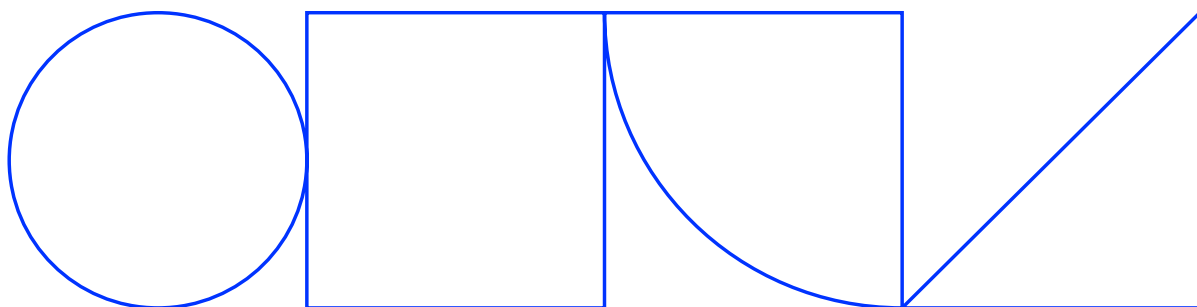


Klimatpåverkan av luft- respektive vattenburen kyla från material och driftskede

4 referensprojekts klimatpåverkan från installationernas material, livslängd och driftskede (livscykelmodul A1-A5.1+B4+B6)

Victoria Stigemyr Hill, Erik Jiresten
WSP Sverige AB

2024-11-28



Förord

Detta projekt initierades av WSP och Installatörsföretagen för att undersöka klimatpåverkan från material och driftskede av systemen för luft- respektive vattenburen kyla. I projektet bidrog Akademiska Hus, Castellum, Fabege och Vasakronan med underlag från ett referensprojekt vardera. Projektet genomfördes under 2024 av WSP och Installatörsföretagen. Från WSP deltog Victoria Stigemyr Hill och Erik Jiresten. Från Installatörsföretagen deltog Rafed Sadek och Hans Söderström.

Huvudförfattare till denna rapport är Victoria Stigemyr Hill och Erik Jiresten.

Författarna vill tacka SBUF för att de finansierat detta projekt. Tack till Akademiska Hus, Castellum, Fabege och Vasakronan som bidragit med referensprojekt i projektet. Tack till referensgruppen.

Deltagare med referensprojekt:

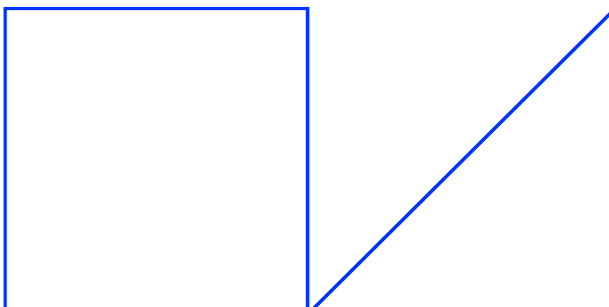
- Per Hilmersson och Gustav Sandqvist, Akademiska hus
- Marcus Zetterberg, Castellum
- Caroline Ödin och Sandra Holmström, Fabege
- Ulf Näslund, Malin Belfrage och Claire Mirjolet, Vasakronan

Deltagare i referensgrupp:

- Alexander Hollberg, Chalmers
- Anders Enebjörk, NCC
- Andreas Fränne och Gerda Ingelhag, Bengt Dahlgren
- Andreas Martinsson, Svensk Ventilation
- Dag Wallin, Lindab
- Erik Björn, OneClick LCA
- Fredrik Engdahl, Assemblin
- Henrik Daun, Halton
- Jean Linhares, Peab
- Jörgen Malmqvist, Mälarrör
- Peter Ylmén, Rise
- Thomas Lindborg, Lindinvent
- Ulf Berglund, MagiCAD
- Ulf Arnemo, Climate Recovery
- Ulf Hörman, Swegon
- Ulla Jansson, LTH
- Åsa Thrysin, IVL

/ Victoria Stigemyr Hill & Erik Jiresten

Göteborg, 2024-11-28



Sammanfattning

Detta projekt har syftet att utföra systemanalys av två VAV-system gentemot två kylbaffelsystem avseende klimatpåverkan från installationernas material, livslängd och driftenergi (livscykelmoduler A1-A5.1+B4+B6) som ett led att identifiera mer klimateffektiva tekniska installationer. Ytterligare ett mål är att bidra till kunskapsspridning inom branschen och erbjuda underlag som kan hjälpa byggprojekt att i tidigt skede forma tekniska system som möjliggör ambitiösa klimatmål.

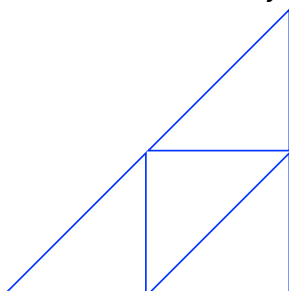
Systemanalysen är baserad på utförda klimatberäkningar på fyra referensprojekt från aktörer i branschen. Referensprojekten är klimatberäknade utifrån modellunderlag, med komplement från tekniska beskrivningar, samt energisimuleringar. Enbart de analyserade systemen inom referensprojekten är klimatberäknade.

Det är få referensprojekt som är klimatberäknade med varierande kvalitet på underlagen och en viktig slutsats från projektet är att fler referensprojekt behövs för att kunna se vilket system som är mest effektivt avseende klimatpåverkan. Klimatpåverkan från denna studie ska därmed snarare tolkas som indikation på möjlig klimatpåverkan från VAV-system respektive kylbaffelsystem.

Resultatet från projektet ger indikationer på att respektive systemtyp har liknande storleksordning för klimatavtrycket från materialen (A1-A5.1). De två referensprojekt med VAV-system har klimatavtryck mellan 21-23 kgCO₂e/m² Atemp medan de två referensprojekt med kylbaffelsystem har klimatavtryck mellan 31-34 kgCO₂e/m² Atemp. Detta indikerar att VAV-system skulle kunna vara mer klimateffektivt än kylbaffelsystem avseende klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1). Dock är det viktigt att beakta fler aspekter på hur systemen är dimensionerade exempelvis dess interna värmelaster, närvaroprofil m.m. Detta har inte varit möjligt att analysera djupare i denna studie.

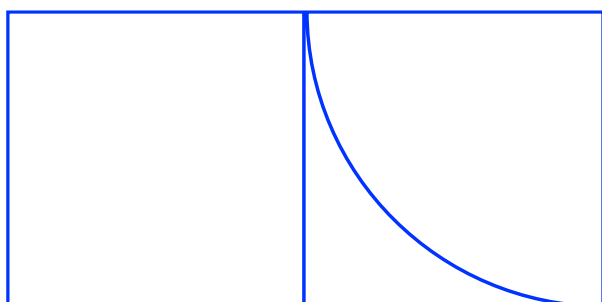
Från de analyserade systemens klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) är det vissa produktgrupper som står för en större andel av klimatavtrycket. Genom att fokusera på dessa produkttyper är det möjligt att både effektivisera klimatberäkningar för luft- och vattenburna kylsystem samt kravställa klimatreducerande nivåer för att minska klimatpåverkan. Från projektets resultat föreslås produkttyperna nedan som en rekommendation för att nå ca 85% täckningsgrad av byggdel 85, kyla och ventilation, för en kontorsbyggnad.

- Ventilationskanaler, luftbehandlingsaggregat, don och kanalisolering står för ca 85% av VAV-systems klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1)
- Ventilationskanaler, kylbafflar, luftbehandlingsaggregat och rörledningar står för ca 85% av kylbaffelsystems klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1)



Innehåll

1	Inledning	3
1.1	Bakgrund	3
1.2	Syfte	4
1.3	Avgränsningar	4
1.4	Genomförande	4
2	Referensprojekt	6
2.1	Beskrivning av referensprojekten	6
2.2	Indata till klimatberäkning	9
3	Metod klimatberäkningar (A1-A5.1, B4 och B6)	11
3.1	Framtidsscenario för driftenergi och processer	11
3.2	Produktskedet (A1-A3)	12
3.3	Transport till byggarbetsplatsen (A4)	13
3.4	Byggspill (A5.1)	14
3.5	Utbyte (B4)	15
3.6	Driftenergi (B6)	15
3.7	Täckningsgrad	16
4	Resultat	17
4.1	Klimatpåverkan från luft- respektive vattenburen kyla	17
4.1.1	Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1)	20
4.1.2	Klimatpåverkan från utbyte (B4)	24
4.1.3	Klimatpåverkan från driftenergi (B6)	25
4.1.4	Kvalitetsparametrar (A1-A5.1)	26
4.2	Referensprojektens resonemang vid val av tekniskt system	28
5	Analys och diskussion	30
6	Slutsats och rekommendationer	34
	Referenser	36
	Bilagor	



1 Inledning

1.1 Bakgrund

År 2020 utgick klimatpåverkan från bygg- och fastighetssektorns inhemska utsläpp till ca 21% av Sveriges totala utsläpp av växthusgaser (ca 9,8 miljoner ton CO₂e) (Boverket, 2024). Som ett led i att minska klimatpåverkan från byggnader trädde Sveriges lag om klimatdeklaration för byggnader i kraft 2022 (Boverket, 2024). Lagen om klimatdeklaration för byggnader innebär att byggherrar måste redovisa klimatpåverkan från nybyggnation. Klimatdeklarationens nuvarande omfattning redovisar klimatpåverkan från byggnadens byggskede (livscykelmodul A1-A5) för byggnadens klimatskärm, bärande konstruktionsdelar samt innerväggar.

Boverket har på uppdrag av regeringen lämnat förslag på hur införandet av gränsvärden för byggnaders klimatpåverkan kan påskyndas och hur klimatdeklarationen kan utvidgas (Boverket, 2023). Klimatdeklarationen föreslås att utvecklas i flera steg för att slutligen täcka in klimatpåverkan från byggnadens byggskede (livscykelmodul A1-A5), delar av användningsskedet (livscykelmodul B2, B4, B6) och hela slutskedet (livscykelmodul C1-C4) samt kompletteras med byggdelen invändiga ytskikt, fast inredning och tekniska installationer.

Flera byggherrar har börjat ställa klimatkrav med en utökad systemgräns som inkluderar invändiga ytskikt, fast inredning och tekniska installationer, likt förslag till kommande lagstiftning med gränsvärden. Vanligtvis accepteras schablonvärden vid klimatberäkning av invändiga ytskikt, fast inredning och tekniska installationer eftersom mängd- och klimatdata kan vara bristfällig.

I samband med utvecklingen av kommande lagstiftning med gränsvärden ansågs inte tidigare schablonvärden för bl.a. tekniska installationer vara tillräckligt robusta och under 2023 tog WSP, KTH och IVL fram nya uppdaterade schablonvärden för tekniska installationer. Utredning från 2023 visade att samtliga schablonvärden för tekniska installationer ökade och att värdena för kontorsbyggnaders installationer ökade med hela 26% jämfört med de tidigare uppskattningarna (Malmqvist, et al., 2023).

För byggherrar med ambitiösa klimatmål utgör schablonvärdet för installationer en beaktansvärd andel av byggprojektens totala klimatpåverkan och det efterfrågas åtgärder för att minska installationernas klimatpåverkan. En utmaning vid val av tekniska system är att de görs tidigt under projektering av byggnader men det är först i detaljprojektering möjligt att veta installationssystemens klimatpåverkan, då tillräckligt detaljerad information finns för klimatberäkning. För aktörer med ambitiösa klimatmål för kontorsbyggnader står installationer för ca 20-30 % av klimatpåverkan från byggskedet då schabloner används (schablonvärde för kontorsbyggnader om 58¹ respektive 73² kgCO₂e/m² BTA (IVL, 2024) med ambitiöst klimatmål om 250-300³ kgCO₂e/m² BTA).

¹ Schablonvärde utan konservativt påslag

² Schablonvärde med konservativt påslag

³ Baserat på erfarenheter från byggprojekt

1.2 Syfte

Projektet syftar till att utföra systemanalys av två VAV-system gentemot två kylbaffelsystem avseende klimatpåverkan från installationernas material, livslängd och driftenergi (livscykelmoduler A1-A5.1+B4+B6) som ett led att identifiera mer klimateffektiva tekniska installationer.

Systemanalysen baseras på referensprojekt från aktörer i branschen. Ytterligare ett mål är att bidra till kunskapsspridning inom branschen och erbjuda underlag som kan hjälpa byggprojekt att i tidigt skede forma tekniska system som möjliggör ambitiösa klimatmål.

1.3 Avgränsningar

Projektet avser att beräkna ventilation- och komfortkyla för byggnaden. Andra tekniska system i byggnaden, så som tappvatten-, spillvatten- och värmesystem avgränsas bort i detta projekt. Även systemens påverkan på andra byggdelar inom byggnaden har avgränsats bort, så som påverkan på bjälklagshöjder.

Klimatpåverkan från energi på byggarbetsplatsen (livscykelmodul A5.2-A5.5) avgränsas bort då referensprojekten redan är uppförda och mätning av faktisk energi för installation ej är möjlig. I branschen finns schablonvärden för en hel byggnads energiåtgång på byggarbetsplatsen, dock inte för enstaka byggdelar som detta projekt avser att analysera. Klimatpåverkan från energi på byggarbetsplatsen för installation av ventilation- och komfortkyla antas vara av mindre betydelse i relation till de livscykelmoduler detta projekt avser beräkna.

Klimatpåverkan av driftenergi (livscykelmodul B6) beräknas för referensprojektens specifika energisystem, därmed utreds inga alternativa energilösningar till referensbyggnaden. Projektet har analyserat energianvändning från referensprojektens energiberäkning, därmed har uppmätt energi avgränsats bort. I projektet antas emissionsfaktorerna för energi förändras över tid, däremot har ingen hänsyn tagits till referensprojektens förändrade energibehov över tid.

Upplevelsen av de tekniska systemen har avgränsats bort i detta projekt. Exempel på upplevelse av de tekniska systemen kan vara komfort, drift och förvaltning m.m. Upplevelsen kan ha inverkan på utbytestakten och därmed påverka klimatpåverkan från utbyte (livscykelmodul B4).

1.4 Genomförande

Projektet har innehållit två faser:

- Klimatberäkning av referensprojekt
- Analys av resultat med kompletterande intervjuer med referensprojekten

Klimatberäkningar för livscykelmodulerna A1-A5.1, B4 och B6 har utförts för respektive referensprojekts ventilation- och kylsystem. Respektive referensprojekt har bidragit med underlag avseende produktmängder och energibehov för de tekniska system som analyseras. För mer information om referensprojekten se avsnitt 2.

Initialt beslutades metoder för projektets klimatberäkningar tillsammans med referensgruppen då det under projektets genomförande saknats vedertagna metoder för klimatberäkning av installationer och delar av driftskedet (livscykelmodul B4 och B6). Under projektets gång har förslag på beräkningsmetoder för livscykelmodul B4 och B6 publicerats⁴, varav detta projekt har linjerats med de föreslagna metoderna. Eftersom det inte finns vedertagna metoder för hur installationer ska klimatberäknas har nedanstående metoder valts och redogjorts för i projektet:

- Prioriteringsordning för klimatdata av installationsprodukter
- Analyserad beräkningsperiod
- Metod för beräkning av utbyten
- Framtagande av energiscenarier och förslag på emissionsfaktorer för energibärare

För mer information om metod se avsnitt 3.

Klimatberäkningarna är utförda i Excel, då det under projektets genomförande saknats ett beräkningsverktyg som stödjer projektets beräkningar.

Resultaten från klimatberäkningarna har analyserats av WSP, Installatörsföretagen och referensprojekten genom en workshop. Därefter har även referensgruppen bidragit med sina reflektioner om resultatet.

I analysarbetet har WSP och Installatörsföretagen även intervjuat representanter från respektive referensprojekt om resonemang vid val av de tekniska systemen. Från intervjuerna erhöles ökad förståelse om vilka ingångsvärden som påverkar val av tekniska system och resonemang i tidiga skeden.

