
Tidstegen-analys av systemlösningar inkl. IKN, batteri, IMD m.m.



Författare: Rasmus Andersson

På uppdrag av: Kraftringen Energi AB, offertnummer 718909-250912

Rapportnummer: U11187

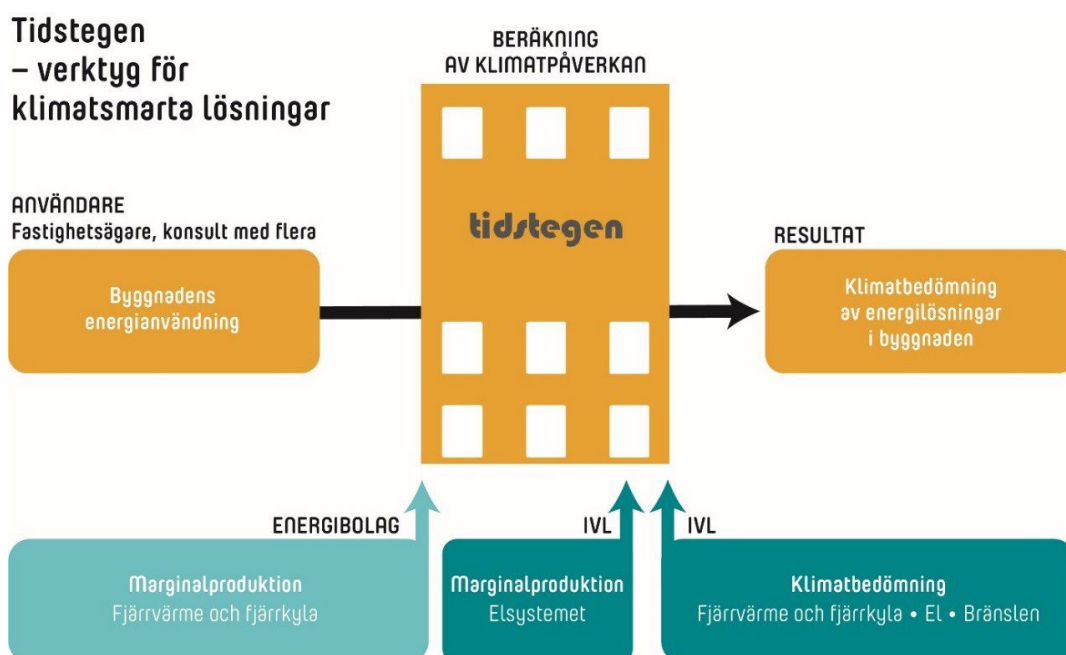
Innehållsförteckning

1	Beskrivning av Tidstegen	4
1.1	Konsekvensanalys	5
1.2	Timupplösning och framåtblickande	5
1.3	Livscykelanalys	6
1.4	Vad kan resultaten användas till?	6
2	Uppdrags- och objektsbeskrivning	7
3	Energisystem	8
3.1	Fjärrvärmesystem	8
3.2	Elsystem	9
4	Analyserade energilösningar	12
5	Resultat och tolkning	15
	Bilaga 1 Granskningskommentarer om klimatberäkningar av Referensfall och Systemval 1-5 enligt bokföringsmetodik	19

1 Beskrivning av Tidstegen

Tidstegen är en metod och ett verktyg för klimatbedömning av en förändrad energianvändning i en byggnads driftsfas, exempelvis till följd av en investering i en energilösning, vid renovering eller nybyggnation. Tidstegen kan bidra till klimatomständigt mer välgrundade beslut genom att beskriva de troliga klimatkonsekvenserna av en byggnads förändrade energianvändning, med hänsyn tagen till interaktionen med både fjärrvärme-, fjärrkyla- och elsystem.

Det digitala verktyget Tidstegen kan beskrivas översiktligt med Figur 1 nedan. Verktöget bygger på metodik som har utvecklats i flera forskningsprojekt och beskrivs mer utförligt i de rapporter som finns [här](#)¹.



