



UPPSALA
UNIVERSITET

UPTEC STS 22018

Examensarbete 30 hp

Juni 2022

Implementering av NollCO₂- certifiering

En fallstudie av en nybyggnation för att identifiera hur
netto-noll balans kan uppnås

Victoria Bjellerup

Lisa Bäckström



UPPSALA
UNIVERSITET

Implementation of NollCO₂-certification

A case study of a new construction to identify how net-zero balance can be reached

Victoria Bjellerup
Lisa Bäckström

Abstract

This project aims to examine the demands of the new NollCO₂-certification from a practical point of view and to identify what it would mean for a real estate company to certify new constructions according to NollCO₂. Through investigation of a case-study object, a new building at ICA Fastigheter, both climate impact and possible climate compensation measures are analyzed in order to investigate how net-zero balance can be reached by 2045.

By executing life cycle assessments and sensitivity analyses, both performed using Microsoft Excel, the carbon footprint of the case-study building is evaluated within the NollCO₂-certification framework. The project examines climate compensation measures related to both energy efficiency measures, and grid delivered renewable electricity. In the investigation, climate compensation measures are put in relation to both the NollCO₂-framework and ongoing sustainability work at ICA Fastigheter.

The results show that there are many possibilities to decrease a building's carbon footprint. The greatest decrease is retrieved by choosing materials with less carbon emissions such as green concrete or fiberglass insulation. In comparison to the case-study building's original 512 tons CO₂eq, effective energy usage supplied from a green energy source can reduce the climate impact further to approximately 415 tons CO₂eq. To reach net-zero balance, offsite energy production can be installed. A solar park would need to produce 505 – 657 MWh which would demand approximately 15 000 - 20 000 square meters and cost 3.8 – 4.7 million Swedish crowns. If ICA Fastigheter instead chooses to invest in wind power, the energy production needed would be 486 – 634 MWh, approximately 3% of the total production of an average windmill in Sweden. By investing in efficiency measures in existing buildings net-zero balance would be reached with the expected expenses being a minimum of 7.6 million Swedish crowns.

When analyzing the result of this case-study it is evident that an implementation of the NollCO₂-certification is possible for ICA Fastigheter. However as of now, there are too many estimates for the result to be reliable. When taking ICA Fastigheter's current long-term plans into account it is evident that the most suitable climate compensation measure is to develop their energy efficiency projects in existing buildings. Efforts to increase energy efficiency in the real estate portfolio currently has a functioning workflow but must be improved to work as a sufficient climate compensation measure when the number of new constructions aiming for the NollCO₂-certification increases.

Teknisk-naturvetenskapliga fakulteten

Uppsala universitet, Utgivningsort Uppsala

Handledare: Caroline Erström Ämnesgranskare: Annica Nilsson

Examinator: Elisabet Andrésdóttir

Populärvetenskaplig sammanfattning

Dagens samhälle präglas av en växande miljömedvetenhet och miljömål sätts upp på global, regional och lokal nivå och inom olika branscher. Målen i Agenda 2030 antogs av FN:s medlemsländer år 2015 och Sverige har utifrån dessa bland annat satt upp ett klimatpolitiskt ramverk för att hantera de inhemska växthusgasutsläppen. Det långsiktiga klimatmål som finns uppsatt är att Sverige ska nå netto-noll växthusgasutsläpp till 2045 (Regeringskansliet, u.å.a; Naturvårdsverket, 2017). Bygg- och fastighetssektorn står idag för 21% av Sveriges totala växthusgasutsläpp och det krävs alltså förändringar inom sektorn för att nå det nationella klimatmålet (Boverket, 2021a). Sweden Green Building Council, SGBC, är en branschorganisation inom bygg- och fastighetssektorn som arbetar med att ta fram olika typer av certifieringar av byggnader. Den nyaste certifieringsmodellen, NollCO₂-certifiering, lanserades 2018 och knyter an till det nationella målet om klimatneutralitet till 2045 i syfte att leda branschen i rätt riktning.

NollCO₂-certifieringen består av två delar. Den ena delen syftar till att fastställa hur stora växthusgasutsläpp som förknippas med byggnaden under hela dess livscykel, från produktion till sluthantering. Denna del benämns som byggnadens klimatpåverkan. Den andra delen handlar om hur det går att kompensera byggnadens klimatpåverkan med olika klimatåtgärder för att nå en netto-noll balans.

Detta examensarbete undersöker implementeringen av SGBC:s NollCO₂-certifiering genom analys av ett fallstudieobjekt hos fastighetsbolaget ICA Fastigheter. Fallstudieobjektet är en nybyggnation i form av en handelsplats, där ett ICA Maxi ingår, och består av tre våningar och en solcellsinstallation på taket. En livscykelanalys, LCA, har gjorts på fallstudiebyggnaden för att utvärdera huruvida det planerade byggprojektet uppfyller de krav som finns inom NollCO₂-certifieringen. Dessutom har det undersökts hur ICA Fastigheter som fastighetsbolag kan implementera certifieringen för att kunna certifiera i större skala framöver. Byggnadens klimatpåverkan har beräknats för åtta olika fall genom en kvantitativ beräkningsmetod. Beräkningsunderlag har framför allt hämtats från Boverkets klimatdatabas, manual för NollCO₂-certifieringen, en förstudie genomförd av konsultfirman Ramboll och en förstudie genomförd av konsultfirman Kadesjö. Syftet med att göra beräkningen för åtta olika fall har varit att påvisa eventuella skillnader i klimatpåverkan beroende av materialval. För varje fall så har fyra olika klimatpåverkansberäkningar genomförts, där ursprunget av den till byggnaden levererade energin analyserats. Resultatet från de olika klimatpåverkansberäkningarna genererade ett spann för byggnaden mellan 6 294 ton koldioxidekvivalenter och 8 122 koldioxidekvivalenter. En kostnadsanalys över de studerade materialalternativen samt energins ursprung har också genomförts.

Två olika alternativ för klimatåtgärder i NollCO₂-certifieringen har undersökts och analyserats i relation till ICA Fastigheters hållbarhetsstrategi. Det första alternativet som

utvärderats är huruvida installation av förnybar elproduktion skulle kunna kompensera för byggnadens klimatpåverkan. Metoden bygger på att omvandla de tidigare genererade klimatpåverkansvärdena till motsvarande mängd förnybar elproduktion från sol- och vindkraft. Detta gjordes för att avgöra hur stor solkrafts- respektive vindkraftsinstallation som behövs för att kompensera byggnadens klimatpåverkan till netto-noll senast år 2045. Baserat på installationernas storlek har även en kostnadsanalys genomförts.

Det andra alternativet för klimatåtgärder som har undersökts är energieffektivisering av befintligt bestånd. Tre planerade energieffektiviseringsprojekt från ICA Fastigheters bestånd har utvärderats och beräkningsunderlag har främst bestått av förstudier för respektive energieffektiviseringsprojekt, energideklarationer för varje fastighet och stöd från Boverkets byggregler, BBR. Den mängd energi som projekten förväntas spara in varje år i och med genomförd energieffektivisering är det som använts som potentiell kompensation för fallstudiebyggnaden. Resultatet från energieffektiviseringsprojektens kompensationspotential har sedan jämförts med det genererade spannet för byggnadens klimatpåverkan. Detta gjordes för att avgöra om ett energieffektiviseringsprojekt ensamt räcker för att kompensera för fallstudiebyggnadens klimatpåverkan, eller om de måste kombineras på olika sätt. En kostnadsanalys över energieffektiviseringsprojekten har även genomförts.

Resultatet har gett indikationer på att det finns förutsättningar för att fallstudiebyggnaden skulle kunna uppnå en NollCO₂-certifiering, dock inte utan ansträngning. Analysen av de åtta olika materialvalen och fyra olika energiberäkningarna har visat att det går att påverka byggnadens klimatpåverkan om rätt beslut fattas vid rätt tillfälle. Fastighetsägaren har här ett ansvar att redan från tidigt byggskede sätta sig in i certifieringsprocessen för att på så sätt ha en möjlighet att påverka andra involverade aktörer.

Installation av förnybar elproduktion och energieffektivisering av befintligt bestånd skulle, i enlighet med ICA fastigheters hållbarhetsstrategi, kunna fungera som klimatåtgärder. I dagsläget används eventuell förnybar elproduktion alltid i ICA Fastigheters befintliga bestånd, och säljs alltså aldrig till nätet. För att kunna tillgodoräkna förnybar elproduktion som klimatåtgärd måste den egenproducerade elen säljas till nätet enligt NollCO₂-krav. ICA måste således fatta beslut om hur detta ska hanteras framöver för att kunna implementera förnybar elproduktion som klimatåtgärd i framtida NollCO₂-certifieringar. Gällande energieffektivisering i befintligt bestånd så visar resultatet att det finns förutsättningar för att kunna använda energieffektiviseringsprojekt som klimatåtgärd. De underlag som använts för beräkning av energieffektiviseringsprojektens potential har dock varit bristfälliga och resultatet har baserats på ett antal antaganden och förenklingar. För att kunna implementera energieffektiviseringsprojekt som klimatåtgärd i framtida NollCO₂-certifieringar krävs det därför att olika involverade aktörer, inom och utanför organisationen, samverkar vad gäller framtagandet av förstudier, planering av energieffektiviseringsprojekt och genomförande av energideklarationer.

Förord

Detta examensarbete markerar avslutningen av fem års studier på Civilingenjörsprogrammet System i teknik och samhälle på Uppsala universitet. Arbetet har utförts på fastighetsbolaget ICA Fastigheter.

Vi vill rikta ett stort tack till alla kollegor på ICA Fastigheter som varit engagerade och stöttat oss i vårt arbete. Främst vill vi tacka vår handledare, Caroline Erström, som med sitt kunnande, sin hjälpsamhet och sin entusiasm gjort detta arbete möjligt (och roligt!).

Slutligen vill vi tacka vår ämnesgranskare Annica Nilsson som stöttat och väglett oss i vårt arbete med oändliga tips och ovärderliga kommentarer.

Bidragande författare

Författarna som bidragit till detta examensarbete är Victoria Bjellerup och Lisa Bäckström. Arbetet har varit en gemensam insats från början till slut. Vid inläsning av material till bakgrund delades arbetet till en början upp mellan oss. Victoria fokuserade på byggnadens livscykel, låga klimatavtryck från produktions- och användningsskedet och referensbyggnaden. Lisa fokuserade på klimatmål, lagkrav och byggnadens energiprestanda. Båda är väl insatta i NollCO₂-certifieringens krav från ramverk till manual. För förståelsens och enlighetens skull har texten bearbetats otaliga gånger av oss båda och eventuella frågetecken kring bakgrundsinformation rätats ut. Båda har behövt en förståelse för bakgrundinformationen då vi gemensamt genomfört beräkningar, tagit beslut kring antaganden och diskuterat de resultat som ingår i detta examensarbete. Vi har gått från beräkningsområde till beräkningsområde och gemensamt simulerat de resultat som behövts och allt eftersom turats om att lägga in och skriva kommentarer till varje resultat. Victoria har huvudsakligen lagt in resultat för elmix, förnybar elproduktion och kostnadsanalyser. Lisa har huvudsakligen lagt in resultat för klimatpåverkan och energieffektiviseringsprojekt. Diskussionen har diskuterats fram gemensamt baserat på analys av de genererade resultaten, men liksom bakgrunden har överföring till skrift delats upp mellan oss. Inledningen, såväl som slutsatsen har skrivits gemensamt. Hela arbetet har putsats av båda författarna för att skapa en tydlig röd tråd genom arbetet.

Vi är båda nöjda med våra respektive insatser och glada över att ha skrivit detta avslutande arbete tillsammans. Det har varit en ära.

Undertecknat,

Victoria Bjellerup & Lisa Bäckström

Innehållsförteckning

1. Inledning	5
1.1 Syfte och frågeställningar.....	6
1.2 Avgränsningar.....	6
1.2.1 NollCO ₂ -certifieringen	6
1.2.2 Fallstudiebyggnaden	7
1.2.3 Elmixens klimatpåverkan över tid	7
2. Bakgrund	8
2.1 Globala och nationella miljömål.....	8
2.1.1 EU:s målsättningar	8
2.1.2 Sveriges klimatmål i relation till bygg- och fastighetssektorn.....	8
2.2 En byggnads livscykel	10
2.2.1 Energibehov och energibärares ursprung.....	12
2.2.2 Lågt klimatavtryck från produktionsskedet	13
2.2.3 Lågt klimatavtryck från användningsskedet.....	14
2.3 Lagstadgade krav på fastigheter	15
2.3.1 Klimatdeklaration	15
2.3.2 Byggnadens energiprestanda och energideklaration	16
2.4 NollCO ₂ -certifiering	18
2.4.1 Klimatpåverkan	22
2.4.2 Klimatåtgärder.....	24
2.4.3 Miljöbyggnad.....	25
2.5 Tidigare genomförda studier.....	25
3. Fallstudiebyggnaden	27
3.1 Ica Fastigheters hållbarhetsstrategi	27
3.2 Projektet Arninge	28
3.2.1 Potentiella energieffektiviseringsprojekt för projektet Arninge.....	29
3.3 Fallstudiebyggnadens ingående komponenter	30
4. Data.....	31
4.1 Data klimatpåverkan indikatorer 3, 4, 6 och 7	31
4.1.1 Indikator 3 och 4	32
4.1.2 Indikator 6	33
4.1.3 Indikator 7	35
4.2 Data klimatåtgärder	35
4.2.1 Förnybar elproduktion	37

4.2.2 Energieffektivisering i befintligt bestånd	38
5. Metod.....	43
5.1 Klimatpåverkan	43
5.1.1 Känslighetsanalys klimatpåverkan indikatorer 3 och 4.....	43
5.1.2 Klimatpåverkan indikatorer 6 och 7	47
5.1.3 Underlag för klimatåtgärder	48
5.2 Klimatåtgärder.....	49
5.2.1 Förnybar elproduktion som klimatåtgärd	49
5.2.2 Energieffektivisering som klimatåtgärd	49
6. Resultat	52
6.1 Klimatpåverkan och indikatorkrav	52
6.1.1 Indikatorer 3 och 4	52
6.1.2 Indikatorer 6 och 7	57
6.1.3 Sammanställning klimatpåverkan indikatorer 3, 4, 6 och 7.....	59
6.2 Klimatåtgärder.....	61
6.2.1 Förnybar elproduktion	62
6.2.2 Energieffektiviseringsåtgärder	67
7. Diskussion.....	70
7.1 Klimatpåverkan och indikatorkrav	70
7.1.1 Klimatpåverkan indikator 3 och 4	70
7.1.2 Klimatpåverkan indikator 6 och 7	71
7.1.3 Total klimatpåverkan.....	73
7.1.4 Indikatorkrav	73
7.2 Utvärdering av klimatåtgärder	74
7.2.1 Klimatvärde och kostnadsanalys av förnybar elproduktion.....	75
7.2.2 Osäkerheter kring underlag energieffektiviseringsprojekt	76
7.2.3 Klimatvärde och kostnadsanalys av energieffektiviseringsprojekt	78
7.2.4 Klimatåtgärder i NollCO ₂ för ICA Fastigheter	79
8. Slutsats	81
8.1 Vidare studier	83
Referenser.....	85
Appendix A.....	91
Appendix B.....	92

Förkortningar och ordlista

CO_2e	<i>Koldioxidekvivalenter</i> Används då påverkan från olika växthusgaser räknats om till så kallade "koldioxidekvivalenter".
A_{temp}	<i>Tempererad area</i> Den invändiga arean som värms upp till mer än 10 grader Celsius.
<i>BTA</i>	<i>Bruttoarea</i> Summan av alla våningsplans area.
<i>Ljus BTA</i>	Bruttoarean ovan mark.
<i>Mörk BTA</i>	Bruttoarean under mark.
E_{bea}	Byggnadens energianvändning.
<i>COP</i>	<i>Coefficient of Performance</i> Verksamhetsgraden beskriver installationers prestanda och visar exempelvis hur mycket värme en värmepump levererar jämfört med tillförd mängd energi.
<i>BBR</i>	<i>Boverkets byggregler</i> Innehåller föreskrifter och allmänna råd kopplade till byggande.
<i>Verksamhetsenergi</i>	Den energi som används för verksamheten i fastigheten. Exempel på verksamhetsenergi är energin som används av kylar och frysar, datorer, ugn och maskiner.
<i>Fastighetsenergi</i>	Den energi, oavsett energibärare, som används för uppvärmning, tappvarmvatten, kyla och drift av byggnadens pumpar och fläktar, hissar och rulltrappor, motorer, värmekablar och liknande.
<i>Fastighetsel</i>	Den elenergi som används för driften av fastigheten. Inkluderar inte elenergi till uppvärmning, kyla eller tappvarmvatten.
<i>Energiprestanda</i>	Mäts genom beräkning av byggnadens primärenergital, EP_{pet} , som bestäms genom att geografiska faktorer och viktningsfaktorer appliceras på levererad energi till byggnaden för att underlätta jämförbarheten mellan olika byggnaders energiprestanda.

<i>Specifik energianvändning</i>	Definieras som köpt energi fördelat på byggnadens tempererade area och uttrycks i kWh/m ² .
<i>Primärenergianvändning</i>	Byggnadens faktiska energianvändning. Beror av vilka installationssystem som är installerade sett till energi för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten och fastighetsenergi.
<i>SN</i>	Ett analysfall i examensarbetet där den egenproducerade solen nyttjas i den egna fastigheten
<i>SS</i>	Ett analysfall i examensarbetet där den egenproducerade solen säljs i den egna fastigheten.
<i>SV</i>	Svensk elmix
<i>MM</i>	Miljömärkt elmix

1. Inledning

År 2045 ska Sveriges växthusgasutsläpp vara netto-noll, vilket betyder att alla växthusgasutsläpp ska balanseras med olika balansåtgärder. För att lyckas med detta mål har flertalet lagar, regler och ramverk tagits fram, vilka berör många delar av samhället. Dessa lagar, regler och ramverk ämnar medföra att Sverige som helhet lyckas nå klimatneutralitet år 2045 (Naturvårdsverket, 2017). Utöver de hållpunkter som antagits av statliga beslutsfattare så har otaliga initiativ och åtgärder initierats av andra samhällsaktörer, som riktar sig mot företag, privatpersoner, organisationer och andra gruppkonstellationer (Sveriges miljömål, 2022). Dessutom är klimatfrågan något som allt fler privatpersoner, 94% av unga mellan 16–25 år tycker är viktigt (WWF, 2017). Kombinationen av statliga och privata påtryckningar medför att många branschsektorer och företag arbetar med att minska sina utsläpp (Regeringen, 2019).

21% av Sveriges utsläpp härstammar från bygg- och fastighetssektorn, en stor andel som måste minska i storlek om netto-noll balans år 2045 ska uppnås (Boverket, 2021a). Bygg- och fastighetssektorn är en relativt trög sektor, där förändring ofta dröjer i jämförelse med andra sektorer (Boverket 2021f). Detta kan tänkas bero på att bygg- och fastighetssektorn på många sätt arbetar väldigt långsiktigt, vilket medför att processer kan bli långa. Dessutom finns det mycket äldre fastigheter i Sverige, som byggdes innan miljöaspekten sågs som ett problem. Det äldre fastighetsbeståndet har ofta drift och underhåll som påverkar klimatet mer än drift och underhåll av nya fastigheter (GK, 2021). Att minska växthusgasutsläppen från bygg- och fastighetssektorn är alltså mångfacetterat, och försvåras av de långa ledtiderna och processerna som krävs (Riksbyggen, 2017).

Utöver behovet att minska utsläppen från bygg- och fastighetssektorn, såväl som andra sektorer och aktörer, så måste även utsläppen balanseras för att nå klimatneutralitet till 2045. Denna balans kan uppnås på flera olika sätt, men kräver nya arbetssätt och kan därför vara utmanande (Naturvårdsverket, 2017). För att stötta bygg- och fastighetssektorn mot ett hållbart samhällsbyggande finns Sweden Green Building Council, SGBC, Sveriges ledande organisation för hållbart samhällsbyggande. SGBC arbetar bland annat med att miljöcertifiera byggnader, något som uppmanar och utmanar sektorn att göra en förflyttning mot mer hållbar utveckling (Sweden Green Building Council, 2022a).

En av de certifieringar som SGBC har initierat kallas NollCO₂-certifiering. NollCO₂-certifieringen togs i bruk år 2018 och i dagsläget finns det endast ett fåtal pilotprojekt som erhållit certifieringen. Liksom Sveriges klimatmål till 2045 ämnar certifieringen att fungera som ett verktyg för att försöka få nya byggnader att nå netto-noll under samma tidsspann (Sweden Green Building Council, 2019). På grund av bygg- och fastighetssektorns tröghet kan det därför vara intressant att undersöka huruvida NollCO₂-certifiering kan implementeras i en fastighetsägares organisation.

1.1 Syfte och frågeställningar

Syftet med detta examensarbete är att, genom ett fallstudieobjekt i form av en nybyggnation, undersöka de krav som ställs på en fastighet och fastighetens ägare för att kunna bli NollCO₂-certifierad. Dessa krav sätts i relation till ett fastighetsbolag, i syfte att analysera möjligheterna för implementering av NollCO₂-certifieringen i stor skala. Vidare syftar examensarbetet till att identifiera möjliga verktyg och arbetssätt för implementering av NollCO₂-certifiering. Identifiering av arbetssätt i relation till fastighetsbolagets hållbarhetsarbete innebär att både likheter och konflikter kommer att analyseras.

Genom utförande av livscykelanalyser uppskattas hur fallstudiebyggnaden kan få en lägre klimatpåverkan i förhållande till ett referensfall. Klimatåtgärder inom NollCO₂-certifieringen utvärderas genom en extensiv dataanalys och beräkningar utifrån fastighetsbolagets förutsättningar och framtidsplaner. Syftet ämnas uppnås genom att besvara följande frågeställningar:

- 1) Vad krävs av ett nybyggnadsprojekt för att bli NollCO₂-certifierat i praktiken?
- 2) På vilka sätt kan netto-noll balans uppnås genom de klimatåtgärder som ingår i NollCO₂-certifieringen?
- 3) Vad krävs av ett fastighetsbolag för att kunna NollCO₂-certifiera i stor skala?

1.2 Avgränsningar

Följande avsnitt presenterar de avgränsningar som gjorts i detta examensarbete. Avgränsningar är framför allt kopplade till den studerade NollCO₂-certifieringen, den fallstudiebyggnad som undersökts i arbetet samt hur en svensk elmixs klimatpåverkan kan förändras över tid.

1.2.1 NollCO₂-certifieringen

SGBC:s NollCO₂-certifiering innehåller ett antal olika indikatorer i kategorierna bas, klimatpåverkan och klimatåtgärder. I detta examensarbete har endast indikatorerna i kategorierna klimatpåverkan och klimatåtgärder undersökts mer utförligt. I kategori bas har endast indikator 1 berörts. Detta på grund av att fallstudiebyggnaden är i projekteringsskedet och indikator 2 i kategori bas bygger på att produktionsskedet har inletts.

Det finns tre indikatorer i kategorin klimatåtgärder, installation av förnybar elproduktion, energieffektivisering av befintligt bestånd och klimatkompensation. Detta examensarbete har inte undersökt möjligheterna att nå netto-noll balans genom att klimatkompensera i formen av att monetärt bidra till klimatåterställande verksamhet. Avgränsningen har gjorts då det framgår ur ICA Fastigheters hållbarhetsstrategi att det finns en ambition om att inte nyttja klimatkompensation som balansåtgärd efter år 2030, ett mål som hela ICA-koncernen har (ICA Gruppen, 2022). ICA Fastigheters målsättning att inte klimatkompensera efter år 2030 innebär att klimatkompensation

som åtgärd i NollCO₂-certifieringen inte är ett valbart alternativ för ICA Fastigheter för att nå netto-noll balans.

Klimatåtgärdsalternativ i form av förnybar elproduktion och energieffektivisering av befintligt bestånd har undersökts var för sig. En kombination av de båda åtgärdsalternativen har inte undersökts på grund av examensarbetets omfång. Då det är NollCO₂-certifiering som examensarbetet bygger på har även byggnadens livscykelsskede D, enligt den svenska beräkningsstandarden SS-EN 15978:2011, bortsetts ifrån. Detta har gjorts i enlighet med systemgränserna som presenteras i NollCO₂-manualen.

1.2.2 Fallstudiebyggnaden

Det fallstudieobjekt som detta examensarbete har undersökt är en av ICA Fastigheters planerade nybyggnationer. En förstudie för en eventuellt NollCO₂-certifiering finns tillgänglig hos ICA Fastigheter och har genomförts av en konsultfirma. Beräkningarna i denna förstudie har använts som referensfall i detta examensarbete. På grund av förstudiens innehåll så har vissa byggnadsdelar som egentligen ingår i certifieringen bortsetts ifrån för att få ett resultat som är jämförbart med referensfallet. De byggnadsdelar som inte ingår i konsultfirmans förstudie samt beräkningar i detta examensarbete är invändiga ytskikt, fasadbeklädnad, kylsystem, sanitetsarmaturer och elproduktion på fastigheten.

Vidare har endast vissa material i byggnadens byggnadskomponenter varierats i den genomförda känslighetsanalysen. En utförligare presentation om vilka byggnadskomponenter vars material har varierats går att hitta under 5. Metod, avsnitt 5.1.1 Känslighetsanalys klimatpåverkan indikatorer 3 och 4. Vidare har det inte genomförts någon känslighetsanalys över byggnadens installationssystem utan dessa baseras på schablonvärden, likt det som gjorts i förstudien. Avgränsningen har gjorts för att få ett så jämförbart resultat som möjligt och för att underlätta spårbarheten för ICA Fastigheter.

1.2.3 Elmixens klimatpåverkan över tid

Detta examensarbete har utgått ifrån att den svenska elmix som använts är oförändrad över tid vad gäller elmixens sammansättning av energislag. Det betyder att den klimatpåverkan och det klimatvärde som elmixen ger upphov till har beräknats vara densamma som i referensfallet för hela beräkningsperioden på 20 år. I verkligheten kommer troligtvis elmixens sammansättning förändras på grund av mer installation av förnybara energikällor vilket också påverkar dess klimatpåverkan. Att ta hänsyn till denna förändring hade dock endast blivit en hypotetisk estimering och ligger utanför examensarbetets ramar. Därför har en avgränsning gjorts och dagens sammansättning av elmix har använts genom hela examensarbetet.

2. Bakgrund

Följande avsnitt ger relevant bakgrundsinformation, nödvändig för att kunna följa rapporten och förstå resultatet. Först presenteras de globala och nationella miljömålen mer ingående vilket övergår till en presentation om hur bygg- och fastighetssektorn ställer sig till dessa mål. Vidare presenteras konceptet livscykelanalys och hur det kan fungera som ett hjälpmedel för att hålla en låg klimatpåverkan från byggnadens produktion- och användningsskede. Lagstadgade krav om klimat- och energideklarationer som finns för byggnader idag presenteras för att sedan ge en inblick i NollCO₂-certifieringen och de indikatorer som ingår i kategorierna klimatpåverkan och klimatåtgärder. Slutligen ges en presentation över vilka tidigare genomförda studier som finns inom områdena livscykelanalys, byggnadens energianvändning och netto-nollbyggnader.

2.1 Globala och nationella miljömål

De globala mål som finns idag antogs av FN:s medlemsländer hösten år 2015. Mål kopplat till miljö ingår i det som kallas för Agenda 2030 och det är upp till varje ansluten nation att sätta upp egna handlingsplaner för hur arbetet med målen inom Agenda 2030 ska fortskrida (Regeringskansliet, u.å.a). I Agenda 2030 återfinns bland annat Mål 11: Hållbara städer och samhällen, där hållbart byggande ingår (Regeringskansliet, u.å.b). Arbetet med Agenda 2030 har antagits av både EU och Sverige.

2.1.1 EU:s målsättningar

EU:s närmsta klimatpolitik sträcker sig mellan åren 2021 – 2030. De nyckelmål som finns uppsatta till 2030 är att; det ska finnas en minskning på 40% i växthusgasutsläpp från 1990 års nivåer; det ska finnas en 32% andel förnybar energi; en 32,5% förbättring vad gäller energieffektivitet ska uppnås. Tillsammans ska dessa tre mål syfta till att uppnå en nettominskning på 55% av utsläppta växthusgaser till 2030 från 1990 års nivåer (Europakommissionen, u.å.a).

Till 2050 har EU som mål att vara klimatneutralt. Det betyder att EU fram till år 2050 ska ha netto-noll utsläpp av växthusgaser vilket ligger i linje med det löfte som gjordes i samband med Parisavtalet. Detta förväntas uppnås genom gemensamma satsningar från alla delar av samhället inklusive energisektorn, industrisektorn, fastighetssektorn och skogs- och jordbrukssektorn. EU bidrar med investeringar i tekniska lösningar, klimatpolicys, finans och forskning och på samma gång säkerställa en jämställd övergång bland medlemsländerna (Europakommissionen, u.å.b).

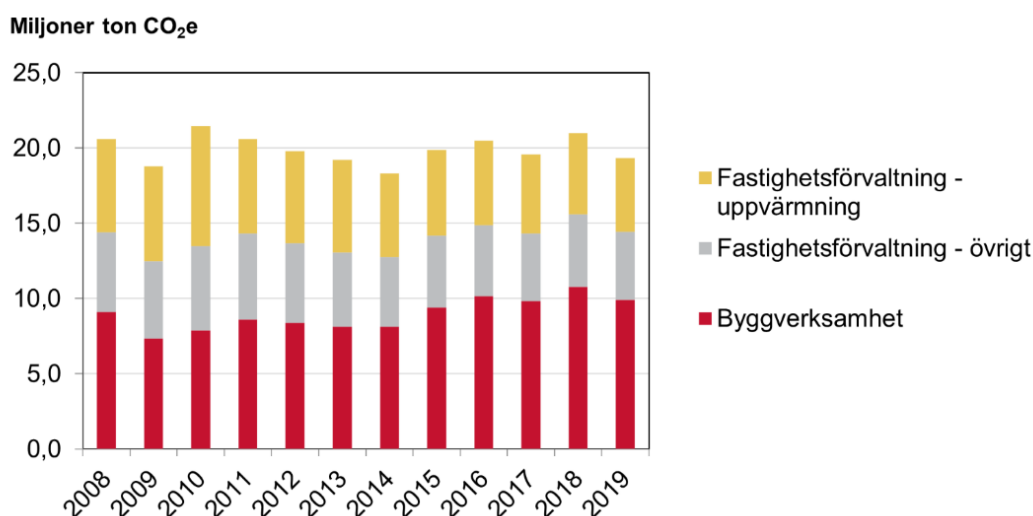
2.1.2 Sveriges klimatmål i relation till bygg- och fastighetssektorn

Sverige antog år 2017 ett klimatpolitiskt ramverk med syfte att skapa en gemensam nationell målbild med långsiktiga lösningar. Ramverket innehåller en klimatlag,

klimatmål samt ett klimatpolitiskt råd. Klimatlagen syftar till att sätta press på nuvarande och framtida regeringar där satsningar för klimatpolitiska åtgärder tas hänsyn till genom budgetering, redovisning och handlingsplaner. Det klimatpolitiska rådet är en samling av experter från tvärvetenskapliga discipliner som har till uppgift att utvärdera och ge förslag på hur regeringen bör ta sig an klimatmålen och vilka effekter som kan förväntas (Naturvårdsverket, 2017).

Det långsiktiga klimatmål som är uppsatt till 2045 är att Sverige inte ska ha några nettoutsläpp av växthusgaser. Därefter ska utsläppen även ta en negativ riktning. I praktiken innebär målet att utsläppen från Sverige ska vara 85% lägre år 2045 än referensåret 1990. Resterande 15% planeras uppnås genom så kallade kompletterande åtgärder, balansåtgärder, för att nå ner till netto-noll (Naturvårdsverket, 2017). Fram till 2045 så har även Sverige ett antal etappmål för utsläpp av växthusgaser till 2020, 2030 och 2040. Utsläpp av växthusgaser förknippade med den handel av utsläppsrätter inom EU är inte inkluderade i etappmålen, men på samma sätt som det långsiktiga målet så får balansåtgärder användas för att nå respektive mål. Dessa får uppgå till max åtta procentenheter till år 2030 och max två procentenheter till år 2040 (Naturvårdsverket, 2017). Som balansåtgärder för att nå klimatmålen räknas; upptag av koldioxid i skog och mark som följd av additionella åtgärder; utsläppsminskningar som genomförts utanför svenskt territorium; avskiljning och lagring av koldioxid från förbränning av biobränslen, även kallat bio-CCS (Naturvårdsverket, 2017).

