

UTVÄRDERING AV TEKNISK ISOLERING FÖR MINSKAD KLIMATPÅVERKAN – PROJEKT FOSSILFRI FÖRSKOLA

Högskolan i Borås
Byggingenjör

Huzeyfe Altun

2018.05.15



HÖGSKOLAN I BORÅS

Program:

Högskolan i Borås, Byggingenjörutbildningen
Akademin för textil, teknik och ekonomi
Sektionen för resursåtervinning och samhällsbyggnad
501 90 Borås
033-435 40 00

Svensk titel: Fossilfri förskola-teknisk isolering**Utgivningsår:** 2018**Ämneskategori:** Teknisk isolering**Författare:**

Huzeyfe Altun,
Mobil: 0762-139912
E-mail: huz_altun_93@hotmail.com

Handledare intern:

Lennart Jagemar,
Tel: 033-4354605
Mobile: 0732-807391
E-mail: lennart.jagemar@hb.se

Handledare extern:

Andreas Karlsson,
Mobil: +46-31-792 27 16
E-mail: andreas.karlsson@bengtdahlgren.se

Nyckelord: Teknisk isolering, VVC, Energi, Isoleringsmaterial

SAMMANFATTNING

Lokalförvaltningen i Göteborg har fått uppgiften att bygga en förskola där målet är att bygg och driva byggnaden utan fossilt påverkan i högsta möjliga grad. Bengt Dahlgren har fått miljösamordnings uppdraget i projektet som har fått namnet fossilfri förskolan-Hoppet. Projektet fokuserar på, alltifrån tillverkning av materialen som skall användas, materialtransporter till energianvändningen för den färdiga byggnaden med syfte att minimera fossilt innehåll.

Ena fokuspunkten för projektet är VVS-installationer som har stora miljöpåverkan, både inom drift- och materialaspekten. Teknisk isolering för tappvarmvattensystemet är fokusområdet i detta arbete.

Examensarbetet är knutet till projektet fossilfri förskola, och fokuserar på teknisk isolering för tappvattensystem, varmvatten samt varmvattencirkulation. Utifrån lokalförvaltningens tekniska bestämmelser och konceptförskolan se på teknisk isolering, olika material och tjocklek för att få fram den totala klimatbelastning. Målet är att se på alternativa lösningar och material och få fram rekommenderad lösning / riktning för vidare arbete i projekt fossilfri förskola. Isoleringmaterial som valdes att titta på var glasull, stenudd och cellulosaisolering. Genom beräkningar på dessa isoleringmaterial med alternativa tjocklek, togs optimala isolertjockleken fram på den totalaklimatbelastningen, som orsakas av material- och driftaspekter. Optimeringen innebar fallet som gav lägsta totala koldioxidkvivalenter då driftenergin ställdes mot materialet.

Studien visade att klimatbelastningen för drift var betydligt mycket högre än klimatbelastning för materialet. För isoleringen visar rapporten att tjockleken bör ökas för att minska på totala klimatbelastningen. Fallet som gav lägst klimatbelastning med satta avgränsningar, visade sig vara glasull. Den optimala tillståndet som räknades fram i arbetet visar att den totala klimatbelastningen minskas med 75 % jämfört med den befintliga projekteringen. Cellulosaisoleringen som egentligen var bättre ur miljösynpunkt, kunde inte optimala isolertjockleken beräknas fram. På grund av detta användes en isoleringstjocklek på 100 mm för cellulosaisoleringen. Denna lösning visade sig minska klimatbelastningen med 80 % jämfört med befintlig projektering.

Allmänt visade resultaten att energikällan som valdes för drift slog mer än själva isoleringen. Detta ledde till att optimala isolertjockleken blev en följd av driftenergin men att det fortfarande fanns en förbättringspotential ur materialperspektiv. Varje resultat pekade på att en ökning på isolertjockleken leder till mindre klimatbelastning. Fastän driftaspekten visade sig vara mer betydande så är det viktigt att oavsett val av material bör en ökning på isoleringstjockleken utvärderas. Förutom detta visar det att det finns en stor potential att minska på miljöbelastningen genom att använda nya material så som cellulosaisoleringen.

ABSTRACT

The local administration in Gothenburg has been given the task of building a preschool where the goal is to, the highest possible extent, build and run the building without any fossil impact. Bengt Dahlgren has received the environmental coordination mission in the project, which has been given the name fossil-free preschool-Hoppet. The project focuses on everything from the manufacture of the materials to be used, material transportation to the energy use of the building.

One of the focus areas of the project was HVAC installations that have major environmental impact, both in the operational and material aspects. Technical insulation for the DHW-system is the focus area of this work.

The thesis work is linked to the fossil-free preschool project, focusing on technical insulation for tap water systems, hot water and hot water circulation. Based on the local government's technical regulations and concept preschool, materials and quantities for technical insulation of piping systems will be obtained. Insulation materials chosen to look were glass wool, stone wool and cellulose insulation. By calculating these alternating thickness insulation materials, the optimum insulation thickness was taken to reflect the total ambient load caused by material and operating aspects. The optimization meant the case that gave the lowest total carbon dioxide equivalents when the operating energy was placed against the material.

The study showed that the climate load for operation was considerably higher than the climate impact on the material. For the insulation, the report shows that the thickness should be increased to reduce overall climate impact. The case that gave the lowest climate load with set delimitations turned out to be glass wool. The optimal state that was calculated shows that total climate load is reduced by 75% compared with the existing design. The optimal insulation thickness for cellulose insulation, which was better from an environmental point of view compared to the other material, could not be calculate. Because of this, an insulation thickness of 100 mm was used for the cellulosic insulation. This solution turned out to reduce the climate load by 80% compared with the existing design.

In general, the results showed that the energy source chosen for operation struck more than the insulation itself. As a result, optimal insulation thickness was a consequence of the operating energy, but there was still an improvement potential from a material perspective. Each result pointed out that an increase in the insulation thickness leads to less climatic load. Although the operational aspect proved to be more significant, it is important that an increase in the insulation thickness should be evaluated regardless of the choice of material. In addition, it shows that there is a great potential for reducing environmental impact by using new materials such as cellulose insulation.

FÖRORD

Detta examensarbete är gjort inom Högskoleingenjörsprogrammet i Bygg, vid Högskolan i Borås. Examensarbetet genomfördes under vårterminen 2018 och omfattar 15 högskolepoäng. Arbetet gjordes i samarbete med Bengt Dahlgren inom projektet Fossilfri förskola.

Tack till

Jag är tacksam för möjligheten jag fick att jobba tillsammans med Bengt Dahlgren i projektet Fossilfri förskola. Under arbetets gång har jag fått mycket stöd från min handledare på Bengt Dahlgren, Andreas Karlsson, och vill rikta ett stort tack till honom för all uppmuntran och hjälp genom hela arbetet. Jag vill även tacka Lennart Jagemar, handledaren på Högskolan i Borås, som hjälpte mig med kunskap inom VVS. Tack till Lokalförvaltningen som var med under hela arbetsgången och bidrog med värdefull data. Tack Emil Lindeblom, Mikael Frost, Julia Nilsson och Anna Feldt som skrev examensarbetet inom samma projekt men med andra inriktningar.

Göteborg juni 2018

Huzeyfe Altun

NOMENKLATUR

Förkortningar

CO ₂	Koldioxid
CO ₂ -eqv	Koldioxid ekvivalent, miljöbelastning
EPD	Environmental Product Declaration, miljövarudeklaration
VV	Tappvarmvatten
VVC	Tappvarmvattencirkulation
KV	Tappkallvatten
GWP	Global warming potential
IPCC	Intergovernmental panel on climate change
BBR	Boverkets byggregler
TKA	Tekniska krav och anvisningar för dig som bygger lokaler åt Göteborgs stad
CAD	Computer-aided design

BETECKNINGAR

Latinska versaler

A	area	[m ²]
V	Volym	[m ³]
T	Temperatur	[°C]
L	Rörets axiella längd	[m]
Q	Energi	[J]
P _{rör}	Förluster i vvc- och varmvattenledning	[W]
\dot{V}	Flöde	[m ³ /s]
\dot{Q}	Effekt	[W]
T _{vvc}	varmvatten temperatur vid anslutning mellan vvc och vv-ledningen	[°C]
T _{in}	Kallvattens temperatur	[°C]

Latinska gemener

m	Massa	[kg]
c _p	Specifika värmekapacitet	[J/kgK]
t _{fA}	Temperatur i fluid A	[°C]
t _{fB}	Temperatur i fluid B	[°C]
r	Radie	[m]
q _{vvc}	vvc-flöde	[m ³ /s]
t	Tid	[timmar/år]

Grekiska gemener

λ	Värmekonduktiviteten	[W/mK]
δ	Tjocklek	[m]
ρ	Densitet	[kg/m ³]
α_i	Värmeövergångskoefficient p g a konvektion inne i röret	[W/m ² °C]
α_u	Värmeövergångskoefficient p g a konvektion utsidan av röret	[W/m ² °C]

Definitioner*Tappkallvatten*

Kallt vatten av dricksvattenkvalitet.

Tappvarmvatten

Uppvämt tappkallvatten.

Tappvatten

Samlingsbeteckning för tappkallvatten och tapp-varmvatten.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

SAMMANFATTNING.....	II
ABSTRACT	III
FÖRORD	IV
NOMENKLATUR.....	V
BETECKNINGAR	V
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	VII
1 INTRODUCTION	- 1 -
1.1 Bakgrund	- 1 -
1.2 Miljö.....	- 2 -
1.3 Hälsa.....	- 2 -
1.4 Fossilfri förskola, Hoppet.....	- 2 -
1.5 Problemformulering	- 3 -
1.6 Syfte	- 3 -
1.7 Avgränsning.....	- 3 -
1.8 Genomförande	- 4 -
1.9 Disposition	- 5 -
2 TEORI.....	- 6 -
2.1 Värmeöverföring	- 6 -
2.1.1 Värmeledning	- 6 -
2.1.2 Värmestrålning.....	- 6 -
2.1.3 Värmekonvektion	- 6 -
2.1.4 Värmeledning, λ	- 6 -
2.1.5 Ytmotstånd.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
2.1.6 Värmemotstånd, R.....	- 7 -
2.1.7 Värmeövergångskoefficienten, U	- 8 -
2.1.8 Värmeförluster	- 8 -
2.2 Energi ur miljö- och ekonomisksynpunkt.....	- 8 -
2.3 Fjärrvärme.....	- 9 -
2.4 Vattentemperaturer	- 10 -
2.4.1 Dricksvatten	- 10 -

2.4.2	Kallvatten	- 11 -
2.4.3	Varmvatten	- 11 -
2.4.4	Legionella	- 11 -
2.5	Varmvattencirkulation, VVC	- 13 -
2.5.1	VVC-förluster och flöde	- 13 -
2.6	Teknisk isolering	- 14 -
2.6.1	Värmeisolering	- 14 -
2.6.2	Mineralull	- 15 -
2.6.3	Glasull	- 17 -
2.6.4	Stenull	- 18 -
2.6.5	Cellulosafiber isolering	- 18 -
2.6.6	Rörisolering	- 19 -
2.6.7	Samisolering	- 20 -
3	METOD	- 21 -
3.1	Konceptförskolan, Grönskan	- 21 -
3.2	EPD	- 26 -
3.3	Metodbeskrivning	- 26 -
3.4	Steg 1, analys och datainsamling	- 26 -
3.4.1	Material	- 26 -
3.4.2	Energislag	- 27 -
3.5	Steg 2, analys och mätningar av tappvattensystemet	- 27 -
3.6	Steg 3. Beräkningar	- 27 -
4	MATERIAL, ENERGI & BERÄKNINGSMETOD	- 28 -
4.1	Material	- 28 -
4.2	Glasull	- 28 -
4.2.1	ISOVER Climpipe section alu 2	- 29 -
4.3	Stenull	- 29 -
4.3.1	Paroc, Product group with density: 70-120 & >120	- 29 -
4.4	Cellulosa	- 30 -
4.4.1	ISOCELL, Cellulosafiberisolering	- 30 -
4.5	Energi	- 30 -
4.6	Beräkningsmetod	- 31 -
5	RESULTAT	- 32 -
5.1	Beskrivning	- 32 -
5.2	Glasull	- 33 -
5.2.1	Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden	- 33 -

5.2.2	Energikälla: Fjärrvärme, Bra miljöval	- 34 -
5.2.3	Energikälla: Fjärrvärme, 2030.....	- 35 -
5.3	Stenull 70-120.....	- 36 -
5.3.1	Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden	- 36 -
5.3.2	Energikälla: Fjärrvärme-Bra miljöval.....	- 37 -
5.3.3	Energikälla: Fjärrvärme, 2030.....	- 38 -
5.4	Stenull >120.....	- 39 -
5.4.1	Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden	- 39 -
5.4.2	Energikälla: Fjärrvärme-Bra miljöval.....	- 40 -
5.4.3	Energikälla: Fjärrvärme, 2030.....	- 41 -
5.5	Cellulosaisolering.....	- 42 -
5.6	Materialjämförelse.....	- 46 -
5.7	Jämförelse mellan befintlig och optimalt.....	- 48 -
6	ANALYS OCH DISKUSSION	- 50 -
6.1	Material.....	- 50 -
6.1.1	Cellulosaisolering.....	- 50 -
6.1.2	Mineralull.....	- 51 -
6.1.3	Tillverkning.....	- 51 -
6.2	Material utifrån energislag	- 51 -
6.2.1	Fjärrvärme med dagens miljövärde.....	- 51 -
6.2.2	Fjärrvärme,2030.....	- 52 -
6.2.3	Fjärrvärme-Bra miljöva	- 52 -
6.3	Metodanalys	- 52 -
7	SLUTSATS.....	- 52 -
8	LITTERATURFÖRTECKNING	- 54 -
9	BILAGOR	- 57 -
9.1	Bilaga 1.....	- 57 -
9.2	Bilaga 2.....	- 58 -
9.3	Bilaga 3.....	- 59 -
9.4	Bilaga 4.....	- 60 -
9.5	Bilaga 5.....	- 61 -
9.6	Bilaga 6.....	- 62 -
9.7	Bilaga 7.....	- 63 -
9.8	Bilaga 8.....	- 64 -

1 INTRODUKTION

Detta kapitlet redovisas inledningsvis med en kort bakgrundsbeskrivning därefter presenteras syfte, frågeställning samt avgränsning och avslutas med en enklare beskrivning av genomförandet och disposition.

1.1 Bakgrund

FNs vetenskapliga klimatpanel, IPCC, framförde 2013-2014 en samlad rapport som bestod av det vetenskapliga kunskapsläget om klimatets förändring. Denna rapport sammanställdes av forskare och experter från flera länder och bekräftar klimatpåverkan samt att människan, i samband med industrialiseringen och andra faktorer och påverkan, står som huvudorsak till uppvärmningen. (IPCC, 2014)

Visionen som regeringen antagit, att nettoutsläppen av växthusgaser i Sverige bli noll, kommer vara ett stort steg för en hållbar framtid. Enligt den sammanställda rapporten från Naturvårdsverket ökar växthusgashalten i atmosfären och ligger idag på cirka 470 ppm CO₂-eqv, koldioxidekvivalenter. Koldioxid, som anses vara bland de mest betydelsefulla växthusgaser människan orsakar, har på senare tid ökat till över 400 ppm. Orsaken till denna ökning i globalt perspektiv beror på förbränning av fossila bränslen, avskogning i tropikerna och jordbruket. (Naturvårdsverket, Miljömålssystemet: Naturvårdsverket, 2018)

För att Sverige ska nå miljömålet har riksdagen fattat beslut om att miljöproblemen ska lösas nu och inte lämnas till nästkommande generation. För att detta skall kunna bli en verklighet så har miljömålssystemet tagits fram. Miljömålssystemet består av ett generationsmål, 16 miljö kvalitetsmål och ett tjugotal aktuella etappmål. (Naturvårdsverket, Miljömålssystemet: Naturvårdsverket, 2018)

Dessa 16 miljö mål handlar alltifrån frisk luft och giftfri miljö till djur och växtlivet. Myndigheter tillsammans med länsstyrelsen ansvarar för att följa upp och utvärdera arbetet. Naturvårdsverket som ansvarar för flera utav dessa mål ansvarar även för att samordna hur myndigheterna arbetar med miljö målen. Ett av målen som handlar om friskluft har riksdagen fattat beslut om att *"Sverige ska ha en luft som är så ren att människors hälsa samt djur, växter och kulturvärden inte skadas"*. (Naturvårdsverket, Miljömålssystemet: Naturvårdsverket, 2018) (Naturvårdsverket, Miljö målen, 2018)

I Sverige står bostads- och servicesektorn för ca 40% av den totala energianvändningen och därför finns det mycket rum för förbättring. För att kunna nå målet om netto noll utsläpp, har regeringen som mål att minska energianvändningen i våra byggnader med 20 % till år 2020 och med 50 % till år 2050 till skillnad från referensåret 1995 (Naturvårdsverket, Miljö målen, 2018) (Energimyndigheten, 2015).

Isolering av rör och kanaler som används både inom industrin och i byggnader, benämns som teknisk isolering. Teknisk isoleringen används idag för flera olika syften som exempelvis värme- och kylisolering av VVS-system för att minska på värme- och kylförluster (Isoleringfirmornas förening, 2015).

Att använda sig utav bättre teknisk isolering, minskas klimatpåverkan och dessutom minskar energianvändningen som leder till mindre kostnader. Teknisk isolering skyddar även kanal/rör från slitage och ger en bättre prestanda som är betydande inom industriområdet. Det är även

viktigt att inte isolera mer än ”nödvändigt”. Enligt sammanfattningen från svensk byggtjänst, minskas värmeförlusten med 50% när 20 mm isolering ökas till 100 mm, alltså 5 gånger mer (VVS-företagens Teknikhandbok, 2015) (Svensk byggtjänst).

1.2 Miljö

Alltifrån val av material till mängden påverkar isoleringsförmågan och dessa anpassas utefter förutsättningarna för enskilt projekt. En lösning till att minska värmeförlusten kan vara att öka på mängden isolering, dock måste man ta hänsyn till val av material, då fossilt innehåll ökar vid ökad isolerings mängd. Att använda sig utav isoleringsmaterial med mindre fossilt innehåll och mindre fossil påverkan vid produktion blir därför allt viktigare. Förutom material är driftaspekten också betydande då, mer energiåtgång resulterar i mer miljöpåverkan. Miljöbelastningen som uppstår av energianvändningen beror på val av energislag då energi med högt fossil andel har mer klimatbelastning. För att lyckas minimera klimatbelastningen är det därför viktigt att hitta rätt balans mellan material och energi, då ökad isolerings mängd minskar på energiåtgången och vice versa. Exempel på sekundär effekterna som kan tillkomma är att initialkostnaden ökar i samband med ökad isolertjocklek vilket även leder till att utrymmesbehovet ökar och schaktningen måste anpassas till denna.

1.3 Hälsa

En viktig aspekt vid rörisolering är hälsan då Legionella bakterier kan utvecklas. Bakterien orsakar bland annat, legionärsjuka som är en typ av lunginflammation. Genom att nyttja kunskapen kring hur vatten- och värmesystem utformas kan bakteriens tillväxt hindras. Att hålla systemen rena och att hålla temperaturen enligt krav och föreskrifter är ett bra sätt att bekämpa bakterietillväxten (Folkhälsomyndigheten, 2016). Isoleringen är alltså inte bara viktig ur miljösynpunkt utan även för hälsan spelar isoleringen en viktig roll. Genom att hålla kallvatten kallt och varmvatten varmt förhindras temperaturen att bli gynnsam för bakterietillväxten i ledningarna.

1.4 Fossilfri förskola, Hoppet

Lokalförvaltningen i Göteborg har fått i uppgift att bygga en förskola. Målet med projektet, fossilfri förskola, är att bygga och driva byggnaden utan fossil påverkan i högsta möjliga grad. En viktig fokuspunkt för att nå målet är VVS-installationer som orsakar till större mängder av koldioxidekvivalenter både inom drift- och materialaspekten. Förskolan ska enligt plan vara färdig 2021. Teknisk isolering för tappvarmvattensystemet kommer vara fokusområdet i detta arbete, där både material och drift bidrar till klimatbelastningar (Göteborgs Stad, 2017; Lokalförvaltningen, 2017).

Bengt Dahlgren har fått miljösamordningsuppdraget i projektet fossilfri förskola som kommer att byggas i Göteborg. Projektet sträcker sig alltifrån produktion av material som skall användas, materialtransporter till en färdig byggnad och byggnadens energianvändning. Projektet fossilfri förskola ska vara ett stort steg till att skapa förutsättningar för att nå målet Göteborgs stad satt, ”att 2050 vara en klimatneutral stad med hållbara och rättvisa utsläppsnivåer av växthusgaser” (Göteborgs Stad, 2017; Lokalförvaltningen, 2017).

1.5 Problemformulering

Tekniska isoleringen och dess påverkan på miljö samt förluster ser olika ut för varje projekt. Denna påverkan kan beräknas och en mer anpassad isolerings mängd utifrån förlusterna kan tas fram men så är inte verkligheten idag. I dagsläget följer man schabloner vid projektering, som är framtagna enligt BBR-kraven, utan en direkt uppfattning på mängderna som presenteras. Ur miljösynpunkt är detta inte alltid rätta valet även om kraven uppfylls. Miljöbelastningen som sker sträcker sig alltifrån materialval, tillverkning av material, val av energityp till drift och reparationer. Detta medför att miljöaspekten för enskilt projekt inte blir optimerad som i sin tur leder till större miljöpåverkan. För att kunna nå miljömålen blir det allt viktigare att göra mer djupgående beräkningar så att rätt isoleringsmaterial samt tjocklek används.

1.6 Syfte

Examensarbetet kommer vara knutet till projektet fossilfri förskola, och fokuserar på teknisk isolering för tappvattensystem, varmvatten samt varmvattencirkulation. Lokalförvaltningens tekniska bestämmelser och konceptförskolan är utgångspunkten för detta arbete. Koncept förskolan är ett projekt som uppfyller Lokalförvaltningens senaste krav och specifikationer. Förskolan Hoppet som bygger på denna, har i syftet att driva utvecklingen vidare och se på förbättringspotentialer. Utifrån dessa bestämmelser och konceptförskolan skall material samt mängder för teknisk isolering av rörsystem tas fram samt alternativa lösningar till detta iakttas. Beräkningar kommer göras för optimering av den totala klimatbelastningen i form av koldioxidekvivalenter för isoleringsmaterial och driftenergi. Optimeringen kommer innebära att, med hänsyn till olika material, utreda den isolertjockleken som bidrar till minsta klimatbelastningen och sedan se hur mycket bättre det kan bli än koncept förskolan, utifrån optimeringen. Klimatbelastning för teknisk isolering ska beräknas genom förenklad LCA, baserat på materialfaktorer.

Arbetet omfattar alternativa lösningar och dess effekt på klimatbelastningen. I fokus kommer isoleringsmaterial samt tjocklek på materialet tas upp som olika alternativ. Arbetet kommer att inkludera effekt på funktion, värmeförluster, montage, driftsaspekter och kostnader vid utvärderingen. Eventuella avsteg från tekniska bestämmelser, branschstandarder och myndighetskrav skall identifieras.

Parallellt med detta examensarbete utförs ett annat arbete som ser på rörsystemet för tappvatten i förskolan, där man eventuellt ska se på alternativa lösningar för att göra det systemet fossilfritt. Som en del av examensarbetet om teknisk isolering ingår det att se på hur dessa olika lösningar påverkar mängden och kraven på teknisk isolering. Samarbete kommer att hållas mellan gruppen för att kunna sammanbinda dessa arbeten.

1.7 Avgränsning

Beräkningar på värmeförluster och miljöpåverkan av material samt drift kommer begränsas till det befintliga systemet i projektet Fossilfriförskola. Arbetet kommer endast se på VV/VVC kretsen och kommer ha referenssystemet som utgångspunkt. Sekundära effekter och ekonomiaspekter kommer uteslutas.

Val av isoleringsmaterial som beräkningarna baseras på, kommer att väljas ut bland de mest förekommande isoleringsmaterialen inom branschen. EPD, Environmental Product Declaration (miljövarudeklaration), kommer användas till att få fram miljövärden för respektive material, utan vidare studie analys. Systemgränsen för beräkning av vattenledningarna (VVC-slingan) kommer att omfatta framledningen från värmeväxlaren till returledningen till värmeväxlare.

