

Nye isolasjonsmaterialer i verneverdige bygg - muligheter og begrensninger



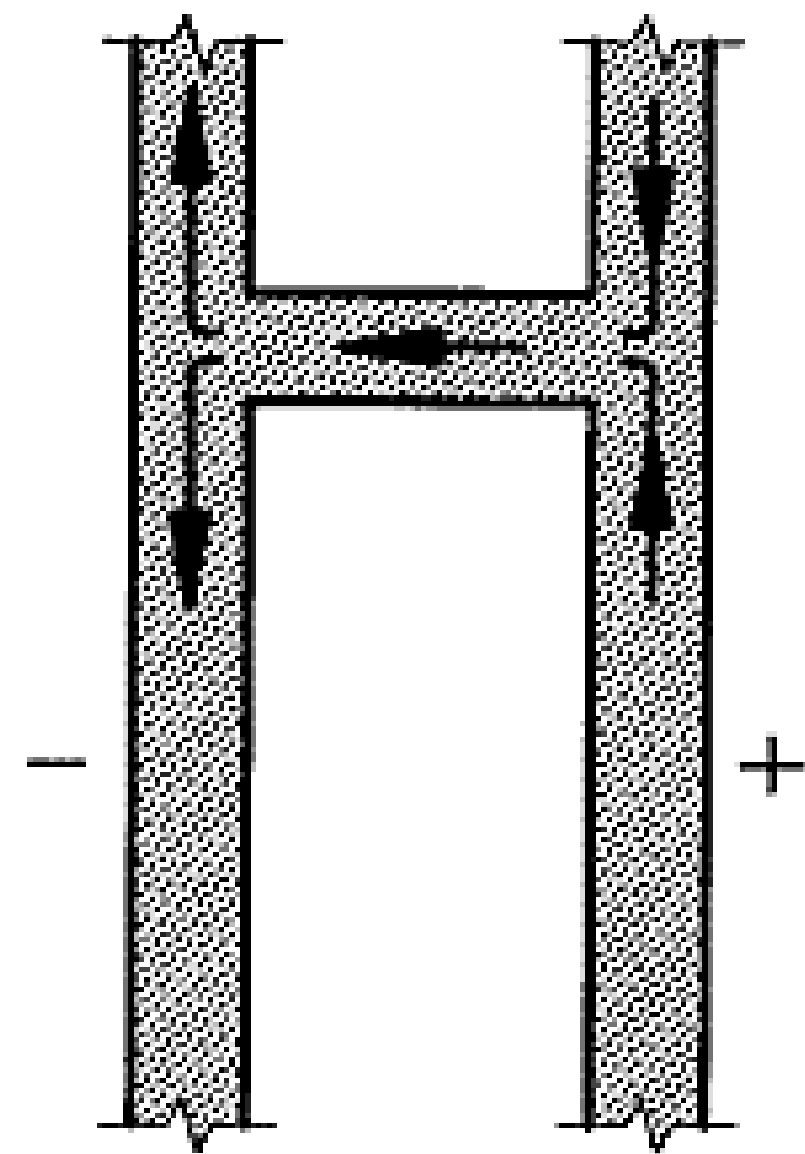
Arild Gustavsen, Professor NTNU
Leder Forskningssenter for nullutslippsbygg (ZEB)

Innhold

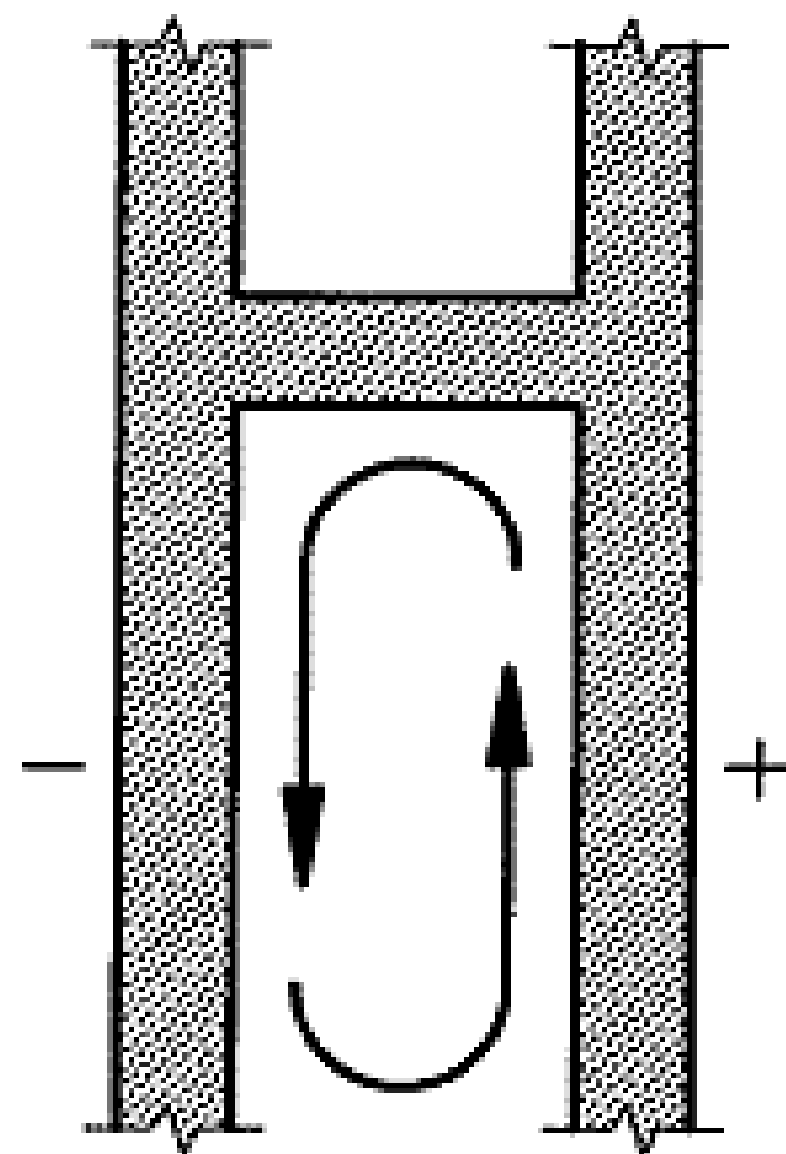
- Varmetransport, viktige parametere
- Isolasjonsmaterialer
 - Tradisjonelle
 - Nye materialer og eksempler på bruk
- Resultater fra et EU prosjekt
 - Isolasjonsmaterialer
 - Nye vindusløsninger



