

Inventering och Utvärdering av Högpresterande Isolering



Förord

Denna förstudie kom till för att vi såg potentialen för mer högpresterande isolering i klimatskalet i byggnader med allt högre energiprestanda. För att göra den potentialbedömningen insåg vi att vi behövde lära oss mer om högpresterande isolering. Tillsammans med representanter från FoU väst, isolerindustrin och entreprenörer med ekonomiskt stöd från SBUF har denna förstudie tagits fram.

Ett stor tack till alla som medverkat i denna förstudie

- Sveriges Byggindustrier och FoU Väst som samordnat intressenter i detta projekt
- Materialleverantörer som bistått med material och kunskap i insamlandet av material till denna rapport och till utvärderingen.
- Alla de personer som medverkat och engagerat sig i detta projekt.

Referensgrupp:

Rolf Jonsson, Wäst Bygg

Pär Åhman, FoU Väst

Niklas Sparw, NCC

Ene Lindén, Skanska Sverige AB

Helena Burstrand Knutsson, Skanska Sverige AB

Göteborg, mars 2010

Magnus Clase

Sammanfattning

Vid utformning av byggnader har man idag stort fokus på att skapa energieffektiva lösningar, på grund av stigande energipriser, miljöaspekter, hårdare normkrav. Detta resulterar bl a i tjockare isolering i klimatskalet, fönster med bättre värmeisolerade förmåga mm. Då det gäller tekniska lösningar på energieffektiva installationer så har branschen redan anpassa sig till marknaden. I klimatskalet däremot används traditionella byggmaterial, med tjocka, isolerade väggar och tak som resultat. Detta innebär i sin tur djupa fönsternischer, mindre uthyrbar boyta mm. Syftet med denna förstudie är att öka kunskapen om högpresterande isolermaterial och deras användningsområden hos entreprenörer. I arbetet görs en potentialbedömning för högpresterande isolering som bl a mäts i isolerprodukternas isolerförmåga per kostnadsenhet. Materialens tekniska prestanda har hämtats från produktinformation från leverantörer och producenter. Med denna förstudie har alltså marknaden scannats på ett snabbt och översiktligt sätt för att kartlägga potentialen för nya produkter.

Följande typer av isolerprodukter har utvärderats i denna rapport: vakuumisolering, aerogeler, polyuretan- (PUR) och polyisocyanurat- (PIR) isolering, grafit cellplast och reflekterande isolering. För att göra en bedömning av isoleringsprodukternas potential har produkterna placerats i en byggdel och utvärderats. Referensväggen med mineralullsisolering är 410 mm tjock, med graficellplast blir väggen 35 mm tunnare och med vacuumisolering 170 mm tunnare än referensväggen. Samtliga väggar har (oavsett isolermaterial) U-värdet 0,1 W/(m²·K).

Resultatet är entydigt, de högpresterande isolermaterial som studerats har mycket väl en potential i byggbranschen. Resultatet ger en tydlig bild att det inte bara är de konstruktiva egenskaperna med tunnare väggar som är positiva, utan också de ekonomiska. Nästan samtliga produkter har en ekonomisk potential, vilket inte är givet då en konventionell produkt ersätts med en modern. Utöver ekonomi har montage och hanterbarhet, transporter, hälsoaspekter mm utvärderats utifrån den information som tillhandahållits.

Nästa steg är att provbygga en vägg och utvärdera hanterbarhet, ekonomi etc. men också göra provningar för att säkerställa den tekniska och miljömässiga prestanda som branschen kräver på material.

Innehållsförteckning

1	BAKGRUND	6
1.1	ALLMÄN INFORMATION	6
1.2	SYFTE	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	UTFÖRANDE	7
2	INVENTERING	8
2.1	VAKUUMISOLERING (VIP)	8
2.1.1	<i>Tillverkning</i>	9
2.1.2	<i>Egenskaper</i>	9
2.1.3	<i>Produkter på marknaden</i>	10
2.2	AEROGELER	12
2.2.1	<i>Tillverkning</i>	12
2.2.2	<i>Egenskaper</i>	12
2.2.3	<i>Produkter på marknaden</i>	13
2.3	POLYURETAN OCH POLYISOCYANURAT ISOLERING	15
2.3.1	<i>Tillverkning</i>	15
2.3.2	<i>Egenskaper</i>	15
2.3.3	<i>Produkter på marknaden</i>	16
2.4	GRAFIT CELLPLAST	18
2.4.1	<i>Tillverkning</i>	18
2.4.2	<i>Egenskaper</i>	18
2.4.3	<i>Produkter på marknaden</i>	19
2.5	REFLEKTERANDE ISOLERING	20
2.5.1	<i>Verknings sätt</i>	20
2.5.2	<i>Fältstudie</i>	21
2.5.3	<i>Produkter på marknaden</i>	22
2.6	SKUMGLAS	24
2.6.1	<i>Tillverkning</i>	24
2.6.2	<i>Egenskaper</i>	24
2.6.3	<i>Produkter på marknaden</i>	24
3	UTVÄRDERING	25
3.1	HÖGPRESTERANDE ISOLERING I BYGGDEL	25
3.2	JÄMFÖRELSE AV ISOLERINGS MATERIAL I BYGGDEL	28

Skanska Sverige AB

Teknik och projekteringsledning

Hus och Bostad

4	RESULTAT	33
4.1	MATERIALENS POTENTIAL	33
4.1.1	<i>Materialens egenskaper och hanterbarheten</i>	33
4.1.2	<i>Tillämpbart exempel</i>	36
5	SLUTSATS	39
6	EGNA REFLEKTIONER	41
7	REFERENSER	42

1 BAKGRUND

1.1 Allmän information

Med hänsyn taget till stigande energipriser, miljöaspekter samt hårdare krav i Boverkets byggregler (BBR), så har utformningen på byggnader i hög grad fokuserat på att finna energieffektiva lösningar. Dagens byggnader förses med allt tjockare isolering i klimatskalet, fönster med bättre värmeisolerade förmåga och andra mer energieffektiva lösningar. Då det gäller tekniska lösningar på energieffektiva installationer så har branschen redan anpassa sig till marknaden. När man däremot tittar på klimatskalet så har utvecklingen av nya energieffektiva lösningar med nya material gått långsammare. Idag används traditionella byggmaterial med tjocka, isolerade väggar och tak som resultat. Dessa konstruktioner medför komplicerade lösningar, djupa fönsternischer och framför allt; mindre uthyrbar boyta. Möjligheten att energieffektivisera befintliga hus är också begränsad då utrymme för tjockare isolering oftast saknas både invändigt och utvändigt. Man ser att renoveringsbehovet är oerhört stort, speciellt i de hus som byggdes under miljonprogrammet. Stor potential finns för att minska tjockleken på väggar och tak med högpresterande isolering. Det finns goda erfarenheter från bl.a. Tyskland där passivhustekniken har tillämpats under längre tid än i Sverige. Denna rapport beskriver resultatet av en förstudie där inventering och utvärdering av högpresterande isolering har utförts.

1.2 Syfte

Syftet med denna förstudie är att öka kunskapen hos entreprenörer om högpresterande isolermaterial och deras användningsområden. Förstudien ska resultera i en utvärdering av potentialen för högpresterande isolering. För att få ett mått på isolerprodukternas potential kommer isolerprodukternas isolerförmåga att kalibreras mot kostnaden. I kostnaden tas hänsyn till bl.a. inköpspris och andra kostnadsdrivande faktorer som t ex uthyrningsbar yta.

1.3 Avgränsningar

Projektet avgränsas av att flera produkter inte är testade och verifierade av oberoende organisationer i Sverige t.ex. Sveriges tekniska institut (SP). Det gäller uppgifter som t.ex. brandklassning, värmeledningsförmåga och miljöpåverkan som är avgörande för produktens lämplighet i byggdelar. Rapporten utgår från det informationsmaterial som finns tillgängligt från leverantörer och producenter, då möjligheten till egna tester inte ryms i denna förstudie. Vi vill poängtera att denna förstudie är mycket grund och ska ge en indikation om högpresterande material kan vara intressanta att fortsätta att studera och att lägga resurser på

att studera djupare. Egenskaper som brand, åldersbeständighet samt fuktaspekter i konstruktioner med dessa produkter etc är inte beaktade i denna förstudie. Vi kan heller inte garantera att de lambda-värden som är redovisade i denna rapport är framtagna i enlighet med harmoniserad europastandard.

1.4 Utförande

Följande delar ingår i projektet:

- Inventering
- Utvärdering
- Informationsspridning

I inventeringen samlas information om vilka isolerprodukter som finns på marknaden, hur effektiva de är samt i vilka projekt och med vilka tekniska lösningar som använts.

Insamlat material utvärderas med avseende på tekniska prestanda, innehållsdeklaration, användningsområden och referensprojekt. Isoleringens värmeledande förmåga jämförs med traditionell isolering, d.v.s mineralull. Kunskapen om materialen byggs upp under inventeringen och sprids sedan inom branschen genom denna rapport och projektet avslutas med en workshop där entreprenörer och materialtillverkare möts.