Projektgruppen har även haft löpande dialog med andra SBUF-projekt för att linjera metoder och analysera resultat.

⁴ De beräkningsmetoder som har tagits fram under projektet genomförande är IVLs anvisningar för LCA-beräkning av byggprojekt, version 2024-06 (IVL, 2024). Detta dokument redovisar beräkningsmetoder för Hel LCA vid byggnation.

2 Referensprojekt

De fyra referensprojekt samt vilken indata som klimatberäknats och analyserats beskrivs i avsnitten nedan.

2.1 Beskrivning av referensprojekten

Referensprojekten, framöver kallade VAV1, VAV2, Kylbaffel1 och Kylbaffel2, beskrivs i Tabell 1 nedan. I Tabell 2 anges sammanställda nyckeldata för referensprojekten.

Tabell 1 Beskrivning av de fyra referensprojekt som har klimatberäknats och analyserats i detta projekt.

Beteckning på referensprojekt	Beskrivning av referensprojektet
VAV1	<p><u>VAV-system med fjärrkyla</u> Kontorsbyggnad i Solna på 34 949 m² BTA som färdigställdes 2021. I kontorsbyggnaden finns en ljusgård och byggnaden rymmer även restaurang, kök och café. Byggnadens simulerade fastighetsenergi är 31 kWh/m² Atemp, år.</p> <p>VAV-systemet försörjs från ett platsbyggt fläktrum med två till- och frånluftskammare. Luft tillförs via aktiva VAV-don placerade i tak. Vissa utrymmen försörjs med VAV-don eller aktiva VAV-spjäll. Frånluft evakueras centralt vid schakt via VAV-spjäll samt i WC och städ.</p> <p>Byggnaden är anslutet till ett lokalt nät för fjärrkyla. Fastighetens köldbärarsystem kyler uteluft i luftbehandlingsaggregaten såväl som processkyla för teknikutrymmen och kök.</p>
VAV2	<p><u>VAV-system med egenproducerad kyla</u> Kontorsbyggnad i Göteborg på 6 396 m² BTA som färdigställdes 2020. Byggnaden rymmer även lokaler i bottenplan. Byggnadens simulerade fastighetsenergi är 51,8 kWh/m² Atemp, år.</p> <p>VAV-systemet försörjs från luftbehandlingsaggregat placerade i fläktrum. Luft tillförs via aktiva VAV-don placerade i tak. Frånluft evakueras centralt på varje våning samt i WC m.m.</p> <p>Byggnaden producerar egen kyla med en modul i luftbehandlingsaggregaten. Den egenproducerade kylan kyler uteluft i luftbehandlingsaggregaten.</p>

<p>Kylbaffel1</p>	<p><u>Kylbaffelsystem med fjärrkyla</u> Byggnad med kontorsverksamhet i Uppsala på 22 472 m² BTA som färdigställdes 2017. I byggnaden finns ett atrium och byggnaden rymmer även kök och restaurang. Byggnadens simulerade fastighetsenergi är 55 kWh/ m² Atemp, år.</p> <p>Ventilationssystemet försörjs från luftbehandlingsaggregat placerade i fläktrum. Luft tillförs via ett konstantflödessystem med kylbafflar placerade i innertak. Frånluft evakueras centralt.</p> <p>Byggnaden är anslutet till ett lokalt nät för fjärrkyla. Fastighetens köldbärarsystem är både för komfortkyla och processkyla för kök.</p>
<p>Kylbaffel2</p>	<p><u>VAV-kylbaffelsystem med fjärrkyla och egenproducerad kyla</u> Kontorsbyggnad i Stockholm på 22 013 m² BTA som färdigställdes 2022. Byggnaden rymmer även restaurang, kök och café. Byggnadens simulerade fastighetsenergi är 29,8 kWh/ m² Atemp, år.</p> <p>Ventilationssystemet försörjs från luftbehandlingsaggregat med sammankopplad till- och frånluftssida, så att aggregaten samarbetar som en enhet. Luft tillförs via ett behovsstyrt luftbehandlingssystem med VAV-kylbafflar placerade i tak. På våningsplanen ringmatas tilluftssystemet för respektive hyresgäst. Frånluft evakueras centralt nära schakt samt i WC och städ.</p> <p>Byggnaden producerar egen kyla via kylmaskiner/värmepumpar samt är anslutet till lokalt nät för fjärrkyla. Fastighetens köldbärarsystem är både för komfortkyla och processkyla för teknikutrymmen och kök.</p>

Personbelastning och dess närvaroprofil dimensionerar de tekniska systemen samt används som underlag till byggnadernas energisimulering. Eftersom personbelastning och närvaroprofilen kan variera presenteras byggnadernas genomsnittliga personbelastning i Tabell 2 samt använd närvaroprofil i energisimuleringen i Tabell 3 och Tabell 4.

Tabell 2 Nyckeldata för referensprojekten som har klimatberäknats och analyserats i detta projekt.

	Referensprojekt			
	VAV1	VAV2	Kylbaffel1	Kylbaffel2
BTA, m²	34 949	6 396	22 472	22 013
Atemp, m²	33 308	4 950	20 401	18 225
Uthyrd yta	100%	100%	100%	100%
Personbelastning, person per 10m²	ca 0,8	ca 0,8	ca 0,8	ca 0,8-1
Solavskärmning	Ja	Ja	Ja	Ja
Luftflöden, l/s,m²	ca 2,6	1,5	1,4	1,3
Köpt elenergi, kWh/m² Atemp	0	1,8	0	1,2
Köpt elenergi, fläkt kWh/m² Atemp	4,9	8,9	4,0	6,6
Köpt fjärrkyla kWh/m² Atemp	4,0	0	15,5	2,3

Tabell 3 Närvaroprofil för referensprojekt VAV1 och VAV2.

	VAV1		VAV2	
	Rum	Närvaroprofil	Rum	Närvaroprofil
Närvarotid vardag	Kontor	67% 10h/dag	Kontor, konferens	70% 8h/dag 35% 1h/dag
	Mötesrum	67% 5h/dag	Trapphus, korridor	35% 4h/dag 50% 2h/dag
	Restaurang	50% 2h/dag 100% 2h/dag	Pausrum, matsal	35% 5,5h/dag 50% 2,5h/dag 70% 1,5h/dag
Närvarotid helg	Ingen drift på helgen		Ingen drift på helgen	

Tabell 4 Närvaroprofil för referensprojekt Kylbaffel1 och Kylbaffel2.

	Kylbaffel1		Kylbaffel2	
	Rum	Närvaroprofil	Rum	Närvaroprofil
Närvarotid vardag	Kontor	100% 3h/dag	Kontorslandskap	60% 9h/dag
	Möte	40% 4h/dag	Konferens, gles	50% 9h/dag
	Restaurang	25% 2h/dag 100% 4h/dag	Konferens, normaltät	70% 4h/dag
	Pausrum	25% 9h/dag	Konferens, tät	70% 4h/dag
	Övrigt	25% 9h/dag	Kök	80% 8h/dag
			Restaurang/café	80% 5h/dag
			Omkl.rum	65% 9h/dag
Närvarotid, helg	Ingen drift på helgen	Kontorslandskap	5% 6h/dag	
		Konferens, gles	5% 6h/dag	
		Konferens, normaltät	Ingen drift på helgen	
		Konferens, tät	Ingen drift på helgen	
		Kök	Ingen drift på helgen	
		Restaurang/café	35% 8h/dag 70% 2h/dag	
		Omkl.rum	15% 9h/dag	

2.2 Indata till klimatberäkning

Använda källor för resurssammanställning från referensprojekten anges i Tabell 5. "Bill of materials" (BOM) exporterad från digitala modeller har använts för sammanställning av ingående sakvaror så som beteckning, antal/längd och dimensioner. Vid behov har kompletterande information hämtats från referensprojektens tekniska beskrivningar.

Vikter har hämtats från respektive sakvaras produktsida eller beräknats utifrån produktens dimensioner och materialsammansättning. För produktgrupperna ventilationskanaler, rörlängder samt dess böjar, kopplingar och isolering har vikt beräknats med geometriska beräkningar samt densiteter. Materialsammansättningen för produkter som saknar specifika och generiska klimatdata har hämtats från byggvarudeklarationer.

Tabell 5 Källor på resurssammanställning från referensprojekten

Referensprojekt	Källor till resurssammanställning och energianvändning
VAV1	DWG-filer samt tekniska beskrivningar och energiberäkning från relationshandling.
VAV2	IFC-fil samt ramhandling från förfrågningsunderlag. Energiberäkning från relationshandling. Underlag för luftbehandlingsaggregat från dimensioneringsprogram från tillverkare.
Kylbaffel1	DWG-filer samt tekniska beskrivningar och energiberäkning från bygghandling.
Kylbaffel2	IFC- och Revit-filer samt tekniska beskrivningar från relationshandling. Energiberäkning från bygghandling. Underlag för luftbehandlingsaggregat från dimensioneringsprogram från tillverkare.

3 Metod klimatberäkningar (A1-A5.1, B4 och B6)

I följande avsnitt presenteras projektets metod för klimatberäkning.

Beräkningsperioden sätts till 50 år. Detta är i likhet med förslag i EU:s taxonomi⁵ och kommande uppdatering av energiprestandadirektivet (EPBD) (IVL, 2024). För jämförbart resultat antas samtliga referensprojekt färdigställande år till 2020.

Tabell 6 Översiktlig avgränsning av projektets klimatberäkning. Livscykelmoduler som exkluderas har ej beräknats i projektet.

Översiktlig avgränsning av projektets klimatberäkning	
A1-A3	Sakvaror samt kanal- och rörlängder, inklusive isolering, för det beräknade luft- och vattenburna systemet.
A4	Framtaget transportskenario i likhet med använt transportskenario i Boverkets klimatdatabas. Samma avgränsning av produkter som för A1-A3.
A5.1	Sakvaror: Inget spill. Kanal- och rörlängder inklusive isolering: Schablon Boverkets klimatdatabas samt erfarenhetsbaserat spill från VVS-expert på WSP.
B4	Utbyten av produkter och komponenter med kortare livslängd än beräkningsperioden. Klimatförbättringsskenario appliceras enligt avsnitt 3.1.
B6	Driftenergi för det beräknade luft- och vattenburna systemet under beräkningsperioden. Klimatförbättringsskenario appliceras enligt avsnitt 3.1.

3.1 Framtidsskenario för driftenergi och processer

Klimatförbättringsskenario har applicerats för att uppskatta möjlig klimatreduktion över tid för olika processer och produkter. Klimatförbättringsskenariot appliceras på de klimatberäkningar som använder framtida data (efter 2020) i livscykelkedede B4 och B6.

Klimatförbättringsskenariot som appliceras är i likhet med IVLs klimatberäkningsanvisning (IVL, 2024). Två scenarier används, en för material (påverkar livscykelmodul B4) och en för energi (påverkar livscykelmodul B6). Scenariot antar en linjär minskning i klimatpåverkan till 2050, därefter förblir utsläppen konstanta.

Klimatförbättringsskenariot för material antar 37% reduktion av klimatpåverkan till 2050 enligt nedanstående formler:

$$\text{Innan 2050: } X_i + X_i \frac{63\% - 100\%}{2050 - Y_c} * (Y_i - Y_c)$$

$$\text{Efter 2050: } X_i * 63\%$$

Klimatförbättringsskenariot för energi antar 40% reduktion av klimatpåverkan till 2050 enligt nedanstående formler:

⁵ EU:s taxonomi 7.1 Uppförande av nya byggnader innefattar två delegerade akter (begränsning av klimatförändringar och omställning till en cirkulär ekonomi) som båda anger 50 års beräkningsperiod.

Innan 2050: $X_i + X_i \frac{60\% - 100\%}{2050 - Y_C} * (Y_i - Y_C)$

Efter 2050: $X_i * 60\%$

$X_i = LCA - data$ för nuvarande år

$Y_C = Nuvarande$ år

$Y_i = \text{År för vilken } LCA - \text{ datan är beräknad}$

3.2 Produktskedet (A1-A3)

Produktskedet (A1-A3) avser klimatpåverkan till följd av råvaruförsörjning, transport till fabrik och tillverkning av produkten. Nedan beskrivs prioritering av klimatdata vid klimatberäkning av produktskedet.

I första hand har specifika klimatdata, EPD:er, använts som underlag för beräkningarna. I de fall EPD:er har använts i beräkningen har klimatdata använts för A1-A3 motsvarande "GWP-GHG", alternativt "GWP". Dessa värden kommer från olika versioner av standarden, men motsvarar samma klimatpåverkan.

När specifika klimatdata inte funnits för produkter så har generiska data använts för klimatdata enligt nedanstående prioriteringsordning. Vid generiska data har typiska (icke-konservativa) data använts.

1. Boverket klimatdatabas
2. Finsk klimatdatabas co2data.fi
3. Ökobaudat

För de produkter som saknar specifika och generiska klimatdata har en uppskattning av produktens klimatpåverkan gjorts utifrån produktens vikt, materialsammansättning och de ingående materialens klimatpåverkan. För dessa beräkningar har ett påslag med osäkerhetsfaktorn 25% använts. Osäkerhetsfaktorn adderas för att minimera risk att underskatta klimatpåverkan. För de ingående materialen har klimatdata använts enligt följande prioriteringsordning:

1. Boverkets klimatdatabas
2. Ökobaudat
3. Ecolnvent (version 3.9.1, dec 2022), CML (version 4.8)

För produktgrupperna ventilationskanaler, rörlängder och dess böjar samt kopplingar har ovanstående prioriteringsordning av klimatdata undantagits. Klimatpåverkan har istället beräknats enligt metoden för materialinnehåll. För att inte underskatta klimatpåverkan samt skapa jämförbara resultat har metoden för materialinnehåll använts även om det under perioden funnits tillgängliga EPD:er och generiska data för vissa produkter. Det visade sig också att generiska typiska datan för ovannämnda produkter låg lägre än tillgängliga EPD:er, vilket underbyggde beslutet att använda metoden med beräknat materialinnehåll i denna studie.

Klimatdata från elektronik är omoget och det finns en risk att klimatpåverkan från elektronik är underskattad i projektet. För vissa av referensprojektens produkter

framgår enbart att det ingår "elmotor" eller "kretskort". I dessa fall har det inte varit möjligt att klimatberäkna denna del av produkten.

Samtliga klimatdata använder indikatorn GWP100⁶.

För två referensprojekt har antaganden för luftbehandlingsaggregat respektive kanalisering gjorts, då tillräckligt underlag saknas. För antaganden gjorda i referensprojekt VAV1 och VAV2, se Tabell 7. För andra antaganden avseende livscykelkedde A1-A3, se bilaga 1.

Tabell 7 Antaganden gjorda där underlag saknas i referensprojekt VAV1 och VAV2.

Referensprojekt	Antagande
VAV1	<u>Produkt luftbehandlingsaggregat</u> Klimatpåverkan för luftbehandlingsaggregat antas från uppskattat värde för luftbehandlingsaggregat i VAV2. Det uppskattade värdet tas fram baserat på luftbehandlingsaggregatens klimatpåverkan per luftflöde/sekund (kgCO ₂ e / l/s) för VAV2. Tillsammans med luftflöde/sekund (l/s) för VAV1 erhålls en antagen klimatpåverkan för luftbehandlingsaggregat i VAV1.
VAV2	<u>Produkt kanalisering</u> Klimatpåverkan för ventilationskanalisering antas från uppskattat värde för ventilationskanalisering i VAV1. Det uppskattade värdet tas fram baserat på kanaliseringens procentuella andel av kanalernas klimatpåverkan i VAV1, ca 17%. Tillsammans med klimatpåverkan för ventilationskanalerna för VAV2 erhålls en antagen klimatpåverkan för kanalisering i VAV2.

3.3 Transport till byggarbetsplatsen (A4)

Transport (A4) avser klimatpåverkan till följd av transport från tillverkningsfabrik till byggarbetsplatsen. I detta projekt är omfattningen av transport densamma som i lagen om klimatdeklaration (Boverket, 2024).

