Tilläggsisolering med högpresterande isolering av 60-tals byggnad

Analys av återbetalningstid

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

LINUS ISENDAHL
JIKKE VERVER

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024

EXAMENSARBETE ACEX20

Tilläggsisolering med högpresterande isolering av 60-tals byggnad – analys av återbetalningstid

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Linus Isendahl

Jikke Verver

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för byggnadsteknologi

Byggnadsfysikalisk modellering

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2024

Tilläggsisolering med högpresterande isolering av 60-tals byggnad – analys av återbetalningstid

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik

Linus Isendahl

Jikke Verver

© LINUS ISENDAHL, JIKKE VERVER, 2024

Examensarbete ACEX20
Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Chalmers tekniska högskola 2024

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Byggnadsfysikalisk modellering
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg
Telefon: 031-772 10 00

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Göteborg 2024

Tilläggsisolering med högpresterande isolering av 60-tals byggnad – analys av återbetalningstid

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet Samhällsbyggnadsteknik

Linus Isendahl

Jikke Verver

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för byggnadsteknologi
Byggnadsfysikalisk modellering
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

Studien syftar till att undersöka hur högpresterande isolering går att använda i äldre byggnader som är i behov av renovering. Materialen som undersöks är aerogelfilt, AlphaCore pad samt polyisocyanurat som samtliga jämförs med mineralull. Valet av material grundades på deras isoleringsförmåga vilket för alla var lägre än stillastående luft. Jämförelsen sker genom ett en modell av Botanhuset skapas i energiberäkningsprogrammet IDA ICE, för att fastställa skillnaderna i energianvändning.

Undersökningen visar att ur ett energieffektiviseringssyfte bör andra lösningar som ventilation tas hänsyn till först då de högpresterande isoleringsmaterialen är dyra i jämförelse med mineralull. Däremot finns det andra fördelar med högpresterande mineralull, exempelvis sänker det U-värdet vilket leder till varmare väggar vilket i sin tur ger en ökad termisk komfort. Ett lägre U-värde skulle kunna leda till att byggnaden kan nå en högre energiklassning och därmed öka värdet på fastigheten.

Nyckelord: Aerogel, Aerogelfilt, AlphaCore, Energieffektivisering, Isolering, Mineralull, PIR och Spaceloft.

Additional insulation with high-performance insulation of a 1960s building - analysis of payback period

Degree Project in the Engineering Programme
Civil and Environmental Engineering

Linus Isendahl

Jikke Verver

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Building Technology
Building Physics Modelling
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

The study aims to investigate how high-performance insulation can be used in older buildings in need of renovation. The materials examined are aerogel blanket, AlphaCore pad and polyisocyanurate, all of which are compared with mineral wool. The choice of materials was based on their insulating properties, which for all were lower than stagnant air. The comparison is made by creating a model of the Botanic house in the energy calculation program IDA ICE to determine the difference in energy usage.

The investigation shows that from an energy efficiency perspective, other solutions such as ventilation should be considered first since the high-performance insulation materials are expensive in comparison to mineral wool, However, there are other advantages, such as decreasing U-values, which leads to warmer walls and thus increased thermal comfort. A lower U-value could enable the building to achieve a higher energy rating and thereby increase the property's value.

Key words: Aerogel, AlphaCore, Energy efficiency, insulation, mineral wool, PIR, Spaceloft,

Innehåll

SAMMANFATTNING I
ABSTRACT II
INNEHÅLL III
FÖRORD V
1 INLEDNING 1
1.1 Syfte 2
1.2 Frågeställningar 2
1.3 Avgränsningar 2
1.4 Metod 2
2 EGENSKAPER 4
2.1 Byggnadsfysikaliska begrepp 4
2.2 Egenskaper 5
2.3 Aerogelfilt 6
Tillverkning 7
Egenskaper 7
Produkter på marknaden 7
LCA 7
2.4 PIR 8
Tillverkning 8
Egenskaper 8
Produkter på marknaden 9
LCA 9
2.5 Mineralull 9
Tillverkning 10
Egenskaper 10
Produkter på marknaden 10
LCA 10
2.6 Alphacore pad 11
Tillverkning 11
Egenskaper 11

Produkter på marknaden 11
LCA 12
3 UTFÖRANDE 13
4 RESULTAT 16
5 DISKUSSION 18
6 SLUTSATS 19
7 REFERENSER 20
8 APPENDIX 22
8.1 Inställningar från IDA ICE 22

Förord

Följande rapport är vårt avslutande arbete på vår utbildning inom samhällsbyggnadsteknik vid Chalmers tekniska högskola inom högskoleingenjörs programmet. Examensarbetet skrevs på byggnadsteknologiavdelningen inom gruppen för byggnadsfysikalisk modellering.

Vi vill rikta ett stort tack till våra handledare på Gicon Kristina Nilsson, Göran Andersson och Tobias Antonsson som hjälpt och väglett oss med vårt arbete.

Göteborg maj 2024

Linus Isendahl

Jikke Verver

1 Inledning

Det befintliga byggnadsbeståndet av äldre konstruktioner står i dagsläget inför ett stort renoveringskrav. Till 2030 har EU satt ett gemensamt klimatmål att uppnå en utsläppsminskning om 55 procent (Regeringskansliet, 2024). Vissa länder har infört ett så kallat MEPS, Minimum Energy Performance Standards, vilket sätter krav på vad för typ av energiklass en byggnad får ha för att få tillstånd att hyras ut (Hörnkvist , 2021). Sverige har föreslagit att till 2030 ska byggnader minst uppnå energiklass E varav kravet sedan kommer höjas succesivt och nya energiklasser skall uppnås senast 2040 samt 2050 (Frick & Banke, 2023).

Det ställs krav på lokalers U-värde, kraven säger att lokaler större än 50 $[m^2]$ ska uppnå ett medel U-värde på 0,5 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$. Om detta inte kan uppnås under renovering ska målet vara att uppnå ett medel U-värde på väggen på 0,18 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ (Sjelvgren, 2020). Fastighetsägarna står därmed inför svårigheter då majoriteten av byggnationer från 50- till 70-talet har ett U-värde på väggen över 0,5 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ (Johansson. m.fl, 2020). Dessutom är det svårt att i stadsmiljöer få bygga ut väggen då det finns begränsad plats att jobba med. Detta betyder att det finns två alternativ, isolera inåt, vilket kan leda till fuktproblem, alternativt byta ut all eller delar av existerande isolering mot högpresterande isolering (Isover, u.d.).

