Byggnadsbeklädnad	EN 13165	EN 14509	EN 13165	DIN 18159-1
Byggnadstjänster Isolering	prEN 14308	-	prEN 14308	DIN 18159-1

Tabell 5: Användningsområden och tillverkningsmetoder för termiska isoleringsmaterial av fast polyuretanskum (PUR/PIR).



5 Europeisk harmonisering av isoleringsmaterial – märkning av termiska isoleringsprodukter av fast polyuretanskum (PUR/PIR)

Målsättningen för de europeiska reglerna inom byggnadssektorn är att skapa en gemensam enskild marknad och garantera det fria flödet av varor för att öka konkurrenskraften för den europeiska industrin. Harmoniseringen av de tekniska föreskrifterna för byggnadsprodukter och avskaffandet av handelsbarriärer är hörnstenar för den gemensamma enskilda marknaden.

5.1 Föreskrifter inom det europeiska direktivet för byggnadsprodukter

Det europeiska direktivet för byggnadsprodukter innehåller officiella föreskrifter för harmonisering inom byggnadssektorn. Direktivet fastställer villkor under vilka byggnadsprodukter kan introduceras och säljas på marknaden. Produkterna måste uppvisa vissa egenskaper för att säkerställa att byggnaden där de ska installeras uppfyller följande väsentliga krav, under förutsättning att byggnadsarbetet har planerats och utförts på korrekt sätt:

- mekanisk motståndskraft och stabilitet
- säkerhet i händelse av brand
- hygien, hälsa och miljö
- säkerhet vid användning
- skydd mot buller
- energiekonomi och värmebevarande.

Byggnadsprodukterna och deras egenskaper beskrivs i harmoniserade europeiska standarder (hEN) och europeiska tekniska godkännande (ETA). Den europeiska kommittén för standardisering (CEN) utarbetar harmoniserade standarder åt den europeiska kommissionen på basis av direktivet för konstruktionsmaterial (CPD). Överensstämmelse för en byggnadsprodukt med en harmoniserad europeisk standard eller ett europeiskt tekniskt godkännande bekräftas av CE-märkningen.

5.2 CE-märkning

CE-märkningen är det enda beviset på överensstämmelse med gällande lagstiftning. CE-märkningen visar följande information:

- CE-märkningssymbolen (består av bokstäverna CE)
- information om tillverkaren (adress) och tillverkningen (tillverkningsår)
- kodad information angående vissa produkttegenskaper
- försäkran om överensstämmelse från tillverkaren

CE-märkningen är ett slags 'tekniskt pass'. Isoleringsprodukter som bär CE-märkningen kan säljas inom den gemensamma europeiska marknaden. Isoleringsprodukterna uppfyller vissa minimikrav angående deras allmänna lämplighet för användning som "termisk isolering i byggnader". Tillverkaren är ansvarig för vidfogandet av CE-märkningen.

6 Referenser

- [1] Albrecht, W., Cell-Gas Composition – An Important Factor in the Evaluation of Long-Term Thermal Conductivity in Closed-Cell Foamed Plastics In: Cellular Polymers, Vol. 19, No. 5, 2000
- [2] Prüfbericht Nr. F.2-421, 462, 630, 731, 840/98, Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW München), 1998
- [3] Albrecht, W., Änderung der Wärmeleitfähigkeit von 10 Jahre alten PUR-Hartschaumplatten mit gasdiffusionsoffenen Deckschichten; Bauphysik 25, Heft 5, 2003
- [4] IVPU Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Aus Forschung und Technik, Nr. 2: Zeitstand-Druckverhalten von PUR-Hartschaum, 2002
- [5] Untersuchungsbericht "Sommerliches Temperaturverhalten eines Dachzimmers bei unterschiedlichem Dachaufbau", Forschungsinstitut für Wärmeschutz e.V. München (FIW München), 2000
- [6] IVPU, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Ökobilanz von PUR-Hartschaum-Wärmedämmstoffen – Energieverbrauch und Energieeinsparung, Stuttgart, 2002
- [7] IVPU, Industrieverband Polyurethan-Hartschaum e.V. (Hrsg.), Wärmeschutz im Altbau – Energetische Modernisierung mit PUR-Hartschaum nach Energieeinsparverordnung (EnEV), Stuttgart, 2002
- [8] Koschade, R., Die Sandwichbauweise, Verlag Ernst & Sohn, Berlin, 2000