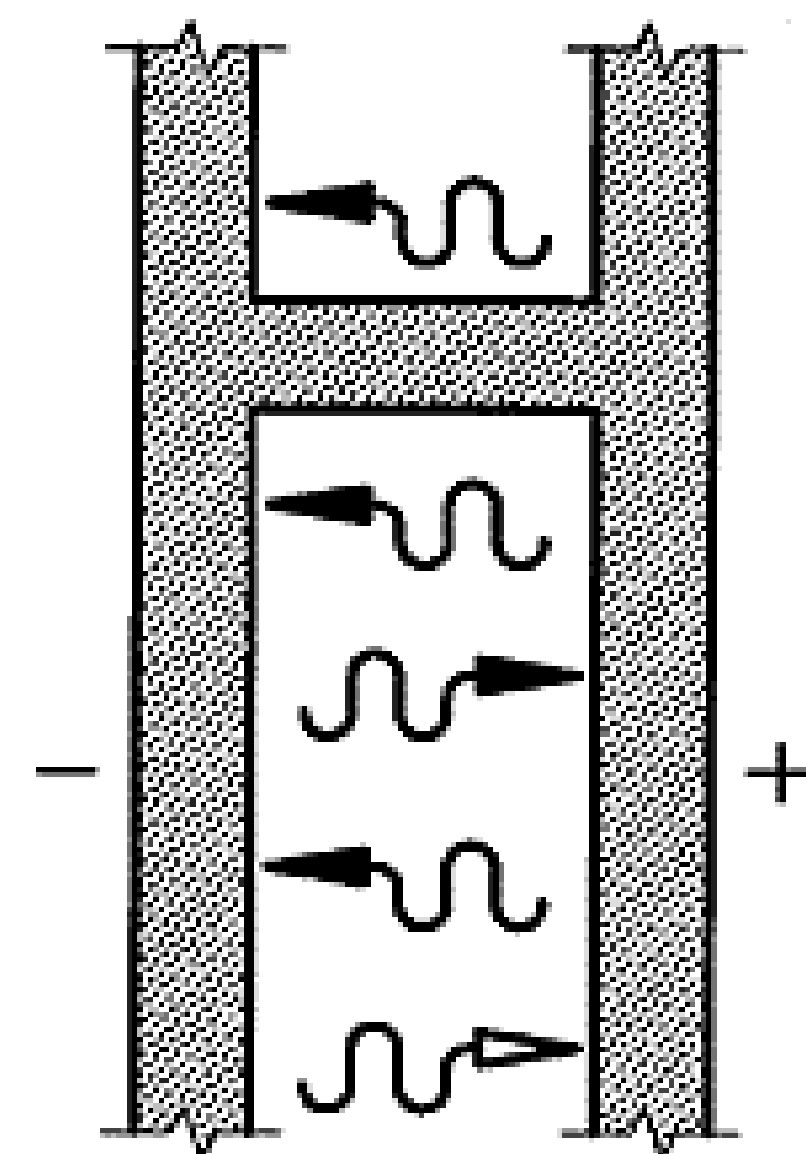
Varmetransport



a: Ledning



b: Konveksjon



c: Stråling

Varmekonduktivitet, mostand og U-verdi

- Varmekonduktivitet angir hvor godt et materiale leder varme: λ , enhet er $W/(m \cdot K)$
- Varmemotstanden er $R = d/\lambda$, enhet er $(m^2 \cdot K)/W$
- U- verdi = $1/R_{tot}$ og har enhet $W/(m^2 \cdot K)$

Bare **stråling, ledning og konveksjon** er inkludert i R- og U-verdiene.

Varmetap ved luftlekkasjer igjennom bygningskonstruksjonene er en annen varmetransportmekanisme, men denne er ikke inkludert i R- and U-verdien til en bygningskonstruksjon.



Eksempler

Materiale	Varmekonduktivitet [W/(m·K)]	Tykkelse [m]	R [(m ² ·K)/W]
Stål	70	0,2	0,003
Sandstein	2,0	0,2	0,10
Betong	1,7	0,2	0,12
Tre (furu)	0,12	0,2	1,67
Mineralull	0,035	0,2	5,71

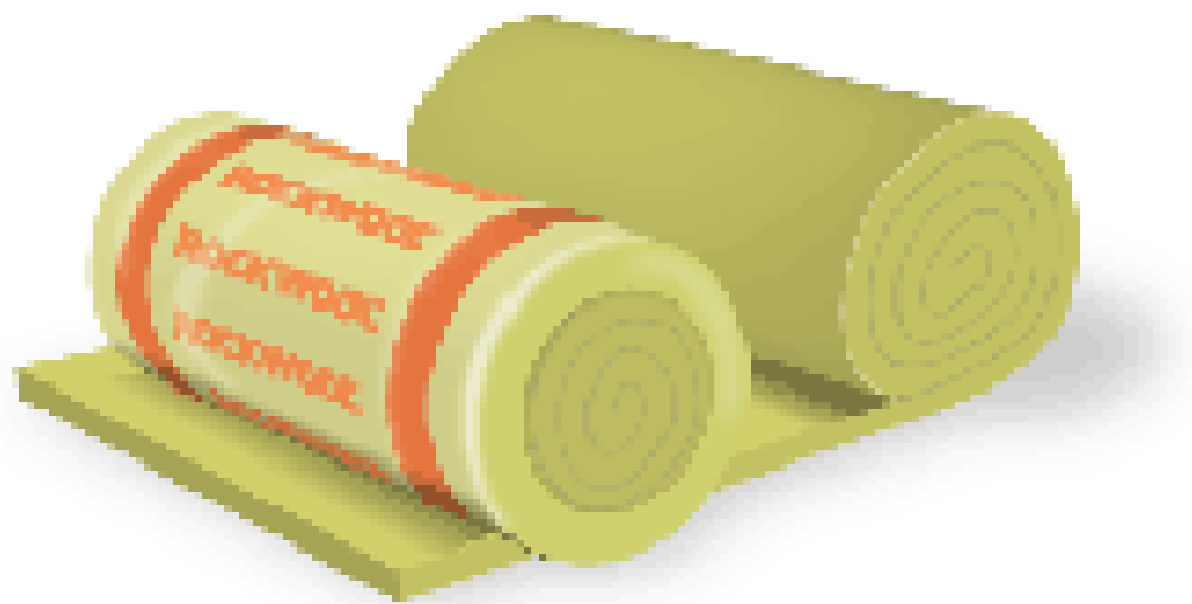
U-verdien til konstruksjonen vil avhenge av hvilke andre sjikt som inngår i veggen. Minimumskrav til U-verdi i TEK15 er 0,22 W/m²K. Dette tilsvarer en varmemotstand på $R = 4,55 \text{ (m}^2 \cdot \text{K)/W}$.