Figur 1. Översiktlig illustration av verktyget Tidstegen

¹ Observera att det sker en kontinuerlig utveckling av metoden och verktyget varför äldre rapporter i vissa delar kan vara inaktuella.

Metoden Tidstegen bygger på fyra centrala utgångspunkter: konsekvensanalys, framåtblickande, timupplösning och livscykelperspektiv.

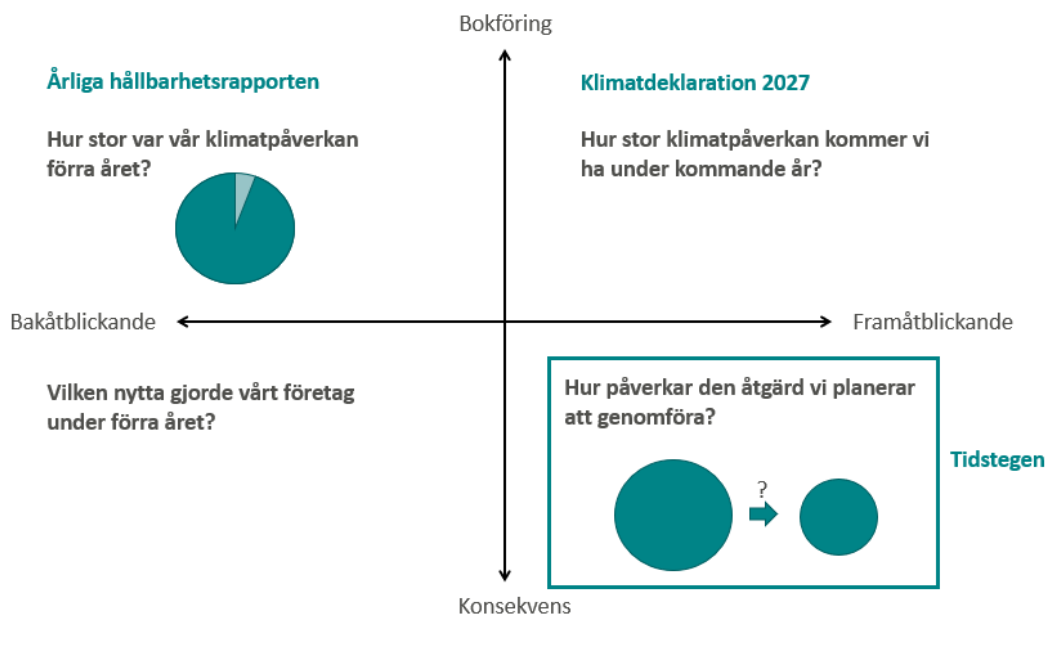
1.1 Konsekvensanalys

Utgångspunkten är att analysera systemkonsekvenser av förändrad energianvändning (el, värme och kyla) på byggnads- eller områdesnivå. Metodiken brukar kallas konsekvensanalys eller miljöbedömning i beslutsperspektiv och är en vedertagen metodik inom livscykelanalys. Analysen av energisystemet inkluderar konsekvenser som uppstår både i det lokala fjärrvärme- och/eller fjärrkylasystemet och i elsystemet.

1.2 Timupplösning och framåtblickande

Metoden tar hänsyn till de olika energisystemens utveckling över tid men också *när* i tiden som den aktuella byggnaden använder eller producerar energi i form av el, värme och kyla. Produktion av el, fjärrvärme, och fjärrkyla kan vara förknippade med stora skillnader i klimatpåverkan beroende på vilken tid som avses; till exempel om det är sommar eller vinter, dag eller natt samt om det är nutid eller framtid. För att på ett representativt sätt kunna bedöma klimatkonsekvensen av en förändrad energianvändning i en byggnad är därför tidsaspekten, och även tidsupplösningen, central. Den presenterade metoden hanterar därför två olika tidsdimensioner. Den ena avser den framtida utvecklingen av energisystemet – från nu och fram till år 2050. Tidstegen har alltså ett framåtblickande perspektiv. Den andra dimensionen är att man utnyttjar timupplöst data för ett år, detta för att fånga variationer över säsonger, månader, dygn och timmar.