⁶ För att beräkna hur stor påverkan olika växthusgaser har på klimatet har man satt klimatpåverkan för koldioxid (CO₂) över 100 år till 1. Andra klimatgaser översätts till hur stor påverkan de har jämfört med denna enhet (1 kg CO₂ över 100 år). Denna översättning gör att man kan få ett sammanslaget mått för klimatpåverkan från samtliga utsläpp av olika klimatgaser. Måttet kallas GWP100 och är det vanligaste måttet för klimatpåverkan.

Klimatberäkningar för transport har beräknats på olika sätt, beroende på källa för indata för produktskedet (A1-A3). Nedan beskrivs prioriteringsordning vid klimatberäkning av transport:

- 1) Produkten finns i Boverkets klimatdatabas: Klimatpåverkan för transport har hämtats från Boverkets klimatdatabas, för den specifika produkten.
- 2) Produkten finns inte i Boverkets klimatdatabas: Klimatpåverkan för transport har beräknats utifrån transportavstånd, bränsleåtgång och bränslets klimatpåverkan. Data är hämtad från Boverkets klimatdatabas och representerar en uppskattning av transporter av styckvisa produkter.

Under projektets genomförande användes ingen klimatdata från Boverkets klimatdatabas. Därmed har samtliga resurser i detta projekt beräknats enligt prioritering 2 ovan.

Tabell 8 visar den data som har använts för att beräkna transport för produkter enligt prioritering 2 ovan. Med transportsträckor, bränsleåtgång och klimatdata för förbränning av fossil diesel, beräknades de totala utsläppen för transport [kg CO₂e/kg transporterad produkt].

Tabell 8 Indata för beräkning av klimatpåverkan från transportskenario enligt prioritering 2 ovan.

Transport	Transportsträcka [km]
Lastbil, diesel, 1 MJ/ton km	1000
Lastbil, diesel, 1,5 MJ/ton km	40
Drivmedel	Klimatpåverkan [kg CO₂e/MJ]
Diesel, fossil (2021)	0,0951

För antaganden gjorde avseende A4, se bilaga 1.

3.4 Byggspill (A5.1)

Byggspill (A5.1) avser klimatpåverkan från produktskede och transport till byggarbetsplatsen för det byggspill som uppkommer under produktion. I detta projekt är omfattningen av byggspill densamma som i lagen om klimatdeklaration (Boverket, 2024).

Klimatpåverkan från byggspill antas vara försumbar för sakvaror och har därför endast beräknats för kanal- och rörlängder inklusive isolering.

Klimatpåverkan för byggspill från respektive byggprodukt är i första hand beräknad från schablonvärde från Boverkets klimatdatabas och i andra hand Finsk klimatdatabas co2data.fi. Här antas att en procentsats från inköpt mängd av respektive produkt är spill. Andelen beror av produkttyp. I verkligheten kan andelen spill vara större eller mindre än vad som är angivet i Boverkets klimatdatabas eller andra använda schabloner.

För isolering av kanal- och rörlängder antas 5% spill, baserat på praktisk erfarenhet från VVS-expert på WSP.

3.5 Utbyte (B4)

Utbyte (B4) avser klimatpåverkan vid byte av produkter och komponenter med kortare livslängd än beräkningsperioden. För att beräkna klimatpåverkan från utbyte (B4) användes beräknad klimatpåverkan för produkten (A1-A5.1) med klimatförbättringsscenario enligt avsnitt 3.1, samt antalet utbyten under beräkningsperioden.

Vid beräkning av antalet utbyten användes ekvation från IVL:s klimatberäkningsanvisning (IVL, 2024):

$$\text{Antal utbyten} = \left(\frac{\text{Byggnadens beräkningsperiod}}{\text{Teknisk livslängd för produkt}} \right) - 1$$

För produkter med en teknisk livslängd som överstiger beräkningsperioden antas klimatpåverkan från B4 vara noll. Utan detta antagande blir klimatpåverkan från utbyte (B4) negativt för produkter med teknisk livslängd som överstiger beräkningsperioden.

Data för teknisk livslängd inhämtades enligt följande prioriteringsordning:

1. Repab fakta 2015 - Underhållskostnader
2. Uppskattning av erfaren VVS-expert från WSP

3.6 Driftenergi (B6)

Driftenergi (B6) avser klimatpåverkan från byggnadens driftenergi under beräkningsperioden 50 år. I denna beräkning har enbart energianvändning från referensprojektens ventilation- och kylanläggning inkluderats.

För att beräkna klimatpåverkan från driftenergi (B6) användes data för referensprojektens energianvändning [kWh/(m², år)], tempererad area [m²] samt emissionsfaktorer för energibärare. För jämförelse sattes två energiscenarier upp för att beakta flera scenarion, se Tabell 9.

Tabell 9 Använda energiscenarier för klimatberäkning av driftenergi (B6).

Beteckning av energiscenario	LCA-data
Energiscenario 1 (E1)	Svensk elmix från Boverkets klimatdatabas Sverigemedel för fjärrkyla från Byggföretagens klimatberäkningsverktyg
Energiscenario 2 (E2)	Nordisk elmix från rapporten " <i>Emissionsfaktorer för nordisk elmix med hänsyn till import och transport</i> " (Sandgren & Nilsson, 2021) Sverigemedel för fjärrkyla från Byggföretagens klimatberäkningsverktyg

3.7 Täckningsgrad

För att kompensera för osäkerheter och ofullständiga data har resultaten för klimatpåverkan räknats upp enligt principen:

$$\text{Uppräknad klimatpåverkan} = \frac{\text{Beräknad klimatpåverkan}}{\text{Täckningsgrad}}$$

Tabell 10 visar beräknad och uppskattad täckningsgrad för de beräknade byggnaderna. Vid uppräknad klimatpåverkan, enligt formeln ovan, har den uppskattade täckningsgraden använts. Den uppskattade täckningsgraden innehåller den beräknade täckningsgraden och kompensation för eventuella sakvaror där det fattas data för produktens vikt.

Den beräknade täckningsgraden är beräknad utifrån hur stor andel av den totalt kända vikten som har klimatberäknats, enligt principen:

$$\text{Beräknad täckningsgrad} = \frac{\text{Total vikt som har klimatberäknats}}{\text{Total känd vikt}}$$

För vissa produkter vars klimatpåverkan har beräknats utifrån materialandelar har inte hela produktens vikt kunnat kopplas till specifika material. Exempelvis, om en produkt har de kända materialandelarna 70% stål, 10% härdat glas och 5% stenullsisolering så har endast 85% av produktens totala vikt klimatberäknats. Denna typ av datalucka har tagits i hänsyn i beräknad täckningsgrad.

Tabell 10 Faktorer för täckningsgrad, baserat på andel av den kända vikten som har kunnat klimatberäknats, för respektive referensprojekt

Referensprojekt	Beräknad täckningsgrad	Uppskattad täckningsgrad
VAV1	99,6%	99,5%
VAV2	95,6%	94%
Kylbaffel1	96,9%	93%
Kylbaffel2	95,9%	95%

Täckningsgraden är beräknad för det kända systemet, som är uppritat i modeller och beskrivet i tekniska beskrivningar. Därmed kan det finnas dataluckor som inte har tagits hänsyn till i beräkningarna, om de byggda systemen inte helt stämmer överens med de uppritate systemen.

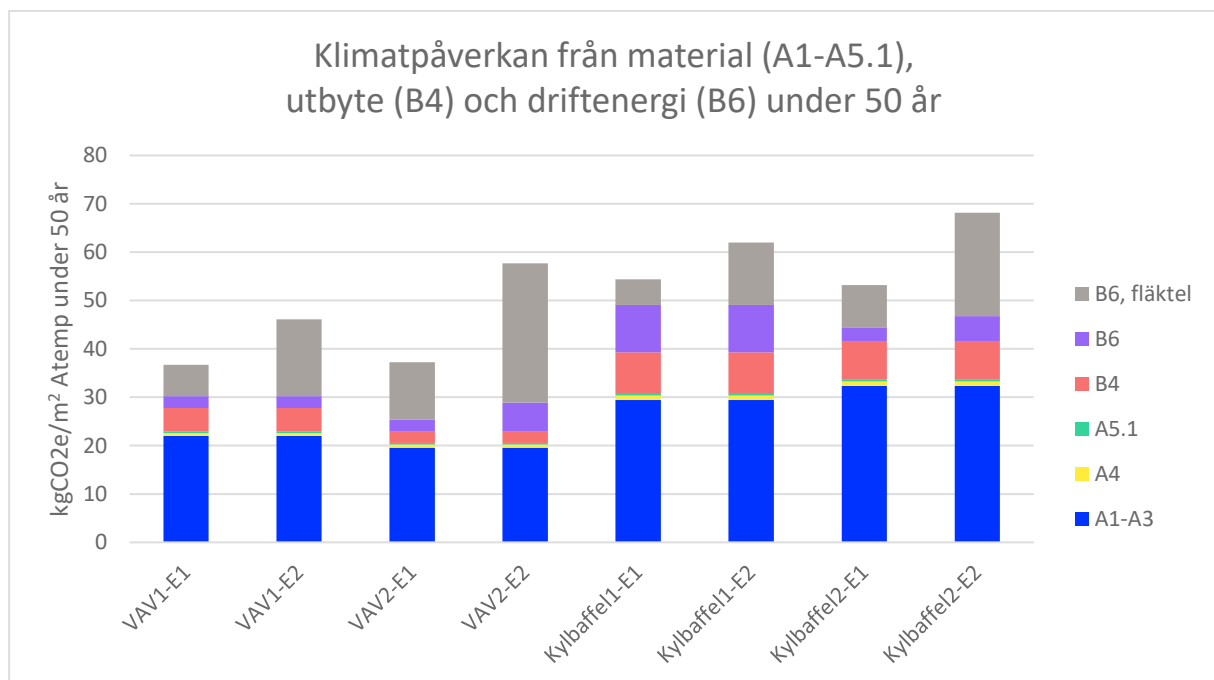
4 Resultat

I avsnittet nedan presenteras resultatet från klimatberäkningar av de fyra referensprojekten samt resultat från referensprojektens resonemang vid val av tekniskt system.

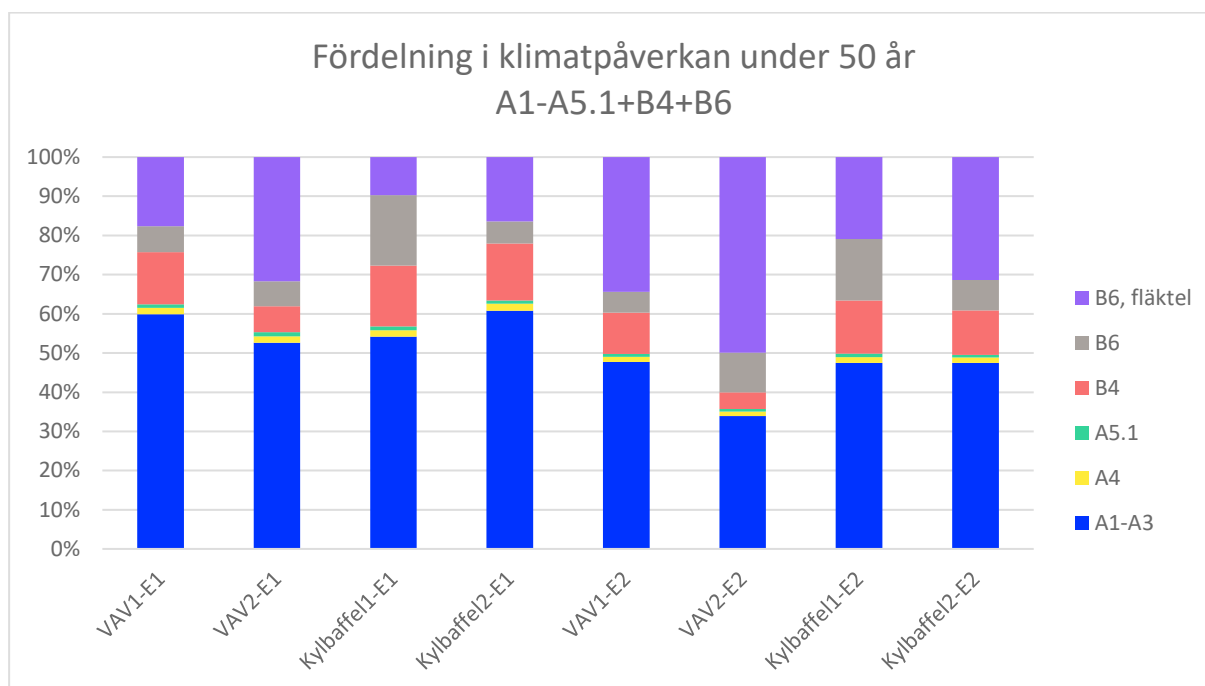
Resultaten presenteras i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ Atemp under 50 år. Atemp har valts då det är främst denna typ av yta som påverkar installationer och energianvändning. För resultat uttryckt i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ BTA, se bilaga 2.

4.1 Klimatpåverkan från luft- respektive vattenburen kyla

Klimatpåverkan från referensprojektens material, livslängd och driftenergi (livscykelmoduler A1-A5.1+B4+B6) uttryckt i $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ Atemp redovisas i Figur 1 och Tabell 11 nedan. I Figur 2 redovisas procentuell fördelning mellan livscykelmodulerna. I dessa figurer och tabeller redovisas även resultat för de två energiscenarierna E1 och E2. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad enligt avsnitt 3.7.



Figur 1 Klimatpåverkan från referensprojekten fördelat på produktskedet (A1-A3), transport till byggarbetsplatsen (A4), byggspill (A5.1), utbyte (B4) och driftenergi (B6). E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.



Figur 2 Fördelning av klimatpåverkan från referensprojekten i produktskedet (A1-A3), transport till byggarbetsplatsen (A4), byggspill (A5.1), utbyte (B4) och driftenergi (B6). E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

I Figur 1 och Tabell 11 syns att totala klimatpåverkan (A1-A5.1+B4+B6) är lägre för referensprojekten med VAV än för referensprojekten med kylbafflar. Det bör uppmärksammas att dessa grafer redovisar klimatpåverkan från de fyra beräknade referensprojekten utifrån projektets avgränsningar.

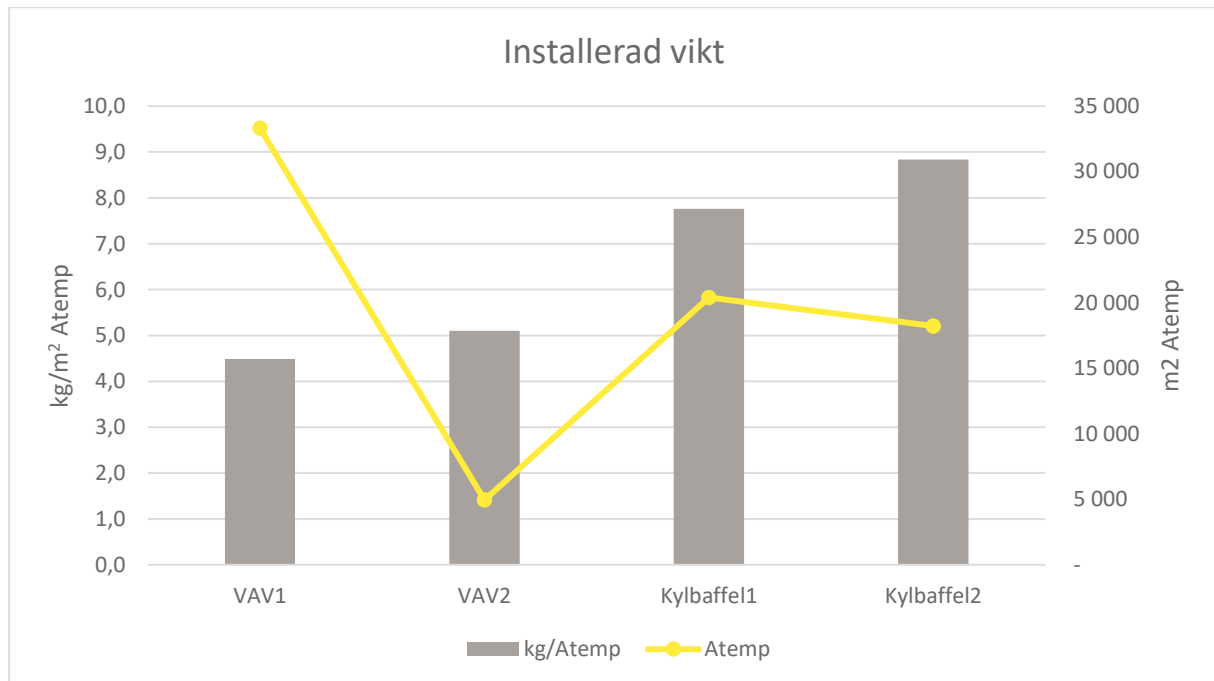
Totala klimatpåverkan för referensprojekten varierar till följd av använda energiscenarier, eftersom LCA-datan för nordisk elmix har högre klimatpåverkan än svensk elmix. Vid energiscenario E1 står klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) för den största andelen i samtliga referensprojekt, ca 55-63% av klimatavtrycket enligt Tabell 11. Vid energiscenario E2 får driftenergin (B6) en större påverkan på resultatet. Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) står för ca 36-50% av klimatavtrycket medan driftenergin (B6) står för ca 37-60% av avtrycket i energiscenario 2 enligt Tabell 11. Eftersom referensprojekten med VAV-system har lägre klimatpåverkan från materialen, står energiscenario 2 för en större procentuell andel gentemot referensprojekten med kylbaffelsystem.