I Sverige står bygg- och fastighetssektorn i dagsläget för 21% av de totala inhemska utsläppen av växthusgaser vilket motsvarar cirka 11,7 miljoner ton koldioxidekvivalenter, CO₂e. Utöver detta bidrar även sektorn till utsläpp utomlands via import av varor och denna siffra uppgår till cirka 7,7 miljoner ton CO₂e vilket motsvarar drygt en tredjedel av sektorns totala utsläpp (Boverket, 2021a). Boverket och SCB har tagit fram statistik över hur dessa utsläpp är fördelade efter bransch inom sektorn vilket figur 1 visar för åren 2008–2019.



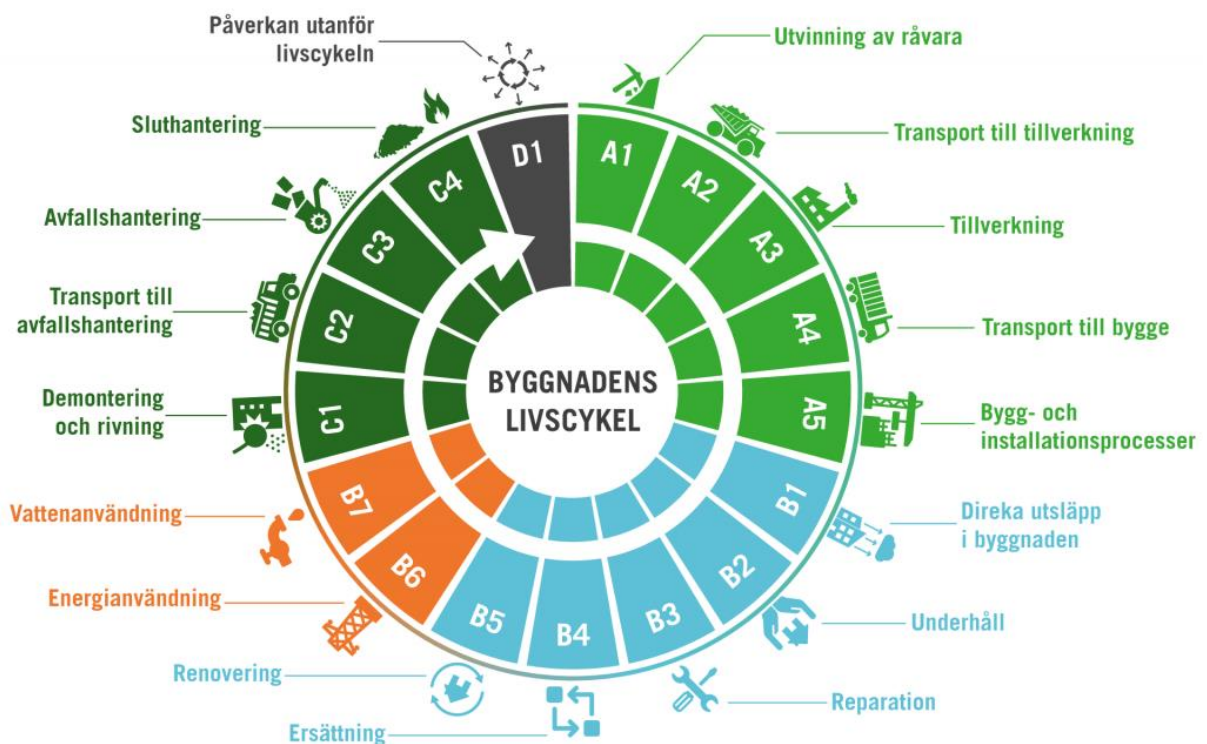
Figur 1. Utsläpp av CO₂e inom bygg- och fastighetssektorn fördelat efter bransch.
Illustration: Boverket/SCB (Boverket, 2021a).

Figur 1 visar utsläppsmängderna inom bygg- och fastighetssektorn, uppdelat mellan branscherna byggverksamhet och fastighetsförvaltning där fastighetsförvaltning har delats upp i underkategorierna uppvärmning och övrigt. Uppvärmning relaterar till fastighetens drift och de utsläpp som följer av att värma upp byggnader. Kategorin övrigt relaterar till utsläpp som genereras vid renovering eller ombyggnationer. Sett till det senaste redovisade året, 2019, står byggverksamheten vid uppförande av nybyggnationer för cirka 50% av sektorns utsläpp medan fastighetsförvaltningens två underkategorier står för cirka 25% vardera (Boverket, 2021a). Tidigare, innan 2008, såg fördelningen annorlunda ut med en betydligt större andel utsläpp relaterat till uppvärmning. Detta för att byggbranschen utvecklats till att bygga mer energisnåla byggnader som läcker mindre energi. 2019 års fördelning är ett resultat av åtgärder som genomförts för att minska byggnaders klimatavtryck under användningsskedet. Mängden utsläpp kopplat till byggverksamhet har jämförelsevis legat relativt konstant ur ett längre tidsperspektiv (Boverket, 2021a).

För att hantera bygg- och fastighetssektorns utsläpp i relation till Sveriges klimatpolitiska ramverk har sektorn anslutit sig till regeringens initiativ "Fossilfritt Sverige" (Fossilfritt Sverige, u.å.a). Initiativet togs fram i samband med klimatkonferensen i Paris och syftar till att ena aktörer i form av företag, kommuner, regioner och organisationer inom olika sektorer (Fossilfritt Sverige, u.å.b). För bygg- och fastighetssektorn är det branschorganisationen Byggföretagen som är processägare och ansvarar för att ta fram sektorns färdplan tillsammans med sju andra branschorganisationer och andra anslutna aktörer (Fossilfritt Sverige, u.å.a).

2.2 En byggnads livscykel

En byggnad påverkar klimatet under hela sin livscykel. Genom att göra en livscykelanalys, LCA, på en byggnad går det att uppskatta utsläppsmängder relaterat till dess olika livscykelkedan. Att genomföra en LCA är en etablerad metod för att undersöka klimatpåverkan för olika produkter, tjänster och system. Figur 2 visar den svenska beräkningsstandarden SS-EN 15978:2011 som används för att kartlägga en byggnads klimatpåverkan från dess olika livscykelkedan.



Figur 2. En byggnads livscykelns kedan enligt den svenska beräkningsstandarden SS-EN 15978:2011. Illustration: SGBC (Sweden Green Building Council, 2020).

De olika livscykelns kedan som kan utläsas från figur 2 är indelade och kategoriseras enligt följande:

- A: Produktionsskedet, A1-A5 i figur 2,
- B: Användningsskedet, B1-B7 i figur 2,
- C: Sluthanteringsskedet, C1-C4 i figur 2,
- D: Påverkan utanför systemet, D1 i figur 2.

En LCA är en komplex metod med många parametrar som måste beaktas då en byggnad påverkar klimatet både genom direkta och indirekta utsläpp. Utsläpp relaterat till de olika livscykelns kedan beräknas därför med enheten CO₂e, för att lättare kunna tolkas och jämföras (Sweden Green Building Council, 2020).

En LCA kan genomföras när som helst under en byggnads livscykel men vissa parametrar kan komma att behöva uppskattas beroende på vilket livscykelns kedan byggnaden befinner sig i. Om en LCA genomförs på en ny byggnad så är det svårt att fastställa faktiska utsläpp relaterat till byggnadens användningsskede. På samma sätt kan det vara svårt att fastställa faktiska utsläpp relaterat till byggnadens produktionsskede om en LCA genomförs på en befintlig byggnad eller inför sluthantering. Med hjälp av olika beräkningsverktyg och modelleringar går det alltså att uppskatta dessa utsläpp för att få ett helhetsperspektiv (Sweden Green Building Council, 2020).

Genom att kartlägga en byggnads klimatavtryck med hjälp av en LCA tidigt i ett byggprojekt går det att få uppgifter om vilka delar av byggnadens livscykel som

genererar stora mängder CO₂e-utsläpp. En LCA kan på så vis fungera som ett hjälpmedel, och ge indikationer om vart utsläppsbesparingar kan göras, för att hålla byggnadens klimatpåverkan så låg som möjligt under hela livscykeln (Sweden Green Building Council, 2020).

2.2.1 Energibehov och energibärares ursprung

En byggnad behöver energi under hela byggnadens livscykel. Under produktionsskedet kan det exempelvis handla om energi kopplat till tillverkning av material, transporter eller bygg- och installationsprocesser. Under användningsskedet kan det röra sig om energi kopplat till exempelvis reparationer, renovering, uppvärmning eller vattenanvändning. Oavsett när i byggnadens livscykel som energi behövs resulterar det i en klimatpåverkan som direkt eller indirekt kopplas till byggnaden. Hur stor klimatpåverkan blir kan dock variera beroende på olika val, processer och energibärares ursprung (Sweden Green Building Council, 2020).

Energibärares ursprung kan delas in i två kategorier: förnybar energi och konventionellt framtagen energi. Förnybar energi innebär att energin härstammar från energikällor som inte tar slut, utan ständigt fylls på. Vind, vatten och sol är några förnybara energikällor och energi från sådana källor brukar kallas för grön energi (Naturskyddsföreningen, 2021). Energi från icke-förnybara energikällor som olja och kol, brukar kallas för brun energi. Grön energi har en lägre klimatpåverkan, lägre utsläpp av CO₂e per levererad kWh, än brun energi. Under produktionsskedet i byggnadens livscykel är det fortsatt brun energi som dominerar. Fossila bränslen används i stor utsträckning för olika tillverkningsprocesser och transporter även om alternativ för grön energi har introducerats (Naturskyddsföreningen, 2021).

Under användningsfasen används framför allt energi till värme, kyla, varmvatten och olika systeminstallationer (Sweden Green Building Council, 2020). Energin levereras ofta till fastigheten, mer eller mindre, i form av elektrisk energi. Elektrisk energi, både grön och brun, transporteras genom Sveriges elnät från producent till konsument och som konsument går det inte helt att besluta vilken typ av energi som levereras (Svenska kraftnät, 2021). I Sverige så är majoriteten av den producerade energin grön, men då Sveriges elnät är ihopkopplat med stora delar av övriga Europa så kan elmixen bestå av energi med annat ursprung. Vilken energimix som levereras beror på vad som finns tillgängligt på marknaden och kan variera från dag till dag (Svenska kraftnät, 2021). Grön energi handlas före brun energi på den nordeuropeiska elmarknaden Nord Pool vilket är där elleverantörer köper och energibolag säljer elenergi. Genom att teckna elavtal med märkningen bra miljöval så säkerställs det dessutom att andra miljökrav, än att elen härstammar från förnybara energikällor, uppfylls. (Sweden Green Building Council, u.å.; Bra miljöval, 2022).

2.2.2 Lågt klimatavtryck från produktionsskedet

För att ha låga CO₂e-utsläpp vid produktionsskedet så gäller det generellt att välja material med låg klimatpåverkan och att hålla nere det fossila avtrycket från transport- och byggprocesser. Genom att redan innan byggstart göra aktiva val för att bygga med låg klimatpåverkan går det att hålla byggnadens klimatavtryck från produktionsskedet nere (Sweden Green Building Council, 2020).

För en ny byggnad kan valet av material ha en stor inverkan på byggnadens klimatavtryck då olika material har olika stor klimatpåverkan. Material bör därför väljas med hänsyn till deras klimatpåverkan för att byggnadens klimatavtryck ska bli så lågt som möjligt under produktionsskedet. Till exempel har trä generellt mindre klimatpåverkan än betong och kan med fördel väljas framför betong i olika byggdelar (Penaloza m.fl., 2018). Det finns dock situationer där betong inte kan bytas ut mot trä på grund av deras respektive materiella egenskaper och byggdelens funktion. Klimatförbättrad betong, eller grön betong, är ett alternativ som kan användas i byggdelar som saknar motsvarande ersättningsmaterial med lägre klimatpåverkan (Svensk betong, 2019). Med rätt val av betong, hantering och underhåll kan grön betong minska betongens klimatpåverkan med upp till 40% jämfört med branschreferens. Den gröna betongen innehåller i regel en mindre andel cement än konventionell betong. Cement fungerar som bindemedel i betongen och står för en stor del av betongens klimatpåverkan. Genom användning av alternativa bindemedel som flygaska och slagg, vilka är restprodukter från andra industrier, kan således betongens klimatpåverkan minskas. Andra sätt att minska betongens klimatavtryck är att redan från start designa en så resurseffektiv konstruktion som möjligt, att välja rätt betong på rätt plats och att inte överdimensionera byggdelar i onödan (Svensk betong, 2019).

Användning av återbrukat byggmaterial är också något som kan hålla klimatpåverkan från produktionsskedet nere. Med återbrukat byggmaterial menas byggdelar som demonterats för att sedan återanvändas, oftast på en annan plats än där den ursprungligen kom ifrån (Andersson m.fl., 2021). Studier har visat att återbrukspotentialen för vissa byggdelar är hög, framförallt för icke-förnybara resurser så som exempelvis fasadtegel och marksten (Andersson m.fl., 2021). Men trots den höga återbrukspotentialen, fungerar inte återbruket i Sverige idag på ett adekvat sätt. Det finns ingen etablerad marknad som fokuserar på återbrukade byggmaterial, och den korta projektiden inför rivning gör att mottagare av material är svåra att hitta (Andersson m.fl., 2021). På senare tid går det att se en växande positiv attityd gentemot återbrukade byggprodukter i takt med att kunskap kring återbruk ökar. Etableringen av en fungerande återbruksmarknad av byggprodukter kräver dock stora insatser och arbetssätten som hanterar rivningsavfall idag måste genomgå stora förändringar för att få till ett storskaligt återbruk (Andersson m.fl., 2021).

Utöver materialval behövs dessutom samverkan genom hela byggprocessen från produktion till färdig byggnad för att minska klimatavtryck från transporter och produktions- och byggprocesser (Svensk betong, 2019).

2.2.3 Lågt klimatavtryck från användningsskedet

För att ha låga utsläpp vid användningsskedet så krävs det att den klimatpåverkan som genereras vid eventuell reparation, renovering eller underhåll hålls nere. Utöver det behöver byggnaden även ha en låg energi- och vattenanvändning för att hushålla med jordens resurser. Den energin och det vatten som används i byggnaden bör bidra till så lite utsläpp som möjligt. Detta bör säkerställas vid uppförandet av en ny byggnad, liksom åtgärdas för en befintlig byggnad (Sweden Green Building Council, 2020). Under användningsskedet går det att genomföra energieffektiviseringsåtgärder, för att minska byggnadens klimatpåverkan. Energieffektiviseringsåtgärder som genomförs på en befintlig byggnad påverkar inte utsläppen från byggnadens produktionsskede men det går att påverka utsläppen för både användningsskedet och sluthanteringsskedet (Sweden Green Building Council, 2020).

En vanlig energieffektiviseringsåtgärd som medför lägre energibehov under användningsskedet är att säkerställa ett lågt värmebehov i byggnaden. Genom att renovera så att klimatskalet släpper ut mindre värme blir uppvärmningsbehovet lägre och byggnadens energibehov sänks. Exempelvis kan tilläggsisolering av väggar och tak, byte av fönster och dörrar och tätningsåtgärder sänka värmebehovet i en byggnad (Person och Mared, 2016). Vilka energieffektiviseringsåtgärder som är mest gynnsamma skiljer sig dock mellan olika byggnader. Att tilläggsisolera är ofta en effektiv metod för att minska byggnadens energibehov, men resultatet kan variera beroende på byggnad eller vilken del av byggnaden som tilläggsisoleras. Extra takisolering är ofta lönsamt men för bästa resultat bör hela byggnadens potential ses över (Person och Mared, 2016). Byte av fönster och dörrar är, i regel, en mindre omfattande förändring än tilläggsisolering för att minska byggnadens värmebehov. Dock så härstammar stora läckage kopplade till fönster och dörrar ofta inte från värmeförluster genom de faktiska byggkomponenterna, utan beror på att det inte är tätt runt fönstren och dörrarna. Därför kan i stället tätningslister vara en gynnsam åtgärd för att minska värmeläckage från klimatskalet (Person och Mared, 2016).

En annan energieffektiviseringsåtgärd som kan genomföras är att se över ventilationssystemet då det i en äldre byggnad oftast är förknippat med värmeläckage. Ventilationen går att energieffektivisera på flera olika sätt. Genom att kartlägga byggnadens ventilationsbehov är det ofta möjligt att variera ventilationen då luftomsättningsbehovet kan vara lägre under vissa timmar (Jernkontoret, u.å.). Minskad ventilationsanvändning sänker både elanvändning och värmeförluster. En annan energieffektiviseringsåtgärd är att byta ut ventilationssystemet till ett mer energieffektivt system. I samband med byte av ventilationssystemet finns möjligheten att installera värmeåtervinning. Värmeåtervinning innebär att den värme som i vanliga fall lämnar byggnaden genom frånluften i stället tas till vara på för att värma upp inkommande ventilationsluft, tilluften (Jernkontoret, u.å.). I livsmedelsbutiker, specifikt, är potentialen för gynnsam installation av värmeåtervinning hög. I Sverige är i regel den värme som frigörs från kylsystem för livsmedel tillräckligt för att tillgodose 100% av butikens uppvärmningsbehov (Rolfsman m.fl., 2014).

Energieffektiviseringsåtgärder genom förändring i byggnadens klimatskal eller ventilationssystem minskar främst byggnadens behov av uppvärmning i relation fastighetsenergi (Person och Mared, 2016; Rolfsman m.fl., 2014).

2.3 Lagstadgade krav på fastigheter

Den lag som omfattar bestämmelser och planläggning av byggande återfinns i Plan- och bygglagen, PBL (SFS 2010:900). Lagen syftar till att främja en hållbar samhällsutveckling för dagens samhälle och kommande generationer där bland annat krav för byggnadsverk, byggprodukter och tillsynsbestämmelser hittas (SFS 2010:900). Som stöd till PBL finns Boverkets byggregler, BBR, innehållande föreskrifter och allmänna råd för de krav som omnämns i PBL (Boverket, 2021b). Boverkets byggregler omfattar också regler och riktlinjer gällande lagen om klimatdeklaration för byggnader (SFS 2021:787) och lagen om energideklaration för byggnader (SFS 2006:985).

2.3.1 Klimatdeklaration

Att mäta en byggnads klimatpåverkan från produktionsskedet har tidigare genomförts i studier genom olika LCA-analyser, men det har inte funnits några lagstadgade krav på att protokollföra detta för att få upprätta en ny byggnad. Från och med den 1 januari 2022 trädde ett nytt lagkrav (SFS 2021:787) i kraft som innebär att klimatdeklarationer för byggnader måste genomföras (Boverket, 2021c). Lagkravet berör byggnader vars bygglovsansökan inkommit efter att lagen trätt i kraft. Syftet med införande av klimatdeklaration är att öka kunskapen i branschen om byggnaders klimatpåverkan redan från tidiga byggskedet. Det är byggherren som bär det yttersta ansvaret för att en klimatdeklaration genomförs. Klimatdeklarationen berör produktionsskedet A1-A5 i byggnadens livscykel och generiska indata finns att hämta från Boverkets klimatdatabas (Boverket, 2021c). I dagsläget innehåller klimatdatabasen ett begränsat utbud av klimatdata för olika byggnadsmaterial och energislag, men planeras att utökas framöver med fler material och olika typer av installationssystem. Den generiska klimatdatan från Boverket bygger på ett produktspecifikt genomsnitt under svenska förhållanden (Boverket, 2021d).

Klimatdeklaration införs främst för att öka medvetenheten inom branschen men också för att främja utvecklingen hos byggproduktsleverantörer (Boverket, 2021c). I stället för att använda boverkets klimatdatabas går det nämligen också att använda byggproduktsleverantörers produktspecifika miljödeklarationer, så kallade EPD:er. EPD:er är något som varje leverantör själv måste ta fram för sina produkter (Boverket, 2021d).

I dagsläget finns det inga gränsvärden för klimatdeklarationen att förhålla sig till och alltså inget maxvärde som måste underskridas. Det är dock något som kan komma att implementeras i framtiden (Boverket, 2021c).

2.3.2 Byggnadens energiprestanda och energideklaration

Byggnadens energianvändning under användningsskedet går att mäta. BBR definierar byggnadens energianvändning som E_{bea} och är summan för den till byggnaden levererade energin för energiposterna uppvärmning, E_{uppv} , kyla, E_{kyl} , tappvarmvatten, E_{tvv} , och fastighetsel, E_f , enligt

$$E_{bea} = E_{uppv} + E_{kyl} + E_{tvv} + E_f. \quad (1)$$

Summan av E_{uppv} , E_{kyl} , E_{tvv} och E_f presenteras i ekvation (1) som E_{bea} och beror av vilka installationssystem som är installerade i byggnaden då olika typer av installationssystem kan vara mer eller mindre effektiva (BFS 2011:6). Installationer har ibland ett så kallat COP-värde (eng. Coefficient of Performance) som beskriver hur många kWh de levererar i förhållande till vad de förbrukar. Exempelvis om en värmepump har COP-värde 5 levererar den fem gånger så mycket energi som den förbrukar (Nationalencyklopedin, u.å.). Här är det viktigt att skilja på byggnadens energibehov och E_{bea} då energibehovet kan vara högre än den till byggnaden faktiskt levererade energin beroende på installationssystem. Förnybar elproduktion på fastigheten som används i fastigheten dras av ifrån E_{bea} (BFS 2011:6).

Energiposterna för uppvärmning, kyla, tappvarmvatten och fastighetsel används på olika sätt i framtagandet av en energideklaration. Lagen om energideklarationer i byggnader (SFS 2006:985) kontrolleras med riktlinjer och allmänna råd i BBR. Lagen kräver att nya byggnader med inomhustemperatur över 10°C ska kunna uppvisa en genomförd energideklaration. Energideklarationen beskriver hur mycket energi som levereras till fastigheten vid normalt brukande och vilken inomhusmiljö den har. För att vara giltig måste energideklarationen uppdateras vart tionde år (Lag 2012:397) och genomföras av certifierade energiexperter (Boverket, 2022). De huvudsakliga elementen som energideklarationen innehåller är energiklass, energiprestanda/primärenergital, uppvärmd area, A_{temp} , energianvändning för uppvärmning, komfortkyla, tappvarmvatten och byggnadens fastighetsel, åtgärdsförslag för att minska energianvändningen, byggnadens radonvärde och andra uppgifter om byggnadens värme- och ventilationssystem (Boverket, 2022).

I energideklarationen används E_{uppv} , E_{kyl} , E_{tvv} och E_f för att beräkna byggnadens primärenergianvändning. I beräkningen ingår också en geografisk justeringsfaktor, F_{geo} , och viktningsfaktorer, VF_i . Värdet för F_{geo} beror av var byggnaden är geografiskt placerad då olika orter i Sverige ger upphov till olika stort uppvärmningsbehov. Värdet för F_{geo} återfinns i BBR (BFS 2011:6). Värdet för VF_i beror av vilken energibärare som används för de olika energiposterna och visas i tabell 1.

Tabell 1. Viktningsfaktorer för energibärare (BFS 2011:6).

Energibärare	VF _i
El (VF _{el})	1,8
Fjärrvärme (VF _{fjv})	0,7
Fjärrkyla (VF _{fjk})	0,6
Fasta, flytande och gasformiga biobränslen (VF _{bio})	0,6
Fossil olja (VF _{olja})	1,8
Fossil gas (VF _{gas})	1,8

I energideklarationen ska primärenergianvändningen även normalårskorrigeras. Normalårskorrigerad innebär att de klimatberoende energiposterna korrigeras utifrån vad det varit för väder under mätperioden för energideklarationen. Framför allt är energiposten för uppvärmning väderberoende och korrigeras utefter ett normalår (Boverket, 2017).

Primärenergianvändningen ligger till grunden för byggnadens primärenergital, EP_{pet} , vilket definieras som

$$EP_{pet} = \frac{\sum_{i=1}^6 \left(\frac{E_{uppv,i}}{F_{geo}} + E_{kyl,i} + E_{tvv,i} + E_{f,i} \right) \times VF_i}{A_{temp}}. \quad (2)$$

Sedan 1 januari 2019 är det EP_{pet} som specificerar byggnadens energiprestanda i energideklarationen (BFS 2011:6).

Energideklarationen resulterar i att byggnaden blir tilldelad en energiklass. Energitklassen baseras på byggnadens energiprestanda och jämförs med krav på energiprestanda vid uppförande av en liknande ny byggnad (Boverket, 2021e). För energideklarationer uppförda efter år 2014 sätts energiklassen på en skala från A-G, där A är det mest energisnåla betygssteget. En ny byggnad måste nå minst energiklass C. Vilka krav som ställs på energiprestanda vid uppförande av nya byggnader beror av typen på byggnad (Boverket, 2021e). För nya lokalbyggnader är energiprestandakravet 70 kWh/m², år (BFS 2011:6). Kravet på energiprestanda kan dock variera ytterligare beroende av byggnadens storlek och byggnadens uteluftsflöde genom ventilationen. En fastighet med ett stort uteluftsflöde får ett högre energiprestandakrav vilket gör att energiklassen inte blir oskäligt låg (BFS 2011:6). Figur 3 visar vad en energideklaration innehåller.

I	sammanfattning av ENERGIDEKLARATION	
II	Byggnadens adress	
III	Kommun	
IV	Nybyggnadsår:	
V	Energideklarations-ID:	
VI	ENERGIKLASSER 	 DENNA BYGGNADS ENERGIKLASS X Energiprestanda, primärenergital: XI Krav vid uppförande av ny byggnad, primärenergital: XII Specifik energianvändning (tidigare energiprestanda): XIII Uppvärmningssystem: XIV Radonmätning: XV Ventilationskontroll (OVK): XVI Atgärdsförslag: XVII Energideklarationen är utförd av: XVIII Energideklarationen är giltig till: XIV
VII	Energideklarationen i sin helhet finns hos byggnadens ägare.	
VIII	För mer information: www.boverket.se	
IX	Sammanfattningen är upprättad enligt Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2007:4) om energideklaration för byggnader.	

Figur 3. Exempel på energideklarationens utformning. Illustration: Boverket (Boverket, 2021e).

Följande procentsatser avgör vilket betyg byggnaden får i energideklarationen, X i figur 3. EP står för energiprestanda för den aktuella byggnaden, XI i figur 3. Kravet för ny byggnad ses som XII i figur 3.

- A: $EP \leq 50\%$ av kravet för ny byggnad.
- B: $50\% < EP \leq 75\%$ av kravet för ny byggnad.
- C: $75\% < EP \leq 100\%$ av kravet för ny byggnad.
- D: $100\% < EP \leq 135\%$ av kravet för ny byggnad.
- E: $135\% < EP \leq 180\%$ av kravet för ny byggnad.
- F: $180\% < EP \leq 235\%$ av kravet för ny byggnad.
- G: $EP > 235\%$ av kravet för ny byggnad (Boverket, 2021e).

2.4 NollCO₂-certifiering

NollCO₂-certifiering av byggnader är en certifiering framtagen av SGBC som innebär att byggnadens klimatpåverkan ska nå netto-noll under byggnadens livscykel.

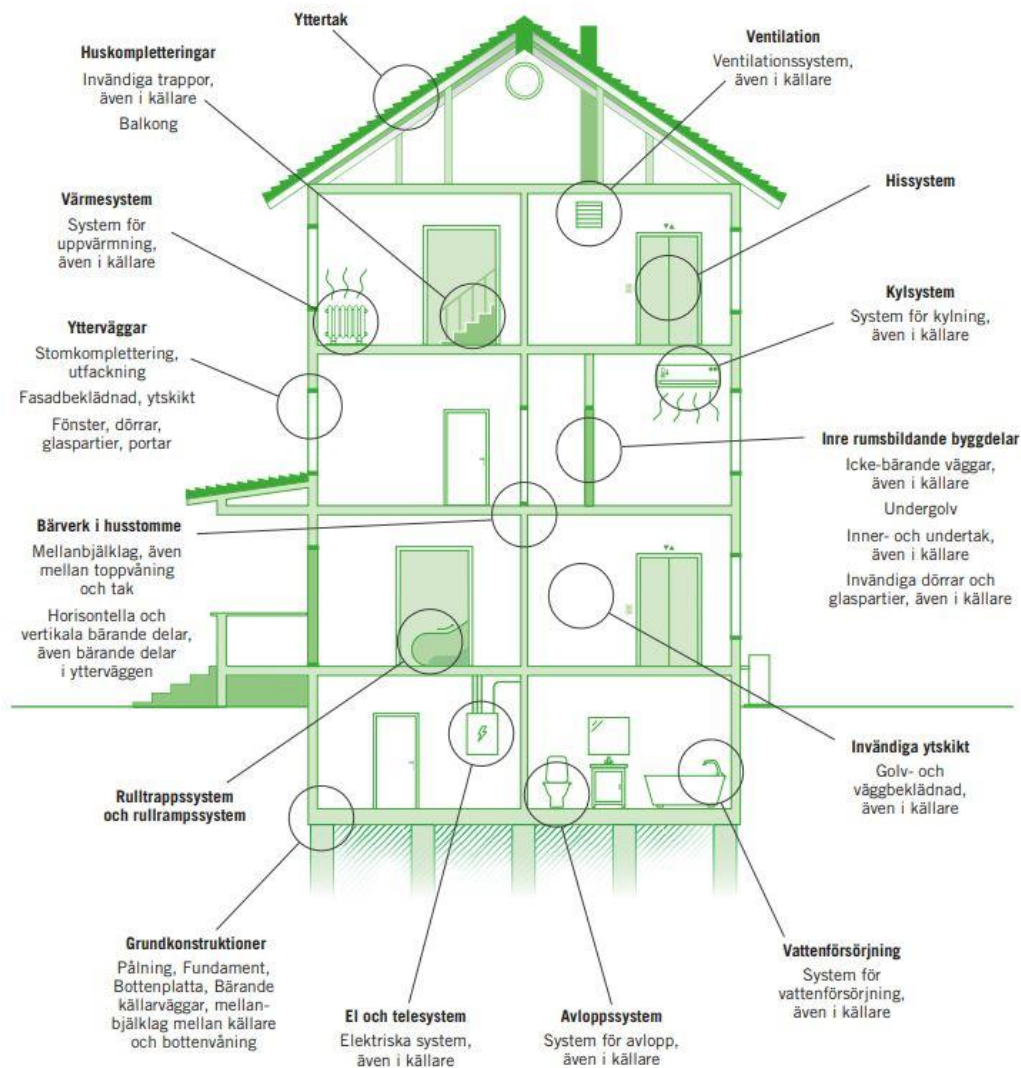
Certifieringen är relativt ny och den första byggnaden som fick en NollCO₂-certifiering stod färdig år 2019 (Sweden Green Building Council, 2019). För att nå netto-noll måste den klimatpåverkan som uppkommer till följd av livscykeln skedens balanseras med

klimatåtgärder. Certifieringens etablering har två huvudsakliga drivkrafter, dels att reducera växthusgasutsläpp relaterade till byggnadens produktions- och användningsskede, dels att balansera kvarvarande klimatpåverkan med hjälp av NollCO₂-projektet initierade klimatåtgärder. Det finns även fördelar med certifieringen sett till hela byggsektorn då förhoppningen är att öka kunskaper om byggnaders klimatpåverkan längs hela produktionskedjan (Sweden Green Building Council, 2020).

För att en byggnad ska kunna certifieras med NollCO₂ måste den definieras som en byggnad enligt PBL (2010:900). Byggnaden måste vara en varaktig konstruktion som består av tak och väggar. Byggnadsverket måste också uppfattas som en byggnad, ha en energideklaration, ha enhetliga byggtekniska förutsättningar och ha gemensamt inomhusklimat. Om byggnaden inte uppfyller dessa kriterier kan byggprojektet inte registreras som ett NollCO₂-projekt. Verksamhetstyper som kan certifieras är bland annat flerbostadshus, kontorsbyggnader, industrier, butikshall eller en kombination av bostäder, kontor och lokaler (Sweden Green Building Council, 2020).

NollCO₂-certifieringen följer den svenska beräkningsstandarden SS-EN 15968:2011 för en byggnads klimatpåverkan. Det betyder att livscykelkedan A, produktionsskedet, B, användningsskedet och C, sluthanteringsskedet, som beskrivs i standarden tas hänsyn till i certifieringen. Det sista livscykelkedet D påverkan utanför byggnadens systemgräns tas inte med i NollCO₂ då det inte ingår i byggnadens livscykel. I NollCO₂-certifieringen sätts alltså den yttre fysiska systemgränsen som byggnaden yttre gräns mot sin omgivning. De byggnadsdelar och installationssystem som ingår i byggnadens systemgräns i NollCO₂-certifieringen presenteras i figur 4 (Sweden Green Building Council, 2020).