Verktyget Tidstegen, som bygger på ett framåtblickande konsekvensperspektiv, skiljer sig från många gängse LCA-metoder. Flertalet metoder bygger på årsmedelvärden och är begränsade till en nationell eller internationell mix för fjärrvärme, fjärrkyla eller el och med historiska värden som inte har någon koppling till när under året produktionen sker. En översikt över hur Tidstegen förhåller sig till andra miljöbedömningsverktyg ses i Figur 2.



Figur 2 Olika perspektiv inom klimatmetoder. Bokföring eller konsekvens, bakåtblickande eller framåtblickande. Tidstegen har ett framåtblickande konsekvensperspektiv.

1.3 Livscykelanalys

Slutligen är en central utgångspunkt för metoden att man har ett livscykelperspektiv för olika energislags miljöpåverkan. Detta återspeglas i de emissionsfaktorer som används för att göra en klimatbedömning av fjärrvärme, fjärrkyla och el. Genom att ha ett livscykelperspektiv inkluderas inte bara olika bränslens direkta utsläpp vid förbränning utan också uppströms utsläpp, exempelvis vid produktionen av ett biobränsle eller vid tillverkningen av solceller.

1.4 Vad kan resultaten användas till?

Metoden bygger på att man beskriver klimatomfattande konsekvenser av olika energilösningar i en byggnad jämfört med en referensbyggnad. Genom metoden kan man visa på effekterna av olika val och därmed få underlag i planeringsfasen vid en investering, renovering eller nybyggnation. Även om verktyget kan bidra till klimatomfattande mer välgrundade beslut är de faktiska konsekvenserna av en åtgärd alltid osäkra. Tidstegen uppskattar konsekvenserna med hjälp av modeller, vilka alltid är förenklingar av den komplexa verkligheten och resultaten från verktyget är inte alltid intuitiva. Den typ av systemeffekter som Tidstegen visar på

bör ses som indikativa och användas för att få ökad förståelse för de system som byggnaden är kopplad till, snarare än att räkna ut exakt vilken klimatkonsekvens olika energilösningar kommer innebära. Tidstegen bör också användas som ett komplement till andra beslutsunderlag, t.ex. analyser av andra energisystemeffekter.

2 Uppdrags- och objektsbeskrivning

Uppdraget, som redovisas i denna rapport, omfattar konsekvensanalys av olika energilösningar tillämpade på fastighetsobjekt inom "Pottugnen" och "Spjället" (totalt 10 byggnader), som IVL Svenska Miljöinstitutet AB har genomfört på uppdrag av Krafringen Energi AB och i samarbete med Lunds Kommuns Fastighets AB samt Lunds kommun.

Genomförd analys avser klimatpåverkan för de olika energilösningarna med hjälp av verktyget Tidstegen, men i detta också en analys med jämförelser baserat på resultat med bokförd klimatpåverkan enligt bokföringsmetodik - för samma byggnader och energilösningar. Fokus i analysen bygger därmed på klimatomässiga slutsatser som är troliga vid användning av konsekvens- respektive bokföringsmetodiken som resultatunderlag för de aktuella byggnaderna och systemvalen. Objekten är befintliga byggnader i Lund och resultatet kan användas som ett räkneexempel för byggnader av liknande teknisk prestanda, liknande energilösningar samt som är kopplade till Lunds fjärrvärmenät. Projektet syftar till att ge utökat beslutsunderlag och kunskapsunderlag kring lösningar och åtgärder för berörda aktörer inför kommande renoveringar, investeringar och nyetableringar (se avsnitt "Analyserade åtgärder" nedan). Fastigheterna som analyserats är 22 981 m² (A-temp). Uppdraget inleddes 2025 vilket har utgjort startår för genomförda analyser.