Tabell 11 Klimatpåverkan från referensprojekten redovisas i kgCO₂e/m² Atemp under 50 år och %-fördelning.

E1 avser energiscenario 1 (LCA-data för svensk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla) och E2 avser energiscenario 2 (LCA-data för nordisk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla). Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

Klimatpåverkan per livscykelmodul under 50 år kgCO ₂ e/m ² Atemp under 50 år																
	VAV1				VAV2				Kylbaffel2				Kylbaffel2			
	E1		E2		E1		E2		E1		E2		E1		E2	
Produktskedet A1-A3	22,0	60%	22,0	48%	19,6	53%	19,6	34%	29,4	54%	29,4	47%	32,4	61%	32,4	47%
Transport A4	0,6	2%	0,6	1%	0,6	2%	0,6	1%	0,9	2%	0,9	1%	0,9	2%	0,9	1%
Byggspill A5.1	0,3	1%	0,3	1%	0,4	1%	0,4	1%	0,5	1%	0,5	1%	0,4	1%	0,4	1%
Utbyte B4	4,9	13%	4,9	11%	2,5	7%	2,5	4%	8,4	16%	8,4	14%	7,7	15%	7,7	11%
Driftenergi B6	2,4	7%	2,4	5%	2,4	6%	5,8	10%	9,7	18%	9,7	16%	3,0	6%	5,3	8%
Driftenergi B6, fläktel	6,5	18%	15,9	34%	11,8	32%	28,8	50%	5,3	10%	13,0	21%	8,7	16%	21,4	31%
Totalt	36,7	100%	46,1	100%	37,2	100%	57,7	100%	54,4	100%	62,0	100%	53,2	100%	68,1	100%

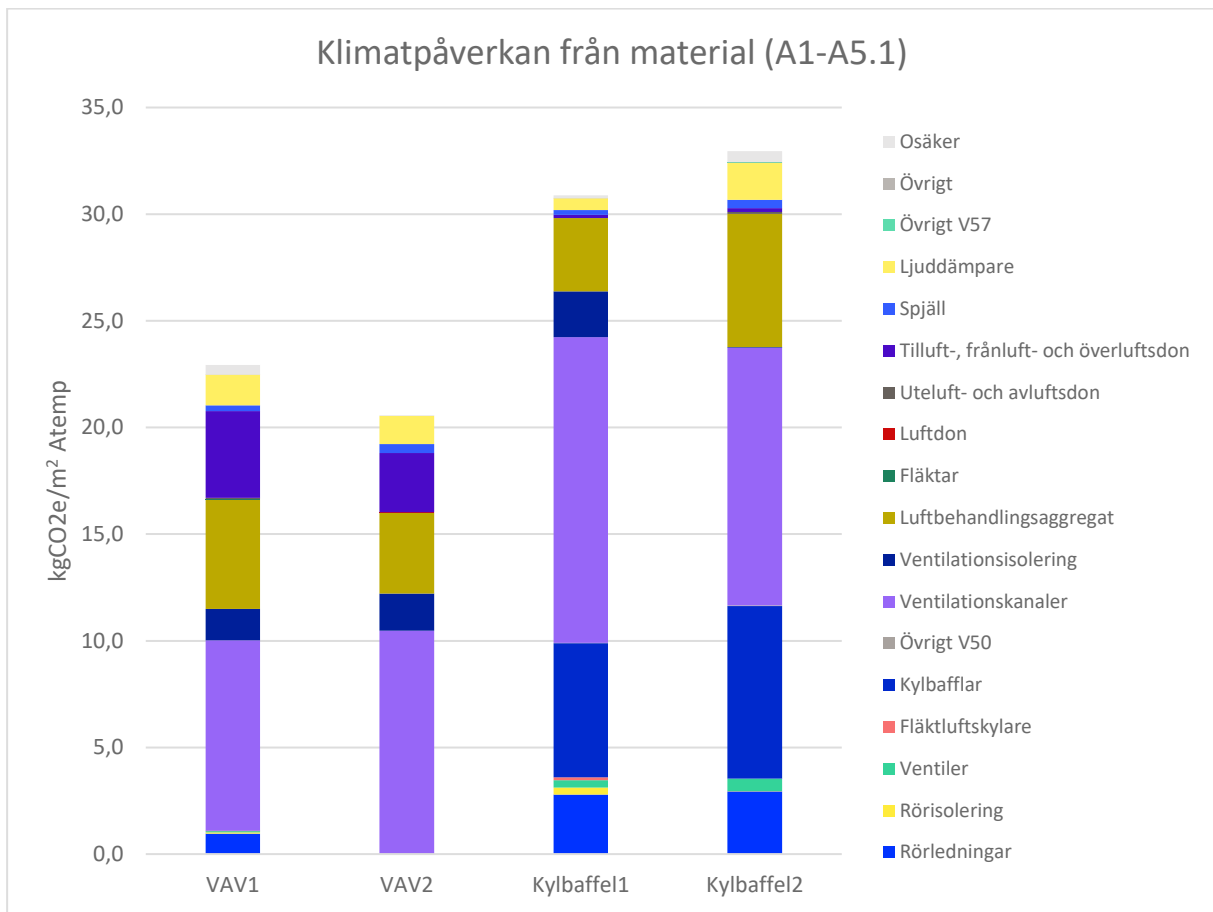
Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) beräknas från produkternas vikt och emissionsfaktorer i referensprojekten. Referensprojektens installerade vikt uttryckt i $\text{kg/m}^2 \text{Atemp}$ redovisas i Figur 3. Referensprojekten med VAV-system har lägre installerad vikt/ $\text{m}^2 \text{Atemp}$ än referensprojekten med kylbafflar.



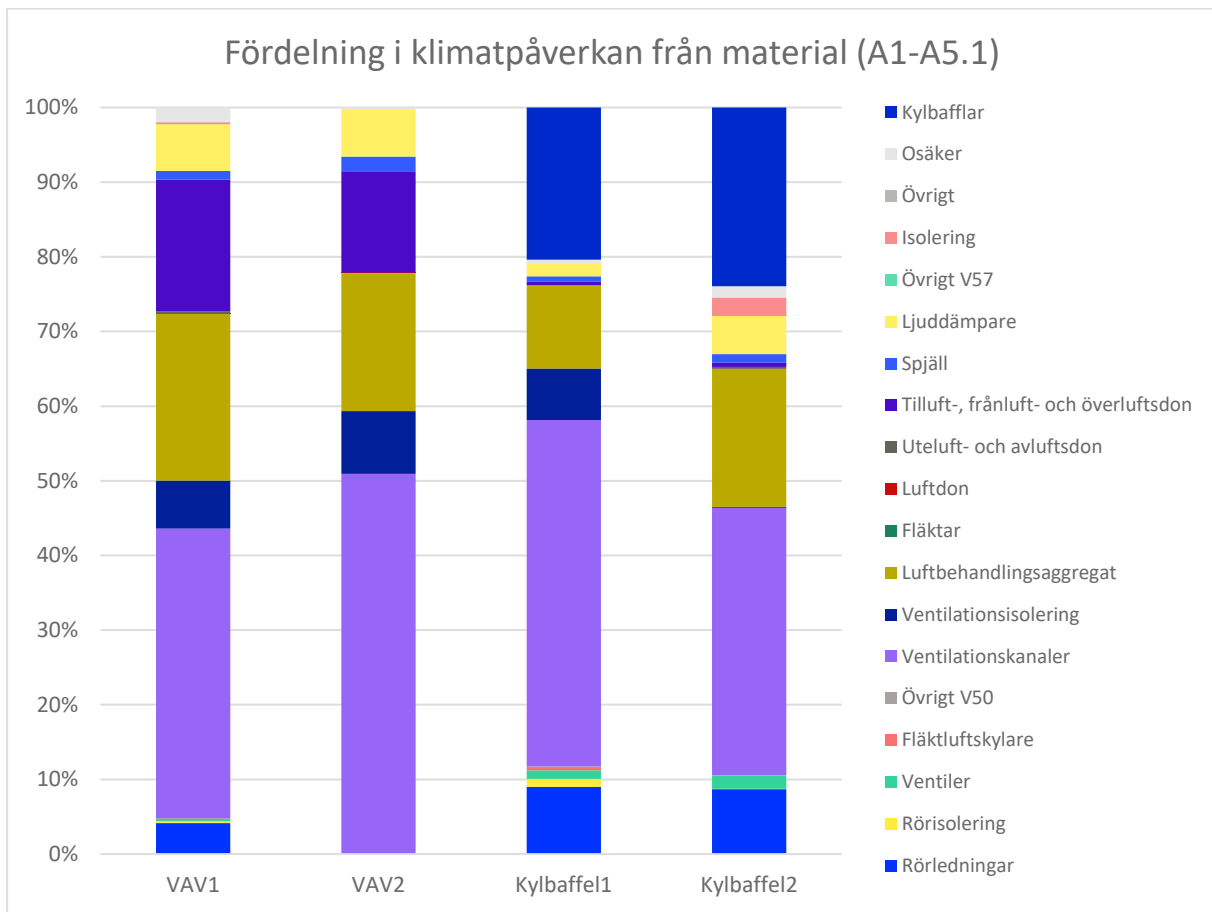
Figur 3 Installerad vikt ($\text{kg/m}^2 \text{Atemp}$) och $\text{m}^2 \text{Atemp}$ i referensprojekten. Vikten är ej uppräknad med uppskattad täckningsgrad.

4.1.1 Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1)

Klimatpåverkan från referensprojektens produktskede (A1-A3), transport till byggarbetsplatsen (A4) och byggspill (A5.1) fördelat på produkttyp redovisas i Figur 4 nedan. I Figur 5 redovisas procentuell fördelning mellan referensprojektens produkttyper.



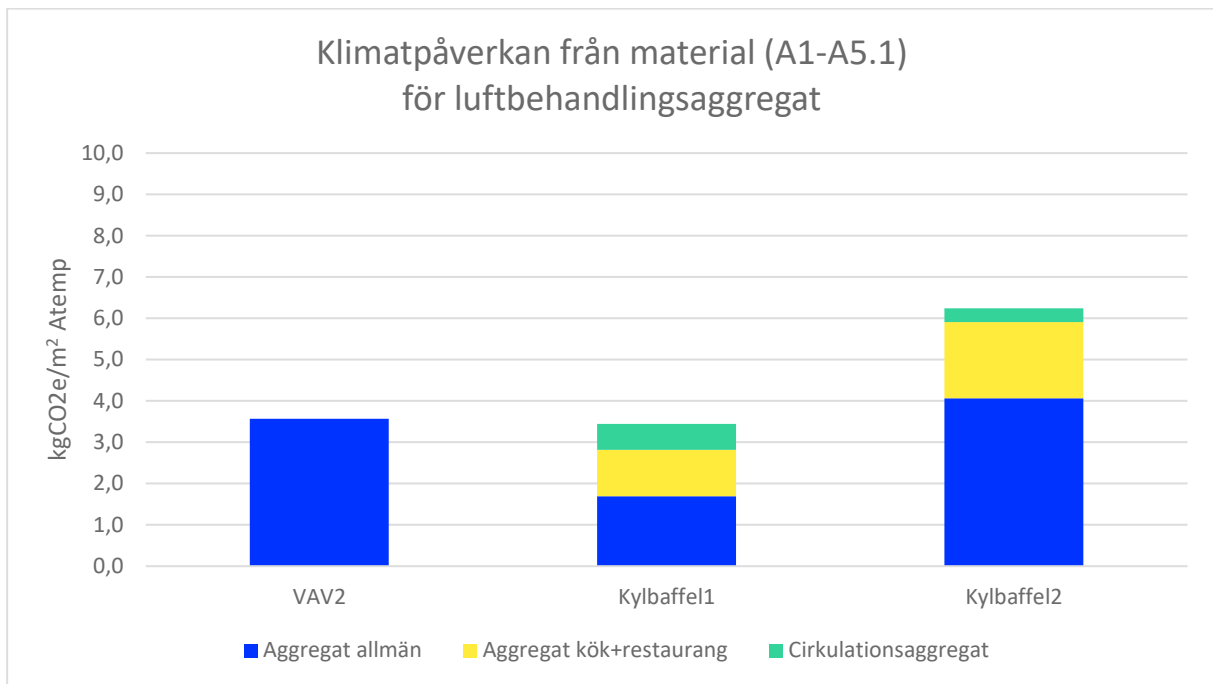
Figur 4 Klimatpåverkan från referensprojektets material (A1-A5.1) fördelat på produkttyp. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.



Figur 5 Procentuell fördelning av produkttyper från referensprojektens klimatpåverkan från material (A1-A5.1). Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

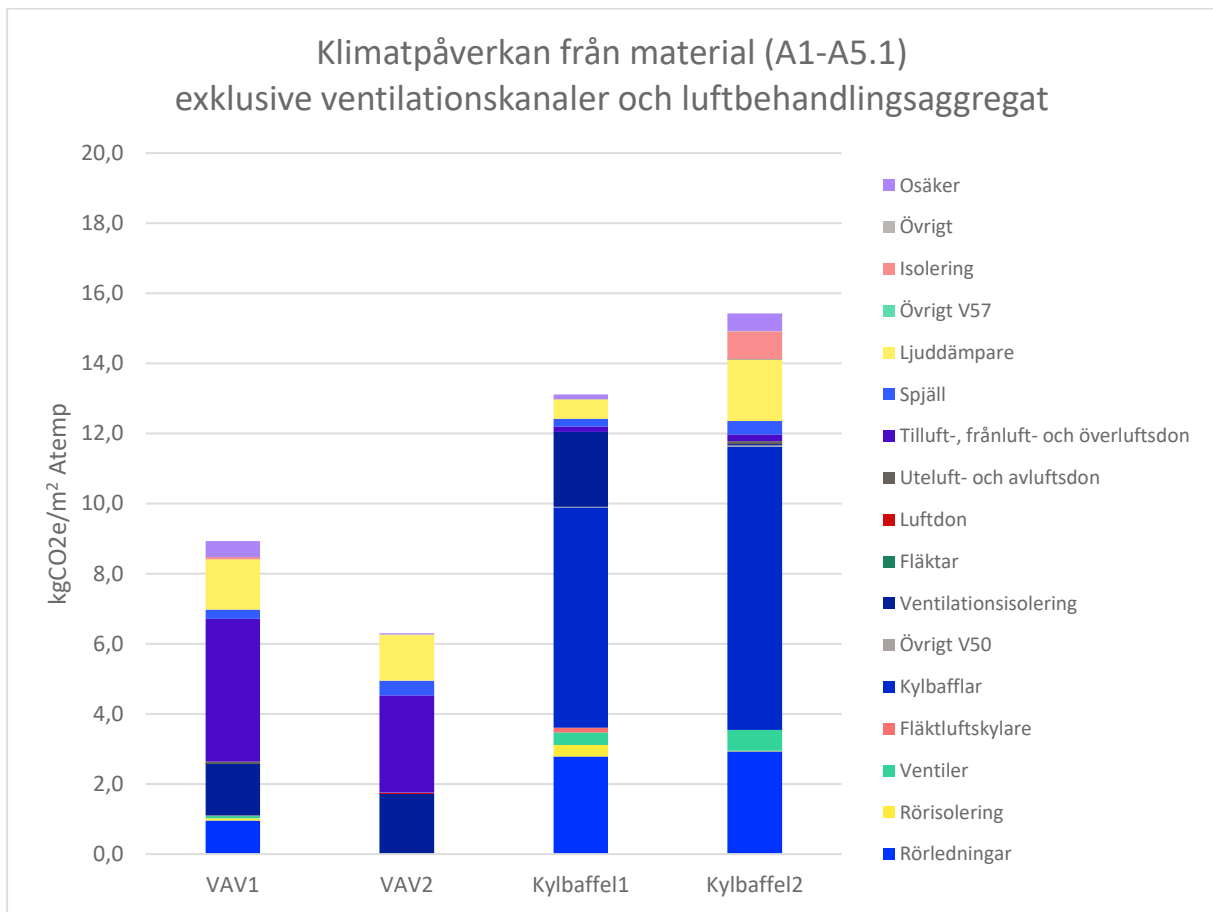
I Figur 4 och Figur 5 syns att vissa produkttyper står för en betydande andel av klimatpåverkan inom A1-A5.1. För VAV-systemen står ventilationskanaler för absolut största andelen av klimatpåverkan (ca 39-51%), därefter kommer luftbehandlingsaggregat (ca 18-22%), don (ca 13-19%) och ventilationsisolering (ca 6-8%). Även för kylbaffelssystemen står ventilationskanaler för den absolut största andelen av klimatpåverkan (ca 36-46%), därefter kommer kylbafflar (ca 20-24%), luftbehandlingsaggregat (11-18%) och rörledningar (ca 9%).