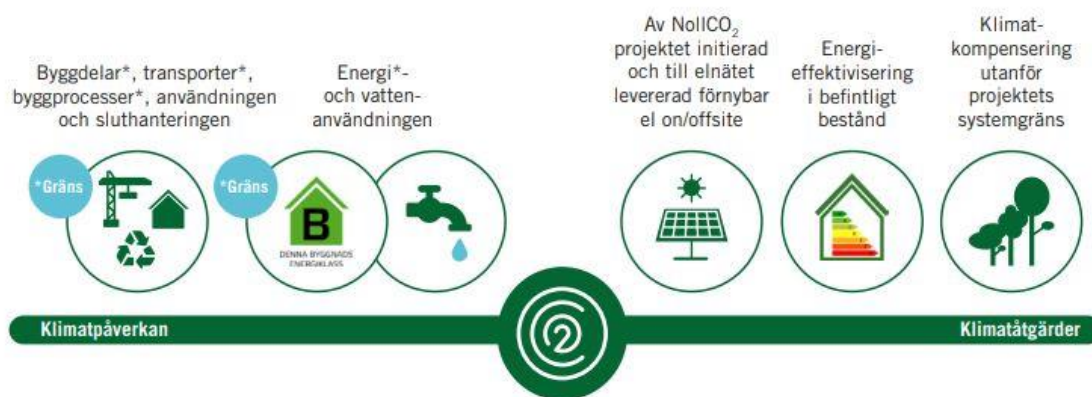
NollCO₂:s ingående byggnadsdelar



Figur 4. NollCO₂-certifieringens systemgräns för byggnadsdelar och installationssystem som ingår i klimatberäkningar. Illustration: SGBC (Sweden Green Building Council, 2020).

Figur 4 ger även en överblick över de byggnadskomponenter som ingår i varje byggnadsdel. Exempelvis i byggnadsdel tak ingår alla komponenter som utgör taket, bjälklag, isolering, takpapp, fuktspärr och ytterbeklädnad. Systemgränsen sätter alltså ramarna för de byggnadsdelar som ingår i LCA:n, och alltså de byggnadskomponenter som varje byggnadsdel består av (Sweden Green Building Council, 2020).

Varje skede i livscykeln ger upphov till någon form av klimatpåverkan. Det är den sammanslagna klimatpåverkan från hela byggnadens livscykel som i NollCO₂ sätter grunden för de klimatåtgärder som behövs för att nå netto-noll enligt figur 5 (Sweden Green Building Council, 2020).



Figur 5. Netto-noll balans av en byggnads klimatpåverkan och av projektet initierade klimatåtgärder enligt SGBC:s NollCO₂-certifiering. Illustration: SGBC (Sweden Green Building Council, 2020).

Den beräkningsperiod som NollCO₂-certifieringen räknar med är 50 år i enlighet med det förslag som lagts fram till regeringen av Boverket angående klimatdeklaration. På samma sätt använder sig även NollCO₂ av den funktionella enheten kg CO₂e/m² BTA, bruttototalarea, i linje med förslaget om klimatdeklaration (Sweden Green Building Council, 2020). För inhämtande av mer information om vad NollCO₂-certifieringens systemgränser innebär hänvisas till SGBC:s hemsida där användarstöd för certifieringen finns att tillgå (Sweden Green Building Council, 2022a).

Själva certifieringsprocessen i NollCO₂ innehåller stegen registrering, preliminär certifiering, verifiering och återrapportering. Den byggnad som planeras certifieras ska först registreras i SGBC:s digitala verktyg Building Green Online, BGO, där vissa projektspecifika uppgifter ska lämnas. Registreringen är giltig i tre år och ansökan om preliminär certifiering ska ha inkommit till SGBC inom den perioden. Den preliminära certifieringen innebär att byggnaden som ska certifieras måste redovisa att de olika indikatorkraven som ingår uppfylls. Efter det att ansökan om preliminär certifiering godkänts erhålls ett certifikat som är giltigt i tre år från byggnadens driftsättning (Sweden Green Building Council, 2020). Verifieringssteget är en avstämning av den preliminära certifieringen som syftar till att säkerställa indikatorkravens uppfyllande. Ansökan om verifiering måste ske inom de tre åren som den preliminära certifieringen är giltig. Godkänd verifiering leder till att byggnaden får en NollCO₂-certifiering som är giltig i fem år. Vart femte år måste sedan en återrapportering göras för att kontrollera att byggnaden fortsatt uppfyller kraven från verifieringen och får, vid godkännande, behålla certifieringen. Om byggnadens ansökan ej blir godkänd under någon av certifieringsstegen verifiering och återrapportering, återkallas certifieringen (Sweden Green Building Council, 2020).

För att en byggnad ska kunna erhålla en NollCO₂-certifiering så krävs det att samtliga indikatorer som ingår i certifieringen är uppfyllda. Indikatorerna är uppdelade i kategorierna bas, klimatpåverkan och klimatåtgärder. Indikatorerna i kategori bas innebär att 1; byggnaden utöver NollCO₂ även måste innehålla en tilläggs-certifiering och 2; att byggsdelar uppfyller lagkrav gällande kemi, virke och trävaror. Indikatorerna i

kategorierna klimatpåverkan och klimatåtgärder beskrivs kort i följande avsnitt. För mer information gällande kriterier, metod och redovisningskrav gällande indikatorerna i kategori bas hänvisas till SGBC:s hemsida och NollCO₂-manualen. Detta gäller även för mer utförlig information gällande indikatorerna i kategori klimatpåverkan och klimatåtgärder (Sweden Green Building Council, 2020).

2.4.1 Klimatpåverkan

En byggnads klimatpåverkan kan identifieras genom en LCA. I NollCO₂-manualen är det tydligt beskrivet hur LCA:n ska genomföras och hur de olika livscykelkedena ska beräknas. Livscykelkedena är i NollCO₂-certifieringen uppdelade i olika indikatorer som förklaras var och en för sig (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 3; Bygghälsan A1-A3

Den första indikatorn i kategorin klimatpåverkan omfattar stegen A1-A3 i byggnadens livscykel, se figur 2. Vid projektets start får byggnaden ett gränsvärde under vilket klimatpåverkan från tillverkning av de ingående komponenter ska hållas. Gränsvärdet är projektspecifikt och tilldelas projektet efter det att registrering har gjorts hos SGBC. Gränsvärdet bestäms utifrån en baseline baserat på ett antal nyckeluppgifter om byggnaden (Sweden Green Building Council, 2020).

Bygghälsans klimatpåverkan beräknas i det av SGBC tilldelade redovisningsverktyget "NollCO₂ Klimatpåverkan Certifiering.xlsx" som bygghälsans specifika klimatdata (kgCO₂e/kg) multiplicerat med mängden av bygghälsan. Finns det av någon anledning avsaknad av material-/produkt-/systems specifika klimatdata, exempelvis avsaknad av EPD:er, kan i stället generiskt framtagna klimatdata användas i beräkningen. Regler och villkor för generiskt framtagna klimatdata inom NollCO₂-certifiering finns mer utförligt beskrivet i NollCO₂-manualen. I de fall där återbrukat material används redovisas deras klimatpåverkan A1-A3 utefter de transporter som fått materialet till platsen, samt de processer som ingått för att få materialet i brukbart skick (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 4; Byggproduktion A4-A5

Indikator 4 i kategorin klimatpåverkan innefattar klimatpåverkan av de transporter och processer som förknippas med uppförandet av byggnaden. I NollCO₂-certifieringen har denna indikator ett fast gränsvärde på 55 kgCO₂e/m² BTA och beror således endast på byggnadens storlek (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 5; Användning av byggnaden B1-B5

Indikator 5 i kategorin klimatpåverkan behandlar endast klimatpåverkan av stegen B4; Ersättning och B5; Ombyggnation av bygghälsan. Stegen B1-B3 bedöms ha en så liten klimatpåverkan i NollCO₂-certifieringen så att de inte tas med i indikatorn. Klimatpåverkan av B4 beräknas utifrån bygghälsans livslängd, mängder och avfalls/sluthantering samt klimatpåverkan från tillverkning, transport och installation av bygghälsan. Klimatdata för tillverkning, transport och installation förändras med tiden

och linjeras mot noll till år 2050 baserat på Sveriges och EU:s mål om klimatneutralitet. För B5 tar redovisningsverktyget fram en prognos gällande klimatpåverkan utifrån av projektet uppskattade procentsatser för ombyggnation (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 6; Byggnadens energianvändning B6

Indikator 6 i kategorin klimatpåverkan innefattar byggnadens energiprestanda och primärenergital. Indikatorn har fyra kriterier som ska vara uppfyllda. Första kriteriet innebär att byggnadens energiprestanda ska vara energiklass B eller bättre och klassificeringen ska bibehållas på årsbasis även efter verifieringen (Sweden Green Building Council, 2020).

Andra kriteriet behandlar elproduktion på byggnaden. Energi som produceras på byggnaden får endast användas till byggnadens energiförsörjning om den är förnybar. Till förnybar elproduktion räknas solkraft, vindkraft, bioenergi, geoenergi, solvärme och frikyla (Sweden Green Building Council, 2020).

Det tredje kriteriet innebär att det ska tas fram en mätplan för byggnadens energianvändning och elproduktion. På vilket sätt mätning ska vara implementerat i byggnaden framgår ur NollCO₂-manualen (Sweden Green Building Council, 2020).

Det fjärde och sista kriteriet behandlar den klimatpåverkan som byggnadens energianvändning ger upphov till. Vilka klimatdata som nyttjas vid beräkning av projektets utsläpp beror av projektets energiavtal, samt hur den förnybara elproduktionen är integrerad i byggnaden (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 7; Vattenanvändning B7

Indikator 7 i kategorin klimatpåverkan behandlar byggnadens vattenanvändning. Det ska gå att mäta den vattenanvändningen som fastigheten behöver för värme, kyla, tappvarmvatten och ventilations- och ångprocesser. Vattenanvändningen kan i processen för preliminär certifiering uppskattas baserat på tidigare erfarenheter eller schablonsiffror (Sweden Green Building Council, 2020).

Indikator 8; Slutskede C1-C4

Den sista indikatorn i kategorin klimatpåverkan behandlar klimatpåverkan av byggnadens slutskede, det vill säga sammantagen klimatpåverkan av demontering/rivning av byggnaden, transport till avfallshantering, avfallshantering och sluthantering. I NollCO₂-certifieringen sätts denna siffra som noll i enlighet med de nationella klimatmål som Sverige har satt upp till år 2045. NollCO₂-byggnaden har en beräkningsperiod på 50 år vilket innebär att den inte behöver sluthanteras innan år 2070 och då ska alltså sluthanteringsprocesserna vara helt fossilfria. Sluthantering av ersatta/ombyggda byggdelar med kortare livslängd hanteras i indikator 5 (Sweden Green Building Council, 2020).

2.4.2 Klimatåtgärder

För att kunna certifiera byggnaden med SGBC:s NollCO₂-certifiering måste byggnaden uppnå netto-noll enligt SGBC:s krav och certifieringsprinciper. Detta innebär att den klimatpåverkan som blir till följd av livscykelns faser, fördelat i de olika indikatorerna, måste balanseras med klimatåtgärder. Det finns tre olika typer av klimatåtgärder, som enskilt, eller i kombination, kan göra att byggnaden uppnår netto-noll balans (Sweden Green Building Council, 2020).

Dessa är;

- 1) Av NollCO₂-projektet initierad och till elnätet levererad förnybar el on- eller offsite.
- 2) Energieffektivisering i befintligt bestånd.
- 3) Klimatkompensering utanför projektets systemgräns.

På grund av detta examensarbets avgränsning undersöks endast klimatåtgärdsalternativ 1 och 2. För mer information gällande samtliga klimatåtgärdsalternativ hänvisas till NollCO₂-manualen (Sweden Green Building Council, 2020).

För att projektet ska bli certifierat måste klimatpåverkan balanseras med någon av åtgärdsalternativen inom en viss tidsram. Klimatpåverkan av B4-B7 ska balanseras till årlig netto-noll under byggnadens beräknade livslängd på 50 år. Klimatpåverkan från A1-A5 och eventuell klimatpåverkan från C1-C4 ska balanseras till netto-noll senast 2045. NollCO₂-projektet får tillgodoräkna sig den procentandel klimatvärde som motsvarar andelen av kostnaderna för klimatåtgärderna som byggnadens ägare har finansierat (Sweden Green Building Council, 2020).

Installation av förnybar el

Förnybar energi som installeras onsite, på byggnaden i fråga för certifieringen, eller offsite, på en annan plats får tillgodoräknas som en klimatåtgärd. För att få tillgodoräknas som klimatåtgärd måste elen som produceras levereras till Nord Pools elmarknad. Det innebär att onsite producerad el måste levereras till elnätet och kan inte användas i den egna byggnaden om den ska tillgodoräknas som klimatåtgärd. Det innebär också att eventuell offsite-produktion måste vara i länder vars elnät är fysiskt kopplade till Sverige och anslutna till Nord Pools elmarknad. Installationen av den förnybara elproduktionen måste ske efter det att NollCO₂-projektet har registrerats i BGO (Sweden Green Building Council, 2020).

Energieffektivisering i befintliga byggnader

Energieffektiviseringsåtgärder på andra fastigheter i fastighetsägarens bestånd går att tillgodoräknas som en klimatåtgärd. Energieffektiviseringsåtgärderna ska påbörjas efter det att NollCO₂-projektet har registrerats. Endast energibesparingar i byggnadens fastighetsenergi kan användas som klimatåtgärd, verksamhetsenergi ingår inte. Energieffektiviseringsprojektet måste genomföras på en byggnad i samma land som NollCO₂-projektet, och byggnaden måste ha varit i drift i minst 5 år. För att

energieffektivisering av en byggnad ska kunna nyttjas som en klimatåtgärd finns det krav på energiprestanda som byggnaden måste uppnå (Sweden Green Building Council, 2020). Två alternativa kravställningar finns, där antingen det ena eller det andra måste uppnås (Sweden Green Building Council, 2021a).

Alternativ 1 innebär att byggnadens energiprestanda ska ha förbättrats med minst 30% jämfört med ett referensår. Effektiviseringsåtgärderna ska förbättra byggnadens energibehov eller effektivisera tekniska installationer i byggnaden. Installation av förnybar elproduktion eller nyttjande av spill och processvärme räknas inte in som energieffektiviseringsåtgärd (Sweden Green Building Council, 2021a). Alternativ 2 innebär att byggnadens energiprestanda uppnår minst energiklass C i enlighet med BBR och kravet för en liknande ny byggnad (Sweden Green Building Council, 2021a).

Energieffektiviseringsprojektet ska ha genomförts senast 5 år efter det att NollCO₂-projektet registrerades hos SGBC. Klimatpåverkan av åtgärderna som krävs för att energieffektivisera byggnaden, får inte uppgå till mer än 100 g CO₂e per reducerad kWh (Sweden Green Building Council, 2020).

2.4.3 Miljöbyggnad

För att få en godkänd NollCO₂-certifiering krävs det att byggnaden man ämnar att certifiera även har en annan miljöcertifiering enligt indikator 1 i kategori bas.

Miljöbyggnad från SGBC är en av de tilläggs-certifieringar som är godkända inom NollCO₂-certifieringen (Sweden Green Building Council, 2020).

Miljöbyggnadscertifieringen finns i de tre olika betygen brons, silver och guld men för att få räknas in som tilläggs-certifiering i NollCO₂ krävs minst Miljöbyggnadsbetyg silver (Sweden Green Building Council, 2020).

Miljöbyggnad innehåller 16 indikatorer inom de tre huvudområdena Energi, Inomhusmiljö och Material. Varje område betygssätts var för sig och det är det lägsta områdesbetyget som avgör vilket betyg byggnaden får. Områdena betygssätts baserat på så kallade aspektbetyg. Områdesbetyget baseras på det lägsta aspektbetyget men får höjas ett steg om mer än hälften av aspektbetygen är högre. Aspektbetygen utgår från lägsta indikatorbetyg. I de indikatorer som är rumsberoende baseras betyget på ett så kallat rumsbetyg. Alla rum på alla våningsplan bedöms och betyget utgår från det lägsta rumsbetyget. Indikatorbetyget kan höjas ett steg om mer än hälften av bedömd rumsarea har ett högre betyg (Sweden Green Building Council, 2022b). Mer information gällande certifiering Miljöbyggnad finns på SGBC:s hemsida, där användarstöd och manualer finns att tillgå (Sweden Green Building Council, 2022a).

2.5 Tidigare genomförda studier

Att genomföra en LCA är en etablerad metod som funnits länge inom bygg- och fastighetssektorn. Tidiga resultat från genomförda LCA-studier visade på stor klimatpåverkan kopplat till användningsskedet (Jönsson m.fl., 1998). Det finns därför många studier som fokuserat på hur det går att optimera byggnadens design för att på så

vis minska dess energianvändning under användningsskedet. Under de senaste två decennierna är det därför just klimatpåverkan kopplat till byggnaders användningsskede som fått mycket uppmärksamhet. Till exempel har det genomförts många studier på så kallade netto-noll energi byggnader, något som haft både nationellt och internationellt intresse (Berggren m.fl., 2012; Athienitis och O'Brien, 2015). Resultaten presenterar hur det går att nå en netto-noll energibalans i byggnaden genom modeller, optimering, byggnadsdesign och installationer.

Medan mycket fokus i tidiga LCA-studier har varit kopplade till användningsskedet så ligger mycket fokus i nutida studier i stället på produktionsskedet. Olika typer av byggnadsmaterial har undersökts för öka medvetenheten om hur det går att minska byggnaders klimatpåverkan från produktionsskedet. Det finns till exempel en studie där det undersökts hur trä och klimatförbättrad betong kan användas i större utsträckning i stommen i stället för stål och konventionell betong (Penaloza m.fl., 2018). I denna studie nämns även vikten av tidiga beslut i projekterings- och designskedet, samt att aktörer involverade i byggprocessen måste samverka för att hålla byggnadens klimatpåverkan så låg som möjligt.

Trots LCA-analysens utbreddhet så finns det ett ganska smalt utbud vad gäller studier som utvärderar möjligheter till att nå en netto-noll klimatpåverkan från hela byggnadens livscykel. Inte minst vad gäller åtgärder som kan användas för att kompensera för byggnadens klimatpåverkan efter det att den satts i bruk. SGBC tar hänsyn till detta i sin NollCO₂-certifiering, något som tidigare studier har påvisat vara bristfälligt i andra svenska byggnadscertifieringar så som LEED, BREEAM SE, Green Buildings och Miljöbyggnad (Turk m.fl., 2018). Endast en nyare studie har hittats där resultatet visar att en byggnad kan nå netto-noll för hela livscykeln. Resultatet visar att netto-noll endast kan uppnås om elnätet inte ställer om till fossilfritt innan 2050. Detta på grund av att byggnaden då inte längre kan tillgodoräkna sig det bidrag den levererar till nätet i form av förnybar energi (Grinham m.fl., 2022). Andra alternativ för klimatåtgärder utvärderas ej.

3. Fallstudiebyggnaden

Detta examensarbete genomförs som en fallstudie där fallstudieobjektet är en nyproduktion. Den nya byggnaden kommer ägas och förvaltas av ICA Fastigheter AB och planeras tas i bruk år 2025. Byggnaden är i projekteringsskede och planerad byggstart är under 2022 (Marve, 2021). ICA Fastigheter har som plan att byggnaden ska NollCO₂-certifieras då det går i linje med företagets hållbarhetsstrategi och det har genomförts ett antal förstudier för att utvärdera om en certifiering skulle vara möjlig. Byggnaden faller inom de verksamhet- och bostadstyper som kan NollCO₂-certifieras nämligen friliggande nybyggd butikshall. Följande avsnitt innehåller en presentation om ICA Fastigheters hållbarhetsstrategi, vilket skede som fallstudiebyggnaden är i och den planerade designen för byggnaden.

3.1 Ica Fastigheters hållbarhetsstrategi

ICA Fastigheter har tagit fram en hållbarhetsstrategi till år 2030 som knyter an till FN:s Globala mål och Agenda 2030. Hållbarhetsstrategin presenterar ett antal olika aktiviteter och projekt som ska genomföras mellan 2022 och 2024 för att bidra till hållbarhetsarbetet framåt. Hållbarhetsstrategin presenterar, i enlighet med de 17 globala målen i Agenda 2030, hur ICA Fastigheters hållbarhetsarbete planeras fortskrida ur ekonomisk, ekologisk och social dimension (ICA Fastigheter, 2021a).

ICA Fastigheter har delat upp hållbarhetsarbetet i fem områden; Lokalt; Miljö; Hälsa; Mångfald och Kvalitet. Inom varje område återfinns ett huvudmål med tillhörande delmål till år 2030. Inom ramen för detta examensarbete kommer endast områdena lokalt, miljö och kvalitet presenteras mer utförligt (ICA Fastigheter, 2021a).

Lokalt

Målet för 2030 är att alla ICA Fastigheters platser ska vara inkluderande, säkra, trygga, motståndskraftiga och vara förknippade med hållbara transportsystem och ett minskat beroende av fossila bränslen. De delmål som ingår omfattar hållbarhetsplaner för alla fastigheter, hur klimatriskanalyser ska genomföras och hur trygghetsarbetet ska fortskrida (ICA Fastigheter, 2021a).

Miljö

Målet för 2030 är att ICA Fastigheters miljöpåverkan ska minimeras och klimatpåverkan ska vara netto-noll. Vidare presenteras sju olika delmål för hur huvudmålet planeras uppnås (ICA Fastigheter, 2021a). Delmål 1 handlar om att bygga nya fastigheter med netto-noll klimatpåverkan. Detta planeras bland annat uppnås genom NollCO₂-certifiering, klimatdeklarationer, gröna hyresavtal, LCA-analyser, minskade restavfall, kolsänkor och egenproducerad el. Delmål 2 handlar om en minskad energiförbrukning i det befintliga fastighetsbeståndet med 30%. Detta planeras uppnås genom framtagandet av en energistrategi innehållande utredning om elenergiproduktion, energilagring och utmaningar med elektrifiering. Vidare planeras förnyelsebar grön el

användas som är miljömärkt, samt att det befintliga fastighetsbeståndets energieffektiviseringspotential ska utredas. Delmål 3 handlar om användandet av köldmedia och planeras uppnås genom en färdplan för utfasning av icke-naturlig köldmedia. Delmål 4 knyter an till åtgärder för att främja biologisk mångfald i fastighetsbeståndet. Detta planeras uppnås genom att se över möjliga åtgärder som gynnar biologisk mångfald samt att utbilda medarbetare inom området. Delmål 5 handlar om att transporter kopplade till fastighetsbestånden ska vara fossilfria. Detta planeras genomföras genom att ta fram en handlingsplan för hur fossilfria transporter kan nås till både befintliga fastigheter och nybyggnationsprojekt samt för tjänsteresor. Handlingsplanen ska även innehålla en bränslestrategi. Delmål 6 handlar om kompensering för ICA Fastigheters klimatpåverkan så att den är netto-noll. Detta ska uppnås genom att ta fram en handlingsplan för att mäta klimatpåverkan samt utreda huruvida det går att ingå i olika samverkansprojekt. Slutligen handlar delmål 7 om att ICA Fastigheter ska omvandla lika mycket förnybar energi som förbrukas inom organisationen och fastighetsbeståndet. Detta planeras uppnås genom att se över befintliga och planerade solcellsinstallationer och utreda möjligheter för vindkraft (ICA Fastigheter, 2021a).

Kvalitet

Målet för 2030 är att ICA Fastigheters processer och fastigheter ska vara kvalitetssäkrade. De tre delmål som ingår innebär att alla fastigheter planeras vara certifierade, att det ska finnas en transparens av hållbarhetsarbetet som bedrivs, samt att arbetsmiljörevisioner ska genomföras för alla projekt över 20 miljoner kronor (ICA Fastigheter, 2021a).

Koppling till ICA Gruppen

ICA Fastigheter ingår i ICA Gruppen, en koncern där flera bolag ingår. Koncernen har gemensamma hållbarhetsmål där de övergripande målen är att minimera miljöpåverkan, skapa en klimatneutral verksamhet samt att hjälpa kunder till mer hållbara val. Det finns även en Hållbarhetspolicy som är gemensamma för alla bolag inom ICA Gruppen (ICA Fastigheter, 2021a; ICA Gruppen, 2022).

3.2 Projektet Arninge

Fallstudiebyggnaden i detta examensarbete är en planerad handelsplats där ett ICA Maxi kommer utgöra majoriteten av byggnadens area. Utöver ICA Maxi butiken kommer även ett antal andra kommersiella verksamheter att bedrivas så som andra butiker, restauranger och en idrottsanläggning i form av padelbanor (Marve, 2021a). Byggnaden kommer uppföras i stadsdelen Arninge som ligger i nordöstra delen av Täby kommun, Stockholms län. På grund av byggnadens geografiska placering benämns fallstudiebyggnaden härnäst som projektet Arninge eller Arninge.

Projektet Arninge omfattar markförvärv där en nybyggnation på 34 535 m² BTA planeras byggas. I och med att projektet planeras ha byggstart under 2022 är majoriteten

av projekteringsarbetet för själva byggnaden redan genomfört. Projekteringsunderlag, bland annat i form av ritningar, BIM-modell, budgetförslag och energibalansberäkningar finns tillgängligt hos ICA Fastigheter (Marve, 2021a). ICA Fastigheter använder konsultstöd för byggteknik såväl som helentreprenad för genomförandet av projektet Arninge.

Projektet Arninge har ambitiösa hållbarhetsplaner och ämnas både bli NollCO₂-certifierat och uppnå Miljöbyggnad guld i enlighet med ICA Fastigheters hållbarhetsstrategi. ICA Fastigheter har därför, med hjälp av konsultstöd, genomfört förstudier för att ta reda på om Arninge kan tänkas uppfylla de krav som ställs inom certifieringarnas ramar (Marve, 2021a). Bland annat har byggnadens uppskattade klimatpåverkan beräknats genom en LCA där ingående byggnadskomponenter baserats på projektets BIM-modell. Indata för klimatpåverkansberäkningen kommer dels från BIM-modellen, gällande mängder och material, och dels från Boverkets klimatdatabas. För de byggnadskomponenter som saknat klimatdata i Boverkets klimatdatabas har istället schabloniserade värden från OneClick LCA använts. Projektet har utifrån beskrivet underlag initialt beräknats ha en årlig klimatpåverkan från produktionsskedet motsvarande 10 022 ton CO₂e (Marve, 2021a).

Utöver klimatpåverkan från projektet Arninges produktionsskede så har även klimatpåverkan för byggnadens användningsskede uppskattats. En energibalansberäkning finns tillgänglig hos ICA Fastigheter där energiprestandan i byggnaden beräknats till 52,3 kWh/m² A_{temp}, år (Tähtäpää, 2021). I denna uträkning så uppskattas elanvändningen från belysning och utrustning, hissar, rulltrappa fläktar samt kyla och uppvärmning. Det planeras att byggnaden i största möjliga mån ska nyttja spillvärme från ICA Maxi butikens kylmaskiner och använder utöver det spetsvärme via elenergi. Värdringspåslag och en säkerhetsmarginal på 10% ingår även i den slutgiltiga uppskattningen av byggnadens *EP_{net}*-värde (Tähtäpää, 2021). Projektet beräknas ha en årlig klimatpåverkan från användningsskedet motsvarande 23,14 ton CO₂e (Marve, 2021a).

Projektet Arninge är registrerat för NollCO₂-certifiering hos SGBC och har blivit tilldelat en baseline och ett gränsvärde som projektet måste förhålla sig till. Preliminär certifiering har ännu inte erhållits (Marve, 2021a).

Den totala klimatpåverkan för Arninge antas kunna kompenseras genom att producera, och eventuellt sälja egenproducerad förnybar energi och genom att effektivisera andra byggnader i ICA fastigheters bestånd (Marve, 2021a).

3.2.1 Potentiella energieffektiviseringsprojekt för projektet Arninge

ICA Fastigheter jobbar kontinuerligt med olika energieffektiviseringsprojekt för fastigheter i det befintliga beståndet. Eftersom energieffektivisering i befintligt bestånd kan fungera som klimatåtgärd i NollCO₂-certifieringen finns det goda skäl att utvärdera möjligheter för detta inom ICA Fastigheter. Tre planerade energieffektiviseringsprojekt i ICA Fastigheters bestånd har lyfts fram som potentiella för att kunna tillgodoräknas

som klimatåtgärd för projektet Arninge. Underlag för hur stora energibesparingar respektive energieffektiviseringsprojekt förväntas medföra finns i form av förstudier. Hur projekten kan användas som klimatåtgärd i projektet Arninge har inte utvärderats. De tre fastigheter som är tilltänkta för projektet Arninge är ICA Maxi i Växjö, ICA Maxi i Kungälv och ICA Maxi i Olofström.¹ Hädanefter benämns energieffektiviseringsprojekten efter sina respektive kommuner Växjö, Kungälv och Olofström.

3.3 Fallstudiebyggnadens ingående komponenter

Projektet Arninge utgörs av tre våningsplan ovan mark där det nedersta planet är garage med stomme i betong. Planet är tänkt att ha alla grundkonstruktioner och bärande delar så som bjälklag, pelare och grund i betong, med viss inblandning av armering. Även pålning i marken består av betong och armering. Planet innehåller även asfalt då det ska fungera som parkeringsplatser för personal och besökare. Parkeringsmöjligheter kommer även att finnas på markplan utanför byggnaden (Marve, 2021c; Ramsell, 2021).

Mellanplan utgörs av butiker och det översta planet/taket utgörs av en träningsanläggning med padelbanor. Stommen utgörs i de två övre planen av korslimmat trä. Här är även de bärande konstruktionerna tänkta att vara i trä med limträbalkar. Som isolering används stenull och de inre rumsbildande delarna utgörs av en mix av planglas och korslimmat trä. Fönster i dessa plan består av fasta treglasfönster i trä med aluminiumkarm. Ytterdörrar är gjorda i stål medan innerdörrar är en blandning av släta dörrar eller spegeldörrar. Taket består av stenull, limträ, träpanel med ett ytterskikt av tunnplåt. Tunnplåten är även tänkt att fungera som beklädnad på den träningsanläggning med padelbanor som är placerad på den översta våningen (Marve, 2021c; Ramsell, 2021). Utöver träningsanläggningen planeras också en 200 m² solcellsinstallation placeras på taket (Tähtäpää, 2021).

Material och mängder har baserats på den BIM-modell som projektet tagit fram (Marve, 2021a). Detta beskrivs mer utförligt under avsnitt 4.1 Data klimatpåverkan indikatorer 3, 4, 6 och 7.

¹ Fernroth, Erik; Teknisk projektledare ICA Fastigheter AB (2021). E-mail 2 september.

4. Data

För att analysera klimatpåverkan från Arninges produktions- och användningsskede och de två studerade klimatåtgärdsalternativen har data samlats in från flertalet källor. I följande avsnitt presenteras datakällor, använda datapunkter samt antaganden kring datapunkter som gjorts.

4.1 Data klimatpåverkan indikatorer 3, 4, 6 och 7

Data för att fastställa fallstudieobjektets klimatpåverkan för de olika livscykelkedena A1-A5, B6 och B7 har hämtats från ett antal olika källor. Tabell 2 presenterar en översikt över de datakällor som använts för de olika NollCO₂-indikatorerna.

Tabell 2. Översikt över de datakällor som använts för indikatorer 3, 4, 6 och 7.

Indikator	Typ av data	Datakälla
3	Materialval, materialvolym.	Rambolls förstudie (Marve, 2021a)
3	Klimatdata för material, materialvikt.	Boverkets klimatdatabas (Boverket, u.å.)
3	Schabloniserade klimatdata för installationer.	One-Click LCA (Marve, 2021b)
3	Kostnad isolering.	Byggmax och Isoleringsbutiken (Byggmax, u.å.a; Byggmax, u.å.b; Isoleringsbutiken, u.å.)
3	Kostnad betong.	Betongåterförsäljare (Belstoj 2020; ABT Bolagen, 2018; Svensson m.fl. 2021)
4, 6	Klimatdata för transporter och byggprocesser, beräkningsperiod.	NollCO ₂ -manualen (Sweden Green Building Council, 2020)
6	Energidata för fastighetsenergi, solcellsinstallation.	Kadesjös förstudie (Tähtäpää, 2021)
6	Klimatdata för svensk elmix och egenproducerad sol.	NollCO ₂ -ramverk (Sweden Green Building Council, u.å.)
6	Brukarindata vädringspåslag.	BFS 2016:12
6	Kostnad miljömärkt el.	Kraftringen (Kraftringen, u.å)
7	Brukarindata vattenanvändning.	Sveby (Sveby, 2013)
7	Fördelning vattenanvändning.	BFS 2016:12
7	Schabloniserade klimatdata för vattenanvändning.	NollCO ₂ -redovisningsverktyg (Sweden Green Building Council, 2021b)

Den översikt av datakällor som visas i tabell 2 beskrivs mer ingående i följande avsnitt och vilka värden som hämtats från respektive källa för indikatorer 3, 4, 6 och 7.

4.1.1 Indikator 3 och 4

För att fastställa klimatpåverkan för indikator 3: byggdelar, har data för material och materialvolym, samt data för olika materials klimatpåverkan behövts. Data för vilka typer av material och hur stora volymer som krävs har hämtats från Rambolls förstudie (Marve, 2021a). Materialets vikt per volymenhet och materialets klimatpåverkan per kilogram har i första hand hämtats från Boverkets klimatdatabas (Boverket, u.å.). Värdena i boverkets klimatdatabas baseras på ett genomsnitt av data från olika leverantörer i Sverige. Klimatdata för material i boverkets klimatdatabas finns tillgängligt både som konservativa och icke-konservativa värden. De konservativa värdena har ett 25% påslag relativt de icke-konservativa värdena för att täcka upp för eventuella osäkerheter (Boverket, 2021d).