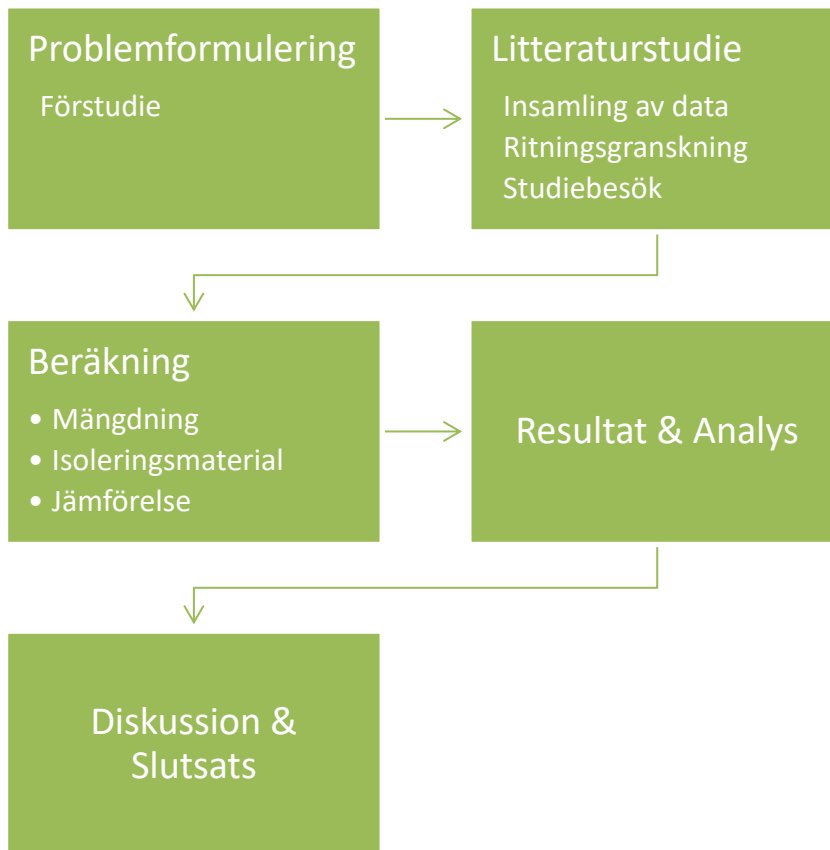
1.8 Genomförande

För att skapa en bra grund till arbetet, startades det med en litteraturstudie. Denna fas omfatta förstudie om projektet, granskning av befintliga system samt ritningar, besök på en nybyggd förskola som till stor del är lik referensförskola, insamling av data, TKA samt kravgranskning.

Val av isoleringsmaterial var en viktig del av arbetet då beräkningarna samt resultatet baseras på dessa material och dess egenskaper. En djupgående studie gjordes för att kunna välja rätt material samt tillverkare genom att samla in data på material. För att på ett korrekt sätt kunna jämföra materialen, användes data från EPDer. Detta satte en gemensam förutsättning för de olika materialen och möjliggjorde jämförelse.

Efter att all data erhållits påbörjade beräkningsfasen vilket omfatta värmeförlustberäkningar samt miljöpåverkan i form av CO₂-eqv för respektive material med olika mängder där ritningarna från projektet var utgångspunkten. Ett optimeringstillstånd räknades fram och jämfördes med befintliga isolermängder.

Analys på beräkningarna genomfördes. Beräkningsresultaten samt litteratur och myndighetskraven användes som underlag till analysen. Analysen fokuserade på miljöpåverkan för respektive lösning samt i vilken utsträckning detta kan realiseras.



Figur 1. Schematisk processtabell över genomförandet.

1.9 Disposition

Första kapitlet i rapporten ger en överblick på projektet samt beskriver problemformuleringen. Även syfte, avgränsning samt genomförande omfattas i det inledande kapitlet. Förutom detta så ges en överblick på bakgrunden för att skapa någon slags uppfattning för läsaren.

Kapitel två reflekterar litteraturstudien samt ger grundförståelsen för fakta samt begrepp som är aktuellt för projektet, vilket skall ge den grundläggande kunskapen som behövs för att kunna nå resultat. Tekniska förklaringar samt formler presenteras under vissa rubriker för att komplettera litteraturstudien.

Kapitel tre som omfattar metoden, beskriver hur resultat kommer att uppnås samt redovisar formler och material som kommer nyttjas i nästkommande kapitel. Formlerna och komponenterna förklaras i detalj. Här kommer även beräkningsmetoden samt data att redovisas.

Beräkningar samt resultat som omfattas av kapitel fyra kommer i detalj redovisas i form av tabeller och diagram för samtliga alternativ. Sedan kommer en optimum tjocklek på isoleringen föreslås baserat på miljöbelastningen för respektive material. Olika material och deras optimala tjocklek kommer sedan jämföras mot varandra i form av CO₂-eqv.

Sista kapitlet kommer att analysera samt diskutera resultatet för att sedan kunna dra slutsater.

2 TEORI

För att kunna skapa goda förutsättningar och förståelse kring fokusområdet har en litteraturstudie genomförts. Kapitlet berör grunden till värmeöverföring och detta sker i en varmvattenrör. Därefter görs beskrivningar på drift- och energiaspekter. Även beskrivningar på tappvatten och legionella görs. Till sist förklaras VVC-systemet och tekniska isoleringen.

2.1 Värmeöverföring

Temperaturskillnaden mellan två olika kroppar/medier leder till värmeöverföring. Detta sker genom att värmeenergin från den varmare kroppen transporteras till den kallare kroppen och strävar efter en temperaturutjämning, termodynamisk jämvikt, enligt termodynamikens andra huvudsats. Värmeöverföringen kan minskas genom att separera kropparna med ett annat material i mellan, vilket leder till att materialet verkar isolerande. På så sätt sker värmeförluster i varmvattenledningar.

Värmeöverföringen kan ske på tre olika sätt vilket är ledning, strålning samt konvektion.

2.1.1 Värmeledning

Värmeöverföringen via ledning kan ske i fasta, flytande och gasformiga medier. Partiklar i en kropp eller medium med högre temperatur än andra närliggande kroppar/medier, har jämförelsevis högre rörelseenergi. På grund av detta sker det en överföring från dessa partiklar till partiklar med lägre temperatur och rörelseenergi. Detta leder i sin tur till en temperaturutjämning vilket kallas värmeledning (Isoleringfirmornas förening, 2015).

2.1.2 Värmestrålning

Material och föremål med temperaturer över absoluta nollpunkten ($=-273,15\text{ °C}$) avger värmestrålningar genom elektromagnetisk strålning vilket orsakas av atomernas värmerörelse. Kropparnas temperaturskillnad och placeringen förhållandevis till varandra påverkar mängden värme som överförs. Förutom dessa två punkter, har inbördesgeometrin samt ytornas emittans respektive absorbtans, påverkan på mängden värmeöverföring via strålning. Emittans och absorbtans beror på ljuset uppfattning av ytan, alltså hur ”svart” eller ”blank” ytan är.

2.1.3 Värmekonvektion

Värmeutbytet som sker mellan en fast kropp och en strömmande vätska eller gas kallas konvektion. Denna rörelse kan uppkomma exempelvis när det uppstår densitetsskillnader i vätska eller gasen. Konvektion delas upp i två typer, egenkonvektion och påtvingad konvektion. När varm luft stiger och kall luft sjunker kallas det egenkonvektion eller naturligkonvektion, medan rörelse som uppkommer på grund av pumpar, fläktar m.m. kallas för en påtvingad konvektion.

2.1.4 Värmekonduktivitet, λ

Ett materials värmekonduktivitet anger egenskapen om hur bra materialet isolerar. Värmekonduktiviteten som även kallas lambdavärde har enheten W/m °C (W/m K) betecknas

med den grekiska bokstaven lambda λ . Ett material med bra isoleringsförmåga har ett lägre lambdavärde till skillnad ifrån ett material med sämre isoleringsförmåga.

2.1.5 Värmeövergångstal, α

Den naturliga resistansen som uppkommer mot strömflöde på materialytan, benämns som ytmotstånd. Detta mått är oberoende av själva materialets fysiska dimensioner. R_{se} och R_{si} är betäckningar som används för att visa måttet på ytmotståndet.

2.1.6 Värmemotstånd, R

Värmemotståndet används för att ange hur ett materialskikt minskar värmeflödet och betecknas med, R. Ett materialskikt med högt värde på värmemotstånd visar på att det har en bättre isolering jämfört med ett materialskikt med ett lågt värde av värmemotstånd.

Värmemotstånd för en konstruktion med olika delar summeras och den totala värmemotståndet betecknas R_{Tot} (Hassan, O).

R_{Tot} beräknas enligt

$$R_{Tot} = R_{si} + \sum R_i + R_{se} \quad (1)$$

Där

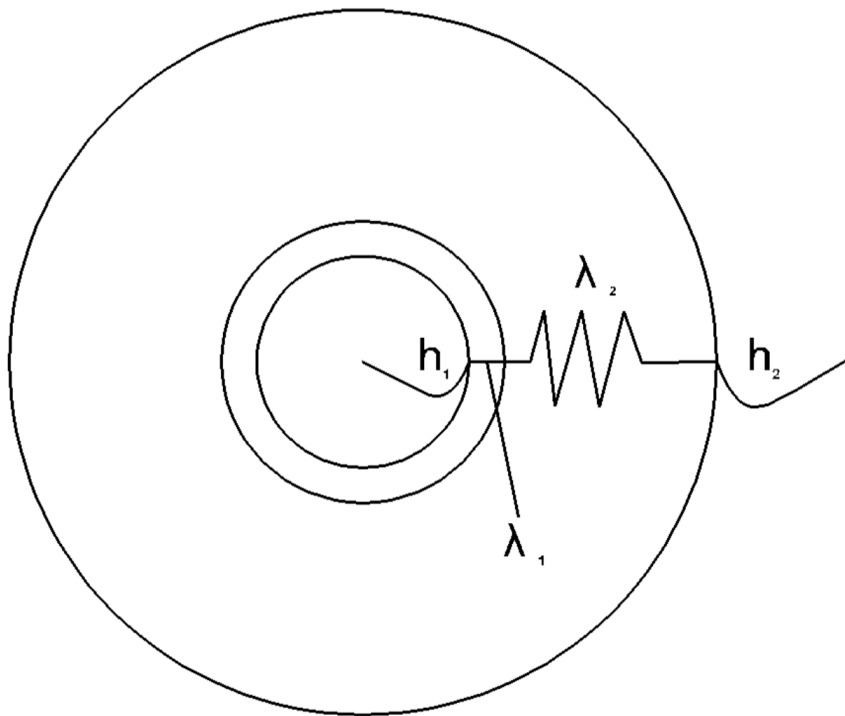
$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (2)$$

där R motsvarar värmemotståndet ($m^2 \text{ } ^\circ\text{C/W}$), R_{si} är övergångsmotståndet vid insidan, R_i är olika materialskikts individuella värmemotstånd, R_{se} är övergångsmotståndet vid utsidan, δ är materialjockleken (m), λ är värmekonduktiviteten för material ($\text{W/m } ^\circ\text{C}$).

Till skillnad från en konstruktions del så beräknas inte värmemotståndet för rör på samma sätt. Då rör har en cirkulärprofil och isoleringen är anpassad efter formen blir uträkningen annorlunda (Alros, 2015). Beräkningen sker enligt

$$R_{Tot} = \frac{1}{h_{vatten}A_{in}} + \frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{2\pi L\lambda_{rör}} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{2\pi L\lambda_{iso}} + \frac{1}{h_{luft}A_{ut}} \quad (3)$$

Där h_{vatten} är värmeöverföringskoefficienten för vatten, h_{luft} är värmeöverföringskoefficienten för luft, A_{in} är arean på rörets insida, A_{ut} är arean på isoleringen utsida, r_1 är innerradien för röret, r_2 är yttre radien för röret, r_3 är ytterradien för isoleringen, $\lambda_{rör}$ är värmekonduktiviteten för rörmaterialet, λ_{iso} är isoleringens värmekonduktivitet. *Figur 2* illustrerar en sektion av ett rör (Alros, 2015).



Figur 2 Värmeöverföringen för ett varmvattenrör med värmeöverföringskoefficienten, h och värmeledningskoefficienten, λ

2.1.7 Värmegenomgångskoefficienten, U

Egenskapen vilket anger hur bra en byggnadsdel, i sin helhet, isolerar kallas värmegenomgångskoefficienten och betecknas med U . Lågt värde på U kan tolkas som bättre isolering. Värmegenomgångskoefficienten som även kallas för U -värde beräknas enligt

$$U = \frac{1}{R_{tot}} \quad (4)$$

Där U är värmegenomgångskoefficienten ($\text{W}/\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$) och R_{tot} är det totala värmemotståndet ($\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} / \text{W}$).

2.1.8 Värmeförluster

Som tidigare förklarat så ger temperaturskillnaden mellan olika kroppar/medier upphov till värmeöverföring. Värmeöverföringen som sker i ett rörsystem för varmvatten, mellan vattnet och omgivningen är värmeförlust och därför strävas det efter att minimera förlusterna. Värmeförlusten beräknas enligt

$$\dot{Q} = U \cdot (T_{vatten} - T_{omgivning}) \quad (5)$$

Där T_{vatten} är vattentemperaturen i röret, $T_{omgivning}$ är omgivningstemperaturen.

2.2 Energi ur miljö- och ekonomisksynpunkt

För att kunna skapa ett hållbart energisystem samt att miljömålen i Sverige ska nås, måste energianvändningen effektiviseras. Att utnyttja sig utav teknik som bibehåller samma nytta genom att använda mindre energi, i form av el, värme och bränsle, innebär en effektivisering och gör att energianvändningen reduceras. Detta leder i sin tur att utsläpp utav växthusgaser blir lägre. För att nå miljö kvalitetsmålen ser Naturvårdsverket på energieffektiviseringen som ett alternativ. Energieffektiviseringen kan åstadkommas på olika sätt, exempelvis genom förbättrad isolering.

I Sverige står sektorn bostäder och service för 40 % av den totala slutgiltiga energianvändningen. Genom att minska på energianvändningen, förutom en förbättrad miljö, så blir även kostnaderna för drift lägre. Genom att bygga miljö- och energieffektiva byggnader är det möjligt att åstadkomma finansiella fördelar som 100-tals studier påvisat, enligt Lockwood (2006). Kostnadsminskningen som sker för uppvärmning samt varmvatten, när ett företag väljer miljö- och energieffektiva byggnader, anses vara den tydligaste fördelen. (Lockwood, 2006)(Nalewaik & Venters, 2010).

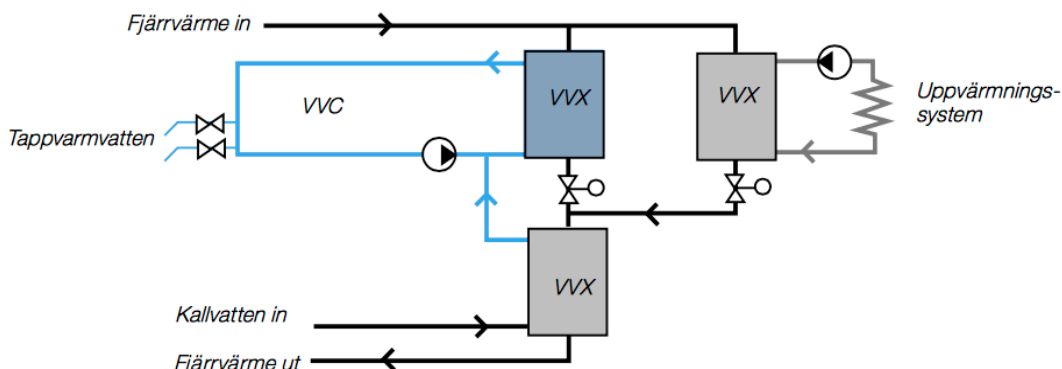
Många tycks underskatta besparingen och överdriver merkostnaden med att bygga grönt, menar Barlett och Howard (2000). Som ett exempel så är kostnaderna som uppstår vid bygge, som uppfyller grundläggande certifieringen enligt LEED, cirka 1–2 % mer än kostnaderna för ett standardhus. Fördelen med investeringen blir att kostnaderna för bl a energi minskar vilket leder till att byggnaden betalar tillbaka merkostnaden i form av lägre driftkostnader (Miller & Buys, 2008).

Innemiljön i en grön byggnad visar sig vara bättre tillskillnad ifrån en konventionell byggnad. Detta resulterar i bättre hälsa samt ökad produktivitet för de som vistas (Miller et al. 2008, Lockwood 2006). Ökningen på produktivitet samt hälsan blir dramatiskt i dessa byggnader och färre blir drabbade av förkylning, influensa eller astma (Holowka 2007).

2.3 Fjärrvärme

I Sverige är den vanligaste uppvärmningsformen, fjärrvärme, vilket står för ungefär hälften av all värmeförsörjning av bostäder och lokaler. Fjärrvärme går ut på att produktionen av värme sker i ett centralt värmekraftverk som sedan transporteras via fjärrvärmenätet till bostäder som är anslutna till nätet. Det finns både för- och nackdelar med fjärrvärme. Några fördelar med fjärrvärme är att, varje fastighet inte behöver sin egna värmekälla som kan ta mycket plats utan det räcker med en fjärrvärmecentral och att fjärrvärmen sköter sig själv, vilket är en bekvämlighet. En annan stor fördel är att Nackdelen som sticker ut hos fjärrvärmen är att fjärrvärmenätet inte är tillgängligt överallt vilket tvingar fastigheter som inte har tillgång till nätet att vända sig till alternativa värmesystem.

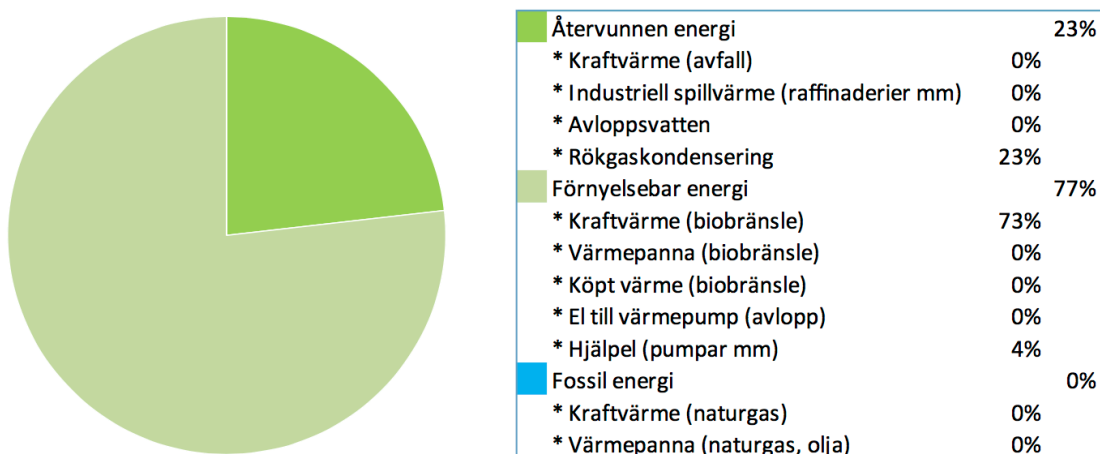
Fjärrvärmecentralen som installeras i byggnaden överför värme från fjärrvärmesystemet till byggnadens varmvattensystem via värmeväxlare som värmer upp tappvarmvattensystemet samt radiatorkretsen. Kopplingsprincipen som vanligtvis används i fjärrvärmecentralen är tvåstegskoppling samt parallellkoppling, se *Figur 3* nedan.



Figur 3 Tvåstegs- och parallellkoppling på fjärrvärmeundercentralen.

Miljöbelastningen skiljer sig åt mellan olika bolag då fjärrvärmebolagen använder sig utav sina energimixar av t ex värmepumpar, spillvärme, biobränslepannor mm. Större delen av fjärrvärmeproduktionen i Sverige sker utav biobränsle. Göteborgs Energi har publicerat sina miljövärden för fjärrvärme med bra miljöval som redovisar andelen av olika energislag som nyttjas vilket kan ses i *Figur 4*. (D.Olsson, 2003)(Göteborgs Energi, 2017b)

Tillförd energi inkl produktionsätt för all producerad fjärrvärme märkt Bra Miljöval



Figur 4. Tillförd energi inkl produktionsätt för all producerad fjärrvärme märkt Bra Miljöval

2.4 Vattentemperaturer

Tappvatten temperaturen har stor betydelse ur hälso- samt hygienisksynpunkt. Kallvatten, som är ett livsmedel, ska hållas kallt för att förebygga tillväxten av mikroorganismer på installationerna. Därför är det viktigt med placeringen av kallvattenrör så att oavsiktlig uppvärmning undviks. Varmvattnet ska hållas varmt nog för att möjliggöra användning för personlig hygien samt hushållsändamål. Även här är det viktigt att varmvattnet inte svalnar eller håller för låg temperatur då det kan orsaka tillväxt av mikroorganismer. Det är även viktigt att temperaturen på varmvattnet inte är allt för högt då skällning kan tillkomma (Boverket, 2008, 2017).

2.4.1 Dricksvatten

För att framställa förstklassigt dricksvatten används det råvatten som finns gott om i Sverige. Ungefär hälften av allt dricksvatten produceras av råvatten från ytvattentäkter såsom sjöar och rinnandevattendrag. Andra halvan kommer från grundvattentäkter som förekommer som naturlig eller konstgjort grundvatten.

Grundvattnet kan innehålla bakterier som är sjukdomsalstrande. Dessa bakterier som vid gynnsamma förutsättningar växer till i kvantitet, kan vålla infektionssjukdomar som legionärssjukan, kolera och nervfeber. För att sterilisera förbrukningsvattnet används bl a klorering, vilket är den mest använda metoden för syftet (Svenskt Vatten, 2016)

2.4.2 Kallvatten

Vattentäktens temperatur som följer årsvariationen påverkar även kallvatten temperaturen. Ytvattens temperaturen i södra Sverige ligger mellan 4 - 15 °C och djupvatten temperaturen ligger mellan 5 – 8 °C. Det finns inga ställda krav från BBR på kallvatten temperaturen men BBR föreskriver att installationerna utföras så att oavsiktligt uppvärmning av tappkallvattnet inte förekommer (Boverket, 2008).

2.4.3 Varmvatten

Tappvarmvattnet temperaturen får inte understiga 50 °C vid samtliga tappställen och temperaturen får inte överstiga 60 °C vid användning för personlig hygien, enligt BBR. Förutom vid tappställen, får varmvattentemperaturen heller inte understiga 50 °C i någon del av tappvarmvattenssystemet. Detta går att förebygga på olika sätt t ex genom isolering (Boverket, 2008).

2.4.4 Legionella

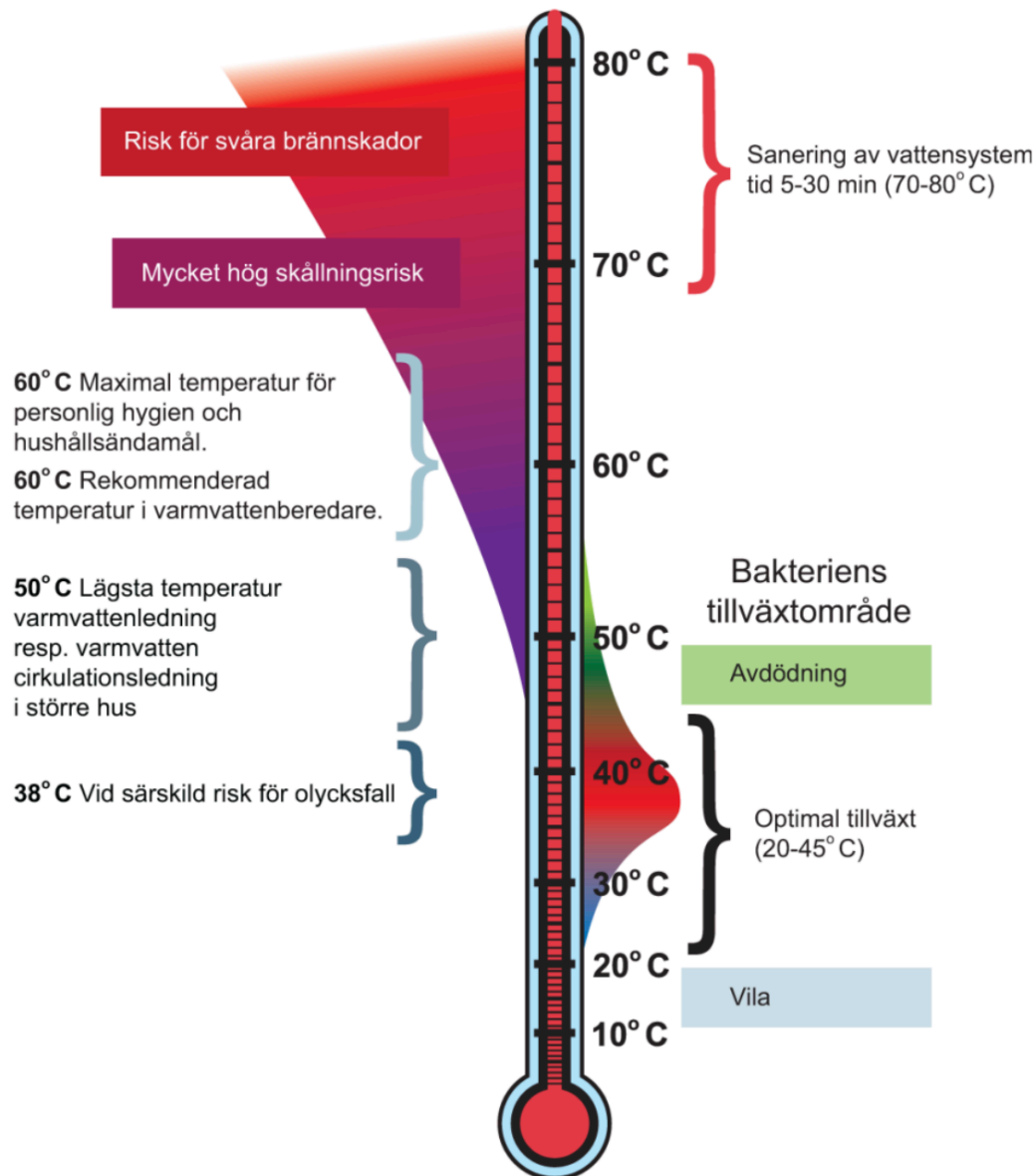
Legionellabakterien som förekommer naturligt i vatten, så som sjöar, grundvatten och vattendrag, har egenskapen att växa till kvantitet vid gynnsamma förutsättningar. Något som påverkar legionellabakteriens tillväxt är vattentemperaturen då tillväxten blir optimalt mellan 20 °C – 45 °C. Legionellabakterien kan även tillväxa i tappvattensystem vilket är anledningen till temperaturkraven som sätts på systemet. Legionärssjukan och Pontiacfeber är sjukdomar legionellabakterier orsakar. Legionärssjukan yttrar sig i hög feber, frossa, huvudvärk och muskelsmärter och ger även lungsymtom, andningssvårigheter och torrhosta och klassas som en alvarlig form av lunginflammation. Pontiacfeber ger influensaliknande symptom och är en akut sjukdom som oftast är kortlivad och går över av sig själv.