Klimatpåverkan från material (A1-A5.1) för referensprojektens luftbehandlingsaggregat fördelat på aggregattyp redovisas i Figur 6. Resultat från VAV1 redovisas inte då underlag på luftbehandlingsaggregat saknas för detta referensprojekt. I Figur 6 syns att klimatpåverkan från de allmänna luftbehandlingsaggregaten är störst för VAV2 och Kylbaffel2 som är ett VAV-kylbaffelssystem.



Figur 6 Klimatpåverkan från referensprojektens luftbehandlingsaggregat fördelat på typ av försörjning av aggregatet. VAV1 redovisas inte då underlag från luftbehandlingsaggregat saknas för detta referensprojekt.

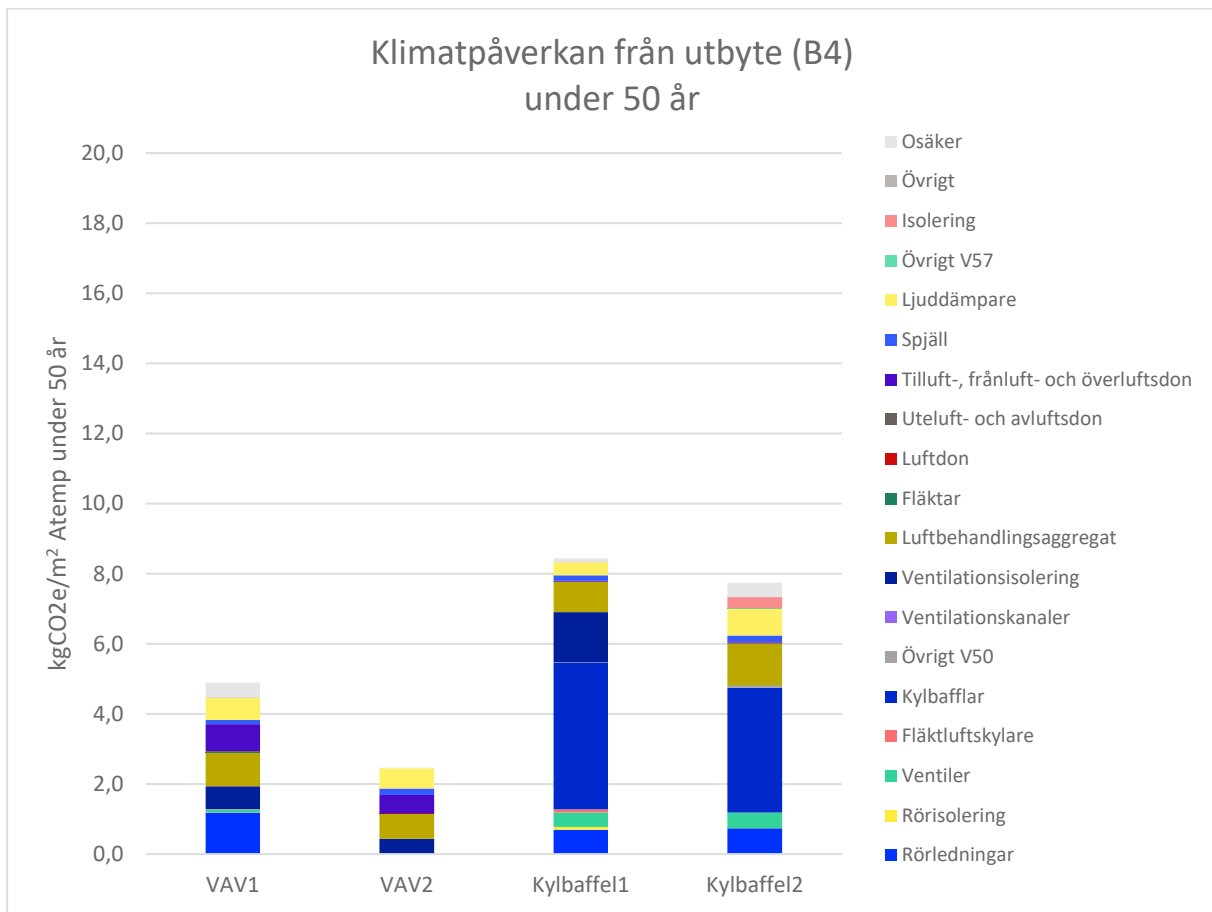
Klimatpåverkan från material (A1-A5.1) exklusive ventilationskanaler och luftbehandlingsaggregat redovisas i Figur 7.



Figur 7 Klimatpåverkan från material (A1-A5.1) exklusive ventilationskanaler och luftbehandlingsaggregat.

4.1.2 Klimatpåverkan från utbyte (B4)

Klimatpåverkan från referensprojektets utbyte (B4) fördelat på produkttyper redovisas i Figur 8 nedan. Observera att denna graf har en annan skala än för A1-A5.1 i Figur 4. Utbytet (B4) motsvarar ungefär ¼ av referensprojektets klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1).

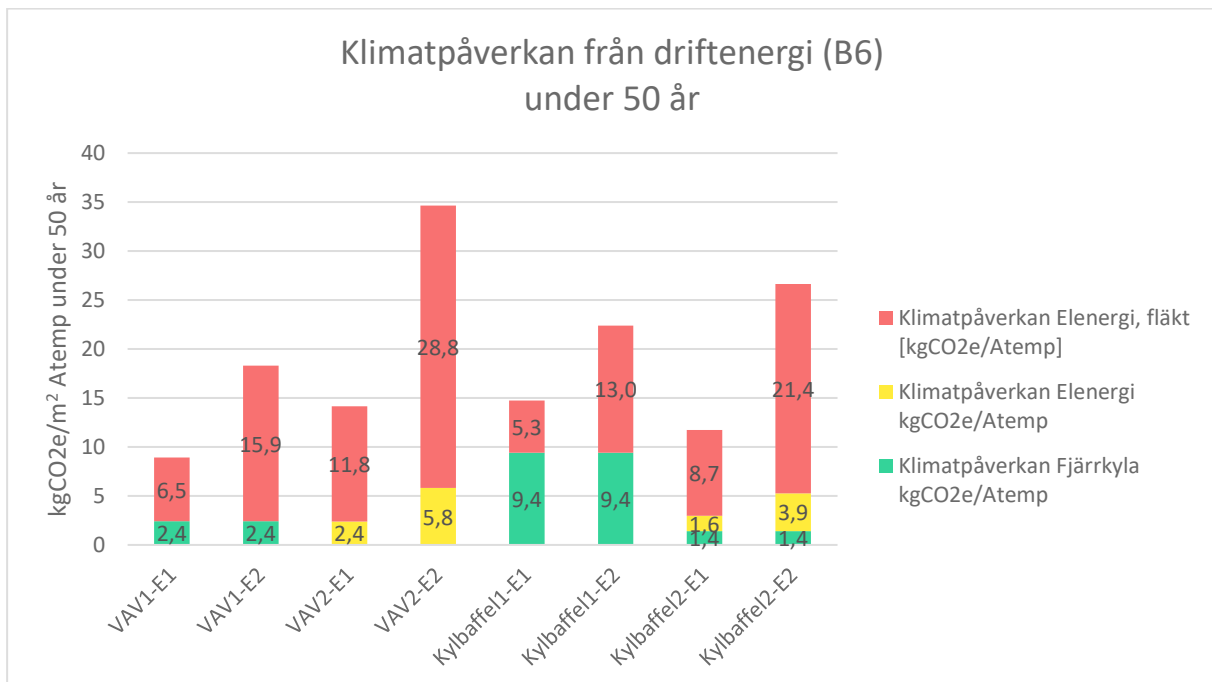


Figur 8 Klimatpåverkan från referensprojektets utbyte av produkter (B4) under beräkningsperioden. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

I Figur 8 syns vilka produkttyper som står för störst andel av klimatavtrycket från utbyte (B4). Det bör uppmärksammas att resultatet från utbyte (B4) beror på projektets valda metod och avgränsning. Om andra utbytesintervall hade använts skulle det påverka klimatpåverkan från utbyte.

4.1.3 Klimatpåverkan från driftenergi (B6)

Klimatpåverkan från referensproduktens driftenergi (B6) fördelat per energislag redovisas i Figur 9 nedan. Klimatpåverkan från elenergi är fördelat på fläktenergi och övrig energi. I figuren redovisas resultat de två energiscenarierna E1 och E2.



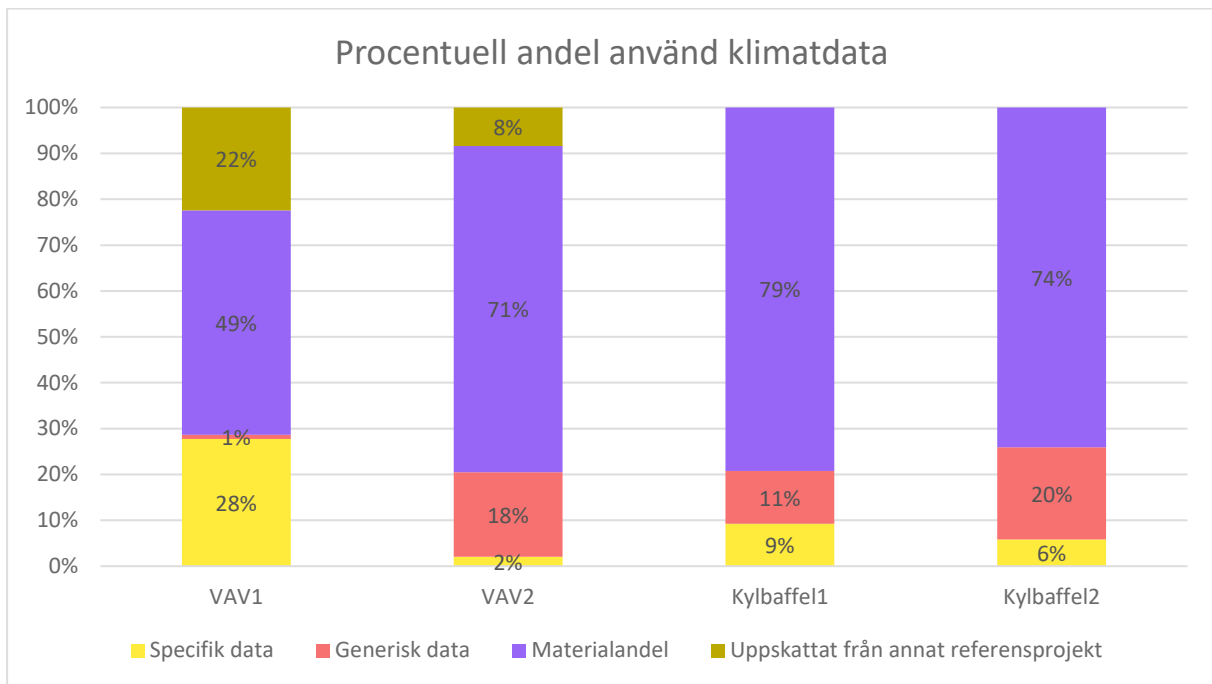
Figur 9 Klimatpåverkan från referensprojektens driftenergi (B6) fördelat på energibärare. E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla.

I Figur 9 syns skillnaderna i resultaten för de två energiscenarierna E1 och E2. Som tidigare diskuterats i avsnitt 4.1 är klimatpåverkan från energiscenario 2 större eftersom LCA-datan för nordisk elmix har högre klimatpåverkan än svensk elmix som ingår i energiscenario 1. Vid byte av LCA-data för elmix påverkas framförallt referensprojekten som enbart har, eller har en hög andel, elenergi.

4.1.4 Kvalitetsparametrar (A1-A5.1)

Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) beräknas från produkternas vikt och emissionsfaktorer i referensprojekten. Kvaliteten på emissionsfaktorn beror på vilken typ av klimatdata som har använts, exempelvis specifika klimatdata (EPD), generiska klimatdata eller materialandel. För mer information om prioriteringsordning av klimatdata se avsnitt 3.2.

I detta avsnitt redovisas fördelning av använd klimatdata i referensprojekten. Figurerna i detta avsnitt visar använd klimatdata fördelat på total klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1). Se Figur 10 för fördelning av använd klimatdata i referensprojekten.



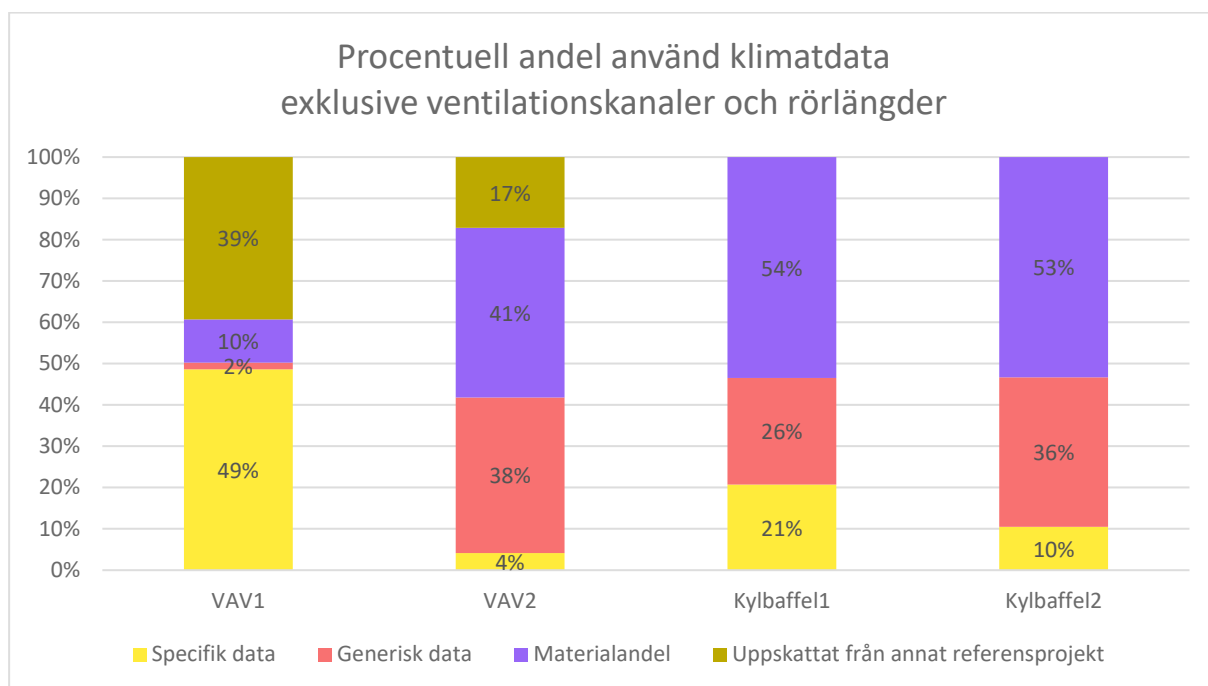
Figur 10 Procentuell andel av använd klimatdata baserat på total klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) i referensprojekten.