Eftersom U-värdet på äldre byggnader är högt jämfört med nybyggnationer samt att möjligheten att tilläggsisolera utåt generellt sett inte är möjligt i städer finns det en möjlighet att högpresterande isolering kan vara en lösning för att förbättra U-värdet (Johansson. m.fl, 2020). Ifall MEPS skulle införas i Sverige och fastighetsägaren inte får utvidga klimatskalets tjocklek skulle det kunna vara aktuellt med högpresterande isolering även om detta inte skulle vara ekonomiskt lönsamt.

Med detta i åtanke finns det ett intresse för fastighetsägaren att se vilka förbättringar som kan åstadkommas med högpresterande isolering för att klara kommande energikrav. I denna studie är högpresterande isoleringsmaterial definierat som isolering med en värmekonduktivitet lägre än luft, där luft har en värmekonduktivitet på luft 0,026 $\left[\frac{W}{m*K}\right]$ (Paroc, 2024). Material som har jämförts i denna rapport ligger därmed under värmekonduktivitet 0,026 $\left[\frac{W}{m*K}\right]$.

I de fall där utbyggnad av väggen inte är möjligt försöker studien att leverera en bättre förståelse om hur högpresterande isolering kan spela en roll i energieffektiviseringen av äldre byggnationer som är dåligt isolerade jämfört med dagens standard. Studien tittar även på inverkan av högpresterande isolering som köldbryggsbrytare för att se påverkan det har på energiprestandan samt om det finns en ekonomisklönsamhet att investera i högpresterande isolering.

1.1 Syfte

Syftet med studien var att jämföra olika typer av högpresterande isoleringar som inte används i någon stor utsträckning inom svenska byggbranschen för att bedöma om det finns en marknad för dem vid renoveringssyfte för att åstadkomma ett lägre U-värde. Studien har undersökt en 60-tals byggnad som är dåligt isolerad och i behov av renovering.

1.2 Frågeställningar

1. Hur mycket kommer det kosta att byta ut all isolering i klimatskalet för Botanhuset för respektive isoleringslösning?
2. Hur påverkas energiprestandan av Botanhuset med de olika isoleringslösningarna?
3. Hur stor blir klimatpåverkan vid framställningen av respektive isoleringsmaterial?
4. Hur lång tid tar det för investeringen i respektive isoleringslösning att bli lönsam?

1.3 Avgränsningar

I denna studie har endast lösningar med Polyisocyanurat även kallat PIR vilket vanligtvis tillverkas som ett styvt skum och används som isolering (Isopartner, u.d.), Spaceloft (Aerogelfilt), AlphaCore studerats. I studien jämförs dessa högpresterande isoleringar med mineralullslösningar. Valet av de olika materialen beror på främst deras isolerande förmåga men även andra egenskaper som brandsäkerhet, hanterbarhet och pris, samt deras implementationsgrad i byggbranschen.

För att skapa relevans för dessa högpresterande isoleringsmaterial har även en begränsning satts att väggen som undersöks ej får isoleras så att tjockleken på klimatskalet ökar. Detta har tagits med då byggnad i fokus är lokaliserad i en storstad där klimatskalets tjocklek oftast inte får utökas på grund av rådande detaljplan.

Studien kommer endast att undersöka väggarnas förbättringsmöjligheter, där köldbryggor vid fönster tas hänsyn till i energikalkylen varav förbättringar kommer att föreslås med olika isoleringslösningar. Alltså kommer det undersökas hur energiprestandan hade förändrats om andra delar på klimatskalets isolering hade ersatts med högpresterande alternativ så som tak eller grundisolering.

1.4 Metod

För att ta reda på vad som det tidigare har forskat på utfördes litteraturstudier. Informationen om de olika isoleringsmaterialen kommer främst från tekniska rapporter och datablad från producenter. De olika jämförelser för energianvändningen har skett genom ett antal fallstudier där olika prismodeller på fjärrvärme beaktas. Dessutom har det gjorts olika fallstudier där storleken på sköldbryggorna varierar.

För att kunna jämföra materialen på ett rättvist sätt har både pris och koldioxidekvivalenten för materialen räknats om så att de är representerar samma U-värde. De har räknats om till ett U-värdet 0,18 $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$ eftersom detta är kravet på vägg U-värdet från Boverket om inte medel U-värdet 0,5$\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$ för hela huset kan uppnås.

2 Egenskaper

Valet av isoleringsmaterial har skett för att undersöka relativt nya lösningar som ej är standard i svenska byggbranschen för att se om det finns användning av dem inför kommande energikrav. Detta görs för att förbättra väggars U-värden alternativt bryta köldbryggor på ett så kostnadseffektivt sätt som möjligt utan att ha möjlighet att bygga ut klimatskalet.

2.1 Byggnadsfysikaliska begrepp

I detta kapitel beskrivs och förtydligas byggnadsfysikaliska begrepp som används i rapporten. För att förstå byggnadens energiprestanda är det viktigt att först studera klimatskalet, vilket avser de delar av byggnaden som skiljer insidan från utsidan, såsom fönster, väggar och tak (Unionen, 2024). Klimatskalets isoleringsförmåga är avgörande för att minimera energiförluster och säkerställa ett gott inomhusklimat.

En viktig aspekt av energiprestanda är hur värme distribueras och bevaras inom byggnaden. Fjärrvärme, som innebär distribution av värmeenergi i form av ånga eller hetvatten från en centraliserad eller decentraliserad produktionskälla, spelar en central roll i detta sammanhang. Samtidigt påverkas värmebalansen inomhus av internlaster, det vill säga värmekällor vars primära uppgift inte är att alstra värmeenergi som exempelvis lampor, människor och skrivare.

För att bedöma byggnadens energiprestanda måste energimängden som krävs för att tillgodose dess energibehov vid normal användning tas hänsyn till. Detta inkluderar uppvärmning, ventilation, varmvatten samt internvärmekällor. Byggnadens termiska komfort, som påverkas av drag och temperatur, är också central och bestäms av faktorer som strålning, isoleringsförmåga hos byggdelar samt lufthastighet, som kan variera på grund av kallras eller drag (Boverket, u.d.).

Värmeledningsförmågan, λ, beskriver isoleringens förmåga att släppa igenom värme och mäts i $\left[\frac{W}{m*K}\right]$ (Petersson, 2004). För att beskriva isoleringsförmågan hos en byggnadsdel använder man sig av värmeöverföringskoefficienten, eller U-värdet, där ett lägre U-värde innebär en bättre isoleringsförmåga. (Recticel Insulation, u.d). samtidigt beskriver resistansen, vilken även kan benämnas R-värdet, materialets värmeledningsförmåga där ett högre R-värde innebär bättre isolering och mäts i $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ (Recticel Insulation, u.d.).

