



Nr U 6273
April 2020

Klimatkonsekvenser av fastighetsnära energiåtgärder i tre städer

Demonstration och test av verktyget
Tidstegen hos tre allmännyttiga
bostadsföretag

På uppdrag av Sveriges Allmännytta

Jenny Gode, Jonas Ottosson, Johanna Nilsson, Annamaria Sandgren, Anders Sidvall



Författare: Jenny Gode, Jonas Ottosson, Johanna Nilsson, Annamaria Sandgren, Anders Sidvall

På uppdrag av: Sveriges Allmännytt

Rapportnummer U 6273

© IVL Svenska Miljöinstitutet 2020

IVL Svenska Miljöinstitutet AB, Box 210 60, 100 31 Stockholm

Tel 010-788 65 00 // www.ivl.se

Rapporten har granskats och godkänts i enlighet med IVL:s ledningssystem

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	4
1 Inledning	5
1.1 Bakgrund	5
1.2 Syfte.....	5
1.3 Studerade pilotprojekt	6
1.4 Metod	6
2 Pilotprojekt	8
2.1 Generellt om indata och resultat	8
2.1.1 Generellt om indata för fastigheter	8
2.1.2 Generellt om indata för energisystem.....	8
2.1.3 Generellt om resultat.....	9
2.2 Pilot 1: Byggnadstekniska åtgärder	11
2.2.1 Beskrivning av pilotprojektet	11
2.2.2 Resultat från verktyget Tidstegen.....	14
2.3 Pilot 2: Renoveringsåtgärder och solenergi	16
2.3.1 Beskrivning av pilotprojektet	16
2.3.2 Resultat från verktyget Tidstegen.....	20
2.4 Pilot 3: Olika FTX-aggregat	23
2.4.1 Beskrivning av pilotprojektet	23
2.4.2 Resultat från verktyget Tidstegen.....	26
3 Diskussion och slutsatser	28
4 Referenser.....	30

Sammanfattning

Syftet med projektet har varit att analysera klimatpåverkan från fastighetsnära energiåtgärder i tre städer med avseende på lokala förhållanden och med hänsyn till säsongsvariationer och dygnsvariationer. Arbetet har gjorts i form av tre pilotprojekt och har varit en del av Sveriges Allmännyttas projekt "En utvecklad klimatberäkningsmetod för allmännyttan". Pilotprojekten har analyserat energiåtgärder i Linköping, Kalmar och Umeå och har utförts i samarbete mellan ett fastighetsbolag, ett energiföretag och IVL Svenska Miljöinstitutet. I de tre pilotprojekten har ett verktyg för klimatbedömning av energilösningar i byggnader använts. Verktyget kallas Tidstegen och har utvecklats för att beräkna konsekvenserna ur klimatsynpunkt av byggnaders förändrade energianvändning vid ny- eller ombyggnation.

De tre pilotprojekten har analyserat förändrad energianvändning i befintliga fastigheter med fjärrvärmeanslutning. Den förändrade energianvändningen har i de flesta fall berott på renoveringsåtgärder och installation eller utbyte av värmeåtervinnande luftaggregat. I ett pilotprojekt studerades olika installationer av solenergianläggningar i en fastighet. Pilotprojekten valdes ut i samråd mellan Sveriges Allmännytta och IVL samt genom intresseanmälan från de aktuella företagen och säkerställande att de hade möjlighet att genomföra piloterna under hösten 2019.

I verktyget Tidstegen analyseras konsekvenserna ur klimatsynpunkt av förändrad energianvändning och klimatberäkningen baseras därför endast på de anläggningar i energisystemet som påverkas av förändringen. Aktuellt fjärrvärme- och fjärrkylföretag lägger in data i verktyget kring de anläggningar som påverkas av förändrad efterfrågan på värme och kyla. IVL lägger in data för elsystemet utifrån tre nordeuropeiska elscenarier, då konsekvensen av förändrad elanvändning även påverkar elproduktion utanför Sverige och Norden. Denna elproduktion är på kort sikt främst fossilbränslebaserad och på längre sikt elproduktion med lägre klimatpåverkan.

Åtgärder som innebär ökad elanvändning får relativt hög klimatpåverkan medan åtgärder som minskar elbehovet ger låg klimatpåverkan. Installation av solceller blir därför en effektiv åtgärd ur klimatsynpunkt. Av samma skäl är det inte klimatomkostligt gynnsamt med energiåtgärder som minskar fjärrvärmebehovet vid tidpunkter då kraftvärmeanläggningar påverkas av förändringen, eftersom den förlorade elproduktionen i kraftvärmeanläggningen måste ersättas med annan el i det nordeuropeiska elsystemet. Samtliga pilotprojekt har fjärrvärmeförsörjning med mycket kraftvärme. Pilotprojekten har analyserat energieffektiviseringsåtgärder som med dessa lokala förhållanden alltså inte är klimatomkostligt fördelaktiga. Man kan konstatera att för dessa tre piloter är det ur klimatsynpunkt bättre att investera i lösningar som effektiviserar elanvändningen istället för värmeanvändningen. Det är dock värt att påpeka att man kan uppnå andra nyttor med energieffektiviseringsåtgärder, såsom lägre driftskostnader, lägre effektbehov, förbättrad inomhusmiljö och ökad komfort.

Klimatberäkningarna i verktyget Tidstegen kan användas som ett av flera underlag när ett fastighetsbolag står inför beslut att genomföra energiåtgärder i befintliga byggnader. Resultaten som erhålls med verktyget kan alltså användas som ett komplement till andra beslutsunderlag såsom ekonomi och inomhusmiljö.

1 Inledning

Sveriges Allmännyttan genomför projektet "En vidareutvecklad energi- och klimatuppföljningsmetod för bostadsföretag". Projektet har stöd från Energimyndighetens program för energieffektivt byggande och boende (E2B2). Kopplat till detta projekt har IVL genomfört ett uppdrag åt Sveriges Allmännyttan med syfte att beräkna konsekvenser ur klimatsynpunkt av energiåtgärder i fastigheter i tre städer. I uppdraget har verktyget Tidstegen använts för att klimatvärdera energiåtgärder med avseende på lokala förhållanden och med hänsyn till säsongsvariationer och dygnsvariationer.

1.1 Bakgrund

Verktyget Tidstegen har utvecklats för att beräkna konsekvenserna ur klimatsynpunkt av byggnaders förändrade energianvändning vid ny- eller ombyggnation. Byggnaders energianvändning påverkar inte bara byggnadens klimatprestanda utan medför också effekter på det övergripande energisystemet. Att välja klimatomåttligt gynnsamma energilösningar och renoveringsstrategier i byggnadsbeståndet är därför en viktig del i omställningen till ett mer hållbart energisystem. Verktyget bygger på metodik och data som tagits fram och rapporterats i flera tidigare forskningsprojekt (Gode m.fl. 2015, Hagberg m.fl. 2017, Lätt m.fl. 2019, Gode m.fl. 2020).

Bakgrunden till utvecklingen av Tidstegen-metoden och verktyget Tidstegen är att det saknats hjälpmedel för att bygg- och fastighetsbolag ska kunna analysera klimatpåverkan vid förändrad energianvändning som tar hänsyn till hur en byggnads energibehov och tillförseln av el/fjärrvärme/fjärrkyla varierar i tid. I dagsläget beaktas ofta bara byggnadens energiprestanda i form av köpt energi på årsbasis och inte den totala energi- och resursanvändningen då byggnaden kopplas ihop med energisystemet. Detta kan leda till felaktiga och i vissa fall kostsamma investeringar i ett enskilt projekt utan att en verklig energi- och miljövinst uppnås. Verktyget Tidstegen och den metod verktyget bygger på tar hänsyn till detta systemperspektiv och hur användning och produktion av el/värme/kyla matchar i tid. Genom scenarier för utveckling av framtida energisystem tar metoden även hänsyn till hur en energiåtgärd i en byggnad påverkar energisystemet över hela sin livslängd. Verktyget analyserar konsekvenser av förändrad energianvändning och kan användas som underlag vid beslut om vilken åtgärd som ska utföras.

1.2 Syfte

Syftet med projektet har varit att analysera klimatpåverkan från energiåtgärder i fastigheter i tre städer med avseende på lokala förhållanden och med hänsyn till säsongsvariationer och dygnsvariationer.

Arbetet har gjorts i form av tre pilotprojekt och har varit en del av Sveriges Allmännyttas projekt "En utvecklad klimatberäkningsmetod för allmännyttan". Pilotprojekten har analyserat energiåtgärder i fastigheter i Linköping, Kalmar och Umeå och har i varje stad utförts i samarbete mellan ett fastighetsbolag, ett energiföretag och IVL Svenska Miljöinstitutet. I de tre pilotprojekten har ett verktyg för klimatbedömning av energilösningar i byggnader använts. Verktyget kallas Tidstegen och har utvecklats för att beräkna konsekvenserna ut klimatsynpunkt av byggnaders förändrade energianvändning vid ny- eller ombyggnation.

1.3 Studerade pilotprojekt

Följande pilotprojekt har ingått i projektet:

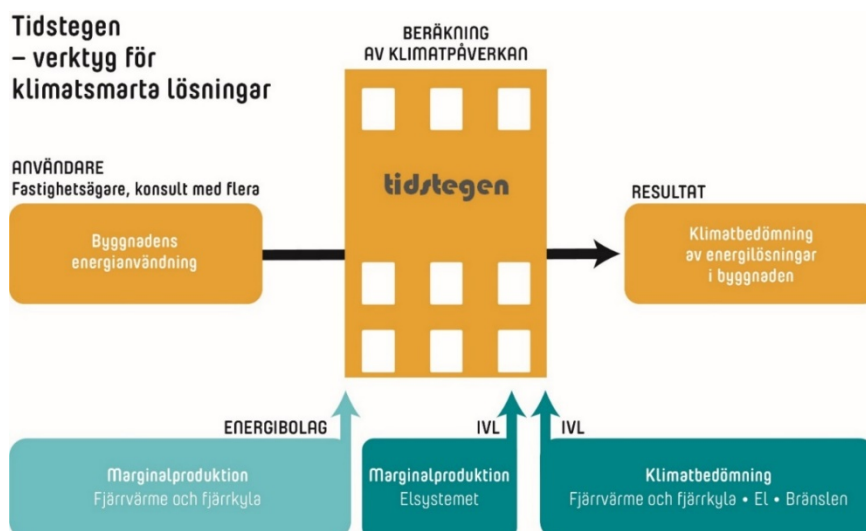
- Renoveringsåtgärder typ ROT inklusive FTX i två olika fastigheter kopplade till två olika fjärrvärmenät med kraftvärme (Pilotprojekt 1 och 2)
- Installation av solcells- eller solvärmeanläggning i fastighet kopplad till fjärrvärmenät med kraftvärme (Pilotprojekt 2)
- Två olika utformningar av FTX i fastighet kopplad till fjärrvärmenät med kraftvärme (Pilotprojekt 3)

Det är deltagarna i pilotprojekten som själva har lagt in uppgifter om referensbyggnad och energilösningar och som har namngivit dessa i verktyget Tidstegen.

1.4 Metod

Beräkningarna av klimatprestanda utgår från metodiken som tagits fram i tre tidigare forskningsprojekt (Gode m.fl. 2015, Hagberg m.fl. 2017, Lätt m.fl. 2019, Gode m.fl. 2020). Baserat på metodiken har en betaversion av ett verktyg tagits fram. Metodiken bygger på så kallad konsekvensanalys. Med detta menas att effekten av förändrad energianvändning analyseras. Detta skiljer sig från så kallad bokföring som innebär kartläggning av utsläpp från en viss produkt, byggnad, företag och liknande och som används vid till exempel miljöredovisning eller miljövarudeklarationer. Konsekvensanalys är lämpligt att använda vid beslutssituationer där effekter av förändringar ska analyseras medan bokföring passar för miljöredovisning. För mer information om miljöbedömning av energi och specifikt konsekvensanalys och bokföring hänvisas till exempelvis Ekvall (2018) eller Ekvall m.fl. (2020).

I Figur 1 och efterföljande text sammanfattas kortfattat metodiken för verktyget Tidstegen, det vill säga den metodik som de tre pilotprojekten bygger på.



Figur 1. Beräkningsgång i metoden och verktyget Tidstegen.

Metoden omfattar förenklat följande steg:

1. **Energilösningar i byggnader**

Användaren (till exempel ett bygg- eller fastighetsbolag) tar fram energidata (producerad och använd el, värme och kyla) för en referensbyggnad och för ett antal fallstudier som ska analyseras. Energidata bör vara tidsupplöst, och den önskade detaljgraden är per timme. Vid lägre tidsupplösning får användaren själv fördela ut värdena över årets timmar. Energianvändningen i fastigheten kopplas till det lokala energisystemet genom data över utomhustemperaturen på orten som hämtas från Sveby/SMHI:s klimatdatafiler (Sveby, 2020).