För byggnadsdelar och installationssystem som inte funnits tillgängliga i Boverkets klimatdatabas har Ramboll istället hämtat klimatpåverkansdata från LCA-verktyget One-Click LCA. One-Click LCA har i förstudien nyttjats för schabloniserade klimatpåverkansdata för hiss- och rulltrapps-system och system för värme, ventilation, avlopp, vatten, sprinkel, el och telefoni. Både konservativa och icke-konservativa värden har i detta examensarbete använts med utgångspunkt ur Rambolls förstudie. Här har de konservativa värdena ett påslag på 4,9% relativt de icke-konservativa i enlighet med Rambolls förstudie (Marve, 2021b). Exempel på data över material, volymer och klimatdata som använts i detta examensarbete återfinns i Appendix A.

För att fastställa klimatpåverkan för indikator 4: byggproduktion, har klimatdata hämtats från NollCO₂-manualen. Klimatdata för indikator 4 är en sammanslagning av transporter och byggprocesser och har gränsvärdet 55 kg CO₂e/ m² BTA (Sweden Green Building Council, 2020). Data för kostnadsanalys av de olika materialvalsalternativen i indikator 3 hämtades från återförsäljare via internet. De använda kostnaderna per mängd material återfinns i tabell 3.

Tabell 3. Översikt över de priser som använts för kostnadsanalys av indikator 3.

Material	Pris
Betong	800–1500 kr/m ³ (Belstoj 2020; ABT Bolagen, 2018)
Grön Betong	1,03 gånger priset för vanlig betong (Svensson m.fl. 2021)
Stenull	79,95 kr/m ² (Byggmax, u.å.a)
Glasull	59,95 kr/m ² (Byggmax, u.å.b)
Cellulosa	196,20 kr/m ² (Isoleringsbutiken, u.å.)

4.1.2 Indikator 6

För att beräkna klimatpåverkan för indikator 6 har data för byggnadens energianvändning behövts. Byggnadens årliga energianvändning har fastställts med en A_{temp} på 18 700 m² i energiberäkningsprogrammet IDA ICE version 4.8 SP2 och presenteras i Kadesjö's förstudie (Tähtäpää, 2021). Det värde för F_{geo} som använts för Arninge är 1,0 på grund av projektets geografiska position. Eftersom byggnaden förväntas få energi levererad med endast el så har $VF_{el} = 1,8$ använts för samtliga energiposter. Tabell 4 är en sammanställning av den energibalansberäkning som genomförts av Kadesjö för E_{bea} och EP_{pet} .

Tabell 4. Fördelning av byggnadens årliga energibehov per energipost, E_{bea} , samt byggnadens preliminära EP_{pet} -värde (Tähtäpää, 2021).

Energipost	Byggnadens energibehov [kWh]	Installationssystem	Andel av energipost	Köpt energi efter COP, E_{bea} [kWh]	EP_{pet} [kWh/m ² A_{temp}]
Kyla el	221 056	Kylmaskin (COP 5)	0,75	33 158	3,2
		Frikyla bergvärme	0,25	1 105	0,1
Uppvärmning el	345 863	Spillvärme (COP 8)	0,75	32 425	3,1
		Bergvärme (COP 4)	0,20	17 293	1,7
		Spetsvärme	0,05	17 293	1,7
Tappvarmvatten el	159 211	Bergvärme (COP 4)	1	39 803	3,8
Fastighetsel	235 502	Fläktar	1	235 502	22,7
	9 197	Pumpar	1	9 197	0,9
	80 198	Övrig fastighetsel	1	80 198	7,7
Vädringspåslag					4,0
Total energi	1 051 027			465 974	48,9
Säkerhetsmarginal 10%					4,9
Solceller (200 m ²)					-1,5
Total BBR					52,3

Den energibalansberäkning som presenteras i tabell 4 är genomförd av konsultfirman Kadesjö. Beräkningen innehåller vissa tveksamheter som att vädringspåslaget endast beräknas påverka EP_{pet} -värdet och inte E_{bea} . Samma sak gäller för säkerhetsmarginalen och bidraget från solcellsinstallationen. Den mängd köpt energi som undvikits på grund av solcellsinstallationen har dock tagits hänsyn till i detta examensarbete. Trots att dessa

felaktigheter uppmärksammats har ingen modifiering av data gällande vädringspåslag och säkerhetsmarginal gjorts. Detta för att underlätta spårbarheten hos ICA Fastigheter som har denna beräkning som underlag för projektet Arninge.

Den energidata som använts från tabell 4 är totalvärdena från kolumn “Köpt energi efter COP” och kolumn “ EP_{pet} ”. Köpt energi efter COP, E_{bea} , är det till byggnaden faktiskt levererade energin och beror av byggnadens installationssystem (BFS 2011:6). Värdet för köpt energi är det som ligger till grund för klimatpåverkan för indikator 6. EP_{pet} -värdet för byggnaden har använts för att säkerställa att det krav inom NollCO₂, energiklass B, uppfylls, där antingen solcellsinstallationen ingår eller inte.

Vidare har data för den planerade solcellsinstallationen på taket behövts för att utvärdera möjligt bidrag till byggnadens klimatpåverkan. Samtliga datapunkter i tabell 5 har hämtats från Kadesjös förstudie (Tätkäpää, 2021).

Tabell 5. Data för beräkning av eventuellt bidrag från planerad solcellsinstallation på taket (Tätkäpää, 2021).

Area på tak [m ²]	Storlek en panel [m ²]	Effekt per panel [W/panel]	Årlig elproduktion per installerad effekt [kWh/kW]
200	1,7	270	900

För solcellsinstallationen har den livscykelbaserade CO₂e-intensiteten på 41 g CO₂e/kWh använts (Sweden Green Building Council, u.å.). Klimatdata för indikator 6 har hämtats från NollCO₂-ramverket. Eftersom samtliga energiposter är elbaserade så har CO₂e-intensiteten för svensk elmix använts. SGBC har beräknat detta värde som 22 kg CO₂e/MWh (Sweden Green Building Council, u.å.).

Klimatpåverkan av Arninges energianvändning om förnybar miljömärkt elmix nyttjas har också analyserats. NollCO₂-ramverket presenterar ingen CO₂e-intensitet för en miljömärkt elmix och denna har alltså beräknats. CO₂e-intensiteten för miljömärkt elmix har beräknats genom användning av de datapunkter som presenteras i tabell 6.

Tabell 6. Andel energi per energikälla i miljömärkt elmix och energikällornas respektive klimatvärde (SCB, 2022; Sweden Green Building Council, 2020).

	Vatten	Vind	Sol
Andel i svensk elmix [%]	43	17	1
Andel i miljömärkt elmix [%]	70,5	27,9	1,6
Klimatdata [kgCO ₂ /MWh]	8,6	14,8	30,5

Den klimatdata för respektive energikälla som presenteras i tabell 6 har hämtats från NollCO₂-manualen (Sweden Green Building Council, 2020). Respektive energikällas andel i den miljömärkta elmixen har baserats på statistik från SCB över nationell svensk energimix (SCB, 2022). Utifrån fördelningen av energikällorna vatten, vind och sol i

den svenska energimixen har energikällorna antagits fördela sig på samma sätt om energimixen bara bestod av dessa energikällor. Antagandet över fördelningen är det som presenteras i tabell 6 på raden “Andel i miljömärkt elmix”. För att beräkna skillnaden i kostnad vid jämförelse av vanligt elavtal med miljömärkt el hämtades information från elleverantören kraftringen. Merkostnaden för miljömärkt el är 4,91 öre per kWh (Kraftringen, u.å.).

4.1.3 Indikator 7

För indikator 7: Vattenanvändning har brukarindata över årlig varmvattenanvändning hämtats från Sveby (Sveby, 2013). Sveby schabloniserar varmvattenanvändning för kontorslokaler som $60 \text{ l/m}^2 A_{\text{temp}}$, år. Vidare har information om fördelning mellan varm- och kallvatten hämtats från Boverket. Varmvattenanvändningen står för 35% av den totala vattenanvändningen (BFS 2016:12). Schabloniserade klimatdata för indikator 7 har hämtats från NollCO₂s redovisningsverktyg med värdet 0,04363 kg CO₂e/m³ (Sweden Green Building Council, 2021b).

4.2 Data klimatåtgärder

Byggnadens förväntas tas i bruk år 2025 och ska nå netto-noll senast år 2045, vilket ger en beräkningsperiod på 20 år då klimatåtgärder kan användas (Marve, 2021a).

Data för att utvärdera fallstudieobjektets olika alternativ gällande klimatåtgärder har hämtats från ett antal olika källor. Tabell 7 presenterar en översikt över de datakällor som använts för de olika klimatåtgärderna.

Tabell 7. Översikt över de datakällor som använts för att utvärdera projektets potentiella klimatåtgärder.

Klimatåtgärd	Typ av data	Datakälla
Förnybar elproduktion	Data för solcellsinstallation.	Kadesjös förstudie - Energibalansberäkning Arninge (Tähhäpää, 2021)
Förnybar elproduktion	Data för vindkraftsinstallation.	Energiföretagen. ²
Förnybar elproduktion	Kostnad solcellsinstallation	Prisbilder och faktisk kostnad av solcellspark. ³
Förnybar elproduktion	Kostnad vindkraftsinstallation	Energimyndigheten Energimyndigheten (2017)
Förnybar elproduktion, Energieffektivisering	Klimatvärden.	NollCO ₂ -ramverk (Sweden Green Building Council, u.å.)
Förnybar elproduktion, Energieffektivisering	Klimatpåverkan på årsbasis som ska kompenseras med klimatåtgärder.	Egna beräkningar för klimatpåverkan.
Energieffektivisering	Energibesparingar och installationssystem i Växjö.	P2 Energi förstudie - Energieffektivisering Växjö (Andersson, 2020)
Energieffektivisering	Energianvändning fastighet Växjö, krav för nybyggnad.	Energideklaration Växjö (Lindahl, 2022)
Energieffektivisering	Kostnader Växjö	Beslutsunderlag Växjö (ICA Fastigheter, u.å.)
Energieffektivisering	Installationssystem Kungälv.	P2 Energi förstudie - Energieffektivisering Kungälv (Johnsson, 2019)
Energieffektivisering	Energianvändning fastighet Kungälv, krav för nybyggnad.	Energideklaration Kungälv (Moilanen, 2021)
Energieffektivisering	Energibesparingar Kungälv.	Projektöversikt Kungälv (P2 Energi, 2020a)
Energieffektivisering	Kostnader Kungälv	Beslutsunderlag Kungälv (ICA Fastigheter, 2021b)
Energieffektivisering	Installationssystem Olofström.	P2 Energi förstudie - Energieffektivisering Olofström (P2 Energi, 2020b)
Energieffektivisering	Energianvändning fastighet Olofström, krav för nybyggnad.	Energideklaration Olofström (Lindahl, 2021)
Energieffektivisering	Energibesparingar och kostnader Olofström.	Beslutsunderlag Olofström (ICA Fastigheter, 2021c)

² Andersson, Lars; Vindkraft, solenergi och energilager/vätgas Energiföretagen Sverige (2022). E-mail 16 mars.

³ Bäckström, Elisabeth; Projektleddare ICA Fastigheter AB (2022). E-mail 26 april.

Den översikt av datakällor som presenteras i tabell 7 beskrivs mer utförligt i följande avsnitt. Avsnitten går igenom vilka värden som använts och det görs även en genomgång av de antaganden som gjorts kring datapunkter.

4.2.1 Förnybar elproduktion

För att utvärdera storleken av solcellsinstallation som krävs för att kompensera projektets totala klimatpåverkan så har data över panelarea, effekt och årlig elproduktion per installerad effekt från tabell 5 använts.

Kostnaden för en solcellsinstallation har beräknats baserat på solcellsinstallationens storlek samt genom data hämtad från uppskattade kostnader över olika tilltänka solcellsparker. Tre olika prisbilder visas i tabell 8.

Tabell 8. Prisbild och förväntad elproduktion över solparksinstallation.⁴

Prisbild	Förväntad årlig elproduktion [MWh]	Kostnad [kr]
Prisbild 1	9 738	55 800
Prisbild 2	13 000	200 000
Prisbild 3	4 000	30 000

Utvärdering har även gjorts med hjälp av data över elproduktion genererat av vindkraft. Genomsnittlig effekt och årlig elproduktion per vindkraftverk i Sverige har mottagits via mejlkonversation med vindkraftsansvariga på Energiföretagen.⁵ För genomsnittlig effekt per vindkraftverk har 6 MW använts och för genomsnittlig årlig elproduktion har 20 000 MWh använts. Kostnaden för vindkraft har uppskattats som ett spann med ett billigare och ett dyrare pris.

NollCO₂-ramverket beskriver hur klimatvärdet beräknas utefter vilken typ av förnybar energikälla som installeras (Sweden Green Building Council, u.å.). Klimatvärdet för förnybar elinstallation utgår från hur många MWh kolkraft som undvikits genom att tillföra motsvarande mängd förnybar energi till elnätet. Utsläppsfaktorn för kolkraft har i NollCO₂-ramverket beräknats till 820 kg CO₂e/MWh. Klimatvärdet beräknas därför som

$$\text{Klimatvärde}_{\text{energislåg}} = 820 - \text{CO}_2\text{-intensitet}_{\text{energislåg}}, \quad (3)$$

där CO₂e-intensitet_{energislåg} är det livscykelbaserade CO₂e värdet som en förnybar energikälla ger upphov till (Sweden Green Building Council, u.å.).

⁴ Bäckström, Elisabeth; Projektledare ICA Fastigheter AB (2022). E-mail 26 april.

⁵ Andersson, Lars; Vindkraft, solenergi och energilager/vätgas Energiföretagen Sverige (2022). E-mail 16 mars.

För solkraft ger NollCO₂-ramverket CO₂e-intensitet_{sol} = 41 gCO₂e/kWh, vilket ger ett klimatvärde på 776 gCO₂e/kWh enligt ekvation (3) (Sweden Green Building Council, u.å.).

För vindkraft ger NollCO₂-ramverket CO₂e-intensitet_{vind} = 12 gCO₂e/kWh, vilket ger ett klimatvärde på 808 gCO₂e/kWh enligt ekvation (3) (Sweden Green Building Council, u.å.).

4.2.2 Energieffektivisering i befintligt bestånd

För att beräkna klimatvärdet av de tre energieffektiviseringsprojekten Växjö, Kungälv och Olofström har data över energianvändning, energibesparingar, uteluftsflödet och A_{temp} inhämtats från förstudier, beslutsunderlag, projektbeskrivningar och energideklarationer. Tabell 9 ger en överblick över vilka värden för F_{geo} , A_{temp} och uteluftsflöde som använts samt vilka kravvärden som projekten behövt förhålla sig till.

Tabell 9. Parametrar och kravvärden som energieffektiviseringsprojekten Växjö, Kungälv och Olofström förhållit sig till (Lindahl, 2022; Moilanen, 2021; Lindahl, 2021; BFS 2016:12).

	Växjö	Kungälv	Olofström
A_{temp} [m ²]	13 293	9 166	8 358
F_{geo}	1	0,9	0,9
Uteluftsflöde [l/s, m ²]	1	0,35	1,3
Nuvarande EP_{pet} -värde [kWh/m ² A_{temp} , år]	71	79	168
EP_{pet} -krav för ny byggnad, Energiklass C [kWh/m ² A_{temp} , år]	<96	<70	<96
EP_{pet} -krav för Energiklass B [kWh/m ² A_{temp} , år]	<72	<52,5	<72

Då utformningen av tillgängliga data har varierat för respektive energieffektiviseringsprojekt så har olika dataanalyser, tolkningar och antaganden gjorts för att komma fram till resultat och slutsats. Följande antaganden är gemensamma för alla energieffektiviseringsprojekt:

- Energibesparingar har antagits sänka byggnadernas användning av fastighetsenergi och ej verksamhetsenergi. Antagandet har gjorts med stöd av de installationssystem som presenteras i projektens respektive förstudier, samt utifrån besparingarnas andel i förhållande till byggnadernas totala energianvändning, verksamhetsenergi + fastighetsenergi (Andersson, 2020; Johnsson, 2019; P2 Energi, 2020b).
- Energibesparingarna som presenteras har förväntats uppnås efter projektens genomförande. Antagandet har baserats på tidigare energieffektiviseringsprojekt som genomförts i ICA Fastigheters bestånd.

Projekten presenteras vidare var och en för sig gällande datapunkter och projektspecifika antaganden.

Projektet Växjö

Den senaste energideklarationen för Växjö är från år 2022 och visar energiklass B för byggnaden. Ett nytt primärenergital har därför inte räknats ut eftersom projektet kan tillgodoräknas i NollCO₂. Energideklarationen genomfördes under tiden som energieffektiviseringsprojektet pågick (Lindahl, 2022). De energibesparingar som presenterats i den förstudie som genomfördes för energieffektiviseringsprojektet Växjö framgår därför inte i sin helhet i energideklarationen. Detta har lett till att följande antagande behövs göras;

- Beräkning av projektets klimatvärde har utgått från de energibesparingar som redovisats i förstudien.

Energibesparingarna som redovisats är 584 MWh, år i elenergianvändning och 636 MWh, år i fjärrvärmeanvändning (Andersson, 2020).

Projektet Kungälv

Den senaste energideklarationen för Kungälv är från 2021 och genomfördes innan energieffektiviseringsprojektet påbörjades. Energideklarationen visar energiklass D och energieffektiviseringsprojektet har därför utvärderats för att avgöra om det kan tillgodoräknas som kompensation i NollCO₂. Nuvarande energianvändning för byggnaden har hämtats i sin helhet från energideklarationen och kan ses i tabell 10 fördelat på de olika energiposterna uppvärmning, tappvarmvatten, kyla och fastighetsel (Moilanen, 2021).

Energieffektiviseringsprojektet ska genomföras i samband med en tillbyggnation och projektet ämnar resultera i att denna tillbyggnation försörjs med värme och kyla från den äldre, befintliga delen. Samtidigt planeras ett utbyte av flera aggregat för luftkonditionering i den äldre fastighetsdelen samt en installation av en ny återvinningsmodul för, och en ny installation för styrning av, värmeåtervinning. Även tappvarmvattensproduktionen och varmvattenssystemet ska byggas om och en ny fjärrvärmecentral ska installeras. Energibesparingar fördelat på fjärrvärme respektive elenergi har hämtats från projektets projektöversikt och visas som "summa" i tabell 10 (P2 Energi, 2020a). Det är endast besparingar för respektive energibärare som erhållits från projektöversikten. Besparingens fördelning mellan respektive energipost framkommer inte och har därför antagits. Två olika fördelningsalternativ har utvärderats, vilka framkommer ur tabell 10.

Tabell 10. Fördelning per energipost av byggnadens årliga energianvändning från energideklaration samt energibesparingar i två fördelningsalternativ.

Kungälv	Energideklaration		Energibesparingar		Energibesparingar	
			Fördelning 1		Fördelning 2	
	El	FJV	El	FJV	El	FJV
Uppvärmning [kWh]	57 648	134 070	0	109 070	57 648	109 070
Tappvarmvatten [kWh]	0	18 332	-	0	-	0
Kyla [kWh]	34 831	0	0	-	0	-
Fastighetsel [kWh]	216 827	0	200 000	-	142 352	-
Summa [kWh]	309 306	152 402	200 000	109 070	200 000	109 070

Fastställandet av hur energibesparingarna för el och fjärrvärme fördelar sig över respektive energipost i tabell 10 har baserats på följande antaganden;

- Installerad värmeåtervinning har antagits sänka fjärrvärmebehovet för uppvärmning ner till 25 MWh, år i enlighet med den förstudie som gjorts för projektet (Johnsson, 2019). Förstudien poängterar även att denna siffra kan komma att hamna under 20 MWh, år vid effektiv värmeåtervinning (Johnsson, 2019).
- Energipost tappvarmvatten har antagits oförändrad efter genomfört energieffektiviseringsprojekt. Antagandet har gjorts med stöd av den nuvarande energideklarationen, samt brukarindata från Sveby där energi för tappvarmvatten står för $2 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$, år (Moilanen, 2021; Sveby, 2013).
- Energipost för kyla har antagits vara konstant då det för uträkning av byggnadens EP_{pet} -värde inte har någon betydelse om besparingen sker på energipost fastighetsel eller el för komfortkyla, se ekvation (2).

Projektet Olofström

Den senaste energideklarationen för Olofström är från 2021 och genomfördes innan energieffektiviseringsprojektet påbörjades. Energideklarationen visar energiklass E och energieffektiviseringsprojektet har därför utvärderats för att avgöra om det kan tillgodoräknas som kompensation i NollCO₂. Nuvarande energianvändning för byggnaden har hämtats i sin helhet från energideklarationen och kan ses i tabell 11 fördelat på de olika energiposterna uppvärmning, tappvarmvatten, kyla och fastighetsel (Lindahl, 2021).

Energieffektiviseringsprojektet planerar att installera en ny kylmaskin och omlokalisera både livsmedelskylan och fläktrummet vilket innebär att ventilationen även uppdateras. Energibesparingar har hämtats från projektets beslutsunderlag och visas som "summa" i tabell 11 (ICA Fastigheter, 2021c). Det är endast den totala elenergibesparingen som erhållits från beslutsunderlaget. Besparingens fördelning över respektive energipost

framkommer inte och har därför behövt antas. Två olika fördelningsalternativ har utvärderats, vilka framkommer i tabell 11.

Tabell 11. Fördelning per energipost av byggnadens årliga energianvändning från energideklaration samt energibesparingar.

Olofström	Energideklaration		Energibesparingar Fördelning 1		Energibesparingar Fördelning 2	
	El	FJV	El	FJV	El	FJV
Uppvärmning [kWh]	344 030	0	92 145	-	344 030	-
Tappvarmvatten [kWh]	16 700	0	-	-	-	-
Kyla [kWh]	49 940	0	-	-	-	-
Fastighetsel [kWh]	253 070	0	253 070	-	1 185	-
Summa [kWh]	663 740	0	345 215	-	345 215	-

Fastställandet av hur energibesparingarna fördelar sig på respektive energipost i tabell 11 har baserats på följande antaganden;

- Köpt energi till byggnaden levereras uteslutande av elenergi baserat på energideklarationen (Lindahl, 2021). Detta har antagits vara fallet även efter energieffektiviseringsprojektet.
- Elenergi för tappvarmvatten har antagits fortsatt vara konstant i enlighet med jämförelse av tidigare energideklaration. Inga besparingar har gjorts för denna energipost med stöd av brukarindata från Sveby där energi för tappvarmvatten står för $2 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$, år (Lindahl, 2021; Sveby, 2013).
- Elenergi för komfortkyla har antagits vara oförändrad då det för uträkning av byggnadens EP_{pet} -värde inte spelar någon roll om besparingen sker på energipost fastighetsel eller el för komfortkyla, se ekvation (2).

Klimatvärde

Indata för beräkning av klimatvärdet av samtliga energieffektiviseringsprojekt har hämtats från NollCO₂-ramverk (Sweden Green Building Council, u.å.). Tabell 12 ger en överblick av den indata som använts.

Tabell 12. Parametrar för beräkning av energieffektiviseringsprojektens klimatvärde.

Parametrar klimatvärde	kg CO ₂ e/MWh
$Ref_{\text{fjärrvärme}}$	60
Ref_{el}	820
$LCE_{\text{energieffektivisering}}$	100

$Ref_{fj\ddot{a}rrv\ddot{a}rme}$ beror på fjärrvärmens ursprung och har i tabell 12 hämtats från SGBC:s generiska klimatdata (Sweden Green Building Council, u.å.). Ref_{el} i tabell 12 är den utsläppsfaktor som produktion av elenergi ger upphov till. $LCE_{energieffektivisering}$ är den klimatpåverkan som effektiviseringsåtgärden gett upphov och är i tabell 12 satt efter EU taxonomins gränsvärde per effektiviseringsåtgärd (Sweden Green Building Council, u.å.).

Kostnad

En kostnadskalkyl för varje enskilt energieffektiviseringsprojekt har genomförts i samband med projekteringen av projektet. Uppskattad kostnaden för respektive energieffektiviseringsprojekt visas i tabell 13 och har hämtats från respektive projekts beslutsunderlag.

Tabell 13. Uppskattad kostnad över energieffektiviseringsprojekt.

Projekt	ICA Fastigheters kostnad [SEK]
Växjö	7 630 000
Kungälv	5 480 000
Olofström	5 110 000

5. Metod

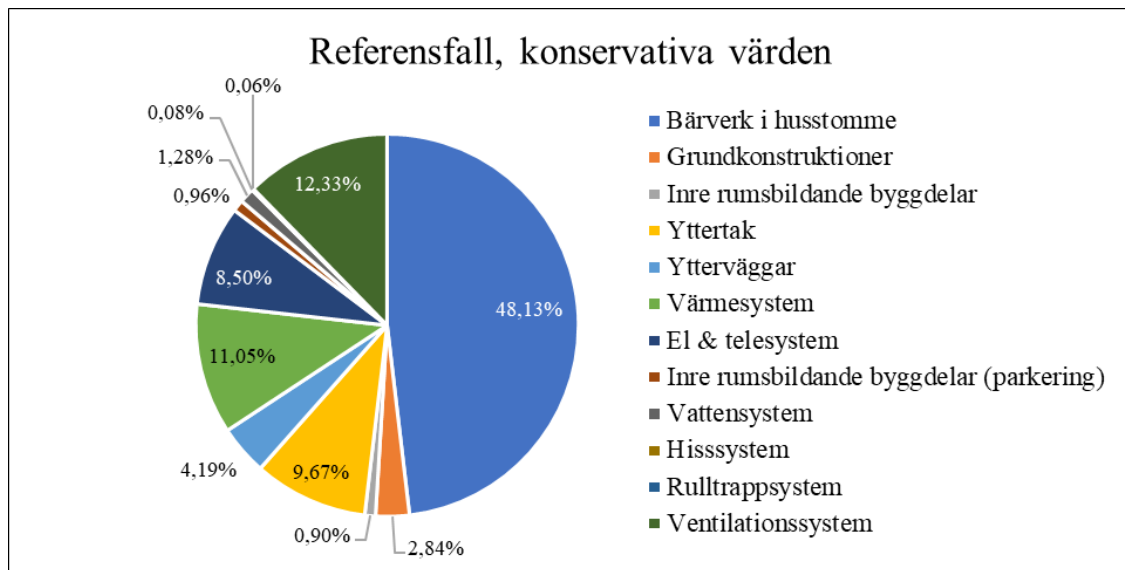
Klimatpåverkan från Arninges produktions- och användningsskede har beräknats med avseende på flertalet fall och ett antal känslighetsanalyser har därför genomförts. Följande avsnitt beskriver först hur klimatpåverkansberäkningarna genomförts. Vidare presenteras hur möjliga klimatåtgärder för att nå netto-noll har beräknats baserat på resultatet från klimatpåverkansberäkningarna. Både klimatpåverkan och klimatåtgärder har undersökts kvantitativt och beräkningar har genomförts uteslutande genom verktyget Microsoft Excel.

5.1 Klimatpåverkan

Beräkning av klimatpåverkan för projektet Arninge har gjorts för indikatorer 3, 4, 6 och 7. Eftersom det är en ny byggnad som ska certifieras så beräknas i detta skede inga värden för indikator 5. Dessa värden rapporteras in till SGBC löpande under byggnadens livscykel beroende på vilka reparationer, underhållsåtgärder, renoveringar och ersättningar som behövs. Åtta olika alternativ har tagits fram för indikator 3 med variationer i val av byggmaterial och beräkning med konservativa och icke-konservativa värden. Fyra olika fall har beräknats för indikator 6 och 7 beroende på om den egenproducerade solelen säljs till nätet eller nyttjas i den egna fastigheten, samt vilken energimix som används. I detta examensarbete har både konservativa och icke-konservativa värden använts vid genomförda livscykelanalyser för att få ett spann över möjlig klimatpåverkan från byggnaden.

5.1.1 Känslighetsanalys klimatpåverkan indikatorer 3 och 4

För att få en låg klimatpåverkan från livscykelkedan A1-A3 rekommenderar IVL svenska miljöinstitutet att fokus under projektering bör ligga på de mest klimatbelastande delarna (Green, 2021). Utifrån den tidigare LCA-analysen genomförd av Ramboll, hädanefter benämnt referensfallet, identifierades de mest klimatbelastande delarna i byggnationen av Arninge, se figur 6. För de byggnadsdelarna med störst klimatpåverkan utvärderades möjligheter för att minska deras klimatpåverkan.



Figur 6. Fördelning av klimatpåverkan för bygghadsdelar från referensfallet av projektet Arninge.

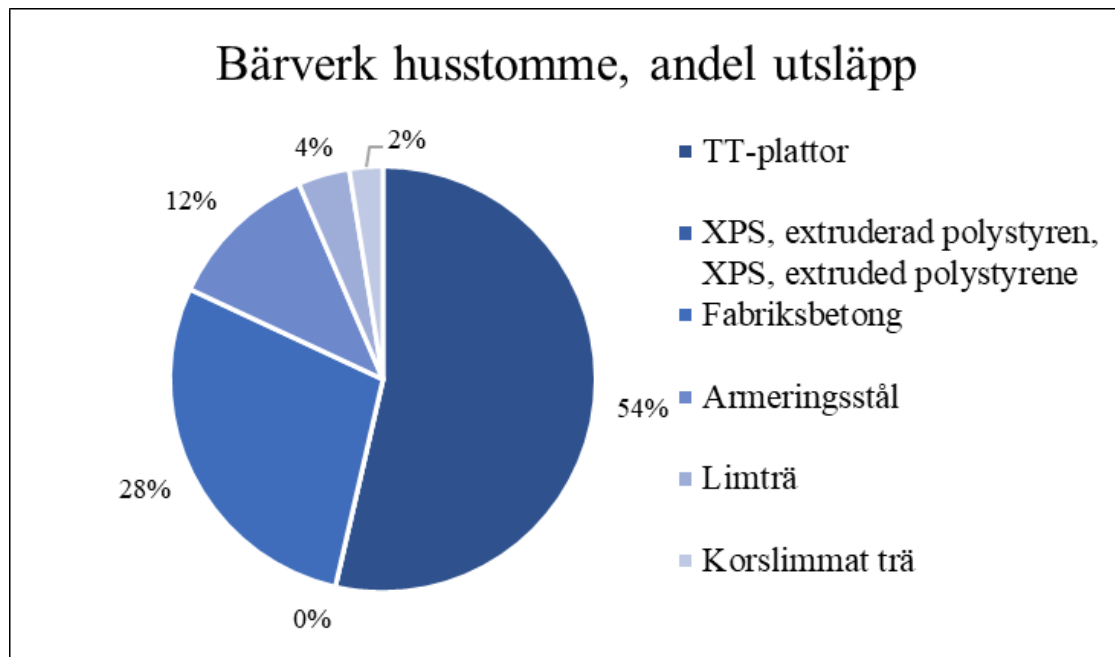
Från figur 6 observerades att miljöpåverkan är störst för följande kategorier:

- Bärverk i husstomme
- Ventilationssystem
- Värmesystem
- El- och telesystem
- Yttertak

Klimatpåverkan från ventilationssystem, värmesystem och el- och telesystem har baserats på schabloniserade värden från referensfallet. Eftersom installationssystem kan se väldigt olika ut beroende på leverantörs- och EPD-information så har det inte genomförts någon känslighetsanalys av installationssystem. Eventuella möjligheter att minska installationssystemens klimatpåverkan har således inte utvärderats i detta examensarbete.

Bärverk i husstomme

Vid val av stomme går det inte att endast titta på stommens miljöpåverkan, stommen måste ha en viss bärförmåga och rymmas inom projektets ekonomiska ramar. Enligt Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond, SBUF, bör det göras en värdering över stomvalets långsiktiga konsekvenser och en funktionell utvärdering för att välja rätt bärverk (SBUF, u.å.). Att göra en funktionell utvärdering av olika möjliga stommar rymms inte i detta examensarbete. Därför har endast en stomme lik referensfallet undersökts. Fördelningen mellan olika byggmaterial i projektet Arninges bärverk presenteras i figur 7.