Vidare spelar CO2-ekvivalenter en viktig roll i hållbarhetsdiskussionen, då de används för att jämföra utsläpp av växthusgaser baserat på deras globala uppvärmningspotential (European Environment Agency, u.d.). För att minska energiförlusterna genom klimatskalet är det också viktigt att hantera köldbryggor, vilket är delar av klimatskalet där mer värme läcker ut jämfört med omgivande byggnadsdelar (Boverket, 2012).

Att tilläggsisolera är en åtgärd som kan förbättra byggnadens energiprestanda och termiska komfort. Detta kan utföras invändigt eller utvändigt. Invändig isolering kan dock leda till fuktproblem, då kondens kan bildas om köldbryggor kvarstår vilket kan försämra den

termiska komforten under vintern (Johansson m.fl, 2020). Utvändig isolering innebär däremot att fasaden plockas ner för att applicera ny isolering, vilket minskar förekomsten av köldbryggor och förbättrar den termiska komforten utan att orsaka fuktproblem.

2.2 Egenskaper

Majoriteten av informationen om de olika isoleringsmaterialen har tagits från producenternas datablad. Dessa har antingen funnits tillgängliga på deras hemsida, mottagits via kontakt med producenten. När det kommer till mindre etablerade isoleringslösningar så som aerogelfilt har det varit svårt att få kontakt med företag i just fallet för aerogelfilten har det därför tagits ett medelvärde på data av olika leverantörer. Nedan i Tabell 1 sammanfattas de olika materialen följt av en mer detaljerad beskrivning.

Tabell 1: Materialegenskaper

Isolerings-produkt	Aerogelfilt*	AlphaCore**	PIR***	Mineralull****
$\lambda\ [\frac{W}{m*K}]$	0,012–0,018	0,02	0,022	0,036
Livslängd λ-värde	60+ år	60+ år	50+ år	60+ år
Panel-tjocklek [mm]	3 - 10	20 - 50	30 - 100	45 - 95
Panel-storlek [mm]	1500 (levereras på rulle så ingen förbestämt längd)	600x1000	1200x2400	565x1170
Brand-egenskaper	Icke-brännbar Euro Klass A1	Icke-brännbar Euro Klass A2-s1, d0	Brännbar Euro Klass E	Icke-brännbar Euro Klass A1
Fukt-egenskaper	Hydrofobt***** material	Hydrofobt material	Gasdiffusionstät******	Diffusionsöppen icke-hygroskopiskt till 98% RF*******

Pris	$154\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 3[mm] $203\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 5[mm] $275\left[\frac{kr}{m^2}\right]$,10[mm]	$1186\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 20[mm] $1383\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 25[mm] $1779\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 30[mm] $2043\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 40[mm] $2438\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 50[mm]	$579\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 30[mm] $795\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 50[mm] $1395\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 100[mm]	$58\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 45[mm] $87\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 70[mm] $108\left[\frac{kr}{m^2}\right]$, 95[mm]
Pris på isolering för att uppnå vägg U-värde 0,18 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$	$1853\left[\frac{kr}{m^2}\right]$ (0,064 [m] isolering)	$4481\left[\frac{kr}{m^2}\right]$ (0,086 [m] isolering)	Ca. $2623\left[\frac{kr}{m^2}\right]$ (0,094 [m] isolering)	$195\left[\frac{kr}{m^2}\right]$ (0,159 [m] isolering)
Egenskaper	Lätt filt Ljud absorberande	Lätta skivor	Lätta skivor	Lätta skivor Ljud absorberande

* (Insulation, u.d.). ** (Kingspan, u.d.). *** (Recticel Insulation, u.d.). **** (Paroc, 2024). *****(absorberar inte vatten). ******(släpper inte igenom någon gas eller ånga). ******* (släpper igenom gas och ånga men absorberar ej).

2.3 Aerogelfilt

Figur 1: Aerogelfilt. Från: Buy insulation online CC-BY

Aerogelfilten är ett högpresterande isoleringsmaterial bestående av fiberförstärkt aerogel. Aerogelfiltar tillverkas i olika format från 3 till 10 [mm] tjocka och har en värmeledningsförmåga på 0,012 – 0,018 $\left[\frac{W}{m*K}\right]$ och har en Euro brandklass A1 vilket innebär att de inte är brännbara (Insulation, u.d.). Filten är hydrofobisk, vilket betyder att det inte absorberar vatten, samtidigt som den inte är diffusionstät vilket gör den lämpad att användas både på insidan och utsidan av ytterväggen. Materialet har även goda ljudisolerande effekter.

Den förväntade livslängden för en aerogelfilt är 60+ år om den används på rätt sätt (Hill, 2015).

Tillverkning

Aerogel tillverkas genom en process som kalla sol-gel-metoden, där en gel torkas under högt tryck och höga temperaturer. Denna process gör att vätskan som är fångad inom gelens struktur avdunstar på så sätt att gelens struktur stabilitet inte försämras. Resultatet blir ett poröst material som främst består av små luftfyllda porer (Johansson m.fl., 2021) På grund av materialets sköra struktur behöver det förstärkas med något annat material vilket i Aerogel-filtens fall är fibrer som gör att det efterliknar en filt

Egenskaper

Materialet har en låg värmeledningsförmåga mellan 0,012 – 0,018 $\left[\frac{W}{m*K}\right]$ samtidigt som materialet är flexibelt på grund av dess filt liknande egenskaper. Aerogelfilten är även obrännbart och har en Euroklass A1 och tål temperaturer från -200 [ºC] till +1000 [ºC]. Materialet är även hydrofobiskt samt ljudisolerande. Utöver detta kan filten skäras om för att få exakta dimensioner utan att påverka dess egenskaper, vilket gör produkten är lätt att handskas med. Dimensionen som filten kommer i är en bredd på 1500 [mm] och en tjocklek mellan 3 och 10 [mm] (Hill, 2015).

Produkter på marknaden

I denna studie har Aerogel produkten från Keep Insulation valts som endast produceras och distribueras av Keep Insulation därav måste produkten skickas från Kina då företaget är beläget där (Insulation, u.d.). Det har försökts att få data från andra leverantörer som erbjuder Aerogelfiltar men på grund av uteblivna svar har denna data uteblivit i studien.

Aerogelfilt med tjockleken 3, 5 respektive 10 [mm] kostar ca:
3[mm], 154 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
5[mm], 203 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
10[mm], 275 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
(Insulation, u.d.)

LCA

För att kunna göra en rättvis jämförelse av koldioxidutsläppen har data från källan räknats om så att de redovisar hur stora utsläppen blir för att uppnå ett U-värde på 0,18 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ vilket är kravet från boverket om inte ett medel U-värde på 0,5 $\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ kan uppnås för huset.