2. **Fjärrvärme och fjärrkyla**

Energibolaget tar fram data för det lokala fjärrvärme- och fjärrkylanätet enligt en särskild mall. Detta ger information om vilka fjärrvärmeanläggningar/ fjärrkyleanläggningar och bränslen som påverkas vid förändrad energianvändning vid en viss utetemperatur. Data bör levereras för dagens situation och minst ett framtida scenario.

3. **El**

IVL tar fram data för tre scenarier för utveckling av elsystemet. Scenarierna beskriver vilka elproduktionstekniker (och resulterande klimatprestanda) som påverkas av en förändrad elanvändning/elproduktion i det nordeuropeiska elsystemet. De tre scenarierna är ett referensscenario, ett klimattungt scenario och ett klimatsnålt scenario. Det som skiljer scenarierna åt är antaganden om vilka anläggningar som kommer att påverkas av förändrad efterfrågan på el, där det klimatsnåla ger lägst klimatpåverkan, följt av referensscenariot och sedan det klimattunga scenariot.

4. **Beräkning klimatprestanda**

Beräkning av klimatprestanda för olika energilösningar sker genom beräkning av skillnaden i klimatpåverkan mellan varje fallstudie och referensbyggnaden. Klimatpåverkan är uttryckt som ton koldioxidekvivalenter (CO_{2e} eller CO_{2ekv}) per år eller kg koldioxidekvivalenter per $\text{m}^2 A_{temp}$ och är ett medelvärde av den årliga förändrade klimatpåverkan från byggnaden mellan året då åtgärden eller energilösningen implementeras och år 2040.

2 Pilotprojekt

Inom projektet har tre pilotprojekt utförts för att beräkna byggnaders förändrade klimatpåverkan vid olika åtgärder då de ingår i tre olika lokala energisystem med koppling till det nordeuropeiska elsystemet. I detta avsnitt redovisas utfallen av pilotprojekten. Pilotprojekten har haft en viktig funktion för att testa och vidareutveckla den betaversion av verktyget Tidstegen som togs fram inom den tredje etappen av projektet Tidstegen. De tre pilotprojekten sammanfattas i Tabell 2. Genomgående i denna rapport menas med begreppet "användare" en aktör som utför åtgärder i en byggnad eller bygger en ny byggnad och vill undersöka hur åtgärderna påverkar byggnadens klimatpåverkan med avseende på energianvändning. Samtliga användare som har varit delaktiga i pilotprojekten inom projektet har varit allmännyttiga fastighetsbolag.

Tabell 1 Översikt av pilotprojekt som genomförts i projektet

Pilotprojekt	Energiföretag	Användare	Typ av åtgärd som undersökts
1	Tekniska Verken i Linköping AB	AB Stångåstaden	ROT-renoveringsåtgärder i befintlig byggnad, inklusive installation av FTX-aggregat
2	Kalmar Energi AB	Kalmarhem AB	ROT-renoveringsåtgärder i befintlig byggnad, inklusive installation av FTX-aggregat Installation av solcells- eller solvärmeanläggning i befintlig byggnad
3	Umeå Energi AB	AB Bostaden i Umeå	Utbyte av FTX-aggregat i befintlig byggnad

2.1 Generellt om indata och resultat

2.1.1 Generellt om indata för fastigheter

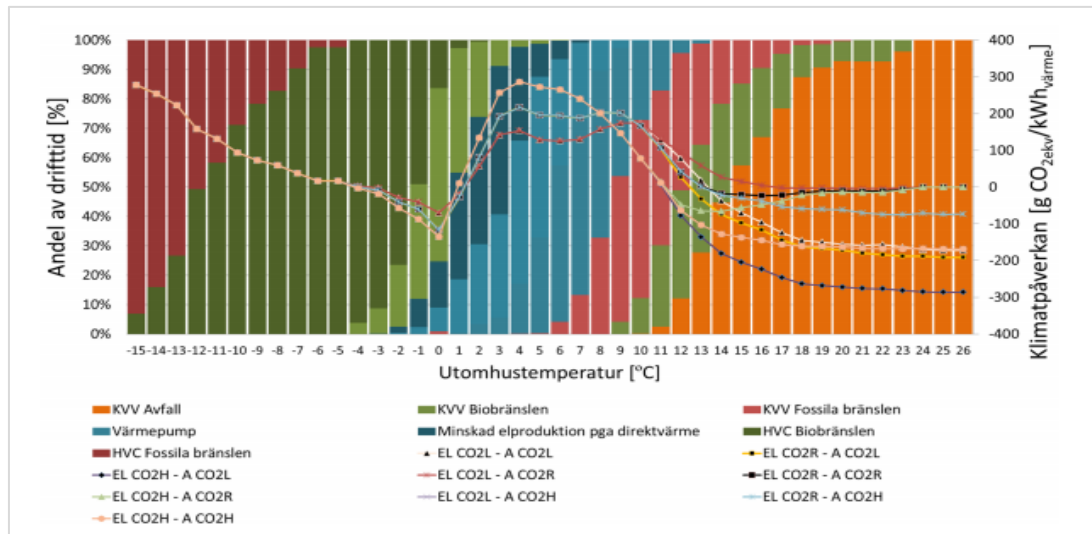
I samtliga pilotprojekt har användaren tagit fram uppmätt, beräknad eller uppskattad energianvändning per timme för ett år i en fastighet innan åtgärd. Denna data har använts för att bilda ett utgångsläge eller referens, mot vilka olika åtgärder och energilösningar har jämförts. IVL har inte varit delaktiga i detta arbete.

2.1.2 Generellt om indata för energisystem

Energiföretagen har i pilotprojekten angett vilka produktionsanläggningar som finns i deras fjärrvärmeproduktion samt respektive anläggnings totalverkningsgrad, bränsle och alfavärde. Därefter har energiföretagen genom egna utvecklade metoder, baserade på historiska produktionsdata eller framtida produktionsplaner, angett sannolikheten för att en viss produktionsanläggning påverkas av förändrad efterfrågan på värme vid varje utomhustemperatur mellan -25°C och +25°C. De anläggningar som redan är i full drift vid respektive

utomhustemperatur påverkas ej och medräknas därför ej. Resultatet blir marginalmixen för det fjärrvärmesystemet.

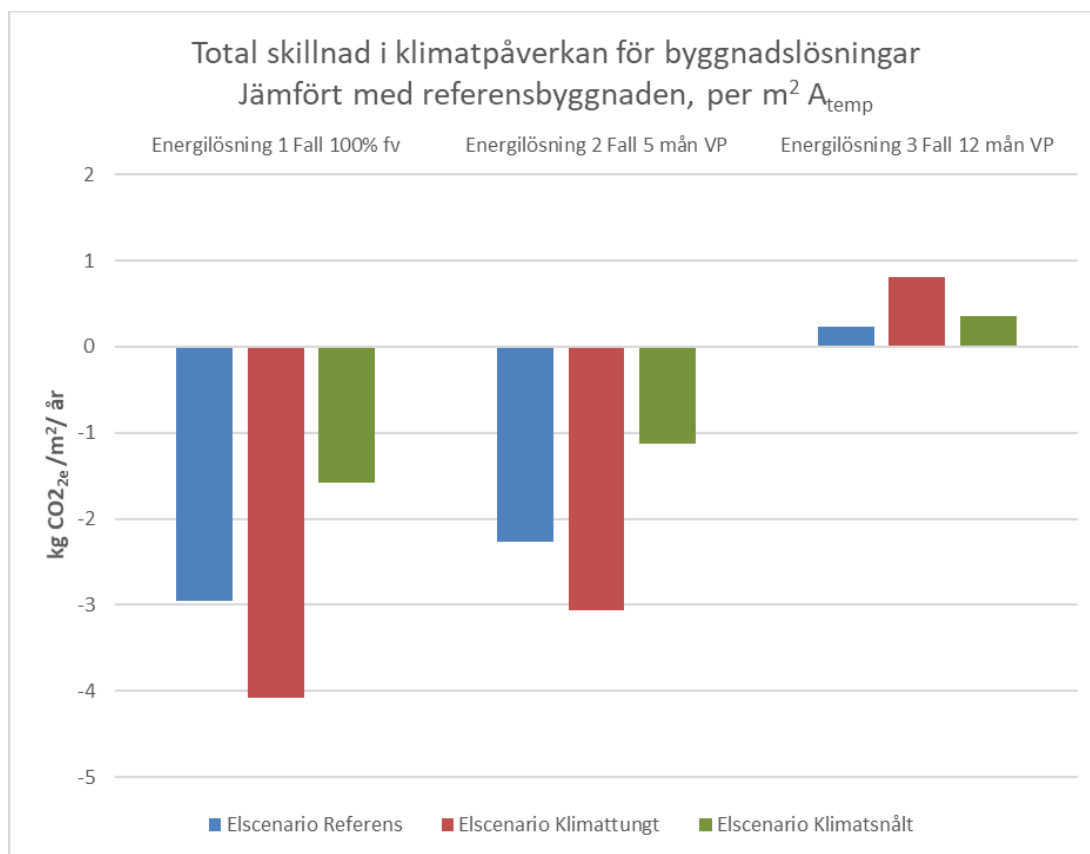
Med hjälp av ovanstående information om energisystemen har IVL genom verktyget Tidstegen uppskattat klimatpåverkan från en förändrad energianvändning i en byggnad kopplad till energisystemet. För varje energisystem beräknas klimatpåverkan per utomhustemperatur i tre olika scenarier för det nordeuropeiska elsystemets utveckling. Se Hagberg m.fl. (2017) för en mer utförlig beskrivning av hur klimatpåverkan för ett fjärrvärme- eller kylsystem bedöms enligt metoden i Tidstegen. I Figur 2 visas ett exempel på hur ett fjärrvärmesystems marginalmix och klimatpåverkan beskrivs enligt metoden i Tidstegen.



Figur 2 Exempel på marginalmix och klimatpåverkan för ett fiktivt fjärrvärmesystem. Staplarna anger en fördelning av anläggningar som vid en viss utomhustemperatur påverkas av förändrad efterfrågan på fjärrvärme. Linjerna anger den resulterande klimatpåverkan vid varje utomhustemperatur. Figuren är hämtad från (Hagberg m. fl., 2017) och innehåller fler olika linjer för klimatpåverkan än vad som används i denna rapport. (KVV: Kraftvärmeverk; HVC: Hetvattencentral)

2.1.3 Generellt om resultat

Resultaten av fjärrvärmens klimatprestanda presenteras i pilotprojekten enligt formatet i Figur 3. Det utgör indata till klimatberäkningarna av energilösningarna, där det huvudsakliga resultatet som redovisas är den förändrade klimatpåverkan som erhålls då olika åtgärder eller energilösningar implementeras i byggnaden. Klimatpåverkan är uttryckt som ton koldioxidekvivalenter (CO_{2e} eller CO_{2ekv}) per år eller som i Figur 3, $\text{kg koldioxidekvivalenter per m}^2 A_{temp}$ och är ett medelvärde av den årliga förändrade klimatpåverkan från byggnaden mellan året då åtgärden eller energilösningen implementeras och år 2040. Resultaten redovisas för de tre olika framtida elscenarier som beskriver klimatpåverkan från förändrad efterfrågan på el i det nordeuropeiska elsystemet, utvecklade och beskrivna i Hagberg m.fl. (2017). Ett negativt värde innebär att energilösningen ger minskad klimatpåverkan jämfört med om ingen åtgärd eller energilösning implementeras, det vill säga referensfallet. Ett positivt värde innebär ökad klimatpåverkan jämfört med referensen.



Figur 3 Exempel på resultat från verktyget Tidstegen.

2.2 Pilot 1: Byggnadstekniska åtgärder

I pilotprojekt 1 undersökte det kommunala bostadsbolaget i Linköping, Stångåstaden AB, hur olika typiska ROT-renoveringsåtgärder samt installation av ett FTX-aggregat påverkar en byggnads klimatpåverkan ur ett konsekvensperspektiv. Byggnadens energianvändning med de olika undersökta energilösningarna uppskattades av Stångåstaden AB genom beräkningar i IDA. Tekniska Verken har angett uppgifter kring driften av sin fjärrvärmeproduktion i verktyget Tidstegen.