2 INVENTERING

Inventeringen har skett främst genom att söka på Internet efter producenter/leverantörer med produkter som är intressanta för projektet. Efter etablering av en kontakt har en genomgång av produkterna kunnat ske och provexemplar har studerats. Denna etablerade kontakt har varit mycket viktigt i detta projekt, då produktinformationen i många fall kommit enbart från leverantören och deras referensprojekt. Det har också inneburit att vissa intressanta produkter presenteras mer sparsamt, då informationen från producenter/leverantörer varit begränsad. Produkterna beskrivs närmare i kommande stycke där de är indelade i följande grupper:

- Vakuumisolering
- Aerogeler
- Polyuretan- (PUR) och Polyisocyanurat- (PIR) isolering
- Grafit cellplast
- Reflekterande isolering

2.1 Vakuumisolering (VIP)

Vakuumisolering eller "Vacuum Insulation Panel" (VIP) har en mycket bra värmeisoleringsförmåga som uppgår till ca 5 till 10 gånger högre jämfört med konventionell mineralull med samma tjocklek. Tidigare har vakuumisolering använts i frys- och kylskåp. Men idag har man börjat titta på att applicera den i olika byggnadsdelar, främst i panelväggar och som tilläggsisolering av väggar med begränsat utrymme.



Figur 2.1 Vakuumisolering

2.1.1 Tillverkning

Vakuumisolering består av ett öppet finporöst material med tillräcklig hålfasthet för att stå emot ett atmosfärstryck. Materialet är omslutet av ett lufttätt hölje, vanligtvis av metallfolie eller plåt. Innan höljet sluts, töms det finporösa materialet på luft och skapar ett atmosfärstryck som är ner till 1/100 av det normala. Den senaste nano-teknologin har gett marknaden tillgång till extremt finporösa material exempelvis pressad kiseldioxid (Foamed silica), vars porstorlek uppgår till ca 100 nanometer. Det extremt finporösa materialet har relativt goda isoleringsförmåga redan i normalt atmosfärstryck och ökar snabbt med sjunkande tryck och vid atmosfärstryck av några 100 Pa har värmetransmissionen i luften helt upphört. Utveckling har också skett i det omslutande materialet för att minimera att undertrycket i isoleringsmaterialet jämnas ut med tiden. Idag pratar man om att livslängden är ca 30 till 50 år, då förmågan att behålla undertrycket (vakuum) inuti materialet är styrande.

2.1.2 Egenskaper

Värmeledningsförmågan ligger runt 0,005 W/(m·K) för vakuumisolering enligt materialtillverkarna. På grund av tryckskillnaden mellan isoleringsmaterialets kärna och den omgivande miljön så diffunderas både luft och fukt igenom det omslutande materialet i olika hög grad beroende på skalets tillverkningsätt och material. Man har i mätningar sett att diffusionen sker i största grad i kanterna, vilket visar att stora skivor är att föredra. Det rekommenderas också att man som omslutande material använder en polymer baserad barriär alternativt en aluminiumfolie. Aluminiumfolien har större motstånd mot diffunderad vattenånga men är betydligt känsligare för mekanisk åverkan.

Tittar man på köldbryggorna får man samma slutsats som tidigare, att stora skivor är att rekommendera för att minimera mängden skarvar av skivmaterialet. En tolerans på 2-3mm mellan plattorna är önskvärd alternativt att skivorna läggs omlott om varandra. Då det gäller köldbryggorna är aluminiumfilmen en nackdel då aluminium har nästan 1000 bättre värmeledningsförmåga än plast. Flera tillverkare har löst problemet med mycket tunna lager av aluminiumfolie varvat i plast för att kombinera de bästa egenskaperna från de båda.

Ytterligare en effekt som inte får glömmas bort är riskerna med vakuumisolering. Vid produktion, transport och montage krävs ett omfattande program för att garantera att det omslutande höljet inte skadats, för att bibehålla vakuumisoleringens funktion. Svårare är det vid renovering av befintliga byggnader eller montage på byggarbetsplatsen där det är svårt att få precision i passformen mellan skivorna samt att risken för skada skivans hölje är betydligt mer påtaglig. Man bör tänka sig att konstruktionen är utförd på sådant sätt att man lätt kan

inspektera isolerskivan med exempelvis en värmekamera samt att skivorna är mekaniskt monterade med möjlighet att byta ut en eventuellt skadad skiva. Man bör också utföra konstruktionen samt installationen så att en konstruktion kan fungera med en skadad skiva, utan att funktionskravet åsidosätts med exempelvis kondens som resultat.

2.1.3 Produkter på marknaden

Nedan presenteras ett urval av produkter som finns på marknaden:

Vacupor

Materialet säljs i Sverige med tillverkning i Tyskland. Kärnan är vakuumsförlutet med en metallbarriärfilm som kan skyddas med flera olika material exempelvis cellplast. Vacupor är materialklassat som obrännbart och är godkänt som byggmaterial enligt Tyska normer.

Distribueras av: T Knutsson AB, birger@tknutsson.se, www.tknutsson.se

Produceras av : Porextherm, www.porextherm.com

Microtherm SlimVac

Materialet tillverkas i Belgien med distribution i Sverige. Vakuumsförlutet med metallbarriärfilm som kan skyddas med omgivande material. Microtherm SlimVac är materialklassat som obrännbart och är godkänt som byggmaterial enligt Brittiska normer.

Distribueras av: Termo Teknik Edéus AB, gunnar@tte.bz, www.tte.bz

Produceras av : Microtherm, www.microtherm.uk.com

Vaku-isotherm

Materialet tillverkas i Tyskland med distribution i Sverige. Vakuumsförlutet med metallbarriärfilm som kan skyddas med omgivande material där kärnan härstammar från Micrtherm. Har hemsida som bara beskriver sina produkter på tyska.

Distribueras av: Termo Teknik Edéus AB, gunnar@tte.bz, www.tte.bz

Produceras av : Vaku-isotherm, www.vaku-isotherm.de

Va-Q-vip B

Vakuumsisolering, bestående av sedvanliga; finporöst kiseldioxid och omslutande metallbarriärfilm. Va-Q-vip B har dessutom ett svart glasfiberhölje för mekanisk skydd. Skivorna levereras med överlappande skarvar för att minimera köldbryggornas effekt, samt

med inbyggd sensor för avläsning av inneslutande tryck. Produkten har ingen känd skandinavisk leverantör.

Produceras av : Va-Q-tec, www.va-q-tec.de

2.2 Aerogeler

Aerogel är material med extremt låg densitet och porositet upp till 95 % och resten är fylld av omgivande gas eller är vakuum. Materialets porer är några tiotals nanometer stora. Detta gör Aerogeler till ett av de lättaste fasta material som finns, men ändå med goda mekaniska egenskaper. Materialet brukar vara svagt rökliknande och genomskinligt. Vanligast är Aerogeler som består av silikatmaterial, men även plastpolymerer, kol eller metalloxider kan användas som utgångsmaterial.

2.2.1 Tillverkning

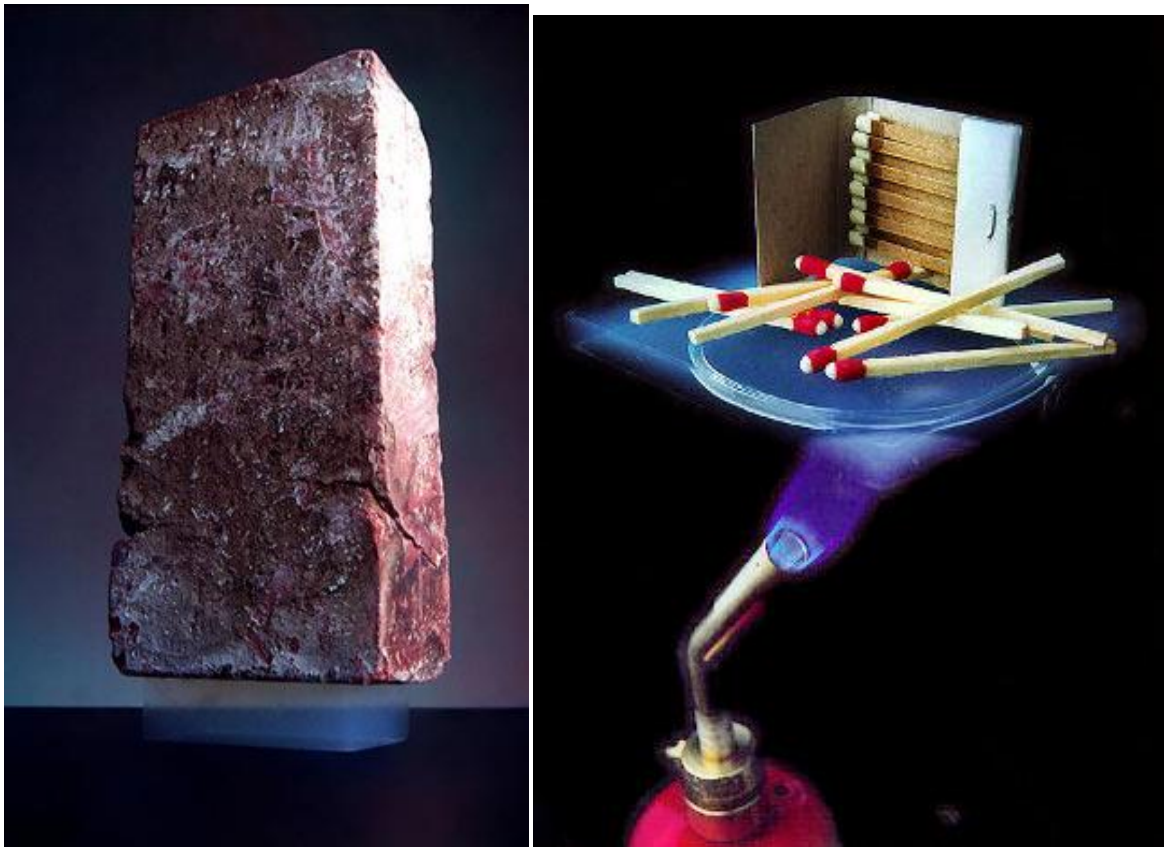
Aerogeler tillverkas genom sol-gel-metoden, vilket är en suspension bestående av ett lösningsmedel och en sol (material med fasta partiklar i flytande medium) som får polymerisera och aggregera för att bilda en gel, varefter lösningsmedlet sedan kan avdunsta bort och resultatet blir ett poröst materia. Tekniken kallas superkritisk torkning. Genom att låta avdunstningen ske ovanför vätskans kritiska tryck och temperatur undviks en specifik gränssyta mellan vätska och gas och därmed de kapillärkrafter som vid normal sol-gel-processering orsakar krympning. Denna process upptäcktes redan 1931 av Steven Kistler.