I Figur 10 syns att materialandel står för den största andelen av använd klimatdata i referensprojekten, ca 49-79%. Som nämnts i avsnitt 3.2 valdes materialandel som beräkningsmetod för ventilationskanaler, rörlängder m.m för att skapa mer jämförbara resultat mellan projekten. Det var en följd av att det fanns bristfälligt med EPD:er och att de EPD:er som fanns på marknaden har högre klimatavtryck än den generiska datan. I Tabell 12 framgår ventilationskanalers och rörledningars andel av klimatpåverkan för produkter som beräknats utifrån materialandelar.

Tabell 12 Ventilationskanaler och rörledningars procentuella andel av klimatpåverkan för produkter som beräknats utifrån materialandelar.

Ventilationskanalers och rörledningars procentuella andel av klimatpåverkan för produkter som beräknats utifrån materialandelar		
	Ventilationskanaler	Rörledningar
VAV1	79%	9%
VAV2	72%	0%
Kylbaffel1	59%	11%
Kylbaffel2	48%	12%

Figur 11 visar fördelning i använd klimatdata, baserat på total klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1), om ventilationskanaler och rörledningar exkluderas. Eftersom ventilationskanaler och rörledningar står för en stor andel av klimatpåverkan som beräknats utifrån materialandelar ger Figur 11 en tydligare bild av fördelning på klimatdata för övriga produkter.



Figur 11 Procentuell fördelning i använd klimatdata, exklusive ventilationskanaler och rörlängder, baserat på total klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) i referensprojekten.

4.2 Referensprojektens resonemang vid val av tekniskt system

De aktörer som bidragit med referensprojekt anger att de har styrande dokument avseende val av tekniska system. Exempelvis i form av ramprogram eller guidelines för byggande. De styrande dokumenten har oftast arbetats fram baserat på organisationernas samlade erfarenheter från utförda projekt. Några aktörer nämner att det finns en process för hur ofta de styrande dokumenten ses över för att vara aktuella.

Tre aktörer anger att de har ett samlat styrande dokument som innehåller både krav på hållbarhet och tekniska system. En aktör anger att de har olika styrande dokument för hållbarhet respektive val av tekniska system. Samtliga aktörer ställer krav på minskad klimatpåverkan i sina byggprojekt. Baserat på branschens kunskapsnivå har oftast klimatkraven gett större fokus på stomme och klimatskärm men installationssystemets klimatpåverkan börjar bli alltmer aktuellt. I dagsläget anger samtliga aktörer att de har energikrav som berör installationssystem. Några aktörer nämner även att de ställer krav på miljöcertifieringssystem som påverkar energi- och hållbarhetskrav och därmed indirekt installationssystem.

Som komplement till de styrande dokumenten nämner några aktörer att de också har extra representanter som deltar i projektgrupp för byggnationen utöver den ordinarie projektgruppen. Två aktörer anger att det i tidiga skeden oftast är mer strategiska roller inom organisationen, t.ex roller som energistrateg och hållbarhetsstrateg. En aktör nämner att lokala teknikansvariga oftast är mer närvarande i senare skeden. En annan aktör nämner att den tekniska driften närvarar genom hela projektet.

Nivå på styrande dokument och deras utformning varierar. En aktör har tagit fram typhuslösningar med krav på funktion som ett underlag till konsulter och

entreprenörer. Några aktörer nämner att de inte pekar på specifika fabriker, men att dokumenten kan styra mot vissa fabriker som är mer välutvecklade än andra.

Flera av aktörerna förordar oftast luftburet system, då VAV-system, men aktörerna belyser också att det finns en viss frihet i val av tekniskt system. En aktör nämner att om luftburen kyla inte är möjligt görs en utredning om varför det inte är möjligt, innan eventuellt beslut tas om att gå vidare med vätskeburen kyla.

Gällande energiförsörjningssystem anger samtliga aktörer att de inte förordar ett försörjningssystem, då exempelvis byggnadens geografiska placering oftast avgör energiförsörjningssystemet. En aktör anger att alternativa energikällor alltid ska utredas i deras byggprojekt, vilket nämns i deras styrande dokument. En annan aktör nämner att de förordar fjärrkyla i stadsmiljö, om detta finns.

För minskad framtida resursanvändning belyser en aktör vikten av nöjda hyresgäster vilket ofta minskar behov av lokalanpassningar. Med ett tekniskt system med god upplevd komfort så blir oftast hyresgästerna mer nöjda och därmed minskar behovet av anpassning och eventuell resursanvändning.

5 Analys och diskussion

Underlaget på referensprojekten kommer framförallt från digitala modeller med komplement från information i tekniska beskrivningar. Om de byggda systemen inte helt stämmer överens med de uppritade systemen i modellerna kan det finnas dataluckor som inte tagits hänsyn till i beräkningarna. Under projektets gång upptäcktes även skillnader mellan modellerat underlag och föreskrivet underlag i de tekniska beskrivningarna. I dessa fall har underlag i modellerna används då det hade varit tidskrävande att stämma av varje produkt i referensprojekten.

Förmodligen var inte syftet med de digitala modellerna att använda dem som underlag till en klimatberäkning. Det märks exempelvis genom att vissa IFC-filer inte har exporterats så att parametrar och underlag som behövs för klimatberäkningen har inkluderats. I dessa fall har antaganden behövts för att komplettera beräkningen, exempelvis som för kanalisering i VAV2, se avsnitt 3.2 För VAV1 var luftbehandlingsanläggningen en separat entreprenad och denna entreprenad har inte inkluderats de digitala modellerna. Att det är referensprojekten med VAV-system som saknar underlag beror snarare på slumpen än att dessa system oftast saknar viss typ av data.

Klimatberäkningar av installationssystem är tidskrävande då det är många produktvarianter och beräkningarna kräver underlag finns på respektive produktleverantörs hemsida. I vissa fall behövs relativt djup sökning på produktleverantörernas hemsida alternativ inloggning till produktdimensioneringsprogram för att erhålla vikt för avsedd produkt. Med enklare tillgång till vikter, och tillgängliga EPD, för installationsprodukterna hade klimatberäkningar av installationer underlättats och blivit mer tidseffektiva.

Resultaten från referensprojektens klimatberäkning visar att klimatpåverkan är störst från materialen (A1-A5.1) och driftenergin (B6). Beroende på energiscenario, och val av elmix, står materialen eller driftenergi för den största klimatpåverkan. Klimatpåverkan från utbyte (B4) är ca 2,5-4,9 kgCO₂e/m² Atemp för VAV-systemen, vilket motsvarar ca 1/4 av klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1). För kylbaffelssystemen är klimatpåverkan från utbyte (B4) ca 7,7-8,4 kgCO₂e/m² Atemp, vilket motsvarar ca 1/6 av kylbaffelssystemens klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1). När en hel byggnad analyseras visar även andra studier att materialen (A1-A5) och driftenergi (B6) står för den största klimatpåverkan⁷.

Klimatpåverkan från materialen (A1-A5) för uppförandet av en hel kontorsbyggnad är ca 383 kgCO₂e/m² BTA⁸ (Malmqvist, et al., 2023). För kontorsprojekt med ambitiösa klimatmål kan klimatpåverkan vara ca 250-300 kgCO₂e/m² BTA. Resultaten från referensprojekten visar att VAV-systemen kan stå för ca 5% av materialens klimatpåverkan vid uppförandet av en kontorsbyggnad och ca 6-8% vid uppförandet av en kontorsbyggnad med ambitiösa klimatmål. Kylbaffelssystemen kan stå för ca 9% av materialens klimatpåverkan vid uppförandet av en kontorsbyggnad och ca 11-14%

⁷ För exempel på studie se "Klimatpåverkan från en byggnads hela livscykel" från IVL (Görman, et al., 2024)

⁸ Baseras på medianvärde från referensvärdesstudien.

vid uppförandet av en kontorsbyggnad med ambitiösa klimatmål. Klimatpåverkan från kyl- och ventilationsanläggningen är relativt liten i förhållande till en hel kontorsbyggnad. I takt med att klimatpåverkan minskar för andra byggnadsdelar blir det viktigt att även minska klimatpåverkan för kyl- och ventilationsanläggningen.

Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) har likvärdig storleksordning inom de analyserade systemtyperna. De två referensprojekt med VAV-system har klimatavtryck mellan 21-23 kgCO₂e/m² Atemp medan de två referensprojekt med kylbaffelsystem har klimatavtryck mellan 31-34 kgCO₂e/m² Atemp. Schablonvärdet för Byggdel 85 Kyla och luft, exklusive konservativt påslag, är 21 kgCO₂e/m² Atemp och avser ett VAV-system (Malmqvist, et al., 2023). Klimatberäkningarna för VAV-system i detta projekt ligger på eller precis över schablonvärdet. Detta bekräftar att schablonen är ett användbart värde för VAV-system.

Vid klimatberäkning av installationssystemens material har använd klimatdata främst varit baserat på materialandel. Att materialinnehåll är den mest använda klimatdatan, även då ventilationskanaler och rörisolering exkluderas, visar att klimatdata för installationer är omoget i branschen och att resultatet bygger på osäkra data. Vid generiska data har ingen data använts från Boverkets klimatdatabas, eftersom installationsprodukter till stor del saknas i Boverkets klimatdatabas. Vid projektering av referensprojekten har val av produkter inte gjorts utefter om produkterna har haft specifik klimatdata (EPD). Därmed är det en slump att vissa av referensprojekten har högre andel EPD:er än andra referensprojekt.

Initialt i projektet gjordes ett val att använda klimatdata från materialandel för produkttyperna ventilationskanaler, rörlängder och dess böjar samt kopplingar. Detta för att skapa ett mer jämförbart resultat och då generiska datan visade sig vara lägre än EPD:erna angav. Även när dessa produktgrupper exkluderas är det klimatdata från materialandel som står för störst andel av total klimatpåverkan. Eftersom ventilationskanaler står för den största andelen av referensprojektens klimatpåverkan, så skulle resultatet ha mindre osäkerheter om EPD:er eller en betrodd generisk klimatdata använts.

Ventilationskanaler står för den största klimatpåverkan från materialen i samtliga referensprojekt. Därefter varierar de största produktgrupperna inom de två systemtyperna. Att luftbehandlingsaggregat, don och kanalisolering är de mest klimatdrivande produktgrupper inom ett VAV-system kan anses rimligt till följd av systemets uppbyggnad. Dessa produktgrupper, tillsammans med ventilationskanalerna, står för ca 85% av klimatavtrycket för VAV-systemen. För kylbaffelsystemen är kylbafflar, luftbehandlingsaggregat och rörledningar är de produktgrupper som har störst klimatpåverkan, även detta verkar rimligt till följd av systemets uppbyggnad. Dessa produktgrupper tillsammans med ventilationskanalerna står för ca 85% av klimatavtrycket för kylbaffelsystemet.

VAV-system innebär att rummen kyls med undertempererad luft. Då behövs oftast större luftflöden gentemot ett kylbaffelsystem där rummen kyls delvis via undertempererad luft men även med kylt vatten. Klimatpåverkan för luftbehandlingsaggregat och kanalsystemet bör därmed vara större för ett VAV-system jämfört med ett kylbaffelsystem. I Figur 6, som redovisar klimatpåverkan från

luftbehandlingsaggregat fördelat på aggregattyp, syns att Kylbaffel 1 har mindre klimatpåverkan från dess allmänna luftbehandlingsaggregat. Däremot har VAV2 och Kylbaffel2, som är ett VAV-kylbaffelsystem, likvärdig storleksordning för de allmänna luftbehandlingsaggregaten. Liknande fördelning borde gälla för kanalsystemet, dock har det inte varit möjligt att särskilja vilka kanaler som försörjer vilka system baserat på det underlag som erhållits från referensprojekten.

Klimatpåverkan från driftenergi (B6) beror på systemens energianvändning och använda LCA-data för energibärare. I detta projekt har ventilations- och kylsystemets simulerade energianvändning från energiberäkningar använts. Energianvändningen beror bland annat på använt närvaromönster och luftvolym i energiberäkningen. Referensprojekten har liknande luftvolym, däremot har olika närvaromönster använts både avseende närvarograd och närvarotid i referensprojekten. I flera av referensprojektens energiberäkningar framgår det inte hur många personer närvarogradens utgångsläge baseras på. Därmed har det i detta projekt inte varit möjligt att djupare analysera hur närvaroprofilerna skiljer sig och påverkar resultatet. I framtida projekt är det av intresse att ta djupare hänsyn till närvaroprofil vid jämförelse av energianvändningen och dimensionerande förutsättningar för tekniska system.

Energianvändningen för referensprojekt Kylbaffel1 sticker ut gentemot de andra referensprojekten, speciellt gällande köpt fjärrkyla. I dialog med fastighetsägaren för Kylbaffel1 är energianvändningen rimlig för byggnaden och dess verksamhet. En anledning till skillnaden skulle kunna vara att Kylbaffel1 har större omfattning av atrium, kök och restaurang än de andra referensprojekten. Vid dialog med fastighetsägaren noterades det även att den uppmätta energianvändningen för Kylbaffel1 är lägre än den simulerade energianvändningen.

Energianvändning för värme har avgränsats bort i detta projekt, för att som första steg analysera luft- respektive vattenburen kyla. I framtida projekt är det av intresse att utreda installationssystemen i sin helhet och hur värme- och kylsystem förhåller sig till varandra.

Energiscenarier har satts upp med LCA-data för energibärare. Använd LCA-data är vanligt förekommande i svensk kontext. Med tanke på effektuttag ur nätet skulle LCA-datan kunna vara högre dagtid då kontorshusen är i drift. Det är dock svårt att säga något om då andelen av den intermittenta kraften i elnätet påverkar och framöver kan det innebära lägre LCA-data när kylan behövs dagtid. I projektet antas emissionsfaktorerna för energi förändras över tid, däremot har ingen hänsyn tagits till referensprojektens förändrade energibehov eller styrning över tid.

Från intervjuer med fastighetsägarna så framgår att samtliga har styrande dokument för val av tekniska system. De styrande dokumenten har oftast arbetats fram baserat på organisationernas samlade erfarenheter från utförda projekt. I vissa fall framgick det att fastighetsägarna förordnar VAV-system, men det finns också en viss frihet i val av både system och energiförsörjning baserat på projektets förutsättningar.

Samtliga av fastighetsägarna som bidragit med referensprojekt ställer krav på minskad klimatpåverkan (A1-A5) i sina byggprojekt. Stomme och klimatskärm har haft större

fokus vid krav på minskad klimatpåverkan, men installationssystemens klimatpåverkan från materialen börjar bli mer aktuellt i takt med att mognadsgraden ökar i branschen.

6 Slutsats och rekommendationer

Utgångspunkten för detta projekt har varit att analysera VAV-system gentemot kylbaffelsystem som ett led att identifiera system för tekniska installationer som är mer effektivt avseende klimatpåverkan. Analysen är utförd genom klimatberäkning av fyra referensprojekt, varav det är två referensprojekt per systemtyp. Det är få referensprojekt som är klimatberäknade, med varierande kvalitet på underlagen, och fler referensprojekt behövs för att dra några avgörande slutsatser om vilket system som är mest effektivt avseende klimatpåverkan. Resultaten från beräkningarna av referensprojekten ska snarare tolkas som indikation på möjlig klimatpåverkan från VAV-system respektive kylbaffelsystem.