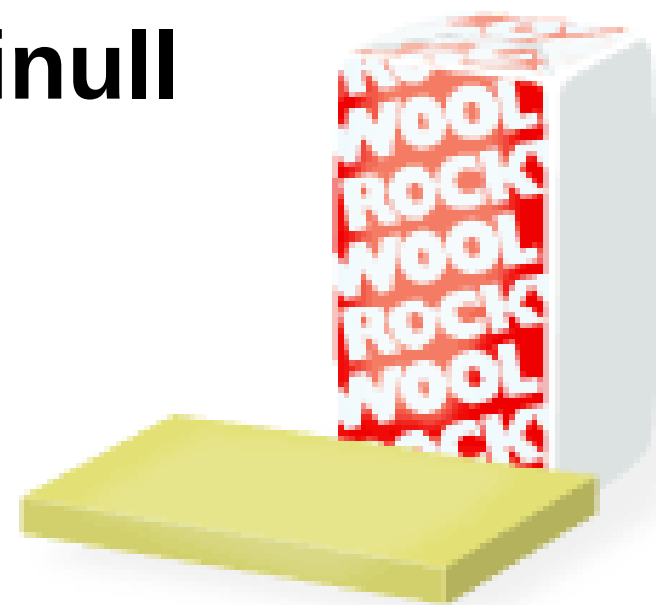
Noen tradisjonelle isolasjonsmaterialer



Plastisolasjon: XPS og EPS



Steinull



Glassull



Løs lettklinker

Celluloseisolasjon



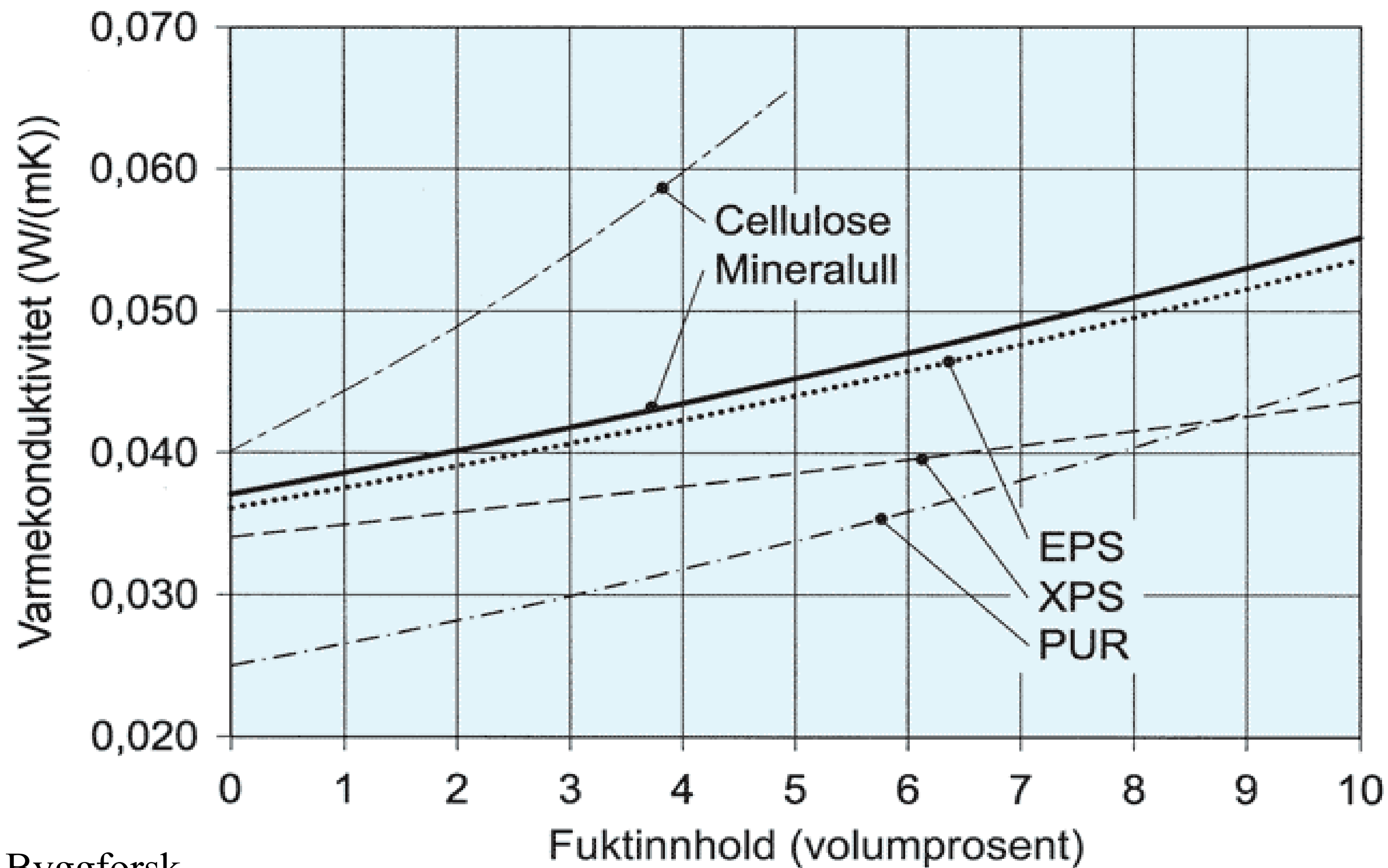
Andre: Saueull, halm, kork, skumglass, ...

Varmeledningsevne (1/2)

Materiale (fuktbeskyttet)	Varmeledningsevne, [W/mK]
Mineralull	0,032 – 0,040
EPS	0,035 – 0,041
XPS	0,034 – 0,037
PUR	0,022 – 0,028
Cellulose	0,041 – 0,045
Lettklinker, løs	0,11
Skumglass, løst	0,11



Varmeledningsevne (2/2)



Kilde: SINTEF Byggforsk



Noen “nye” isolasjonsmaterialer

Vakuumisolasjonspanel (VIP)