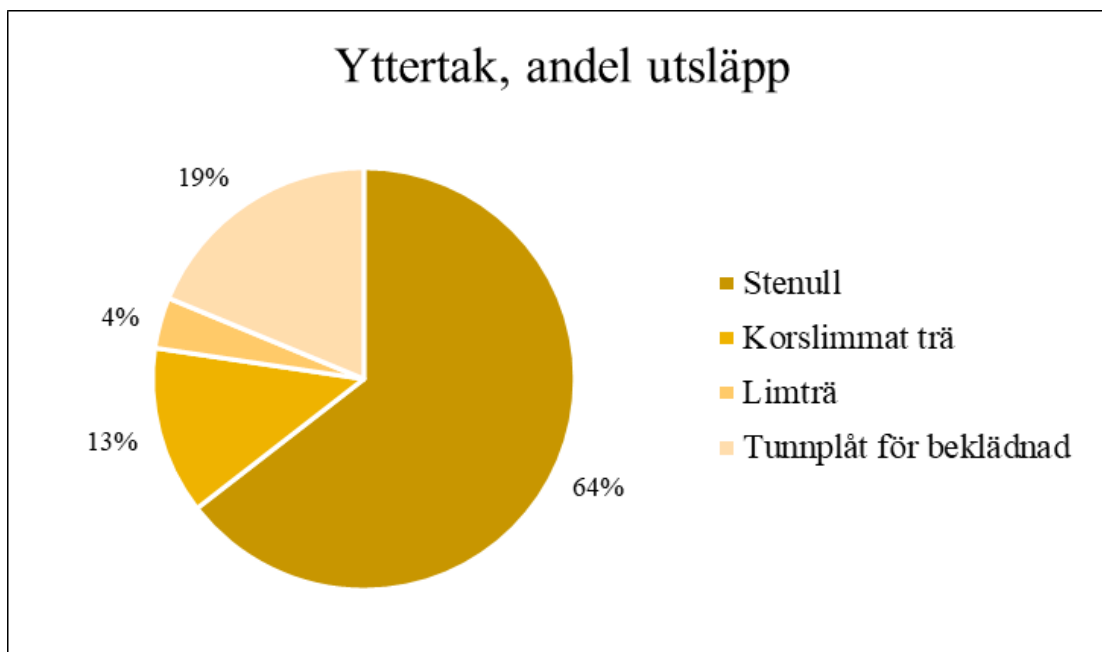


Figur 7. Fördelning av klimatpåverkan för byggmaterial i bärverk från referensfallet av projektet Arninge.

Material av betong i referensfallets bärverk består av fabriksbetong och TT-plattor, vilka enligt figur 7 står för 82% av stommens klimatpåverkan. Dessa material har i en känslighetsanalys bytts ut till en “klimatförbättrad” motsvarighet hämtad från boverkets klimatdatabas för att minska stommens totala klimatpåverkan. Till exempel har “Fabriksbetong, husbyggnad C30/37” bytts ut till “Fabriksbetong, husbyggnad klimatförbättrad C30/37” (Boverket, u.å.). Utöver betongelement så består stommen av limträ, korslimmat trä, isolering och armeringsstål. Då dessa material har jämförelsevis låg klimatpåverkan och saknar motsvarande klimatförbättrade alternativ så har dessa inte bytts ut i stommen. Kostnaden för alternativen i känslighetsanalysen har beräknats. Ett pessimistiskt värde, med ett högt pris för betong och ett optimistiskt värde med ett lägre pris har beräknats. Priset, angivet i kr per mängd material, multiplicerades med mängden material för att ge den totala uppskattade kostnaden. Priset på grön betong är 2–3% dyrare än vanlig betong. Kostnaden för grön betong beräknades genom att multiplicera den uträknade kostnaden för vanlig betong med procentsatsen (Svensson m.fl. 2021).

Yttertak

Känslighetsanalys av yttertaket genomfördes genom att undersöka materialen som yttertaket består av. Detta gjordes för att utvärdera möjligheter till att välja andra material med minde klimatpåverkan. Yttertaket består i referensfallet av stenull, korslimmat trä, limträ och tunnplåt. Fördelningen av material visas i figur 8.



Figur 8. Fördelning av klimatpåverkan för materialelement i yttertak från referensfallet av projektet Arninge.

Korslimmat trä och limträ är, liksom i stommen, material med låg klimatpåverkan som i den genomförda känslighetsanalysen inte har bytts ut. Tunnbräda har en betydande klimatpåverkan, 19% i figur 8, men eftersom materialet har specifika egenskaper har det varit svårt att hitta relevanta alternativ att nyttja i känslighetsanalysen. Isolering, stenull, står för den största andelen klimatpåverkan i yttertaket, motsvarande 64% i figur 8. Stenull har därför bytts ut till andra isoleringsmaterial med motsvarande funktion. Både isoleringsmaterialen glasull och cellulosa har utvärderats som alternativ i byggnadsdelen. Dessa material har valts eftersom de fyller samma funktion som stenullen, är väl etablerade på marknaden och har lägre klimatpåverkan än stenull. Kostnaderna för de olika isoleringsmaterial har bestämts genom att multiplicera kostnaden för materialet med mängden material.

Byte av material i byggnadsdelar för indikator 3 resulterade i åtta olika alternativ, inklusive referensfallet. Alternativen bildar på så vis ett spann som visar på möjligheter till minskad klimatpåverkan från byggnadsdelar. För att kunna skilja på de olika alternativen har de tilldelats förkortningar som presenteras i tabell 14.

Tabell 14. Förkortningar för de åtta olika alternativen för indikator 3 som jämförts.

Alternativ	Förkortning
Referensfall, Konservativa	RK
Referensfall, Icke-konservativa	RIK
Grön betong, Konservativa	GBK
Grön betong, Icke-konservativa	GBIK
Yttertak glasull, Konservativa	YGK
Yttertak glasull, icke-konservativa	YGIK
Yttertak cellulosa, Konservativa	YCK
Yttertak cellulosa, icke-konservativa	YCIK

För att fastställa klimatpåverkan för indikator 4 användes det av NollCO₂ satta gränsvärdet, vilket multiplicerades med byggnadens BTA. Det gjordes för att beräkna det maximala värdet för klimatpåverkan från transporter och byggprocesser som projektet måste hamna under. Klimatpåverkansvärdet för indikator 4 användes för samtliga alternativ i sammanslagningen med känslighetsanalysen för indikator 3.

5.1.2 Klimatpåverkan indikatorer 6 och 7

Indata för indikator 6 har i detta examensarbete baserats på den energibalansberäkning från förstudien som genomförts av konsultfirman Kadesjö (Tähtäpää, 2021).

Beräkningarna i Kadesjös förstudie har följts upp och granskats för att skapa en förståelse för de indata, schablonvärden, antaganden och krav som ingår i beräkningen. Uppföljningen har gjorts genom att jämföra beräkningar och antaganden med krav och parametrar i BBR (BFS 2011:6). Detta då det initialt varit svårt att tolka fördelningen av de ingående energiposterna.

Indata för solceller har använts för att beräkna den potentiella minskningen i inköpt energi för en solcellsinstallation på taket. Två beräkningar för E_{bea} enligt ekvation (1) har därför gjorts för att visa på skillnader beroende på om solen nyttjas i den egna byggnaden, SN, eller säljs till nätet, SS.

Klimatpåverkan för indikator 6 påverkas dels av huruvida den egenproducerade solenergin säljs till elnätet eller nyttjas av fastigheten, dels av vilken klimatpåverkan den köpta energin har. Den köpta energins klimatpåverkan beror av energimix och därför har både generisk svensk elmix, SV, och förnybar miljömärkt elmix, MM, analyserats. I fallet där SV nyttjas har CO₂e-intensiteten för svensk elmix multiplicerats med E_{bea} för SN och SS vilket genererat två klimatpåverkansvärden för indikator 6.

Ytterligare två klimatpåverkansvärden för indikator 6 har erhållits då MM använts istället.

CO₂e-intensiteten för MM har beräknats utifrån de datapunkter som presenteras i tabell 6. Respektive energikällas individuella klimatdata har multiplicerats med dess andel i den miljömärka elmixen. De genererade värdena har sedan summerats vilket resulterat i en CO₂e-intensitet för MM på 10,7 kgCO₂e/MWh. På samma sätt som för fallet med SV multiplicerades CO₂e-intensiteten för miljömärkt elmix med E_{bea} för SN och SS.

SN och SS har även använts för att beräkna byggnadens primärenergital, EP_{pet} , enligt ekvation (2) för att få fram byggnadens energiprestanda i de två olika fallen. Detta för att säkerställa att NollCO₂-kravet om minst energiklass B uppfylls.

Vattenanvändningen i indikator 7 har baserats på de schabloniserade värdena hämtade från Sveby och BBR och har beräknats som

$$Vattenförbrukning = \frac{60 \times A_{temp}}{0,35}. \quad (4)$$

Resultatet av ekvation (4) blir den vattenanvändning som byggnaden förväntas förbruka (Sveby, 2013; BFS 2016:12). Vattenförbrukningen har multiplicerats med den klimatdata som hämtats ur NollCO₂s redovisningsverktyg för att få fram klimatpåverkan för indikator 7.

5.1.3 Underlag för klimatåtgärder

Klimatpåverkan från byggnaden består av klimatpåverkan från hela byggnadens livscykel. Eftersom NollCO₂-certifieringen inte inkluderar livscykelskede D och eftersom skede C kan antas vara noll är det endast klimatpåverkan från livscykelskede A och B som utvärderats. Enligt NollCO₂-certifieringen ska klimatpåverkan från B kompenseras med klimatåtgärder på årlig basis samtidigt som klimatpåverkan från A ska kompenseras ner till noll senast 2045. Efter det att klimatpåverkan beräknats för indikatorer 3, 4, 6 och 7 har därför en sammanslagning av indikatorernas klimatpåverkan gjorts.

Den klimatpåverkan genererad vid indikatorer 3 och 4 har summerats för var och en av de åtta olika alternativ som tagits fram. Resultatet blir åtta olika klimatpåverkansvärden från Arninges produktionsskede, som varierar beroende av materialval. Då klimatpåverkan ska åtgärdas senast 2045 i enlighet med SGBC:s NollCO₂-certifiering så har klimatpåverkansvärdena delats med beräkningsperioden på 20 år. Detta har resulterat i indikatorernas klimatpåverkan på årsbasis. Klimatpåverkan för indikatorer 3 och 4 på årsbasis har sedan adderats med klimatpåverkan för indikatorer 6 och 7. Detta genererade en total klimatpåverkan för varje år under beräkningsperioden 2025–2045. Denna beräkning har gjorts för att ta reda på hur mycket av byggnadens klimatpåverkan som ska kompenseras med klimatåtgärder varje år för att nå netto-noll senast 2045.

5.2 Klimatåtgärder

De tre typer av klimatåtgärder som NollCO₂-certifieringen godkänner kan kombineras eller användas enskilt för att kompensera för byggnadens klimatpåverkan. Hur stora klimatåtgärder som krävs har varierat med resultaten från klimatpåverkansberäkningen. De klimatåtgärdsalternativ som utvärderats är "Förnybar elproduktion" och "Energieffektivisering". Den sista klimatåtgärden, "klimatkompensation", har inte utretts i enlighet med avgränsningarna för detta examensarbete.

5.2.1 Förnybar elproduktion som klimatåtgärd

Förnybar elproduktion är en möjlig klimatåtgärd inom NollCO₂-certifieringen. Genom att utgå ifrån mängden CO₂e som behöver kompenseras på årsbasis från projektet Arninge har det uppskattats hur stor motsvarande mängd MWh förnybar elproduktion som behövs.

Klimatvärdet för sol- och vindkraft har använts för att omvandla klimatpåverkan av indikatorer 3, 4, 6 och 7 från CO₂e till motsvarande mängd i MWh. Den motsvarande mängden i MWh ger vetskapen om hur mycket sol- respektive vindenergi som måste produceras för att nå en årlig netto-noll balans. Med den tillgängliga indata för sol- och vindkraftsinstallationer har det sedan beräknats hur många solpaneler och vindkraftverk som behövs för att kompensera för projektet Arninge.

Kostnaden för att installera tillräcklig förnybar elproduktion för att nå netto-noll balans har uppskattats genom jämförande och utvärdering av prisbilder för tilltänkta solcellsparker. Tre projekterade solcellsparker har jämförts med avseende på storlek, geografisk placering, installerad effekt och årlig elproduktion. Kostnad per MWh har beräknats för de tre olika projekten och medianvärdet har använts för att beräkna kostnaden för en solcellsinstallation stor nog att kompensera för Arninge. Kostnaden för vindkraft har uppskattats genom att multiplicera behovet med ett högt tilltaget pris och ett lågt pris för att få fram ett spann.

5.2.2 Energieffektivisering som klimatåtgärd

Metoden för att utvärdera energieffektiviseringsprojekt i detta examensarbete har bestått av två delar. Dels så har det utvärderats om projekten kan tillgodoräknas inom NollCO₂, dels så har klimatvärdet för varje projekt beräknats. De tre energieffektiviseringsprojekten Växjö, Kungälv och Olofström har utvärderats var och en för sig och sedan i kombination med varandra. Alla tre projekten uppfyller de initiala kriterier som NollCO₂-certifieringen ställer, nämligen att de är byggnader som varit i bruk i minst 5 år och att de är placerade i Sverige.

Uppfyllande av krav

Den senaste energideklarationen för Växjö vittnar om att kravet om energiklass B uppfylls. Det har därför konstaterats att energieffektiviseringsprojektet Växjö kan tillgodoräknas som klimatåtgärd i NollCO₂-certifieringen. För Kungälv och Olofström

har dock energieffektiviseringsprojekten behövt uppnå en bättre energiklass för att projekten ska kunna tillgodoräknas som klimatåtgärder. En ny energiprestanda för Kungälv och Olofström har därför uppskattats i syfte att bestämma vilken energiklass projekten skulle få efter energieffektivisering.

Eftersom de energibesparingar som presenterats för Kungälv och Olofström endast är fördelade efter energikälla och inte efter energipost så har två fördelningsalternativ analyserats. De två olika fördelningarna för respektive energieffektiviseringsprojekt har inneburit att två olika EP_{pet} -värden genererats. Detta avgörs beroende på hur stor andel av energibesparingarna som läggs på uppvärmning respektive annan energipost, då energiposten uppvärmning måste normalårskorrigeras. I Kungälv, fördelning 1, antogs elenergibesparingen göras uteslutande för byggnadens fastighetsel, se tabell 10. I Kungälv, fördelning 2 antogs i stället högst tillåten elenergibesparing tillgå energipost uppvärmning, och kvarvarande tillföll energipost fastighetsel. I Olofström fördelning 1 antogs högst tillåten elenergibesparing tillgå fastighetsel och resterande fördelades till energipost uppvärmning. I Olofström fördelning 2 antogs i stället högst tillåten elenergibesparing tillgå energipost uppvärmning och resterande fördelades som besparing i fastighetsel.

För att bestämma vilken energiklass som Kungälv och Olofström kommer att uppnå efter det att energieffektiviseringsprojekten har genomförts så har de nuvarande energideklarationerna studerats. Eftersom det endast är energibesparingarnas storlek som presenterats för de två energieffektiviseringsprojekten har det antagits att besparingarna inte är normalårskorrigerade. Energibesparingarnas fördelning 1 och 2, se tabell 10 och 11, har därför subtraherats från respektive energipost i energideklarationen för de icke normalårskorrigerade värdena, se kolumn "energideklaration" i tabell 10 och 11. Detta har i slutändan lett fram till att ett nytt EP_{pet} -värde kunnat beräknas efter genomfört energieffektiviseringsprojekt.

För att resultatet ska spegla verkliga förhållanden har dock de normalårskorrigerade energiposterna tagits hänsyn till. För Kungälv och Olofström har posterna för uppvärmning beaktats som väderberoende och har därför normalårskorrigerats även efter genomfört energieffektiviseringsprojekt. Normalårskorrigeringen, N , har baserats på nuvarande energideklaration och resulterat i en procentsats, $N\%$. Följande beräkning har genomförts för både Kungälv och Olofström för att få fram den normalårskorrigerade procentsatsen

$$N\% = \frac{E_{bea,N} - E_{tvv} - E_f - E_{kyla}}{E_{uppv,IN}} \quad (5)$$

$E_{bea,N}$ är byggnadens normalårskorrigerade energianvändning och har hämtats från Kungälv och Olofströms respektive energideklaration. $E_{bea,N}$ beräknas enligt ekvation (1), men tar hänsyn till de väderberoende energiposterna, i detta fall posten för uppvärmning, och är normalårskorrigerade. E_{tvv} , E_f och E_{kyla} har subtraherats för att få fram det normalårskorrigerade värdet för energiposten uppvärmning. Division med det icke-normalårskorrigerade uppvärmningsvärdet, $E_{uppv,IN}$, ger $N\%$ som visas i ekvation

(5). Samtliga värden har hämtats från Kungälv och Olofströms befintliga energideklarationer.

Den icke-normalårskorrigerade posten för uppvärmning efter genomfört energieffektiviseringsprojekt har sedan multiplicerats med $N\%$, varpå ett nytt EP_{pet} -värde kunnat beräknas enligt ekvation (2). Resultatet från beräkningarna av Kungälv och Olofströms nya EP_{pet} -värden har använts för att fastställa om projekten kan tillgodoräknas som klimatåtgärd enligt NollCO₂-kraven.

Möjlig tillgodoräkning

Om energieffektiviseringsprojektet uppfyller kraven för NollCO₂ kan den minskning i energianvändning som projektet ger upphov till tillgodoräknas som klimatåtgärd. Den andra delen i utvärdering av energieffektiviseringsprojekten Växjö, Kungälv och Olofström har därför bestått av att beräkna deras respektive klimatvärde. Klimatvärdet av den energibesparing som görs beror på vilken energibärare som får en minskad användning. I de tre energieffektiviseringsprojekt som utvärderats är det för energibärarna fjärrvärme och el som det sker en minskad användning.

I enlighet med NollCO₂-manualen beräknas det klimatvärde som varje energieffektiviseringsprojekt medför som

$$\text{Klimatvärde}_{\text{energibärare}} = \text{Ref}_{\text{energibärare}} - \text{LCE}_{\text{energieffektivisering}}, \quad (6)$$

vilket gett ett årligt klimatvärde med enhet kgCO₂e/MWh (Sweden Green Building Council, 2020).

Klimatvärdet som genereras för el som energibärare baseras på utebliven produktion av el. Eftersom energieffektiviseringsprojekten redovisar data över besparing i elanvändning har det funnits ett behov att räkna om det till motsvarande mängd producerad elenergi. På grund av förluster i elnätet har således den produktion av el som undvikits som följd av minskad elanvändning räknats ut som

$$El_{\text{prod}} = \frac{El_{\text{anv}}}{(1-F)},$$

där El_{prod} är den producerade elenergin, El_{anv} är besparing av använd elenergi i byggnaden och F är förlustfaktorn i elnätet. I Sverige år 2020 var förlustfaktorn i elnätet 7% (SCB, 2021).

Klimatvärdet för el och fjärrvärme har sedan multiplicerats med de besparingar i MWh som gjorts för respektive energibärare. Om både el- och fjärrvärmeanvändningen minskat i energieffektiviseringsprojektet har klimatvärdet för respektive energibärare beräknats och sedan adderats. Detta har genomförts för respektive energieffektiviseringsprojekt var för sig. Det har slutligen resulterat i den mängd kg CO₂e-utsläpp som undvikits per år, vilket kan tillgodoräknas som klimatåtgärd i NollCO₂-projektet.

6. Resultat

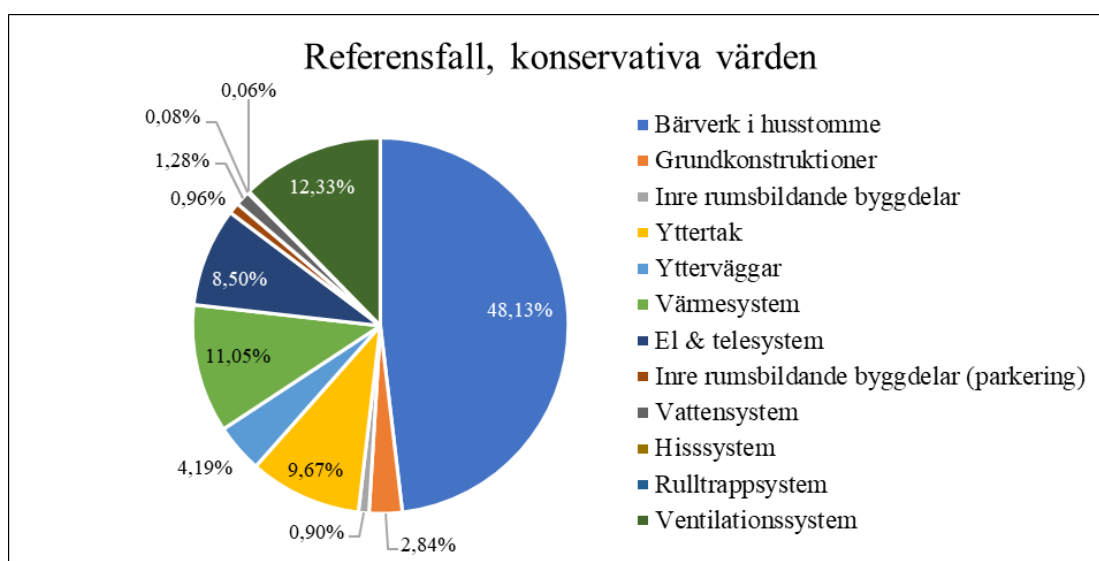
Detta avsnitt presenterar och förklarar de resultat som följt av undersökningen av den studerade fallstudiebyggnaden inom ramarna för NollCO₂-certifiering. Först presenteras resultatet av beräkningen av byggnadens klimatpåverkan för indikatorer 3, 4, 6 och 7, samt huruvida indikatorkraven för respektive indikator uppfylls. Vidare presenteras en sammanslagning av indikatorerna, vilket ligger till grund till resultatet gällande klimatåtgärderna. Resultatet av klimatåtgärderna presenteras var och en för sig. För förnybar elproduktion presenteras hur stor sol- respektive vindkraftsinstallation som skulle krävas för att kompensera för Arninges klimatpåverkan. För klimatåtgärden energieffektivisering i befintligt bestånd presenteras resultatet av de tre studerade energieffektiviseringsprojekten separat och i kombination med varandra. Detta görs för att utvärdera dess potential att fungera som klimatåtgärd i projektet Arninge.

6.1 Klimatpåverkan och indikatorkrav

Klimatpåverkan och indikatorkrav från Arninges produktions- och användningsskede redogörs för i enlighet med respektive av de studerade indikatorerna i NollCO₂-certifieringen. Resultat kopplat till indikator 3 och 4 presenteras först och sedan presenteras resultat över indikator 6 och 7. Delkapitlet avslutas med att resultat över indikator 3, 4, 6 och 7 presenteras.

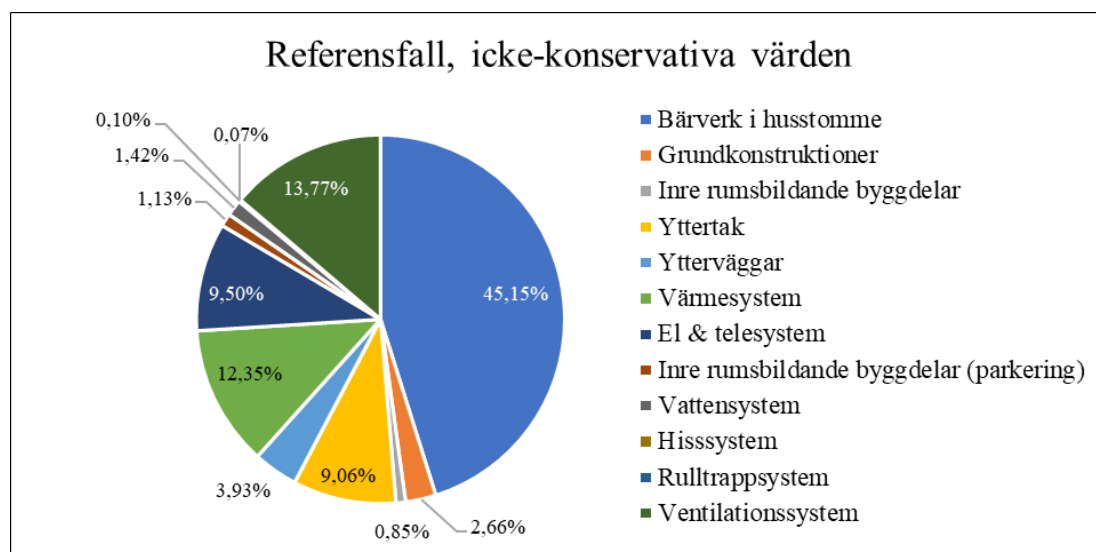
6.1.1 Indikatorer 3 och 4

Figur 9 presenterar klimatpåverkan från referensfallet, och är alltså det som följande känslighetsanalysresultat utgår ifrån. Figuren presenterar andel klimatpåverkan från respektive kategori av byggdelar för indikator 3 och är beräknat med de konservativa värdena.



Figur 9. Procentuell andel klimatpåverkan från respektive byggnadsdelskategori, konservativt räknat.

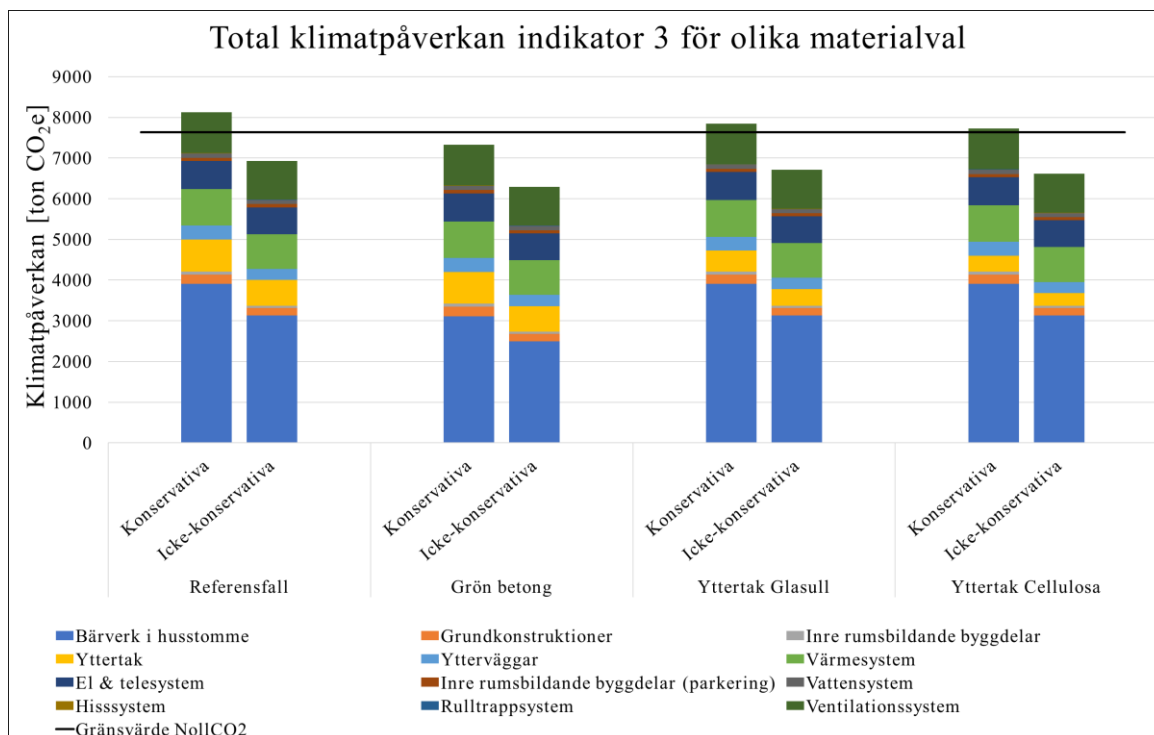
Som synes från Figur 9 står bärverk i byggnadens husstomme för 48,13% av total klimatpåverkan. Ventilationssystem står för 12,33 %, värmesystem för 11,05 %, yttertak för 9,67 % och el- och telesystem för 8,5%. Beräkningar gjordes även för icke-konservativa värden och resultatet visas i figur 10.



Figur 10. Procentuell andel klimatpåverkan från respektive byggnadsdelskategori, icke-konservativt räknat.

Beräkningar med icke-konservativa värden påverkar andelen klimatpåverkan från varje byggdel. Bärverk i husstomme har fortsatt den största andelen klimatpåverkan men har minskat med cirka 3 procentenheter. Yttertak minskar med cirka 0,6 %, ytterväggar minskar med cirka 0,3 %, grundkonstruktioner minskar med cirka 0,2% och inre rumsbildande delar minskar med cirka 0,05 %. Ökad andel får de olika installationssystemen där värmesystem ökar med cirka 1,3 %, el- och telesystem med cirka 1% och vattensystem med 0,14%. Även hisssystem, rulltrappssystem, ventilationssystem och parkering ökar i andel.

Samma beräkningar, konservativa och icke-konservativa genomfördes för byte av material i bärverk i husstomme respektive byte av isolering i yttertak. Resultatet för dessa procentandelar kan hittas i Appendix B. Figur 11 visar samtliga resultat av de olika alternativens klimatpåverkan i ton CO₂e för indikator 3. Den svarta linjen markerar det tilldelade gränsvärdet i ton CO₂e som projektet Arninge måste understiga i NollCO₂-certifieringen vilket är 7 632 ton CO₂e.



Figur 11. Total klimatpåverkan i ton CO₂e från indikator 3 för referensfall, byte till grön betong och byte av två olika isoleringsmaterial. Dessa presenteras med både konservativa och icke-konservativa värden.

Konservativt räknade värden ligger över gränsvärdet för projektet utom för alternativet med grön betong. Om de icke-konservativa värdena används så är resultatet under gränsvärdet för samtliga alternativ. Ett byte till klimatförbättrad betong minskar klimatpåverkan för kategorin bärverk i husstomme med 20% både konservativt och icke-konservativt räknat. Ett byte från stenull till glasull eller cellulosa minskar klimatpåverkan för kategorin Yttertak med 35% respektive 51% både konservativt och icke-konservativt räknat.

Sett från det av NollCO₂ angivna gränsvärdet för projektet på 221 kg CO₂e/m² BTA så ger de olika alternativen resultatet som visas i tabell 15.

Tabell 15. Total klimatpåverkan för indikator 3 i kg CO₂e och kg CO₂e/m² BTA för referensfallet och de olika materialalternativen. Värdena är både konservativt och icke-konservativt räknat.

Alternativ	Total klimatpåverkan indikator 3 [kg CO ₂ e]	Klimatpåverkan indikator 3 [kg CO ₂ e/m ² BTA]
Gränsvärde NollCO₂	7 632 235	221
Referensfall Konservativa, RK	8 122 652	235
Referensfall Icke-konservativa, RIK	6 931 320	201
Grön betong, Konservativa, GBK	7 328 696	212
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	6 293 550	182
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	7 848 398	227
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	6 711 916	194
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	7 722 309	224
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	6 611 046	191

Resultatet från tabell 15 visar att genom att byta ut vissa material i kategorierna bärverk i husstomme och yttertak så går det att hamna under det för projektet angivna gränsvärdet. Detta gäller för både konservativa och icke-konservativa beräkningar. Ytterligare förbättringar än att endast byta isolering i taket krävs om de konservativa värdena ska komma under gränsvärdet. Högst klimatpåverkan har Referensfallet då de konservativa värdena används vid beräkning, klimatpåverkan är då 235 kg CO₂e/m² BTA. Lägst klimatpåverkan har alternativet då grön betong väljs och de icke-konservativa värdena används, klimatpåverkan är då 182 kg CO₂e/m² BTA.

Klimatpåverkan för indikator 4 har för projektet beräknats få uppgå till max 1899 ton CO₂e. Tabell 16 visar resultatet från den sammanslagna klimatpåverkan för indikatorer 3 och 4 för de olika alternativen.

Tabell 16. Total klimatpåverkan för indikatorer 3 och 4 i ton CO₂e för referensfallet och de olika materialalternativen.

	Klimatpåverkan indikator 3 [ton CO ₂ e]	Klimatpåverkan indikator 4 [ton CO ₂ e]	Total klimatpåverkan indikatorer 3 och 4 [ton CO₂e]
Gränsvärde NollCO ₂	7 632	1 899	9 531
Referensfall Konservativa, RK	8 123	1 899	10 022
Referensfall Icke-konservativa, RIK	6 931	1 899	8 830
Grön betong, Konservativa, GBK	7 329	1 899	9 228
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	6 294	1 899	8 193
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	7 848	1 899	9 747
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	6 712	1 899	8 611
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	7 722	1 899	9 621
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	6 611	1 899	8 510

Resultatet över kostnadsberäkningarna för de olika materialalternativen jämförda i känslighetsanalysen visas i tabell 17 och 19. Klimatpåverkan för indikator 4 är samma i alla 8 fallen, vilket resulterar i att det, likt i tabell 15, är referensfallet med konservativa värden som är det med högst klimatpåverkan och alternativet grön betong, icke konservativa värden som har lägst klimatpåverkan.

Tabell 17. Kostnadsvariation beroende på av val av betong.