I projektet har avgränsningar gjorts för klimatberäkningen och enbart de analyserade systemen är klimatberäknade. Resterande delar av byggnaden samt andra tekniska system ingår inte i projektets avgränsning. Hur de tekniska systemen påverkar andra byggdelar har därmed inte analyserats i detta projekt. Exempelvis har det inte undersökts om något system skulle påverka klimatpåverkan i stommen, som oftast är den byggdel som har störst påverkan på en byggnads klimatpåverkan. Projektet rekommenderar att vidare studier görs för att utreda hur de tekniska systemen påverkar andra byggdelars klimatpåverkan och därmed systemvalens totala påverkan.

Från referensprojektens klimatberäkningar finns det indikationer på att VAV-system skulle kunna vara mer effektivt än kylbaffelsystem avseende klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1). Dock är det viktigt att beakta fler aspekter på hur systemen är dimensionerade, exempelvis deras interna värmelaster, närvaroprofil m.m. Projektet rekommenderar att vidare studier görs som tar hänsyn till fler aspekter vid analys av luft- och vattenburen kyla.

Detta projekt ger indikationer på att respektive systemtyp har liknande storleksordning för klimatavtrycket från materialen (A1-A5.1). De två referensprojekt med VAV-system har klimatavtryck mellan 21-23 kgCO₂e/m² Atemp medan de två referensprojekt med kylbaffelsystem har klimatavtryck mellan 31-34 kgCO₂e/m² Atemp.

Klimatberäkningarna för VAV-system i detta projekt ligger i närheten av schablonvärdet för byggdel 85, kyla och ventilation. Detta bekräftar att schablonen är ett användbart värde för VAV-system.

Från de tekniska systemens klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1) är det vissa produktgrupper som står för en stor andel av klimatavtrycket. Genom att fokusera på dessa produkttyper är det möjligt att både effektivisera klimatberäkningar för luft- och vattenburna kylsystem samt kravställa klimatreducerande nivåer för att minska klimatpåverkan. Nedan föreslås de produkttyper som rekommenderas för att nå ca 85% täckningsgrad av byggdel 85, kyla och ventilation, klimatpåverkan för en kontorsbyggnad.

- Ventilationskanaler, luftbehandlingsaggregat, don och kanalisolering står för ca 85% av VAV-systems klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1).
- Ventilationskanaler, kylbafflar, luftbehandlingsaggregat och rörledningar står för ca 85% av kylbaffelsystems klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1).

Avslutningsvis vill projektet lyfta att klimatberäkningar av installationssystem i dagsläget är tidskrävande och det är låg kvalitet på klimatdata för installationsprodukter. Projektet har identifierat några aktiviteter framåt som skulle kunna möjliggöra för mer tidseffektiva och kvalitetssäkrade klimatberäkningar av installationer.

- Enklare tillgång på vikt för installationsprodukter, exempelvis att vikt är möjlig att extrahera ur programvaror för projektering och kostnadskalkyl.
- Enklare tillgång på tillgängliga EPD:er för installationsprodukter, exempelvis genom att:
 - Produktleverantörer på sin hemsida har en sammanfattande sida med sina framtagna EPD:er samt anger EPD:er under respektive produkts sida.
 - EPD:er finns tillgängliga i EPD-databaser.
 - EPD:er framgår i programvaror för projektering och kostnadskalkyl.
- Nationell generiska klimatdata för installationsprodukter, exempelvis att installationsprodukter inkluderas i Boverkets klimatdatabas.

Referenser

Boverket, 2023. *Gränsvärde för byggnaders klimatpåverkan*, Karlskrona: Boverket.

Boverket, 2024. *Klimatdeklarationens omfattning*. [Online]
Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/gor-sa-har/omfattning/>
[Använd 01 November 2024].

Boverket, 2024. *Syftet med att klimatdeklarera*. [Online]
Available at: <https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/>
[Använd 28 Oktober 2024].

Boverket, 2024. *Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn*. [Online]
Available at: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/>
[Använd 28 Oktober 2024].

IVL, 2024. *Anvisningar för LCA-beräkning av byggprojekt, version 2024-06*. [Online]
Available at:
<https://www.ivl.se/download/18.5c5c41c51900fcf63db278b3/1719484483034/Anvisningar%20f%C3%B6r%20LCA-ber%C3%A4kningar%20av%20byggprojekt%20version%202024-06%20-%20240627.pdf>
[Använd 28 Oktober 2024].

Malmqvist, T., Borgström, S., Brismark, J. & Erlandsson, M., 2023. *Referensvärden för klimatpåverkan vid uppförande av byggnader, version 2*, Stockholm: KTH.

Sandgren, A. & Nilsson, J., 2021. *Emissionsfaktor för nordisk elmix med hänsyn till import och export*, Stockholm: IVL.

Bilagor

Bilaga 1 – Antaganden i A1-A5.1

Tabell 13 Generella antaganden vid klimatberäkning av klimatpåverkan från material (livscykelmodul A1-A5.1)

Generella antaganden vid klimatberäkning av A1-A5.1	
	Vid spann av angivna materialandelar i byggvarubedömningar har lägre del av spann använts. Detta för att inte överskatta den beräknade vikten och därmed beräknad täckningsgrad.
	Vid beräkning utifrån materialandelar har upp till tre olika materialtyper använts i fallande storleksordning för materialandelar som är angivna i byggvarudeklaration. För samtliga produkter där spann inte har angetts för materialandelar uppgår total beräknad materialvikt till minst 85% av den totala materialvikten för produkten.
	För vissa referensprojekt har materialtyp för böjar och kopplingar inte framgått. Typ av material för dessa komponenter har då antagits utifrån dimensioner och motsvarande material för kanal- och rörledning av samma dimension.

Tabell 14 Antaganden vid klimatberäkning av produktskedet (livscykelmodul A1-A3)

Antaganden vid klimatberäkning av A1-A3	
Produkt/Material	Antagande
Isolering av rörkopplingar	Isolering för rörkopplingar har inte beräknats, då detta har uppskattats ha mycket liten påverkan på slutresultatet.
Rensluckor	Rensluckor har exkluderats i referensprojekten eftersom samtliga referensprojekt inte innehållit underlag på rensluckor. I vissa fall projekteras rensluckor in i handling, i andra fall hanteras behov av rensluckor på plats under produktion.
Ljuddämpare	Det finns ljuddämpare med antingen glas- eller stenull. I detta projekt har samtliga ljuddämpare antagits innehålla stenull. Stenull har oftast högre klimatpåverkan än glasull, därmed blir detta ett konservativt antagande.
Stål	Antar resurs "Skrivar, spikar, fästdon och beslag, primär stål" från Boverkets klimatdatabas
Rostfritt stål	Antar resurs "Rostfri plåt, 65% skrotbaserad" från Boverkets klimatdatabas
Galvaniserat stål	Antar resurs "Lättreglar av stål, primär" från Boverkets klimatdatabas
Gjutjärn	Antar resurs "Grey cast iron part; cast iron" från Ökobaudat
Aluminium	Antar resurs "Aluminiumplåt, primär" från Boverkets klimatdatabas
Koppar	Antar resurs "Kopparplåt, 52% skrotbaserad" från Boverkets klimatdatabas
Mässing	Antar resurs "market for brass, RoW" från Ecolnvent v3.9.1
Brons	Antar resurs "market for bronze, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
Zink	Antar resurs "market for zinc, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
Polyeten	Antar resurs "market for polyethylene, high density, granulate, GLO" från Ecolnvent v3.9.1

Polypropylen	Antar resurs "market for polypropylene, granulate, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
Polyetentereftalat (PET)	Antar resurs "market for polyethylene terephthalate, granulare, bottle grade, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
Polystyren	Antar resurs "market for polystyrene, general purpose, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
Plast (övriga)	Antar resurs "market for polyethylene, high density, granulate, GLO" från Ecolnvent v3.9.1
EPDM	Antar resurs "Syntetiskt gummi typ EPDM och SBR, ospecificerat" från Boverkets klimatdatabas
Stenull, skivor och rullar	Antar resurs "Stenull, skivor och rullar" från Boverkets klimatdatabas
Glasull, ljudisolering	Antar resurs "Glasull, ljudisolering" från Boverkets klimatdatabas
Glasfiber	Antar resurs "glass fibre production, RER" från Ecolnvent v3.9.1
Vermiculux, kalciumsilikatskiva	Från EPD för specifik produkt "EPD-PMT-20210153-IBC2-EN"

Tabell 15 Antaganden vid klimatberäkning av transport till byggarbetsplatsen (livscykelmodul A4).

Antaganden vid klimatberäkning av A4	
Produkt/Material	Antagande
Kanalisolering	För produktgruppen kanalisolering har det i vissa fall framgått en specifik produktleverantör som erbjuder EPD. Enligt prioriteringsordningen i avsnitt 3.2 har därmed denna EPD använts. För EPD:n från denna leverantör var det inte möjligt att räkna om den deklarerade enheten till vikt. Därmed har ett antagande gjorts om att A4 står för 5% av klimatpåverkan från A1-A3.

Bilaga 2 – Resultat uttryckt i kgCO₂e/m² BTA

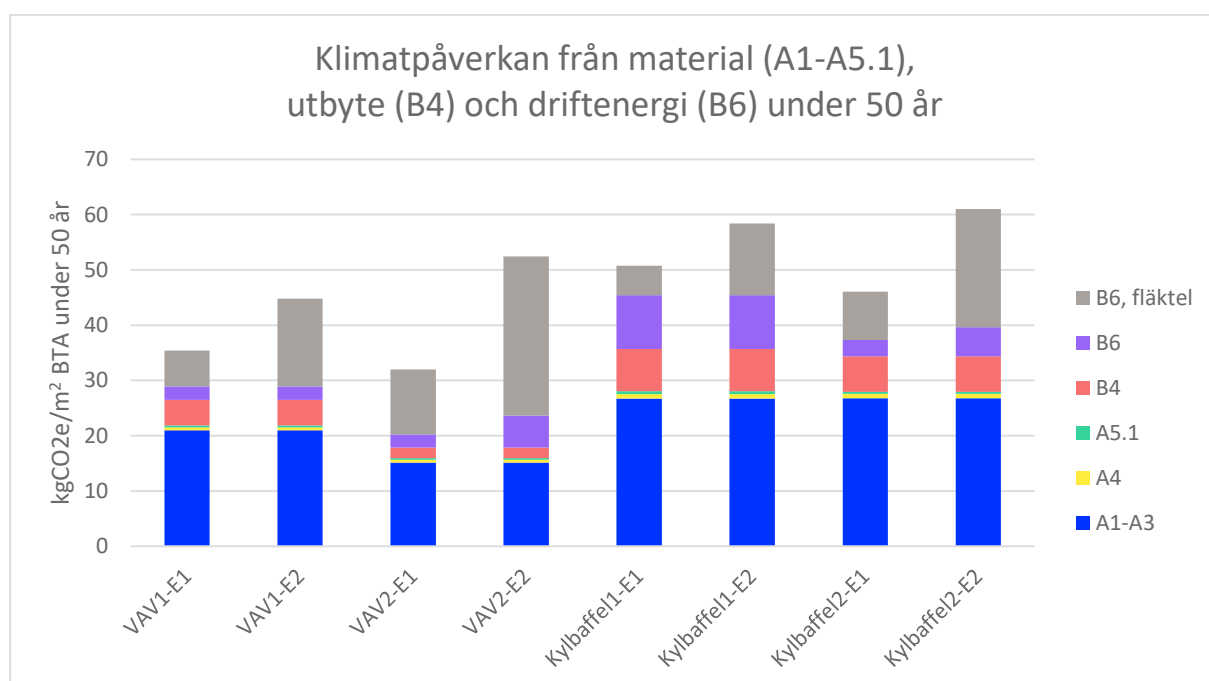
I denna bilaga redovisas studiens resultat uttryckt i kgCO₂e/m² BTA.

Referensprojektens förhållande mellan Atemp och BTA påverkar resultatet, se Tabell 16 för referensprojektens förhållande mellan BTA och Atemp.

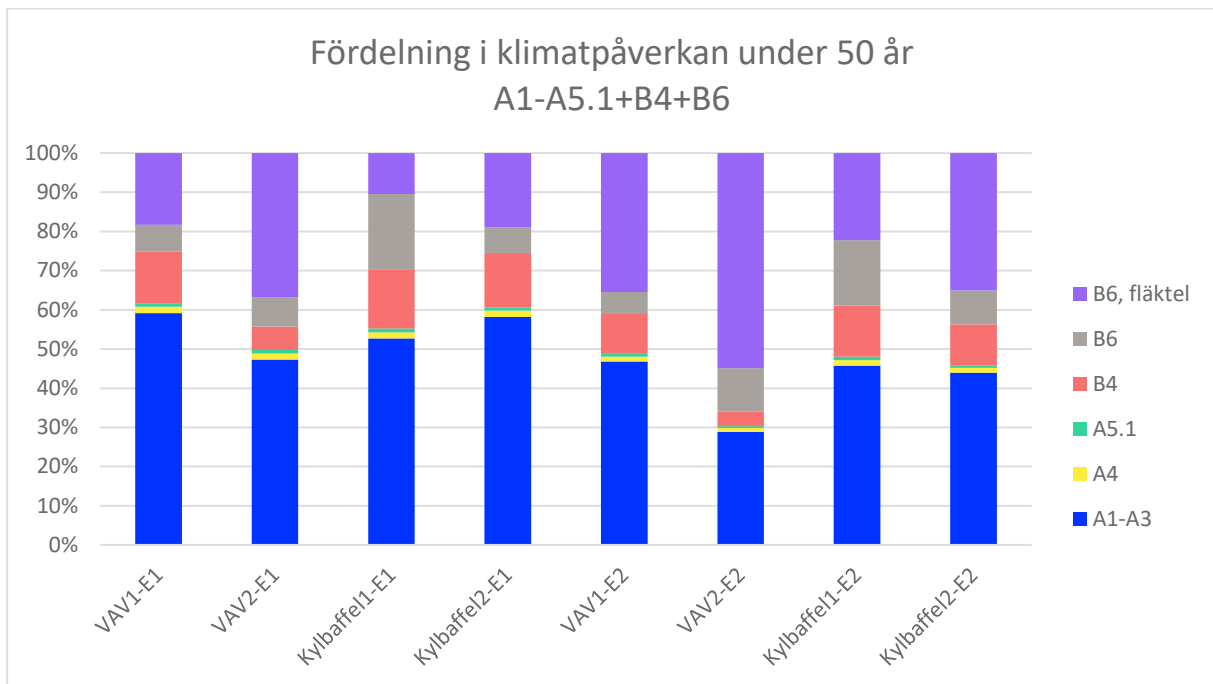
Tabell 16 Förhållande mellan referensprojektens Atemp och BTA

Referensprojekt	m ² Atemp	m ² BTA	Förhållande Atemp/BTA
VAV1	33 308	34 949	0,95
VAV2	4 950	6 396	0,77
Kylbaffel1	20 401	22 472	0,91
Kylbaffel2	18 225	22 013	0,83

Klimatpåverkan från luft- respektive vattenburen kyla



Figur 12 Klimatpåverkan från referensprojekten fördelat på produktskedet (A1-A3), transport till byggarbetsplatsen (A4), byggspill (A5.1), utbyte (B4) och driftenergi (B6). E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.