Att dricka vatten som innehåller legionellabakterier anses inte farligt då överföringen av legionellabakterier sker via inandning av vattendimor. Legionellabakterier är så små att de kan följa med i vattendimma som uppstår då vattenstrålar slås sönder så som duschning och bubbelbad. Bakterien följer med ner i lungorna vid inandning. Temperaturen i lungorna är gynnsamma för bakterien vilket leder till förökningen av bakterien. (Boverket, 2008, 2017; Pepper & Gerba, 2018)

2.4.4.1 Tillväxt

Som tidigare nämnts påverkas legionellabakterier bl a av vattentemperaturen. Förutom temperaturen påverkas de även av näringsämnen, som finns tillräckligt av i dricksvatten och

varmvatten. Vid temperaturer under 20°C sker ingen bakterietillväxt då bakterien är vid vila. Temperaturer mellan 20°C-45°C är då tillväxten av bakterierna sker men den optimala temperaturen anses vara mellan 35°C-40°C. Vid högre temperaturer börjar bakterien att dö. En annan viktig faktor är tiden. Det tar ungefär tio sekunder att döda 90% av bakterierna om vattnet håller en temperatur på 70°C tillskillnad ifrån vatten som håller 50°C, då det tar mellan fem till tio timmar att döda bakterierna. *Figur 5* som ses nedan, illustrerar temperaturområde för legionellbakterien (Boverket, 2017).



Figur 5. Illustrationen visar temperaturområde för legionellbakterien. Illustration: Boverket / Altefur Development

Det är alltså viktigt att vattnet i tappvattensystemet håller rätt temperatur hela tiden. BBR-föreskrifter och allmänna råd- avsnitt 6:622 som handlar om mikrobiell tillväxt, säger att:

Installationer för tappvatten ska utformas så att möjligheterna för tillväxt av mikroorganismer i tappvattnet minimeras. Installationer för tappkallvatten ska utformas så att tappkallvattnet inte värms upp oavsiktligt. Cirkulationsledningar för tappvarmvatten

ska utformas så att temperaturen på det cirkulerande tappvarmvattnet inte understiger 50 °C i någon del av installationen.

Temperaturen i varmvattnet som används för personlig hygien och hushållsändamål, föreskriver boverket att:

Installationer för tappvarmvatten ska utformas så att en vattentemperatur på lägst 50 °C kan uppnås efter tappstället. För att minska risken för skällning får temperaturen på tappvarmvattnet vara högst 60 °C efter tappstället.

2.5 Varmvattencirkulation, VVC

När varmvattnet i en bostad inte används under en längre period, exempelvis nattetid, kommer varmvattnet i ledningarna bli stillastående vilket leder till att vattnet svalnar. För att sedan få tillgång till varmvatten måste det avkylda varmvattnet i varmvattenledningen tömmas förens varmvattnet, med rätt temperatur, kommer fram. Detta leder till att väntetiden för varmvatten blir för lång, speciellt i byggnader med långa vattenledningar. För att kunna motverka detta installeras därför en VVC-ledning, varmvattencirkulationsledning, parallellt med varmvattenledningen (D.Olsson, 2003). Enligt BBR skall det kunna erhållas rätt tempererat varmvatten utan några besvärande väntetid. I föreskriftens allmänna råd anges det att:

Utformningen av vattenledningar och placeringen av vattenvärmare bör vara sådana att tappvarmvatten kan erhållas inom ca 10 sekunder vid ett flöde av 0,2 l/s. Detta gäller dock inte då tappvarmvatten bereds för ett enbostadshus.

I samband med kravskärpningar samt att tappvarmvattenenergin utgör en allt större andel i byggnaders totala energianvändning blir det allt viktigare med att titta på varmvattensidan där VVC-förlusterna är betydande. Den ökade kraven på att väntetiden ska minskas leder bl a till att VVC-ledningarna dras ända fram till tappställena. (VVC-ledningar och energieffektivisering)

2.5.1 VVC-förluster och flöde

Värmeförlusterna som tillkommer från ledningarna beror på flera olika faktorer så som, rörlängd, tappvarmvattentemperatur, omgivningstemperatur, isolering och dimension på vvc- samt varmvatten-ledning. VVC-flödet som beror på värmeförlusten beräknas sedan enligt

$$P_{rör} = \rho \cdot c_p \cdot q_{vvc} \cdot (T_{vv} - T_{retur}) \quad (W) \quad (6)$$

där $P_{rör}$ = VVC- och varmvattenlednings förluster (W)
 ρ = vattnets densitet, 1000 kg/m³
 c_p = Vattens specifika värmekapacitet, 4190 J/kg °C
 q_{vvc} = VVC-flöde (m³/s)
 T_{vv} = tillopps temperaturen (°C)
 T_{retur} = retur temperaturen (°C)

Eftersom varmvattentemperaturen, enligt BBR-kraven, inte får understiga 50°C vid samtliga tappställena samt i någon del i VVC-ledningen möjliggör det reglering av varmvattentemperaturen och flödet, så länge rätt temperaturer hålls. Ökning på flöde och höjning på tilloppstemperatur kan därför kompensera för minskad isolering och vice versa. Isolerings mängden blir därav en praktisk följd av funktionskraven.

Tabell 1. Isolertjocklek i mm för isoleringsnivåerna A, B, C, för tappvarmvatten (VV), varmvattencirkulation (VVC), värmevatten (FV) (primär- och sekundärsida), tappkallvatten (KV) samt IF:s rekommendationer för köldbärare (KB). Värmeförlusten anges i W/m för intervallets min- respektive maxrördiameter. Material lambdavärde $\lambda \leq 0,037 \text{ W/m } ^\circ\text{C}$ vid medeltemperatur $50 \text{ }^\circ\text{C}$. Omgivningstemperatur: VV/VVC, VS och FV: $20 \text{ }^\circ\text{C}$, KV: $25 \text{ }^\circ\text{C}$, KB: $23 \text{ }^\circ\text{C}$.

AMA VVS & KYL 2016		Isoleringsnivå A						IF rekommenderar	
Rörytterdiameter mm	VV/VVC ($\approx 55^\circ\text{C}$)		VS ($\approx 55^\circ\text{C}$)		FV ($\approx 90^\circ\text{C}$)		KV ($\approx 10^\circ\text{C}$)	KB ($\approx 10^\circ\text{C}$)	
	mm	W/m	mm	W/m	mm	W/m	mm	mm	W/m
Mindre än eller lika med 20	60	3,8	60	3,8	80	7,2	40	50	1,4
större än 20 till 50	80	3,4-5,1	80	3,4-5,1	100	6,6-9,8	40	60	1,3-2,0
större än 50 till 100	100	4,6-6,7	100	4,6-6,7	120	9,0-12,9	40	80	1,8-2,6
större än 100 till 200	120	6,0-9,3	120	6,0-9,3	160	11,1-16,5	40	100	2,3-3,6
större än 200 till 350	160	7,8-11,4	160	7,8-11,4	180	15,4-22,3	40	120	3,2-4,8
		Isoleringsnivå B						IF rekommenderar	
Rörytterdiameter mm	VV/VVC ($\approx 55^\circ\text{C}$)		VS ($\approx 55^\circ\text{C}$)		FV ($\approx 90^\circ\text{C}$)		KV ($\approx 10^\circ\text{C}$)	KB ($\approx 10^\circ\text{C}$)	
	mm	W/m	mm	W/m	mm	W/m	mm	mm	W/m
Mindre än eller lika med 20	50	4	50	4	60	8	40	40	1,5
större än 20 till 50	60	3,8-5,9	60	3,8-5,9	80	7,2-10,9	40	50	1,4-2,2
större än 50 till 100	80	5,1-7,6	80	5,1-7,6	100	9,8-14,2	40	60	2,0-3,1
större än 100 till 200	100	6,7-10,4	100	6,7-10,4	120	12,9-19,8	40	80	2,6-4,2
större än 200 till 350	120	9,3-13,9	120	9,3-13,9	160	17,9-26,5	40	100	3,6-5,4
		Isoleringsnivå C						IF rekommenderar	
Rörytterdiameter mm	VV/VVC ($\approx 55^\circ\text{C}$)		VS ($\approx 55^\circ\text{C}$)		FV ($\approx 90^\circ\text{C}$)		KV ($\approx 10^\circ\text{C}$)	KB ($\approx 10^\circ\text{C}$)	
	mm	W/m	mm	W/m	mm	W/m	mm	mm	W/m
Mindre än eller lika med 20	40	4,4	40	4,4	50	8,6	40	30	1,7
större än 20 till 50	50	4,0-6,4	50	4,0-6,4	60	8,0-12,5	40	40	1,5-2,5
större än 50 till 100	60	5,9-8,9	60	5,9-8,9	80	10,9-16,1	40	50	2,2-3,4
större än 100 till 200	80	7,5-12,1	80	7,5-12,1	100	14,2-22,2	40	60	3,1-5,1
större än 200 till 350	100	10,4-15,8	100	10,4-15,8	120	19,8-29,6	40	80	4,2-6,4

Utifrån hur energieffektiv isoleringen är, uppdelas denna i tre nivåer A-C där C motsvara minsta möjliga isolertjocklek för att kunna uppfylla BBR kraven (=minimikrav)(Svensk byggtjänst, 2015).

2.6 Teknisk isolering

Teknisk isolering används inom en mängd olika områden för kyl- och värmeisolering av VVS- och industriinstallationer. Teknisk isolering säkrar funktionen i installationer genom att behålla och leda värme eller kyla rätt. Detta resulterar i att teknisk isolering får hela byggnader och industrier att fungera.

Användningsområden för teknisk isolering omfattar, värme- och kylisolering av VVS-system för att minska på värme- och kylförluster, förhindra utvecklingen av bakterien legionella, förhindra kondensbildning, begränsa brandspridning, dämpa ljud, skydda omgivning och människor mot bränn- och frostsador. (Isoleringsfirmornas förening, 2015)

Att få en bra uppfattning på hur teknisk isolering fungerar, speciellt värmeisoleringen för tappvarmvattensystem då arbetet enbart ser på det området, kommer vara betydande för nästkommandemoment.

2.6.1 Värmeisolering

Vid värmeisolering används material som är porösa, alltså innehåller mycket luft eller andra gaser. Detta medför en god värmeisolerande förmåga hos dessa material då de har en låg skrymdensitet, och därav innehåller mycket luft eller andra gaser.

När man pratar om hur bra ett material isolerar använder man termen värmekonduktivitet. Värmekonduktiviteten har enheten $\text{W/m } ^\circ\text{C}$ betecknas med den grekiska bokstaven λ .

Materialtjockleken hos ett ämne påverkar inte lambdavärdet. Isolermaterial blir bättre desto lägre lambdavärde materialet har (Warfvinge & Dahlblom, 2010).

2.6.2 Mineralull

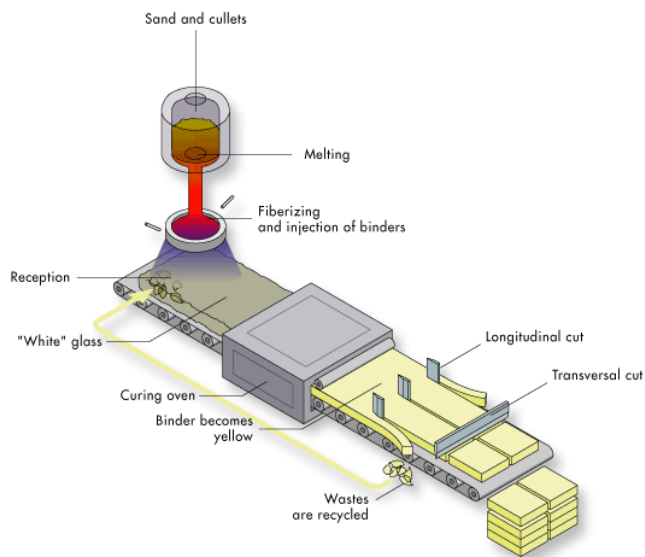
Isoleringsmaterial av mineralfiber som i första hand används till värmeisolering men även har egenskapen att ljudisolera har fått ett samlingsnamn som mineralull. Materialet består av långa och tunna fibrer vilket bildar en porös massa. Vid tillverkning av materialet används mineraliska råvaror, sand och sten. Beroende på vilket basmaterial som används vid tillverkning, delas mineralullen i två huvudgrupper, stenudd och glasull. Genom att sedan smälta råvaran, spinns smältan till fibrer. Det är viktigt att vid installering av isoleringen, att inte pressa ihop materialet då det kan leda till minskning av mängden luft eller andra gaser som ger materialet dess goda isoleringsförmåga (Swedisol, n.d.).

2.6.2.1 Tillverkning

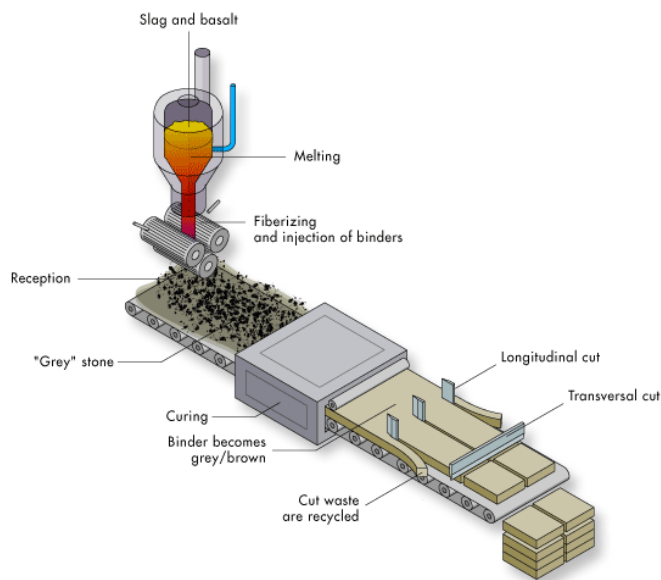
Vid tillverkning av mineralull krävs värmekälla samt mineralisk råvara. Utöver detta behöver man, som Philippe Derain skrev, "en förståelse för hur sockervadd blir till". Socker som placeras i en skål värms upp tills det att sockret tar en flytandeform. Skålen roteras sedan i en hög hastighet som tvingar flytande socker att passera genom små hål och bildar långa sockertrådar som snabbt svalnar av med hjälp av luften. Sockertrådarna som samlas upp bildar en porös vadd. Metoden som används vid mineralulltillverkning är nästan identiskt till den av sockervadd (Eurima, n.d.)(Derain, n.d.).

2.6.2.2 Produktionsprocessen

1. Inmatning
2. Smältugn
3. Spinning
4. Bindemedel
5. Härdning
6. Formning
7. Förpackning & förvaring



Figur 6. Simplifierad illustration på hur glasullstillverkning går till.



Figur 7. Simplifierad illustration på hur stenullstillverkning går till.

2.6.2.2.1 Inmatning

Vid tillverkning av stenull och glasull används mineraliska råvaror. Mineralullen är en fiberbaserad produkt. Råvaran skiljer sig åt beroende på vad som ska tillverkas.

- Stenull: Vulkanisk bergart
Återvunnet material
- Glasull: Sand
Soda
Kalksten
Fältspat

2.6.2.2.2 Smältning

Råmaterialet smälts sedan ned i en ugn. Smältningen sker i temperaturer mellan 1100–1600 °C, vilket är typiskt vid mineralullstillverkning. Något som har stor betydelse är att man håller rätt temperatur. Variationer på temperaturen kan leda till en försämrad kvalitet på slutprodukten

2.6.2.2.3 Spinning

Smälta råmaterialet som lämnar ugnen spins till långa fibrer. Detta görs via ett svänghjul som roterar i hög hastighet eller genom att smälta råvaran matas in i en roterande spinnare. Det är viktigt att denna process håller rätt hastighet för att kunna stabilera en framgångsrik tillverkning. Efter bildningen av fibrer får de kontakt med luft vilket kyler ned fibrerna snabbt. Dessa nedkylda trådarna samlas sedan ihop och bildar en luftig matta

2.6.2.2.4 Bindemedel

Mindre mängder av bindemedel adderas i fibrerna. Bindemedlets mängd anpassas beroende på användningsområdet.

2.6.2.2.5 Härdning

Långa fibrerna med tillsatt bindemedel samlas ihop och bildar en ullmatta som sedan hårdas i en härdugn. Processen gör att stenullen får en grå/brun färg och glasullen en gul färg.

2.6.2.2.6 Formning

Mattan som nu är helt klart formas utefter önskad storlek, kvalitet och form så som mattor, rullar m.m. Bortklippta delar samt överskottet återanvänd vid produktionsprocessen.

2.6.2.2.7 Förpackning & förvaring

Mineralullens elastiska egenskaper möjliggör komprimering vid förpackning som i sin tur leder till mindre transportkostnader då volymen minskar. Minskade volymen leder även till enklare förvaring.

2.6.3 Glasull

Glasullen mest kända användningsområde är ljud- och värmeisolering. Glasull produceras av kiselsand och återvunnet glas. Blandningen smälts och med hjälp av roterade spinnare bildas tunna fibrer. Den extremt låga vikten i förhållande till volymen, ger materialet sina goda egenskaper (Derain, n.d.).

DATA

Lambda: 0,036 – 0,039 W/m K

Skrymdensitet: 75 kg/m³

Produktion: Kiselsand Sand Soda Kalksten Fältspat
Återvunnet Glas 70-80%
90-95% av viktmassan (bergmaterial +glas)
Bindandemedel

2.6.4 Stenull

Grundkomponenten vid produktion av stenull är vulkaniskbergsmaterial som naturen producerar i stora mängder årligen. Lång hållbarhet i samband med att materialet tål temperaturer upp mot 1000 °C, gör stenullen till bland de mest använda isoleringsmaterialen. Råmaterialet som smälts ner, låts rinna över roterande hjul vilket spinner smältan till fibrer (Paroc, 2012).

DATA

Lambda: 0,037 – 0,039 W/m K

Skrymdensitet: 70-120 kg/m³

Produktion: Vulkaniskbergart (basalt, dolomit)
Återvunnet material
Bindemedel

2.6.5 Cellulosafiber isolering

Isoleringen är baserad på cellulosafiber som fås genom återvunnet tidningspapper. Alltså är råvaran trä vilket gör den till ett miljövänligmaterial. Pappret samlas in och sorteras innan den rivs och mals i två steg. Då cellulosa är ett organiskt material och är lätt antänd, blandas pappret, efter att det har gått igenom rivningsprocessen, med brandhämmande tillsatser. När produkten färdigställs så får den egenskaperna att isolera men även bra som ljudisolering samt skyddar mot brand. (ISOCELL)

Vid tillverkning av produkten går det åt väldigt lite energi. Enligt en jämförelse så är primärenergiuttaget endast en sjättedel av polystyren och en tredje del av mineralull. Eftersom cellulosa är ett hygroskopiskt material kan denna buffra fukt men ändå hålla isoleringsförmågan.

DATA

Lamda: 0,037 – 0,039 W/mK

Skrymdensitet: 28/65 kg/m³

Produktion:	Returpapper	90 viktprocent
	Flamskyddsmedel	7 viktprocent
	Borsyra	3 viktprocent

2.6.5.1 Returpapper

Störredelen av isoleringen består av returpapper som levereras av olika återvinningscentraler som leder till minskad naturresursåtgång som i sin tur leder till energibesparing och mindre miljöbelastning då produktionen av cellulosaisoleringen inte kräver några nya pappersprodukter. Eftersom returpapper är en återvunnen råvara kommer insamling och sortering belasta förgående produkt och inte produktionen av cellulosaisoleringen. Råvaruutvinningen bidrar därmed inte med några belastningar. (Enligt allmänna reglerna för livscykelanalys (V 1.5, dat. 2014-04-07) och PCR del A enligt Bau EPD GmbH)

2.6.5.2 Flamskyddsmedel

Flamskyddsmedel tillsätts för att minska risken för antändning av brännbara produkter. Några flamskyddsmedel som har hög effektivitet har tyvärr visat sig ha en negativ inverkan på miljön. Bromerade organiska flamskyddsmedel är en av ämnesgruppen som är utpekad som

skadlig. På samma sett som PCB, som är ett miljögift, har bromerade flamskyddsmedel likande spridningsmönster, dvs stabila och bioackumulerande. Det medför alltså att dessa ämnen inte bryts ned i naturen och på grund av detta anrikas i växter och djur.

Något som bör noteras är att en produkt som är behandlad med flamskyddsmedel är inte obrännbar utan är nästan lika brännbar som en obehandlad produkt men är istället svårantändlig. Röken som uppkommer vid brand kan vara mer besvärande till skillnad från en obehandlad produkt och även giftigare.

Brandegenskapen hos produkter så som cellulosisolering avviker från de ursprungliga kraven och eftersom då det i flesta fall finns obrännbara produkter som ersätter och som även uppfyller krav bör giltiga anledningar redogöras för att välja produkter utan kompenserade flamskyddsbehandling.

2.6.6 Rörisolering

För att utföra monteringen av rörisoleringen enkelt används det vanligtvis rörsålar eller isoleringsmattor. Rörsålar som enkelt monteras runt rören är cylinderformade. Rörsålar tillverkas i olika material samt storlek och tjocklek utefter önskad effekt samt förutsättningar. Dessa sålar är oftast beklädda med aluminiumfolie vilket gör att hanteringen av rörsålen blir enklare samt materialen sitter bättre. Vissa rörsålar har även egenskapen att följa rörens böjningar och är självhäftande. Klimatbelastningen som orsakas av beklädnaden räknas inte alltid med i produktens totala klimatbelastning, som redovisas i produktens miljövarudeklaration, utan är olika från produkt till produkt. I denna studie har det valts att försumma beklädnadens klimatbelastning för produkter som inte räknat med denna faktor. Detta valdes att göras utifrån beräkningarna som gjordes som visade att det inte var några större mängder vilket inte påverkade resultatet. *Figur 8* visar ett exempel på hur rörsålar kan se ut.



Figur 8. Rörsålar av stenull med ytskikt av armerad aluminiumfolie (Paroc, 2012)

Isoleringsmattor som används vid isolering av rör med större dimension kommer i två typer, nät- och lamellmattor. Nätmatta är en mineralullsmatta som fast sys med ett varmförzinkat trådnät för att hålla ihop mattan. Nätmattor kommer i olika tjocklekar och levereras i rullar. Vid tillverkning av lamellmattor använder man sig av mineralullsskivor som sågats i stavar. Dessa stavar limmas sedan fast på ett ytskikt av aluminiumfolie eller papper. Denna metod leder till att produkten både blir böjbar samtidigt som mattan får hög hållfasthet. *Figur 9* visar exempel på hur mattorna kan se ut (Paroc, 2015b, 2015a).



Figur 9. Illustration av lamellmatta till vänster och nätmatta till höger

2.6.7 Samisolering

Genom att samisolera VVC-rör med VV-rör är det möjligt att minska på värmeförlusterna i distributionssystemet vilket innebär att returledningen för VVC och distributionsledningen för tappvarmvatten isoleras samman. Detta möjliggör en minskning på värmeförlusten upp till 40% jämfört med separat isolering och sparar utrymme då installationen tar mindre plats (D.Olsson, 2003).

3 METOD

VVC-systemet utgör en betydande förlust som även Lokalförvaltningen uppmärksammat och lagt fokus på. För att undersöka miljöbelastningen som orsakas av värmeförlusten i tappvattensystemet, har undersökningar gjorts på olika material som alternativ för den tekniska isoleringen utefter konceptförskolans ritningar. Olika isoleringsmaterial samt alternativa tjocklek kommer användas för att beräkna värmeförlusten i VVC-ledningarna där material ställs mot drift. Eftersom materiallivslängden är satt till 50 år kommer även driftaspekten omfatta energiåtgången under 50 år. Material- och driftpåverkan kommer att redovisas i CO₂-eqv, koldioxidekvivalenter, för att hitta ett optimum, vilket innebär minsta totala klimatbelastningen för material och drift med CO₂-ekv som mått på klimatbelastningen. Därefter kommer de framtagna optimumen för respektive material ställas emot varandra för jämförelse.

För att se hur olika energikällor påverkar driften, kommer olika alternativ på energikällor inkluderas. Miljövärden i form av CO₂-eqv för samtliga material och energilag har samlats in från EPDer för att beräkningarna ska kunna baseras på samma grunder. Ett exempel på diagram redovisas nedan för att illustrera hur resultatet ska redovisas.