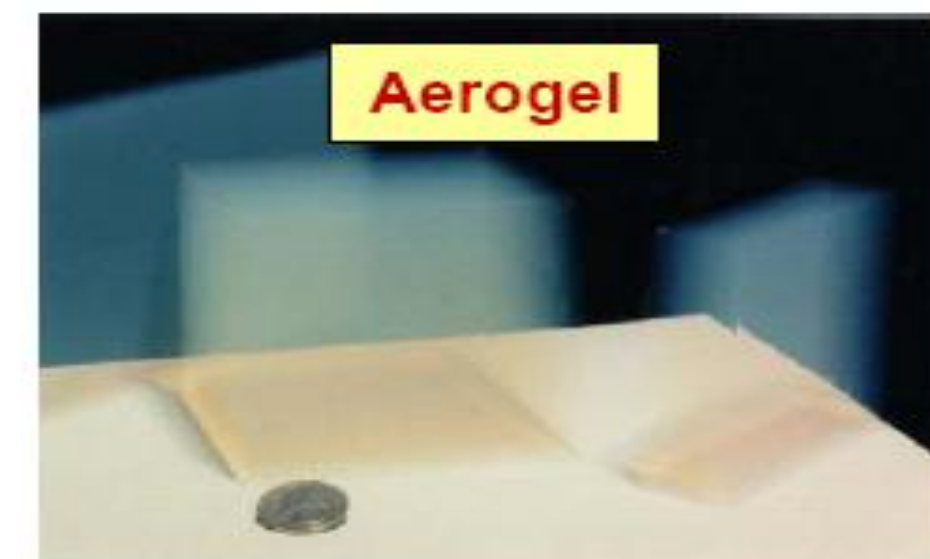
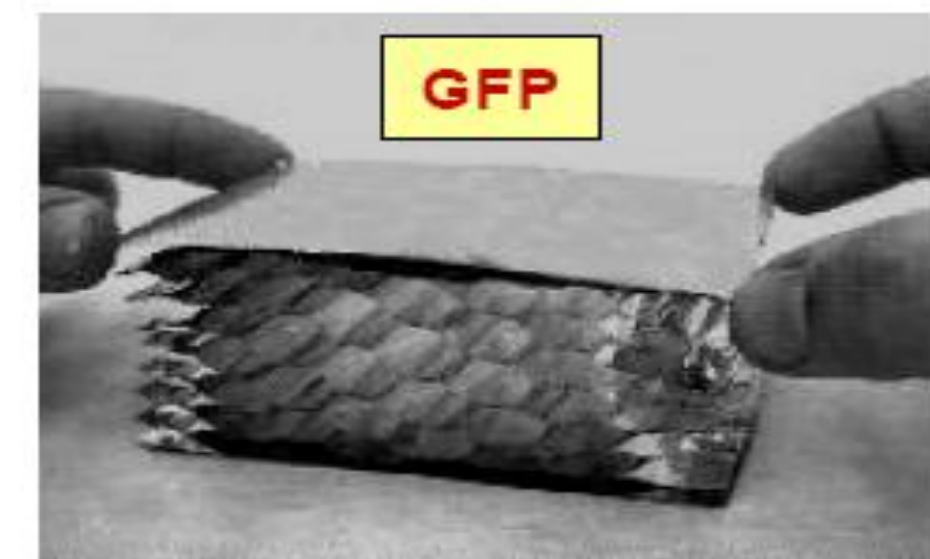
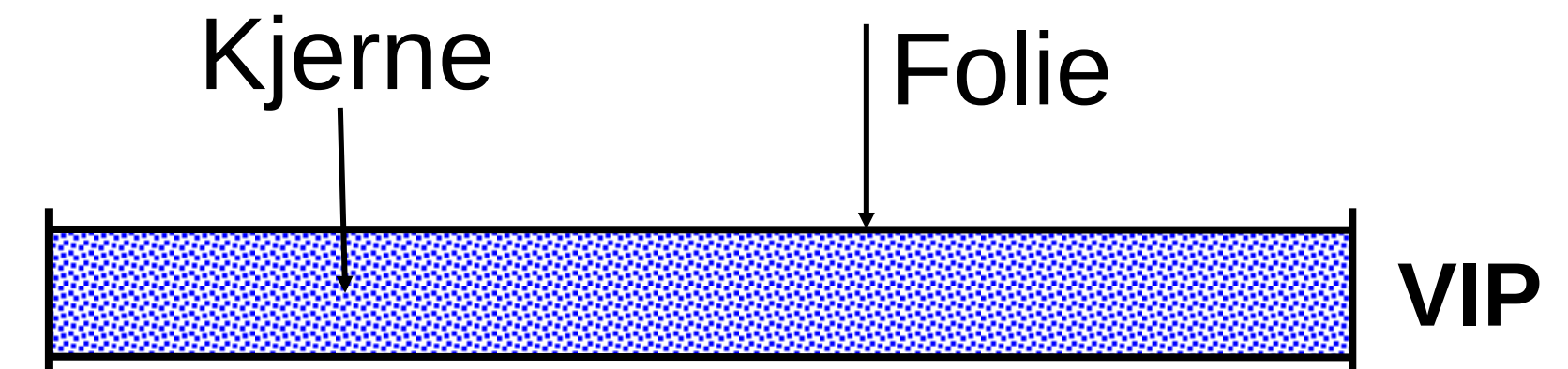
- Et porøs materiale med åpne porer som er innkapslet i en folie, der luften er sugd ut. Typisk varmeledningsevne er $4 \text{ mW}/(\text{mK})$, til ferskt materiale.

Gassfylte paneler (GFP)

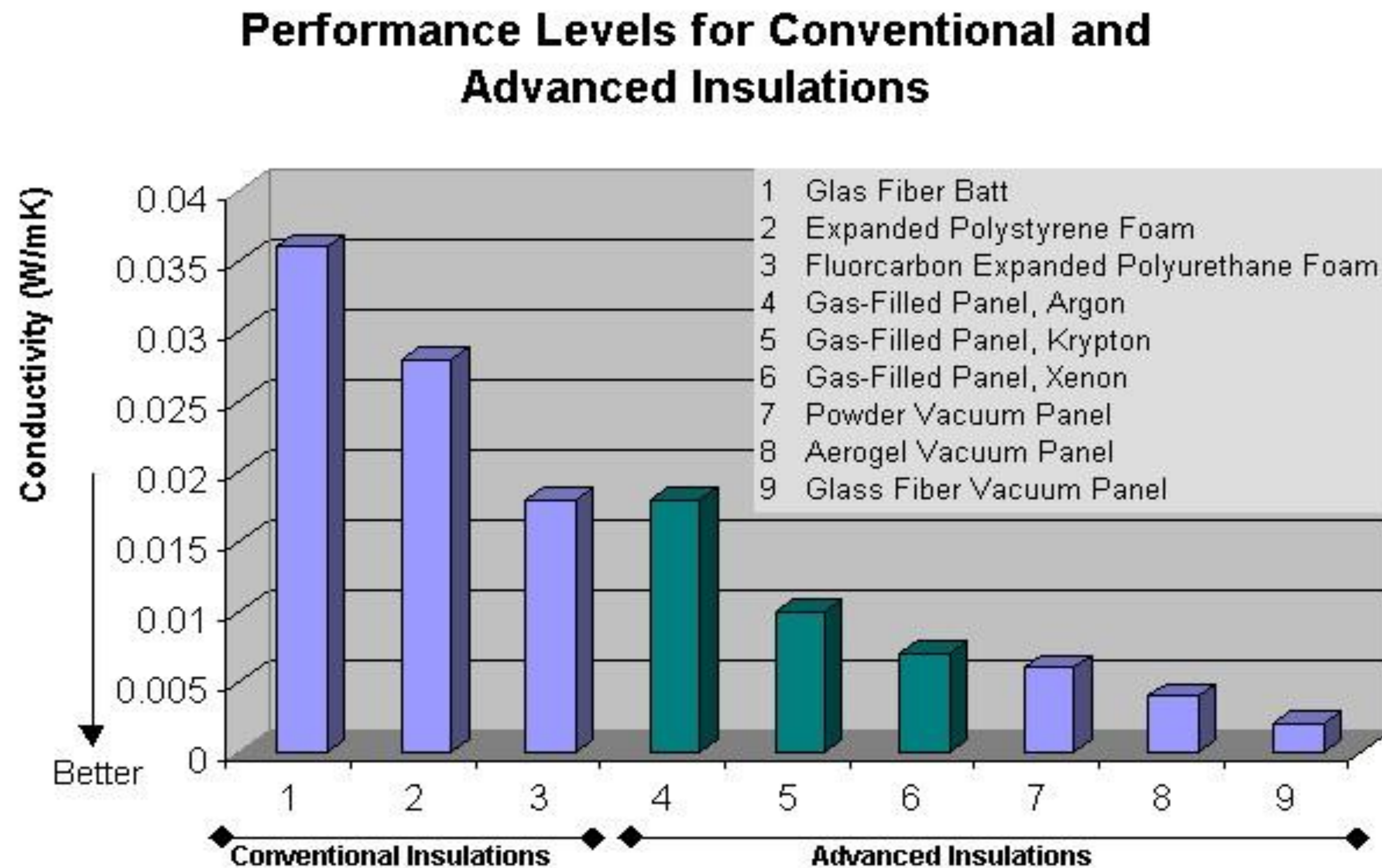
- Gassfylte paneler består av flere tynne lag med reflekterende folier som er satt sammen på en spesiell måte for å redusere varmetap.