2.2.1 Beskrivning av pilotprojektet

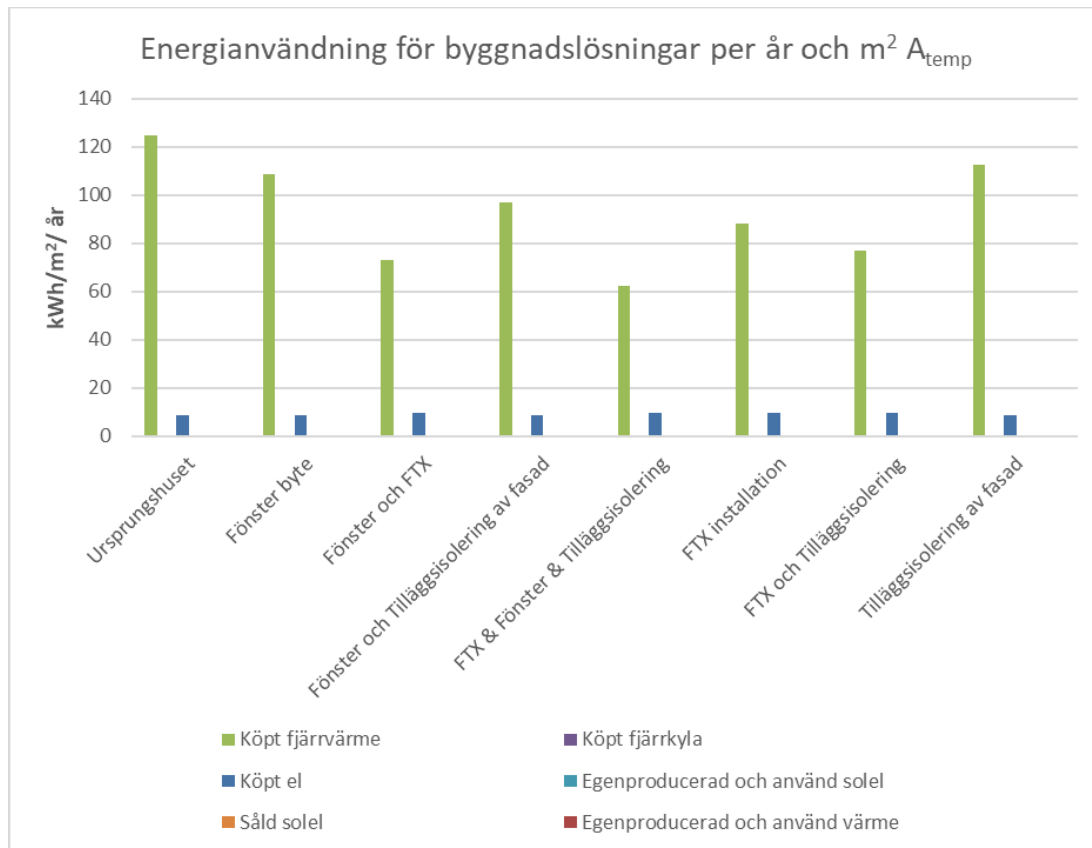
Stångåstaden studerade i projektet förändringen av klimatpåverkan vid renovering av en byggnad i sitt bestånd. Byggnaden kallas helt enkelt för "referensbyggnaden" och har en uppvärmd area av 7078 m². De studerade energilösningarna sammanfattas i Tabell 3.

Byggnaden har i referensutförandet, det vill säga den befintliga byggnaden utan renovering, ett totalt årligt värmebehov på 881 MWh vilket förses av fjärrvärme samt ett elbehov på 62 MWh. Detta motsvarar 125 kWh_{värme}/m²/år och 9 kWh_{el}/m²/år.

Den årliga energianvändningen per m² i byggnaden i referensutförandet och med de olika energilösningarna implementerade visas i Figur 4. I samtliga fall minskar mängden köpt fjärrvärme, i de fall där ett FTX-aggregat installeras ökar samtidigt byggnadens elanvändning något.

Tabell 2 Referensbyggnad och undersökta energilösningar i pilotprojekt 1 "Byggnadstekniska lösningar"

	Namn i Figur 4	Beskrivning
Referensfall	Ursprungshuset	Referens utan åtgärder eller lösningar implementerade.
Energilösning 1. Fönsterbyte	Fönster byte	Utbyte och installation av fönster i hela byggnaden.
Energilösning 2. Fönsterbyte och FTX	Fönster och FTX	Utbyte och installation av fönster i hela byggnaden samt installation av FTX-aggregat.
Energilösning 3. Fönsterbyte och isolering	Fönster och Tilläggsisolering av fasad	Utbyte och installation av fönster samt tilläggsisolering av fasad.
Energilösning 4. Fönsterbyte, FTX och isolering	FTX & Fönster & Tilläggsisolering	Installation av FTX-aggregat, tilläggsisolering av fasad samt utbyte och installation av fönster.
Energilösning 5. FTX-installation	FTX installation	Installation av FTX-aggregat.
Energilösning 6. FTX och isolering	FTX och Tilläggsisolering	Installation av FTX-aggregat samt tilläggsisolering av fasad.
Energilösning 7. Isolering	Tilläggsisolering av fasad	Tilläggsisolering av fasad.



Figur 4 El- och fjärrvärmeanvändning per år och uppvärmd yta för referensbyggnaden och sju olika undersökta renoveringsåtgärder i pilotprojekt 1. Energianvändningen är uppmätt och beräknad av Stångåstaden.

Indata energisystem – Fjärrvärme från Tekniska Verken i Linköping

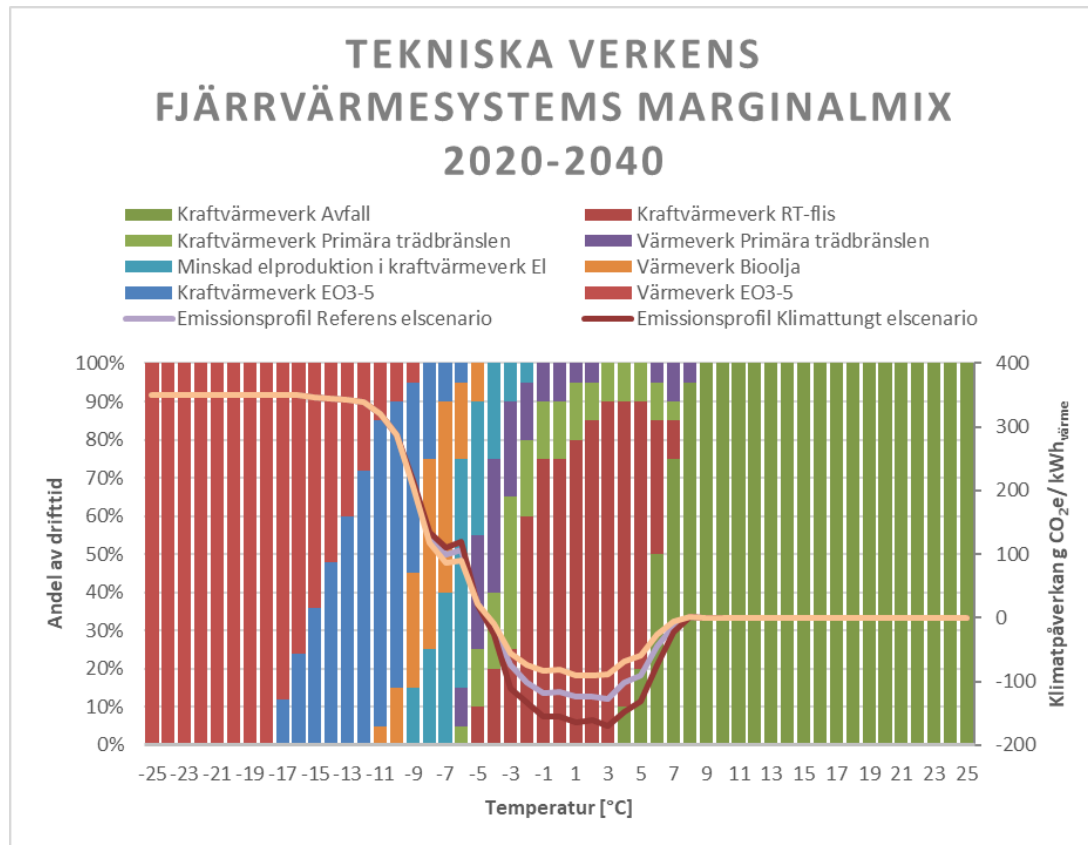
För pilotprojekt 1 tog Tekniska Verken fram data som beskriver hur produktionen av fjärrvärme sannolikt ser ut vid en viss utomhustemperatur. Underlaget för detta har utgjorts av historisk produktion samt planerad drift av produktionen. Produktionen av fjärrvärme i Tekniska Verkens nät i Linköping sker huvudsakligen i sju olika anläggningar, vilka sammanfattas i Tabell 4. I pilotprojektet har inga framtida förändringar i fjärrvärmesystemet antagits, det system som är i drift 2020 antas vara oförändrat fram till år 2040.

Tabell 3 Tekniska Verkens produktionsanläggningar för fjärrvärme

Typ av anläggning	Primärt bränsle
Kraftvärmeverk	Avfall
Kraftvärmeverk	RT-flis
Kraftvärmeverk	Primära trädbränslen
Värmeverk	Primära trädbränslen
Värmeverk	Bioolja
Kraftvärmeverk	EO3-5
Värmeverk	EO3-5

Tekniska Verkens marginalmix och klimatpåverkan från fjärrvärmeproduktion i genomsnitt för perioden 2020 till 2040 visas i Figur 5. Det har här antagits att fjärrvärmesystemet inte förändras under perioden, det är alltså dagens system som gäller för hela perioden. Tekniska Verkens marginalmix har mycket låg klimatpåverkan vid utomhustemperaturer över ungefär -6°C.

Fjärrvärmeproduktionen sker då i kraftvärmeverk med negativ eller noll klimatpåverkan ur ett konskevensperspektiv. Vid temperaturer över 5°C påverkas endast kraftvärme från avfallsförbränning av förändrad efterfrågan på fjärrvärme, vilket i detta projekt antas ge noll klimatpåverkan¹ enligt referensscenariot för avfallsförbränning i tidigare Tidstegen-rapporter (Hagberg m.fl., 2017). Vid utomhustemperaturer under -6°C ökar klimatpåverkan på grund av minskad andel elproduktion i kraftvärmeverk och ökad mängd fossilt bränsle i marginalmixen.

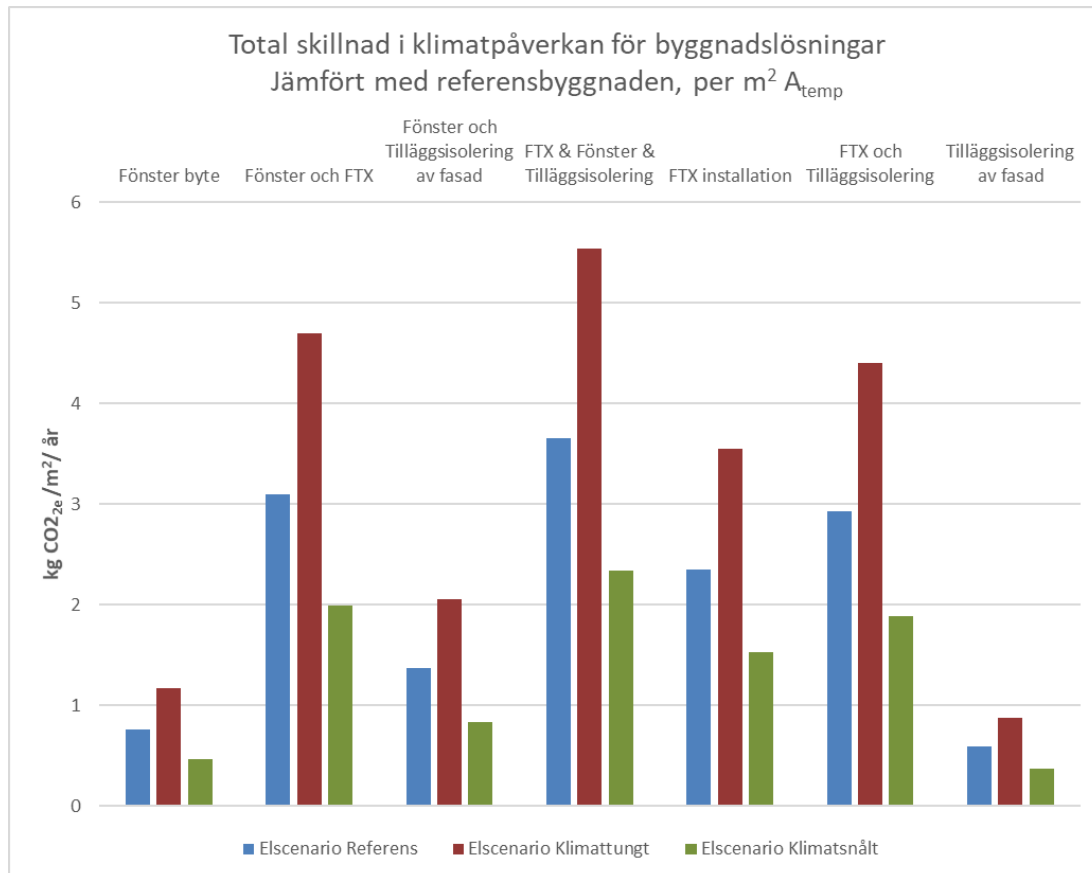


Figur 5 Marginalmix och klimatpåverkan för fjärrvärmeproduktion i Tekniska Verken i Linköpings nät under tidsperioden 2020–2040. Notera att staplarna visar fördelning av anläggningar som vid en viss utomhustemperatur påverkas av förändrad efterfrågan på fjärrvärme. Temperaturerna är dock olika vanligt förekommande över året och varierar från ort till ort. Låga och höga temperaturer förekommer mer sällan och anläggningarna vid dessa temperaturer utgör därför en liten energimängd. Se fördelning av utomhustemperatur för Linköping i Figur 7.