Material	Uppskattad kostnad, hög [kr]	Uppskattad kostnad, låg [kr]
Vanlig Betong	27 570 000	14 704 000
Grön betong	28 397 000	15 145 000

Vanlig betong är det tilltänkta materialvalet då Arninge ska byggas och är det billigare alternativet när kostnaderna för vanlig respektive grön betong jämförs. Vanlig betong förväntas kosta 14,7–27,6 miljoner kronor och grön betong 15,2–28,4 miljoner kronor. Grön betong kostar alltså ungefär 3% mer än vanlig betong.

Tabell 18. Kostnadsvariation beroende av isoleringsmaterial.

Material	Uppskattad kostnad [kr]
Stenull	1 025 000
Glasull	768 000
Cellulosa	2 515 000

I tabell 18 visas de uppskattade kostnaderna för olika isoleringsmaterial. Inköpspriset för glasull är det billigaste alternativet och förväntas kosta ungefär 768 000 kronor, följt av stenull på cirka 1,025 miljoner kronor och sedan cellulosa som uppskattas kosta 2,5 miljoner kronor. Resultatet i tabell 18 visar att glasull är 25% billigare än stenull, som är det tilltänkta materialet i Arninge, och Cellulosa är 245% dyrare än stenull.

6.1.2 Indikatorer 6 och 7

Resultatet för uppfyllande av krav för indikator 6, byggnadens energianvändning, presenteras i tabell 19. De två olika utfallen av EP_{pet} -värde beroende på om den egenproducerade solcellsinstallation nyttjas eller säljs till nätet presenteras i varsin kolumn.

Tabell 19. Byggnadens EP_{pet} -värde relaterat till krav för NollCO₂ och Miljöbyggnad.

Parameter [enhet]	Solel SÄLJS	Solel NYTTJAS
EP_{pet} -krav Arninge enligt BBR [kWh/m ² , A _{temp} , år]	75,6	75,6
EP_{pet} Arninge [kWh/m ² , A _{temp} , år]	53,8	53,8
Solcellsinstallation [kWh/m ² , A _{temp} , år]	0	-1,5
Total EP_{pet} [kWh/m², A_{temp}, år]	53,8	52,3
Procentsats av BBR krav [%]	71	69
Energiklass [A-G], NollCO₂ krav	B	B
Miljöbyggnad 3.1 indikator 3	brons	silver

Resultatet i tabell 19 visar även huruvida projektet Arninge uppfyller kraven för Miljöbyggnad och NollCO₂-certifieringen. Byggnaden uppfyller NollCO₂-kravet på minst energiklass B med fyra respektive fem procentenheter, beroende på om den egenproducerade solelen säljs eller nyttjas. Byggnaden uppnår krav för indikator 3 inom Miljöbyggnadscertifiering till silver om den egenproducerade solelen nyttjas och brons om den säljs till nätet. Där solel nyttjas uppnås indikatorkrav för Miljöbyggnad silver

med en procentenhet, likaså uppnås inte indikatorkrav silver där solel säljs med en procentenhet.

Resultatet för klimatpåverkan för indikatorer 6 och 7, byggnadens energi- och vattenanvändning under användningsskedet kan utläsas från tabell 20. Här har klimatpåverkan för generisk svensk elmix enligt NollCO₂-manualen använts för beräkning av klimatpåverkan för indikator 6.

Tabell 20. Årlig klimatpåverkan för indikator 6 med generisk svensk elmix, indikator 7 och totalt för 6 och 7.

Parameter [enhet]	Solel SÄLJS	Solel NYTTJAS
Klimatpåverkan Svensk Elmix [kg CO ₂ e/MWh]	22	22
Köpt energi [MWh]	466	438
Klimatpåverkan egenproducerad solel [kg CO ₂ e/MWh]	0	41
Egenproducerad solel [MWh]	0	28
Klimatpåverkan indikator 6 [kg CO₂e]	10 252	10 784
Klimatpåverkan vattenanvändning [kg CO ₂ e/m ³]	0,044	0,044
Årsförbrukning vatten [m ³]	3 206	3 206
Klimatpåverkan indikator 7 [kg CO₂e]	140	140
Årlig klimatpåverkan indikatorer 6 och 7 [kg CO₂e]	10 392	10 924

Resultatet från tabell 20 visar att skillnaden i klimatpåverkan mellan att nyttja och att sälja den egenproducerade solelen ligger på cirka 500 kg CO₂e, år. Den egenproducerade solelen täcker 6% av byggnadens energianvändning i fallet där solel nyttjas. En jämförelse görs även med en svensk miljömärkt elmix i stället för generisk svensk elmix. Resultatet för klimatpåverkan för indikatorer 6 och 7, med miljömärkt elmix för beräkning av indikator 6, kan utläsas från tabell 21.

Tabell 21. Årlig klimatpåverkan för indikator 6 med svensk miljömärkt elmix, indikator 7 och totalt för 6 och 7.

Parameter [enhet]	Solel SÄLJS	Solel NYTTJAS
Klimatpåverkan miljömärkt elmix [kg CO ₂ e/MWh]	10,7	10,7
Köpt energi [MWh]	466	438
Klimatpåverkan egenproducerad solel [kg CO ₂ e/MWh]	0	41
Egenproducerad solel [MWh]	0	28
Klimatpåverkan indikator 6 [kg CO₂e]	4 986	5 835
Klimatpåverkan vattenanvändning [kg CO ₂ e/m ³]	0,044	0,044
Årsförbrukning vatten [m ³]	3 206	3 206
Klimatpåverkan indikator 7 [kg CO₂e]	140	140
Årlig klimatpåverkan indikatorer 6 och 7 [kg CO₂e]	5 126	5 974

Resultatet från tabell 21 visar att skillnaden i klimatpåverkan mellan att nyttja och att sälja den egenproducerade solelen ligger på cirka 800 kg CO₂e, år för miljömärkt elmix. Mängden köpt energi är samma i tabell 20 och tabell 21, men eftersom klimatvärdet för svensk generisk elmix respektive svensk miljömärkt elmix skiljer sig, så skiljer sig resultatet över klimatpåverkan från indikator 6 i tabellerna. Klimatpåverkan från indikator 7 är samma i tabell 20 och tabell 21. Vid jämförelse mellan resultaten från tabell 20 och tabell 21 går det att se att användandet av en svensk miljömärkt elmix nästintill halverar den årliga klimatpåverkan för byggnadens energianvändning, indikator 6. I tabell 22 visas kostnadsökningen som kan förväntas om miljömärkt el nyttjas i Arninge.

Tabell 22. Kostnadstillägg för Miljömärkt el.

	Behov köpt el [MWh]	Kostnadsökning Miljömärkt el [kr/år]
Solel Säljs, SS	466	22 881
Solel Nyttjas, SN	438	21 506

Då Arninges behov av köpt el är större i fallet när solel säljs så blir kostnadsökningen också större, vilket visas i tabell 22.

6.1.3 Sammanställning klimatpåverkan indikatorer 3, 4, 6 och 7

Den totala klimatpåverkan för indikatorer 3, 4, 6 och 7 beräknas på årsbasis fram till år 2045, vilket är då projektet ska ha nått netto-noll. Den klimatpåverkan som indikatorer 3

och 4 gett upphov till måste kompenseras under denna 20-årsperiod. På samma sätt måste den klimatpåverkan som resulterar från indikatorer 6 och 7 också kompenseras för varje år. Tabell 23 visar hur stor klimatpåverkan som måste kompenseras på årsbasis för de olika alternativen med den generiska svenska elmixen.

Tabell 23. Årlig total kompensation som behövs för klimatpåverkan från indikatorer 3, 4, 6 med generisk svensk elmix och 7 beroende på om den egenproducerade solelen säljs eller nyttjas.

SVENSK ELMIX, SV	Årlig kompensation indikatorer 3, 4 [ton CO ₂ e]	Årlig kompensation indikatorer 3, 4, 6 och 7. SÄLJS [ton CO ₂ e]	Årlig kompensation indikatorer 3, 4, 6 och 7. NYTTJAS [ton CO ₂ e]
Gränsvärde	477	487	487
Referensfall Konservativa, RK	501	511	512
Referensfall Icke-konservativa RIK	442	452	452
Grön betong, Konservativa, GBK	461	472	472
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	410	420	421
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	487	450	498
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	431	441	441
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	481	491	492
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	426	436	436

Resultatet från tabell 23 presenterar hur stora skillnader som följer på grund av olika materialval samt om den egenproducerade solelen säljs eller nyttjas sett till hur mycket klimatpåverkan som måste kompenseras årligen. Indikator 3 och 4 har en större påverkan på det totala klimatavtrycket än indikator 6 och 7, då den årliga kompensationen från indikator 3 och 4 motsvarar cirka 98% av den totala årliga kompensationen. Störst skillnader i klimatpåverkan ses då de åtta olika fallen med olika materialval jämförs. Mellan kolumnerna, det vill säga om solel säljs eller nyttjas inom den egna fastigheten ses en marginell skillnad. De fall med högst årlig klimatkompensation är referensfallet då konservativa värden används och solelen som produceras på Arninges tak nyttjas av Arninge, fallet RK-SN. Det fall med lägst årlig

klimatpåverkan är då grön betong, icke-konservativa värden används och solelen säljs till nätet, fallet GBIK-SN.

På samma sätt visar tabell 24 hur stor klimatpåverkan som måste kompenseras på årsbasis för de olika alternativen men den svenska miljömärkta elmixen.

Tabell 24. Årlig total kompensation som behövs för klimatpåverkan från indikatorerna 3, 4, 6 med svensk miljömärkt elmix och 7 beroende på om den egenproducerade solelen säljs eller nyttjas.

MILJÖMÄRKT ELMIX, MM	Årlig kompensation indikatorer 3, 4, 6 och 7. SÄLJS [ton CO ₂ e]	Årlig kompensation indikatorer 3, 4, 6 och 7. NYTTJAS [ton CO ₂ e]
Gränsvärde NollCO₂	482	483
Referensfall Konservativa, RK	506	507
Referensfall Icke-konservativa RIK	447	447
Grön betong, Konservativa, GBK	467	467
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	415	416
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	493	493
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	436	437
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	486	487
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	431	431

I tabell 24 utläses, likt i tabell 23, att fallet med högst kompensationsbehov är RK-SN och fallet med lägst kompensationsbehov är fallet GBIK-SS. Vid jämförelse mellan resultatet i tabell 23 och tabell 24 observeras endast marginella skillnader om alternativen jämförs med varandra. För samtliga alternativ, oberoende om solel säljs eller nyttjas ses en årlig minskning på cirka 1% om miljömärkt elmix används i stället för svensk elmix. Lägsta möjliga kompensation fås i fallet GBIK-SS-MM och högsta möjliga kompensation fås i fallet RK-SN-SV.

6.2 Klimatåtgärder

Följande avsnitt presenterar de resultat som följer av de studerade klimatåtgärderna i NollCO₂-certifieringen. Beräkningen av klimatåtgärder, både genom förnybar elproduktion och energieffektivisering av befintligt bestånd, baseras på de resultat som presenterats för Arninges klimatpåverkan.

6.2.1 Förnybar elproduktion

En möjlig klimatåtgärd för att nå netto-noll i projektet Arninge är att producera, och sälja, förnybar el till nätet. Mängden solenergi som behövs för att kompensera en årlig andel av klimatpåverkan från produktionsstadiet och den årliga användningen av byggnaden presenteras i tabell 25.

Solcellsinstallationen på Arninges tak förväntas leverera 28 MWh, vilket, i de fall energin säljs till nätet innebär ett klimatvärde på 21 812 kgCO₂e. Vid de fall då solelen säljs till nätet kan alltså detta klimatvärde tillgodoräknas för att balansera Arninges klimatpåverkan. För gränsvärdet är kompensationsbehovet från Arninges klimatpåverkan totalt 625 281 kWh då solel säljs till nätet. Den årliga mängd energi som då behöver produceras av en offsite solcellspark är då:

$$625\,281\text{ kWh/år} - 28\,000\text{ kWh/år} = 597\,281\text{ kWh/år}.$$

I tabell 25 och 26 har detta kompensationsbehov identifierats för alla åtta möjliga fall.

Tabell 25. Energi som behöver kompenseras, årligen, vid val av solenergi som energikälla och med svensk elmix.

SVENSK ELMIX	Årlig kompensation, SS	Årlig kompensation, SN
	[kWh]	[kWh]
Gränsvärde NollCO₂	597 281	625 963
Referensfall Konservativa, RK	628 758	657 441
Referensfall Icke-konservativa, RIK	552 292	580 975
Grön betong, Konservativa, GBK	577 798	606 481
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	511 357	540 040
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	611 155	639 838
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	538 210	566 893
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	603 062	631 745
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	531 736	560 419

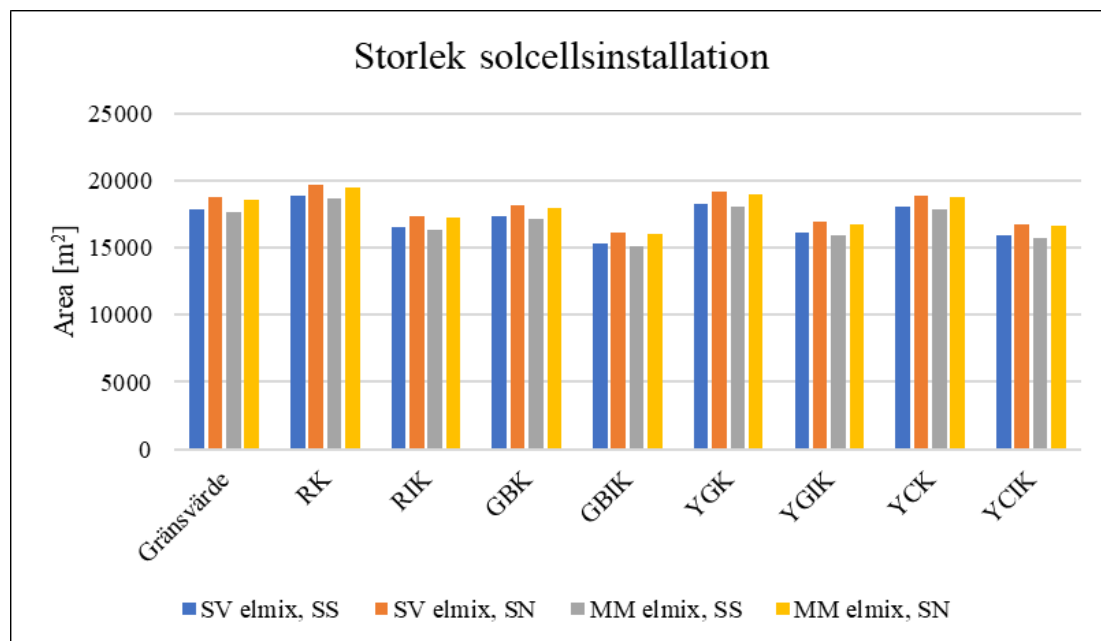
Ur tabell 25 utläses att mängden energi som behöver kompenseras är större i alternativet då solelen som produceras på Arninges tak nyttjas än i de alternativ då solelen säljs till nätet. Det går också att observera att det fall som kräver minst mängd årlig kompensation är då solelen säljs, grön betong nyttjas och beräknas med hjälp av de icke konservativa värdena. Det alternativ som kräver störst mängd årlig kompensation är referensfallet, konservativt räknat då solelen nyttjas. Maximalt kompensationsbehov, RK-SN-SV innebär ett kompensationsbehov på 657 441 kWh/år och det minsta kompensationsbehovet, GBIK-SS-SV, är 511 357 kWh/år.

Tabell 26. Energi som behöver kompenseras, årligen, vid val av solenergi som energikälla och med miljömärkt elmix.

MILJÖMÄRKT EL	Årlig kompensation, SS [kWh]	Årlig kompensation, SN [kWh]
Gränsvärde NollCO₂	590 521	619 610
Referensfall Konservativa, RK	621 998	651 087
Referensfall Icke-konservativa, RIK	545 533	574 628
Grön betong, Konservativa, GBK	571 038	600 127
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	504 598	533 687
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	604 395	633 484
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	531 450	560 539
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	596 302	625 391
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	524 976	554 065

Ur tabell 26, ser vi, likt i tabell 25, att den mängden energi som behöver kompenseras är större då solelen nyttjas än då solelen säljs. I tabell 26 är det, likt i tabell 25, fallet ”Referensfall Konservativa”, solel nyttjas, som representerar det största kompensationsbehovet och ”Grön betong, Icke-konservativa”, solel säljs som behöver kompensera minst mängd energi. RK-SN-MM innebär ett kompensationsbehov på 651 087 kWh/år och GBIK-SS-MM har ett kompensationsbehov på 504 598 kWh/år. Mellan det högsta och det lägsta kompensationsbehovet skiljer det 22%, detta gäller oavsett val av elmix.

Figur 12 presenterar hur stor solcellsinstallation som skulle krävas baserat på de olika kompensatiosscenarierna i tabell 25 och 26.



Figur 12. Storlek av solcellsinstallation för att leverera tillräcklig energi för kompensation.

Figur 12 visar att solcellsparken som skulle behövas för att nå netto-noll balans varierar i storlek mellan cirka 15 000 m² i fallet GBIK-SS-MM och cirka 20 000 m² i fallet RK-SS-SV. Kostnaden för att nå netto-noll balans genom leverering av solenergi utvärderas utifrån att identifiera ytterligheterna, det största och det minsta alternativet då elen från solcellerna på Arninges tak nyttjas respektive säljs till nätet. Kostnaden för dessa alternativ bildar ett intervall inom vilket kompensationsåtgärden kan tänkas falla.

Tabell 27. Uppskattad maximum och minimum investeringskostnad för solcellsinstallation.

Kompensationsbehov, ytterligheter	Byggnadsalternativ & elmixalternativ	Årlig kompensation [kWh]	Andel solel från ICA:s solcellspark	Kostnad [kr]
Behov max, SS	RK, SV	628 800	6 %	4 716 000
Behov minst, SS	GBIK, MM	504 600	5 %	3 785 000
Behov max, SN	RK, SV	657 400	7 %	4 931 000
Behov minst, SN	GBIK, MM	533 700	5 %	4 003 000

Tabell 27 visar de fall där mest och minst utsläpp behöver kompenseras, omräknat i mängden elenergi som årligen behöver produceras från respektive fall då solelen säljs eller nyttjas, som syns i tabell 25 och 26 samt figur 12. För dessa fall beräknas vilken storlek på solcellspark som skulle krävas för att täcka kompensationsbehovet och en uppskattad investeringskostnad för denna solcellspark. Denna investeringskostnad varierar mellan 3,785 miljoner kronor och 4,931 miljoner kronor. Tabell 27 visar också hur stor andel av ICA:s offererade solcellspark som skulle krävas för att kompensera för

respektive fall. Mängden vindkraft som behövs för att kompensera en årlig andel av klimatpåverkan från Arninges produktions- och användningsskede med svensk elmix presenteras i tabell 28. I de fall då soelen säljs till nätet har en del av klimatåtgärdsbehovet redan åtgärdats.

Tabell 28. Energi som behöver kompenseras, årligen, vid val av vindkraft som energikälla och med svensk elmix.

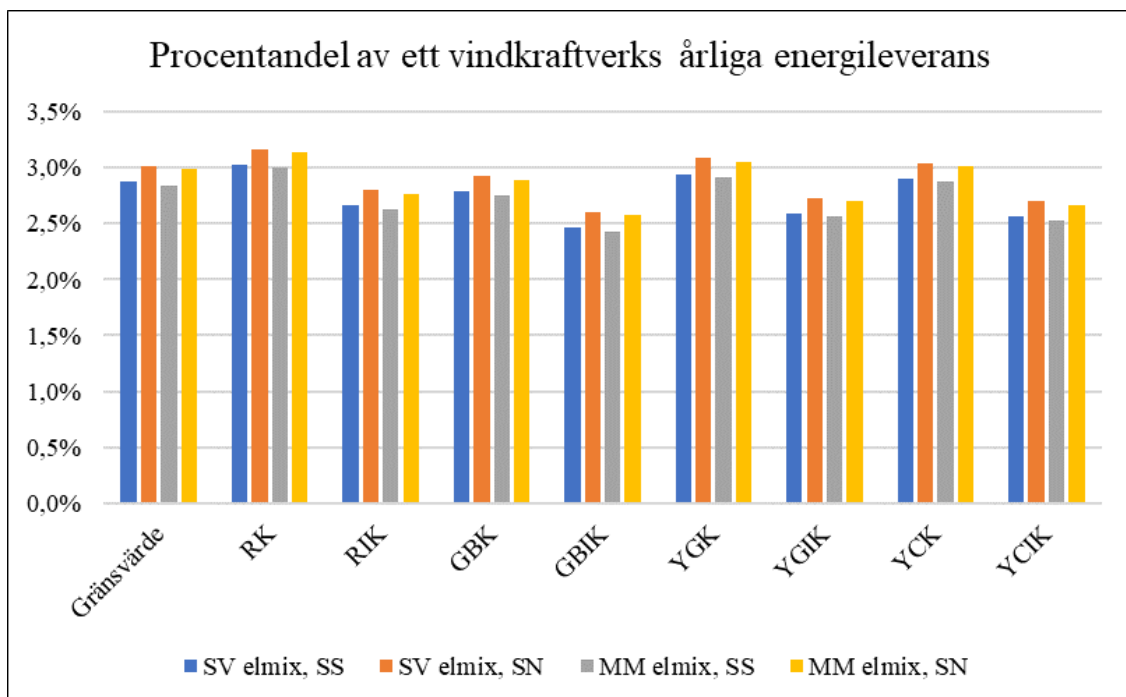
Svensk Elmix	Årlig kompensation, SS, offsite [kWh]	Årlig kompensation, SN [kWh]
Gränsvärde NollCO₂	575 844	603 497
Referensfall Konservativa, RK	606 191	633 845
Referensfall Icke-konservativa, RIK	532 470	560 124
Grön betong, Konservativa, GBK	557 060	584 713
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	493 004	520 658
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	589 220	616 873
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	518 893	546 547
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	581 417	609 071
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	512 651	540 305

Resultatet från motsvarande beräkning med miljömärkt elmix presenteras i tabell 29.

Tabell 29. Energi som behöver kompenseras, årligen, vid val av vindkraft som energikälla och med Miljömärkt elmix.

Miljömärkt Elmix	Årlig kompensation, SS, offsite [kWh]	Årlig kompensation, SN [kWh]
Gränsvärde NollCO₂	569 326	597 371
Referensfall Konservativa, RK	599 674	627 719
Referensfall Icke-konservativa, RIK	525 953	553 998
Grön betong, Konservativa, GBK	550 543	578 588
Grön betong, Icke-konservativa, GBIK	486 487	514 532
Yttertak glasull, Konservativa, YGK	582 703	610 748
Yttertak glasull, icke-konservativa, YGIK	512 376	540 421
Yttertak cellulosa, Konservativa, YCK	574 900	602 945
Yttertak cellulosa, icke-konservativa, YCIK	506 134	534 179

Då den förnybar elproduktion genom vindkraft nyttjas som klimatåtgärd blir mängden energi som behöver kompenseras det resultat som presenteras i tabell 28 och 29. Tabell 28 visar behovet när svensk generisk elmix nyttjas och tabell 29 visar kompensationsbehovet när miljömärkt elmix nyttjas. I både tabell 28 och tabell 29 utläses att det fall med högst kompensationsbehov är RK-SN och det fall med lägst kompensationsbehov är GBIK-SS. Kompensationsbehovet är större då solelen nyttjas jämförelse med då solelen säljs i alla fall. Om miljömärkt elmix nyttjas blir alltid kompensationsbehovet längre i jämförelse med motsvarande fall när svensk elmix nyttjas. Dock är denna förändring marginell, cirka 1% lägre om RK jämförs. Figur 13 presenterar hur stor andel av ett vindkraftverks årliga energileverans som skulle behövas för de olika kompensationsscenarierna i tabell 28 och 29.



Figur 13. Procentandel av en genomsnittligt svenskt vindkraftverk för att leverera tillräcklig energi för kompensation.

Figur 13 visar, likt beskrivet i tabell 28 och 29, att fallet GBIK-SS-MM är det fall som kräver lägst kompensation och fallet RK-SN-SV är det fall som kräver högst kompensation. Då investeringskostnaderna för ett vindkraftverk varierar i hög grad utvärderades kostnaden för denna typ av klimatåtgärd som ett intervall med ett lägre pris och ett högre pris. Kostnaden utvärderades för de alternativen med högst respektive lägst årligt kompensationsbehov, se tabell 30.

Tabell 30. Uppskattad maximum och minimum investeringskostnad för vindkraftsinstallation.

Kompensationsbehov, ytterligheter	Byggnadsalternativ & elmixalternativ	Årlig kompensation [kWh]	Kostnad, min [kr]	Kostnad, max [kr]
Behov max, SS	RK, SV	606 200	333 400	909 300
Behov minst, SS	GBIK, MM	486 500	267 600	729 700
Behov max, SN	RK, SV	633 800	348 600	950 800
Behov minst, SN	GBIK, MM	514 500	283 000	771 800

Tabell 30 visar de fall där mest och minst energi behöver kompenseras årligen från respektive fall då solelen säljs eller nyttjas, som synes i tabell 28 och 29 samt figur 13. Genom att uppskatta investeringskostnaderna för en vindkraftsinstallation som genererar tillräckligt mycket energi för att kompensera för dessa fall så fås ett spann inom vilket investeringskostnaden bör landa. Maximal kostnad utläses till 909 300 kronor, den dyraste kostnaden för fall RK-SN-SV och lägst kostnad utläses till 283 000 för fallet GBIK-SS-MM.

6.2.2 Energieffektiviseringsåtgärder

Tre energieffektiviseringsprojekt har undersökts från ICA Fastigheters befintliga bestånd, Växjö, Kungälv och Olofström. Undersökningen har bestått av två delar där den första har verifierat respektive projekts potential för att få tillgodoräknas i NollCO₂. Den andra delen har varit att fastställa respektive projekts bidrag till NollCO₂-projektet i form av genererat klimatvärde. Tabell 31 visar respektive projekts potential för att tillgodoräknas.

Tabell 31. Byggnadernas primärenergital, energiklass och procentuell förbättring av energiprestanda efter att energieffektiviseringsprojekt genomförts för Växjö, Kungälv och Olofström.

	Fördelning 1			Fördelning 2		
	EP _{pet} [kWh/m ²]	Energiklass [A-G]	Förbättring av tidigare EP _{pet} -värde	EP _{pet} [kWh/m ²]	Energiklass [A-G]	Förbättring av tidigare EP _{pet} -värde
Växjö	71	B				
Kungälv	29	A	63%	25	A	68%
Olofström	87	C	48%	69	B	59%

Tabell 31 visar att samtliga energieffektiviseringsprojekt förväntas uppfylla krav om minst energiklass B utom fördelning 1 för Olofström. Förändringen i EP_{pet}-värde i fördelning 1 för Olofström uppnår dock en 48% förbättring av energiprestandan jämfört med innan energieffektiviseringsprojektet. Detta innebär att samtliga energieffektiviseringsprojekt kan tillgodoräknas i NollCO₂ och således har deras

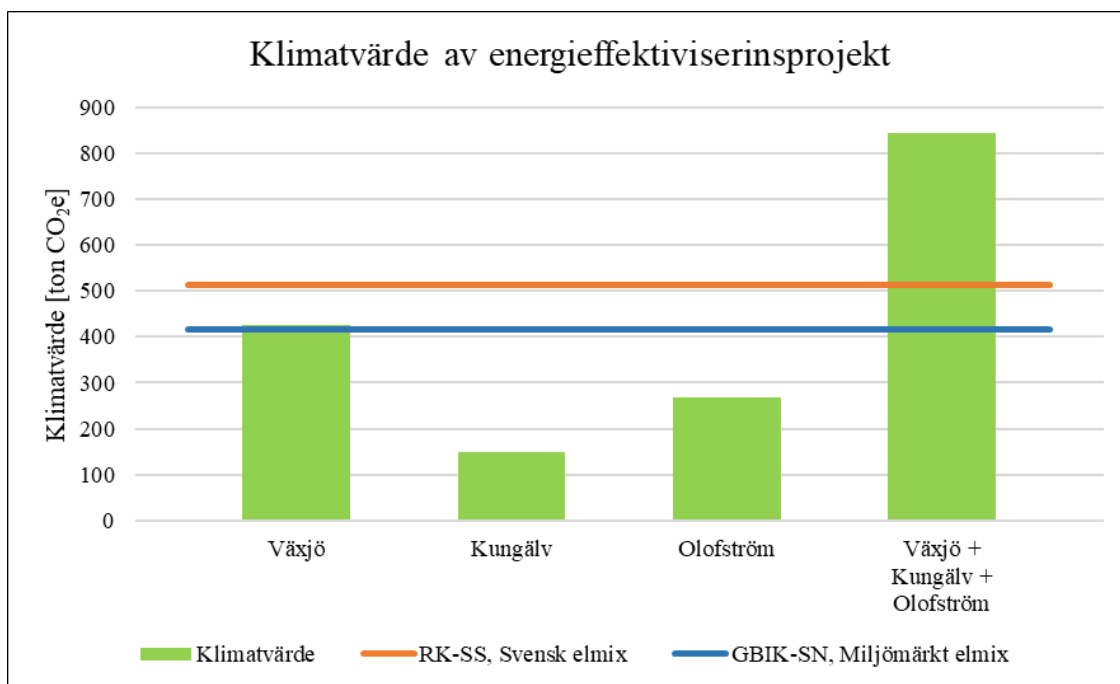
respektive klimatvärde beräknats. Projektens klimatvärde, fördelat mellan olika energibärare visas i tabell 32.

Tabell 32. Byggnadernas genererade klimatvärde efter att energieffektiviseringsprojekt genomförts för Växjö, Kungälv och Olofström.

	Klimatvärde EL [ton CO ₂ e, år]	Klimatvärde FJV [ton CO ₂ e, år]	Totalt klimatvärde [ton CO ₂ e, år]
Växjö	452	-25	427
Kungälv	154	-4	150
Olofström	267	0	267

Klimatvärdet beräknas enligt ekvation (6) och beror av generiskt klimatvärde för elproduktion och klimatpåverkan av energieffektiviseringsåtgärderna. Klimatvärdet för Växjö är störst, därefter följer Olofström och lägst klimatvärde får energieffektiviseringsprojektet som genomförs i Kungälv.

Hur stor täckningsgrad de genererade klimatvärdena har i relation till NollCO₂-projektet Arninge framgår ur figur 14.



Figur 14. Klimatvärdet av energieffektiviseringsprojekten Växjö, Kungälv och Olofström, samt i kombination med varandra. Spannet för den årliga kompensation som behövs för klimatpåverkan för indikatorer 3, 4, 6 och 7 visas.

Figur 14 visar spannet för den årliga kompensation som behövs för NollCO₂-projektets klimatpåverkan. Det lägsta värdet, blå linje i figur 14, representerar det icke-konservativt beräknade alternativet med stomme i grön betong där den egenproducerade soleden nyttjas och miljömärkt el används, GBIK-SN-MM. Det högre värdet, orange

linje i figur 14, representerar det konservativt beräknade referensfallet där soleden säljs och svensk elmix används, RK-SS-SV. Figur 14 visar att inget energieffektiviseringsprojekt ensamt täcker hela spannet över klimatpåverkan som klimatåtgärd för NollCO₂-projektet. Klimatvärdet av alla tre energieffektiviseringsprojekt tillsammans täcker spannet över klimatpåverkansalternativ med marginal.

Uppskattad kostnad samt klimatvärde per reducerad MWh presenteras i tabell 33. Växjö är det projekt med störst kostnad, men lägst kostnad per reducerad MWh och lägst klimatvärde per reducerad MWh. Olofström är det projekt med lägst kostnad men högst klimatvärde per reducerad MWh och Kungälv är projektet med störst kostnad per reducerad MWh.

Tabell 33. Uppskattade kostnader för planerade energieffektiviseringsprojekt.

Projekt	ICA Fastigheters kostnad [kr]	Kostnad/ reducerad MWh [kr]	Klimatvärde/ reducerad MWh [kg CO ₂ e]
Växjö	7 600 000	6 230	350
Kungälv	5 500 000	17 795	487
Olofström	5 100 000	14 773	774

7. Diskussion

I följande avsnitt förs en diskussion utifrån de resultat som presenterats. Diskussionen är uppdelad i två huvuddelar. I den första delen diskuteras de klimatpåverkansvärden som följt av analysen av resultatet för indikatorer 3 och 4, liksom för indikatorer 6 och 7. Vidare diskuteras den sammanslagning som gjorts för indikatorer 3, 4, 6 och 7 samt huruvida indikatorkraven för de presenterade indikatorerna har uppfyllts eller ej. I den andra delen av diskussionen diskuteras det resultat som presenterats kopplat till klimatåtgärder. Implementering av förnybar elproduktion diskuteras i förhållande till ICA Fastigheter, samt kostnader för detta. Vidare diskuteras de osäkerheter som förekommit utifrån det underlag som inhämtats för energieffektiviseringsprojekten. Diskussion förs sen kring det resultat som presenterats angående energieffektiviseringsprojekten, samt kostnadsaspekter. Slutligen förs en diskussion om implementering av klimatåtgärder som helhet i ICA Fastigheter och möjliga vägar att ta i framtida liknande projekt.