Aerogel

- Silika-basert materiale som har den laveste tetthet til ethvert materiale ($2 \text{ mg}/\text{cm}^3$). Konduktivitet på ca. $13 \text{ mW}/(\text{mK})$ for kommersielle aerogeler.



Sammenligning av varmeledningsevne



Vakuumisolasjonspanel (VIP)

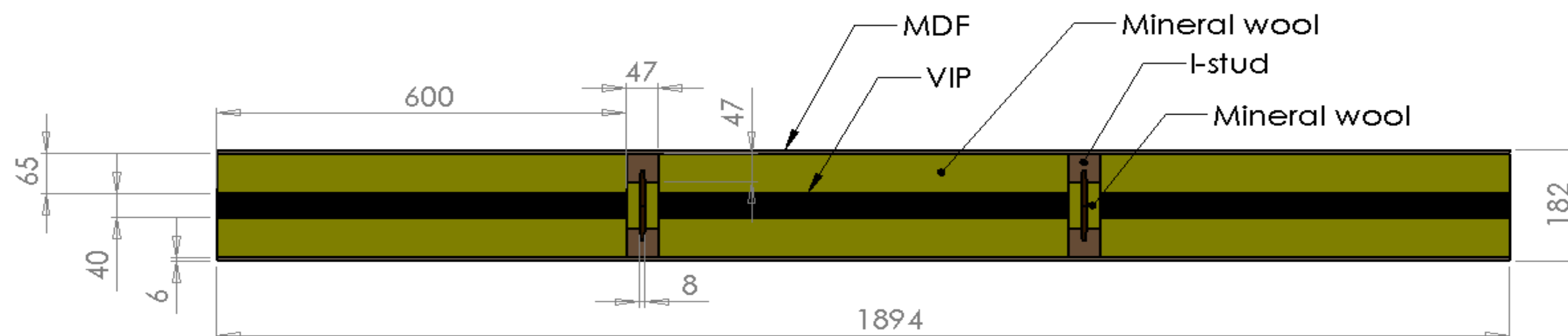
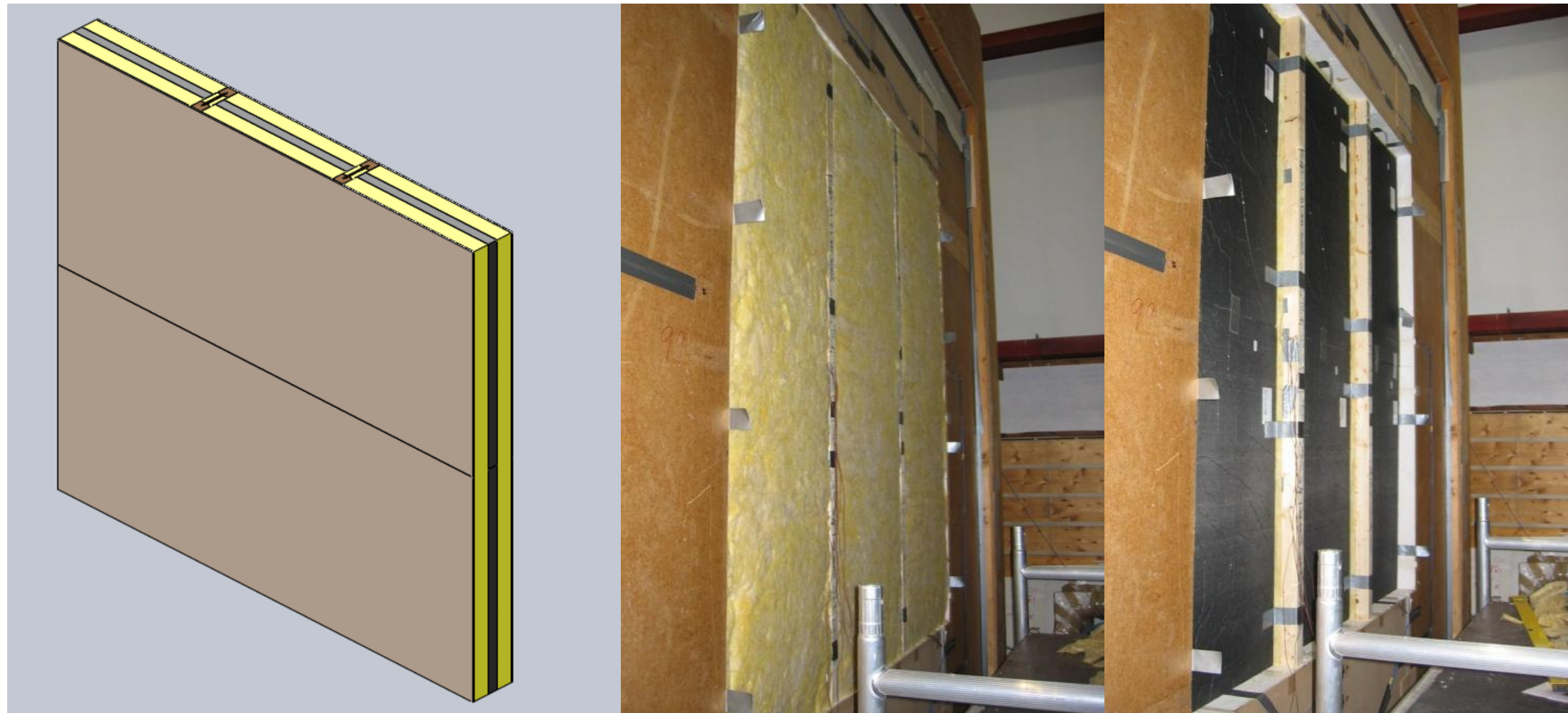


ca. 100
mm

20
mm

- Konduktivitet på 4 - 20 mW/(mK)
 - Design verdi ofte 7 mW/(mK)
- Konduktiviteten øker med tiden – Økningen er avhengig av hvilken folie som benyttes
- Kan ikke tilpasses på byggeplass
- Kan bli brukt både på utsiden og innsiden av opprinnelig konstruksjon
- Damptett
- Tar opp mindre plass
 - Ca. 5 ganger tynnere enn tradisjonelle isolasjonsmaterialer