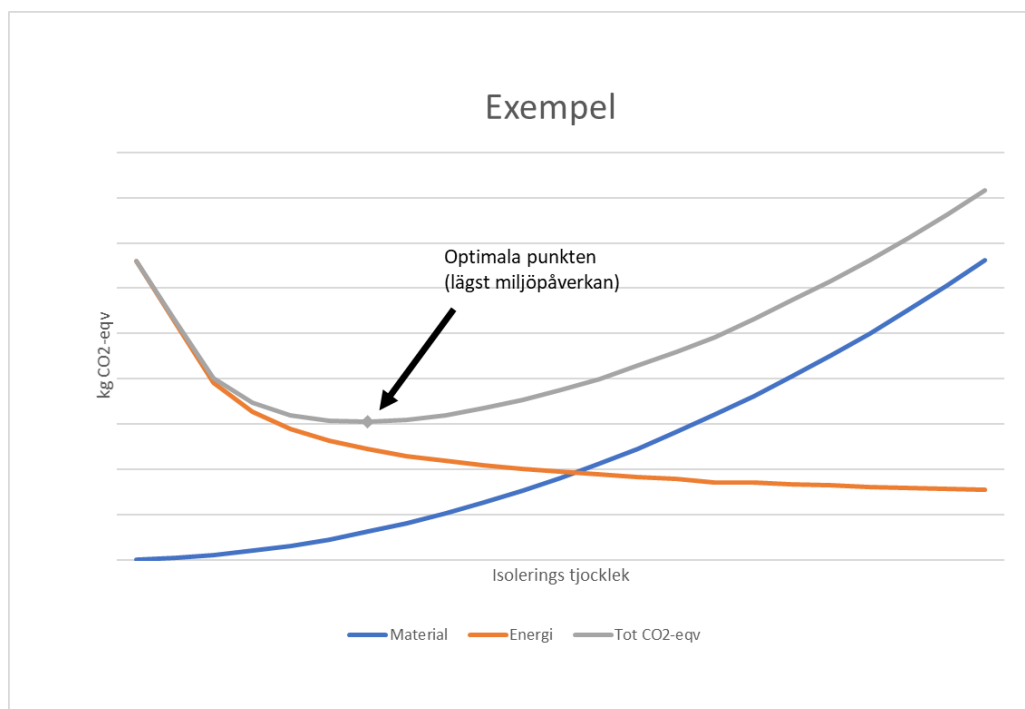


Diagram 1. Förklarande diagram på hur resultatet förväntas att redovisas.

3.1 Konceptförskolan, Grönskan

Ritningarna samt tekniska beskrivningen för konceptförskolan är utgångspunkten för projektet fossilfri förskola. Utifrån bestämmelser samt konceptförskolan, Grönskan, är målet att analysera och redovisa förbättringsmöjligheter ur miljösynpunkt. Grönska består av en huvudbyggnadsdel som benämns kärnan där två flyglar går ut. Huvudbyggnadsdelen omfattar två plan med storköket på plan ett och personalrum på plan två där VVC-system är projekterad, vilket beräkningarna baseras på. Flyglarna omfattar ytor för förskoleverksamhet där varmvattenberedare försörjer tappvarmvattenbehovet. Figur 12 illustrerar en del av principalschemat för tappvattensystemet i konceptförskolan, Grönskan (Göteborgs Stad, 2017; Lokalförvaltningen, 2017).

RBB.21 Termisk isolering med rörsålar av mineralull på rörledning

Isolervara: Rörsålar av mineralull.

Isolertjocklek enligt nedanstående tabell.

Isolering av kallvattenrör förses med diffusionsspärr.

Media	Dimension	Temp	Omgivningstemp.	Isolertjocklek
KV	ALLA	10°C	20°C	40mm
VS	≤Ø20	60°C	20°C	50mm
	>Ø20-50	60°C	20°C	60mm
	>Ø50-100	60°C	20°C	80mm
VV/VVC/VP	≤Ø50	60°C	20°C	60mm
	>Ø50-100	60°C	20°C	80mm

Mängd och dimension enligt ritning.

X m

Figur 10. Materialspecifikationer för konceptförskolan

För att kunna dra korrekta slutsatser studerades tekniska beskrivningarna för projektet. *Figur 10* visar den befintliga isoleringens tjocklek för respektive system och rördimension. Förutom isolertjockleken kan även andra indata ses. Utifrån dessa värden blev det möjligt att jämföra alternativa lösningar mot den befintliga.

Figur 11 visar planritningen för konceptförskolan och *figur 13* visar rörinstallationsritningarna.

3.2 EPD

Environmental Product Declaration (miljövarudeklaration), EPD är ett oberoende verifierat och registrerat dokument. EPD beskriver och ger jämförbara data om produkters och tjänsters miljöbelastning i ett livscykelerspektiv vilket hjälper till att få en uppfattning av miljöprestandan för gällande produkt.

Vid hantering av EPD så kollades det att respektive EPD är tillämpad efter SS-EN ISO 9001:2008 och SS-EN ISO 14001:2004, vilket är en del i en serie av standarder för kvalitetsledningssystem. Ur EPD erhöles miljöpåverkan för material, som valdes att använda i detta arbete, i form av koldioxidekvivalenter. Koldioxidekvivalenterna för material samt energi, antas vara konstant, för respektive beräkning, under systemets livslängd som är satt till 50 år.

Miljövarudeklarationer, EPD, fanns inte för vissa produkter. Detta löstes genom att använda EPD för liknande produkter från samma tillverkare och för samma material. Miljövärden som redovisades i EPD var per enhet. Enhets beskrivningen som oftast var för en kvadratmeter av produkten och en satt tjocklek förklaras i EPD, som är annorlunda för olika material. Denna faktor omvandlades sedan från CO₂-eqv per enhet till CO₂-eqv per massa (kg). På detta vis blev det möjligt att beräkna vidare.

3.3 Metodbeskrivning

Metoden som användes vid framtagande av optimala tjockleken samt jämförelse mellan olika material, bestod av tre steg.

- **Steg 1**, bestod av att analysera samt samla in data på olika isoleringsmaterial för att välja ut material som kan vara aktuellt för arbetet, både funktionsmässigt och materialets förhållning till miljön.
- **Steg 2**, bestod av att analysera ritningar från konceptförskola för att se hur systemet är upplagt och fungerar. Mätningar gjordes på ritningarna för att få fram samtliga rörlängder samt isolerings mängder för olika rördimensioner i tappvattensystemet.
- **Steg 3**, bestod av detaljerade beräkningar på värmeförlusten på varmvattencirkulationen. Beräkningarna var baserade på ritningarna från konceptförskolan och isoleringsmaterialen som valdes ut. Dessa ställas sedan mot varandra för att kunna beräkna fram optimala tjockleken, vilket motsvara tjockleken vid minsta totala klimatbelastningen.

3.4 Steg 1, analys och datainsamling

För att kunna nå målet om att minska på miljöbelastningen samt redovisa förbättringsmöjligheter, gjordes granskningar på olika material och energislag. Några avgränsningar gjordes på val av material och energikällor.

3.4.1 Material

Vid valet av isoleringsmaterial fokuserades på material som är aktuellt inom byggbranschen samt att materialet finns lokalt i Sverige. Miljövärden för materialen erhöles från EPD:er. Vid beräkningarna togs hänsyn till produktstadiet A1-A3, vilket innebär råvaruförsörjning,

transport och tillverkningsstadiet. Materialmängden erhöles från konceptförskolans CAD-ritningar.

3.4.2 Energislag

Energislaget som används vid uppvärmning av tappvarmvattensystemet bidrar till en stor del av den totala klimatbelastningen som är anknuten till systemet. Det är därför viktigt för arbetet att även kolla på hur driftaspekten kopplas och påverkar isolerings mängden. Driftenergin kommer enbart omfatta uppvärmningen för VVC-kretsen vilket innebär en konstant uppvärmning av VVC-systemet för att bibehålla minst 50°C på samtliga ställen i VVC-slingan genom fjärrvärmeväxlare.

3.5 Steg 2, analys av tappvattensystemet

Vid analys av ritningarna från konceptförskolan, separerades VVC- och VV-systemet. Detta gjordes för att en mer djupgående beräkning valdes att göras på VVC-ledningen. *Figur 12 och 13* illustrerar hur tappvatten systemet är upplagd där huskärnans tappvarmvattenförsörjning sker genom VVC-ledningar och avdelningarna nyttjar varmvattenberedare istället. Isolerings mängden på VV-ledningarna bevaras enligt projekterat. VVC-ledningarna omfattar däremot mer detaljerade beräkningar där alternativa tjocklek samt material används. driftaspekten regleras för att se hur resultatet påverkas av dessa olika indata.

3.6 Steg 3. Beräkningar

Beräkningsdelen som utgör den viktigaste punkten, gjordes efter att all data var insamlad. Teoretiska undersökningen samt analys som gjordes i tidigare skedet nyttjades här. Det viktiga med beräkningarna, förutom att minska miljöpåverkan, var att uppfylla funktion samt krav. Detta togs hänsyn till under beräkningarna.

4 MATERIAL, ENERGI & BERÄKNINGSMETOD

I detta kapitel redovisas mängder samt data på isoleringsmaterialet som har valts att se på. Därefter kommer en förklarade del av energilag samt redovisas värden. Sist i kapitlet förklaras beräkningsmetoden med bl a formler.

4.1 Material

Material mängden som togs fram var utifrån konceptförskolan, Grönskan. Då arbetet fokuserar på VVC-systemet, redovisas VV- och VVC-ledningarna på olika tabeller. Tabell 2 redovisar vilka mängder som har blivit uppmätta från ritningarna för varmvattenslingor.

Tabell 2. Material mängder av tappvarmvattensystemet i löpmeter (exkl. VVC rördimensionen i mm).

Typ	Size	Rörlängder med respektive isolerings tjocklek samt rör dimension				Tot Längd [m]
		19	22	40	60	
vv	16	165,5	0	0	6,8	172,3
vv	20	0	0	4	10,2	14,2
vv	25	0	2,7	0	65,1	67,8
vv	32	0	0	0	25,7	25,7

VVC-ledningarna som försörjer storkök samt huskärnan har följande isolerings mängder samt dimensioner:

Tabell 3. Varmvattencirkulations längder samt data.

	Typ		Size	Temp (°C)	Längd (m)	Befintlig iso (mm)	Flöde (l/s)
Hus- Kärnan	VVC	tillopp	25	55	22,5	60	0,0121
		retur	16	50	22,5	60	0,0121
Storkök	VVC	tillopp	25	55	16,5	60	0,0121
		retur	16	50	16,5	60	0,0121

Data som redovisas i Tabell 2 och 3 samlades in manuellt från konceptförskolans CAD-ritningar och det finns därmed en viss osäkerhet kring exakta mängder. Genom att använda samma data för varje beräkning kommer det ändå vara möjligt att jämföra resultatet mot varandra.

4.2 Glasull

Glasullen som är en typ av mineralull, är bland de vanligaste isoleringsmaterialen som används. Möjligheten att tillverka materialet från returglas och materialet goda isolerförmåga gör den till en miljöanpassad produkt vilket är anledningen till att materialet har fått vara en del av arbetet som tekniskt isoleringsmaterial.

4.2.1 ISOVER Climpipe section alu 2

Tabell 4. Produktvärden för rörskaål av glasull, Isover

Typ av isoleringsmaterila	Tillverkare	Produktnamn	Materialdensitet	CO2-eqv	Lambda-värdet
Glasull	ISOVER	Climpipe section alu 2	75	1,32	0,036

Climpipe section alu 2, som är en rörskaål av glasulls, tillverkas av ISOVER. Produkten har god isoleringsförmåga och är miljöanpassad. Några viktiga produktvärden redovisas i *tabell 4*. Produktens innehåll beskrivs nedan (ISOVER, 2016).

Komponent

Aluminiummytskikt

Vikt% av produkt <10
Aluminium <65
Glasfibernät <15
Polyetylen <35

Glasull

Vikt% av produkt >90
Bakelit <10
Glas >90

4.3 Stenull

Stenull tillsammans med glasullen kallas för mineralull. Även Stenullen är bland de vanligare isoleringsmaterialen som används. Vulkaniskbergsmaterial, som stenull produceras av, finns det gott om naturligt och årligen tillkommer det mer av. Stenullens råvara och materialets goda isolerförmåga är anledningen till att materialet har fått vara en del av arbetet som teknisk isolering.

4.3.1 Paroc, Product group with density: 70-120 & >120

Tabell 5. Produktvärden för rörskaål av stenull, Paroc

Typ av isoleringsmaterila	Tillverkare	Produktnamn	Materialdensitet	CO2-eqv	Lambda-värdet
Stenull	Paroc	Product group with density:70-120	93	1,22	0,037

Tabell 6. Produktvärden för rörskaål av stenull, Paroc

Typ av isoleringsmaterila	Tillverkare	Produktnamn	Materialdensitet	CO2-eqv	Lambda-värdet
Stenull	Paroc	Product group with density: >120	144	1,21	0,039

Stenullsisoleringen från Paroc har god isoleringsförmåga som skiljer sig någorlunda i lambda-värdet. Skillnaden på densiteten utgör dessa olika produktgrupper. Som kan ses på *tabell 5 och 6*, är miljövärden nästan lika (Paroc, 2014a, 2014b). Produkt innehåll beskrivs nedan.

Komponen

Stenull

Mineralull	96-99 %
Bindemedel	0-6 %
Dammbindande medel	0,1-0,5 %

4.4 Cellulosa

Cellulosaisolering är en förnyelsebar isolering från lokalt insamlat och sorterat returpapper. Därav är råvaran till cellulosa isoleringen trä som gör den till miljövänlig. Möjligheten att tillverka det lokalt gör cellulosa isoleringen till ett utmärkt val till arbetet.

4.4.1 ISOCELL, Cellulosafiberisolering

Tabell 7. Produktvärden för rörskål av cellulosaisolering, Isocell

Typ av isoleringsmaterila	Tillverkare	Produktnamn	Materialdensitet	CO ₂ -eqv	Lambda-värdet
Cellulosa	ISOCELL	Cellulosaisolering	28-65	0,19	0,039

ISOCELL är tillverkaren till cellulosaisoleringen som redovisas i *tabell 7*. ISOCELL använder sig utav insamlat och sorterat tidningspapper vid tillverkningen av isoleringsprodukten. Miljövärdet på cellulosaisoleringen är oerhört bra tillskillnad från tidigare nämnda isoleringsprodukter vilket kan ses på *tabell 7*.

4.5 Energi

För driftberäkningar användes fjärrvärme som energislag. Miljövärden erhöles från leverantören, Göteborgs Energi. Driftberäkningarna baserades på tre olika förutsättningar, vilket var fjärrvärme med dagens aktuella miljövärde, fjärrvärme med bra miljöval samt fjärrvärme antagande för 2030. Detta gjordes för att se hur variationer på driftsidan påverkar resultatet

4.5.1.1 Fjärrvärme miljövärden 2017

Fjärrvärme med dagens miljövärden låg på totalt 64g CO₂-ekvivalenter/kWh. Det totala miljövärdet omfattar 53g CO₂-ekvivalenter/kWh från förbränning, 6g CO₂-ekvivalenter/kWh från transport och produktion av bränsle och 5g CO₂-ekvivalenter/kWh från använd el. Fossilt andel för levererad fjärrvärme är 8%.

4.5.1.2 Fjärrvärme, Bra miljöval

För fjärrvärme med bra miljöval låg miljövärden på totalt 14g CO₂-ekvivalenter/kWh. Det totala miljövärdet omfattar 3g CO₂-ekvivalenter/kWh från förbränning, 6g CO₂-ekvivalenter/kWh från transport och produktion av bränsle och 5g CO₂-ekvivalenter/kWh från använd el. Fossilt andel för levererad fjärrvärme är 0%.

4.5.1.3 Fjärrvärme, prognos för 2030

En viktig del av arbetet var att försöka se hur driftaspekten kan komma att ändras under förskolans livstid. Detta på grund av att göra det möjligt att undersöka om driftenergin bidrar till en viss omvärdering av resultatet.

Vid antagandet var utgångspunkten dagens miljövärden för fjärrvärme. Det antogs att den fossila andelen blev 0%, samt att övriga andelar minskar med 60%. Utifrån dessa antagande blev, fjärrvärmes miljövärde för 2030, till 35g CO₂-ekvivalenter/kWh.

Prognosen gjordes för att försöka visa, i form av koldioxidekvivalenter, hur miljövärdes förändringar på driftenergin påverkar ett system.

4.6 Beräkningsmetod

Beräkningsfasen innehöll flera moment där första momentet bestod av att beräkna värmegenomgången för olika isolerings tjocklek samt material. Beräkningarna för värmegenomgången gjordes enligt:

$$\frac{dQ}{dL} = \frac{t_{fA} - t_{fB}}{\frac{1}{2\pi r_1 \alpha_i} + \frac{1}{2\pi \lambda_1} \ln \frac{r_2}{r_1} + \frac{1}{2\pi \lambda_2} \ln \frac{r_3}{r_2} + \frac{1}{2\pi r_3 \alpha_u}} \quad \left[\frac{W}{m} \right] \quad (7)$$

Där	t_{fA}	= Temperaturen i för fluid A i betraktat rörsnitt, dL, [° C]
	t_{fB}	= Temperaturen i för fluid B i betraktat rörsnitt, dL, [° C]
	r	= radie [m]
	α_i	= värmeövergångskoefficienten p g a konvektion inne i röret [W/m ² ° C]
	α_u	= värmeövergångskoefficienten p g a konvektion på utsidan av röret [W/m ² ° C]
	λ	= värmekonduktiviteten för respektive rörsnitt [W/m ° C]
	L	= rörets axiella längd [m]

Vid beräkningen av värmegenomgången delades totala rörlängden för VVC-ledningen i delar för att ta hänsyn till temperaturminskningen i ledningen. Detta visade sig vara försumbart på grund av att VVC-ledningens längd inte var så stor. Med hjälp av värmeförlustberäkningen räknades temperaturerna fram enligt:

$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho_{vatten} \cdot c_{p,vatten} \cdot \Delta T \quad [kW] \quad (8)$$

Där	\dot{Q}	= effekt	[W]
	\dot{V}	= flöde	[m ³ /s]

Efter att ha beräknat klart värmeförlusten för respektive material samt isolerings tjocklek gjordes beräkningar på miljöbelastningen på energi och material.

Beräkning av CO₂-eqv för energi

$$CO_2 - ekv = \left[kWh/\ddot{a}r \right] \cdot [kg CO_2 - ekv/kWh] \quad (9)$$

Beräkning av CO₂-eqv för isoleringsmaterial

$$CO_2 - ekv = [kg_{material}] \cdot [kg CO_2 - ekv /kg material] \quad (10)$$

5 RESULTAT

Detta kapitel redovisar resultatet för metodbeskrivningen som gjordes i förgående kapitel. Redovisningen av resultatet kommer att delas upp för respektive material. Redovisningen kommer vara i form av diagram där optimering har gjorts för varje energislag. Tabeller kopplade till varje diagram redovisar värden samt procentuell minskning på koldioxidekvivalenter, mellan befintlig och optimaltillståndet. Slutligen kommer en jämförande del av kapitlet ställa material mot varandra.

5.1 Beskrivning

Beräkningarna gjordes för flera olika fall med materialet i fokus. Klimatbelastningen från utvalda materialen som redovisades i förgående kapitel, ställdes emot klimatbelastningen från driftenergin, som också redovisades i förgående kapitel. Isolertjockleken avgränsades till mellan 0 - 0.22 m. Kopplingar gjordes, vid varje beräkning, till befintliga systemet. Med befintliga systemet menas mängder enligt projekterat sen tidigare för konceptförskolan. Detta motsvarar rörskålar med 60 mm isolertjocklek av mineralull utförd med värmekonduktivitet på 0,037 W/m K. Optimala tjockleken som redovisas och jämförs med den befintliga tjockleken, menar fallet som ger lägst total CO₂ ekvivalenter för material och energi sammanlagt.

5.2 Glasull

5.2.1 Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden

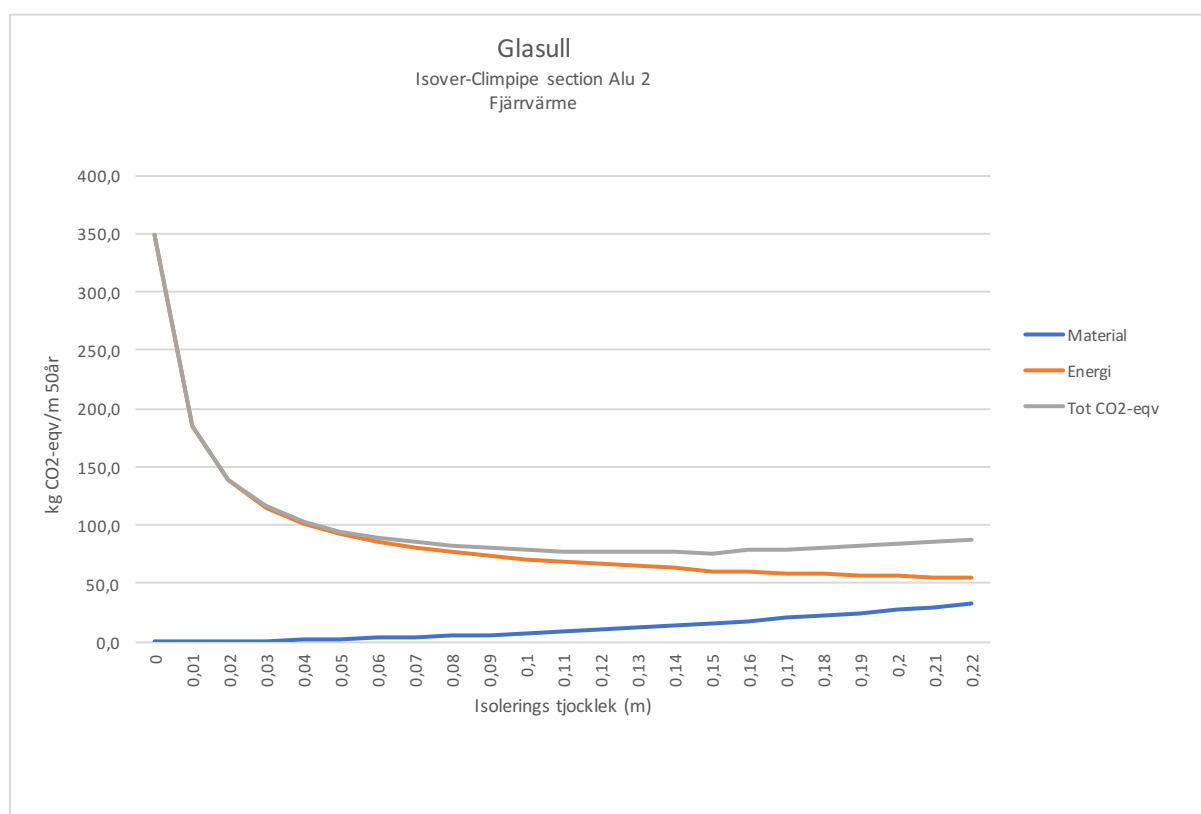


Diagram 2. Miljöbelastningen med dagens miljövärden på fjärrvärme som energislag och glasull som isoleringsmaterial.

Tabell 8. Redovisning av diagramvärden för diagram 2 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-equiv för material	kg CO2-equiv för drift	Tot kg CO2-equiv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,1	86,2	89,3	3,4	96,6
Optimala	0,15	16,0	60,2	76,3	21,0	79,0
			Minskning av Tot kg CO2-equiv (%)	14,5		

I *diagram 2* kan resultatet av beräkningarna observeras för glasull som isoleringsmaterial och fjärrvärme som energislag. Som diagrammet visar kan tydliga skillnader mellan energi och material observeras. *Tabell 8*, som redovisar diagramvärden, kan optimala isolerings tjockleken läsas av. Mer än de dubbla isolerings tjockleken krävs jämfört med den befintliga isoleringen för att nå optimaltillståndet vilket medför en minskning på 14,5 % eller 13,0 kg CO2-equiv/m rör. Det går även att se hur fördelningen av klimatbelastning mellan material och energi skiftar mellan den befintliga och optimala isolerings mängden.

5.2.2 Energikälla: Fjärrvärme, Bra miljöval

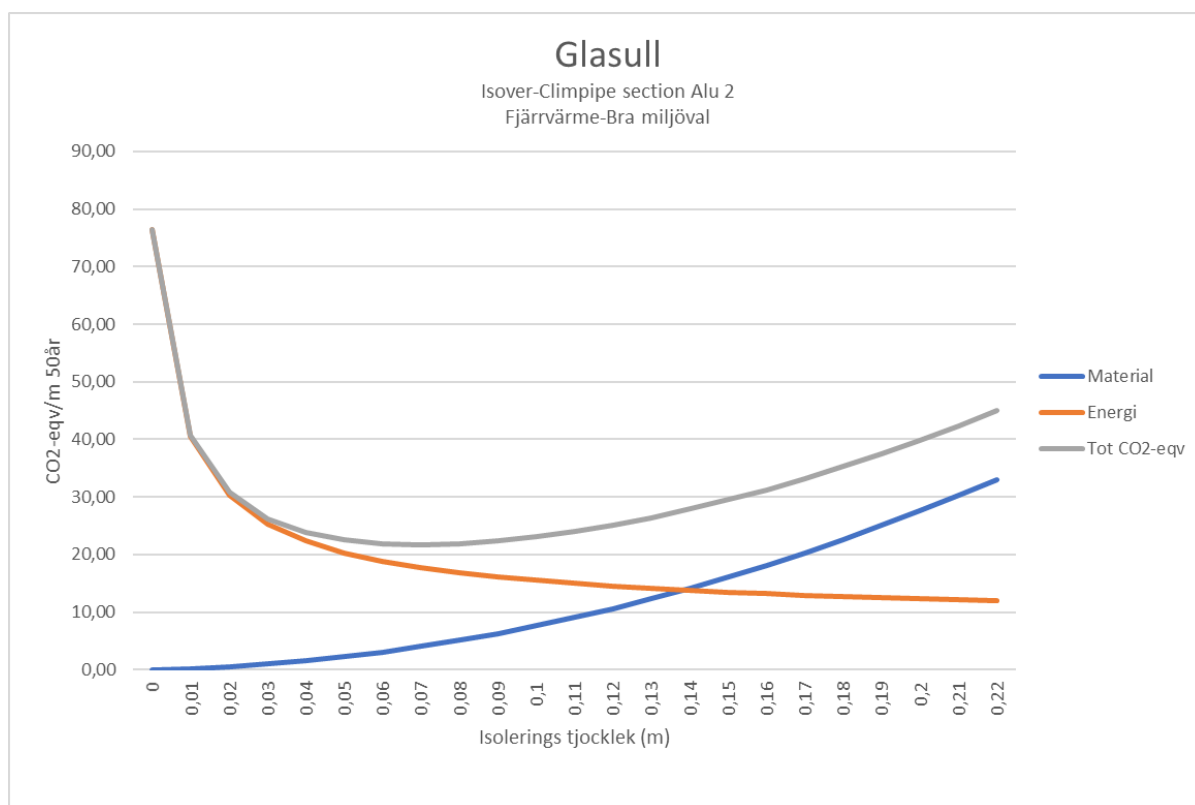


Diagram 3. Miljöbelastningen med fjärrvärme-bra miljöval som energislav och glasull som isoleringsmaterial.