7.1 Klimatpåverkan och indikatorkrav

Arninge är ännu i ett tidigt projekteringsstadium och den slutgiltiga klimatpåverkan är svår att säkerställa. Genom antaganden och beräkningar har värden över klimatpåverkan uppskattats i åtta olika alternativ och resultatet diskuteras i följande stycke.

7.1.1 Klimatpåverkan indikator 3 och 4

Resultatet för val av stommaterial respektive takmaterial visar att det går att sänka klimatpåverkan även från de mest klimatbelastande byggdelarna. Grön betong i stället för vanlig konventionell betong minskar klimatpåverkan med 20% för den aktiva komponenten och byte av isoleringsmaterial kan minska klimatpåverkan upp till 51% för isoleringen. Olika materialval kan påverka byggprocessen på olika sätt, något som inte har analyserats i detta examensarbete men som bör belysas. Grön betong kräver längre tid att torka än vanlig betong, vilket kan ha oönskade konsekvenser på klimatpåverkan från byggprocessen men också öka kostnaderna för byggnationen. Poängen med denna analys har inte varit att ta fram något "bästa scenario" utan snarare att belysa de skillnader som går att åstadkomma om klimatvänligt byggande prioriteras när beslut fattas. De konservativa och de icke-konservativa beräkningarna belyser tydligt hur utsläppsmängden varierar beroende av val som görs vid planeringen av bygget. Väljs material så att det mer precist går att säga materialets klimatpåverkan, till exempel med en produktspecifik EPD, finns goda förutsättningar för att klara eventuella certifieringskrav. Arninge är här ett bra fallstudieobjekt. Samtliga icke-konservativt beräknade alternativ hamnar väl under NollCO₂-gränsvärdet, där till och med referensfallet klarar gränsen med 20 kg CO₂e/m²BTA.

Trots att resultatet visar ett spann av de olika alternativens klimatpåverkan får det inte glömmas bort att vissa byggdelars faktiska klimatpåverkan saknas beräkningen. Installationer har varit schabloniserade och byggnadskomponenter exkluderade.

Schabloniserade värden tenderar att ha en högre klimatpåverkan då de innehåller säkerhetsmarginaler vilket ger ett högre resultat. En del mindre byggnadskomponenter har exkluderats från projekterings tidiga stadie och klimatpåverkan från dessa saknas därför. De alternativ för materialval som tagits fram är alltså inga absoluta, fullständiga, resultat utan endast en indikation på vad som går att göra för de alternativ som studerats. Tydligt är att klimatpåverkan från byggprocessen är stor, då indikator 3 och 4 motsvarar cirka 98% av det totala årliga kompensationsbehovet. Fler byggdelar kan inkluderas och analyseras och de material som visar sig ha lägre klimatpåverkan kan kombineras på olika sätt för att sänka byggnadens klimatpåverkan ytterligare.

Då olika material analyseras och jämförs blir kostnadsaspekten en viktig faktor att beakta. I den genomförda kostnadsanalysen identifierades prisskillnaden mellan vanlig och grön betong som liten i förhållande till den totala summan, då skillnaden var 3%. Kostnadsanalysen visade också att glasull var billigare än referensmaterialet stenull, med cirka 25%. Återbrukat material ger endast upphov till den klimatpåverkan som uppstår i samband med bearbetning, och är möjligt att hitta billigare än nytt material. Problemet i Sverige är att det i dagsläget finns begränsat med återbruk för byggmaterial, så stora kvantiteter är svåra att få tag på.

7.1.2 Klimatpåverkan indikator 6 och 7

Beräkning av klimatpåverkan för indikator 7 antar en konstant schabloniserad vattenanvändning för samtliga studerade klimatpåverkansalternativ. Indikator 7 har inte analyserats ytterligare då dess klimatpåverkan är relativt låg i jämförelse med de andra indikatorerna. Dessutom är vattenanvändningen schabloniserad enligt Sveby och det finns ett begränsat utbud för trovärdiga alternativa källor som kan användas. Följande diskussion fokuserar således på indikator 6 där fler alternativ har undersökts. Det är dock viktigt att poängtera att både klimatpåverkansvärden för indikator 6 och 7 i detta skede är uppskattade eftersom byggnaden inte är upprättad än. Underlaget för beräkning av indikator 6 innehåller även vissa felaktigheter men som kan antas generera marginella skillnader då indikator 6 och 7 står för cirka 2% av den totala klimatpåverkan, se tabell 23 och 24. Faktiska värden för byggnadens energi- och vattenanvändning kommer visa sig först efter fem år från byggnadens uppförande då den första återrapporteringen för NollCO₂-projektet sker.

Klimatpåverkan för indikator 6 grundar sig först och främst i byggnadens uppskattade energianvändning och det klimatpåverkansvärde för svensk elmix som presenterades i NollCO₂-manualen. Tabell 20 presenterar resultatet då den egenproducerade solen säljs eller nyttjas i den egna fastigheten. Mängden köpt energi där solen säljs är 28 MWh högre än där solen nyttjas men den årliga klimatpåverkan blir cirka 500 kg CO₂e lägre då solen säljs än då den nyttjas. Initialt kan det tyckas märkligt att klimatpåverkan blir högre om den egenproducerade solen nyttjas i fastigheten men det beror på att klimatpåverkan som blir av elproduktionen tilldelas byggnadens LCA. Om den egenproducerade solenergin säljs till elnätet får istället det gemensamma elnätet ta konsekvensen av installationens klimatpåverkan, vilket är ett gynnsammare alternativ

eftersom grön energi handlas före brun energi på elmarknaden. Med andra ord, säljs den egenproducerade solelen till nätet undviks 28 MWh produktion av brun energi vilket i slutändan kan minska klimatpåverkan för olika typer av elmixer som köps. Sett till klimatpåverkan gynnas alltså projektet Arninge av att sälja solelen jämfört med att använda den i den egna byggnaden.

Med detta i åtanke var det även intressant att utvärdera skillnaderna mellan svensk generisk elmix jämfört med en miljömärkt elmix som då har en lägre klimatpåverkan per MWh. I dagsläget finns det väldigt få EPD:er tillgängliga hos olika elleverantörer som presenterar ursprunget och klimatpåverkan för det elavtal som tecknas, oavsett om elavtalet är miljömärkt eller ej. Värt att observera är därför att klimatpåverkansvärdet för den miljömärkta elmixen baseras på antaganden även om klimatdata för respektive energislag är hämtade ur NollCO₂-manualen. Jämförelsen mellan tabell 20 och tabell 21 visar att den årliga klimatpåverkan från indikatorer 6 och 7 nästan halveras vid användandet av miljömärkt elmix i stället för den generiska svenska elmixen. Att miljömärkt el leder till lägre utsläpp än icke miljömärkt el är ett väntat resultat, men elmixens utsläpp har också påverkan på hur utsläppsmängden varierar om Arninges producerade solel nyttjas eller säljs. I stället för att skillnaden mellan om solelen säljs eller nyttjas är 500 kg CO₂e, som i fallet med svenskt elmix, ligger skillnaden för miljömärkt elmix på 800 kg CO₂e. Sett till årlig klimatpåverkan för indikatorer 6 och 7 så gynnas alltså projektet återigen av att sälja den egenproducerade solelen i stället för att nyttja den i den egna byggnaden.

Jämförelsen mellan generisk svensk elmix och uppskattad miljömärkt elmix belyser två upptäckter: vikten av EPD:er och fördelen att sälja egenproducerad el. Elleverantörer måste bli bättre på att ta fram kundfokuserade beslutsunderlag, EPD:er, för en kundbas med växande klimatmedvetenhet. Det har skett snabb utveckling i arbetet för att sänka byggnaders energianvändning men för att kunna följa upp hur klimatpåverkan från byggnaden förändras så måste även energins ursprung kartläggas. I dagsläget finns det ingen möjlighet att veta den exakta klimatpåverkan från energianvändningen eftersom det inte finns några exakta siffror över elmixens innehåll och klimatpåverkan. Det räcker alltså inte med att endast säga att energin är 100% förnybar och därför inte har någon klimatpåverkan, för även installationer för förnybar elproduktion har en livscykelbaserad klimatpåverkan. Detta är något som energi- och elleverantörsbranschen måste ta med sig när högre krav ställs och efterfrågan av EPD:er från kunder ökar. Denna analys har visat att det finns möjlighet att halvera den årliga klimatpåverkan för energianvändningen, men utan rätt underlag går detta inte att verifiera och kan således inte användas i beräkning. Det andra är att i NollCO₂-certifiering gynnas projektet av att sälja den egenproducerade förnybara energin till nätet. Här går det dock att beröra kostnadsaspekter. Genom att använda den egenproducerade solelen i den egna fastigheten så undviks 28 MWh köpt energi vilket leder till en lägre driftkostnad på årsbasis.

7.1.3 Total klimatpåverkan

En känslighetsanalys har genomförts för både olika materialval i stomme och tak, och med alternativ för olika elavtal. Vid analys av endast materialval så kan kombinationer av material med låg klimatpåverkan minska byggnadens klimatpåverkan från livscykelkedan A1-A3. Är det i stället endast byggnadens energianvändning som analyseras så ger ett genomtänkt val av elavtal med låg klimatpåverkan en betydligt lägre klimatpåverkan för livscykelkedan B6.

Resultatet från sammanställningen av indikatorer 3, 4, 6 och 7 visar att den största skillnaden i årlig klimatpåverkan fås genom medvetna val av olika byggnadsmaterial. Skillnader i energianvändningens ursprung påverkar utsläppsmängderna, men skillnaden i påverkan är större för de olika alternativen för stom- och takkonstruktioner. Trots att möjligheterna är större att minska på byggnadens klimatpåverkan genom att fokusera på livscykelkedorna A1-A5 så är det även nödvändigt att beräkna och analysera B6, B7. Livscykeln fyller två viktiga funktioner, dels för att identifiera möjligheter där miljöpåverkan går att sänka, dels för att möjliggöra klimatåtgärder och netto-noll balans. Kartläggning av utsläppens ursprung behövs både för att beräkna klimatvärdet som ska kompenseras och för att möjliggöra minskad påverkan från indikatorer med stora utsläpp. Vill man i stället se vilka förbättringar som kan genomföras i förväg så är en kartläggning av utsläppens ursprung av större vikt. Sett till helheten går det att fastställa att byggdelarna A1-A3 står för majoriteten av byggnadens klimatpåverkan och därför finns det också störst möjligheter i detta livscykelkede att minska den totala klimatpåverkan.

7.1.4 Indikatorkrav

För att kunna certifieras som en NollCO₂-byggnad måste Arninge uppfylla indikatorkraven. Sett till indikator 3 har projektet förutsättningar för att uppnå det av NollCO₂ satta gränsvärdet 221 kg CO₂e/m². Av de åtta analyserade fallen, referensfallet inkluderat, så överstiger tre fall gränsvärdet. Att nå gränsvärdet kan inte antas självklart utan är något som fortsatt måste beaktas vid planeringen av Arninges byggnation. Eftersom projektet är i tidigt stadium och därmed innehåller en del osäkerheter kopplat till materialval är detta resultat endast en indikation på huruvida projektet kan förväntas uppnå gränsvärdet.

Sett till indikator 4 så har gränsvärdet för denna använts i beräkningarna. Transporter och byggprocesser som kommer användas under projektet kan komma att hamna under eller över det beräknade värdet. Även om detta examensarbete inte har genomfört någon känslighetsanalys av indikator 4 så är den nödvändig att inkludera då koldioxidutsläpp från detta livscykelkede påverkar den totala klimatpåverkan från hela produktionsskedet. God logistisk planering av varu- och byggtransporter och byggprocesser är nyckeln för att uppnå kravet för indikator 4 i NollCO₂-certifieringen.

För indikator 7 finns inga gränsvärden inom NollCO₂ att förhålla sig till. Kravet som finns är att vattenanvändningen ska mätas för att se hur stor klimatpåverkan den ger upphov till på årsbasis.

För indikator 6 finns krav på byggnadens energianvändning och att det ska finnas förnybar elproduktion på fastigheten. Projektet Arninge uppnår Energiklass B med 4–5 procentenheter beroende på om den egenproducerade solelen säljs eller nyttjas i den egna fastigheten. Marginalen kan tyckas låg men EP_{pet} -beräkningen innehåller också en säkerhetsmarginal på 10%. Då beräkning av EP_{pet} -värdet har utgått från den byggnadskonstruktion som presenteras i referensfallet, en byggnadskonstruktion som kan förändras under projektets fortskridning, så är säkerhetsmarginalen nödvändig. Eventuella avvikelser från byggnadens planerade konstruktionsmaterial påverkar klimatskalet vilket direkt påverkar byggnadens energibehov. Förnybar elproduktion ska installeras på fastighetens tak i form av en solcellsinstallation. Om den planers nyttjas i den egna fastigheten eller säljas till nätet är i dagsläget oklart, men för att uppfylla indikatorkravet för indikator 6 krävs endast att förnybar energi produceras vid fastigheten, om den nyttjas eller säljs är irrelevant för uppfyllandet av kravet.

Som tilläggs-certifiering har projektet Arninge tänkt använda Miljöbyggnad. Inom NollCO₂-certifieringen är kravet för Miljöbyggnad att byggnaden måste uppnå nivå Silver. Arninge uppfyller krav för Miljöbyggnads indikator 3 till silvernivå om den egenproducerade solelen används i den egna byggnaden, dock bara med 1 procentenhet. Säljs elen till nätet får istället indikator 3 betyget brons. Detta är inte problematiskt i sig då andra indikatorbetyg inom området Energi kan väga upp för bronsbetyget så att det slutgiltiga områdesbetyget ändå resulterar i betyg silver. Det som dock är problematiskt är att inom Miljöbyggnad så måste det finnas egenproducerad el på byggnaden för att byggnaden ens ska kunna bli certifierad som Miljöbyggnad överhuvudtaget. Ska Miljöbyggnad användas som tilläggs-certifiering för Arninge måste således den egenproducerade solelen användas i den egna fastigheten. Andelen köpt energi blir i så fall lägre och övriga indikatorer i Miljöbyggnad kan få större utrymme vad gäller att uppnå nivå silver. Att använda den egenproducerade solelen för den egna fastigheten är även något som ICA Fastigheter gör för sina andra fastigheter där solceller installerats. Det vore därför rimligt att i detta fall anta att solelen ska nyttjas av Arninge. Ska Miljöbyggnad användas som tilläggs-certifiering så måste det ske en mer noggrann undersökning av de krav som ingår i Miljöbyggnadscertifieringens alla indikatorkrav för att säkerställa att minst byggnadsbetyg silver uppnås. Den egenproducerade solelen måste användas i den egna fastigheten för att uppnå silvernivå på områdesbetyg energi. Nivå silver på indikator 3 har dock i nuvarande beräkning en låg marginal, 1 procentenhet, och efter en övervägning med övriga indikatorer kan det finnas en poäng med att även överväga alternativa tilläggs-certifieringar.

7.2 Utvärdering av klimatåtgärder

Energieffektiviseringsprojekt och förnybar elproduktion som säljs till nätet är de klimatåtgärder som i detta arbete har analyserats. Hur kompensationsåtgärden skulle

fungera i praktiken, vad som krävs av fastighetsägaren och andra aktörer samt vilken kostnad dessa klimatåtgärder skulle leda till diskuteras i kapitel 7.2.

7.2.1 Klimatvärde och kostnadsanalys av förnybar elproduktion

Att producera förnybar energi och sälja till nätet är en av de möjliga klimatåtgärder som undersökts till NollCO₂-certifieringen av Arninge. Installation av solenergi och vindkraft har analyserats var för sig. När de två alternativen jämförs med varandra i tabell 25 och 28 så konstateras att installation av vindkraft leder till att en lägre mängd energi krävs för att kompensera samma mängd CO₂e-utsläpp. Detta beror på att solcellsinstallationer och vindkraftsinstallationer har olika klimatpåverkan i sig, ur ett livscykelperspektiv. Ur den enskilda aspekten är då vindkraft det fördelaktiga valet, då utbytet mellan utsläppsmängden som ska kompenseras, och energin som ska produceras är mer gynnsam. Ur tabell 25 och 26 samt 28 och 29 så är det evident att kompensationsbehovet, genomgående, är större för generisk svensk elmix än för miljömärkt elmix samt att kompensationsbehovet är större då den egenproducerade solelen nyttjas än då den säljs till nätet. Detta grundas i att miljömärkt elmix har lägre klimatpåverkan än generisk svensk elmix, och därför blir elproduktionen som krävs för att nå netto-noll balans lägre i fallen då miljömärkt elmix nyttjas. Likaså är mängden CO₂e-utsläpp som måste kompenseras större när solelen nyttjas än när solelen säljs, och följaktligen måste mer energi omvandlas i fallet när solelen nyttjas.

Utifrån resultatet över kompensationsbehovet för de åtta olika fallen, visar figur 12 vilken storlek en solcellspark skulle behöva vara, för att nå netto-noll balans. Resultaten varierar mellan 15 105 m² och 19 680 m². Jämförelsevis visar figur 13 att uppskattningsvis 3% av ett vindkraftsverks årliga produktion skulle räcka för att nå netto-noll från Arninges klimatpåverkan. Då investeringskostnaderna jämförs mellan de olika alternativen solcell eller vindkraft så bedöms vindkraft som det billigare alternativet. Kostnaden för att investera i tillräckligt mycket vindkraft för att kompensera för Arninge uppskattas landa i intervallet 267 568 kr – 950 767 kr. Den uppskattade kostnaden för en solcellspark med tillräcklig elproduktion för att kompensera för Arninges byggnation och drift förväntas i stället landa i intervallet 3 785 000 kr – 4 931 000 kr. Kostnaderna kopplade till både solkraft och vindkraft är uppskattade, men kostnaderna kopplat till vindkraftsproduktion har fler felkällor än de kopplade till solelsproduktion. Ur resultatet framstår vindkraft som det mest fördelaktiga valet för ICA Fastigheter, men investering i vindkraft är inte lika vedertaget och uppgifterna därmed inte lika tillförlitliga. Att investera i en solcellspark är något som ICA Fastigheter tidigare har diskuterat, och fått prisbilder över, vilken har nyttjats för att uppskatta kostnaderna i detta arbete. Då prisbild 1 inte innehöll alla kostnader användes en annan aktörs kostnader, prisbild 3. Prisbild 3 visade att kostnad per producerad MWh var lite högre än den i prisbild 1, och ansågs därför lämplig, som en säkerhetsmarginal.

Prisbild 1 innehöll också ett värde över uppskattad årlig elproduktion, något som jämfördes med mängden energi som behöver omvandlas för att nå netto-noll balans. För

att kompensera för Arninges byggnation krävs mellan 5-7% av den mängd elenergi som ICA:s eventuella solcellspark förväntas producera.

7.2.2 Osäkerheter kring underlag energieffektiviseringsprojekt

De energieffektiviseringsprojekt som utvärderats som klimatåtgärd i NollCO₂-certifieringen av Arninge är Växjö, Kungälv och Olofström. För att få tillgodoräknas som klimatåtgärd krävs att energiklass B nås efter genomfört energieffektiviseringsprojekt eller att det skett en minst 30% förbättring jämfört med EP_{pet} -värdet för en liknande nybyggnad. Växjös senaste energideklaration vittnar om att byggnaden uppnår energiklass B medan de andra projektens energiklass har behövt beräknas baserat på energibesparingens storlek. Hur energibesparingarna fördelats mellan olika energiposter har inte framkommit ur det underlag som beräkningarna utgått ifrån, vilket resulterade i att två olika besparingsfördelningar gjordes för Kungälv och Olofström. Resultatet visar att skillnaden i energibesparingsfördelning för Kungälv är marginell med 4 kWh/m² skillnad i EP_{pet} -värde vilket ger fem procentenheter skillnad i förbättring gentemot tidigare EP_{pet} -värde. Energibesparing i fjärrvärmeanvändningen har antagits densamma för båda fördelningarna för Kungälv så skillnaderna i EP_{pet} -värdet beror endast på hur besparingar i elenergi fördelas mellan energiposten uppvärmning och fastighetsel. Majoriteten av elenergibesparingen, 200 MWh per år, fördelas oavsett fördelningsalternativ på energiposten fastighetsel, 200 MWh per år respektive 142 MWh per år, se tabell 10. Detta för att det endast är 58 MWh, år av energiposten uppvärmning som levereras via elenergi innan energieffektiviseringsprojektet och är således den maximala elenergibesparingen som kan göras för posten. Detta resonemang förklarar varför skillnaderna i resultatet mellan fördelning 1 och fördelning 2 för Kungälv är marginell. Enligt presenterade resultat får Kungälv, oavsett fördelning, energiklass A. Hade dock energibesparingarnas storlek, eller fördelningen elenergi/fjärrvärme för energiposten uppvärmning sett annorlunda ut hade det kunnat ge ett helt annat resultat. Hur energibesparingarna fördelar sig mellan energiposter är därför viktigt, något som resultatet för Olofström verifierar.

Resultatet av de två fördelningsalternativen för Olofström visar en 18 kWh/m² skillnad i EP_{pet} -värde något som ses i tabell 11, vilket också gör att byggnaden tilldelas två olika energiklasser, C och B. Eftersom Olofström får all sin energi levererad som elenergi så blir skillnaderna mellan hur energibesparingar fördelas mellan olika energiposter större. Innan energieffektiviseringsprojektet levereras 344 MWh per år, för energipost uppvärmning och 253 MWh per år, för energipost fastighetsel. Beroende på om majoriteten av energibesparingen, 345 MWh per år, görs för energipost uppvärmning eller energipost fastighetsel fås stora skillnader i resultat, vilket fördelning 1 och fördelning 2 i tabell 11 vittnar om. I fördelning 1 antas fastighetselen bli noll efter genomfört energieffektiviseringsprojekt, vilket inte är ett rimligt antagande då viss fastighetsel kommer kvarvara. Fördelning 1 och 2 bör läsas som två ytterligheter, som det faktiska resultatet kommer hamna någonstans emellan. Resultatet visar att Olofström skulle uppfylla de krav som ställs för att få tillgodoräknas som klimatåtgärd i projektet Arninge oavsett fördelningsalternativ, men det vittnar också om stora

osäkerheter. Att endast presentera energieffektiviseringsprojektens storlek i besparing räcker alltså inte för att avgöra huruvida projektet kan användas som klimatåtgärd i NollCO₂.

En annan viktig aspekt som bör lyftas i samband med energibesparingarnas storlek är fördelningen mellan fastighetsenergi och verksamhetsenergi. I de förstudier som använts som dataunderlag för de olika energieffektiviseringsprojekten framgår det inte om besparingarna görs för byggnadens fastighetsenergi eller verksamhetsenergi. För beräkning av den energieffektiviserade byggnadens nya EP_{pet} -värde är det endast besparingar för byggnadens fastighetsenergi som kan tillgodoräknas. I stället har då energieffektiviseringsprojektens respektive planerade installationssystem analyserats för att ta reda på om besparingarna görs för byggnadens fastighetsenergi. Eftersom underlagens innehåll har varierat i information om de planerade installationssystemen, är besparingarna som görs för fastighetsenergin baserat på antaganden. Att basera besparingar för fastighetsenergi på antaganden är ytterligare en osäkerhet som bör beaktas för att kunna tillgodoräkna energieffektiviseringsprojekt i NollCO₂.

Att det finns osäkerheter gällande om energibesparingen görs för fastighetsenergin påverkar också resultatet för det tillgodoräknade klimatvärdet som energieffektiviseringsprojekten förväntas generera. Växjö är det projekt som förväntas generera störst energibesparingar i MWh, och skulle det visa sig att inte alla antagande kopplade till besparingar för byggnadens fastighetsenergi kan det beräknade klimatvärdet bli lägre. Å ena sidan går att se från figur 14 är att om alla tre potentiella energieffektiviseringsprojekt används som klimatåtgärd för projektet Arninge så finns en säkerhetsmarginal på 40%, så de gemensamma besparingar som görs kan alltså vara 40% lägre och fortfarande täcka det beräknade högsta värdet i spannet för Arninges klimatpåverkan. Å andra sidan visar resultatet från figur 14 att om besparingarna är så stora som antagits så kan två av tre energieffektiviseringsprojekt räcka för att täcka hela spannet för klimatpåverkan av Arninge, till exempel Växjö och Olofström. Det ger en lägre säkerhetsmarginal men det energieffektiviseringsprojekt som inte används som klimatåtgärd för Arninge kan användas i andra NollCO₂-projekt.

Utöver att energieffektiviseringsprojekten kompenserar projektet Arninges klimatpåverkan i form av klimatvärde så genererar även energieffektiviseringsåtgärderna en klimatpåverkan i sig. I detta examensarbete har det högsta tillåtna gränsvärdet enligt EU taxonomin för energieffektiviseringsåtgärders klimatpåverkan använts på grund av att faktiska siffror för respektive projekt har saknats. Genom att analysera de planerade installationssystemen för varje energieffektiviseringsprojekt hade detta värde kunnat uppskattas, men på grund av förstudiernas icke-konsekventa utformning skulle kvaliteten på resultaten bli väldigt varierande och svåranalyserade. Att räkna ut energieffektiviseringsprojektens faktiska klimatpåverkan är dock viktigt ur två aspekter. För det första kan inte energieffektiviseringsprojektet tillgodoräknas som klimatåtgärd om gränsvärdet överstigs. För det andra kan det genererade klimatvärdet bli högre om projektets klimatpåverkan är lägre än gränsvärdet. Ska energieffektiviseringsprojekt användas som

klimatåtgärd i NollCO₂-certifiering av ICA Fastigheters nybyggnationer är det därför nödvändigt att ta fram underlag även för energieffektiviseringarnas klimatpåverkan.

Sammanfattningsvis så vittnar resultatet om att det underlag för energieffektiviseringsprojekt som finns tillgängligt hos ICA Fastigheter i dagsläget är förknippat med stora osäkerheter. Dels för att fastställa om projektet kan tillgodoräknas som klimatåtgärd i NollCO₂, dels för att avgöra hur stort klimatvärde som projekten genererar. De förstudier som genomförs innan energieffektiviseringsprojekten måste innehålla mer information om på vilken energipost besparingar görs, om besparingar görs för verksamhetsenergi eller fastighetsenergi och energieffektiviseringsåtgärdens förväntade klimatpåverkan.

7.2.3 Klimatvärde och kostnadsanalys av energieffektiviseringsprojekt

Energieffektiviseringsprojektens genererade faktiska klimatpåverkan blir också viktigt ur en annan aspekt, nämligen vid beräkning av klimatvärdet baserat på vilken typ av energibärare som använts. Resultatet i tabell 32 där fjärrvärme ingår visar på ett negativt klimatvärde, och alltså ger energibesparingar av fjärrvärme för Växjö och Kungälv mer klimatpåverkan än klimatvärde per reducerad MWh. Detta beror på att energieffektiviseringsprojektens maximala klimatpåverkan antagits medan generiska klimatpåverkansdata för fjärrvärme är betydligt lägre än så. Vikten av att beräkna energieffektiviseringsprojektens faktiska klimatpåverkan belyses här då det i detta fall inte gynnar projektet att göra energieffektiviseringen sett till minskade CO₂e-utsläpp. Ska ekonomiska investeringar göras i energieffektiviseringsprojekt bör det också undersökas noggrannare vilken klimatomräktlig nytta som projektet genererar utöver besparingarnas storlek i MWh. Den överskådliga kostnadskalkyl som genomförts i detta examensarbete belyser betydelsen av energibärarnas klimatpåverkan ytterligare.

Sett till de kostnader som är förknippade med de tre energieffektiviseringsprojekten så går det i tabell 33 att se att Växjö har lägst kostnad per reducerad MWh, men också det lägsta klimatvärdet per reducerad MWh. Olofström har ungefär dubbelt så stor kostnad per reducerad MWh och likaså är det genererade klimatvärdet ungefär dubbelt så stort per reducerad MWh. De energibesparingar som görs för Olofström görs uteslutande via elenergi medan Växjös energibesparingar fördelar sig ungefär 50/50 på fjärrvärme respektive el. Kungälv har högst kostnad per reducerad MWh och det genererade klimatvärdet per reducerad MWh ligger ungefär mitt emellan Växjö och Olofström. Kungälvs energibesparingar fördelar sig som en tredjedel från fjärrvärme och två tredjedelar elenergi. Utifrån de tre studerade energieffektiviseringsprojekten, resultatet i tabell 33, går det att se att en minskad fjärrvärmeanvändning är en kostnadseffektiv energieffektiviseringsåtgärd men som ger en låg avkastning vad gäller genererat klimatvärde. Energieffektiviseringsåtgärder som genererar en minskad elanvändning är förknippade med jämförelsevis högre kostnader men ger, enligt de undersökta energieffektiviseringsprojekten, ett högre klimatvärde per reducerad MWh.

Resultatet i tabell 33 ger dock endast en indikation om energieffektiviseringsprojektens kostnad i förhållande till den genererade klimatvärdet per reducerad MWh och ska inte

tolkas som en absolut sanning. Om energieffektiviseringsprojektens faktiska klimatpåverkansvärde hade beräknats hade utfallet kunnat bli annorlunda vad gäller klimatvärde per reducerad MWh. Det är därför svårt att med säkerhet säga hur stort klimatvärde per reducerad MWh som projekten kommer att medföra.

7.2.4 Klimatåtgärder i NollCO₂ för ICA Fastigheter

Detta examensarbete har framför allt fokuserat på klimatåtgärder i form av installation av förnybar elproduktion och energieffektivisering i befintligt bestånd.

Klimatkompensering har inte undersökts i enlighet med avgränsningarna i detta examensarbete och ICA Fastigheters hållbarhetsstrategi. ICA Fastigheter arbetar redan med energieffektiviseringsåtgärder för befintliga byggnader och det pågår också utredningar om huruvida egna solcellsinstallationer skulle kunna byggas. Båda de studerade klimatåtgärdsalternativen är alltså något som ICA Fastigheter redan arbetar med och även något som ligger i linje med hållbarhetsstrategin. För att kunna använda alternativen i en potentiell NollCO₂-certifiering står det dock klart att det måste göras justeringar i arbetssätt, hur och vilken information som tas fram och presenteras samt i hur olika aktörer samverkar.

Återkommande under examensarbetet, både under arbetet med klimatpåverkansberäkningar för Arninge liksom under klimatåtgärdsberäkningarna, har vikten av beslut i tidiga skeden varit tydlig. Eftersom NollCO₂ är en ny certifiering som inte använts inom organisationen tidigare så har det heller inte funnits några interna ramverk för hur arbetet med certifieringen ska organiseras. Installation av förnybar elproduktion är en förhållandevis rättfram klimatåtgärd där de beslut som måste fattas framför allt kan kopplas till installationernas vara eller icke vara. Problemet som uppdragats med installation av förnybar el som klimatåtgärd är att ICA Fastigheter i så fall planerar att använda även denna energi i det egna fastighetsbeståndet. Fattas ett sådant beslut kommer inte förnybara energiprojekt kunna användas som klimatåtgärd i NollCO₂ då energin måste säljas till nätet för att kunna tillgodoräknas som en klimatåtgärd.

Energieffektiviseringsprojekt inom ICA Fastigheter är däremot något som, med utökade förstudier och beslutsunderlag, i stor utsträckning skulle kunna användas som klimatåtgärd. De beslut som måste fattas inom energieffektiviseringsprojekten knyter an till samverkan mellan olika avdelningar inom organisationen och kommunikation med inhyrda konsulter. En viktig samverkansaspekt som hittats under undersökningen av de tre energieffektiviseringsprojekten kopplas till genomförande av energideklarationer. Energideklarationer måste enligt lag genomföras vart tionde år. Ska även ett energieffektiviseringsprojekt genomföras på den specifika byggnaden i fråga, så kan det vara fördelaktigt att genomföra detta innan en ny energideklaration måste upprättas. Här finns bland annat tre fördelar som bör lyftas. För det första finns det bättre underlag för uppföljning kring resultatet av energieffektiviseringsprojektet. Detta gäller oavsett om energieffektiviseringsprojektet planeras användas i NollCO₂-certifieringen eller inte då det blir ett kvitto på de energibesparingar som gjordes. För det andra finns det

dokumenterat att energieffektiviseringsprojektet uppnått en bättre energiklass, vilket kan användas som underlag i NollCO₂-certifieringen. För det tredje, om energieffektiviseringsprojekt ska användas som klimatåtgärd, så undviks “onödiga” energideklarationer. Samtliga tre energieffektiviseringsprojekt som undersökts i detta examensarbete kommer alla behöva genomföra en ny energideklaration efter det att projekten är genomförda. Detta trots att de senaste energideklarationerna bara är noll till två år gamla, men för att kunna användas som klimatåtgärd så krävs bevis på att kraven för NollCO₂ uppfylls. Dessa “onödiga” energideklarationer kan undvikas om planeringen av energieffektiviseringsprojekten samordnas med tidslinjen för behovet av en ny energideklaration.