¹ Det beror på att avfallet måste förbrännas även om det inte finns efterfrågan på värmen, exempelvis för att det finns begränsningar i hur länge avfallet får lagras. Det innebär alltså att förändrad efterfrågan på värme från avfall inte ger någon skillnad i hur mycket avfall som förbränns och inte heller i utsläppen.

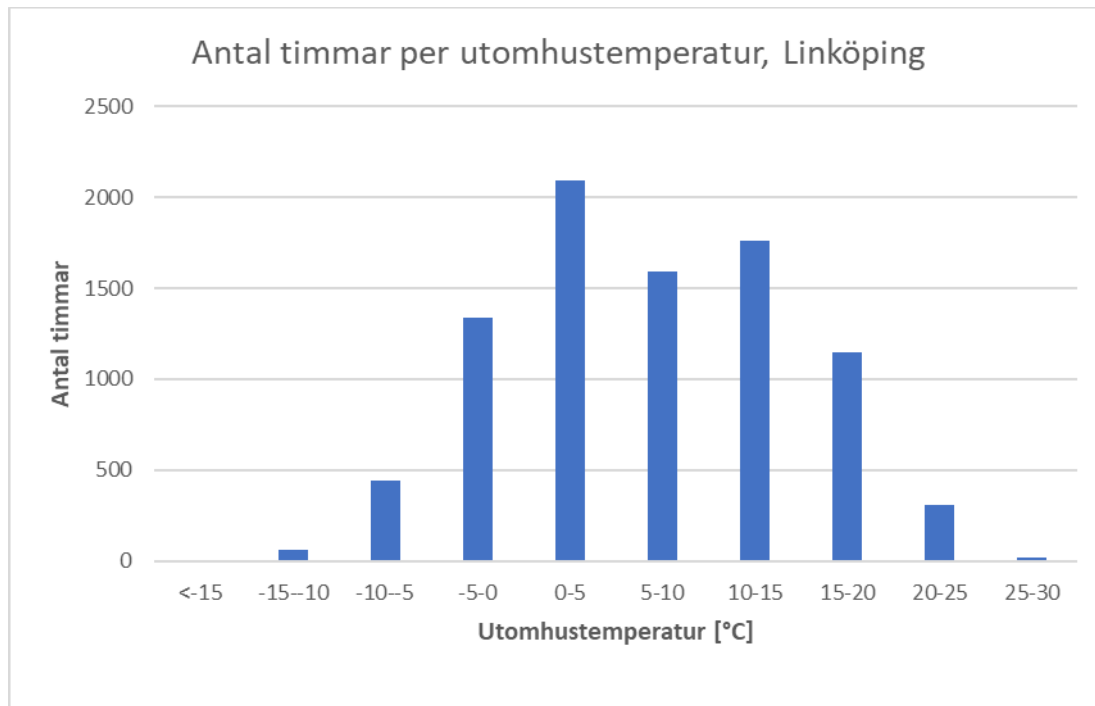
2.2.2 Resultat från verktyget Tidstegen

Den förändrade klimatpåverkan från renoveringsåtgärderna jämfört med referensbyggnaden i Linköping visas i Figur 6. För samtliga åtgärder i byggnaden fås en ökad klimatpåverkan jämfört med referensbyggnaden, det vill säga om inga åtgärder utförs. Den förändrade klimatpåverkan är högst i det klimattunga elscenariot och lägst i det klimatsnåla.



Figur 6 Skillnad i klimatpåverkan mellan energilösningarna och referensbyggnaden i pilotprojekt 4.

Att klimatpåverkan ökar trots minskad fjärrvärmeanvändning beror på att fjärrvärmenätets marginalmix till stor del ger negativa utsläpp på grund av ersatt elproduktion i det övriga elsystemet i kraftvärmeverk. Speciellt gäller detta i temperaturintervallet -6°C till +7°C då ett kraftvärmeverk med bibränslen utgör stor del av marginalmixen. I Linköping ligger många timmar inom just detta temperaturintervall under ett normalår, se Figur 7. 36% av årets timmar har utomhustemperaturer mellan -6°C och +7°C. Vid dessa temperaturer och timmar är dessutom behovet av värme i byggnaden stort. Vid lägre temperaturer innebär den lägre användningen och därmed minskade produktionen av fjärrvärme från till exempel tilläggsisolering en mindre klimatpåverkan. Denna minskning tas dock ut av det stora antalet timmar då fjärrvärmeanvändningen ger en negativ klimatpåverkan.



Figur 7 Fördelning av timmar per utomhustemperatur i Linköping baserat på SMHI:s klimatdatafiler 1981-2010 (Sveby, 2020).

2.3 Pilot 2: Renoveringsåtgärder och solenergi

Pilotprojekt 2 har utförts av det kommunala bostadsbolaget i Kalmar, Kalmarhem, i samarbete med energiföretaget Kalmar Energi. I projektet studerades två olika fastigheter i Kalmarhems bestånd, vilka båda är kopplade till Kalmar Energis fjärrvärmesystem. I en fastighet undersöktes förändrad klimatpåverkan vid typiska ROT-renoveringsåtgärder, inklusive installation av FTX-aggregat och i den andra fastigheten undersöktes konsekvenser av att installera en solcells- eller solvärmearranging på fastighetens tak. Kalmar Energi har tagit fram underlag för marginalmixen i fjärrvärmeproduktionen och fört in detta i verktyget Tidstegen. Underlaget gäller för det system som är i drift 2019 och inget framtida scenario har studerats.

2.3.1 Beskrivning av pilotprojektet

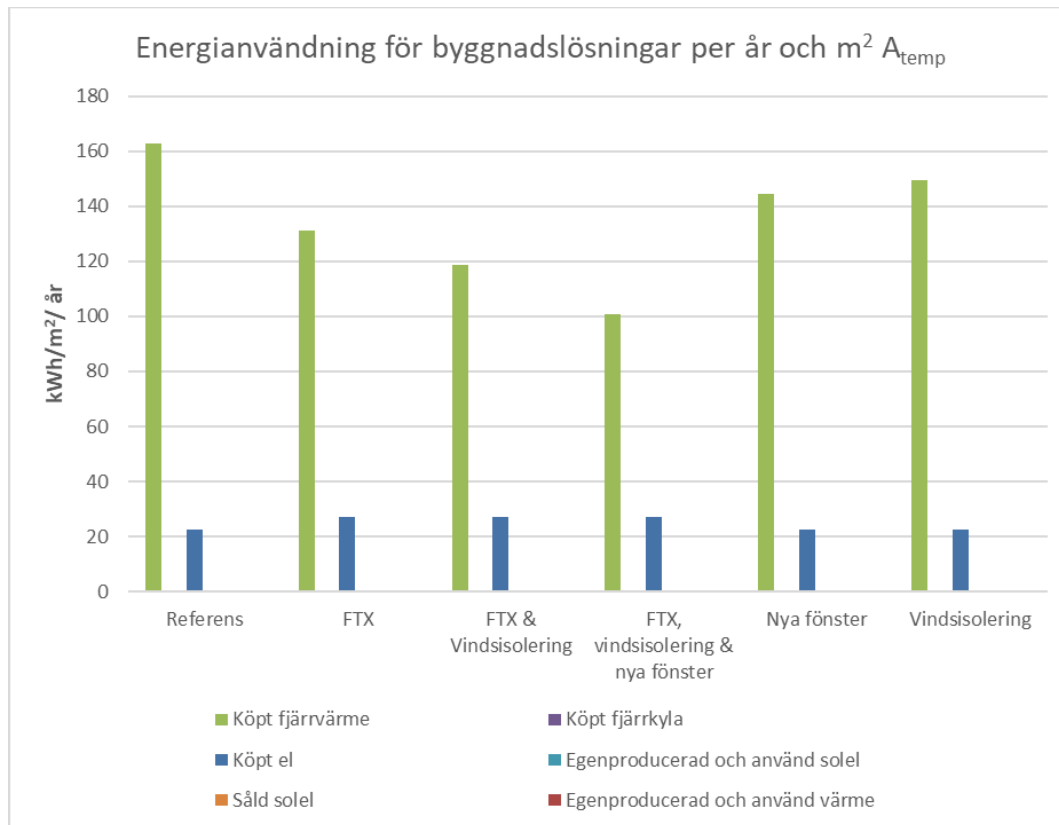
I pilotprojektet undersökte Kalmarhem den förändrade klimatpåverkan som erhålls vid utförda renoveringsåtgärder i en fastighet kallad Marmorn/Porfyren 1 och vid installation av en solcells- eller solvärmearranging i en fastighet kallad Bergkristallen 1. Båda fastigheter är flerfamiljsbostäder, primärt uppvärmda med fjärrvärme. Marmorn/Porfyren består av flera huskroppar och har en total uppvärmd yta av 38 000 m² A_{temp} och använder ungefär 160 kWh fjärrvärme per m² och år samt 20 kWh el per m² och år. Bergkristallen har 7 000 m² A_{temp} och använder 130 kWh fjärrvärme per m² och år samt 5 kWh el per m² och år. För samtliga åtgärder har Kalmarhem beräknat en förändrad energianvändning per timme under ett normalår med hjälp av energisimuleringsprogrammet IDA.

I Marmorn/Porfyren har typiska ROT-renoveringsåtgärder undersökts. Tre olika åtgärder och kombinationer av dessa har undersökts, vilket har gett totalt fem olika fall. Åtgärderna är: installation av FTX-aggregat, tilläggsisolering av fastighetens vindar samt installation av nya fönster i fastigheten. Åtgärderna och kombinationerna av åtgärder i Marmorn/Porfyren sammanfattas i Tabell 5 nedan.

Tabell 4 Referensbyggnad och undersökta energilösningar i pilotprojekt 2, Marmorn/Porfyren

	Namn	Beskrivning
Referensfall	Marmorn/Porfyren	Nuläge, fastighet i Norrliden
Energilösning 1	FTX	Installation av FTX-aggregat i fastigheten
Energilösning 2	FTX & Vindsisolering	Installation av FTX-aggregat samt 400 mm vindsisolering
Energilösning 3	FTX, vindsisolering & nya fönster	Installation av FTX-aggregat samt 400 mm vindsisolering och montering av nya fönster med u-värde 0.9
Energilösning 4	Nya fönster	Montering av nya fönster med u-värde 0.9
Energilösning 5	Vindsisolering	Isolera vindar till 400 mm isolering i samtliga huskroppar

Den årliga energianvändningen per m² A_{temp} i Marmorn/Porfyren i referensutförandet och vid samtliga åtgärder i Tabell 5 visas i Figur 8. Samtliga åtgärder innebär en minskad användning av fjärrvärme och i fallen med FTX, en ökad elanvändning jämfört med referensfallet.