2.2.2 Egenskaper

Användningsområden för Aerogel tros i framtiden bli gasfiltrering av växthusgaser, t ex koldioxid, när Aerogelen blivit mättad med gasen den filtrerat kan man återanvända den som byggnadsmaterial på grund av dess goda isolerande egenskaper. Det finns idag kommersiella material isolerade med Aerogel för bland annat byggapplikationer med värmeledningsförmåga på 0,014 W/(m·K). Detta ger materialet en god potential som ett kostnadseffektivt alternativ, vilket annars hade varit svårt på grund av det höga priset för Aerogeler.

Materialet har även tillämpningar bland annat inom optiken. Färgen på materialet är idag något rök- eller blåfärgad och man har hittills bara lyckats göra helt klart Aerogelmaterial i tyngdlöst tillstånd. En applikation skulle vara att använda Aerogel som distansmaterial i flerglas fönster och försluta materialet i vakuum. Det skulle ge extremt bra isoleringsförmåga i fönsterglas.

I dagsläget har vi funnit följande tillverkare av detta material, Aspen Aerogels och Cabot Corporation och Proctor Group.



Figur 2.2 Aerogel i numera klassiska gestaltningar. T.v ses det fasta materialet som en dimma bära en tegelsten. T.h visas materialets förmåga att isolera mot värme.

2.2.3 Produkter på marknaden

Spaceloft

Tunna och flexibel laminerad filt med värmeledningsförmåga på $0,0135 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ och testat och brandklassat och behåller sina egenskaper under sin livslängd, då det exempelvis inte krävs något vakuum. Är hydrofobt material som andas. Flera goda referensobjekt där Spaceloft används på utsida/insida yttervägg, tak och golv. Materialet är också extremt bra som ljudisolering.

Distribueras av: ThemisSol AB, magnus.wallin@thermisol.se, www.thermisol.se

Skanska Sverige AB

Teknik och projekteringsledning

Hus och Bostad

Produceras av: Aspen Areogels, www.aerogel.com

Thermal wrap

I stort sätt samma produkt som Spaceloft. Samma egenskaper, samma flexibla laminerade filt. Saknar känd leverantör på skandinaviska marknaden.

Produceras av: Cabot Corporation, www.cabot-corp.com

Nanogel

Ett material som släpper igenom ljus och med bra isoleringsförmåga. Har värmeledningsförmåga på $0,018 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ och ljusgenomsläpligheten är 75 % per centimeter i djupled. Materialet är vattenavstötande och resistent mot mögel och UV nedbrytning, och även med god ljudisolerande förmåga. Används framförallt i taklösningar eller väggar som ger dagsljus inläpp. Mycket material för färdiga glasfasader med inbyggt solavskärmning. Kan också användas för färgsatta glasfasader.

Distribueras av Miltyr Avancerade Byggprodukter, info@milyr.se, www.milyr.se

Produceras av: Cabot Corporation, www.cabot-corp.com

2.3 Polyuretan och Polyisocyanurat Isolering

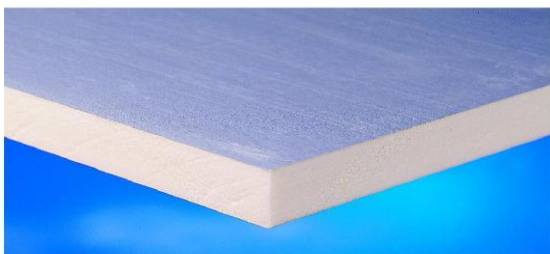
Styva skivor av Polyuretan- (PUR) eller Polyisocyanurat (PIR) är högpresterande isolering som både är lätt och formstabil. Skivorna används främst som takisolering för låglutande isolerade tak. Materialet används även som skalmursisolering, i putsade fasader i sandwichväggar och som golvisolering. Materialet kan tänkas ersätta EPS cellplast i samtliga byggdelar.

2.3.1 Tillverkning

Polyretan (PUR) isoleringen är framställd genom en reaktion av flytande alkohol (polyol) tillsammans med difenylmetan-diisocyanat (MDI). Till detta tillsätter man ett blåsningsmedel (vanligen koldioxid eller pentan), och katalysatorer som vid reaktionen får polyuertanprodukten att expanderar till ett hårt skum. Porsystemet är slutet och har således låg ånggenomsläpplighet. Som färdighärdat bedöms materialet som ofarligt men vid tillverkning eller vid upphettning frigörs skadliga ämnen som kan ge astma. Arbetsmiljöverket varnar också för skadliga halter av isocyanater. Polyisocyanurat (PIR) är en förbättring av PUR där andelen MDI finns i överskott samt att reaktionen sker vid en högre temperatur. Det finns också andra skillnader hos bland annat katalysatorerna vilket göra att överskottet av MDI reagerar med sig själv och bildar isocyanutater.

2.3.2 Egenskaper

Materialet har en bättre motståndskraft mot höga temperaturer, det har dessutom högre tryckhållfasthet, vilket gör att materialet lämpligt för takläggning. Värmeledningsförmågan varierar något mellan 0,023-0,027 w/(m·K), vilket beror på hur väl blåsningsmedlet behålls i isoleringen som i sin tur beror på produktens tjocklek och beläggning. Materialet är antändbart men har inget brandförlopp likt cellplast då PIR isoleringen slocknar av sig själv.



Figur 2.3 PIR- isolering med aluminiumbeläggning på sidan

2.3.3 Produkter på marknaden

EcoTherm Slimline

PIR isolering som är producerad i Nederländerna. Tryckhållfasthet på 100-150 kPa och möjlighet till flera olika beläggningar på skivan direkt från fabrik. Ecotherm har flera olika typer av skivor bl.a. för tak, där tryckhållfastheten uppgår till 150kPa. Dokumentation finns för brandskydd, och materialegenskaper m.m

Distribueras av: ThemisSol AB, magnus.wallin@thermisol.se, www.thermisol.se

Produceras av: Ecotherm, www.ecotherm.co.uk/

BauderPir

Stor tillverkare av kompletta lösningar för takbeläggning för industri och lagerlokaler. Tillverkar PIR isolering i Tyskland men företaget är verksamt i flera länder bl.a. i Norge. Isoleringsskivorna har en tryckhållfasthet på 120kPa och kan fås med olika beläggningar. Mycket dokumentation finns för brandskydd, och materialegenskaper m.m.

Produceras av: Bauder, www.bauder.de

Celotex

PIR isolering producent med flera olika alternativa produkter för olika byggdelar. En produkt värd att nämna från är Celotex TB 3000 som diffusionsspärr och isolering, läggs på regelstomme för att bryta köldbryggor på insida vägg, 12-45mm tjock. Ingen känd skandinavisk leverantör.

Produceras av: Celotex Limited, www.celotex.co.uk

SPU Systems

PUR isolering anpassade för fasader, tak, grunder. Värmeledningsförmåga på 0,023-0,027 W/(m·K). Går att få med flera olika ytskikt som, aluminiumfolie, gips- eller spånskiva. Tryckbelastning 100 kPa Mycket bra anpassat för byggnadsdelar med spontförsedda skivor som är diffusions täta. Skarvarna tätas med speciellt lim. Produkten är väl anpassade till byggbranschen.

Produceras av: SPU Systems Oy, www.spu.fi

Spurab och Polyterm

Två företag som utför och levererar sprutbar PUR isolering. Materialet sprutas på insida väggar och tak, används mycket i förråd och ladugårdar. Tjockleken går att variera upp till 150 mm. Arbetet går snabbt med upp till 125-250 m² per dag beroende av tjocklek.

Distribueras av: Spurab, www.spurab.com,
Polyterm, www.polyterm.se

2.4 Grafit cellplast

Materialet består av expanderad polystyren (EPS) som innehåller grafit. Att komplettera EPS med grafit medför att den infraröda strålningen hindras att ta sig igenom.