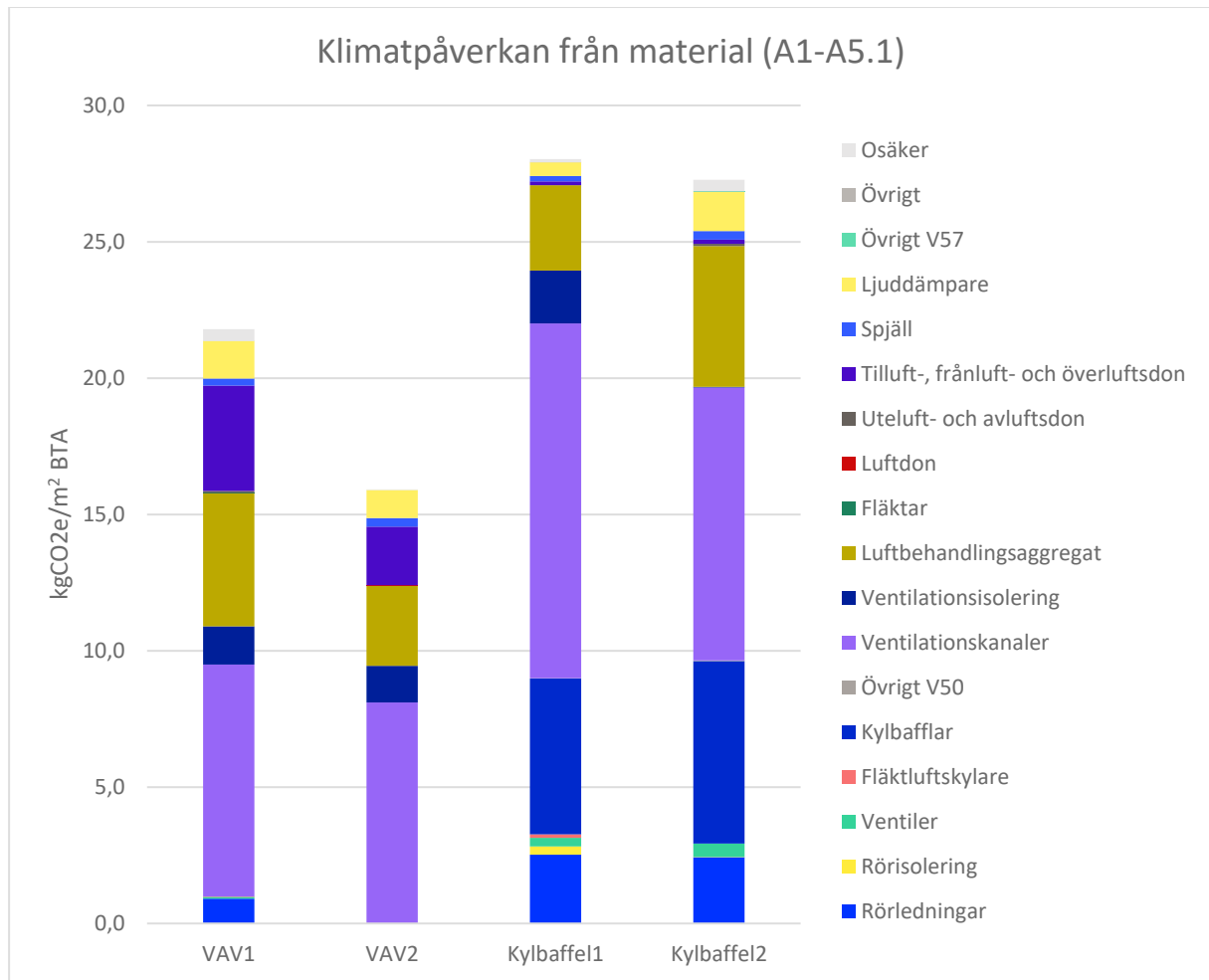
Figur 13 Fördelning i klimatpåverkan från referensprojekten i produktskedet (A1-A3), transport till byggarbetsplatsen (A4), byggspill (A5.1), utbyte (B4) och driftenergi (B6). E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

Tabell 17 Klimatpåverkan från referensprojekten redovisas i kgCO₂e/m² BTA under 50 år och %-fördelning.

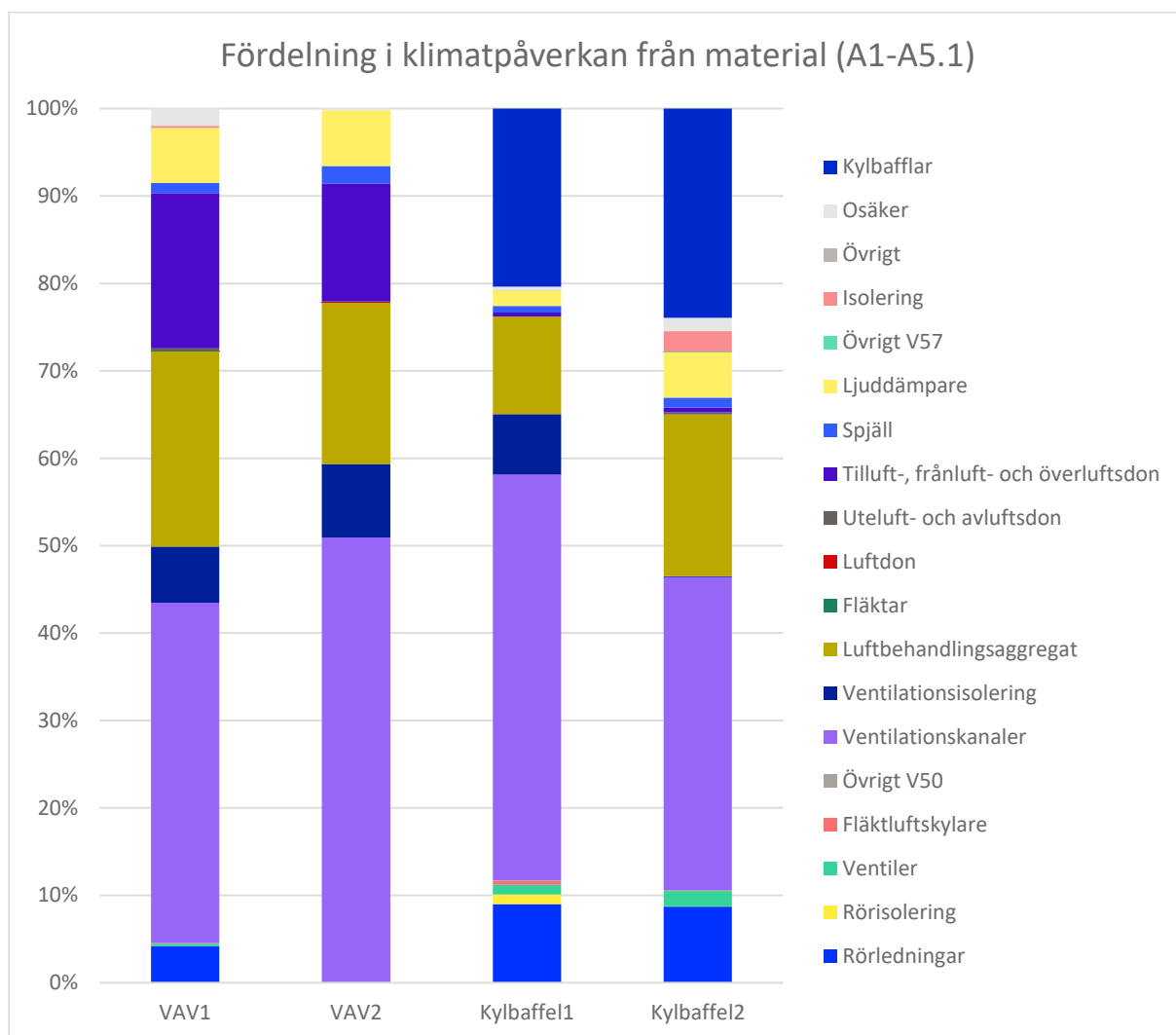
E1 avser energiscenario 1 (LCA-data för svensk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla) och E2 avser energiscenario 2 (LCA-data för nordisk elmix med svenskt medelvärde för fjärrkyla). Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

Klimatpåverkan per livscykelmodul under 50 år																
kgCO ₂ e/m ² BTA under 50 år																
	VAV1				VAV2				Kylbaffel2				Kylbaffel2			
	E1		E2		E1		E2		E1		E2		E1		E2	
Produktskedet A1-A3	21,0	59%	21,0	47%	15,2	47%	15,2	29%	26,7	53%	26,7	46%	26,8	58%	26,8	44%
Transport A4	0,6	2%	0,6	1%	0,5	2%	0,5	1%	0,8	2%	0,8	1%	0,8	2%	0,8	1%
Byggspill A5.1	0,3	1%	0,3	1%	0,3	1%	0,3	1%	0,5	1%	0,5	1%	0,4	1%	0,4	1%
Utbyte B4	4,7	13%	4,7	10%	1,9	6%	1,9	4%	7,7	15%	7,7	13%	6,4	14%	6,4	11%
Driftenergi B6	2,4	7%	2,4	5%	2,4	7%	5,8	11%	9,7	19%	9,7	17%	3,0	6%	5,3	9%
Driftenergi B6, fläktel	6,5	18%	15,9	35%	11,8	37%	28,8	55%	5,3	10%	13,0	22%	8,7	19%	21,4	35%
Totalt	35,4	100%	44,8	100%	32,0	100%	52,5	100%	50,7	100%	58,4	100%	46,1	100%	61,0	100%

Klimatpåverkan från materialen (A1-A5.1)

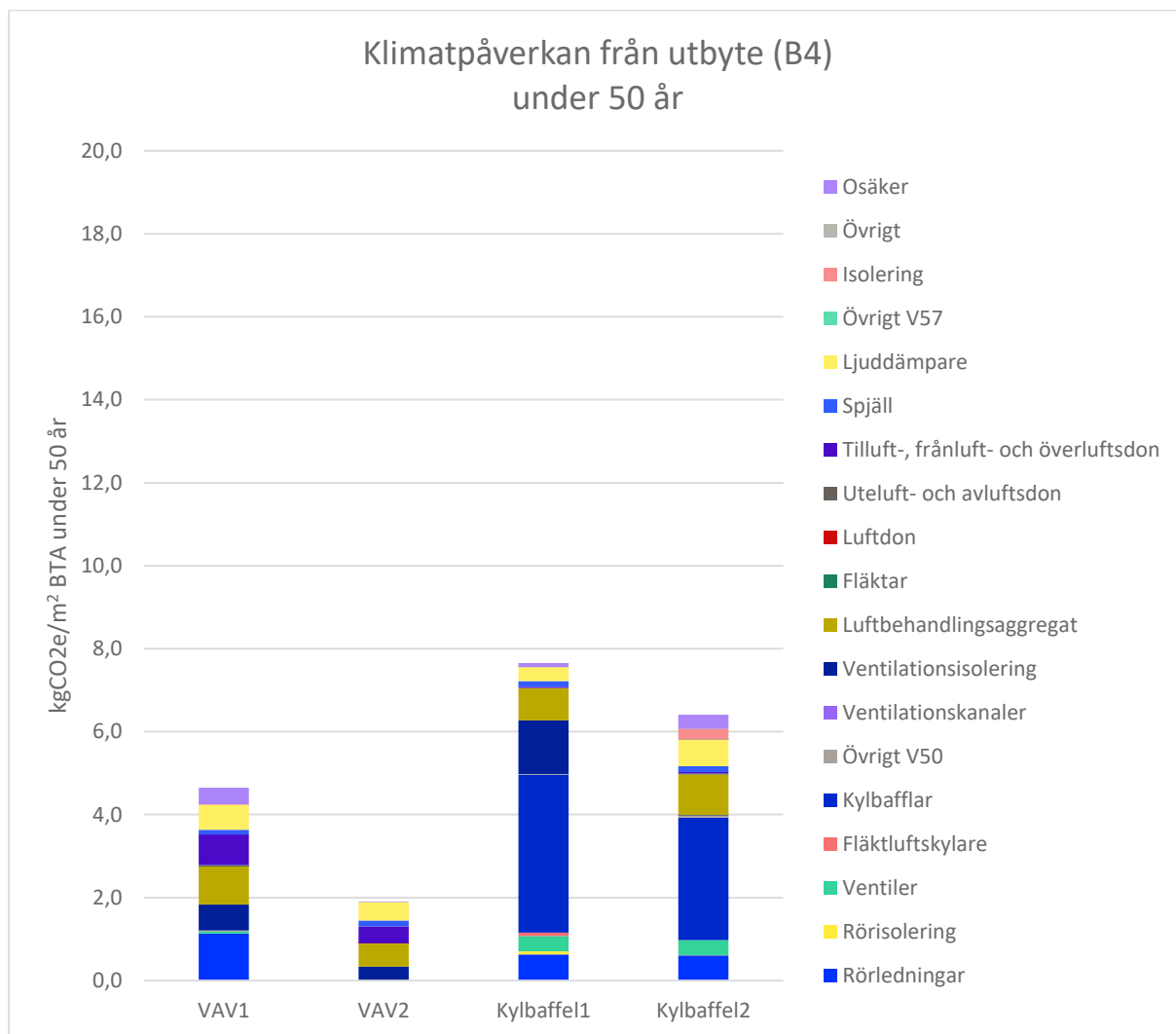


Figur 14 Klimatpåverkan från referensprojektens material (A1-A5.1) fördelat på produkttyper. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.



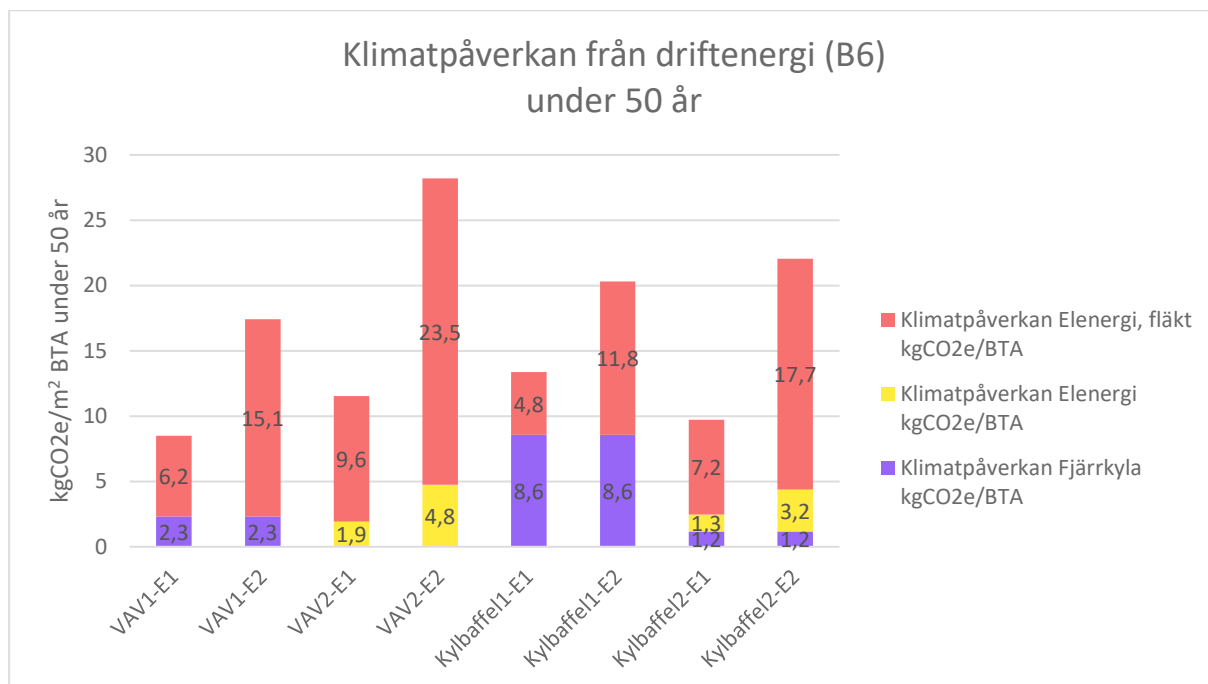
Figur 15 Procentuell fördelning av produkttyper från referensprojektens klimatpåverkan från material (A1-A5.1). Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

Klimatpåverkan från utbyte (B4)



Figur 16 Klimatpåverkan från referensprojektens utbyte av produkter (B4) under beräkningsperioden. Resultaten är uppräknade med uppskattad täckningsgrad.

Klimatpåverkan från driftenergi (B6)



Figur 17 Klimatpåverkan från referensprojektens driftenergi (B6) fördelat på energibärare. E1 avser energiscenario 1 med LCA-data för svensk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla. E2 avser energiscenario 2 med LCA-data för nordisk elmix och svenskt medelvärde för fjärrkyla.