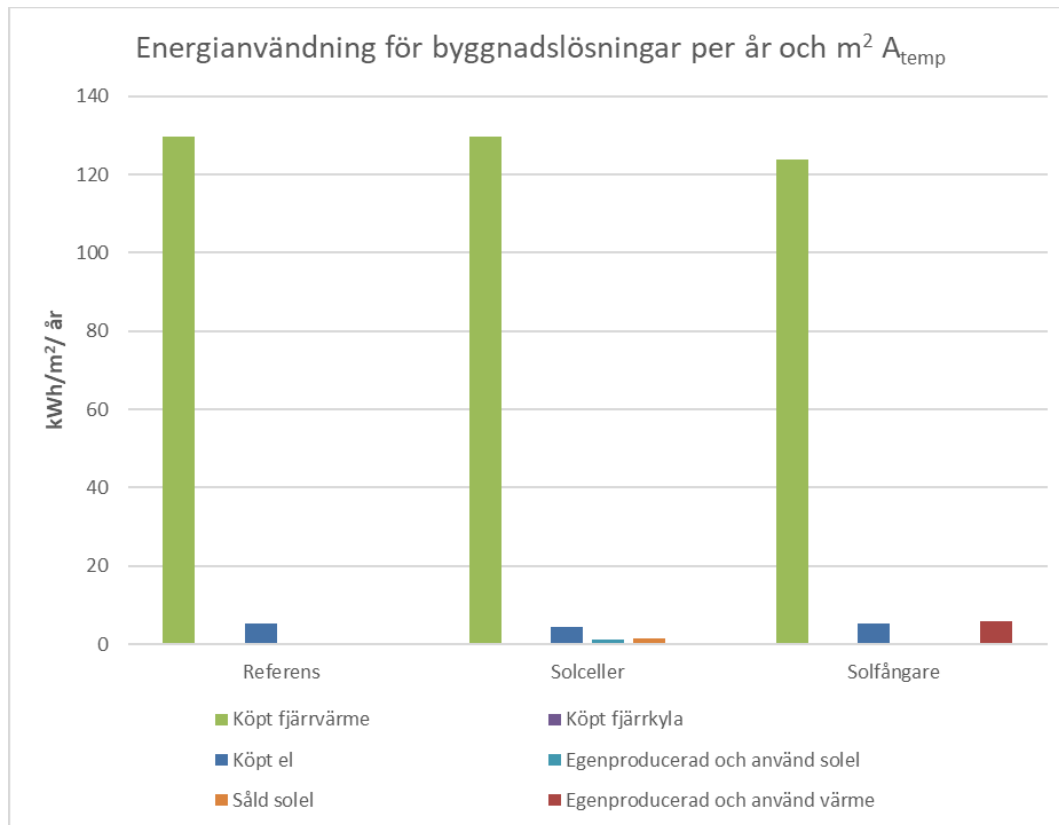
Figur 8 Energianvändning för referensfallet och vid samtliga åtgärder i pilotprojekt 2, Marmorn/Porfyren. Energianvändningen är uppmätt och beräknad av Kalmarhem.

I fastigheten Bergkristallen undersöks två åtgärder, installation av solceller eller en solvärmeanläggning i fastigheten, se Tabell 6.

Tabell 5 Referensbyggnad och undersökta energilösningar i pilotprojekt 2, Bergkristallen

	Namn	Beskrivning
Referensfall	Bergkristallen	Nuläge
Energilösning 1	Solceller	Installation av solceller på byggnadens tak.
Energilösning 2	Solfångare	Installation av solfångare för värmeproduktion på byggnadens tak.

I energilösning 1 installeras en solcellsanläggning som täcker en del av byggnadens eget elbehov då solcellsanläggningens produktion matchar behovet i byggnaden. Vid de tidpunkter då solcellsanläggningen producerar ett överskott av el säljs elen till nätet. Solcellsanläggningen beräknas att under ett normalår producera 8 MWh el som används i byggnaden och 11 MWh el som exporteras till nätet. Solvärmeanläggningen ersätter enbart fjärrvärmeanvändning i byggnaden och påverkar inte elanvändningen, på årsbasis beräknas anläggningen producera cirka 40 MWh värme som används i byggnaden. Figur 9 visar energianvändningen i Bergkristallen per år och $m^2 A_{temp}$ i referensutförandet och med antingen solceller eller solfångare installerade.

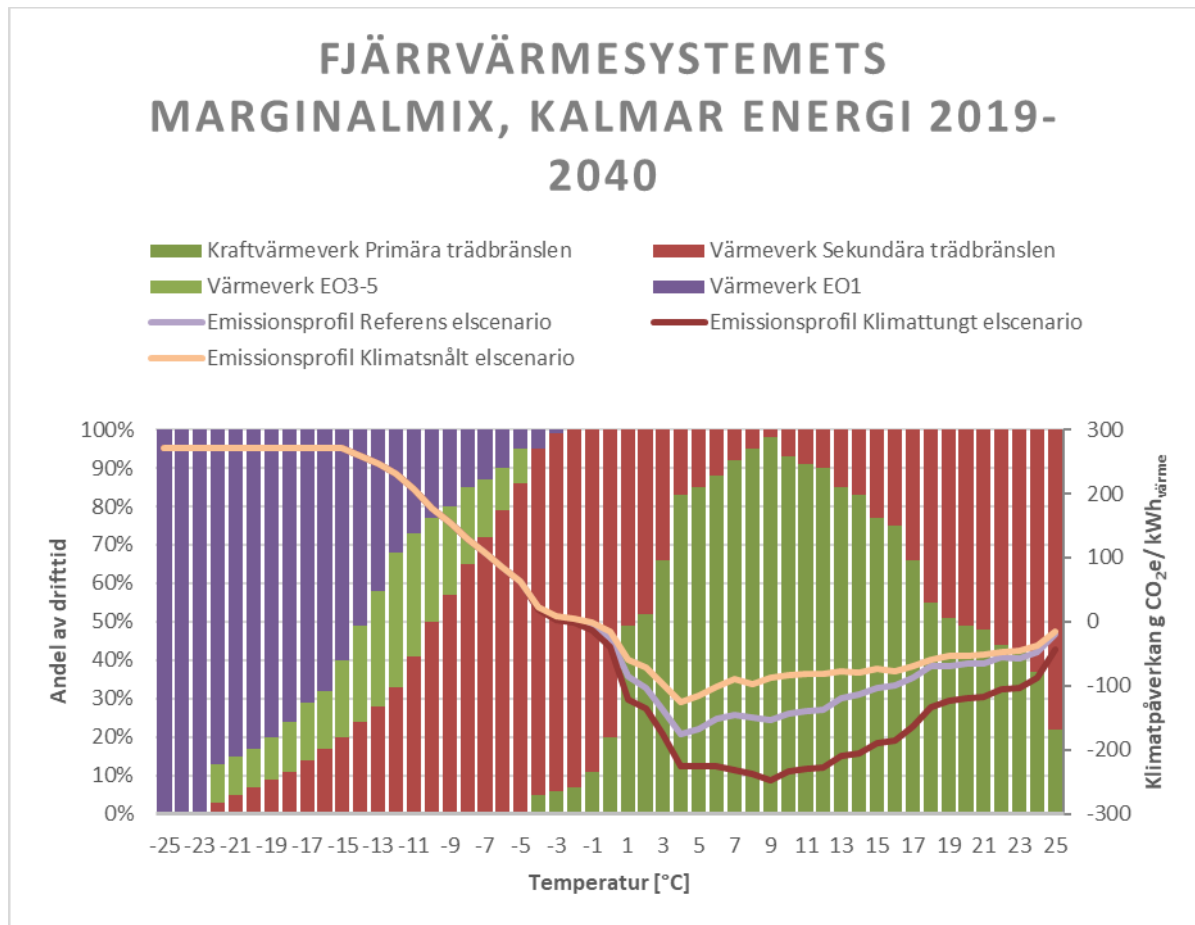


Figur 9 Energianvändning för referensfallet och vid samtliga åtgärder i pilotprojekt 2, Bergkristallen. Energianvändningen är uppmätt och beräknad av Kalmarhem.

Indata energisystem – Fjärrvärme från Kalmar Energi

För pilotprojekt 2 tog Kalmar Energi fram data som beskriver hur produktionen av fjärrvärme sannolikt ser ut vid en viss utomhustemperatur. Underlaget för detta har utgjorts av historisk produktion samt planerad drift av produktionen. I pilotprojektet har inga framtida förändringar i fjärrvärmesystemet tagits hänsyn till, dagens system (år 2019) antas gälla för hela perioden 2019–2040.

Kalmar Energis produktionsmix består av ett kraftvärmeverk drivet med primära trädbränslen, ett värmeverk drivet med sekundära trädbränslen samt två värmeverk för spetslaster som drivs med fossil olja. Marginalmixen och klimatpåverkan per utomhustemperatur i Kalmar Energis fjärrvärmesystem visas i Figur 10.



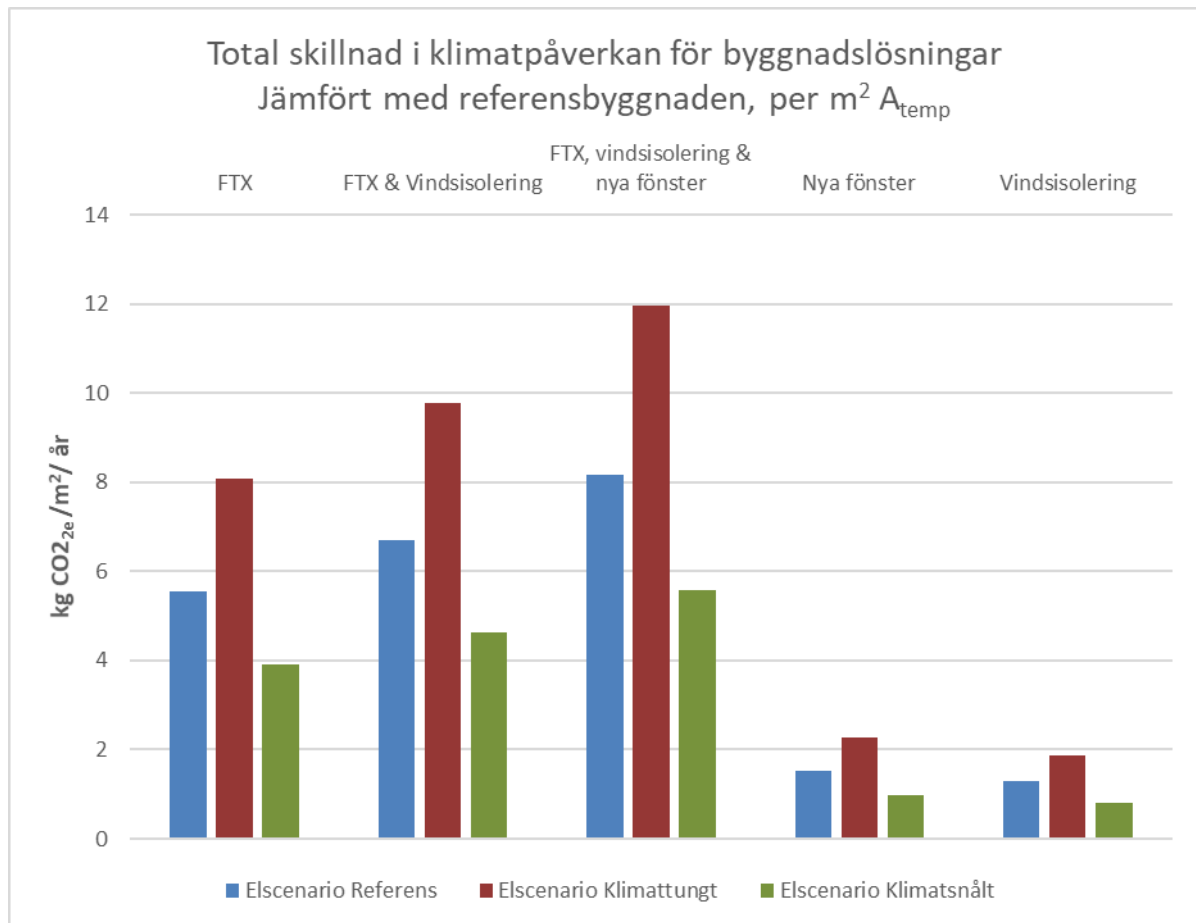
Figur 10 Marginalmix och klimatpåverkan för fjärrvärmeproduktion i Kalmar Energis nät under tidsperioden 2019–2040. Notera att staplarna visar fördelning av anläggningar som vid en viss utomhustemperatur påverkas av förändrad efterfrågan på fjärrvärme. Temperaturerna är dock olika vanligt förekommande över året och varierar från ort till ort. Låga och höga temperaturer förekommer mer sällan och anläggningarna vid dessa temperaturer utgör därför en liten energimängd. Se fördelning av utomhustemperatur för Kalmar i Figur 12.

Fjärrvärmeproduktionen i Kalmar har under stora delar av temperaturintervallet en negativ klimatpåverkan ur ett konsekvensperspektiv. Detta beror på att vid utomhustemperatur över 0 °C utgörs marginalproduktionen av kraftvärme med biobränslen. Kraftvärmeverket producerar då el som ersätter elproduktion i det nordeuropeiska elsystemet som har högre klimatpåverkan än den lokalt producerade elen i kraftvärmeverket, som dessutom sker med ett bränsle med låg emissionsfaktor. I det klimattunga elscenariot ersätts elproduktion med högre klimatpåverkan och kraftvärmeverket ger därmed upphov till störst negativa utsläpp i det scenariot. Lägst negativa utsläpp fås i det klimatsnåla scenariot.

Vid utomhustemperaturer under -5°C utgör endast värmeverk utan elproduktion marginalproduktion, varmed klimatpåverkan från fjärrvärmeproduktionen inte varierar mellan elscenarierna. Minskat värmebehov och därmed minskad produktion av fjärrvärme innebär då lägre klimatpåverkan.