Med det sagt så finns det goda förutsättningar för ICA Fastigheter att nyttja energieffektivisering i befintligt bestånd som klimatåtgärd i NollCO₂, men det krävs samverkan och planering för att kunna tillgodoräkna den fulla potentialen. Vad gäller installation av förnybar elproduktion som klimatåtgärd måste det först och främst fastställas om en eventuell installation kan tänkas leverera de producerade elen till nätet eller om den ska nyttjas i det egna beståndet. Görs det sistnämnda finns det ingen anledning att fortsätta utvärdera installationsprojekten som en potentiell klimatåtgärd i NollCO₂.

8. Slutsats

Om medvetna materialval görs från tidigt projektskede så finns det goda möjligheter för nybyggnadsprojektet Arninge att uppnå gränsvärdet för indikator 3. Detta tydliggörs när olika typer av betong, såväl som olika typer av isolering jämförs. Grön betong har cirka 20% lägre klimatpåverkan än vanlig betong och cellulosa är det isoleringsmaterial med lägst klimatpåverkan. Kostnadsanalysen visade att cellulosa är ett jämförelsevis dyrare material, något som måste beaktas, och därför kan glasull vara ett lämpligare isoleringsmaterial då det är billigare och har en lägre klimatpåverkan än stenull. Nyttjande av återbrukat material är ett intressant alternativ, då materialet i sig inte ger upphov till någon klimatpåverkan, men är svårt att implementera i stor skala. Då indikator 3 och 4 står för ungefär 98% av det årliga klimatkompensationsbehovet är det tydligt att störst minskning av byggnadens klimatavtryck bör göras här. Det går att påverka byggnadens klimatpåverkan genom att göra en livscykelanalys i tidigt projektskede, identifiera de mest klimatbelastande byggdelarna och se över olika alternativ. Att genomföra en livscykelanalys i tidigt projektskede innebär att fler byggnadsdelar kan behöva schabloniseras eller på annat sätt uppskattas, vilket påverkar tillförlitligheten av byggnadens beräknade klimatpåverkan. Detta gäller även för klimatpåverkan kopplat till användningsskedet, så som energi- och vattenanvändningen. Klimatpåverkan kopplat till energianvändningen avgörs även av vilket ursprung den energi som nyttjas har, om energin är grön eller brun. Klimatpåverkan för miljömärkt elmix har visat sig vara hälften så stor som vid användandet av vanlig svensk elmix. Här är tillgängliga miljövarudeklarationer en betydande faktor då den beräknade miljömärka elmixens CO₂e-intensitet är uppskattad i detta examensarbete. Elleverantörer måste alltså kunna tillhandahålla en miljövarudeklaration över sin energimix för att få ett faktiskt klimatpåverkansvärde.

Miljövarudeklarationer, EPD:er bör i ICA Fastigheters framtida NollCO₂-projekt användas i så stor utsträckning som möjligt för att få ett så korrekt och rättvisande klimatpåverkansresultat som möjligt. Oavsett om det gäller produktspecifika EPD:er för olika byggmaterial och installationssystem eller EPD:er för energimix så bör det användas när detta finns tillgängligt. En större efterfrågan på EPD:er sätter dels krav på projektet, dels på leverantörer. En större efterfrågan från bygg- och fastighetsbranschen sätter krav på byggmaterialsleverantörer och energileverantörer så att de måste anpassa sig för att fortsatt vara konkurrenskraftiga. Detta gynnar branschen i sig och ökar klimatmedvetenheten hos alla inblandade aktörer. Samverkan mellan aktörer i projektet och i branschen är viktigt också för att nå gränsvärdet i indikator 4, kopplat till transport- och byggprocesser.

Sett till de resultat som presenterats och den diskussion som förts i detta examensarbete angående förnybar elproduktion så går det att fastställa följande; Beslut angående om egenproducerad elenergi ska säljas eller nyttjas i den egna fastigheten eller inom det egna fastighetsbeståndet måste tas då det påverkar resultatet i detta arbete ur många aspekter. För det första påverkar beslutet projektet Arninges klimatpåverkan från användningsskedet. För det andra avgör beslutet huruvida Arninge kan använda

Miljöbyggnad som tilläggs-certifiering. Slutligen avgör också beslutet om installation av förnybar elproduktion offsite kan användas som klimatåtgärd för projektet.

Elenergi-produktion offsite kan säljas till nätet och därmed nyttjas som klimatåtgärd, eller om det ligger i närhet av egna fastigheter, nyttjas av ICA Fastigheters fastighetsbestånd. Genom att sälja egenproducerad elenergi till nätet så får Arninge dels ett lägre klimatpåverkansvärde från användningsskedet, dels så genererar den sålda elen ett klimatvärde som kan nyttjas som klimatåtgärd i NollCO₂-certifieringen. Om energin säljs så kan dock inte Miljöbyggnad användas som tilläggs-certifiering i NollCO₂ då användning av egen förnybar elproduktion på fastigheten ingår i kraven för Miljöbyggnad. Resultat har även visat den storlek på en eventuell offsite solkraftpark respektive vindkraftpark som behövs för att kompensera för Arninges klimatpåverkan om den säljs till nätet.

Genom att nyttja den egenproducerade energin i NollCO₂-byggnaden kan Miljöbyggnad användas som tilläggs-certifiering enligt plan så länge övriga indikatorer tas hänsyn till. Kostnadmässigt så är detta också ett mer fördelaktigt val då mindre mängd köpt energi behövs för Arninge. Dock så genererar installerad förnybar energi som används i den egna fastigheten eller det egna beståndet inte något klimatvärde i NollCO₂-certifieringen och kan således inte användas som klimatåtgärd.

Med tanke på hur ICA Fastigheter har arbetat med installation av förnybar energi tidigare så är det troligt att den egenproducerade energin kommer att nyttjas för eget bruk. Beslut om vad som gäller framöver måste därför fattas för att få relevanta beräkningsunderlag för fastighetens klimatpåverkan, tilläggs-certifieringsbestämmelser, samt huruvida installation av förnybar elproduktion kan användas som klimatåtgärd i NollCO₂.

För att ett nybyggnadsprojekt ska kunna bli NollCO₂-certifierat så krävs det att rätt beslut tas och att rätt beräkningar görs vid rätt tillfällen under projekt- och byggskedet. Beslut om materialval, val av leverantörer och entreprenörer, samt utvärdering av klimatåtgärdsalternativ krävs för att veta vad som fungerar inom den egna organisationen.

Examensarbetet tyder på att energieffektiviseringsprojekt har god chans att kunna nyttjas som klimatåtgärder i NollCO₂-certifieringen, men beräkningarna som genomförts är i dagsläget förknippade med stora osäkerheter. Vid uträkningen av energieffektiviseringsprojektens energiklass så har antaganden och förenklingar behövts, vilket speglar resultatet. Energieffektiviseringsprojektens respektive förstudier, som till stor del varit beräkningsunderlag, bör utformas på ett annat sätt för att förenkla certifieringsprocessen. Att dela upp energibesparingar i fastighetsenergi och verksamhetsenergi är av stor vikt liksom identifiering av vilken energibärare som besparingar gjorts för. Det skulle också förenkla certifieringsprocessen om energibesparingar delades upp i samma energiposter som i energideklarationerna; uppvärmning, tappvarmvatten, kyla och fastighetsel. Att ändra formatet på förstudierna är en nödvändighet om NollCO₂-certifiering ska ske i stor skala. Om denna förändring inte görs så kommer det vara omöjligt att på ett realistiskt sätt identifiera vilka

energibesparingar som kan nyttjas för att nå netto-noll balans i ICA Fastigheters nybyggnationer. I dagsläget, när ICA Fastigheters arbete med NollCO₂-projekt fortfarande är relativt nytt, finns möjligheten att nyttja fler energieffektiviseringsprojekt än de som är tilltänkta. Denna flexibilitet kommer inte vara möjlig i samma utsträckning när fler NollCO₂-projekt initieras och beslutsunderlag från konsulter kommer i den meningen behöva bli mer detaljerade.

Framöver så måste även klimatpåverkan från energieffektiviseringsprojekten kartläggas, då det finns krav kopplat till dess påverkan från NollCO₂-certifieringen. Klimatvärdet i detta arbete har beräknats med det maximala gränsvärdet enligt EU taxonomi. Det faktiska klimatvärdet hade med stor sannolikhet förändras om projektens faktiska klimatpåverkan hade tagits fram. Klimatvärdet beror också av energibärare. Minskad fjärrvärmeanvändning leder till ett betydligt mycket lägre klimatvärde än motsvarande energiminskning med el som energibärare. Minskad elanvändning är alltså en mer effektiv klimatåtgärd, men dyrare än energieffektiviseringsåtgärder som genererar minskad fjärrvärmeanvändning. För att NollCO₂-certifiering ska vara möjlig i stor skala på ICA Fastigheter så måste samverkan och planering gällande beslutsunderlag, förstudier och energideklaration förbättras.

Utifrån ICA Fastigheters förutsättningar skulle en netto-noll balans genom klimatåtgärder framförallt kunna uppnås genom väl genomförda och planerade energieffektiviseringsprojekt. Förnybar elenergiproduktion är en möjlig klimatåtgärd men kräver en förändring i nuvarande arbetssätt för att kunna implementeras i stor skala i framtiden. Klimatkompensation är en möjlig åtgärd ur NollCO₂-certifieringens synvinkel men står i direkt konflikt med ICA Fastigheters hållbarhetsmål att ej klimatkompensera efter 2030. Det krävs att fastighetsbolaget är väl införstådd med de kravställningar och processer som NollCO₂-certifieringen innehåller utifrån egna förutsättningar, samt är villiga att ställa krav på andra involverade aktörer.

8.1 Vidare studier

Detta examensarbete har undersökt möjligheter och utmaningar med SGBC:s NollCO₂-certifiering kopplat till en fallstudiebyggnad som ägs av fastighetsbolaget ICA Fastigheter. Under arbetets gång har flera intressanta upptäckter gjorts, och vissa av dessa har, på grund av arbetets omfång och resurser, inte kunnat studeras. Tilläggs-certifiering är en del av SGBC:s krav i NollCO₂-certifieringen och att jämföra de olika alternativen för tilläggs-certifieringar, samt hur väl dessa samverkar med kraven i NollCO₂-certifieringen möjliggör att den bäst lämpade tilläggs-certifieringen kan väljas. Då NollCO₂-certifieringen är väldigt ny, så är informationen gällande uppföljningen av denna knapphändig. Att studera hur certifieringens krav kopplat till både klimatpåverkan och årlig klimatkompensation kan följas upp intern i fastighetsbolaget och i samverkan med SGBC vore en värdefull utökning. Detta arbete avgränsades och klimatåtgärden "Klimatkompensation" analyserades inte som ett möjligt alternativ för Arninge. Att studera hur klimatåtgärden "klimatkompensation" ställer sig kopplat till krav, kostnader och praktisk genomförbarhet i jämförelse med de andra möjliga klimatåtgärderna vore ett givande tillskott till detta arbete. Avslutningsvis

föreslås en studie med syfte att kartlägga klimatpåverkan från olika energieffektiviseringsåtgärder. Eftersom klimatåtgärden ”Energieffektivisering i befintligt fastighetsbestånd” berörs av energieffektiviseringsprojektets klimatpåverkan så är det av vikt att skapa förståelse och verktyg för att möjliggöra beräkning av denna klimatpåverkan.

Referenser

- ABT Bolagen (2018), Prislista betong 2018. Tillgänglig online:
<https://www.abtbolagen.se/wp-content/uploads/2018/10/ABT-prislista-betong.pdf>
(2022-04-26)
- Andersson, J., Moberg, S., Gerhardsson, H., Lindholm, C.L. (2021), Potential, effekter och erfarenheter från återbruk i bygg- och fastighetssektorn, B 2426, IVL Svenska Miljöinstitutet: Stockholm.
- Andersson, L. (2020), Energiprojekt 2020 ICA Maxi Växjö. P2 Energi: Norrköping.
- Athienitis, A., O'Brien, W. (2015), Modeling, Design, and Optimization of Net-Zero Energy Buildings. Wilhelm Ernst & Sohn: Berlin.
- Belstroj (2020), Prislista för betong. Tillgänglig online: https://belstroj.se/wp-content/uploads/2020/07/Prislista-betong-och-betongpumpning_Belstroj-AB.pdf
(2022-04-26)
- Berggren, B., Wall, M., Flodberg, K., Sandberg, E. (2012), "Net ZEB office in Sweden – A case study, testing the Swedish Net ZEB definition", International Journal of Sustainable Built Environment, vol. 1, nr. 2, ss. 217-226.
- BFS 2011:6. Boverkets byggregler - föreskrifter och allmänna råd. Konsoliderad version med ändringar till och med BFS 2020:4.
- BFS 2016:12. Boverkets föreskrifter och allmänna råd om fastställande av byggnadens energianvändning vid normalt brukande och ett normalår, BEN. Konsoliderad version med ändringar till och med BFS 2017:6.
- Boverket (2017), Normalisering av energianvändningen. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/energi-hushallning/byggnadens-energianvandning-baserad-pa-matning/normalisering-av-energianvandningen/> (2022-04-21).
- Boverket (2021a), Utsläpp av växthusgaser från bygg- och fastighetssektorn. Tillgänglig online: <https://www.boverket.se/sv/byggande/hallbart-byggande-och-forvaltning/miljoindikatorer---aktuell-status/vaxthusgaser/> (2022-02-23).
- Boverket (2021b), Om boverkets byggregler, BBR. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/regler-om-byggande/boverkets-byggregler/om-bbr/> (2022-05-10).
- Boverket (2021c), Syftet med att klimatdeklarera byggnader. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/om-klimatdeklaration/syfte/> (2022-02-24).
- Boverket (2021d), Om Boverkets klimatdatabas. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/om-klimatdatabas/>
(2022-04-20).

- Boverket (2021e), Energideklarationens innehåll. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/energideklarationens-innehall/> (2022-03-10).
- Boverket (2021f), Miljöpåverkan från byggsektorn både ökar och minskar. Tillgänglig online: <https://www.boverket.se/sv/om-boverket/publicerat-av-boverket/nyheter/miljopaverkan-fran-byggsektorn-bade-okar-och-minskar/> (2022-05-10).
- Boverket (2022), Ska din byggnad ha en energideklaration? Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/energideklaration/energideklaration/> (2022-03-10).
- Boverket (u.å.), Sök i Boverkets klimatdatabas. Tillgänglig online:
<https://www.boverket.se/sv/klimatdeklaration/klimatdatabas/klimatdatabas/> (2022-05-12).
- Bra miljöval (2022), El märkt med bra miljöval. Tillgänglig online:
<https://www.bramiljoval.se/omraden/elenergi/?tab=bli-licenstagare> (2022-05-23).
- Byggmax (u.å.a), Stenullsskiva Paroc Solid. Tillgänglig online:
<https://www.byggmax.se/stenullsskiva-paroc-solid#1257=54985> (2022-04-26).
- Byggmax (u.å.b), Isoleringsskiva lambda 37 isolver. Tillgänglig online:
<https://www.byggmax.se/isoleringsskiva-lambda-37-isolver#1257=54985> (2022-04-26).
- Energimyndigheten (2017), Produktionskostnader för vindkraft i Sverige, ER 2016:17, Statens Energimyndighet: Eskilstuna.
- Europakommissionen (u.å.a), 2030 climate & energy framework. Tillgänglig online:
https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2030-climate-energy-framework_en (2022-02-15).
- Europakommissionen (u.å.b), 2050 long-term strategy. Tillgänglig online:
https://ec.europa.eu/clima/eu-action/climate-strategies-targets/2050-long-term-strategy_en (2022-02-15).
- Fossilfritt Sverige (u.å.a), Bygg- och anläggningssektorn. Tillgänglig online:
<https://fossilfrittssverige.se/roadmap/bygg-och-anlaggningssektorn/> (2022-03-10).
- Fossilfritt Sverige (u.å.b), Om fossilfritt Sverige. Tillgänglig online:
<https://fossilfrittssverige.se/vilka-vi-ar/> (2022-03-10).
- GK (2021), Gör äldre byggnader mer hållbara. Tillgänglig online:
<https://www.gk.se/gk-stories/gor-aldre-byggnader-mer-hallbara#:~:text=%C3%84ldre%20byggnader%20%C3%A4r%20ofta%20stora,%C3%A4r%20med%20andra%20ord%20stora.> (2022-05-10).
- Green, J. (2021), Vägledning för byggaktörers klimatarbete i nyproduktion. Tillgänglig online: <https://www.sbuf.se/Artikel?article=67e73d1b-971d-4fe6-a6d4-c9d704a7e500> (2022-03-10).

- Grinham, J., Fjeldheim, H., Yan, B., Helge, T.D., Edwards, K., Hegli, T., Malkawi, A. (2022), "Zero-carbon balance: The case of HouseZero", Building and Environment, vol. 207, Part B.
- ICA Fastigheter (2021a). ICA Fastigheters Hållbarhetsstrategi 2022 – 2030. ICA Fastigheter: Stockholm.
- ICA Fastigheter (2021b), Energiprojekt, övergripande beslutsunderlag Maxi Kungälv [.xlsx]. ICA Fastigheter: Stockholm.
- ICA Fastigheter (2021c), Energiprojekt, övergripande beslutsunderlag Maxi Olofström [.xlsx]. ICA Fastigheter: Stockholm.
- ICA Fastigheter (u.å.), Energiprojekt, övergripande beslutsunderlag Maxi Växjö [.xlsx]. ICA Fastigheter: Stockholm.
- ICA Gruppen (2022), Årsredovisning 2021. ICA Gruppen: Stockholm.
- Isoleringsbutiken (u.å.), iCell 145 mm. Tillgänglig online: <https://www.isoleringsbutiken.se/isolering/icell-145-mm> (2022-04-26).
- Jernkontoret (u.å.), Energieffektiviserande åtgärder i ventilationsanläggningar. Tillgänglig online: <https://www.energihandbok.se/energieffektiviserande-atgarder-i-ventilationsanlaggningar> (2022-03-01).
- Johnsson, M. (2019), Teknisk status 2019 ICA Maxi Kungälv. P2 Energi: Norrköping.
- Jönsson, Å., Björklund, T., Tillman, A.M. (1998), "LCA of Concrete and Steel Building Frames", The International Journal of Life Cycle Assessment, vol. 3, nr. 4, ss. 216-224.
- Kraftringen (u.å.), Lagg till bra Miljöval på ditt elabonnemang. Tillgänglig online: <https://www.kraftringen.se/privat/el/elhandel/miljotillval/bra-miljoval/> (2022-05-15).
- Lindahl, A. (2021), Energideklaration 1238902, Holje 103:7, Vers. 2.8. Boverket: Online.
- Lindahl, A. (2022), Energideklaration 1243759, Juveleraren 6, Vers. 2.8. Boverket: Online.
- Marve, R. (2021a), NollCO2 ICA Arninge CO2e-kompensation. Vers. 1.0. Ramboll Sverige AB: Göteborg.
- Marve, R. (2021b), NollCO2 ICA Arninge Screening LCA. Vers. 1.0. Ramboll Sverige AB: Göteborg.
- Marve, R. (2021c), NollCO2 ICA Arninge Screening LCA. Vers. 1.1. Ramboll Sverige AB: Göteborg.
- Moilanen, P. (2021), Energideklaration 1240436, Intendenten 1, Vers. 2.8. Boverket: Online.
- Nationalencyklopedin (u.å.), Värmefaktor. Tillgänglig online: <http://www-ne-se.ezproxy.its.uu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/varmefaktor> (2022-05-11).

- Naturskyddsföreningen (2021), Vad är energi? Tillgänglig online:
<https://www.naturskyddsforeningen.se/faktablad/vad-ar-energi/> (2022-03-02).
- Naturvårdsverket (2017), Sveriges klimatmål och klimatpolitiska ramverk. Tillgänglig online:
<https://www.naturvardsverket.se/amnesomraden/klimatomställningen/sveriges-klimatarbete/sveriges-klimatmal-och-klimatpolitiska-ramverk/> (2022-02-16).
- P2 Energi (2020a), ICA Maxi Kungälv, Tekniska förutsättningar, Projektöversikt [.pptx]. P2 Energi: Norrköping.
- P2 Energi (2020b), ICA Maxi Olofström, Åtgärder. P2 Energi: Norrköping.
- Penaloza, D., Erlandsson, M., Berlin, J., Wålinder, M., Falk, A. (2018), "Future scenarios for climate mitigation of new construction in Sweden: Effects of different technological pathways", Journal of Cleaner Production, vol. 187, nr. 6, ss. 1025-1035.
- Persson, V., Mared, O., (2016), Energieffektivisering av byggnader, 192160, DiVA: Online.
- Ramsell, R. (2021), Projektplan Arninge centrum, Vers.1.1, ICA Fastigheter AB: Stockholm.
- Regeringen (2017), Nu ställer vi krav på hållbarhet för företag. Tillgänglig online:
<https://www.regeringen.se/debattartiklar/2016/05/nu-staller-vi-krav-pa-hallbarhet-for-foretag/> (2022-05-10).
- Regeringskansliet (u.å.a), Om Agenda 2030 och de globala målen för hållbar utveckling. Tillgänglig online: <https://www.regeringen.se/regeringspolitik/globala-malen-och-agenda-2030/> (2022-05-10).
- Regeringskansliet (u.å.b), Agenda 2030 Mål 11 Hållbara städer och samhällen. Tillgänglig online: <https://www.regeringen.se/regeringspolitik/globala-malen-och-agenda-2030/agenda-2030-mal-11-hallbara-stader-och-samhallen/> (2022-05-10).
- Riksbyggen (2017), Positivt att energikraven för byggnader skärps. Tillgänglig online:
<https://www.riksbyggen.se/om-riksbyggen/press-och-opinion/pressrum/2017/1740028/> (2022-05-10).
- Rolfsman, L., Markussan, C., Borgqvist, M., Björkman, J., Larsson, K. (2014), Värmeåtervinning med värmepump från livsmedelssystem i butik, BP04, SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut: Borås.
- SBUF (u.å.), Att välja stomme, Nr 94:07, Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond: Online.
- SCB (2021), El-, gas- och fjärrvärmeförsörjningen 2020, EN 11 SM 2102, SCB: Online.
- SCB (2022), Elproduktion och förbrukning i Sverige. Tillgänglig online:
<https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/miljo/elektricitet-i-sverige/> (2022-04-27).

- SFS 2006:985. Lag om energideklaration för byggnader.
- SFS 2010:900. Plan- och bygglag.
- SFS 2021:787. Lag om klimatdeklaration för byggnader.
- Sveby (2013). Brukarindata kontor, Vers. 1.1, Sveby: Stockholm.
- Svensk betong (2019), Klimatförbättrad betong. Svensk betong: Stockholm.
- Svenska kraftnät (2021), Sveriges elnät. Tillgänglig online: <https://www.svk.se/om-kraftsystemet/oversikt-av-kraftsystemet/sveriges-elnat/> (2022-03-02).
- Svensson, S., Heinegård, M., Jönsson, E. (2021), Klimatförbättrat byggande av ytgrundläggningar, 13942, SBUF: Online.
- Sveriges Miljömål (2022) Utsläpp av växthusgaser till år 2045. Tillgänglig online: <https://www.sverigesmiljomal.se/etappmalen/utslapp-av-vaxthusgaser-till-ar-2045/> (2022-05-10).
- Sweden Green Building Council (2019), Lidl's Visby-butik först att klara branschens tuffaste hållbarhetscertifiering. Tillgänglig online: <https://www.sgbc.se/nyheter/lidls-visby-butik-forst-att-klara-branschens-tuffaste-hallbarhetscertifiering/> (2022-03-03).
- Sweden Green Building Council (2020), NollCO2 netto-noll klimatpåverkan manual, version 1.0. SGBC: Online.
- Sweden Green Building Council (2021a), Tolkningar och förtydliganden NollCO2: Ind9-06 Energieffektivisering i befintliga byggnader; kravnivå. Tillgänglig online: <https://www.sgbc.se/certifiering/nollco2/anvandarstod-for-nollco2/tolkningar-och-fortydliganden-nollco2/> (2022-04-21).
- Sweden Green Building Council (2021b), NollCO2 Klimatpåverkan Certifiering.xlsx, SGBC: Erhålls vid registrering.
- Sweden Green Building Council (2022a). Tillgänglig online: <https://www.sgbc.se/> (2022-05-10)
- Sweden Green Building Council (2022b), Miljöbyggnad, metodik och manual nybyggnad, version 3.2. SGBC: Online.
- Sweden Green Building Council (u.å.), NollCO2 netto-noll klimatpåverkan ramverk. SGBC: Online.
- Turk, S., Quintana, S.N.S.A, Zhang, X. (2018), "Life-cycle analysis as an indicator for impact assessment in sustainable building certification systems: the case of Swedish building market", Energy Procedia, vol. 153, ss. 414-419.
- Tätkäpää, A. (2021), Nybyggnad ICA MAXI, butiker, parkering ICA MAXI Arninge, Kv. Tumstocken 6, Arninge Energibalansberäkning, Vers. 1.1, Kadesjö's ingenjörbyrå AB: Västerås.

WWF (2017), Ny Sifo: Klimatet viktigaste samhällsfrågan för unga. Tillgänglig online:
<https://www.wwf.se/pressmeddelande/ny-sifo-klimatet-viktigaste-samhallsfragan-for-unga-2497300/> (2022-05-10)

Appendix A

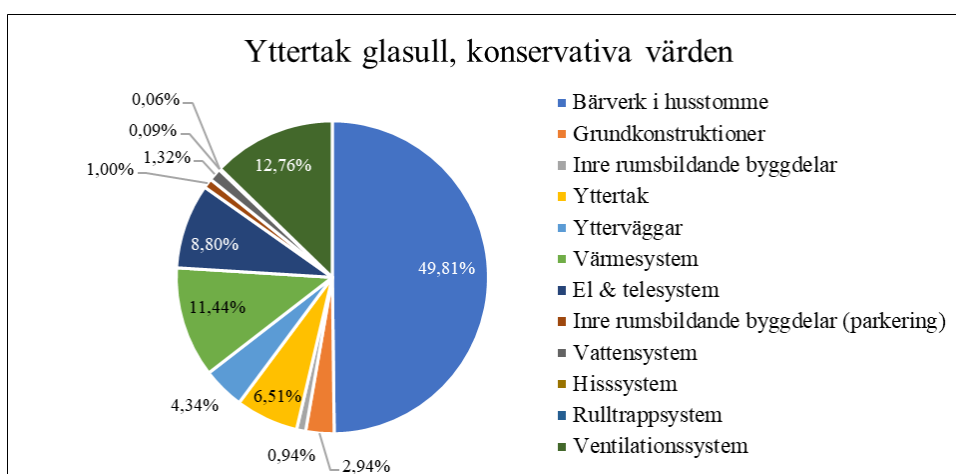
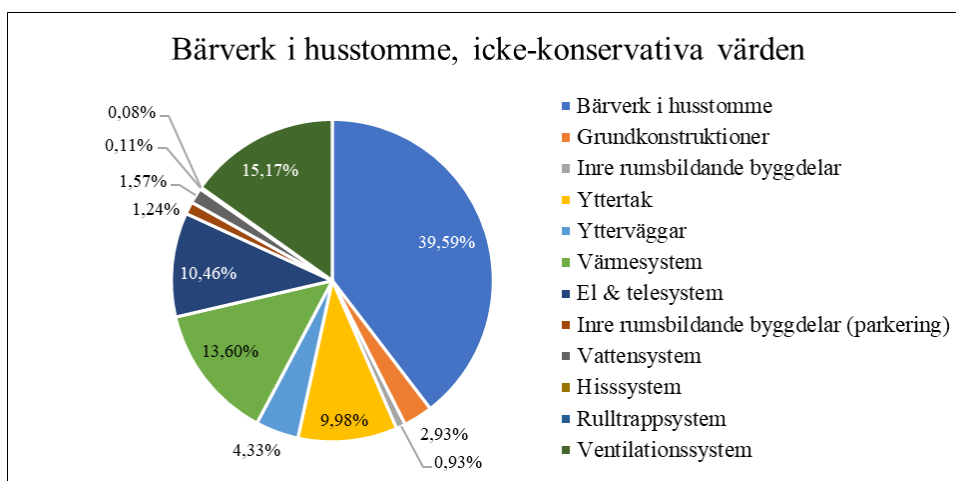
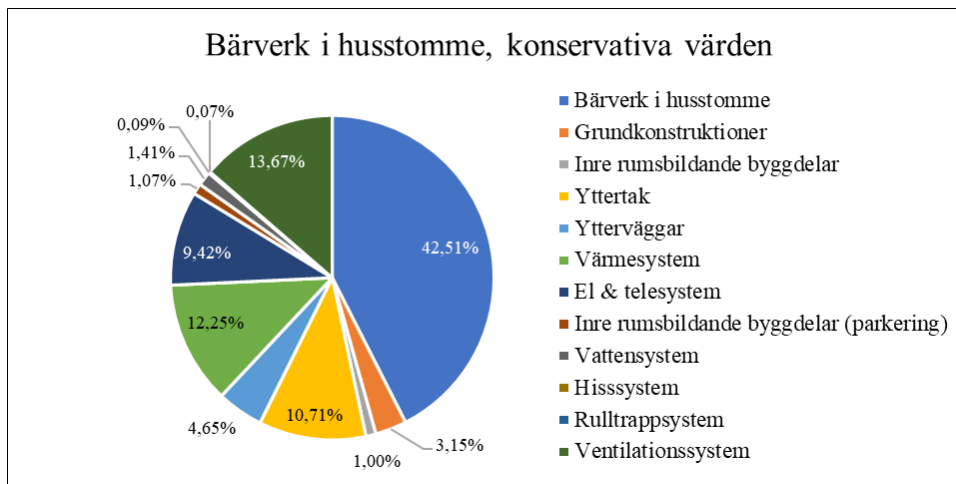
Data över material, volymer och klimatdata som använts i examensarbetet, här visas referensfallet. Grönmarkerade rader är de material som bytts i känslighetsanalysen. Följande material ur boverkets klimatdatabas har ersatt de grönmarkerade raderna, presenteras som resurs-ID:

- 6000000050
- 6000000033
- 6000000002
- 6000000173

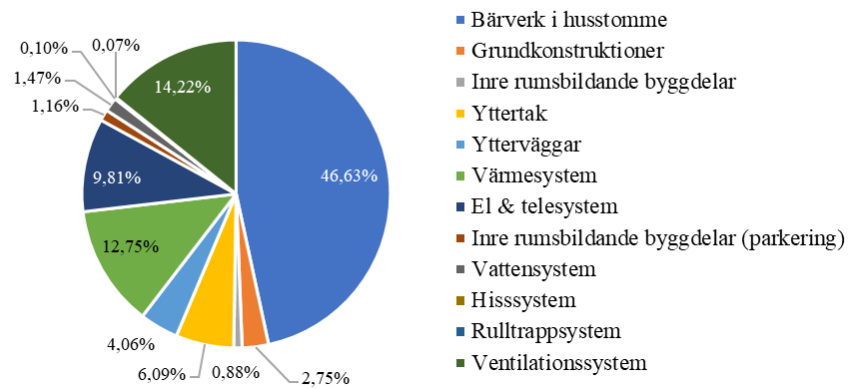
[illegible]

Appendix B

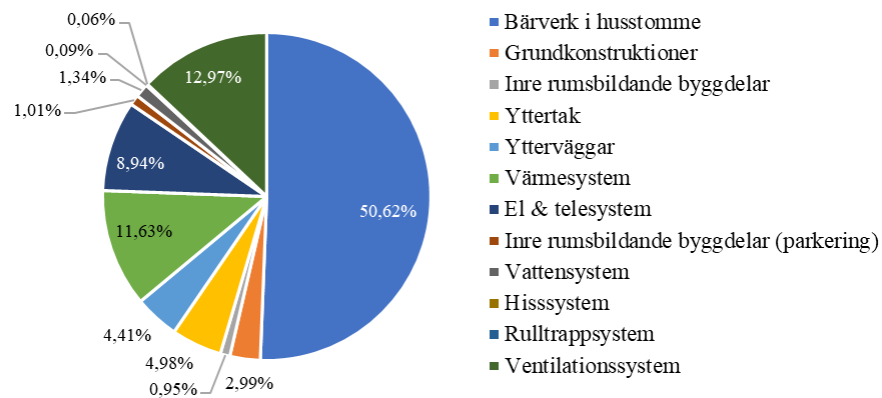
Resultat för procentandelar, konservativa och icke-konservativt beräknade, för byte av material i bärverk i husstomme och byte av isolering till glasull respektive cellulosa i yttertak.



Yttertak glasull, icke-konservativa värden



Yttertak cellulosa, konservativa värden



Yttertak cellulosa, icke-konservativa värden