2.4.1 Tillverkning

Råvaran som är ett granulat, bestående av små polystyrenpärlor som får absorbera pentangas. Vid uppvärmning expanderas materialet i en förskummare och gjuts sedan i en form under ångtryck till ett block. Den expanderade och gjutna produkten får en microporös struktur.

2.4.2 Egenskaper

Materialet innehåller upp till 98 % luft och har bra formstabilitet och tryckhållfasthet. Det slutna cellsystemet ger en liten inre konvektion, låg permeabilitet för luft och låg vattenabsorption, eftersom cellstrukturen är sluten. Materialet har bra åldringsbeständigheten och materialet är resistent mot röt- och mögelsvampar. Krymper något efter tillverkning och man bör därför vänta ett par månader innan man applicerar cellplasten på byggnadsdelen. Grafit cellplast har värmeledningsförmåga på 0,031-0,032 W/(m·K), vilket är en förbättring med 20% jämfört med vanlig EPS. Materialet är lämpligt i grunder, golv, tak och på fasader.



Figur 2.4 Grafit cellplast som placeras på fasad

2.4.3 Produkter på marknaden

Graphite

Grafit cellplast från Cellplast direkt. Skivan som är tillgänglig på marknaden har en tryckhållfasthet på 70 kPa.

Produceras av: Cellplast direkt, www.cellplastdirekt.se

Platina

Grafit cellplast från Thermisol, med tillverkning i Sverige, Danmark och Finland. Skivan som är tillgänglig på marknaden har en tryckhållfasthet på 70 kPa. Deklarerat lambda 0,030-0,031 W/mK.

Produceras av: Thermisol, www.thermisol.se

Neopor

Stor producent av plastkemiprodukter i Europa. BASF tillverkar flera typer av EPS och grafit cellplast.

Produceras av: BASF, www.plasticsportal.net

2.5 Reflekterande isolering

Reflekterande isolering har ofta framhävts som ett effektivt och billigt alternativ för isolering av byggnader. Flera ifrågasätter dock produktens förmåga som effektiv värmeisolering. Försök med att verifiera dess värmeledningsförmåga har gjorts med olika resultat som följd.

2.5.1 Verkningsätt

Reflekterande isolering är ett tunt isoleringsskikt som innehåller ett eller flera lager av reflekterande folie, oftast aluminium. Istället för att som vanlig konventionell isolering, förhindra konduktion och konvektion, så ska reflekterande isolering förhindra värmestrålning. Värmestrålning är beroende av materialets förmåga att dels reflektera, dels absorbera och dels transmitta, vilket alla adderas till den så kallade emittansen ϵ . För vanligt trä är emittansen 0,8-0,9 medan aluminiumfolie har 0,05-0,08, vilket ger stor effekt för värmestrålning. Störst effekt gör temperaturskillnaden, då värmestrålningen är proportionell mot temperaturskillnaden upphöjd till 4 enligt ekvationen nedan.

$$q = \epsilon \cdot \sigma \cdot (T_1^4 - T_2^4) \quad \text{där} \quad \sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}^4 \quad \text{Ekv 2.1}$$

Skillnaderna i temperaturen mellan insida och utsida vägg är i detta fall relativt liten och variationerna går långsamt. Produkten kan tänkas vara tillämpningsbart i tak, för att hindra nattutstrålning resp. solinstrålning i länder med stora temperaturvariationer. Eller som flera tillverkare redan anammat, reflekterande skikt på produkter som förhindrar konduktion och konvektion.

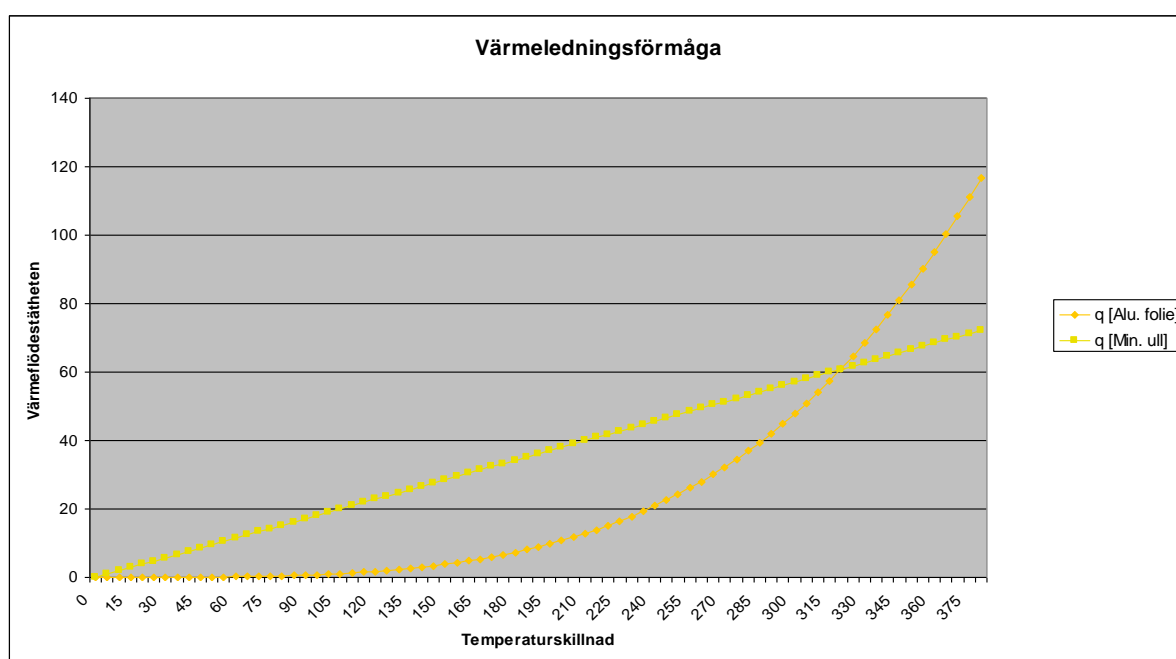
Detta kan jämföras med värmeflödet genom porösa material enligt ekvationen nedan.

$$q = U \cdot (T_1 - T_2) \quad \text{Ekv 2.2}$$

där U är värmegenomgångskoefficient.

En jämförelse visar 210mm mineralull ger ett U-värde på 0,19 W/(m²·K) och en antagen invändig temperatur på 20°C och en ute temperatur på -5 °C ger ett värmeflöde på 4,75 W/m². Tittar man på värmestrålningen så blir värmeflödet för aluminiumfolie 0,73 mW/m², alltså ca 6500 gånger lägre. Tittar man på isolering inom industrin där temperaturskillnaderna är 320 °C så blir effekten med aluminiumfolie samma som med 210mm mineralull, vilket kan ses i

Figur 2.5 nedan. Här ser man tydligt vilken effekt reflekterande isolering har vid höga temperationsskillnader jämfört med mineralull. Nu är detta förenklade beräkningar som inte kan påvisa produkternas värmeisolerande förmåga i helhet, men ger en övergripande bild av verkningsättens huvudsakliga effekt på värmeflödet.



Figur 2.5 Värmeledningsförmågan q i förhållande till temperaturskillnaden för ledning i 210mm mineralull och reflekterande aluminiumfolie. Först vid temperaturskillnader på 320°C är värmeledningsförmågan lika stor.

2.5.2 Fältstudie

Försök har utförts av Umeå Universitet där fyra identiska stugor tilläggsisolerades på följande sätt. En hade 90mm mineralull, den andra hade Ecoprim, Varmvägg 200, (68 mm cellplast), den tredje hade ThermoReflekt R-19 (Reflekterande isolering) samt en fjärde utan tilläggsisolering. Mätningar gjordes i samtliga byggnader och resulterade i att den reflekterande isoleringen inte alls lever upp till den isolerande effekt som angavs till skillnad från de övriga.

Mätningar har också gjorts i en fältstudie utförd av "Dublin Institute of Technology". Resultaten visar att värmeledningsförmågan hos reflekterande isolering motsvarar 210mm mineralull med värmeledningsförmågan på 0,04 W/(m·K). Denna värmeledningskapacitet har dock aldrig kunnat påvisas i laboratorieförsök, p.g.a. att sedvanlig mätmetod inte är anpassad till produktens verkningssätt. Osäkerhet finns om det är mätmetoden eller produktens verkningssätt som värmeisolering i en vägg som är olämplig.



Figur 2.6 Reflekterande isolering på hustak

2.5.3 Produkter på marknaden

Thermoreflekt

Thermoreflekt är en isolering där, enligt tillverkaren, värmen respektive kylan studsar tillbaka. Materialet består av luftslutna celler omslutet av en reflekterande film på vardera sida. Materialet är diffusionstätt, förhindrar konduktivitet och strålning. Isoleringen bygger på att det ska finnas luftspalter på vardera sida om den reflekterande isoleringen. Isolering är okänslig för fukt och har ingen absorberande förmåga, vilket gör att den reflekterade isoleringen funktion är oberoende av fukt.