Vakuumisolasjonspaneler brukt i en bindingsverksvegg

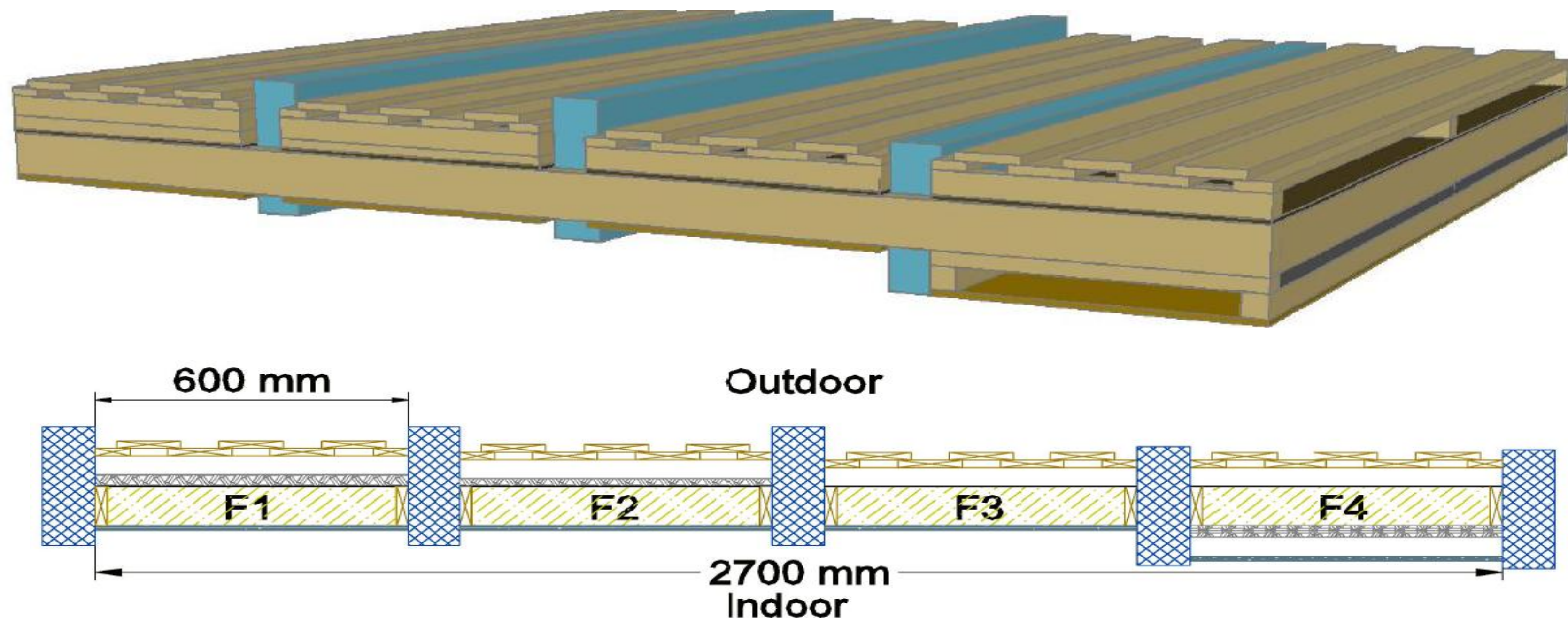


U-value of 0,11 W/(m²K)

Thomas Haavi ^{a*}, Bjørn Petter Jelle ^b, Arild Gustavsen ^c,
Steinar Grynning ^d, Sivert Uvsløkk ^e, Ruben Baetens ^f and Roland Caps ^g

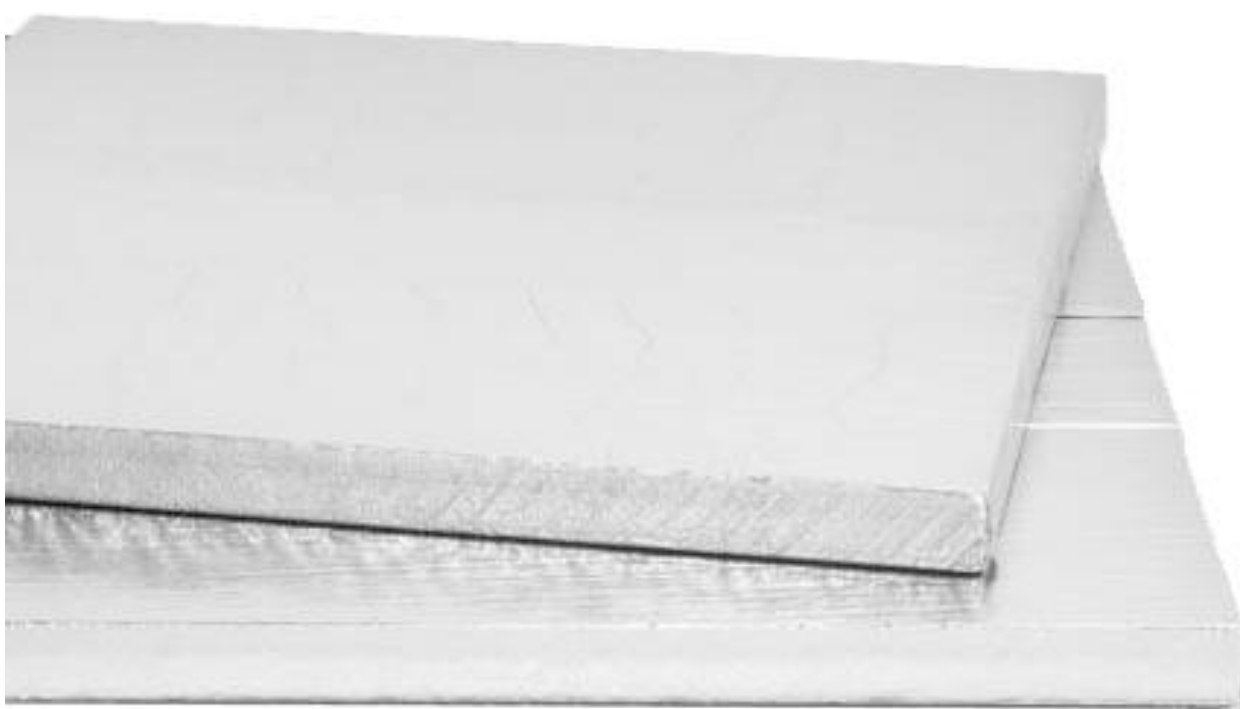
Studier av fuktforhold

Vakuumisolasjon brukt for å etterisolere en bindingsverksvegg på innsiden eller utsiden



- Felt 1 og 2: VIP utenfor bindingsverk
- Felt 3: Referanse vegg
- Felt 4: VIP er brukt på innsiden av bindingsverket

VIP innkapslet i ekspandert polystyren (EPS)



VIPs

- + Lav varmeledningsevne ($\lambda \sim 4 \text{ mW/(mK)}$)
- + mindre tykkelse
- risiko for perforering (folie kan perforeres)
- Kan ikke tilpasses på byggeplass