Tabell 9. Redovisning av diagramvärden för diagram 3 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV, Bra miljöval	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,1	18,9	21,9	14,0	86,0
Optimala	0,07	4,0	17,7	21,7	18,5	81,5
			Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	0,8		

I *diagram 3* kan resultatet av beräkningarna observeras för glasull som isoleringsmaterial och fjärrvärme med bra miljöval som energislav. För detta fall ses att materialet utgör en större andel av den totala miljöpåverkan. För mindre isolertjocklekar är fortsatt driftenergin större men från 140 mm tjocklek och större så är faktiskt materialets miljöpåverkan större än driftenergin. Detta resulterar i att optimaltillståndet, med lägst miljöpåverkan, nästan sammanfaller med befintliga isolerings mängden vilket även redovisas i *Tabell 9*. Med dessa indata blir minskningen endas 0,8% eller 0,3 kg CO2-eqv/m rör.

5.2.3 Energikälla: Fjärrvärme, 2030

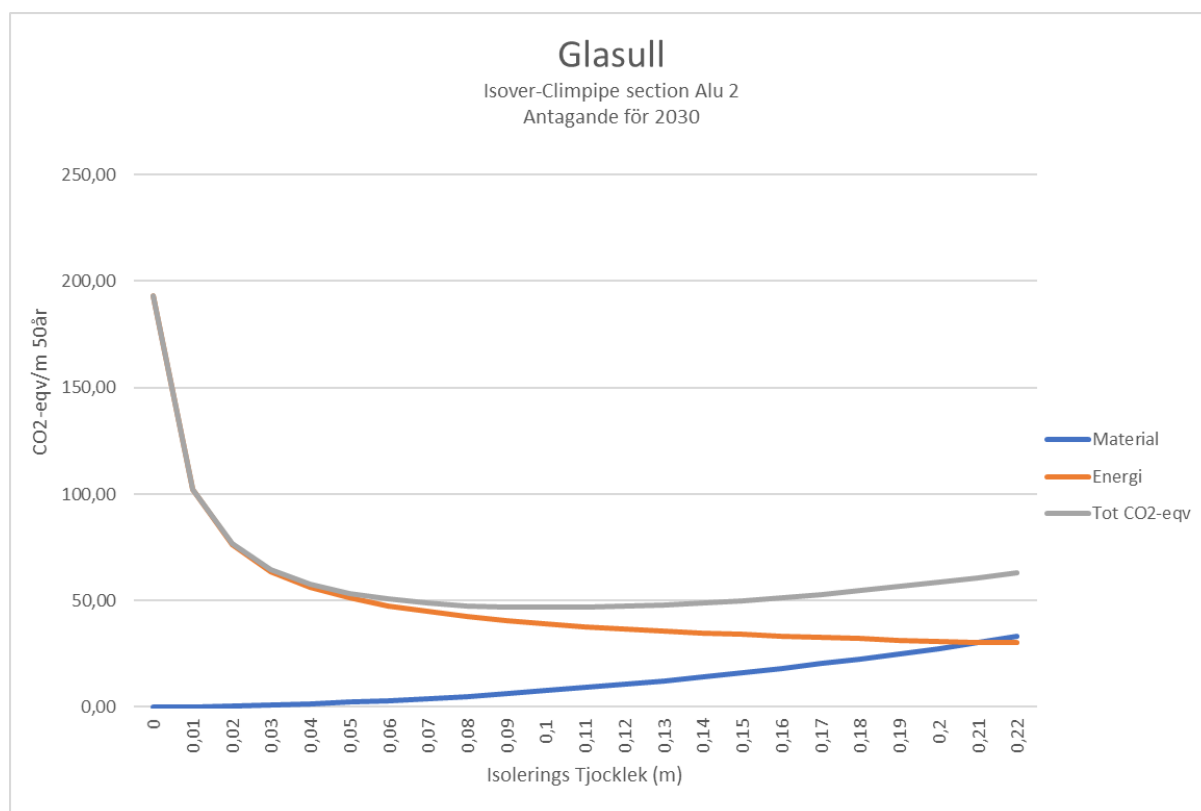


Diagram 4. Miljöbelastningen med fjärrvärmes miljövärde antagandet för 2030 som energislag och glasull som isoleringsmaterial.

Tabell 10. Redovisning av diagramvärden för diagram 4 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värderna som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV, 2030	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,1	47,6	50,6	6,1	93,9
Optimala	0,1	7,6	39,1	46,7	16,3	83,7
			Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	7,8		

I *diagram 4* kan resultatet av beräkningarna observeras för glasull som isoleringsmaterial och, antagna fjärrvärmes miljövärden för 2030, som energislag. Som diagrammet visar är det möjligt att se skillnaden på miljöpåverkan mellan material och energi där driftaspekten står för högre andel i den totala miljöbelastningen, nästan genom hela diagrammet.

Diagramvärdena som kan observeras i *Tabell 10*, redovisar en minskning på 7,8 % eller 3,9 kg CO2-eqv/m rör när man går från befintlig till optimal isolertjocklek. För att nå optimeringen måste isolerings tjocklek ökas till 0,1 m vilket motsvarar en ökning på 0,04 m på isolerings tjockleken.

5.3 Stenull 70-120

5.3.1 Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden

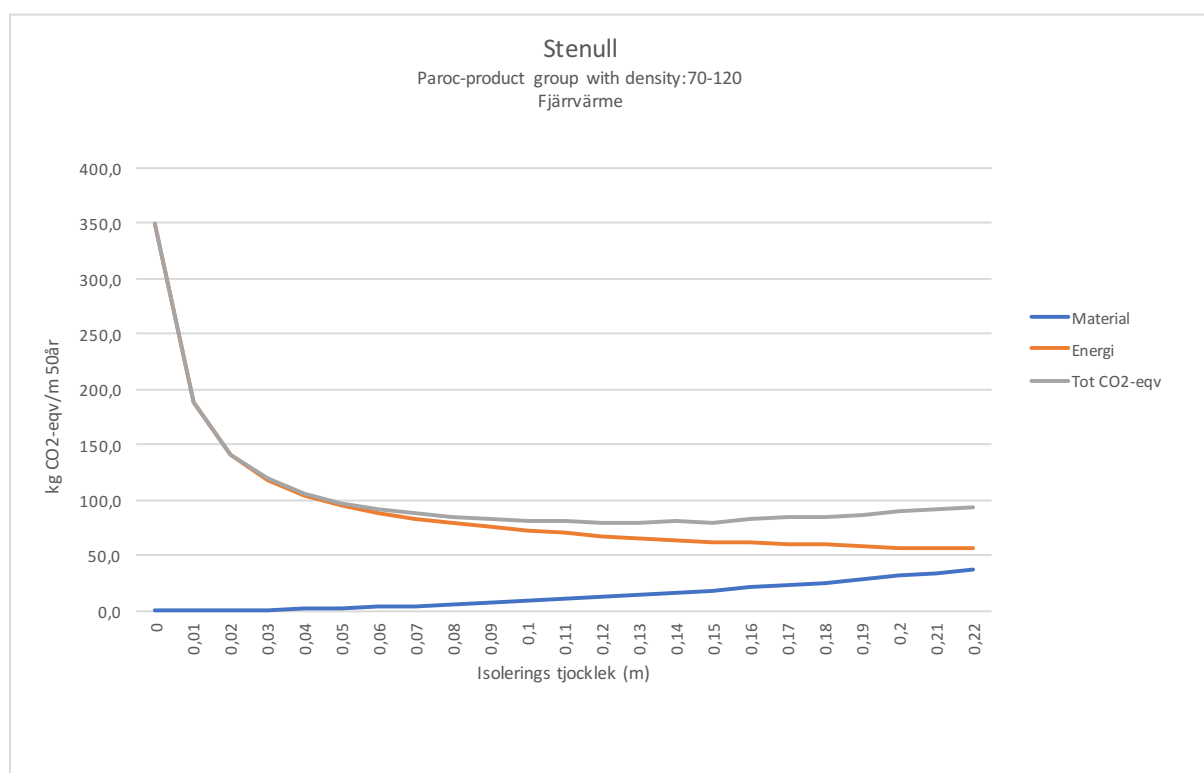


Diagram 5. Miljöbelastningen med dagens miljövärden på fjärrvärme som energislag och stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 11. Redovisning av diagramvärden för diagram 5 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-equiv för material	kg CO2-equiv för drift	Tot kg CO2-equiv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,5	88,4	91,9	3,8	96,2
Optimala	0,15	18,5	61,8	80,3	23,0	77,0
			Minskning av Tot kg CO2-equiv (%)	12,6		

I *diagram 5* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och fjärrvärme som energislag. Diagrammet visar att driftenergin utgör den största andelen av den totala miljöpåverkan oavsett isolertjocklek och för tjocklekar 0,1 m och lägre är driftenergin helt dominerande. Denna skillnad ser man genom hela diagrammet. Även *tabell 11* som redovisar diagramvärden, visar andelsskillnaden mellan drift och material. Minskningen av den totala klimatbelastningen, från befintliga till optimal, som kan ses i *tabell 11* ligger på 12,6 % eller 11,6 kg CO2-equiv/m rör. Den optimala isolerings tjockleken som är 0,15 m är mer än den dubbla tjockleken av det befintliga.

5.3.2 Energikälla: Fjärrvärme-Bra miljöval

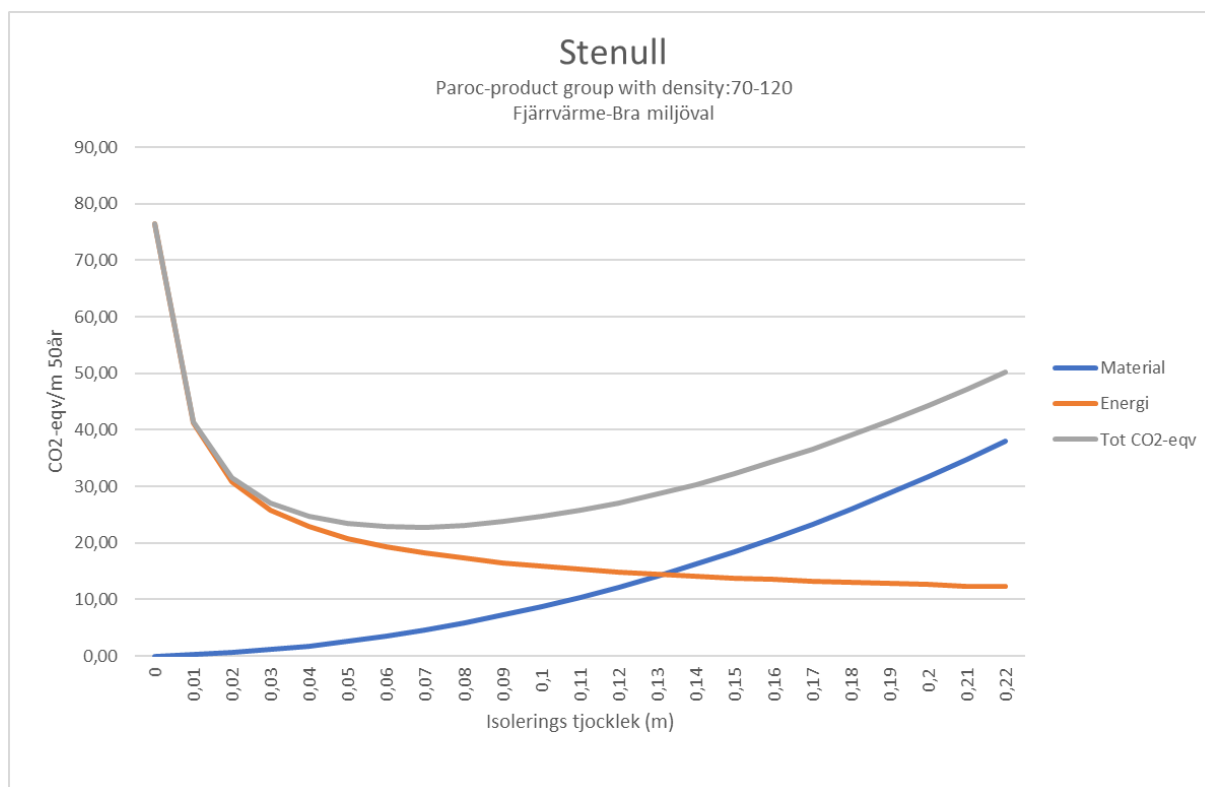


Diagram 6. Miljöbelastningen med fjärrvärme-bra miljöval som energislag och Stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 12. Redovisning av diagramvärden för diagram 6 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterörledning.

FJV, Bra miljöval	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,5	19,3	22,9	15,4	84,6
Optimala	0,07	4,6	18,2	22,8	20,3	79,7
			Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	0,2		

I *diagram 6* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och fjärrvärme med bra miljöval som energislag. med enlighet till diagrammet kan man observera att driftaspektens miljöbelastning högt vid mindre isolertjocklek medens materialaspekten tar över med större tjocklek. Detta leder till optimala tjockleken ligger nära den befintliga, med skillnad på 0,01 m på tjockleken. *Tabell 12* som redovisar detta, visar även att minskningen endast ligger på 0,2 % eller 0,1 kg CO2-eqv/m rör.

5.3.3 Energikälla: Fjärrvärme, 2030

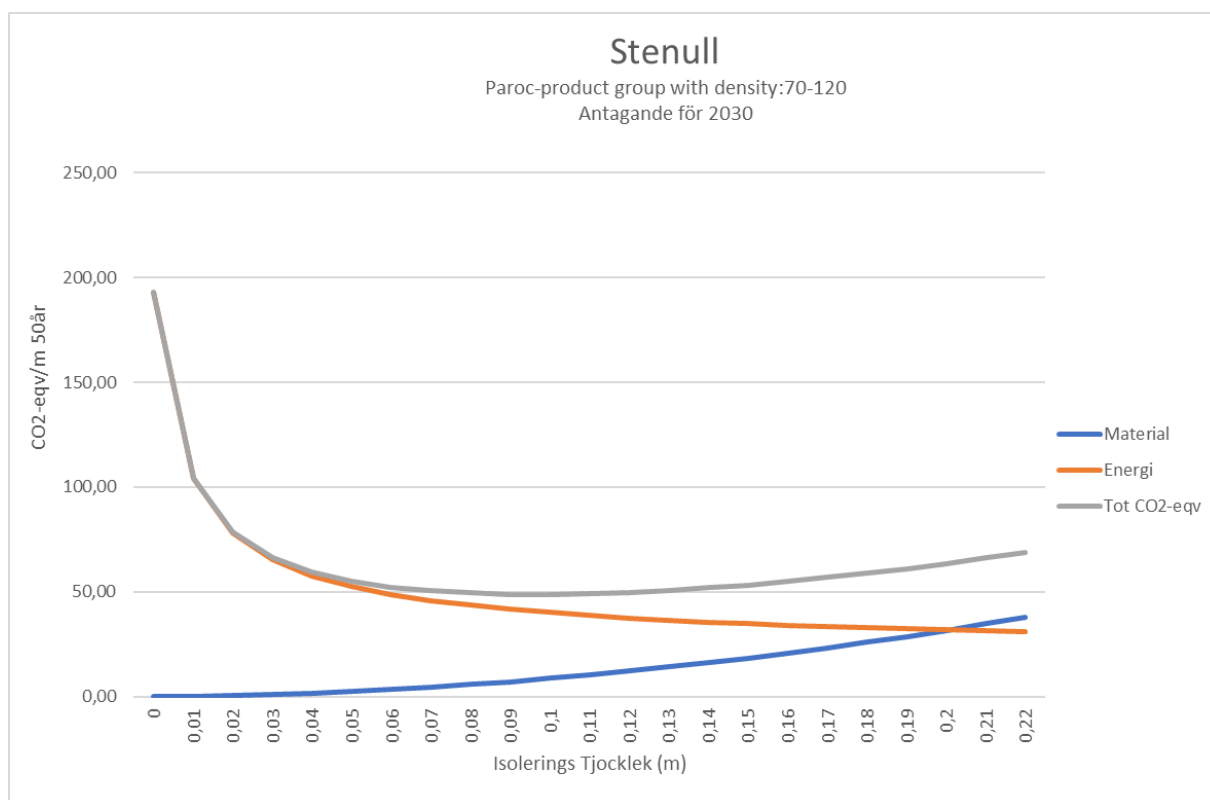


Diagram 7. Miljöbelastningen med fjärrvärmes miljövärde antagande för 2030 som energislag och stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 13. Redovisning av diagramvärden för diagram 7 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV, 2030	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,5	48,8	52,3	6,7	93,3
Optimala	0,1	8,7	40,1	48,9	17,9	82,1
				Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	6,6	

I *diagram 7* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och, antagna fjärrvärmes miljövärden för 2030, som energislag. Diagrammet visar att driftaspekten har mer miljöpåverkan än materialet, förutom vid de tre största isolerings tjockleken beräkningarna gjordes på. *Tabell 13* redovisar att optimala tjockleken ligger på 0,1 samt minskningen blir 6,6 % eller 3,4 kg CO2-eqv/m rör.

5.4 Stenull >120

5.4.1 Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden

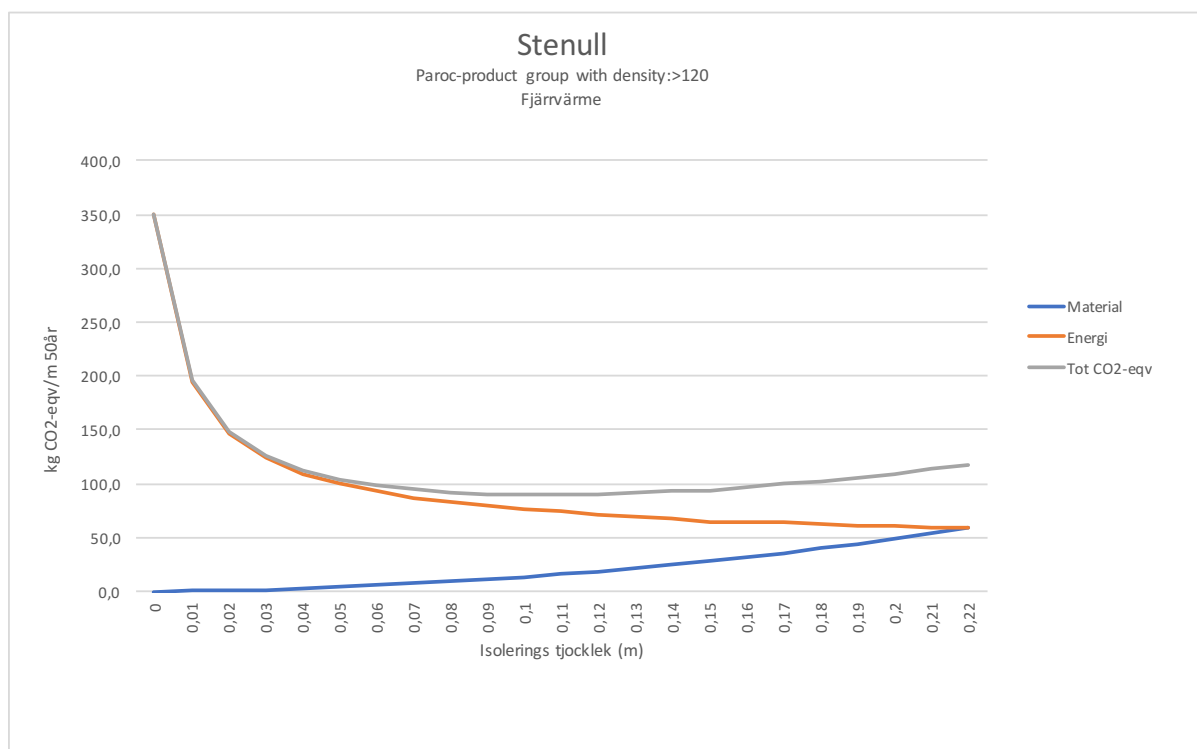


Diagram 8. Miljöbelastningen med dagens miljövärden på fjärrvärme som energislag och stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 14. Redovisning av diagramvärden för diagram 8 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värderna som redovisas är per för 50 års-period och löpmeterrörledning.

FJV	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-equiv för material	kg CO2-equiv för drift	Tot kg CO2-equiv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	5,4	92,7	98,2	5,5	94,5
Optimala	0,11	16,0	73,8	89,8	17,8	82,2
			Minskning av Tot kg CO2-equiv (%)	8,5		

I *diagram 8* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och fjärrvärme som energislag. Den tydliga skillnaden mellan material och energi kan observeras i diagrammet. Miljöbelastningen orsakad av energin överväger materialets miljöbelastning. Minskning på 8,5 % eller 8,4 kg CO2-equiv/m rör kan ses på *tabell 14* som redovisar diagramvärden.

5.4.2 Energikälla: Fjärrvärme-Bra miljöval

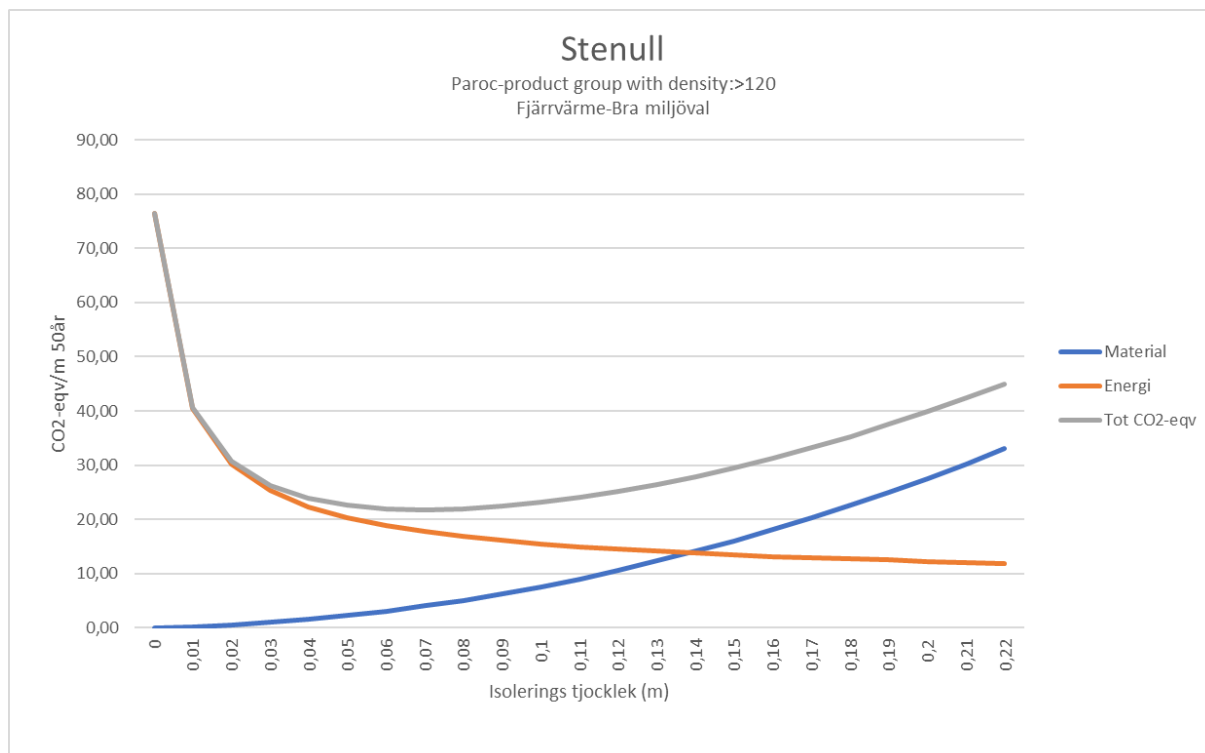


Diagram 9. Miljöbelastningen med fjärrvärme-bra miljöval som energislag och Stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 15. Redovisning av diagramvärden för diagram 9 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterörledning.

FJV, Bra miljöval	Isoleringstjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	5,4	20,3	25,7	21,1	78,9
Optimala	0,06	5,4	20,3	25,7	21,1	78,9
			Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	0,0		

I *diagram 9* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och fjärrvärme med bra miljöval som energislag. Det kan observeras enligt diagrammet att material påverkan är större än tidigare exempel. Enligt *tabell 15*, sammanfaller den befintliga tjockleken med den optimala. Detta leder till att minskningen blir 0.