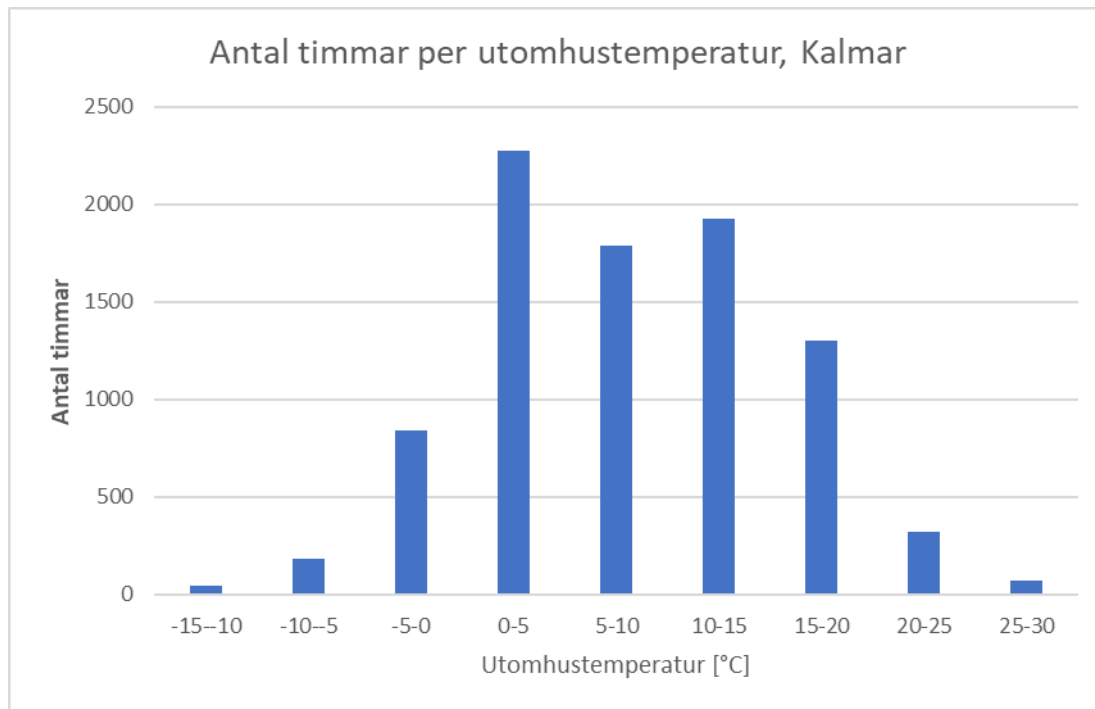
2.3.2 Resultat från verktyget Tidstegen

Resultaten för fastigheten Marmorn/Porfyren i pilotprojekt 2 presenteras i Figur 11. I fastigheten undersöktes åtgärder som är typiska vid ROT-renoveringar och som främst påverkar fastighetens fjärrvärmeanvändning.



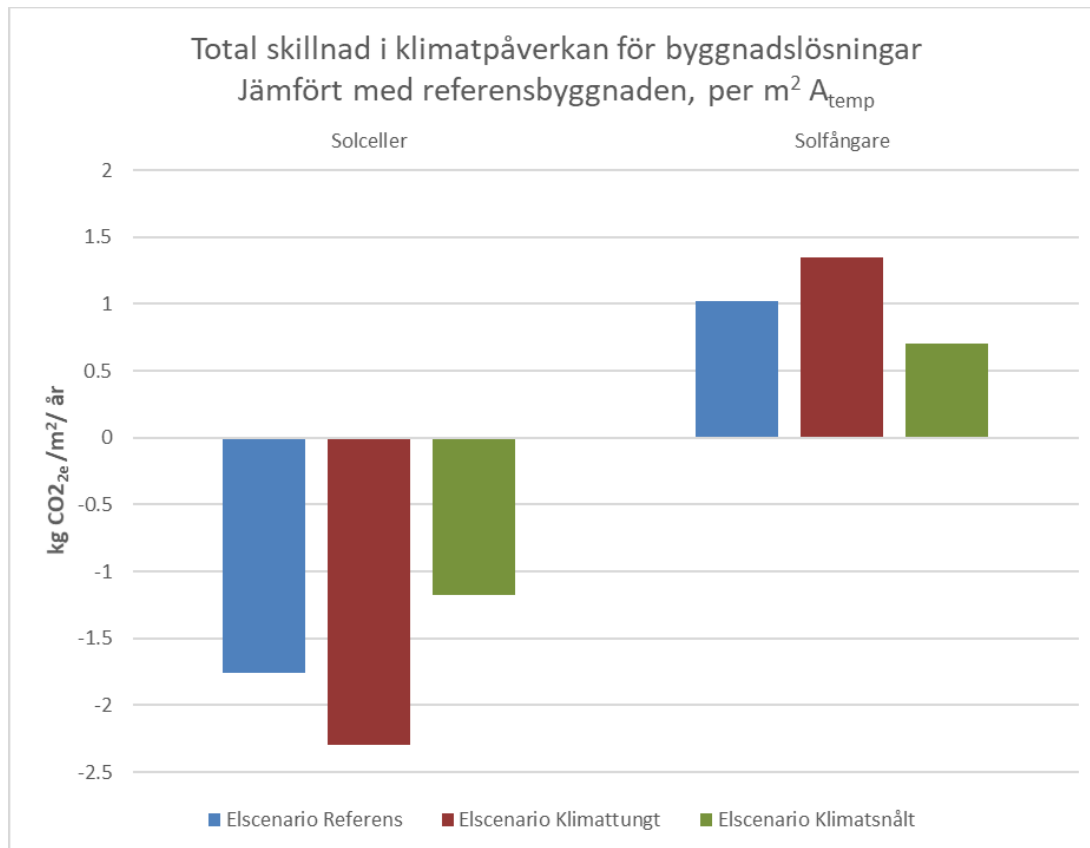
Figur 11 Total skillnad i klimatpåverkan mellan energilösningarna och referensfastigheten i Marmorn/Porfyren i pilotprojekt 2, per år och m² A_{temp}.

I fastigheten Marmorn/Porfyren undersöktes åtgärder som i samtliga fall minskar energianvändningen i fastigheten genom att minska energiförluster. Detta innebär i sin tur att användningen av fjärrvärme minskar i fastigheten med samtliga åtgärder. På samma sätt som i pilotprojekt 1, i Linköping, utgörs en stor del av marginalmixen i fjärrvärmesystemet av kraftvärme vars elproduktion ersätter el som produceras i det nordeuropeiska elsystemet. Precis som var fallet i Linköping är utomhustemperaturer då fossil fjärrvärmeproduktion utgör marginal i Kalmar relativt ovanliga under ett år, se Figur 12. I och med denna situation innebär ett minskat behov för fjärrvärme att mindre el från det nordeuropeiska elsystemet ersätts och resultatet blir en ökad klimatpåverkan ur ett konsekvensperspektiv. Samma resonemang förklarar även varför energilösningar som innefattar installation av ett FTX-aggregat får högre klimatpåverkan än rena renoveringsåtgärder. Eftersom FTX-aggregatet förutom att minska användningen av fjärrvärme även ökar elanvändningen i fastigheten får FTX-lösningar dubbla effekter, eftersom elanvändningen härleds till ökad elanvändning i det nordeuropeiska elsystemet. Högst klimatpåverkan från åtgärderna fås i det klimattunga elscenariot och lägst fås i det klimatsnåla, eftersom det där antas finnas mer fossilfri elproduktion i det nordeuropeiska elsystemet som ersätts av den lokala elproduktionen.



Figur 12 Fördelning av timmar per utomhustemperatur i Kalmar baserat på SMHI:s klimatdatafiler 1981-2010 (Sveby, 2020).

Resultaten från fastigheten Bergkristallen i pilotprojekt 2 visas i Figur 13. Resultaten visar klimatpåverkan per $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ och år vid installation av solceller eller solfångare på fastighetens tak jämfört med referensbyggnaden, det vill säga fastigheten utan solenergianläggning.



Figur 13 Total skillnad i klimatpåverkan mellan energilösningarna och referensfastigheten i Bergkristallen i pilotprojekt 2, per år och $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$.

Med solceller installerade på fastighetens tak fås en lägre klimatpåverkan ur ett konsekvensperspektiv jämfört med referensbyggnaden, fastigheten i sitt nuvarande utförande, i alla framtida elscenarier. Genom att undvika att använda el från det nordeuropeiska elsystemet fås lägre klimatpåverkan från fastigheten. I och med att el även exporteras till nätet trängs annan mer klimattung elproduktion ut vilket ger ytterligare minskad klimatpåverkan. I det klimattunga scenariot fås störst minskning av klimatpåverkan eftersom det då finns mer elproduktion med relativt hög klimatpåverkan och att ersätta denna ger fastigheten en lägre klimatpåverkan. I det klimatsnåla scenariot är vinsten från att installera solceller lägre, eftersom det är mindre skillnad mellan den elproduktion som ersätts och elproduktionen i solcellsanläggningen.

Med solfångare installerade på fastighetens tak minskar endast användningen av fjärrvärme. På samma sätt som för fastigheten Marmorn/Porfyren innebär detta i Kalmars fjärrvärmesystem att fastigheten Bergkristallen ger upphov till en ökad klimatpåverkan ur konsekvensperspektiv på grund av minskad elproduktion i kraftvärmeverket.

2.4 Pilot 3: Olika FTX-aggregat

Pilotprojekt 3 har utförts av det kommunala bostadsbolaget AB Bostaden i Umeå i samarbete med energiföretaget Umeå Energi. I projektet studerades hur klimatpåverkan förändras i en fastighet i AB Bostadens bestånd med två olika FTX-aggregat. AB Bostaden tagit fram energidata för en referensfastighet och två energilösningar genom beräkningar i IDA. Umeå Energi har genererat data för fjärrvärmeproduktionen i Umeå utifrån dagens situation och tillhandahållit denna data genom verktyget Tidstegen. Underlaget gäller för det system som är i drift 2019 och inget framtida scenario har studerats.

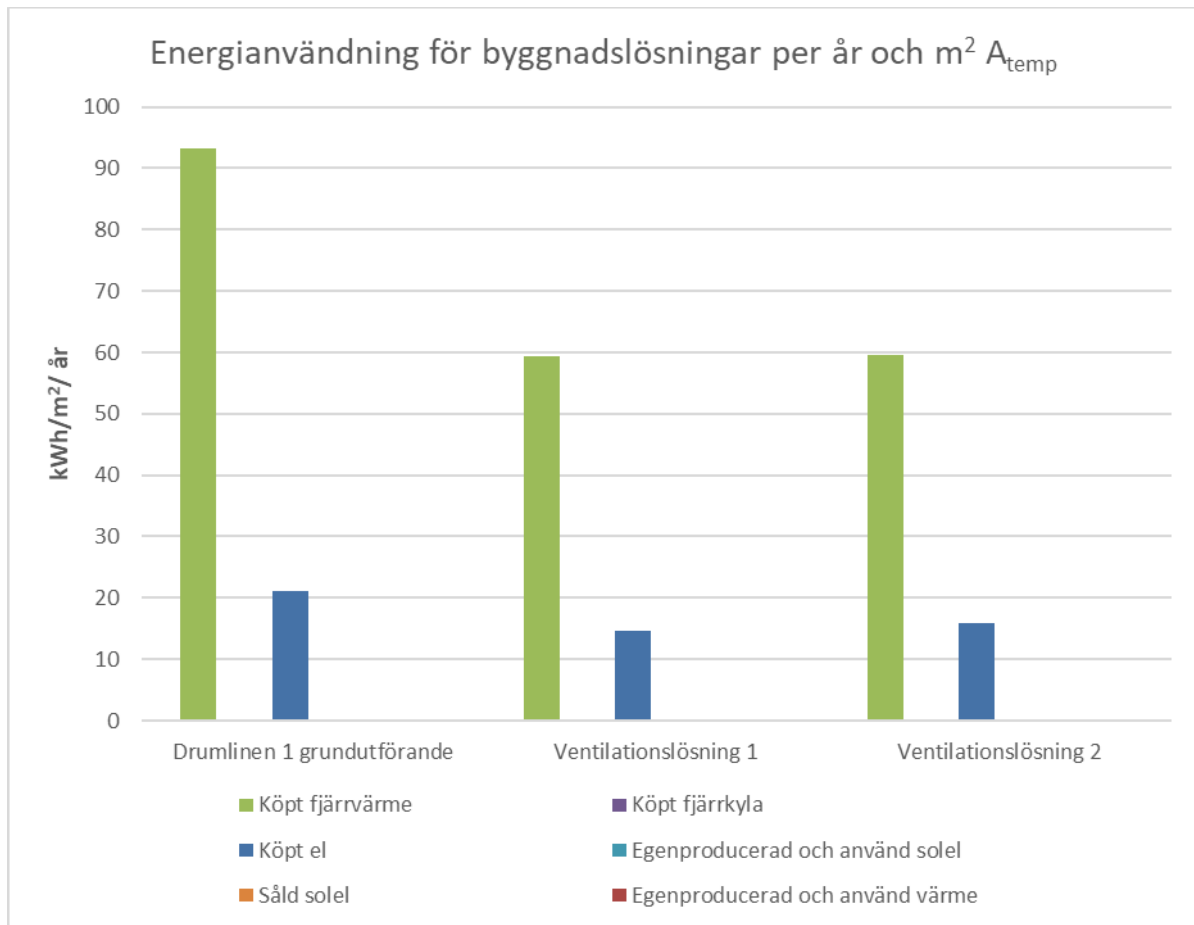
2.4.1 Beskrivning av pilotprojektet

I pilotprojekt 3 undersöktes den förändrade klimatpåverkan för två olika energilösningar i en fastighet i Umeå, Drumlinen 1, som består av åtta byggnader med en total uppvärmd yta av 33 724 m². Fastigheten värms av fjärrvärme från Umeå Energis nät och varje byggnad har ett befintligt FTX-aggregat installerat. FTX-aggregaten närmar sig slutet av sina tekniska livslängder och har låg effektivitet gällande både elanvändning och värmeåtervinning. AB Bostaden står inför ett investeringsbeslut då FTX-aggregaten ska bytas ut och har två möjliga tekniska lösningar att välja mellan. Antingen installeras nya FTX-aggregat med motströms värmeväxlare eller med ett värmebatteri. Referensen och de två energilösningar som studerats i pilotprojektet sammanfattas i Tabell 7.