Innkapslet VIP

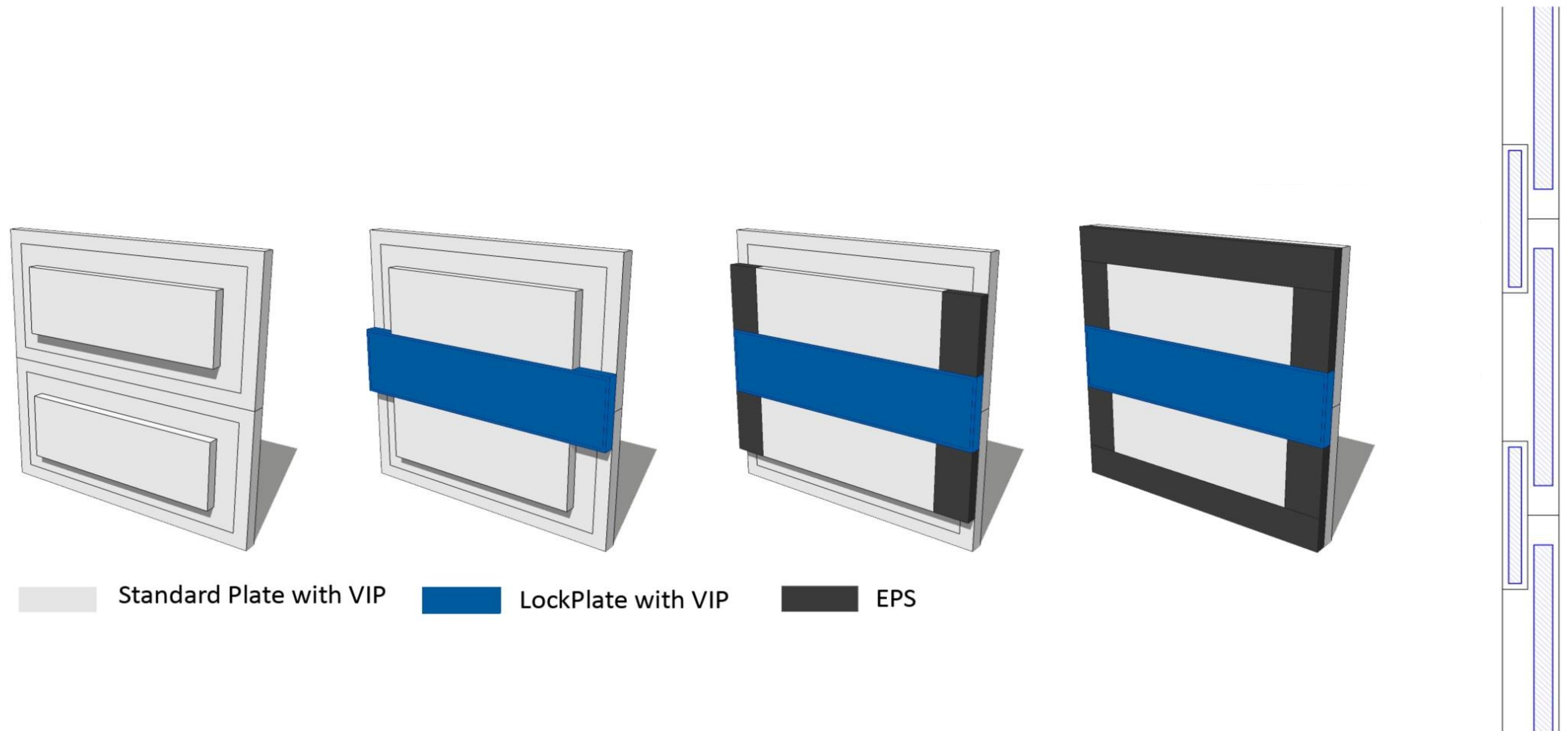
Eks. VIP innkapslet i EPS

“LockPlate system” fra Weber

- + gjør det mulig med tilpassing på byggeplass
- + økt robusthet
- mindre varmemotstand ved hjørnene
- vanskeligere å se punkterte VIP (?)

S. Van Den Bergh, S. Uvsløkk, B. P. Jelle,
S. Roels, A. Gustavsen

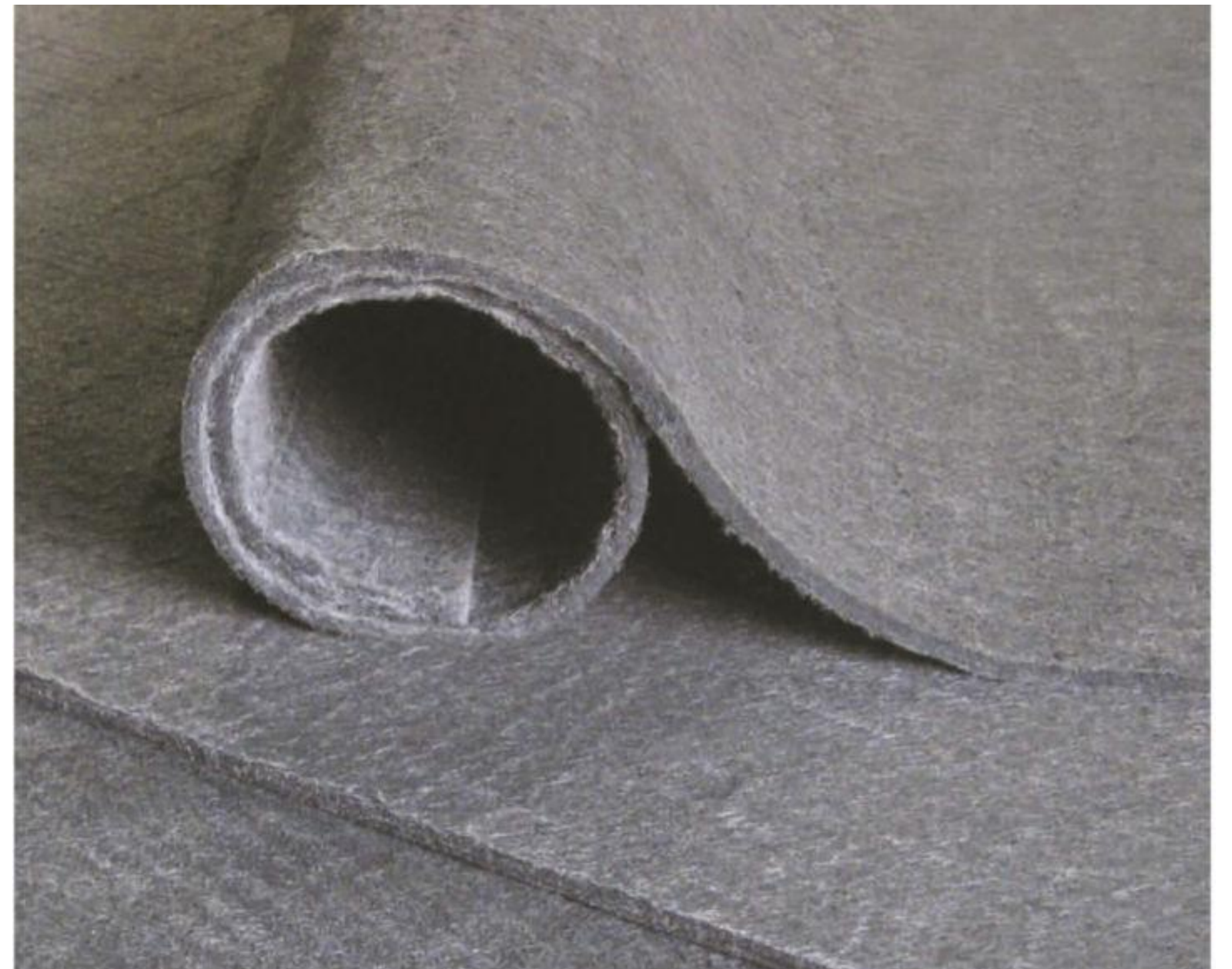
VIP innkapslet i ekspandert polystyren (EPS)



System tykkelse: 90 mm

Aerogel – Spaceloft

- Spaceloft® er en fleksibel nanoporøs aerogelisolasjon på rull. Produktet består av silika aerogel med forsterkede fibre av polyester og glassfiber.
- Produktet har god isolasjonsevne, er trykkfast, vannavstøtende, men samtidig dampåpent.
- Konduktivitet (λ) er 0,015 W/mK.
- Leveres av Glava i Norge



Aerogel – Fixit 222

- Fixit 222 isolerende kalkmørtel med Aerogel.
- Systemet omfatter alle produkter som er nødvendige for å bygge opp en fullverdig isolert vegg, fra underlaget (den bærende råveggen) til ferdig pusset og malt vegg.
- Konduktivitet 0,028 W/(m·K)
- Se www.isokalk.no for mer informasjon.