För att uppnå ett U-värde på 0,18 $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$ med aerogelfilt behöver den vara 0,064 [m] tjock. Då ingen klimatdeklaration finns tillgänglig från producenten har data tagits en forskningsstudie som kom fram till ett utsläpp på 1266 $\left[\frac{kgCO_{2eq}}{m^3}\right]$ (Wallbaum, 2020)

$[1266 * 0{,}064] = 80{,}64 \left[\frac{kgCO_{2eq}}{m^2}\right]$ för en tjocklek på 0,064 [m].

2.4 PIR

Figur 2. PIR skiva (Rectiel insulation, u.d.). Återgiven med tillstånd

Tillverkning

PIR är en isoleringspanel som består av polyisocyanurat (PIR) skum. Skivan är belagd med en gasdiffusionstät flerskiktsfolie vilket går att skära i för att dimensionera om panelen till önskad storlek (Recticel Insulation, u.d.).

Egenskaper

Produkten har en värmeledningsförmåga på 0,022 $\left[\frac{W}{m * K}\right]$ och är utformad som en skiva. Livslängden för produkten är 50+ år och kräver ingen underhållning under dess livstid (Maxime, 2023).

Produkten är av Euroklass E när det kommer till brandklassning vilket betyder att materialet är brännbart men svårantändligt, det är värt att nämna att skivan kan ha en Euroklass A2-s1, d0 om skyddande beklädnad appliceras vilket innebär att den blir obrännbar men får inte utsättas för brandgaser eller brinnande partiklar (Boverket, 2023). Den har även fått ett godkännande genom SP fire 105 test med tegelfasad för Br1 byggnader, detta betyder att byggnaden har genomgått tester och fått ett godkännande att klara av en viss brandbelastning samt brandförlopp.

Produkter på marknaden

Ett exempel på en PIR produkt är Eurothane Ewall som produceras av Recticel insulation och distribueras av bland annat Bauhaus.

Tillgängliga tjocklekar finns från 20–200 [mm] men i denna studie har endast tjocklekar mellan 20–60 [mm] beaktats. Panel storlekarna är 1200 x 2400 [mm] för 20 [mm] tjocklek, 1190 x 2390 [mm] för 30–60 [mm] och 1180 x 2380 [mm] för resterande tjocklekar.

PIR skivorna med tjockleken 20, 30 respektive 50 [mm] kostar ca:
20[mm], 579 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
30[mm], 795 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
50[mm], 1395 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
(Recticel Insulation, u.d.).

LCA

Utifrån EPD deklarationen för produkten kan man avläsa att produkten har ett utsläpp av 27,41 [$kgCO_{2eq}$] för ett material med en tjocklek på 150 [mm] och en resistans med värde av 6,8 $\left[\frac{m^2*K}{W}\right]$ (Maxime, 2023). Då materialet kan användas som energi till nytillverkning av produkten får den även en negativ klimatpåverkan på -6,89 [$kgCO_{2eq}$] vilket minskar det totala utsläppen för produkten till 20,52 [$kgCO_{2eq}$].
Räknas denna data om för att motsvara en resistans på 5,56$\left[\frac{m^2*K}{W}\right]$ alltså ett U-värde på 0,18$\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ Så blir utsläppet 12,86 $\left[\frac{kgCO_{2eq}}{m^2}\right]$ för en tjocklek på 0,094 [m].

2.5 Mineralull

Figur 3. Mineralull. Från: Wikimedia commons CC-BY

Tillverkning

Mineralull består av sten, kalksten och även återvunnet material från andra stenullsproduktioner som smälts i cirka 1500 [ºC]. Stenmassan som bildas spinns till fibrerna som utgör själva isoleringsmaterialet (Rockwool, u.d.).

Egenskaper

Stenullen har likt Aerogel en Euroklass A1 klassning och är då obrännbar samt har goda ljudisolerande egenskaper. Även denna produkt är lätthanterlig på grund av dess vikt och dess möjlighet att skära om och ändra dimensionerna. Livslängden ska vara åtminstone 60 år och Produkten kan leverans i flera olika mått i så som 565 x 1170 [mm], 410 x 1170 [mm], 610 x 1220 [mm] och 455 x 1220 [mm] (Paroc, 2024).

Produkter på marknaden

På marknaden finns flera olika producenter av stenull, i denna studie har Parocs eXtra stenullsskiva valts.

Tillgängliga tjocklekar är från 45–220 [mm], i denna studie har endast tjocklekar mellan 45–95 [mm] undersökts. Skivan har dimensionerna 565 x 1170 [mm] för alla tjocklekar.

Stenulls skivorna med tjocklek 45, 70 respektive 95 [mm] kostar ca:
45[mm], 58 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
70[mm], 87 $\left[\frac{kr}{m^2}\right]$
95[mm], 108$\left[\frac{kr}{m^2}\right]$

LCA

Utifrån EPD deklarationen för produkten kan man avläsa att produkten har ett utsläpp på 1,487 [$kgCO_{2eq}$] för ett material med en tjocklek på 36 [mm] och en resistans med värde av 1 $\left[\frac{m^2*K}{W}\right]$. Då materialet kan användas som energi till nytillverkning av produkten får den även en negativ klimatpåverkan på -0,052 [$kgCO_{2eq}$] vilket minskar det totala utsläppen för produkten till 1,435 [$kgCO_{2eq}$] (Samuelsson & Corning, 2023).

Räknas denna data om för att motsvara en resistans på 5,56$\left[\frac{m^2*K}{W}\right]$ alltså ett U-värde på 0,18$\left[\frac{W}{m^2*K}\right]$ Så blir utsläppet 6,32 $\left[\frac{kgCO_{2eq}}{m^2}\right]$ för en tjocklek på 0,159 [m].

2.6 Alphacore pad

Figur 4. Alphacore pad isolering material (Kingspan, u.d.). Återgiven med tillstånd

Tillverkning

Alphacore pad är en hydrofobisk mikroporös kiseldioxidisoleringsskiva som är insydd till ett glasfibertyg. Skivan är även lätt och kan dimensioneras om med hjälp av kniv för att anpassa storlek efter behov (Kingspan, u.d.).

Egenskaper

AlphaCore pad är snarlik PIR produkten med en värmekonduktivitet på 0,02 $\left[\frac{W}{m*K}\right]$. Däremot har AlphaCore betydligt bättre brandegenskaper med en Euroklass A2-s1, d0 vilket betyder att produkten är obrännbar (Kingspan, u.d.).

Produkter på marknaden

Kingspan är de enda som producerar AlphaCore samt även de enda som distribuerar den, vilket betyder att produkten behöver fraktas från Storbritannien.

Produkten finns i fem olika tjocklekar, 20, 25, 30, 40 och 50 [mm] och finns endast i dimensionen 600 x 1000 [mm].