Tabell 6 Referensbyggnad och undersökta energilösningar i pilotprojekt 3, Drumlinen

	Namn	Beskrivning
Referensfall	Drumlinen 1 Grundutförande	Nuläge
Energilösning 1	Ventilationslösning 1	Utbyte av befintliga FTX-aggregat till FTX med motströmsväxlare
Energilösning 2	Ventilationslösning 2	Utbyte av befintliga FTX-aggregat till FTX med värmebatteri

Drumlinen 1 använder i dagsläget ungefär 93 kWh fjärrvärme per m² A_{temp} och år, samt 21 kWh el per m² A_{temp} och år. Genom att byta ut FTX-aggregaten i byggnaderna minskas både mängden använd fjärrvärme och el, särskilt minskar fjärrvärmeanvändning mycket, närmare 36 % enligt AB Bostadens beräkningar. Den minskade fjärrvärmeanvändningen är lika stor med båda typer av FTX-aggregat, men med värmebatteri används något mer el än med en motströmsväxlare. Energianvändningen i fastigheten i referensutförande och de två energilösningarna visas i Figur 14. I figuren benämns energilösningarna för "ventilationslösningar".



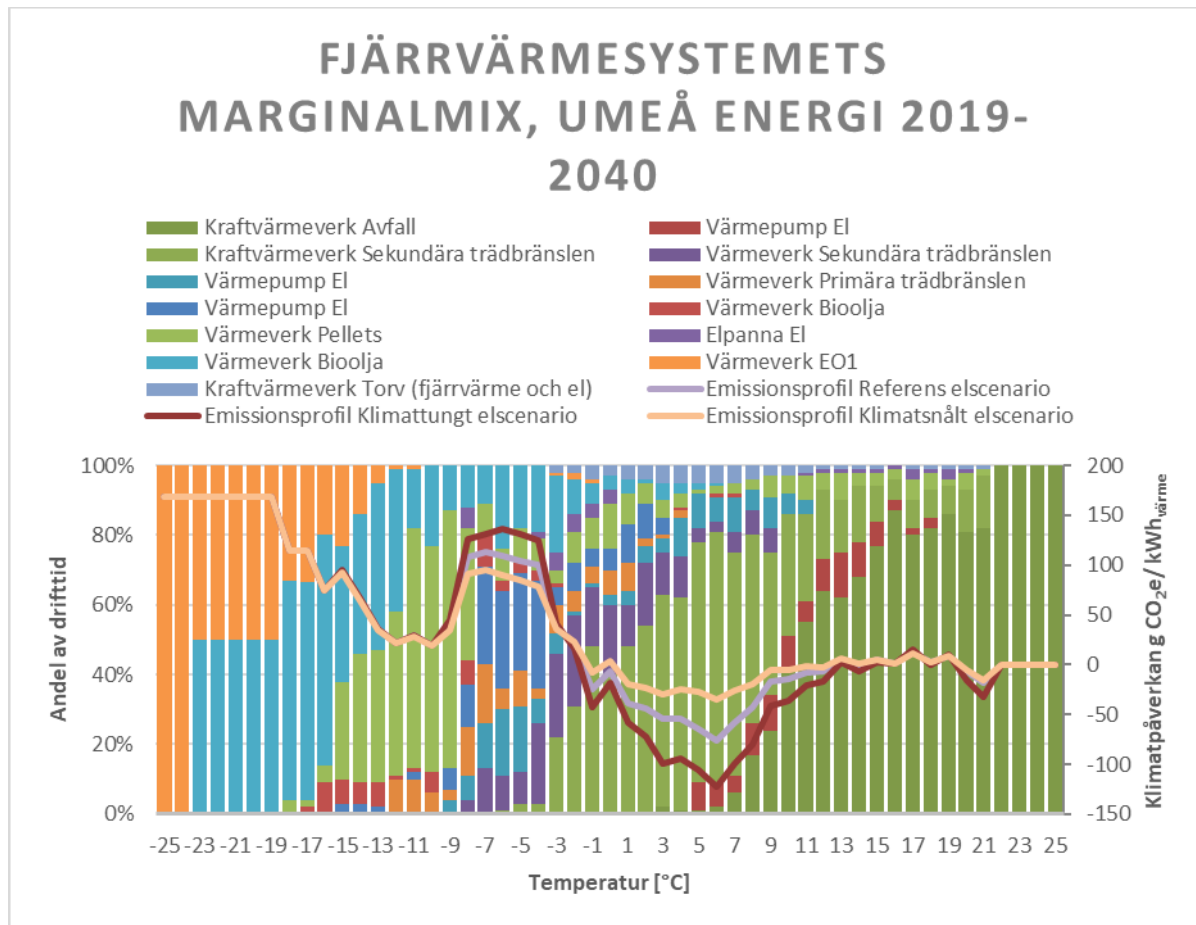
Figur 14 Energianvändning i pilotprojekt 3 för referens och två energilösningar. Energianvändningen är uppmätt och beräknad av AB Bostaden. Ventilationslösning 1: FTX med motströmsväxlare. Ventilationslösning 2: FTX med värmebatteri.

Indata energisystem – Fjärrvärme från Umeå Energi

För pilotprojekt 3 tog Umeå Energi fram data som beskriver hur produktionen av fjärrvärme sannolikt ser ut vid en viss utomhustemperatur i deras nät. Underlaget för detta har utgjorts av historisk produktion. I pilotprojektet har inga framtida förändringar i fjärrvärmesystemet tagits hänsyn till, dagens system (år 2019) antas gälla för hela perioden 2019–2040.

Umeå Energis produktionsmix består av två kraftvärmeverk, varav det ena eldas med avfall och det andra med en sekundära trädbränslen och torv². Därutöver används flera centrala värmepumpar och fem värmeverk drivna av olika biobränslen. Utöver dessa finns även flera pannor på olika värmecentraler som använder olja som bränsle och producerar värme vid låga utomhustemperaturer. Sannolikheten för att varje produktionsanläggning utgör marginalproduktion vid varje utomhustemperatur samt tillhörande klimatpåverkan från fjärrvärmens visas i Figur 15.

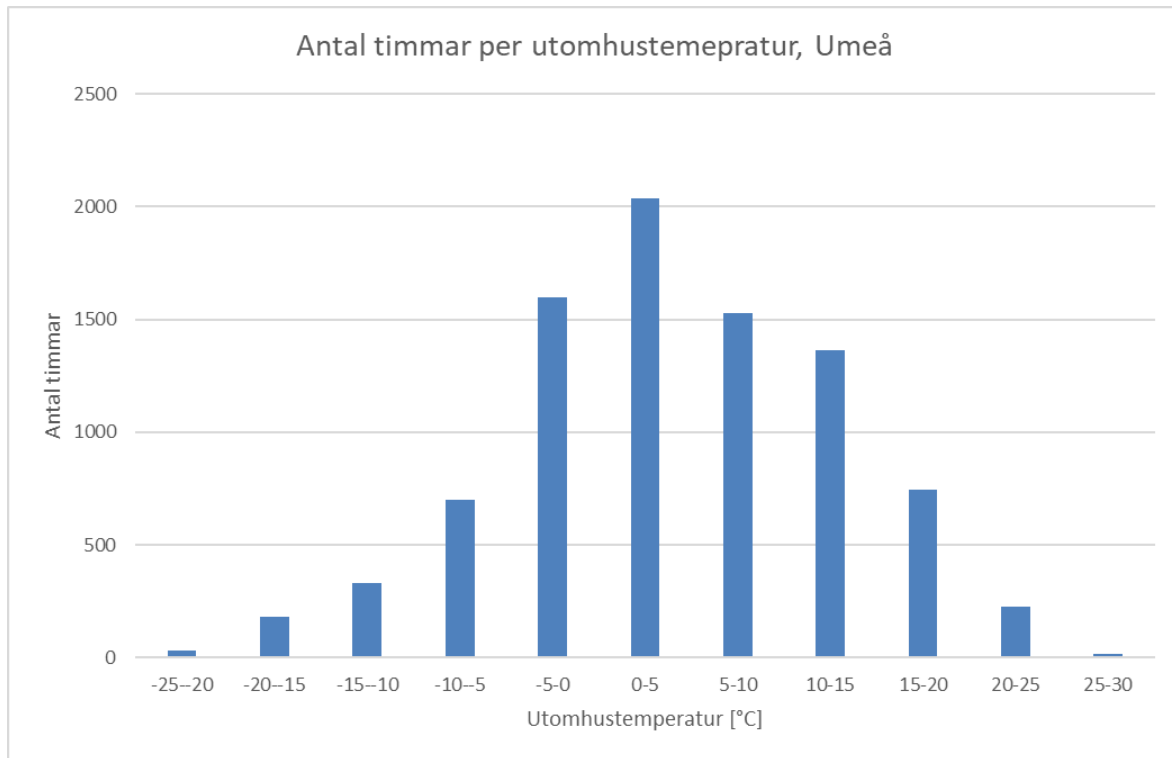
² I verktyget Tidstegen kan ännu inte mixar av olika bränslen läggas in så därför är sekundära trädbränslen respektive torv inlagda som separata anläggningar. I figur 15 ser det alltså ut som att Umeå Energi har tre olika kraftvärmeverk.



Figur 15 Marginalmix och klimatpåverkan för fjärrvärmeproduktion i Umeå Energis nät under tidsperioden 2019-2040. Två av anläggningarna ovan (Kraftvärmeverk Sekundära trädbränslen samt Kraftvärmeverk Torv (fjärrvärme och el)) är egentligen ett gemensamt kraftvärmeverk som använder både sekundära trädbränslen och torv som bränslen. I verktyget Tidstegen går det ännu endast att ange ett bränsle per anläggning och därför är dessa separerade i figuren. Notera att staplarna visar fördelning av anläggningar som vid en viss utomhustemperatur påverkas av förändrad efterfrågan på fjärrvärme. Temperaturerna är dock olika vanligt förekommande över året och varierar från ort till ort. Låga och höga temperaturer förekommer mer sällan och anläggningarna vid dessa temperaturer utgör därför en liten energimängd. Se fördelning av utomhustemperatur för Umeå i Figur 16.

Fjärrvärmeproduktionen i Umeå utgörs av många olika typer av produktionsanläggningar med varierande bränslen, därmed blir marginalmixen per utomhustemperatur i Umeå den mest komplexa av de tre pilotprojekten. Vid utomhustemperaturer över +10 °C är kraftvärme från avfall till stor del på marginalen, vilket enligt Tidstegen inte ger någon klimatpåverkan ur konsekvensperspektiv, särskilt gäller detta i praktiken för Umeå Energis produktion eftersom mängden avfall som bränns i kraftvärmeverket är konstant oavsett värmebehovet i nätet. Inom temperaturintervallet 0 °C till +10 °C kännetecknas marginalproduktionen av en hög andel kraftvärme med biobränslen, vilket ger negativa utsläpp av CO₂-ekvivalenter ur ett konsekvensperspektiv. I det klimattunga elscenarioet fås störst negativa utsläpp eftersom elproduktion med högre klimatpåverkan ersätts än i de två klimatsnålare elscenarierna. Vid lägre utomhustemperaturer än 0 °C hamnar en större andel värmepumpar, elpannor och värmeverk på marginalen, vilket gör att klimatpåverkan ökar. I och med att fjärrvärmeproduktionen i det här intervallet använder el ger det klimattunga elscenarioet högst klimatpåverkan, alltså det motsatta förhållandet jämfört med intervallet 0 °C till +10 °C, där kraftvärme dominerar marginalmixen. Mellan -9 °C och -15 °C utgörs marginalmixen till största del av två värmeverk med pellets och bioolja som bränsle, vilket

minskar klimatpåverkan. Vid lägre utomhustemperaturer än -15°C utgörs en större del av marginalmixen av ett oljeeldat värmeverk, vilket ger högst klimatpåverkan i temperaturspannet. Temperaturer under -15°C är dock ovanliga vilket framgår av Figur 16, som visar fördelningen av timmar med olika utomhustemperaturer över året i Umeå.