Distribueras av: Wiedland, www.wiedland.se

Produceras av: Polynum, www.polynum-insulation.com

Actis Insulation

Har en produkt på marknaden och den i Europa ledande leverantören av reflekterande isolering. Har tillverkat isolering i 29 år av typen "multi-folie" isolering. TRISO-SUPER 10 isolering motsvarar 210mm mineralull med värmeledningsförmåga 0,04 W/(m·K). Isoleringen är 30mm tjock och består av flera lager reflekterande folie och skum. Isoleringen kräver en

Skanska Sverige ABTeknik och projekteringsledning
Hus och Bostad

luftspalt på 25mm på båda sidor. Produkten är tänkt att appliceras ovanpå eller under takkonstruktionen.

Produceras av: Actis, www.actis-isolation.com

ThermoGaia AB

Isoleringsmaterial i färg som innehåller små keramiska kulor i mikrostorlek (10-120 mikrometer) som reflekterar kortvågig synlig värmestrålning. Kulorna är ihåliga och vakuumiserade. Materialet är semipermeabel då ytan drar ut fukt då det blir fuktigt (endoterm) och andas när det är torrt. Färgen kan appliceras på tak och väggar såväl invändigt som utvändigt för att exempelvis ta bort köldbryggor. Påstår sig ha flera kunder i Sverige som Akademiska Hus och Ikea och många referensprojekt i övriga Europa. Påstår att U-värdet förbättras för en vägg som man målar med ThermoGaias Termoskydd från 0,33 till 0,25 W/(m²·K), vilket ger en förbättring med 24 % för en vanlig träregelvägg bestående av gips, 165mm mineralull, asfaboard, luftspalt och träpanel.

Distribueras av: Johns Bygg & Fasad AB, Borås, www.johns.se

Produceras av: www.thermogaia.se

2.6 Skumglas

Skumglas används som ett lättfyllnadsmaterial vid grundförstärkningsåtgärder av vägar och byggnader. Skumglas används också som markisolering vid grundläggning av småhus.

2.6.1 Tillverkning

Skumglas produceras av återvunnet glas som krossas och mals ner till ett pulver. Pulvret värms upp och expanderar till ca 5 gånger sin ursprungliga volym. Den färdiga produkten kommer ut som en kaka som snabbt svalnar och på grund av spänningar som uppstår, bryts ner till mindre bitar. Kornstorleken blir då varierande mellan 10 och 60 mm stor.

2.6.2 Egenskaper

Skumglas (med luftfylld kärna) har låg densitet, ca 200 kg/m³ då den är torr. Materialets värmeledningsförmåga är från 0,102 W/(m·K) och har dränerande förmåga. Materialet är kapillärbrytande och har hög stabilitet och bärighet. Detta innebär att dess huvudsakliga användningsområden är som lätt fyllnadsmaterial och/eller tjälisoleringsmaterial. Övriga tillämpningar där skumglas kan användas är som dräneringsmaterial och/eller kapillärbrytande material. Skumglas inre friktionsvinkel kan jämföras med ett krossmaterial. Detta innebär att skumglas kan läggas ut i släntlutning 1:1 eller flackare beroende av krav på släntens säkerhet. Ett användningsområde är som fyllnadsmaterial på terrassbjälklag och takterrasser. Tekniken har funnits 20 år i Europa.



Figur 2.6 Skumglas kan användas som fyllnadsmaterial på exempelvis terrassbjälklag.

2.6.3 Produkter på marknaden

Enda tillverkaren i Sverige idag, fabrik startade 2008. Använder returglas från Svensk glasåtervinning.

Produceras av: Hasopor, www.hasopor.se

3 UTVÄRDERING

För att göra en bedömning av isoleringsprodukternas potential i byggbranschen, har produkterna placerats i en byggdel. En av de viktigaste faktorerna för att isoleringsmaterialet ska vara intressant inom branschen är om det finns möjlighet att, på kort eller lång sikt, se en ekonomisk vinst med produkten. Minst lika viktigt är det att produkten har potential att förenkla eller förbättra konstruktionen. Andra faktorer är montage och hanterbarheten av materialet, då det inte bör vara alltför komplicerat och tidskrävande att uppföra konstruktionen. Vidare kan transportererna reduceras eftersom materialåtgången blir mindre än för vanlig konventionell mineralull, vilket är en viktig effekt som hela branschen jobbar efter. Lika viktigt är hälsoaspekterna, då materialet ska vara lämpligt att arbeta med utan alltför skrymmande skyddsutrustning. Då detta projektarbete är en förstudie har det inte varit möjligt att göra en sådan fullständig bedömning. Bedömning har gjorts utifrån den information som tillhandahållits av producenter/leverantörer gällande materialets påverkan av hälsan, utan vidare fördjupning i ämnet.

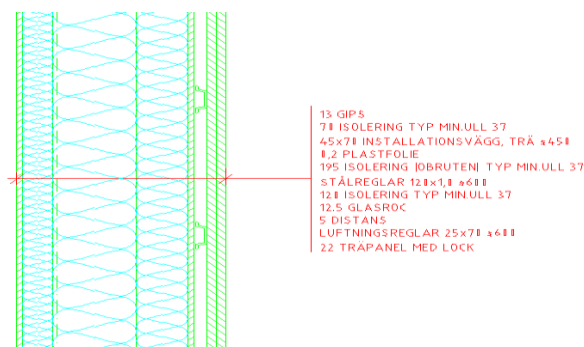
För att kunna göra en jämförelse mellan de olika produkterna har de alternativa materialen placerat i en och samma byggdel; en fasadvägg, vilket inte är en konstruktionsdel som är optimal för alla produkter, men ger en viss anvisning om materialet har potential i byggbranschen. Dessutom finns det indirekta vinster med att göra en vägg tunnare med bibehållen isolerande förmåga förutom den minskade materialåtgången då den uthyrbara/säljbara boytan ökar.

Väggen är konstruerad och dimensionerad för att klara de krav som idag ställs i många fall på moderna energieffektiva bostäder, d.v.s. ett U-värde på 0,1 W/(m²·K). Detta innebär att väggen med konventionell mineralull som isoleringsmaterial blir upp emot 450mm tjock. Något som inte alls är ovanligt i de s.k. passivhus som idag byggs i södra och mellersta Sverige. Det är också den denna typ av byggnad, där extra fokus på energieffektivitet görs, som högpresterande isolering har störst potential.

3.1 Högpresterande isolering i byggdel

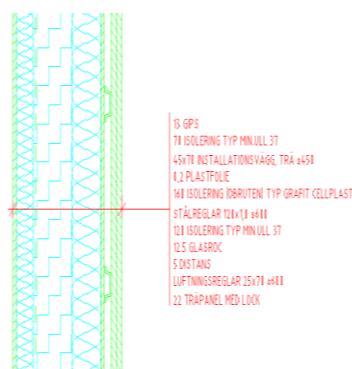
Väggen som studeras i detta projekt är en vanlig s.k. ”utfackningsvägg” i bostäder utan bärande funktion. En vägg som lätt kan dimensioneras om till andra typer av väggar t.ex. bärande väggar eller vägg med annat val av fasadmaterial, utan att förändra förutsättningarna för den högpresterande isoleringen. Väggen består av en 120mm stomme och ett 70mm installationsskikt och där emellan ett obrutet isoleringsskikt där högpresterande isolering är placerad. Det betyder att vi alltid har samma mineralull i stomme och installationsskikt,

oberoende av vilken typ av isolering vi har i det mellanliggande, obrutna isoleringsskiktet. Referensväggen är uppbyggd enligt ovan fränsett att vi har 195mm mineralull i det obrutna, mellersta skiktet. Detta ger en vägg som är 410mm tjock och har en värmegenomgångskoefficient (U-värde) på 0,1 W/(m²·K) då isoleringen har värmeledningsförmåga (λ-värde) 0,037 W/(m·K). De totala värdena på väggens tjocklek i denna rapport anges utan panel och dess bärläkt då flera olika varianter förekommer utan att påverka väggens värmetransportsförmåga nämnvärt.



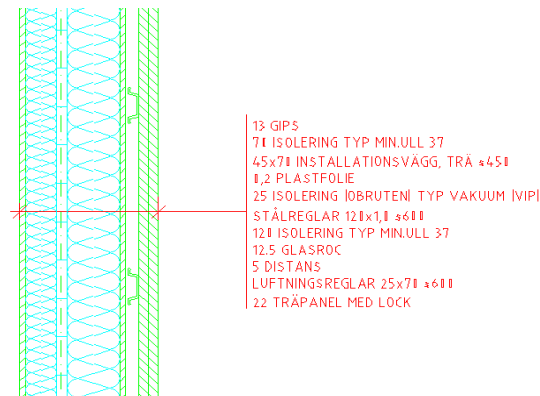
Figur 3.1 Referensvägg med obrutet isoleringsskikt som är 410mm tjock exkl. panel och bärläkt.

Väggens värmegenomgångskoefficienten beräknas vara konstant då vi byter ut mineralullen i det mellersta skiktet mot ett alternativt isoleringmaterial med mindre värmeledningsförmåga. Beräkning ger då det aktuella materialets tjocklek.



Figur 3.2 Exempel på vägg med grafit cellplast i det obrutna skiktet. Väggen har samma U-värde men är 35mm tunnare jämfört med konventionell isolering.