5.4.3 Energikälla: Fjärrvärme, 2030

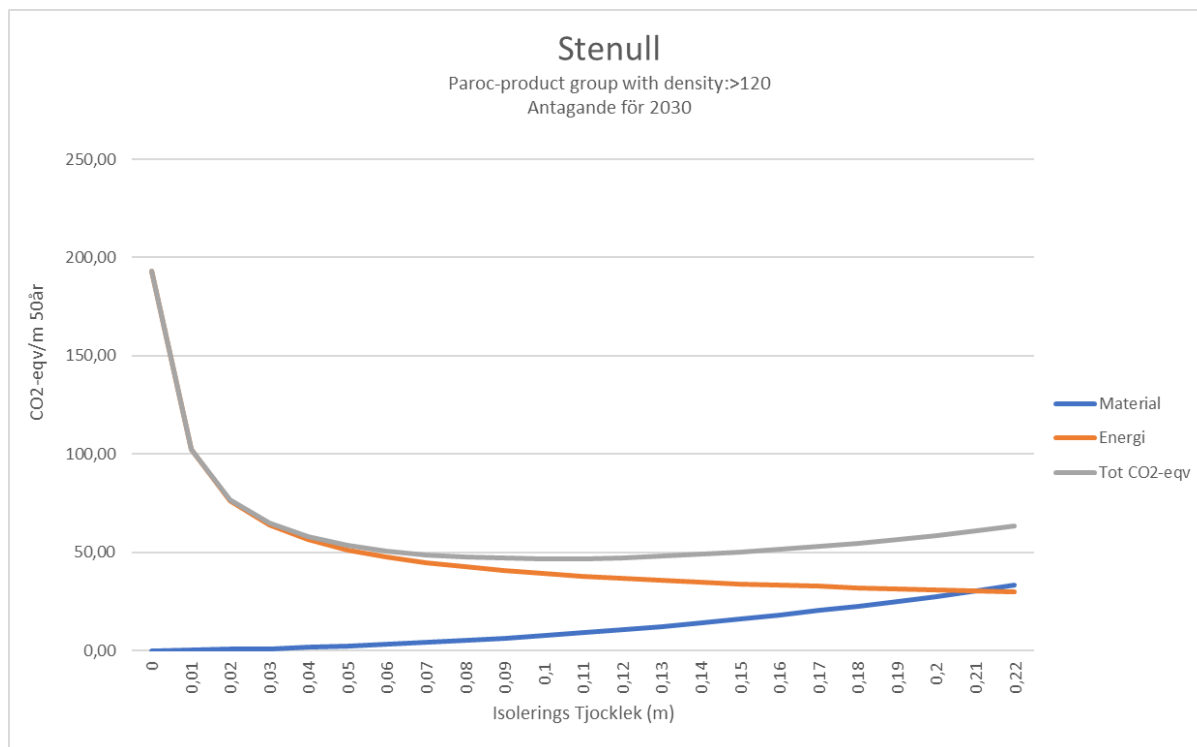


Diagram 10. Miljöbelastningen med fjärrvärmes miljövärde antagande för 2030 som energislag och stenull som isoleringsmaterial.

Tabell 16. Redovisning av diagramvärden för diagram 10 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterörledning.

FJV, 2030	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-equiv för material	kg CO2-equiv för drift	Tot kg CO2-equiv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	5,4	51,2	56,6	9,6	90,4
Optimala	0,08	9,0	45,8	54,8	16,4	83,6
			Minskning av Tot kg CO2-equiv (%)	3,3		

I *diagram 10* kan resultatet av beräkningarna observeras för stenull som isoleringsmaterial och, antagna fjärrvärmes miljövärden för 2030, som energislag. Som diagrammet visar är driftaspekten även här större än materialets miljöbelastning. En minskning på 3,3 % eller 1,8 kg CO2-equiv/m rör kan observeras i *tabell 16*.

5.5 Cellulosaisolering

Tillskillnad från mineralullen som redovisade tidigare, har cellulosa som material väldigt låg miljöpåverkan. Detta ledde till att beräkningarna inte kunde redovisa optimala tjockleken för cellulosaisoleringen inom avsatta värden på isolertjockleken. Material med låga miljövärden, som i fallet med cellulosaisoleringen, blir driftenergin helt avgörande då materialet i sig bidrar väldigt lite till den totala klimatbelastningen. Därmed ger beräkningarna inte någon optimal avvägning mellan mängd isolering och energiförluster utan det blir istället praktiska krav, främst utrymme som avgör hur tjock isolering som ska användas. Enligt *diagram 11, 12 och 13* kan man se att den totala CO₂-eqv nästan går parallellt vid större isolerings tjocklekar vilket stärker bedömningen ovan. På grund av detta valdes det istället att använda en isolertjocklek på 100 mm, dvs en ökning på 40 mm från det befintliga tjockleken. Detta för att kunna jämföra klimatbelastningen vid ökad isolertjocklek.

5.5.1 Energikälla: Fjärrvärme med dagens miljövärden

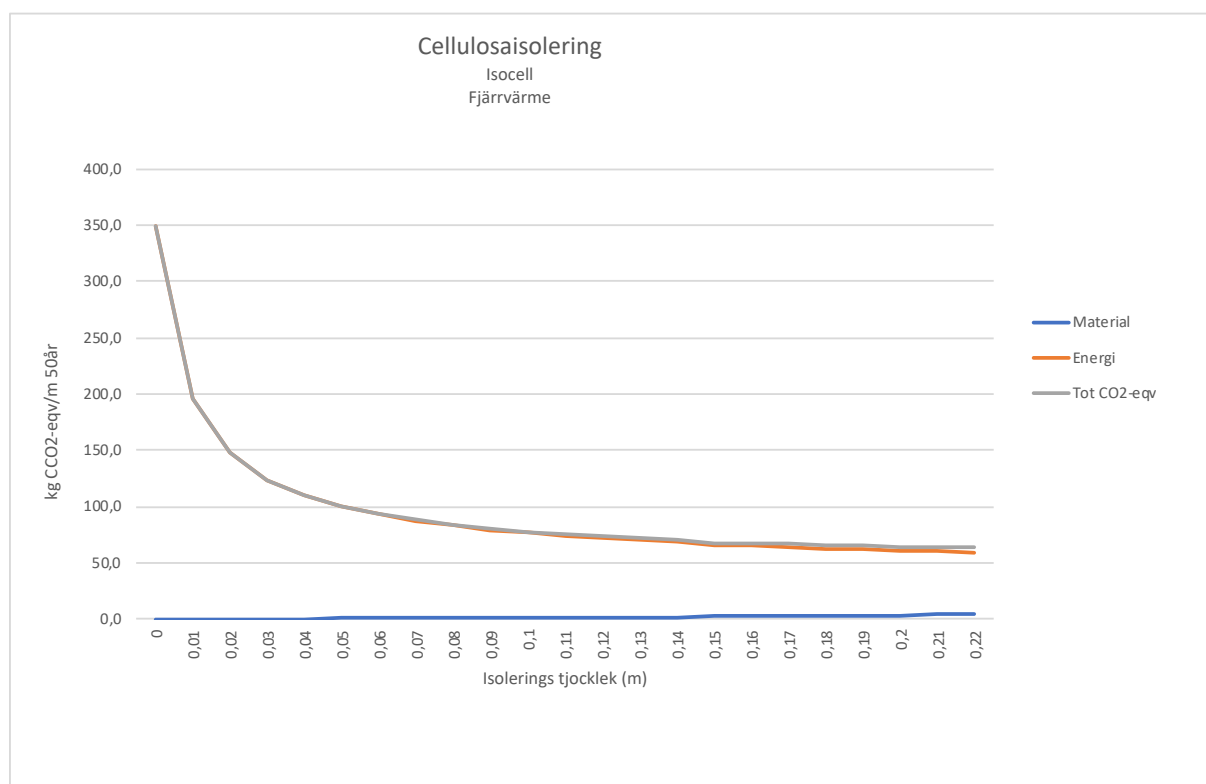


Diagram 11. Miljöbelastningen med dagens miljövärden på fjärrvärme som energislag och cellulosa som isoleringsmaterial.

Tabell 17. Redovisning av diagramvärden för diagram 11 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO ₂ -eqv för material	kg CO ₂ -eqv för drift	Tot kg CO ₂ -eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	0,38	92,7	93,1	0,4	99,6
Ökning med 0,04 m	0,10	1,0	76,4	77,3	1,2	98,8
			Minskning av Tot kg CO ₂ -eqv (%)	16,9		

I *diagram 11* kan resultatet av beräkningarna observeras för cellulosa som isoleringsmaterial och fjärrvärme med dagens miljövärden som energislag. Som diagrammet visar är driftaspekten större än materialets miljöbelastning. Vid ökning av isolertjockleken med 0,04 m minskar den totala klimatbelastningen med 16,9 % eller 15,8 kg CO₂-ekv/m rör.

5.5.2 Energikälla: Fjärrvärme-Bra miljöval

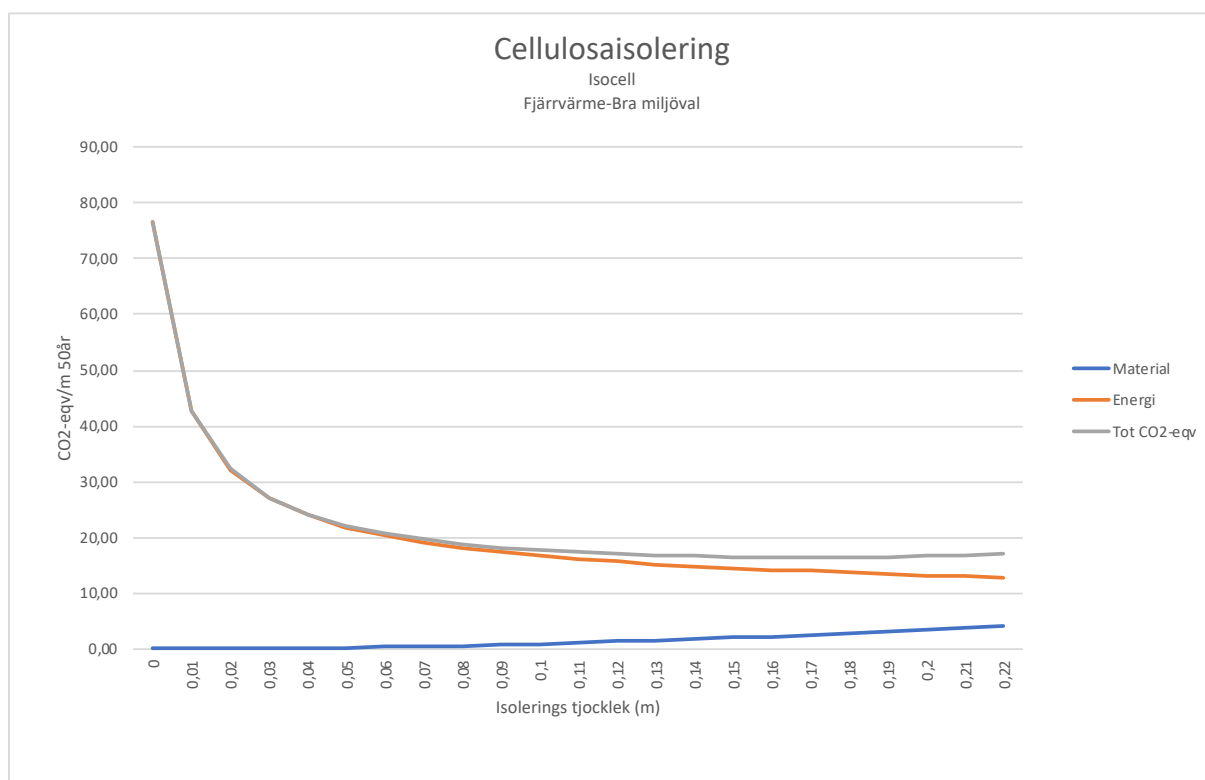


Diagram 12. Miljöbelastningen med fjärrvärme som energislag och glasull som isoleringsmaterial.

Tabell 18. Redovisning av diagramvärden för diagram 12 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterrörledning.

FJV, Bra miljöval	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO ₂ -eqv för material	kg CO ₂ -eqv för drift	Tot kg CO ₂ -eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	0,4	20,3	20,7	1,9	98,1
Ökning med 0,04 m	0,10	1,0	16,7	17,7	5,4	94,6
			Minskning av Tot kg CO ₂ -eqv (%)	14,6		

I *diagram 12* kan resultatet av beräkningarna observeras för cellulosa som isoleringsmaterial och fjärrvärme- Bra miljöval som energislag. Som diagrammet visar är driftaspekten större än materialets miljöbelastning. Vid ökning av isolertjockleken med 0,04 m minskar den totala klimatbelastningen med 14,6 % eller 3,0 kg CO₂-ekv/m rör.

5.5.3 Energikälla: Fjärrvärme, 2030

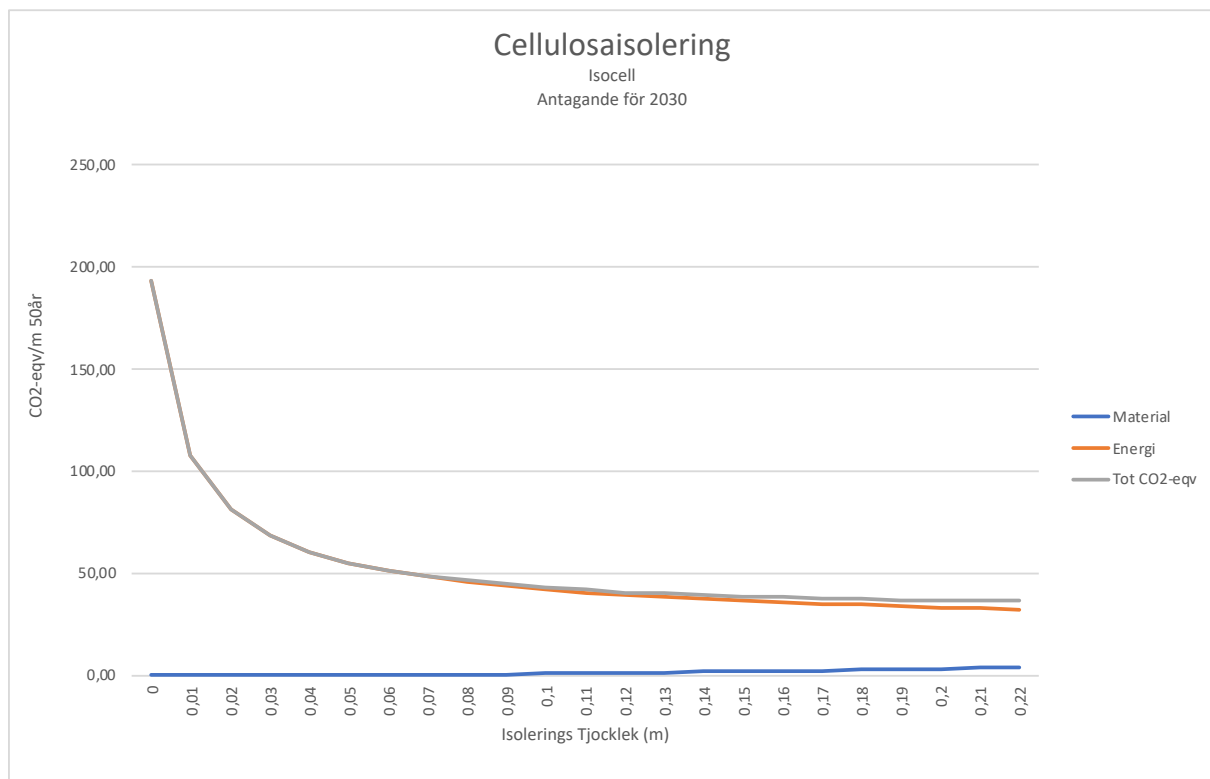


Diagram 13. Miljöbelastningen med dagens miljövärden på fjärrvärme som energislag och glasull som isoleringsmaterial.

Tabell 19. Redovisning av diagramvärden för diagram 13 för befintlig- samt optimaltillstånd. Värden som redovisas är för 50 års-period och per löpmeterörledning.

FJV, 2030	Isolerings-tjocklek (m)	kg CO2-equiv för material	kg CO2-equiv för drift	Tot kg CO2-equiv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	0,4	51,2	51,6	0,7	99,3
Ökning med 0,04 m	0,10	1,0	42,2	43,1	2,2	97,8
			Minskning av Tot kg CO2-equiv (%)	16,4		

I *diagram 13* kan resultatet av beräkningarna observeras för cellulosa som isoleringsmaterial och fjärrvärme-prognos för 2030 som energislag. Som diagrammet visar är driftaspekten större än materialets miljöbelastning. Vid ökning av isolertjockleken med 0,04 m minskar den totala klimatbelastningen med 16,4 % eller 9,0 kg CO₂-ekv/m rör.

5.6 Materialjämförelse

Då man tydligt kunde se att driftaspekten var överlägsen för nästan varje material så gjordes det en jämförelse som endast kollar på materialet i sig. Utgångspunkten som var optimala tjockleken för respektive material vid olika energislag ställdes upp mot varandra under samma rubrik dvs optimala tjockleken varje material hade med dagens miljövärde på fjärrvärme ställdes emot varandra etc. Jämförelsen omfattar all tappvarmvattenrörsisolering och delar upp mängden i två för varje material vilket är varmvattencirkulationsledningar, VVC och resterande varmvattenledningar, VV.

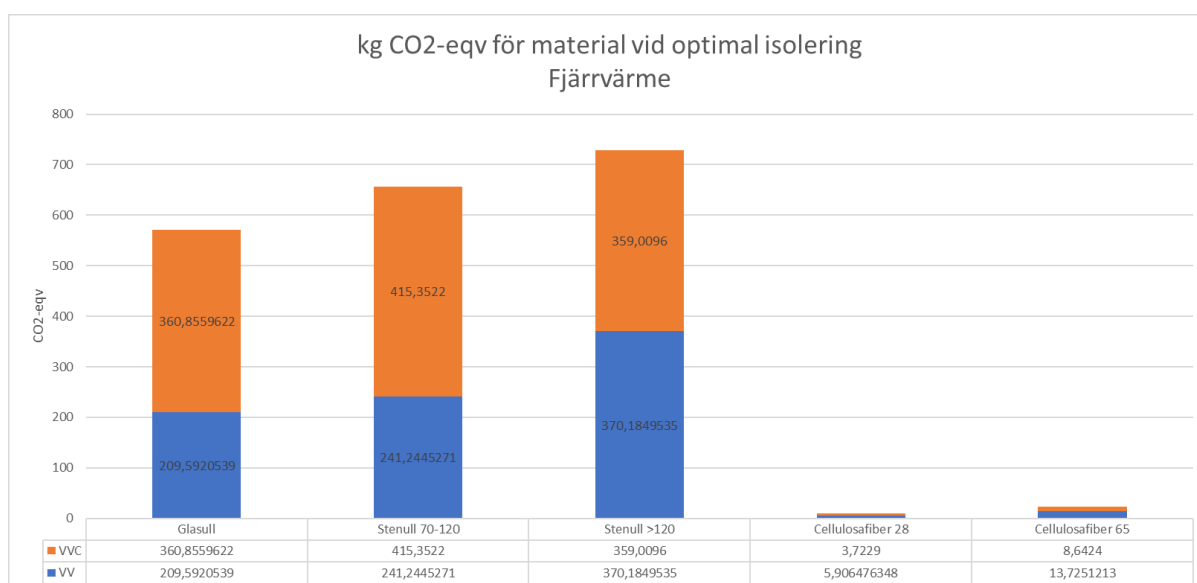


Diagram 14. Materialjämförelse med optimal tjocklek för dagens fjärrvärme miljövärden.

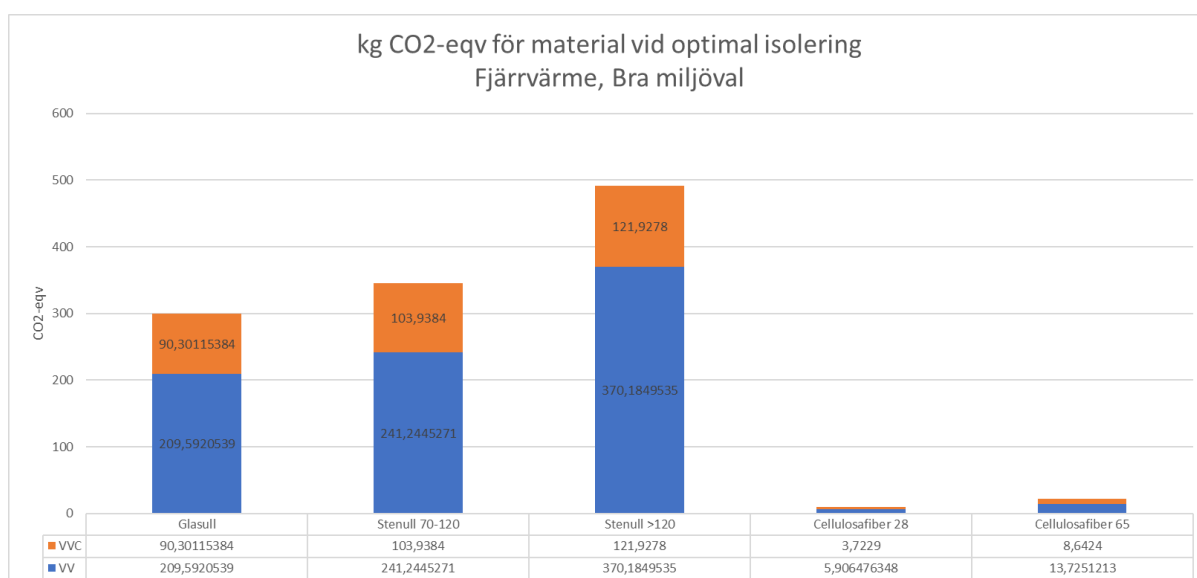


Diagram 15. Materialjämförelse med optimal tjocklek för fjärrvärme med bra miljöval

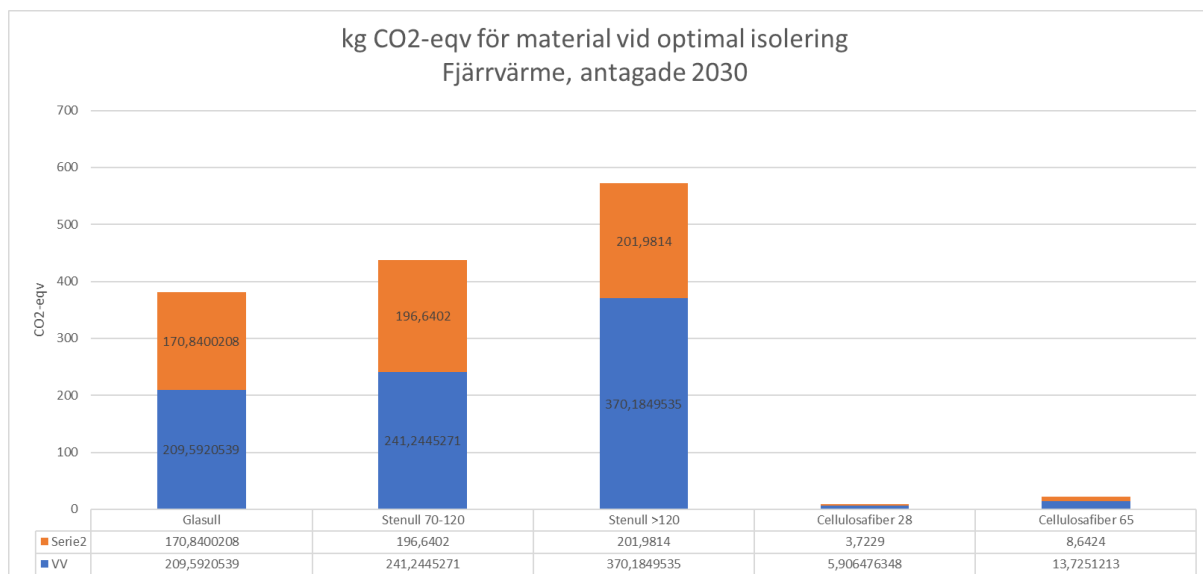


Diagram 16. Materialjämförelse med optimal tjocklek för fjärrvärme, 2030

I diagram 14, 15 och 16 kan resultatet för materialjämförelsen ses. Diagrammen har liknande resultat där stenull med högre densitet håller högst miljöpåverkan i alla tre fallen. Cellulosaisoleringen jämfört med mineralullen har väldigt små påverkan. Cellulosa isoleringen har ingen beklädnad och därav räknar inte produkten med miljöbelastningen beklädnaden har på samma sätt som mineralullen. Denna faktorn togs hänsyn till och räknades in vilket visade sig vara försumbart. Under varje stapel redovisas värden för respektive ledning.

5.7 Jämförelse mellan befintlig och optimalt

Utifrån tidigare tabeller och diagram valdes den optimala material, isolertjocklek och energikombinationen ut. Denna kombination ställdes sedan emot den befintliga kombinationen.

Optimala kombinationen består av rörskaal av glasulls från Isover, 70 mm isolertjocklek och fjärrvärme-bra miljöval, som energislag.

Befintliga kombinationen består av rörskaal av glasulls från Isover, 60 mm isolertjocklek och fjärrvärme med dagens miljövärden som energislag.