Timupplöst indata avseende byggnadens energibehov och egna energiproduktion vid de olika åtgärderna har tagits fram och levererats av Krafringen AB med tillhörande samarbetspartners, i samråd med IVL. Dessa har levererats i indatamallen för Tidstegen. Uppdraget har omfattat en rimlighetsöversyn av levererade indata. Uppdraget har också omfattat en granskning och dialog avseende beräkningarna enligt bokföringsmetodik som tillhandahållits till IVL. Granskningskommentarerna finns i Bilaga 1.

3 Energisystem

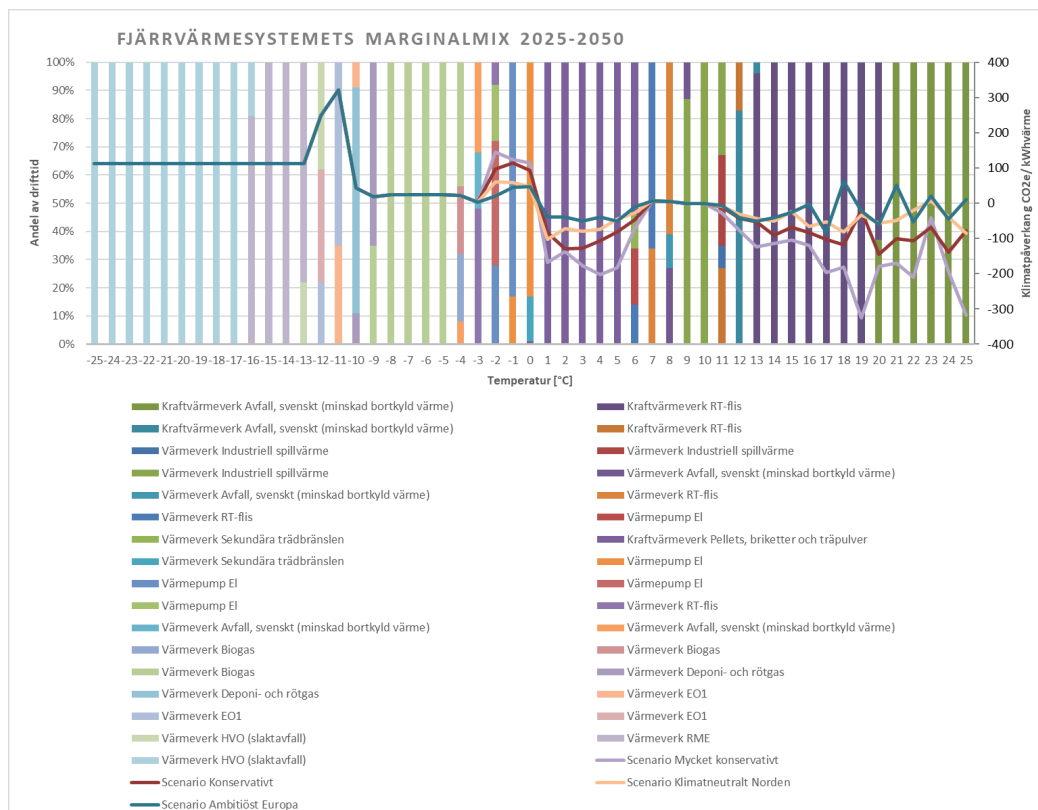
I Tidstegen används marginalproduktionsdata för fjärrvärmesystemet som fastigheten är eller kommer att vara ansluten till samt för elsystemet. Fjärrvärmesystemet utgörs av det lokala systemet medan elsystemet utgör ett betydligt större system geografiskt. Här beskrivs marginalproduktionsdata för båda dessa två system mer utförligt.