De olika tjocklekarna kostar ca:

20[mm], 1186$\left[\frac{kr}{m^2}\right]$

25[mm], 1384$\left[\frac{kr}{m^2}\right]$

30[mm], 1779$\left[\frac{kr}{m^2}\right]$

40[mm], 2043$\left[\frac{\mathrm{kr}}{\mathrm{m}^2}\right]$
50[mm], 2438$\left[\frac{\mathrm{kr}}{\mathrm{m}^2}\right]$
(Kingspan, u.d.)

LCA

För AlphaCore pad har ingen EPD utfärdats vid skrivande tillfälle och kommer därför inte tas med i miljöpåverkande syfte.

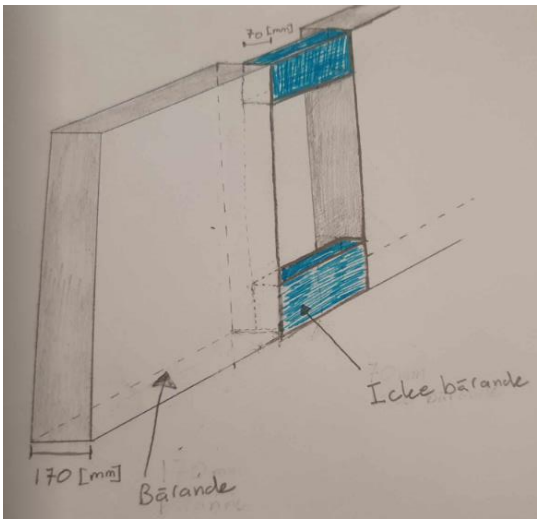
3 Utförande

I detta kapitel presenteras metodiken som används för att bedriva studien.

Referensbyggnaden till studien som illustreras i Figur 5 är Botanhuset, huset är beläget i botaniska trädgården i Göteborg. En energimodell som motsvarar en förenklad modell av byggnaden skapades. Energimodellen skapades i IDA ICE som är ett simuleringsprogram för byggnadens prestanda i termer av inomhusklimat och energi. IDA ICE används för att bedöma energiprestandan av byggnader, programmet har använts för att simulera energibehovet för huset under ett års tid. Det har genomförts simulationer för energiförbrukningen för alla studerade isoleringsmaterial och även kombinationer av dessa.

Figur 5. Skärmklipp från IDA ICE som visar Botanhuset.

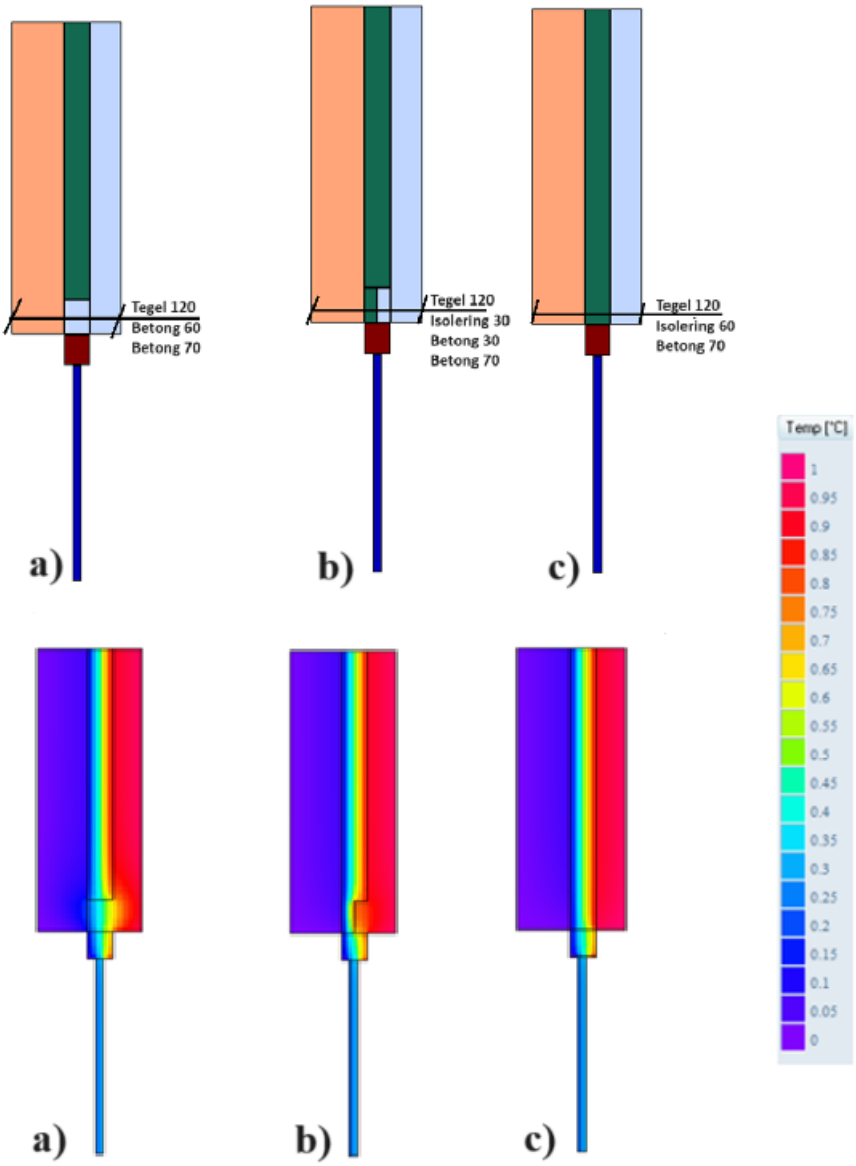
Botanhusets väggar är inte homogena utan väggen består av 70 [mm] tjock icke bärande vägg, över och under fönstren och 170 [mm] tjock bärande vägg där det inte sitter fönster vilket illustreras i Figur 6. Eftersom det var begränsad med tid för projektet bestämdes det att det skulle simuleras en förenklad version av ytterväggen genom att simulera denna med en beräknad medeltjocklek på betongen i väggen som blev 133 [mm].



Figur 6: Illustration av väggens äkta uppbyggnad där betongen under och över fönster inte är bärande.

För beräkningar av köldbryggornas inverkan på totala energibehovet användes HEAT, vilket är ett program som beräknar temperaturberoende materialegenskaper. HEAT användes för att

beräkna U-värdet på fönsterinfästningarna och sedan matades U-värdet för infästningarna in i IDA ICE, se Figur 7. I figuren visas de olika fall för köldbryggorna. Fall a visar befintligt fall utan köldbryggsbrytare. Fall b visar förbättrat köldbrygga där en del av köldbryggan (betongen) ersatts med mineralull. Fall c visar ideal fall där hela köldbryggan ersatts med mineralull. Det bestämdes att för det värsta fallet skulle det totala påslaget för köldbryggor hamna på cirka 30 %. När sedan de förbättrade infästningarna testades blev det totala köldbryggepåslaget 26%, respektive 21% för fallet helt utan köldbryggor runt fönstren.