Väggen blir inte helt oväntat tunnare ju mindre värmeledningsförmåga isoleringsmaterialet har och når sin minimala tjocklek för vakuumisolering då väggen blir endast 240mm tjock jämfört med referensväggens tjocklek på 410mm. Fördelarna med den tunna väggen är flera förutom det vi tidigare nämnt som, mindre materialåtgång och större uthyrbar boyta. Man får mindre fönsternischer, vilket kan tyckas vara ett mindre problem men erfarenheten från passivhusproduktionen menar att det är en betydande mängd material och arbete som går åt till dess relativt djupa nischer. Problem med infästning av fönster och dörrar minskar också då det obrutna skiktets tjocklek minskar eftersom det saknas infästningsmöjligheter där.



Figur 3.3 Exempel på vägg med vakuum isolering i det obrutna skiktet. Väggen har samma U-värde men är 170mm tunnare jämfört med konventionell isolering.

En inte helt oviktig detalj gäller den arkitektoniska utformningen. Om de tjocka väggarna med dess djupa fönsternischer är tilltalande eller ej är en subjektiv bedömning, men helt klart ger det färre frihetsgrader åt arkitekten att utforma en innemiljö med inslag av dagsljus. Där kan flera av de ovan nämnda produkterna få större betydelse i framtiden. Då det gäller arkitektens gestaltning av byggnaden är möjligheten större till att använda mer ”exklusiva” material och därmed finns behovet att effektivt klara av exempelvis klimatskalet i en tunn, slimmad fasad innehållande högpresterande isolering, långt från de fasader vi sett i denna rapport.

Det finns förstås andra aspekter att vidare utvärdera till följd av att väggarna blir tunnare och delar av eller hela mineralullsisoleringen byts ut. Framst gäller det hur påverkas väggarnas av fukt? Detsamma gäller hur förmåga att isolera mot ljud påverkas? Andra frågor som bör utredas är hur de nya högpresterande isoleringsmaterialen påverkas av brand? En

fuktprojektering samt en brandprojektering bör utföras då flera material saknar brandklassning i Sverige. Problemet bör inte hindra tanken med detta projekt då flesta produkter har brandklassning i andra Europeiska länder. Det kan däremot bringa visst initialt motstånd för byggbranschen då det kan tyckas besvärligt och byråkratiskt att få materialen godkända i produktion. Det finns företag på svenska marknaden som utföra brandtekniska beskrivningar och brandprojekteringar som kan hjälpa till med det och problemet är som ovan nämnt, endast initialt. Det bör också nämnas att produkterna måste genomgå granskning av lämplig miljöinventerare då det gäller materialets hälsorisker. Även i detta avseende är produkterna godkända inom den europeiska marknaden och har således säkerhetsblad där hälsoriskerna är väldokumenterade. Innan en större volym av byggdelar innehållande högpresterande isoleringsprodukter produceras bör en fältstudie göras där man i detalj studerar hur isoleringen i det aktuella projektet ska dimensioneras och konstrueras för att nå bästa resultat. En mindre del av en byggnad eller en försöksvägg bör uppföras för att se hur materialet uppför sig i verkligheten. Flera av producenterna/leverantörerna har flera referensobjekt i övriga Europa att studera på närmare håll och utbyta erfarenheter.

3.2 Jämförelse av isoleringsmaterial i byggdel

Nedan följer tabell 3.1 med de isoleringsprodukter som vi jämför i byggdelens obrutna skikt. Referensväggen med 195mm minerallull står överst i tabellen och nedåt följer de alternativa materialen. Då det gäller den reflekterande isolering så finns det inget värmeledningsförmåga redovisad då isoleringen inte isolerar på samma principer som övrig isolering, genom förhindra konduktion och konvektion. Mätningar har gjorts i en fältstudie och producenten menar att värmeledningsförmågan hos reflekterande isolering motsvarar 210mm mineralull med värmeledningsförmågan på $0,04 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, vilket motsvarar $R= 5,25 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$. Det ska också noteras att i kolumnen, där totala väggjockleken utläses, anges tjockleken för den reflekterande isoleringen inkl. 25mm luftspalt på vardera sida om isoleringen. Då det gäller Aerogeler så har materialet Spaceloft studerats.

Tabell 3.1 Isolering med varierande värmeledningsförmåga i byggdelen. Notera att λ -värdet för den reflekterande isoleringen är enligt producenten. Värdet härstammar från en studie där produkten jämförs med 210mm min.ull. Kapaciteten har ej kunnats påvisas i laborieförsök.

Isolermaterial i obrutet skikt	Värmeledningsförmåga λ [$W/(m \cdot K)$]	Isolerings-tjocklek [mm]	Tjocklek vägg [mm]
Mineralull 37	0,037	195	410
Mineralull 33	0,033	170	385
Mineralull 31	0,031	160	375
Grafit Cellplast	0,031	160	375
PIR	0,023	120	335
Aerogel	0,014	70	285
VIP	0,005	25	240
Reflekterande	$R = 5 (m^2 \cdot K)/W$	$[30 + 2 \cdot 25] = 80$	295

Av intresse är att den insparade vägg tjockleken genererar uthyrbar eller säljbar boyta jämfört med referensväggen med 195mm mineralull. Den ökade boytan har enheten kvadratmeter per väggmeter (m^2/m). Detta kan ses som en avgörande faktor där fasaden har begränsningar utåt, vilket är fallet i många stadskärnor eller vid renoveringar av befintliga byggnader. Se tabell 3.2 nedan.

Tabell 3.2 Isoleringen genererade av boyta

Isolermaterial i obrutet skikt	Isolerings-tjocklek [mm]	Tjocklek vägg [mm]	Ökad golvyta [m^2/m]
Mineralull 37	195	410	-
Mineralull 33	170	385	0,025
Mineralull 31	160	375	0,035
Grafit Cellplast	160	375	0,035
PIR	120	335	0,075
Aerogel	70	285	0,125
VIP	25	240	0,17
Reflekterande	80	295	0,115

Genom förfrågning från flera olika leverantörer har priser hämtats in och ett genomsnittspris har bestämts för isoleringsprodukterna. I vissa fall har endast pris från en leverantör erhållits på grund av ointresse hos leverantören eller brist på konkurrerande produkter. Priserna gäller under projektets gång och kan variera efter tid beroende av t.ex. råvarupriser och efterfrågan. Samtliga priser är anpassade för att kunna jämföras mot varandra så väl det är möjligt, d.v.s. exkl. moms och inkl. frakt inom Sverige. Eventuella rabatter och avtal är borträknade för att ge ett rent listpris, möjligt för entreprenörer inom byggbranschen att få. Dock har priserna anpassats till en större volym motsvarande ett normalstort bostadsprojekt runt 400m² för att få rimliga fraktkostnader, speciellt vid produkter från Europa. Priserna i tabell 3.3 nedan har enheten, pris per kvadratmeter. Det är inte en optimal enhet då pris per volymenhet är att föredra då tjockleken varierar. Här är dock inte priset på isoleringsmaterialet intressant, utan en jämförelse av priset för de olika produkterna med samma värmeisolerande funktion.

Det bör nämnas att det höga priset på Aerogel produkten Spaceloft delvis beror på att materialet bara tillverkas i 10mm skikt med inriktning att effektivt bryta köldbryggor hos regler och dylikt. Hade produkten tillverkats i mer varierande tjocklekar kan priset tänkas vara mer anpassat till den tjocklek den används i detta fall. I nuläget har skivan multiplicerats sjufaldigt, både med avseende på skivans tjocklek och på skivans kvadratmeterpris. Något som är teoretiskt möjligt, men en anpassning av produkten är önskvärd. Man kan också nämna att priset på vakuumisoleringen är relativt konstant oberoende tjocklek, vilket man kan utnyttja för vidare optimering av byggdel. Här är det tillverkningsprocessen som är lika kostsam för en tunn skiva som hos en lite tjockare variant.

Tabell 3.3 Kvadratmeterpriser för isolering, exklusive moms.

<i>Isolermaterial i obrutet skikt</i>	<i>Tjocklek [mm]</i>	<i>Tjocklek vägg [mm]</i>	<i>Pris [kr/m²]</i>
Mineralull 37	195	410	75
Mineralull 33	170	385	80
Mineralull 31	160	375	160
Grafit Cellplast	160	375	75
PIR	120	335	160
Aerogel	70	285	1750
VIP	25	240	700
Reflekterande	80	295	160

Skanska Sverige AB

Teknik och projekteringsledning

Hus och Bostad

För att få en överskådlig bild över hur stor merkostnaderna blir för väggen beräknas mellanskillnaden av den alternativa produkten och referensväggens 195mm mineralull och multipliceras detta värde med våningshöjden. Detta ses i tabell 3.4 i näst sista kolumnen under ”Merkostnaden” där jag antagit våningshöjden till 2,95m. Detta värde säger inte mycket utan att väga in den ökade boyta, då man se hur kostnadseffektiv isoleringen är. ”Merkostnaden” divideras med den ökade boytan, vilket ger ett mått på vad isoleringen kostar per ökad boyta. Detta värde kan lätt jämföras mot försäljningspriser på nyproducerade bostäder eller användas för en avräkning på en lägenhet där intäkterna per kvadratmeter är kända.