3.1 Fjärrvärmesystem

Fastigheterna för beräkningen är anslutna till fjärrvärmenät i Lund. 2025 används som startår, och 2050 används som slutår, för analysen.

Marginella mixen på det aktuella fjärrvärmenätet inkluderar såväl kraftvärmeanläggningar som rena värmeverk samt värmepumpar. Bränslen som används är bl a träbränsle, biogas samt biobaserade oljor.

Figur 3 nedan illustrerar den procentuella fördelningen mellan de olika marginalproduktionsanläggningarna som är i drift vid respektive utomhustemperatur för tidsperioden.



Figur 3. Tillämpad marginalmix för fjärrvärmenätet.

3.2 Elsystem

En byggnads energilösning påverkar byggnadens efterfrågan på el, direkt genom lösningens elbehov men också indirekt genom att el kan användas för att producera fjärrvärme- och fjärrkyla i de lokala näten, tex via värmepumpar eller elpannor. El kan också produceras i samband med fjärrvärmeproduktion i kraftvärmeverk. Detta sammantaget påverkar både elsystemets och fjärrvärme- och fjärrkylasystemens klimatpåverkan. I denna rapport beskrivs metoden för klimatvärderingen av el endast kort. En mer detaljerad beskrivning av hur klimatvärdering av el hanteras i Tidstegen återfinns i [IVL rapport B2440](#).

Verktöget Tidstegen omfattar en lång tidsperiod, emissionsfaktorer för el finns inlagda fram till och med år 2050. Detta för att kunna hantera att många energiåtgärder i byggnader har en lång livslängd. En energisystemmodell har använts för att analysera hur marginalproduktionen i elsystemet kan se ut och utvecklas fram till 2050.

För analys av möjliga framtida utvecklingsvägar för elsystemet och påverkan på marginalelproduktionen i en svensk kontext, är inte ett nationellt perspektiv tillräckligt utan hänsyn behöver tas till att det svenska elsystemet är integrerat med övriga Norden och Europa. Elscenarierna i Tidstegen besvarar därför frågan "Hur påverkar en förändrad elanvändning i Sverige driftmarginalen i hela det europeiska elsystemet, givet olika scenarier?". I den energisystemmodell som använts för att ta fram elscenarierna inkluderas 18 europeiska länder till vilka Sverige har både direkta och indirekta kopplingar genom elnätsförbindelser.