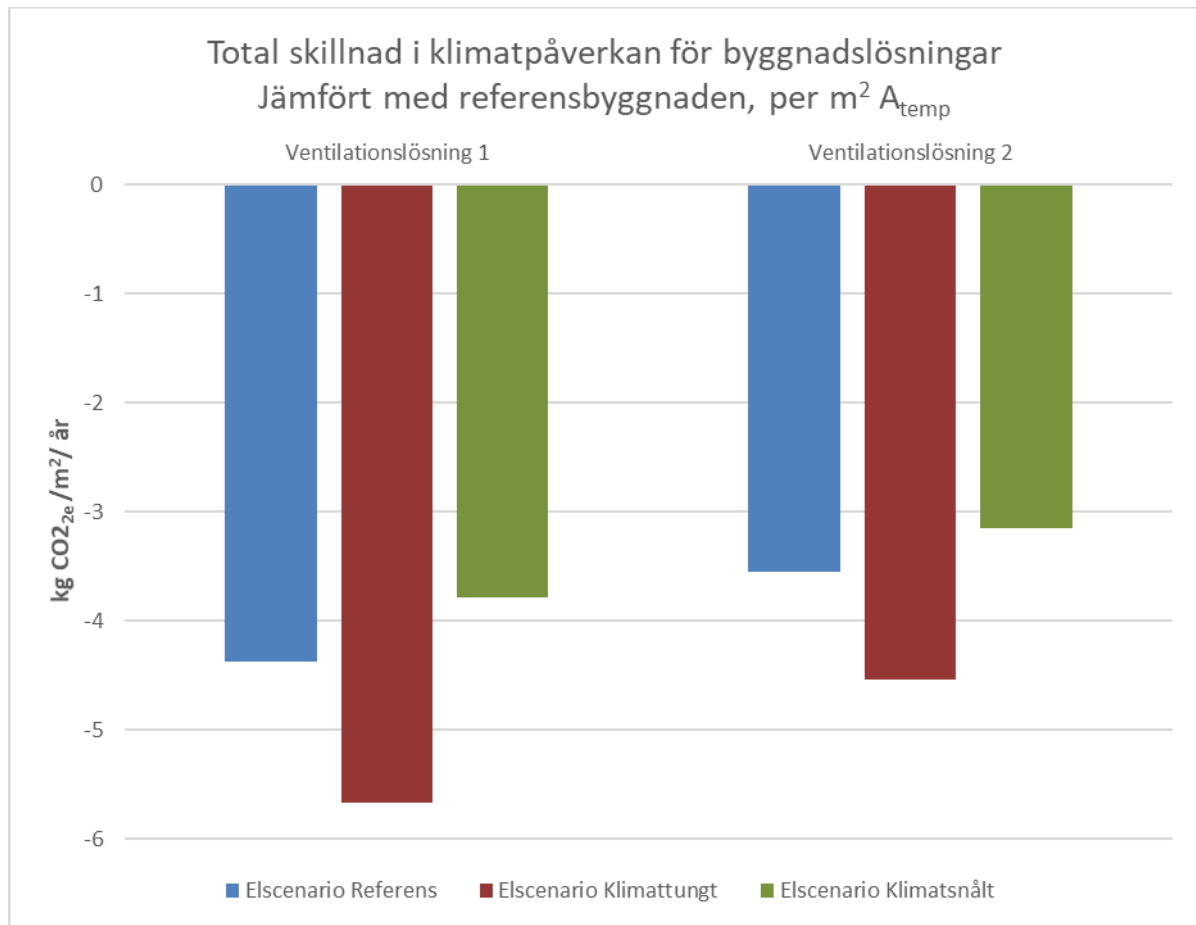


Figur 16 Fördelning av timmar per utomhustemperatur i Umeå baserat på SMHI:s klimatdatafiler 1981-2010 (Sveby, 2020).

2.4.2 Resultat från verktyget Tidstegen

De resulterande förändringarna i klimatpåverkan för de olika energilösningarna (i figurer benämnda som "ventilationslösningar"), jämfört med referensen visas i Figur 17. Referensen i det här fallet motsvaras av fastigheten Drumlinen 1 i befintligt utförande. Ventilationslösning 1 innebär installation av FTX-aggregat med motströmsväxlare och ventilationslösning 2 innebär installation av FTX-aggregat med värmebatteri.

Jämfört med att använda de äldre FTX-aggregaten som är installerade i fastigheten idag ger båda de nya ventilationslösningarna lägre klimatpåverkan i samtliga framtida scenarier för det nordeuropeiska elsystemets utveckling. Fastighetens användning av fjärrvärme är ungefär lika mycket med båda ventilationslösningar på timbasis. Ventilationslösning 1 ger lägre elanvändning än energilösning 2, vilket ger upphov till en större minskning av fastighetens klimatpåverkan. Eftersom åtgärderna i pilotprojektet innebär minskad användning av el i fås störst minskning av växthusgasutsläpp i det klimattunga elscenariot medan det klimatsnåla scenariot ger lägst minskning av växthusgaser.



Figur 17 Total skillnad i klimatpåverkan mellan energilösningarna och referensfastigheten i Drumlinen i pilotprojekt 3, per år och $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$.

3 Diskussion och slutsatser

Verktyget Tidstegen kan användas för att analysera klimatpåverkan vid val av olika energiåtgärder. Vid beslut om att genomföra energiåtgärder behöver många andra faktorer också beaktas, till exempel kostnader och inomhusmiljö. I projektet har tre olika pilotprojekt använt verktyget för att analysera klimatpåverkan av olika energiåtgärder i byggnader. Pilotprojekten har genomförts i tre olika fjärrvärmenät (Linköping, Kalmar och Umeå). I verktyget jämförs de olika energilösningarna mot en referens. I alla pilotprojekt har referensen varit dagens energianvändning i en eller flera befintliga byggnader.

Utgångspunkten för beräkningarna i verktyget Tidstegen är så kallad konsekvensanalys, som innebär att effekterna av en förändrad energianvändning analyseras. Det är alltså bara de anläggningar i energisystemet (el, fjärrvärme, fjärrkyla) som påverkas av den förändrade energianvändningen som ingår i konsekvensanalysen. I andra forskningsprojektet som utförts av IVL under perioden 2013–2020 har tre elscenarier tagits fram och en metodik utvecklats för konsekvensanalys av fjärrvärme och fjärrkyla.

Klimatprestanda (ur konsekvensperspektiv) för de fjärrvärmenät som ingått i pilotprojekten varierar beroende på utomhustemperatur och därmed även över året. Detta gäller även andra fjärrvärmenät i Sverige som har mer än en panna. Grovt sett är klimatpåverkan högst vid låga temperaturer och lägst vid höga temperaturer, men avvikelser förekommer. Vid medelhöga och höga temperaturer har de studerade fjärrvärmenäten stort inslag av kraftvärme. Minskad efterfrågan på fjärrvärme vid dessa temperaturer innebär då även minskad möjlighet till lokal elproduktion. Om elproduktionen från kraftvärme minskar så behöver mer el tillföras systemet på andra sätt. De tre elscenarierna i verktyget visar att det på kort sikt är övervägande elproduktion med hög klimatpåverkan och att elens klimatprestanda sedan blir bättre över tid.

De aktuella fjärrvärmenäten har stora inslag av kraftvärme som påverkas av förändringar under en stor del av året. Minskad efterfrågan på fjärrvärme vid de temperaturer då kraftvärme ingår i marginalmixen innebär då att mindre el kan produceras. Denna el behöver ersättas av annan el, vilket fastställs med verktygets tre elscenarier. Eftersom det finns relativt mycket fossilbränslebaserad elproduktion åtminstone på kort sikt i elscenarierna betyder det att behovet av sådan elproduktion kommer att öka. Sett i ett systemperspektiv så är det alltså ur klimatsynpunkt inte gynnsamt att minska kraftvärmeproduktionen. Detta är en viktig förklaring till resultaten i pilotprojekten. Nyttan kommer att avta i takt med att det nordeuropeiska elsystemet utvecklas mot lägre klimatpåverkan.

Samtliga fjärrvärmenät i pilotprojekten använder biomassa i olika anläggningar. I verktyget har biobränslebaserad fjärrvärmeproduktion låg klimatpåverkan. Idag är inte konkurrensen om biobränslen så stor att det är aktuellt att tala om marginalbiobränslen. I framtiden med en kraftigt ökad konkurrens om biomassa för olika ändamål kan det dock bli aktuellt att ta hänsyn till systemeffekter av förändrad efterfrågan på biobränslen. Klimatpåverkan av värme från biomassa i konsekvensperspektiv skulle då sannolikt öka väsentligt.

Indata för fjärrvärmeproduktionen är framtagna av respektive fjärrvärmebolag. Vissa data är redovisade för flera anläggningar gemensamt och då har genomsnittliga värden för till exempel bränslen, verkningsgrader, alfavärden och liknande använts. Detta är förenklingar, i verkligheten förekommer förstås skillnader och även variationer över året. För alla bränslen har generella

emissionsfaktorer använts och vissa antaganden om bränslen har också gjorts för att överensstämja med de förvalda bränslen som idag finns i verktyget Tidstegen.

Ett pilotprojekt har inkluderat energilösningar med solceller och solfångare. Enligt de tre elscenarier som ingår i verktyget är solceller en bra investering ur klimatsynpunkt även när utsläppen från tillverkning av solcellerna inkluderas.

Slutsatserna från projektet kan sammanfattas i följande punkter:

- I fjärrvärmenät med mycket fossilfri kraftvärme är det ur klimatsynpunkt fördelaktigt med fjärrvärme framför värmepumpar och andra energilösningar som innebär en ökad elanvändning. Det kan dock förekomma tidpunkter på året då det är bättre ur klimatsynpunkt att använda värmepumpar. Ett exempel är i situationer då elproduktionen i kraftvärmeverk stängs av för att tillgodose behovet av värme (särskilt vintertid).
- Resonemanget om kraftvärme ovan är giltigt så länge den elproduktion som trängs undan av kraftvärmeelen har stor klimatpåverkan. Om elsystemen i våra nordeuropeiska grannländer utvecklas mot bättre klimatprestanda snabbare än vad som antagits i de tre elscenarierna så förändras bilden. Ett robust resultat bör dock vara att det kommer vara fortsatt viktigt med lokal elproduktion för att undvika kapacitetsbrist i tillförseln av el till städer.
- I en framtid med kraftigt ökad efterfrågan på biomassa kan det vara relevant att i en konsekvensanalys ta hänsyn till vilka biobränslen som på marginalen påverkas av en förändrad efterfrågan.
- Energilösningar med solceller innebär att elproduktion någon annanstans trängs undan. I projektet används tre elscenarier och i samtliga dessa är det klimatmässigt fördelaktigt med solceller även när uppströmsemissionerna från tillverkning av solceller beaktas. För solfångare som enbart genererar värme beror klimatnyttan mer på hur det lokala fjärrvärmesystemet ser ut, enligt samma resonemang kring kraftvärme som ovan.

4 Referenser

Ekvall T (2018). Miljöbedömning av energibärare – vägledning för livscykelanalyser. IVL rapport C361

Ekvall T, Gode J, Sköldberg H. "Miljöbedömning av energi – några metodfrågor och begrepp". NEPP rapport nedladdad från www.nepp.se 2020-03-26. Mars 2020

Gode J, Nilsson J, Ottosson J, Sidvall A (2020). Klimatbedömning av energilösningar i byggnader – pilotprojekt för test av verktyget Tidstegen. IVL rapport B 2373. Januari 2020

Gode J, Lätt A, Martinsson F, Adolfsson I, Lindblom J, Ekvall T (2015). Miljövärdering av energilösningar i byggnader. IVL rapport B2240

Hagberg M, Gode J, Lätt A, Ekvall T, Adolfsson I, Martinsson F (2017). Miljövärdering av energilösningar i byggnader (etapp 2). IVL rapport B2282

Lätt A, Gode J, Sidvall A, Boberg N, Nilsson J, Berglund R (2019). Miljövärdering av energilösningar i byggnader – Tidstegen etapp III. IVL rapport B2337

Sveby (2020). Klimatdatafiler för olika tidsperioder. SMHI och Sveby. Nedladdade från www.sveby.org 2020-01-10