Figur 7. Modeller som visar uppbyggnaden av de olika fallen som har testats vid beräkningen av köldbryggans påverkan på energibehovet.

För att inte överskatta värmebehovet togs det hänsyn till internlaster. Internlasterna schemalades från kl. 07.00 – 17.00 under vardagar för att simulera värmetillskottet i Botanhuset. För att få en indikation om värmealstringen för respektive källa i byggnaden samt en estimering av antalet personer i respektive rum användes Boverkets föreskrift, BEN. Där personvärme avger 108 $\left[\frac{\mathrm{W}}{\mathrm{person}}\right]$, persontätheten blir 20 $\left[\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{person}}\right]$ och intervärmelaster som

består av ljus samt utrustning, såsom datorer, skrivare med mera, avger $5\left[\frac{W}{m^2}\right]$. Innetemperatur sattes till 21 [°C] vid vintertid för alla utrymmen samt 25 [°C] för alla utrymmen vid sommartid (Susann, 2017). Ventilations flöden sattes enligt folkhälsomyndigheten krav på lokaler till $7\left[\frac{l}{s}\right]$ person +0,35$\left[\frac{l}{m^2}\right]$för varje utrymme (Folkhälsomyndigheten, 2023). I övrigt användes för inställda inställningar från IDA ICE för resterande delar av klimat skalet se Appendix 8.1 för detaljer.

Fjärrvärmepriset beräknades utefter energibehovet från IDA ICE för de olika isoleringsfallen genom Göteborg energis fjärrvärmekalkylator. Då framtida priser för fjärrvärme inte har någon exakt modell att utgå från användes tre alternativa prisökningar. Det första fallet använda sig av ett medelvärde på prisökning för fjärrvärme från 2005–2022 vilket hamnade på 2.14%, till fall två sattes en mindre ökning på priset till 1% per år samt ett sämsta fall, fall tre, där priset hade en ökning på 9% per år som baseras på prisökningen 2024. Beräkningarna utgick ifrån att 1 [kWh] kostar 0,82 [kr] 2024.

För att få en indikation om återbetalningstiden de olika alternativen krävde för att bli ekonomiskt gynnsamma jämfört med att endast byta isoleringen mot ny mineralull användes nuvärdesmetoden, vilket är en finansiell analysmetod som används för att bedöma lönsamheten av en investering. Alla lösningar utgick från att nuvarande isolering skall bytas, därav utgår kostnaden från priset att köpa ny mineralull som bas.

4 Resultat

I Tabell 2, nedan redovisas de olika resultaten för isoleringsmaterialen påverkan på pris, energi och U-värde. De olika fallen tar hänsyn till olika elpriser beroende på hur fjärrvärmepriset ändras. Vid beräkning av återbetalningstiden utgås det från att nuvarande isolering ändå skulle byttas ut mot ny mineralull, detta betyder att alla fallen får ett avdrag med 131 [KSEK]. Diskonteringsräntan sattes till 3,5%, detta antogs då investeringarna anses riskfria (Brännlund, 2017).

Tabell 2: Resultat från alla olika fall

Isoleringsmaterial	Aerogel 6cm	AlphaCore 6cm	PIR 6cm	Stenull 6cm	Aerogel 2cm, Stenull 4cm	Aerogel 4cm, Stenull 2cm
Energi Utan köldbrygga [MWh] Fall (c)	531	541	544	555	545	536
Energi Förbättrad köldbrygga [MWh] Fall (b)	546	557	560	581	561	555
Energi Utan förbättring av köldbrygga [MWh] Fall (a)	559	569	571	590	574	561
U-värde för väggen $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$	0,19	0,23	0,25	0,35	0.27	0.26
Investeringskostnad utan köldbrygga [MSEK] Fall (c)	2,69	5,79	1,89	0,14	1,1	1,9
Investeringskostnad förbättrad köldbrygga [MSEK] Fall (b)	2,59	5,59	1,82	0,14	1	1,8
Investeringskostnad utan förbättring av köldbrygga [MSEK] Fall (a)	2,50	5,38	1,75	0,13	0,9	1,8
Fall 1 (2,14% ökning av fjärrvärmepris)						
Återbetalningstid förbättrad köldbrygga [år] Fall (b)	204	Ej lönsamt	194	1	54	128

Återbetalningstid utan förbättring av köldbrygga [år] Fall (a)	Ej lönsamt	Ej lönsamt	Ej lönsamt	Går inte att jämföra	120	199
Fall 2 (1% ökning av fjärrvärmepris)						
Återbetalningstid förbättrad köldbrygga [år] Fall (b)	Ej lönsamt	Ej lönsamt	Ej lönsamt	1	110	Ej lönsamt
Återbetalningstid utan förbättring av köldbrygga [år] Fall (a)	Ej lönsamt	Ej lönsamt	Ej lönsamt	Går inte att jämföra	Ej lönsamt	Ej lönsamt
Fall 3 (9% ökning av fjärrvärmepris)						
Återbetalningstid förbättrad köldbrygga [år] Fall (b)	31	49	31	1	1	29
Återbetalningstid utan förbättring av köldbrygga [år] Fall (a)	Ej lönsamt	Ej lönsamt	37	Går inte att jämföra	28	31

Ur resultaten visas att fjärrvärmepriset har en stor inverkan på lönsamheten för isoleringslösningarna. Värt att notera är att oavsett lönsamhet kan högpresterande isolering bidra till termisk komfort då dåligt isolerade väggar kan bidra till lokal nedkylning vid väggen. Det syns även att uppvärmningsbehovet har minskat med allt från 3,2% till 7,5% när användning av högpresterande isolering används jämfört med endast mineralull samt att U-värdet för väggen har minskats kraftigt. Andra noteringar är att köldbryggsbrytare medför en minimal minskning i energiförbrukning samtidigt som den ekonomiska kostnaden ökas minimalt.

5 Diskussion

Det finns fler anledningar än ekonomiska att använda dessa material. Som tidigare nämnts i utvärderingen kan högpresterande isolering bidra till termisk komfort speciellt för individer som vistas intill väggen under längre perioder. En dåligt isolerad vägg leder till kalla ytor inomhus vilket innebär att individen intill väggen blir nedkyld och kan behöva klä sig i varmare kläder för att kompensera för kylan trots att medel inomhustemperaturen i huset är behaglig. Eventuellt kan inte utrymmet intill väggen utnyttjas fullt ut alternativt behövs en radiator för att värma upp väggen. Detta genererar då ett ökat behov av uppvärmning vilket i sin tur ökar kostnader för uppvärmningen.