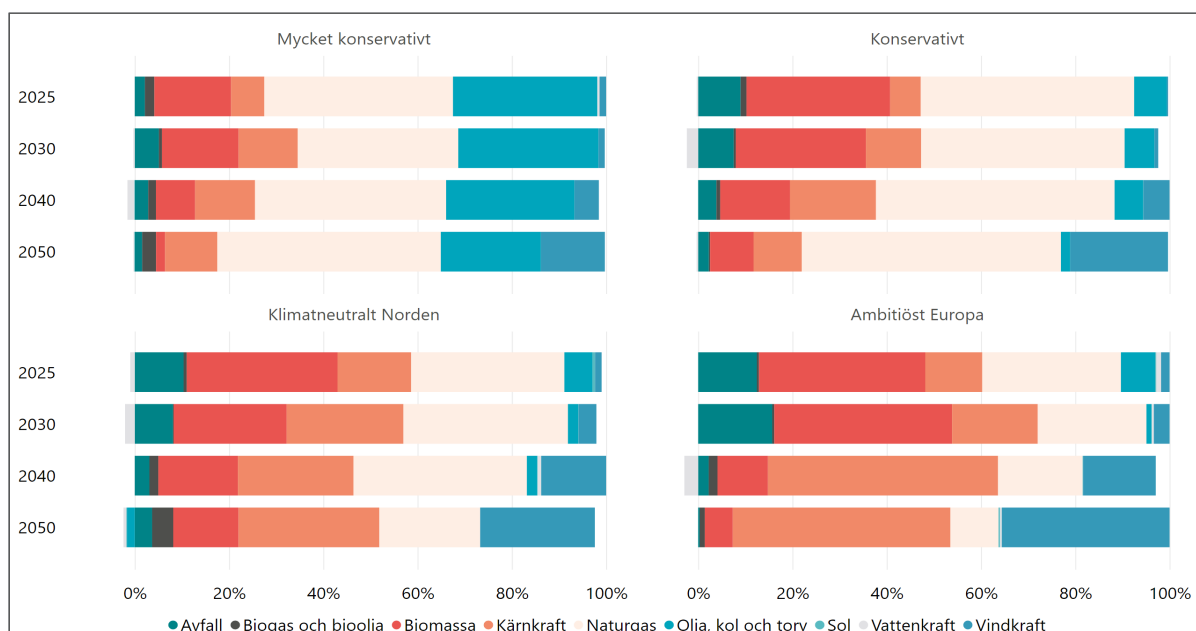
Olika scenarieförutsättningar har använts för att täcka in en del av de många osäkerheter som är förknippade med den framtida utvecklingen av elsystemet. I Tidstegen finns fyra olika scenarier: *Ambitiöst Europa*, *Klimatneutralt Norden*, *Konservativt* och *Mycket konservativt*. Dessa fyra scenarier beskriver den timvisa elproduktionsmarginalen i Sverige, med hänsyn tagen till kopplingarna till det europeiska elsystemet, för år 2020 - 2050. Utifrån de timvisa serierna i scenarierna och emissionsfaktorer för olika elproduktionstekniker har timvisa emissionsfaktorer för elsystemet tagits fram.

Tabell 1. Definierade förutsättningar för olika scenarier.

	Scenario			
	Mycket konservativt <i>Konservativ hållning till klimatomställning</i>	Konservativt <i>Oförändrat policyläge</i>	Klimatneutralt Norden <i>Norden uppfyller mål om klimatneutralitet</i>	Ambitiöst Europa <i>Hela Europa ställer om, Norden bidrar</i>
Koldioxidpris	Konstant, 25 €/ton	Konstant, 50 €/ton	Ökande, 100 €/ton år 2040	Kraftigt ökande, 140 €/ton år 2040
Acceptans för sol- och vindkraft	Låg	Låg	Medel	Medel
Industriell elektrifiering/ efterfrågan på elektrobränslen	Låg	Låg	Medel	Hög
Nordiska elsystemet CO2-neutralt till 2050	Nej	Nej	Ja	Ja