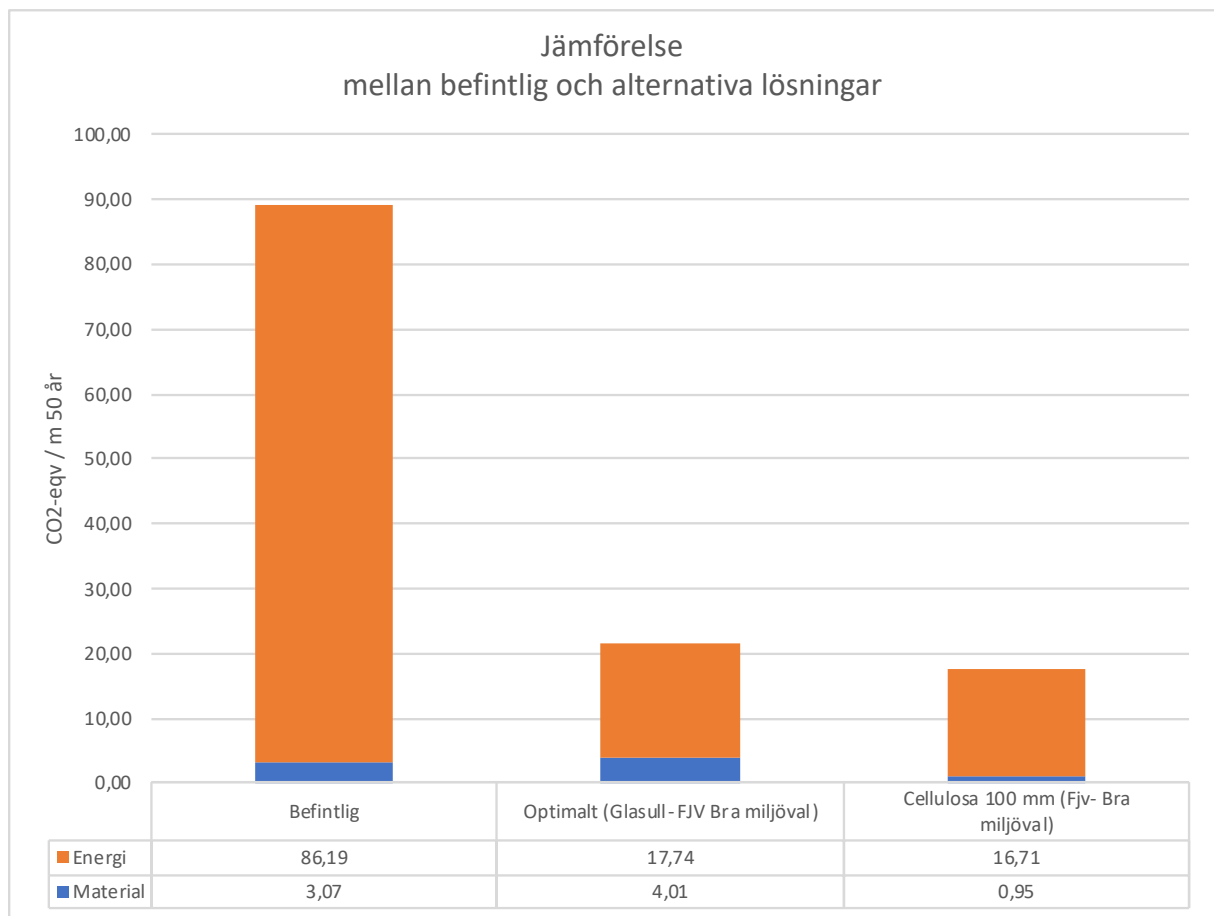


Diagram 17. Jämförelse mellan befintliga projekteringen och kombinationen mellan material och energi, för minsta klimatbelastning

Tabell 20. Redovisning av diagramvärden för diagram 17, vid jämförelse mellan befintlig och optimalt (glasull).

Jämförelse mellan befintlig och optimal	Isolrings tjocklek (m)	kg CO2-eqv för material	kg CO2-eqv för drift	Tot kg CO2-eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,1	86,2	89,3	3,4	96,6
Optimala (Glasull-FJV Bra miljöval)	0,07	4,0	17,7	21,7	18,5	81,5
			Minskning av Tot kg CO2-eqv (%)	75,6		

Resultatet på jämförelsen mellan befintliga och optimala (glasull) redovisas i *diagram 17*. Enligt *tabell 20* skiljer sig materialets miljöbelastning ytterst lite. Energiaspekten däremot visar en betydlig skillnad på nästan 70 CO₂-eqv/m 50 år. Den totala minskningen på klimatbelastningen blir 75,6%.

Tabell 21. Redovisning av diagramvärden för diagram 17, vid jämförelse mellan befintlig och cellulosa isoleringen.

Jämförelse mellan befintlig och optimal	Isolrings tjocklek (m)	kg CO ₂ -eqv för material	kg CO ₂ -eqv för drift	Tot kg CO ₂ -eqv	Andel material (%)	Andel drift (%)
Befintlig	0,06	3,1	86,2	89,3	3,4	96,6
Cellulosa 100 mm (Fjv- Bra miljöval)	0,10	0,95	16,71	17,7	5,4	94,6
			Minskning av Tot kg CO ₂ -eqv (%)	80,2		

Resultatet på jämförelsen mellan befintliga och cellulosan redovisas i *diagram 17*. Enligt *tabell 21* skiljer sig materialets miljöbelastning betydligt mer än den av glasullen. Energiaspekten även här visar en betydlig skillnad på nästan 70 CO₂-eqv/m 50 år. Den totala minskningen på klimatbelastningen blir 80,2%.

6 ANALYS OCH DISKUSSION

Det finns energi och ekonomiska fördelar med att isolera rätt och bygga grönt, vilket leder till mindre miljöbelastning. Isolering med låg värmekonduktivitet leder till mindre värmeförluster vilket i sin tur leder till mindre energikostnader och miljöpåverkan. Förutom detta så finns det även en hälsorisk som går att minska med rätt isolering. I dagsläget står driftaspekten som huvudorsak till miljöbelastningen i tappvarmvattensystem.

Något som inte togs hänsyn till i arbetet var samisoleringen. Som redovisades i teoridelen, har tidigare studier indikerat möjlig minskning av värmeförluster med upp till 40 % vilket skulle leda till en betydande minskning av driftaspekten. Med minskad klimatbelastning från driftenergin blir materialets klimatbelastning allt viktigare. Detta skulle leda till andra resultat.

I detta kapitel diskuteras resultaten utifrån syftet som presenterades under introduktionen. Kapitlet kommer omfatta material och energi, samt i vilken grad dessa påverkar isoleringsmängden.

Resultaten pekar generellt på att det vore bättre ur miljösynpunkt att öka på isolertjockleken jämfört med normal isolerstandard och referensförskolan. Detta framgår tydligt i resultaten och beräkningarna som gjordes då befintliga isolertjockleken i flesta fall är ganska långt från optimala. Beroende på energislaget som användes blev den optimala isolertjockleken annorlunda. Med bättre värden på driftenergin syns det tydligt i resultaten att den optimala isolertjockleken närmar sig den befintliga. Med detta kan det konstateras att med energiprognozen är isolertjockleken som redovisades i tidigare kapitel, inte är orimligt stor.

Med ökad isolertjocklek ökar även sekundäreffekter. Sekundäreffekterna som kan komma och påverka isolertjockleken kan vara den ekonomiska aspekten. Förutom den ekonomiska aspekten är det viktigt att ta hänsyn till utrymme för installationer. Med allt för stora ökning på isolertjockleken kan det leda till att installationen inte får plats och därför måste exempelvis undertaket och schaktningar anpassas. Målet är att minska på den totala klimatbelastningen. Fastän den optimala isolertjockleken används är det kanske inte gynnsamt ur miljösynpunkt då det kan leda till att klimatbelastningen från andra aspekter ökar.

6.1 Material

Fastän materialen allmänt används för samma syfte, teknisk isolering, fanns det skillnader mellan dessa. Stenull och glasull skiljde sig från cellulosaisoleringen. Skillnaderna var alltifrån tillverkningsprocessen till miljödata. Förutom detta är anpassningen av cellulosaisoleringen som tekniskisolering inte tillämpbar på samma sätt som mineralullen. På grund av dessa faktorer analyseras cellulosaisoleringen separat.

6.1.1 Cellulosaisolering

Cellulosaisoleringen hade bra miljövärden vilket visade sig vara flera gånger lägre än mineralull. Materialets låga klimatbelastning ledde till att en optimal tjocklek inte kunde beräknas. Fastän det förväntades att cellulosaisoleringen skulle prestera bra i miljöfrågan, var det oförväntat att inte lyckas beräkna fram optimala läget inom avsatta värden på isolerings tjockleken. Med detta är det möjligt att dra slutsatsen att vi kan isolera mer än avsatta värden på isolertjockleken tills optimum nås men detta leder till en suboptimering och att sekundära

effekterna blir allt för stora. Även om det teoretiskt går att redovisa en optimal tjocklek är denna, allt för stor för att reflektera i praktiken.

Cellulosaisoleringen som teknisk isolering för VVS, skulle behövas studeras mer och arbetas vidare med för att kunna dra säkrare slutsatser. Eftersom cellulosaisoleringen inte direkt är anpassad för rörisolering på samma sätt som mineralullen blir det svårare att dra slutsatser och föreslå materialet för projektet.

6.1.2 Mineralull

Stenull och glasull, som har liknande egenskaper, skiljer sig åt i miljöbelastning per volymenhet på grund av densitetsskillnader. Eftersom materialens miljövärden per kilogram inte skiljer sig åt så mycket, leder det till att materialet med högre densitet har större miljöbelastning per volymenhet då massan blir större. Detta kunde även observeras i mätningarna samt diagrammen. Eftersom konceptförskolan, Grönskan, som var utgångspunkten för arbetet inte hade så långa VVC-ledningar, tillkom det inga avsteg från myndighetskraven vilket underlättade för arbetet då temperaturkraven och dylik uppfylldes redan vid mindre isolerings tjocklekar.

6.1.3 Tillverkning

Samtliga isoleringsmaterial leder till miljöpåverkan vid tillverkning och detta värde togs fram ur miljövarudeklaration, EPD. Vid beaktande av produktstadiet A1-A3, vilket omfattar råvaruförsörjning, transport och tillverkningsstadiet, innebär mineralullen en större miljöpåverkan än cellulosaisoleringen. Både mineralullen och cellulosaisoleringen nyttjar återvunnet material vid tillverkning, men denna andel är större för cellulosaisoleringen som följs av glasullen. Andel återvunnet material är lägst för stenullen. En annan fördel för samtliga isoleringsmaterial är möjligheten att återvinna och återanvända.

Förutsättningarna för produktstadiet från EPD för respektive isoleringsmaterial skiljde sig. För att ta fram en mer anpassad bild av klimatbelastningen vid tillverkningen av isoleringsmaterialen, kan en undersökning göras. Detta utfördes dock inte i arbetet på grund av tidsaspekter.

6.2 Material utifrån energislag

Genom samtliga resultat, kan det observeras att den optimala isolerings tjockleken blir en följd av energislagets klimatbelastning. Eftersom energikällans miljöpåverkan visade sig vara större än materialets, ledde det till att driftaspekten nästan helt styrde resultatet. Genom att kolla på respektive energikälla, är det möjligt att se hur energi och material förhåller sig till varandra

6.2.1 Fjärrvärme med dagens miljövärde

Vid optimering av material med hänsyn till fjärrvärme med dagens miljövärde, blir optimala isolerings tjockleken mer än de dubbla mot befintlig projektering. Det samma gäller dock inte stenullen, då optimala tjockleken hamnar strax under den dubbla tjockleken (110mm). Detta väcker frågan om sekundära effekter som kan vara avgörande. Att öka på isoleringen leder till att installationen kräver mer utrymme där följderna blir att mer plats krävs i undertaket. Det kommer även vara ett problem vid monteringen, då större schakt kommer behövas, vilket

leder till en konstruktionsfråga. Kostnadsfrågan blir också en betydande aspekt i samband med ökad isolerings mängd. Förutom materialkostnader är det även en arbetsmiljöfråga på grund av att isolering i dessa mängder kan leda till högre entreprenadkostnader i form av arbetskraft. Potentiellt innebär detta en suboptimering som menar att lösningen inte är optimalt, ur ett helhetsperspektiv.

6.2.2 Fjärrvärme,2030

Vid optimering av material med hänsyn till fjärrvärmes antagandet för 2030, blir optimala isolerings tjockleken större än befintlig projektering, men en förbättring kunde iakttas. Med förbättrade miljövärden på energin kan det tydligt observeras att optimala tjockleken på isoleringen närmar sig den befintliga projekteringen för mineralullen. Cellulosaisoleringen har dock inte samma resultat, vilket diskuterades tidigare i kapitlet. Med detta blir det tydligare att energiaspekten styr, på grund av den dominerande klimatbelastningen. Det kan även konstateras att en förbättringspotential finns.

6.2.3 Fjärrvärme-Bra miljöval

Vid optimering av material med hänsyn till fjärrvärme med bra miljöval, blir optimala isolertjockleken nästan sammanfallande som befintlig tjocklek enligt projekterat. I ett av fallen med stenull (product group with density: >120) sammanföll optimala tjockleken med den befintliga projekteringen. Optimala tjockleken för mineralullen, vid användning av fjärrvärme-bra miljöval, blev mindre än vad AMA isoleringsnivå A beskriver.

En stor fördel med förbättrade driftaspekter är att sekundära effekterna minskas betydligt. Cellulosaisoleringen, oavsett energislag, visar på att optimala isolertjockleken är betydligt mycket tjockare än befintlig projektering.

Allmänt visar resultaten att energikällan slår mer än själva isoleringen, men att en förbättringspotential finns ur materialperspektiv och därav kanske ökning på material mängden.

6.3 Metodanalys

Arbetets fokusområde var teknisk isolering för tappvarmvattensystemet där tydliga avgränsningar gjordes. Eftersom mest fokus lades på VVC-ledningen var övriga beräkningar inte lika djupgående. Hänsyn togs inte till påverkan från sekundära effekter vilket kan vara avgörande för optimering, speciellt i fallen med opraktiskt tjocka isoleringar vid optimeringen.

7 SLUTSATS

För en hållbar utveckling bör val av isoleringsmaterial grundas på bland annat miljöaspekter, ekonomiska aspekter och hållbarheten. Detta arbetet försökte lyfta på miljöaspekten.

Arbetet har enbart studerat värmeförlusten som sker i tappvarmvattensystemet och övervägt material mot energi för optimering. Om resultatet överblickas generellt, kan slutsatsen dras om att isolerings mängd bör låtas öka då varje resultat påpekar detta.

Baserat på att materialet ska vara beprövat och fungera så är den bästa lösningen rörskål av glasull och fjärrvärme-bra miljöval som energikälla. Denna kombinationen gav minimal klimatbelastning i form av koldioxidekvivalenter. Jämfört med det befintliga projekteringen minskar klimatbelastningen med 75 % med denna lösning. Förutom att kombinationen bidrar till minsta klimatbelastningen mellan alternativen som arbetet berörde, så var en stor fördel att isoleringstjockleken inte skiljde sig åt så mycket jämfört med befintliga projekteringen. I sin tur leder detta till att sekundära effekter, som exempelvis ekonomiska- och konstruktionsaspekter, minskas betydande. Därav görs antagandet om att detta är möjligt att driva igenom. Eftersom inga studier samt beräkningar har gjorts på sekundära effekterna, är detta endast en antagande.

För cellulosaisoleringen, som egentligen har mindre klimatbelastning än de andra alternativen, lyckades inte optimeringen beräknas fram. För att kunna jämföra materialen mot varandra valdes det att använda isolertjocklek på 100 mm för cellulosaisoleringen. Denna lösning visade jätte bra potential att minska miljöbelastningen för isolering men valdes inte ut till bästa lösningen på grund av att det ansågs att materialet i sig inte är tillräckligt prövat och kräver mer studier och utveckling för att kunna användas som teknisk isolering.

Observeras dagens miljövärde på fjärrvärme och hur de olika isoleringsmaterialen optimala tjocklek påverkas av den, kan vi se att isolertjockleken får allt för höga värden jämfört med befintliga projekteringen men även vad som kan ses som ”praktisk möjligt”. Eftersom den totala miljöbelastningen i samtliga diagram har en liknande form som en omvänd proportionell kurva, är det möjligt att dra slutsatsen att isoleringstjockleken i vilket fall bör befinna sig efter ”krökningen”. En ökning på isolertjockleken kan även anpassas utefter ledningen. Med detta menas att det kanske är möjligt att öka på isoleringstjockleken mer i större ledningar där bl a utrymme inte är en begränsning.

Arbetet visar på att en förbättringspotential existerar och ger en förståelse över, i vilken grad material och drift påverkas av varandra. Generellt sett är driftaspekten den styrande faktorn på hur isolerings tjockleken, vid optimalt tillstånd, ska vara. Fastän det inte är praktisk att öka isoleringen till det dubbla med hänsyn till sekundära effekterna, dras slutsatsen att en ökning på isolerings mängden i samband med förbättringar i driftenergin ur miljösynpunkt, leder till minskning av klimatbelastningen.

Driftenergin har i flera tillfällen påpekades vara styrande i detta arbete. Nästa naturliga steg, för att få en bättre förståelse kring samspelet mellan material och energi, är att en mer utökad studie görs på driftaspekten för VVC-förluster med hänsyn till sekundära effekter för att kunna se i vilken grad detta är genomförbart. Detta leder till att två olika punkter som bör studeras vidare:

1. Energislag och hur prognos påverkar val av isolertjocklek
2. Sekundäreffekter och hur stor effekt ökad isolertjocklek får på övriga byggnaden och den totala miljöpåverkan.

8 LITTERATURFÖRTECKNING

- Alros, A. A. (2015). *Energikartläggning av VVC-systemet i flerbostadshus*. KTH School of Industrial Engineering and Management, Energiteknik. Stockholm: http://kth.diva-portal.org/smash/record.jsf?dswid=4562&pid=diva2%3A808048&c=1&searchType=SIMPLE&language=sv&query=Energikartläggning+av+VVC-system&af=%5B%5D&aq=%5B%5B%5D%5D&aq2=%5B%5B%5D%5D&aqe=%5B%5D&noOfRows=50&sortOrder=author_sort_asc&sortOrder2=title_sort_asc&onlyFullText=false&sf=all.
- Energihandboken. (u.d.). Hämtat från <http://www.energihandbok.se/varmeoverforing/>
- Energimyndigheten. (2015). *Energiläget*.
- Folkhälsomyndigheten. (2016). Hämtat från <https://www.folkhalsomyndigheten.se/smittskydd-beredskap/smittsamma-sjukdomar/legionellainfektion-och-pontiacfeber/>
- Göteborg Energi. (2017). *Miljövärden för levererad fjärrvärme 2017*. Hämtat från <https://www.goteborgenergi.se/Files/Webb20/Kategoriserad%20information/Informationsmaterial/Milj%C3%B6v%C3%A4rdering%20fj%C3%A4rrv%C3%A4rme/Milj%C3%B6v%C3%A4rden%20f%C3%B6r%20fj%C3%A4rrv%C3%A4rme%202017.pdf?TS=636598899414362819>
- Hassan, O. (u.d.). *Vanliga begrepp och standarder i byggnadsfysik- värme*. Hämtat från <http://www8.tfe.umu.se/courses/byggteknik/kurser/byggnadsfysik/grundlaggande%20begrepp%20och%20standard.pdf>
- IPCC. (2014). *Climate Change*. IPCC, 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp. IPCC.
- Isoleringfirmornas förening. (2015). *Teknisk isolering, IF:s kompendium om teknisk isolering: energi, hälsa, säkerhet och ekonomi 2015*. Stockholm.
- Kouthoofd, A., Öman, R., & Gustafsson, J. (2015). *Teknisk isolering*. IF.
- Naturvårdsverket. (2018). *Årlig uppföljning av Sveriges nationella miljömål 2018 – Med fokus på statliga insatser*.
- Naturvårdsverket. (2018). *Miljömålssystemet: Naturvårdsverket*. Hämtat från <http://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Sveriges-miljomal/Miljomalssystemet/>
- Svensk byggtjänst. (u.d.). *VVC-ledningar och energieffektivisering*. Svensk byggtjänst.
- Vattenfall. (den 15 02 2015). *Vattenfall*. Hämtat från <https://www.vattenfall.se/globalassets/foretag/miljo/miljovarudeklaration-epd-vattenkraft.pdf>
- Vattenfall. (den 01 02 2016). *vattenfall*. Hämtat från <https://www.vattenfall.se/globalassets/foretag/miljo/miljovarudeklaration-epd-vindkraft2.pdf>
- VVS-företagens Teknikhandbok. (2015). *Teknikhandbok*. Installatörsföretagen.
- Anneli Kouthoofd, I. (2016). *En handbok i Teknisk Isolering*. Retrieved from <https://tekniskisolering.se/wp-content/uploads/2017/11/IF-Handbok-i-Teknisk-isolering-2017-.pdf>
- Bartlett, E., & Howard, N. (2000). Informing the decision makers on the cost and value of green building. *Building Research & Information*, 28(5–6), 315–324. <https://doi.org/10.1080/096132100418474>
- Boverket. (2008). *Bbr 15*. Boverket.

- Boverket. (2017). Legionella i vatten - PBL kunskapsbanken - Boverket. Retrieved May 14, 2018, from <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/vatten-och-avlopp/legionella-i-vatten/>
- D.Olsson. (2003). Tappvarmvatten i flerbostadshus. *SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, NR 2003:04*, 1–20.
- Derain, P. (n.d.). Tillverkning av glasull - EFD Induction. Retrieved May 14, 2018, from <http://www.efd-induction.com/sv/InductionNews/News/GlassFiberizing.aspx>
- Eurima. (n.d.). EURIMA - Production Process. Retrieved May 14, 2018, from <https://www.eurima.org/about-mineral-wool/production-process.html>
- Göteborgs Energi. (2017). Miljövården för fjärrvärme märkt Bra Miljöval .
- Göteborgs Stad. (2017). Ny förskola i Lillhagsparken - Bygga förskola och skola Norra Hisingen - Göteborgs Stad. Retrieved May 14, 2018, from http://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/bygga-forskola-och-skola-norra-hisingen/skogome-backa-brunnsbo-skalltorp/ny-forskola-i-lillhagsparken!/ut/p/z1/hY09C8IwGIR_Tda8bz8owS2T0HZxs11ZJIWYFtKkJNGCv96Ak6B42909x4EEAdKpx2JUWrxTNvuLbK51ecSirYuOIUPkPR8a3p3K81D
- ISOVER. (2016). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION, ISOVER KL/KT- 37 Multi-P*. Retrieved from http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD-1207-376_ISOVER-KL-KT-37-Multi-Pack.pdf
- Lockwood, C. (2006). Building the green way. *Harvard Business Review*, 84(6). <https://doi.org/Yes>
- Lokalförvaltningen. (2017). Om Hoppet - Hoppet - ett innovationsprojekt för fossilfri byggnation - Göteborgs Stad. Retrieved May 14, 2018, from http://goteborg.se/wps/portal/enhetssida/hoppet-ett-innovationsprojekt-for-fossilfri-byggnation/Om-Hoppet!/ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfljo8ziTYzcdQy9TAy93S0tDAwCLYxCXS2Dg428vY31w8EKAgxdHA1NgAoMPAzdDBwDXc38g1xNDAx8TPWjiNFvgA1cDZyCjJyMDQzc_Y2I049HQRSG
- Miller, E., & Buys, L. (2008). Retrofitting commercial office buildings for sustainability: tenants' perspectives. *Journal of Property Investment & Finance*, 26(6), 552–561. <https://doi.org/10.1108/14635780810908398>
- Nalewaik, A., & Venters, V. (2010). Cost benefits of building green. *IEEE Engineering Management Review*, 38(2), 77–87. <https://doi.org/10.1109/EMR.2010.5497026>
- Paroc. (2012). PAROC ® Stenull –.
- Paroc. (2014a). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION, Paroc Insulation, product group with density >120 kg/m³*. Retrieved from http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD00266E_Paroc-Insulation--product-group-with-density--120-kg-m--_1.pdf
- Paroc. (2014b). *ENVIRONMENTAL PRODUCT DECLARATION, Paroc Insulation, product group with density 70-120 kg/m³*. Retrieved from http://epd.nsp01cp.nhosp.no/getfile.php/EPDer/Byggevarer/Isolasjon/NEPD00267E_Paroc-Insulation--product-group-with-density-70-120-kg-m--_1.pdf
- Paroc. (2015a). PAROC FireVent Mat AluCoat - Paroc.se. Retrieved May 14, 2018, from <http://www.paroc.se/produkter/teknisk-isolering/vvs-natmattor/paroc-firevent-mat-alucoat>
- Paroc. (2015b). PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat - Paroc.se. Retrieved May 14, 2018, from <http://www.paroc.se/produkter/teknisk-isolering/lamellmattor/paroc-hvac-lamella-mat-alucoat>
- Pepper, I. L., & Gerba, C. P. (2018). Risk of infection from Legionella associated with spray

- irrigation of reclaimed water. *Water Research*, 139, 101–107.
<https://doi.org/10.1016/J.WATRES.2018.04.001>
- Svensk byggtjänst. (2015). *AMA VVS & Kyl 16 : allmän material- och arbetsbeskrivning för VVS- och kyltekniska arbeten*. Svensk byggtjänst. Retrieved from <https://byggtjanst.se/bokhandel/kategorier/projektering-upphandling/program-projektering-beskrivning/ama-vvs--kyl-16/>
- Svenskt Vatten. (2016). Råvatten – källan till dricksvatten - Svenskt Vatten. Retrieved May 14, 2018, from <http://www.svensktvatten.se/vattentjanster/dricksvatten/ravatten/>
- Swedisol. (n.d.). Mineralull är god isolering | Swedisol. Retrieved May 14, 2018, from <https://swedisol.se/isolering/mineralull-ar-god-isolering>
- Warfvinge, C., & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. (1, Ed.). Studentlitteratur.