Bilde fra www.isokalk.no

Resultater fra et EU prosjekt

EFFESUS utvikler bl.a. løsninger for å oppgradere bygningskroppen til historiske bygninger. Noen av teknologiene som studeres er:

- Isolerende kalkmørtel
- Aerogel som hulroms-isolasjon
- Nye vindusløsninger





EFFESUS prosjektet:

- Studier av energieffektiviseringsløsninger for historiske distrikter
- Europeisk FP7 prosjekt med 23 partnere som pågår fra 2012 til 2016
- Avslutningskonferanse Dordrecht 24. juni, 2016
- Se www.EFFESUS.eu for mer informasjon





Isolerende kalkmørtel – utviklingsmål

- Kalkbasert mørtel
- Skal kunne brukes både innvendig og utvendig
- Skal kunne brukes på materialer som finnes i historiske bygg:
 - porøs → permeabel for fukt
 - Skal kunne tåle små bevegelser
- Sammenlignet med eksisterende mørtler
 - Bedre termisk ytelse → konduktivitet (λ) lavere enn 0,08 W/(m·K)
 - Ikke dyrere





Isolerende kalkmørtel – Utvikling av nytt produkt

- Materiale
 - 80 vol. % EPS
 - Ytterligere additiver
- I bruk
 - Kan sprayes på eller føres på for hånd
 - Trenger et overflatelag av kalkmørtel
 - Det er behov for grunnleggende lag av kalkmørtel der opprinnelig materiale ikke kan rengjøres tilstrekkelig
- Annet
 - 7 dagers tørking er nødvendig, grunnet stor tykkelse
 - Ikke ekstra kostnad sammenlignet til vanlig mørtel





Isolerende kalkmørtel – Ytelse

- Termisk ytelse
 - Konduktivitet (λ) 0,06 to 0,08 W/(m·K)
- Tetthet
 - 0,3 kg/litre
- Styrkeegenskaper etter 90 dager med herding
 - Trykkfasthet 0,28 N/mm²



Casestudie Benediktbeuern, Tyskland
Testing av ny isolerende kalkmørtel
som ny overflate på historisk mur-konstruksjon



Aerogel hulromsisolasjon – Utviklingsmål

- Aerogel insolasjon
 - For å fylle hulrom bak eksisterende kledning
- Skal være sammenlignbar med konvensjonell hulromsisolasjon (mineralull, cellulose)
- Bedre termisk ytelse → konduktivitet (λ) mindre enn 0,035 W/(m·K)
- Ikke mye mer kostbar
- Produkt utviklet fra aerogel teppeisolasjon
 - polystyren stoff, impregnert med aerogel
 - laget av nye, resirkulerte eller avfall ved produksjon av aerogel tepper
 - lave kostnader dersom laget av resirkulerte materialer eller avfall





Aerogel hulromsisolasjon – Ytelse

- Termisk ytelse
 - Konduktivitet (λ) ned til 0,025 W/(m·K)
- Fuktegeskaper
 - Permeabel for vanndamp
 - Sterkt hydrofobt materiale
- Annet
 - Løsfyllisolasjon → skal være reversibel
 - Materialet lager støv ved håndtering → Hva med helseegenskaper?



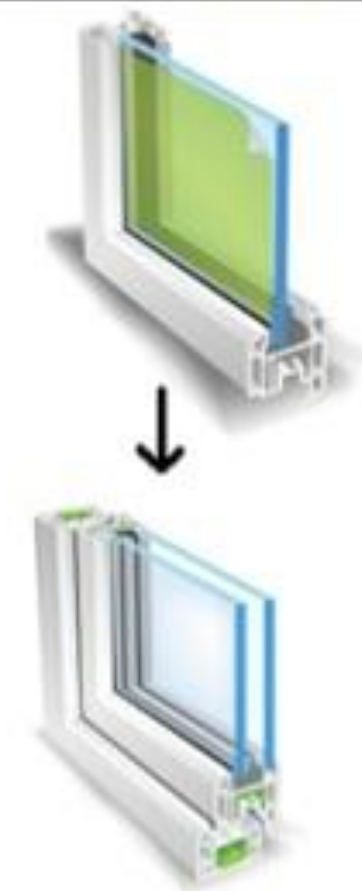
Case studie Glasgow, United Kingdom
Testing av aerogel hulromsisolasjon,
installert bak forskjellige kledningstyper



Teknologier for forbedring av eksisterende vinduer

- Forbedrede vindusteknologier er utviklet/testet som en del av EFFESUS prosjektet.
- Startpunktet var et vindu (varevindu) i en universitetsbygning i Budapest, med to enkle ubehandlede glass.
- Forsøk er gjennomført i laboratorium og beregninger er gjennomført. En av prototypene er installert i Budapest.



EnerLogic Film	Thermal Blinds	Thin glazing units	Air sandwich	Ventilation window
				
thewindowfilmspecialists.com	www.themost10.com	www.glassmagazine.com	www.sekisui.co.jp	

Oppsummering

Det finnes flere nye produkter med god isolasjonsevne som kan benyttes i verneverdige bygg.

- Eksempler er produkter med VIP og Aerogel
- Tradisjonelle materialer er fortsatt et godt alternativ

Fordelen med de nyere materialene er at mindre tykkelse kan oppnås

Viktig å være oppmerksom på:

- Varmekonduktivitet under bruk og over tid
- Fuktegenskaper (dampåpen eller damptett) – bygningsfysiske vurderinger er viktig
- Energibruk til framstilling av materialene/miljøegenskaper
- Innvirkning på fukt- og temperaturforhold til konstruksjonen (eks. tåler de opprinnelige materiale de endrede temperatur og fuktforhold?)



Mer informasjon

- C. Hermann, Historic Scotland. Development of conservation compatible new materials for envelope retrofitting of historic buildings, Bau 2015, Munich, 24 January 2015.
- Misiophecki, C., Stuart, J., Bakonyi, D., Nordsteien, J., Grynning, S., Takeshi, I., Aune, A., Steinsli, E., Grytli, E., Gustavsen, A., EFFEUS - Energy Efficiency for EU Historic Districts Sustainability. (2014). Improvement of moisture and thermal properties of original windows.
- www. effesus.eu



Takk for oppmerksomheten!

Kontakt: Arild.Gustavsen@ntnu.no