Se tabell 3.4 nedan i sista kolumnen. Här är det enkelt att se att hyresintäkter i stadskärnan på 1 500-2 500 kr/m²/år inte kräver speciellt många år för att avskrivningen ska övergå till en vinst. Tittar man på försäljningspriser i samma område, så ligger spannet mellan 20 000- 65 000 kr/m² och man ser lätt att merkostnaden ersätts av intäkterna med bred marginal för näst intill samtliga isoleringsmaterial. Ser man på värdena i Tabell 3.4 nedan ses att redan från början medför det inte några kostnader att byta ut mineralull till grafit cellplast. Att sedan boytan ökar och genererar en vinst i projektet är en mycket positiv effekt. Man kan också se att en investering i PIR- eller vakuuminisolering inte kräver många år innan investeringen är avskriven och kan generera en avkastning. Eller ännu enklare, genom en jämförelse mot försäljningspriser för bostäder.

Tabell 3.4 Merkostnader för isoleringsprodukt dividerat med sparad boyta .

<i>Isolermaterial i obrutet skikt</i>	<i>Isoler-tjocklek [mm]</i>	<i>Tjocklek vägg [mm]</i>	<i>Merkostnad [kr/m]</i>	<i>Merkostnad /Sparad boyta [kr/m²]</i>
Mineralull 37	195	410	-	-
Mineralull 33	170	385	15	590
Mineralull 31	160	375	251	7164
Grafit Cellplast	160	375	0	0
PIR	120	335	251	3343
Aerogel	70	285	4941	39530
VIP	25	240	1844	10846
Reflekterande	80	295	251	2180

Vad som först måste understrykas är att resultaten ovan inte tar hänsyn till fördyrande projektering eller produktion i form av utökad brand- och fuktutredning eller komplicerade åtgärder för ev. brandsäkring av det mellanliggande isoleringsskiktet osv. Tidsåtgång för att utföra isoleringen med de olika produkterna har heller inte vägts in i resultatet. Likaså gäller de positiva aspekter som den tunnare väggen medför, t.ex. med mindre fönsternischer. Vidare har inte heller värdet av att golvytan ökar medtagits då det gäller t.ex. golvbeläggning, lister och uppvärmningskostnader medtagits. Detta kräver en djupare analys än vad som ges i denna rapport.

Det ska också nämnas att detta resonemang, då man gör en ekonomisk vinst på att bygga väggarna tunnare, gäller endast i de fall då möjligheten till att öka husets ytterdimensioner inte är möjliga. Tanken är att om man har fasta kriterier för vilka yttermått byggnadens fasader inte får överskrida så byggs de tjocka väggarna inåt till följd av minskad boyta. Kan vi istället bygga tunnare väggarna som isoleras lika effektivt så ökar vi boytan igen, som kan säljas. Detta är kriterier som inte gäller överlag för byggprojekt i landet, men i stadskärnan så är det inte helt ovanligt att det finns sådana krav då vi har tät bebyggelse i närheten att ta hänsyn till.

Som tidigare nämns, har värdena i tabellerna ovan räknats fram utifrån de förutsättningar som gäller för en vägg med U-värde på $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Idag förknippas värdet med passivhusteknik men kan mycket väl vara morgondagens standard i byggnader, speciellt när det blir tekniskt möjligt med tunna välisolerade väggar innehållande exempelvis vakuumisolering. Effekterna väntas bli mindre påtagliga för en vägg med lägre krav på värmeisoleringen.

4 RESULTAT

För att sammanfatta resultaten för såväl ekonomiska som praktiska aspekter följer nedanstående beskrivning.

4.1 Materialens potential

En bedömning av materialens potential i byggbranschen är svår att göra. Här följer kommentarer angående produkternas egenskaper, hanterbarhet och om materialet har en ekonomisk potential att bli del av byggbranschen.

4.1.1 Materialens egenskaper och hanterbarheten

Viktigt är att skivorna kan hanteras av byggarbetare utan behov av avancerad lyft eller monterings hjälp. Då det gäller mineralull har hanterbarheten varit relativt enkel. Inga speciella verktyg krävs och materialet har låg densitet vilket gör skivorna blir lätta. Problem med dammpartiklar och mineralull som kliar, är vanliga åkommor. Då det gäller att placera isolering mellan reglar i vägg eller bjälklag är mineralullen att föredra då skivan är flexibel och sluter tätt mot reglarna, vilket medför liten risken för att luftspringor och glipor skapas. Skivan går lätt att kapa till önskade dimensioner. Skivan är mjuk och har således ingen bärförmåga, vilket kan vara en nackdel i det obrutna skiktet där isoleringen inte kan staplas utefter väggen utan skivorna faller ut. Samma egenskaper gäller Aerogel produkten ”Spaceloft” som är som en tunn filt som säljs på rulle. I nuläget finns bara produkten i 10mm tjocklek, vilket är en nackdel då den läggs i flera lager för att uppnå önskad effekt. En anpassning av produkten skulle medföra effektivare arbetsmoment.

Skivor som Grafit cellplast och PIR isolering är styva, formstabila skivor som inte är flexibla. Hanterbarheten är god och densiteten är låg. Riskerna med dessa skivor är om materialet krymper något, vilket ger luftspringor och glipor, vilket resulterar i köldbryggor. Att lägga skivorna i två lager med förskjutna skarvar skulle medföra att köldbryggorna fördelas mer jämt utefter väggen. Viktigt är att man kontrollerar krypdeformationen hos materialet, att toleranserna är små samt att så få skarvar som möjligt. Optimal storlek på skivan är en svår avvägning då hanterbarheten inte får föringas. Dessa skivor kan med fördel limmas upp på bakomliggande regelverk.

Tittar man på Vakuumisoleringen så är bedömningen svårare. En punkterad vakuumskiva innebär 4 gånger sämre värmeledningsförmåga, från 0,005 till 0,02 W/(m·K). Hanteringen av dessa skivor måste ske extremt varsamt med efterföljande kontroller med exempelvis

värmekamera. I projektets exempelvägg ligger isoleringen innanför ett 70mm tjock installationsskikt, vilket är att rekommendera för att minimera att skaderisken. Hantering av själva skivan är enkel, den är lätt och kan limmas upp mot regelverket. Även här är effekten av köldbryggor betydande då dels glipor kan uppstå mellan skivorna p.g.a. stora toleranser och dels av de kanteffekter som uppstår i varje skiva p.g.a. det omslutande höljets förmåga att leda värme. Dessa effekter jobbar flera producenter på att lösa genom att laborera med höljen. Man jobbar också med att minska toleranserna men problematiken ligger i att skivorna krymper då luften sugas ut ur höljet, speciellt i kanterna. Vissa producenter har visat lösningar med överlappande skarvar. Även här kan man tänka sig att lägga skivorna i två lager med förskjutna skarvar för att fördela eventuella köldbryggor samt för att minska effekten av en punkterad skiva. Den största nackdelen då det gäller vakuumisolering är att de är totalt oflexibla då det gäller att kapa skivorna. Alla skivor måste mönsteranpassas i projekteringen, där genomgående urtagningar i väggen måste ha specialanpassade skivor. Detta kräver en helt annan projektering då skivorna måste anpassas till utfackningsväggens längd och höjd liksom till fönsterplacering och friskluftventiler m.m.

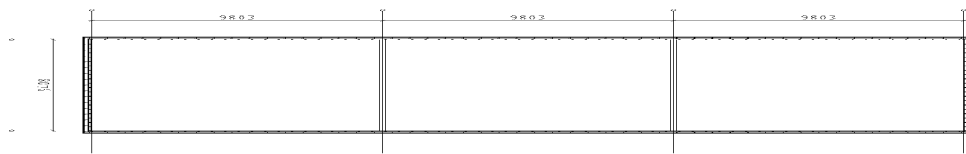
Då det gäller den reflekterande isoleringen är utförande av isoleringsarbetet enkel. Materialet stiftas upp distanser som sitter på väggens regelverk. Då det gäller köldbryggorna är det främst i infästningspunkterna som effekterna kan tänkas uppkomma. Skarvarna tejpas med aluminiumtejp för att skapa ett heltäckande skikt. Materialet kan kapas och böjas helt efter önskemål.

Tabell 4.1 Data över materialens egenskaper och hanterbarhet, värdena är ungefärliga

<i>Isolerings-material</i>	<i>Densitet [kg/m³]</i>	<i>Möjlig att kapa</i>	<i>Fördelar</i>	<i>Nackdelar</i>
Mineralull	25	Med kniv	-flexibel -oöverträfflig mellan reglar	-saknar bärförmåga
Grafit Cellplast	16	Med såg	-formstabil -god bärförmåga	-krymper efter produktion
PIR	30	Med såg	-formstabil -god bärförmåga -tål upp värme upp till 200°C	
Aerogel	150	Med kniv el. sax	-lätt filt på rulle som stiftas upp	-finns bara i tjocklek 10mm
VIP	170	Nej	-skivor som inte dammar -tunna lätta skivor att arbeta med	-känslig mot mekanisk åverkan -oflexibla -stora toleranser -ger stora köldbryggor i skarvar
Reflekterande	25	Med kniv el. sax	-lätt film på rulle som stiftas upp	-kräver luftspalter på vardera sida

4.1.2 Tillämpbart exempel

För att tydliggöra resonemanget följer nedan ett exempel på ett typiskt bostadsprojekt.



Figur 4.1 Geometrin för bostadshus med bra energiprestanda och tjocka väggar. Byggnaden har yttermått: 10m brett och 30m långt.