Ingen utav de undersökta isoleringslösningarna kommer uppnå det minsta kravet på vägg U-värdet 0,18 $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$ när isoleringstjockleken inte får överstiga 60 [mm] vilket i denna studie är fallet. Däremot har U-värdet förbättras avsevärt när mineralullen byts ut mot högpresterande isolering, detta kan öppna möjligheter att uppnå vissa energikrav vilket visar sig bli en viktigare faktor med åren för hyresgäster samt köpare på marknaden. Med en högre energiklass kan därmed fastighetsägaren få uppmärksamheten av fler intressenter vilket kan generera ett högre pris för fastigheten.

Jämförelserna mellan de olika materialen testades i en modell som motsvarar en kommersiell byggnad som byggdes på 60-talet eftersom det främst är dessa hus som står inför renoverings utmaningar inom de närmsta åren. Detta är fallet då byggnationer från denna tid har låg standard på sitt klimatskal och därav har stora förbättringsmöjligheter i denna aspekt. Utifrån resultaten syns det att även om U-värdet för väggen minskas är det fortfarande mycket energi som krävs för uppvärmning, detta kan då tolkas som att andra aspekter av byggnaden bör fokuseras på i energieffektiviseringssyfte som ventilation och möjligtvis fönster då även om köldbryggsbrytare installeras minskas energianvändning som högst med 7,5%. Detta är ingen dålig åtgärd och kan övervägas på grund av tidigare nämnt argument om termisk komfort, men förmodligen hade ett effektivt FTX-system genererat större skillnad i energiprestandan.

De tre högpresterande isoleringarna är förhållandevis dyra jämfört med mineralull i kubikmeterpris, speciellt AlphaCore och aerogelfilt. Detta togs hänsyn till i studien med olika materialkombinationer för att försöka få ner kostnaden samtidigt som väggens U-värde optimeras även om detta i praktiken sällan tillämpas. Även fast detta togs i beaktning uppgick återbetalningstiden uppemot 200 år med en realistisk prisökning på fjärrvärmen. Vilket hade kunnat vara ännu längre om diskonteringsräntan hade satts högre eller mindre ifall diskonteringsräntan hade varit under 3,5%

Då ingen exakt tidsspann finns för livslängden för materialen är det svårt att bedöma om isoleringen hade kunnat vara i väggen för så pass lång tid utan att behövas bytas. Med detta sagt kan det konstateras att priset för högpresterande isolering behöver minskas substantiellt för en ekonomisk vinst med ett realistiskt ökande av fjärrvärmepriset.

6 Slutsats

Högpresterande isolering kan användas för att åstadkomma lägre U-värden på byggnader, samt öka den termiska komforten men är i dagsläget för dyra jämfört med mineralull för att vara ekonomisk försvarbara ur ett energieffektiviserings perspektiv. Även som köldbryggsbrytare har materialen för liten påverkan för att ur en ekonomisk synpunkt användas över mineralull. För att förbättra energiprestandan hos befintliga hus bör det först tas hänsyn till att förbättra ventilation över att använda högpresterande isolering.

7 Referenser

Anders, Sjelvgren. (2020). Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler. boverkets författningssamling https://rinfo.boverket.se/BFS2011-6/pdf/BFS2020-4.pdf

Boverket. (Augusti 2012). Handbok för energihushållning enligt Boverkets byggregler (utgåva två). https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2012/handbok-for-energihushallning-enligt-boverkets-byggregler.pdf

Boverket. (10 maj 2023). Brandklasser för golv, väggar tak rörisolering och kablar. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/brandskydd/brandklasserd-for-ytskikt/

Boverket. (7 februari 2024). Termiskt Klimat. https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/termiskt-klimat/

Brännlund, R. (5 september 2017). Hur bestäms kalkylräntor? Umeå universitet. https://www.jernkontoret.se/globalassets/publicerat/nytt-fran-jk/remissvar/2019/aktbil-240.-yttrande-ssab-bilaga-4-2017-10-03.pdf

Erlandsson, M. (2023). Environmental Product Declaration. The Norwegian EPD foundation. https://se.paroc.com/produkter/byggisolering/universell-byggisolering/paroc-extra

European Environment Agency. (2001). Carbon dioxide equivalent. https://www.eea.europa.eu/help/glossary/eea-glossary/carbon-dioxide-equivalent

Europeiska unionen. (2024). Europa parlamentets och rådets direktiv om byggnaders energiprestanda. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/SV/TXT/HTML/?uri=OJ:L_202401275

Folkhälsomyndigheten (9 februari 2023). vägledning om ventilation. https://www.folkhalsomyndigheten.se/livsvillkor-levnadsvanor/miljohalsa-och-halsoskydd/tillsyn-inom-halsoskydd/ventilation/

Frick, A., & Banke, F. (20 juni 2023). Kommande energirenoveringskrav på byggnader. Setterwalls. https://setterwalls.se/artikel/kommande-energirenoveringskrav-pa-byggnader/

Hörnkvist , E. (11 maj 2021). Nya energikrav från EU kan stoppa uthyrning. Fastighets tidningen. https://fastighetstidningen.se/nya-energikrav-fran-eu-kan-stoppa-uthyrning/

Insulation, K. (u.d.). Keep insulation. https://www.keepinsulation.com/aerogel/aerogel-blanket/aerogel-blanket-thermal-insulation.html

Isopartner. (u.d.). Isopartner. https://isopartner.se/nyheter/skillnaden-mellan-pir-och-pur-isolering

Isover. (u.d.). isolera yttervägg inifrån. https://www.isover.se/supporten-tipsar/isolera-yttervagg-inifran

Johansson, P., Kalagasidis, A. S., & Karim, A. (7 januari 2021). Aerogelbaserad puts superisolering för framtiden?. Husbyggaren. https://www.husbyggaren.se/aerogelbaserad-puts-superisolering-for-framtiden/

Johansson, P. Wahlgren, P. Eriksson, P. (juni 2020). Interior super insulation in heritage. Department of Architecture and Civil Engineering. https://research.chalmers.se/publication/517457/file/517457_Fulltext.pdf

Kingspan. (u.d.). AlphaCore Pad. https://www.kingspan.com/gb/en/products/insulation-boards/wall-insulation-boards/alphacore-pad/

Maxime, T. (14 april 2023). Enviromental product declaration. One click LCA. https://www.recticelinsulation.com/sites/default/files/country_specific/fi/certificates/EPD_Recticel_Insulation_Oy_IP_PIR_022_HUB0394_20230416.pdf

Paroc. (3 maj 2024). Paroc eXtra. https://se.paroc.com/produkter/byggisolering/universell-byggisolering/paroc-extra

Petersson, B.-Å. (2004). Tillämopad Byggnadsfysik. Studentlitteratur.