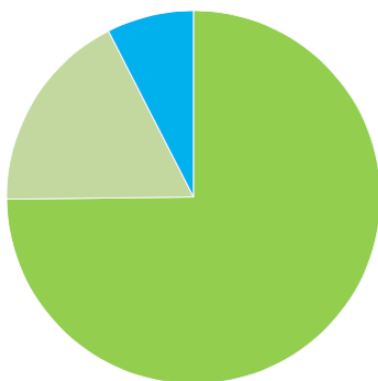
9 BILAGOR

9.1 Bilaga 1

Miljövärden för levererad fjärrvärme 2017, Göteborg, Partille och Ale (exkl. Bra Miljöval)

RESURSANVÄNDNING	UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER	ANDEL FOSSILT
Primärenergifaktor 0,18	Förbränning 53 g CO2 ekv/kWh	8%
	Transport och produktion av bränslen 6 g CO2 ekv /kWh	
Nätspecifik information		
Levererad värme:	3319 GWh	
Producerad el:	241 GWh	
Andel bränsle till värmeproduktion i kraftvärme:	52%	
Totalt tillförd energi till värmeproduktion:	3706 GWh	
Varav använd el (hjälpel, vp, elpannor):	195 GWh	
Ursprungsspecifikation för använd el:	Bra Miljöval	
Klimatpåverkan för använd el:	5 g CO2 ekv/kWh	
Andel fossilt för använd el:	0%	
Primärenergifaktor för använd el :	1,10	
Allokeringsmetod vid kraftvärme:	Alternativproduktionsmetoden används för att fördela utsläppen mellan el och värme vid samproduktion, så kallad kraftvärme.	

Tillförd energi inkl produktionssätt för all producerad fjärrvärme i nätet, exkl Bra Miljöval



Återvunnen energi	75%
* Kraftvärme (avfall)	24%
* Industriell spillvärme (raffinaderier mm)	30%
* Avloppsvatten	9%
* Rök-gaskondensering	11%
Förnyelsebar energi	18%
* Kraftvärme (biobränsle)	5%
* Värmepanna (biobränsle)	4%
* Köpt värme (biobränsle)	4%
* El till värmepump (avlopp)	4%
* Hjälpel (pumpar mm)	1%
Fossil energi	8%
* Kraftvärme (naturgas)	6%
* Värmepanna (naturgas, olja)	1%

Om du vill ha mer information eller har några frågor, kontakta oss på Göteborg Energi!
Kundservice: 031 62 62 62

Preliminära miljövärden 2018-01-31

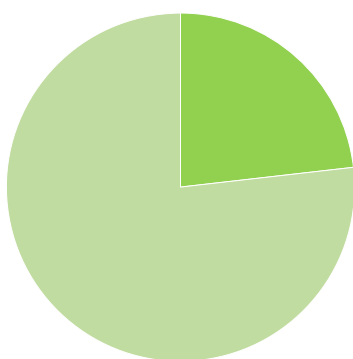
 Göteborg Energi

9.2 Bilaga 2

Miljövärden för fjärrvärme märkt Bra Miljöval, 2017, Göteborg, Partille och Ale

RESURSANVÄNDNING	UTSLÄPP AV VÄXTHUSGASER	ANDEL FOSSILT
Primärenergifaktor	Förbränning	0%
0,07	3 g CO2 ekv/kWh	
	Transport och produktion av bränslen	
	6 g CO2 ekv/kWh	
Nätspecifik information		
Levererad värme:	159 GWh	
Producerad el:	19 GWh	
Andel bränsle till värmeproduktion i kraftvärme:	74%	
Totalt tillförd energi till värmeproduktion:	173 GWh	
Varav använd el (hjälpel, vp, elpannor):	7 GWh	
Ursprungsspecifikation för använd el:	Bra Miljöval	
Klimatpåverkan för använd el:	5 g CO2 ekv/kWh	
Andel fossilt för använd el:	0%	
Primärenergifaktor för använd el :	1,10	
Allokeringsmetod vid kraftvärme:	Alternativproduktionsmetoden används för att fördela utsläppen mellan el och värme vid samproduktion, så kallad kraftvärme.	

Tillförd energi inkl produktionssätt för all producerad fjärrvärme märkt Bra Miljöval



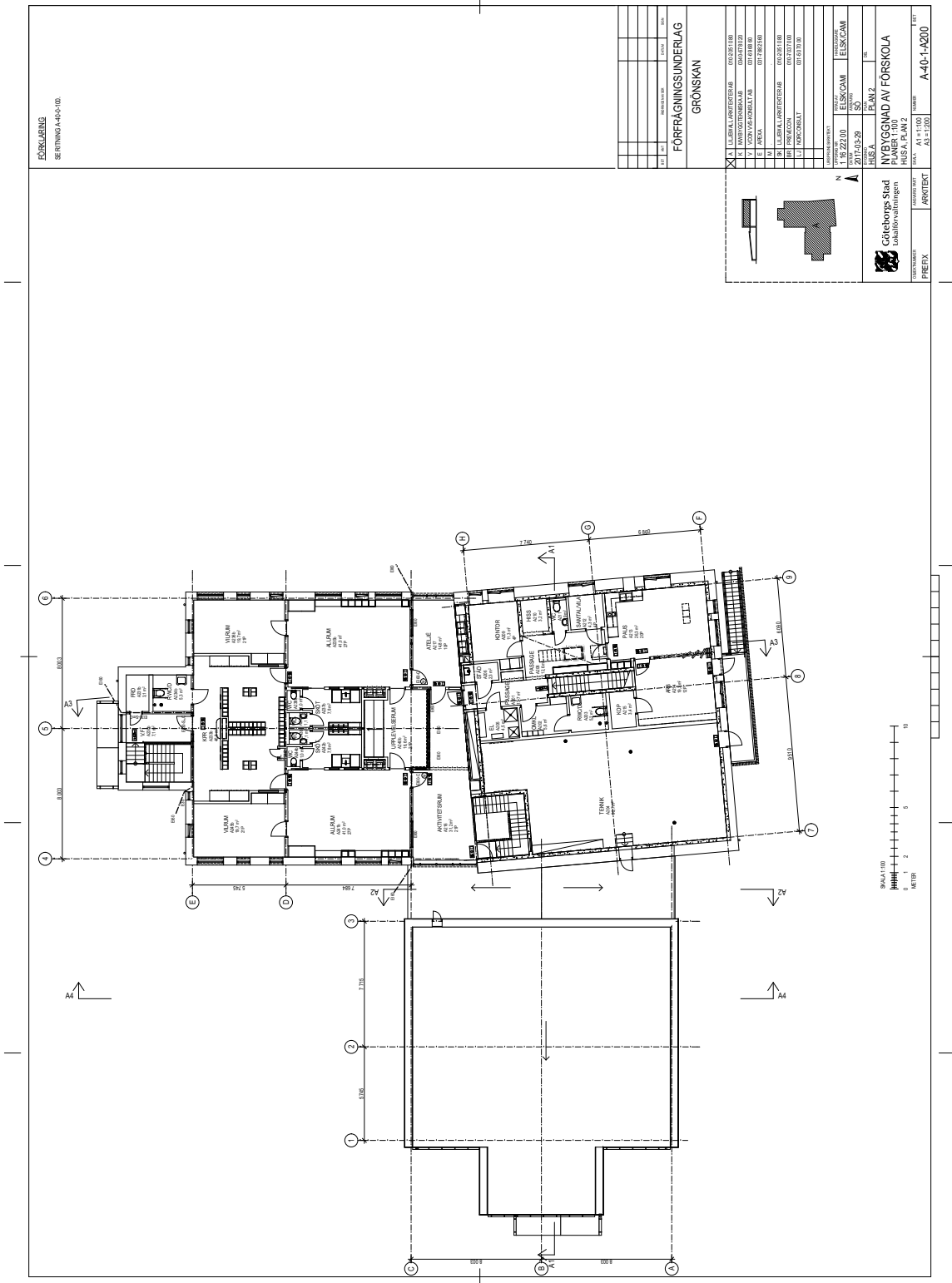
Återvunnen energi	23%
* Kraftvärme (avfall)	0%
* Industriell spillvärme (raffinaderier mm)	0%
* Avloppsvatten	0%
* Rök-gaskondensering	23%
Förnyelsebar energi	77%
* Kraftvärme (biobränsle)	73%
* Värmepanna (biobränsle)	0%
* Köpt värme (biobränsle)	0%
* El till värmepump (avlopp)	0%
* Hjälpel (pumpar mm)	4%
Fossil energi	0%
* Kraftvärme (naturgas)	0%
* Värmepanna (naturgas, olja)	0%

Om du vill ha mer information eller har några frågor, kontakta oss på Göteborg Energi!
Kundservice: 031 62 62 62

Preliminära miljövärden 2018-01-31

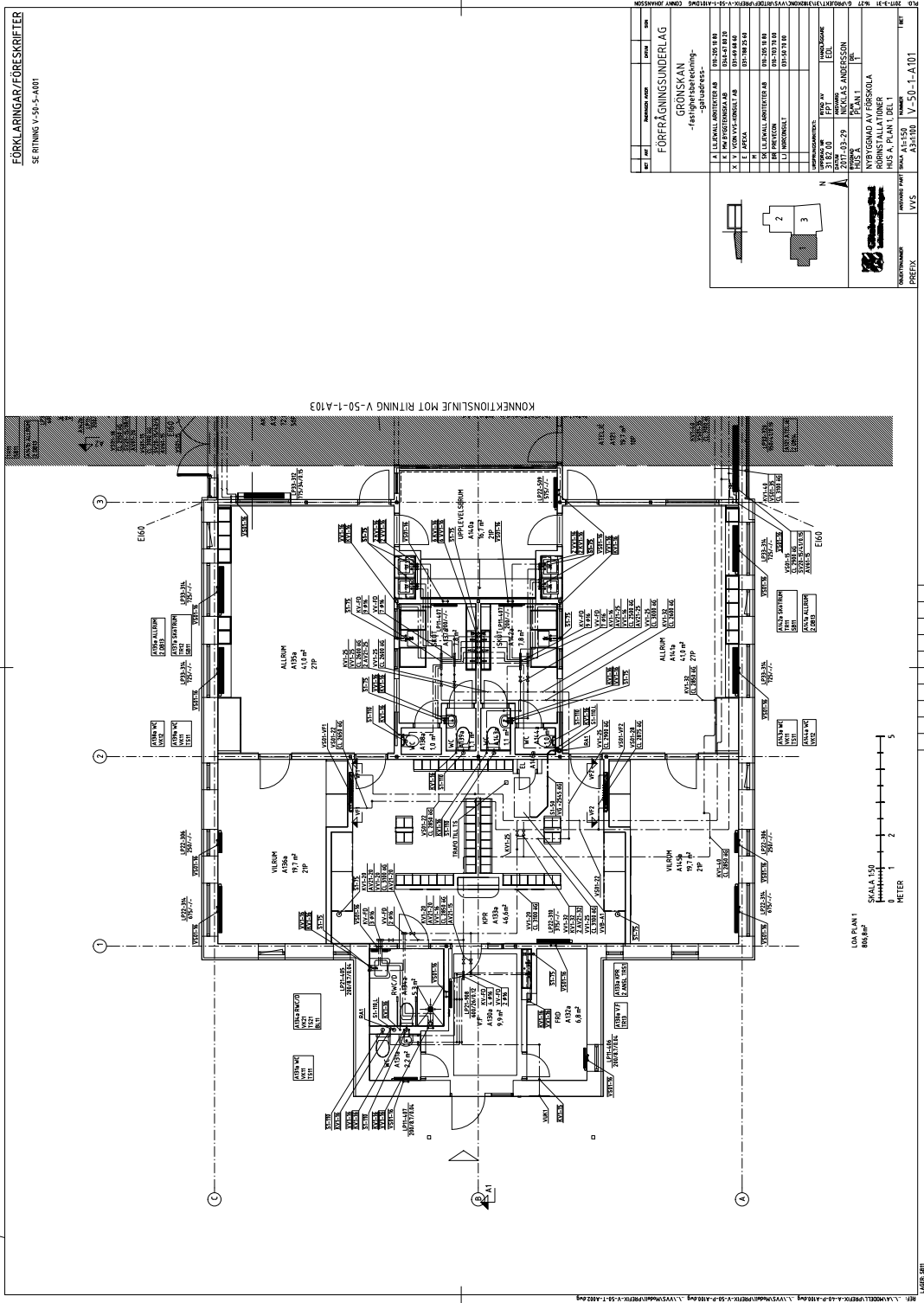
 Göteborg Energi

9.3 Bilaga 3



Figur 14. Planritning för konceptförskolan, plan 2

9.4 Bilaga 4



Figur 15. Rörinstallationsritningar för plan 1, del 1

9.7 Bilaga 7

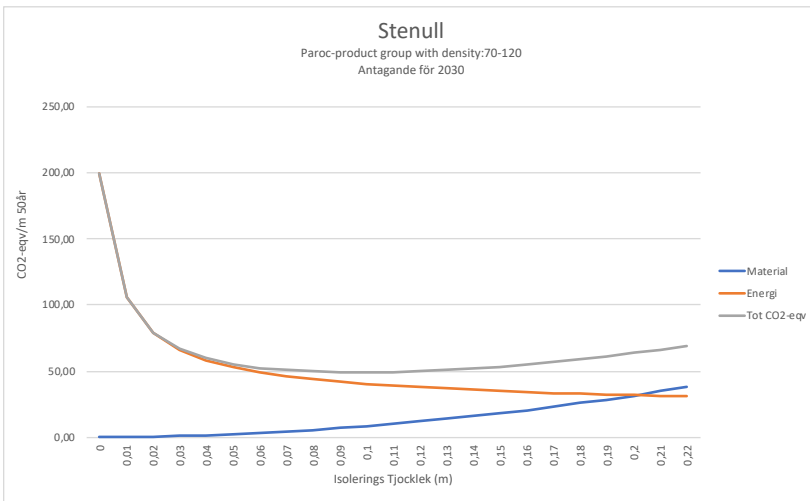
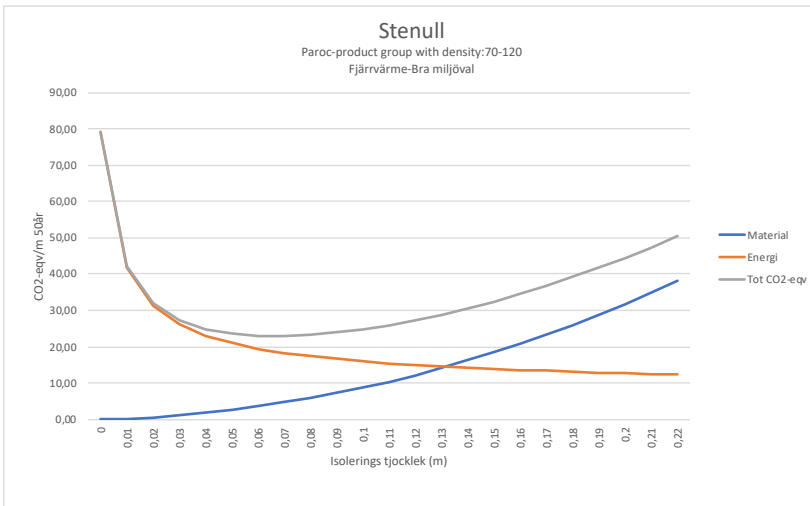
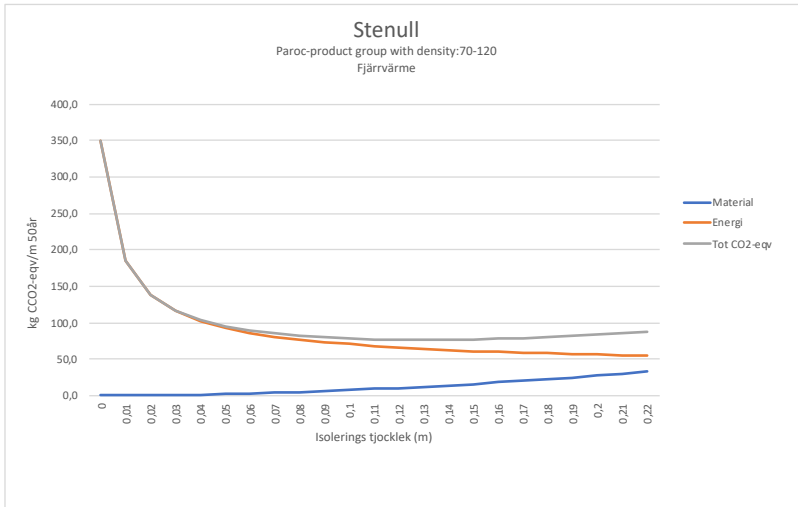


Diagram 18. Samiliga resultat för VVC-ledningen till storköket för stenull, 70-120

9.8 Bilaga 8

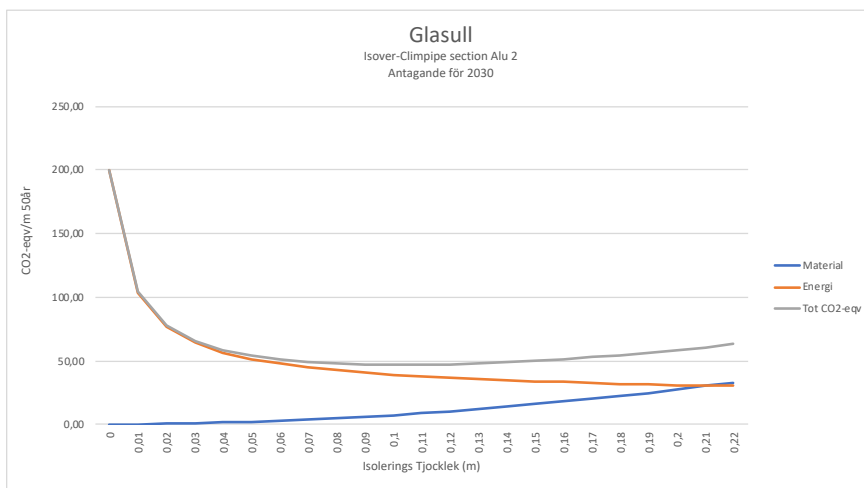
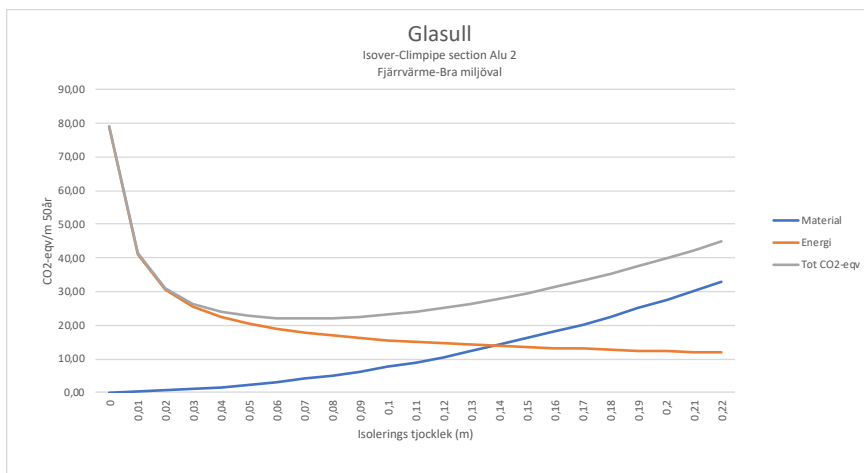
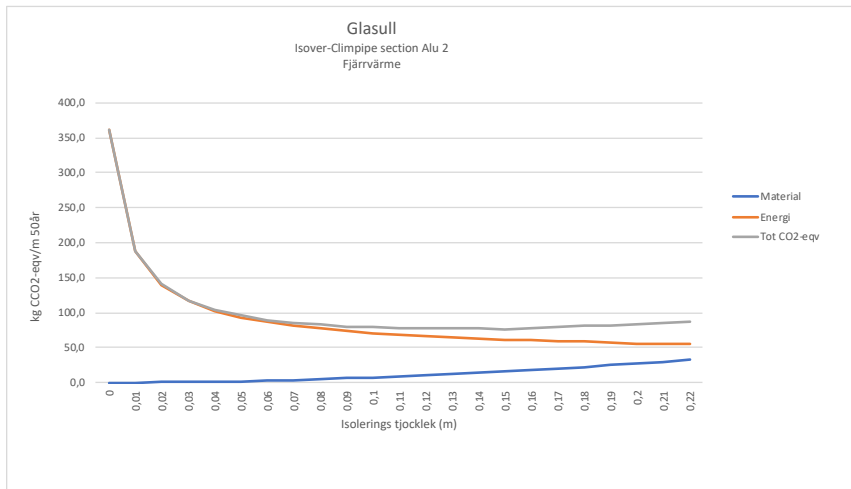


Diagram 19. Samtliga resultat för VVC-ledningen till storköket för glasull

9.9 Bilaga 9

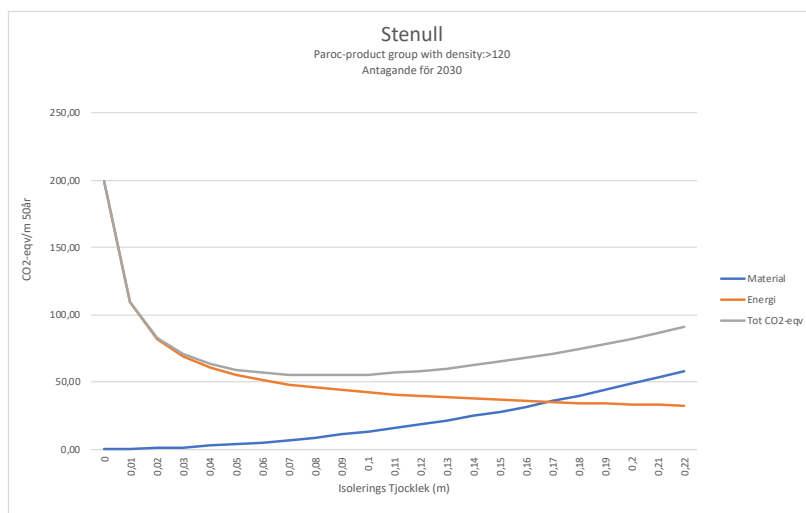
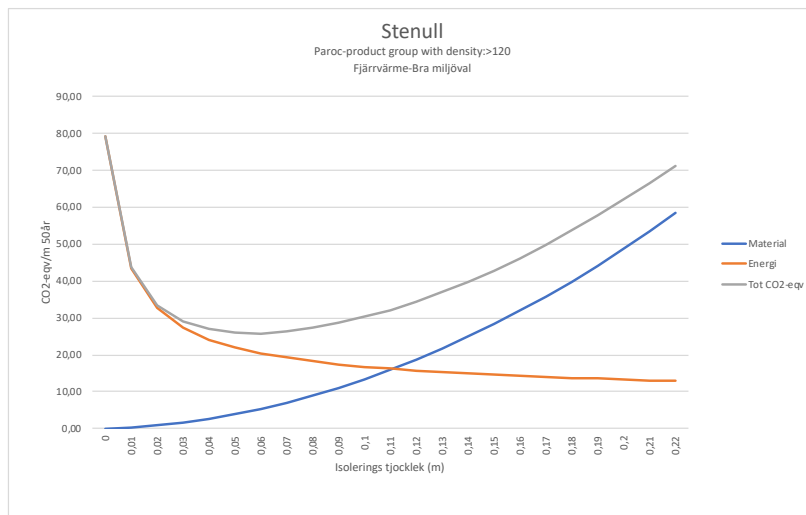
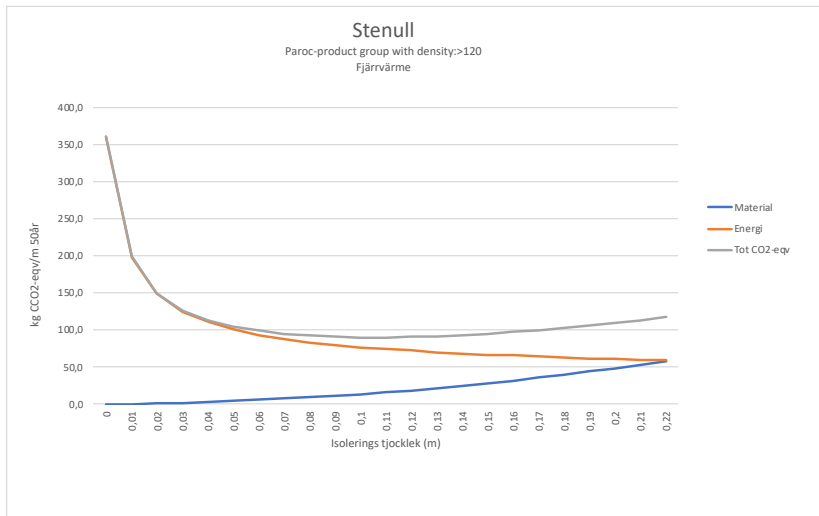


Diagram 20. Samtliga resultat för VVC-ledningen till storköket för stenull, >120



HÖGSKOLAN I BORÅS

Besöksadress: Allégatan 1 · Postadress: 501 90 Borås · Tfn: 033-435 40 00 · E-post: registrator@hb.se · Webb: www.hb.se