Ett bostadshus ska byggas i en stadsmiljö och enligt projekteringen får väggarna ett U-värde på $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Byggnaden har 4 våningar och ytterdimensionen är bestämda till: 10m brett och 30m långt. Fasaderna är av typen utfackningsvägg och byggnaden har betongbjälklag där bärningen sker av stålpelare samt av lägenhetsskiljande väggar i betong. Fasadens totala omslutande area uppgår till 945m^2 och totala boytan är 1100m^2 .

Till följd av höga energipriser och med en ökad medvetenhet om god energiprestanda hos exempelvis kunderna, så höjer beställaren kraven på bostadens totala energieffektivitet. Till följd av detta projekteras bostadens väggar om och dimensioneras med ett U-värde på $0,1 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$. Av brandtekniska skäl kan fasaderna inte ökas utåt, då avståndet till intilliggande fastigheter är strikt bestämt. Därav byggs väggarnas tjocklek inåt, till följd av att boytan blir mindre. Genom att byta ut det mellersta lagret mineralull i väggen mot vakuumisolering förblir väggens tjocklek densamma som tidigare, med U-värde på $0,2 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$, till skillnad att väggen har dubbelt så effektiv värmeisolering. Se sammanfattning i tabell 4.1 nedan. Här nedan följer ett resonemang för detta exempel:

- En energieffektivisering enligt traditionell metod ger totalt 50m² mindre boyta eller 4,5 % i detta exempel.
- Säljer du bostaden för ca 30 000 kr/m² i bostadsområde i stadsmiljö genererar det en minskad intäkt på 1 500 000 kr.
- Investeringen för vakuumisoleringen ger en merkostnad på 625 kr/m², vilket ger 590 000 kr, exkl. moms och inkl. frakt.
- Mellanskillnad på drygt 900 000 kr för ett bostadsprojekt visar att det finns utrymme för att titta på ett alternativ med högpresterande isolering i exempelvis väggarna.



Figur 4.2 Utfackningsvägg med vakuumisolering

Tabell 4.1 Sammanfattning av den projekterade väggens uppbyggnad i olika stadier. Väggen innehåller förutom den redovisade isoleringen och stomme: Gips på båda sidor stomme, läkt och panel

Projekteringsstadiet	Väggens uppbyggnad [mm]	U-värde [W/(m ² ·K)]	Boyta [m ²]	Kommentar
Stadie.1 290mm Vägg	145 Min.ull mellan 145 Reglar 70 Min.ull mellan 70 Reglar	0,2	1100	-låg energiprestanda -maximal boyta -inget investerat -maximal försäljningsintäkt
Stadie.2 460mm Vägg	120 Min.ull mellan 120 Reglar 195 Min.ull (obrutet) 70 Min.ull mellan 70 Reglar	0,1	1050	-hög energiprestanda -minskad boyta -billig investering i min.ull -lägre försäljningsintäkt
Stadie.3 290mm Vägg	120 Min.ull mellan 120 Reglar 25 Vakuumisolering (obrutet) 70 Min.ull mellan 70 Reglar	0,1	1100	-hög energiprestanda -maximal boyta -dyr investering i vakuumisolering -maximal försäljningsintäkt

5 SLUTSATS

Denna förstudie har visat, genom inventering och utvärdering av högpresterande isolering på marknaden, att dessa material mycket väl har potential i byggbranschen. Resultatet ger en tydlig bild att det inte bara är de konstruktiva egenskaperna med tunnare väggar som är positiva, utan också de ekonomiska. Nästan samtliga produkter har en ekonomisk potential, vilket inte är givet då en konventionell produkt ersätts med en modern. Här gäller att man har ett synsätt som ger rätt förutsättningar. Totalt sätt är det dyrare att initialt göra en byggnad mer energieffektiv. Med ökade energipriser och med hårdare krav i regelverket gör denna typ av åtgärder till standardlösningar för entreprenörer i byggbranschen, om inte redan nu, inom snar framtid. Det är först då problemet kommer att uppdagas för de byggnader där t.ex. ytterväggen inte kan öka i dimension utåt. Det är i första hand i detta läge som högpresterande isolering bli intressant. Det gäller att inte blunda för den utveckling som branschen går mot, utan redan nu se möjligheterna med den senaste inom isoleringsteknik.

Man kan helt enkelt se förloppet på följande sätt:

- Energipriser stiger och kan antas stiga i framtiden
- Boverkets byggregler kräver energieffektiva lösningar
- Energieffektivisering av byggnader sker i branschen och är inom snar framtid standard hos samtliga entreprenörer

Detta är ett förlopp som drabbar och troligtvis kommer att drabba alla entreprenörer. Det finns två vägar att gå, där den ena vägen är:

- Energieffektiviseringen innebär en investering med tjockare väggar som resultat
- Tjocka väggar och trång bebyggelse gör att väggarna byggs inåt och gör att boytan minskar
- Försäljningsintäkterna minskar till följd av minskad boyta
- På lång sikt kan investering och minskade intäkter tjäna in på grund av minskad energiåtgång

Detta är ett förlopp som inte nödvändigtvis måste resultera i minskad boyta, då den andra vägen är:

- Med ny teknik och en relativt liten ökning av investeringen kan väggarna behållas tunna som tidigare
- Ingen minskad boyta
- Inga minskade försäljningsintäkter
- På betydlig kortare tid kan investeringen tjänas in på grund av minskad energiåtgång

En fördjupad studie krävs för att verifiera kostnaderna mer noggrant och väga in arbetskostnaderna för att en mer realistisk bild ska kunna ges. Men redan i denna förstudie överväger de positiva egenskaperna så pass tungt att de redan nu står klart att högpresterande isolering har god potential i byggbranschen. I denna fördjupning bör en provvägg konstrueras med minst två av de mest intressanta materialen. Det går alltid att diskutera vilket material som är mest intressant. Grafit cellplasten har sitt låga pris, vilket gör den intressant i en vidare studie. Intressant är också vakuumisolering då den har den absolut bästa värmeisolerande effekten blir och därmed också prisvärd. Detta kräver dock att skivorna med vakuumisolering går att hantera på ett någorlunda effektivt sätt ute på byggarbetsplatsen, vilket är helt avgörande för denna typ av isolering. Meningen är att denna rapport ska väcka intresse i branschen för att med ytterligare medel från SBUF för att kunna utföra en fördjupad studie.

6 EGNA REFLEKTIONER

Under denna rubrik ges egna reflektioner kring ämnet utifrån denna förstudie. Som tidigare nämnts har syftet med förstudien varit att titta på högpresterande isolerings potential i byggbranschen, vilket den har visat att produkterna har. Resultatet var så pass intressant att jag rekommenderar en vidare studie inom ämnet. Dels för att se hur produkterna lever upp till den lovade prestanda som producenter/leverantörer förordar och dels för att se hur materialen uppför sig i produktionen. Vissa produkter ger ett mycket seriöst intryck medan andra ger ett sämre intryck. Jag har försökt att bilda min egen uppfattning om produkterna för att förutsättningslöst kunna bedöma dem i denna studie, trots ibland ganska livliga diskussioner om produkterna på alla de diskussionsforum som finns på Internet. Detta gäller främst den reflekterande isoleringen som bland merparten av forumens besökare inte har ett verknings sätt som anses vara effektivt. Av sådant har jag påverkats på sådant sätt att jag tittat närmare på produktens verknings sätt, något som jag inte gjort på de övriga produkterna. På så vis kan jag tycka att den reflekterande isoleringen särbehandlats, i denna rapport. Under rubriken Reflekterande isolering har jag beskrivit det resultat jag kommit fram till då jag undersökt dess verknings sätt utefter de byggnadsfysiska tillämpningar som är för mig kända. Detta är alltså inget bevis mot att produkten fungerar eller inte utan ett jämförbart exempel. Det är upp till läsaren själv att avgöra om och hur produkten fungerar. Den reflekterande isoleringen har detta behandlats på samma sätt som de övriga materialen då det gäller jämförelse i byggdelen. Resultatet kan ses i tabellerna utan att jag vidare kommenterat dem i denna rapport.

Magnus Clase
Skanska Sverige AB
Teknik och projekteringsledning

7 REFERENSER

Burström, Per Gunnar, (2001): Byggnadsmaterial, Studentlitteratur, Lund, April 2005

Erb, Markus, (2005): Vacuum Insulation Panel Properties and Building Applications. Summary, IEA/ECBCS Annex 39, Switzerland, December 2005, pp. 4-18

Eoghan, Frawley B.E, (2009): Thermal Testing Of Innovative Building Insulations, Masters of Phiosophy, Dublin Institute of Technology, Dublin, Irland, October 2009

Hagentoft, Carl-Eric, (2001): Introduction To Building Physics, Lund, April 2005

Nordwall, Ulf, Bostaden, (2009): Test och utvärdering av olika tilläggsisoleringsmaterial, <http://www.bostaden.umea.se/nyheter/test-och-utv%C3%A4rdering-av-till%C3%A4ggsisolering>

Pettersson, Bengt-Åke, (2001): Tillämpad byggnadsfysik, Studentlitteratur, Lund, April 2005, pp. 216-228.

Svenska Aerogel AB, (2009): Teknik - Materialet Aerogel, <http://www.aerogel.se>