Hill, C. (2015). Environmenat Product Declaration Spaceloft. https://api.environdec.com/api/v1/EPDLibrary/Files/91888f8a-6f61-4785-80d9-5f7d6cf90827/Data

Recticel Insulation. (u.d.). Vad är U-värde. https://www.recticelinsulation.com/sv/vad-ar-u-varde

Recticel Insulation. (u.d.). Eurothane Ewall. https://www.recticelinsulation.com/sv/eurothane-ewall

Recticel Insulation. (u.d.). Vad är R-värde och hur beräknas det. https://www.recticelinsulation.com/sv/vad-ar-r-varde-och-hur-beraknas-det

Regeringskansliet. (7 Februari 2024). Regeringskansliet. https://www.regeringen.se/pressmeddelanden/2024/02/eu-paborjar-process-for-att-ta-fram-ett-klimatmal-till-ar-2040/

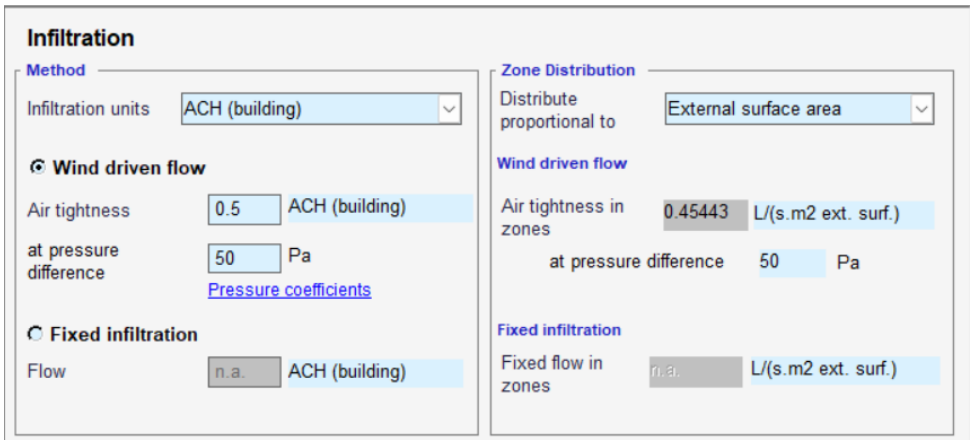
Rockwool. (u.d.). Produktegenskaper [Produktblad]. https://info.rockwool.se/sv/isolera-ratt/bra-att-veta/produktegenskaper/

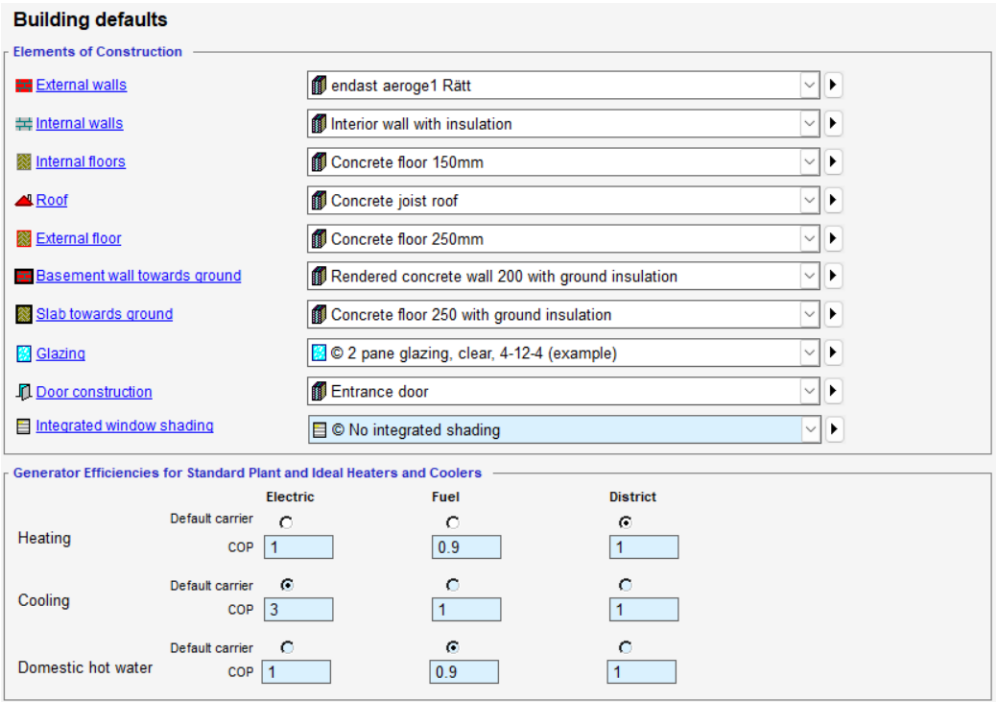
Svensson, Y. (2017). Boverkets föreskrifter om ändring av verkets föreskrifter och allmänna råd (2016:12) om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår. Boverket. https://rinfo.boverket.se/BFS2016-12/pdf/BFS2017-6.pdf

Wallbaum, H. (2020). Long-Term Performance of Super-Insulating materials in Building Components and Systems. https://research.chalmers.se/publication/515139/file/515139_Fulltext.pdf

8 Appendix

8.1 Inställningar från IDA ICE





System parameters

Main parameters

Degree of automatic schedule smoothing	5	-	(5 = ± 1 h; 0 = no smoothing smoothing makes changes in time schedules to occur more smoothly to reduce simulation time; the function is valid for schedules given to e.g. equipment, occupants and light, but not for schedules in the AHU, e.g. for the fan or the heat exchanger)
P-band for proportional temperature controllers; deadband for on-off controllers	2.0	°C	(a small number may cause numerical problems)
Setpoint offset for water based cooling room units when there is temperature controlled VAV	0.1	°C	(positive value means air is used before water)
Solar radiation level at which integrated shadings are drawn	100	W/m²	(measured when the shading device is not drawn)
Side on window where the solar radiation level for shading control is measured	Outside		
Solar radiation incident angle, below which solar shading may be automatically drawn	90	°	
PMV (Fanger) level at which occupant wears maximum clothing	-1	[-3, -0.1]	(a proportional controller is used to 'dress' occupants; controller offset error is used to represent the fact that occupants will not immediately change dress)
PMV (Fanger) level at which occupant wears minimum clothing	1	[0.1, 3]	
Method for measurement of daylight level	At first occupant		(Average over floor or on a 1m x 1m desk at first occupant)
Height above floor for daylight calculation plane 'Average over floor'	0.6	m	

INSTITUTIONEN FÖR ARKITEKTUR OCH SAMHÄLLSBYGGNADSTEKNIK
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2024
www.chalmers.se

CHALMERS