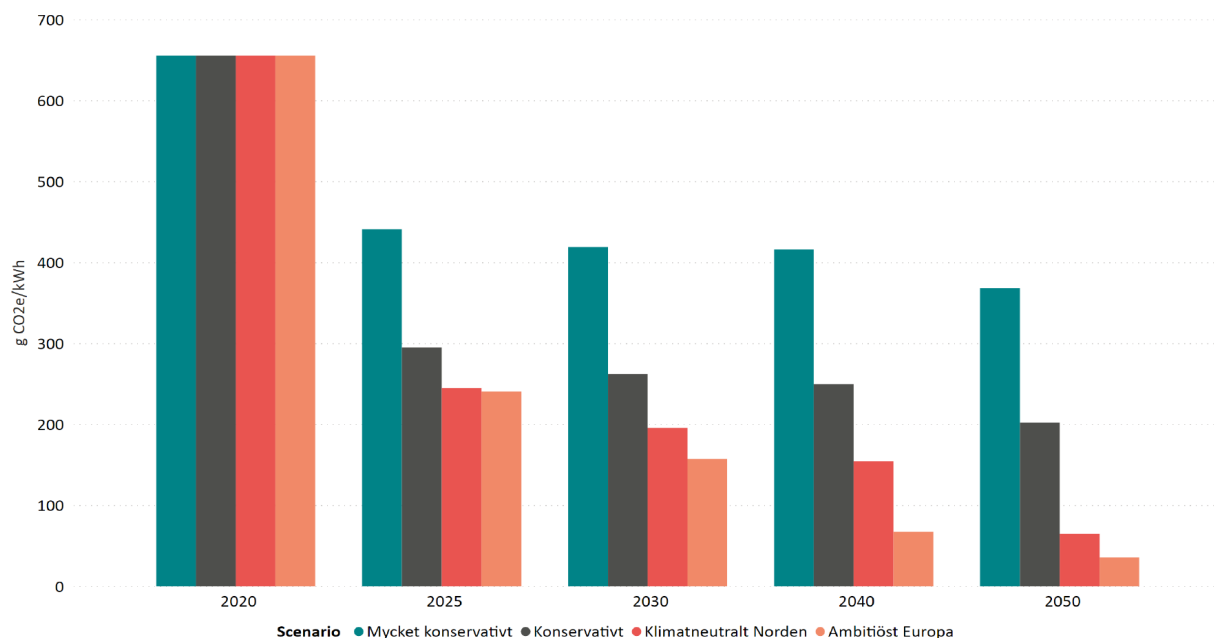
Den data som används i Tidstegen för att beräkna elens klimatpåverkan utgår ifrån den timvisa elproduktionsmarginalen i Sverige, detta betyder att det vid varje enskild timme på året kan vara olika elproduktionstekniker som ligger på marginalen. För att få en översikt över vilka tekniker som dominerar i respektive

scenario visar Figur 4 den procentuella fördelningen mellan olika marginalproduktionstekniker under ett helt år i respektive scenario och år.



Figur 4. Marginalproduktionsmix 2025 - 2050 i respektive scenario. Figuren visar den procentuella fördelningen mellan olika marginalproduktionstekniker under ett helt år. Negativa värden innebär att det sker en nedreglering på marginalen.

Figur 5 nedan visar den genomsnittliga klimatpåverkan per år som de olika scenariernas marginalproduktion ger upphov till. Detta ger en indikation om skillnaden mellan scenarierna samt hur utvecklingen ser ut över åren. Det bör dock påpekas att en tidstegen-analys baseras på timupplöst data varför det inte går att göra direkta kopplingar mellan resultatet från analysen och diagrammet nedan.



Figur 5. Genomsnittligt koldioxidavtryck per kWh el (g CO₂e/kWh) för respektive år och scenario.

4 Analyserade energilösningar

Följande energilösningar (systemval) har analyserats i respektive scenario (Referens + Fall 1-5) inom ramen för föreliggande uppdrag:

- Referens: Fjärrvärme och el från nät
- Fall 1: Frånluftsvärmepump tillagd
- Fall 2: Frånluftsvärmepump och solceller tillagt
- Fall 3: Frånluftsvärmepump, solceller och IMD (solcellsel för all typ av elbehov) tillagt
- Fall 4: Frånluftsvärmepump, solceller, IMD (solcellsel för all typ av elbehov) och batterilager tillagt
- Fall 5: Frånluftsvärmepump, solceller, IMD (solcellsel för all typ av elbehov), batterilager och IKN (icke koncessionspliktigt nät) tillagt

Samtliga analyserade scenarier (inklusive Referens) innefattar att en primäranslutning först har gjorts avseende fjärrvärmen, vilket antas har gett en viss mängd minskad fjärrvärme och el jämfört med innan åtgärder/tillägg. Detta har gjorts vid hanteringen av grund-rådata (mätdata).

Vid tillfälle under året ger solcellerna en överproduktion där överskott exporteras ut till nätet. Det sker i olika hög utsträckning beroende på aktuell värmelösning, om solcellselen kan användas för både fastighetsel och hushållsel samt om delning av solcellsel via IKN kan göras mellan fastigheterna. I Tabell 2 nedan sammanställs byggnadernas behov av fjärrvärme respektive el vid de olika åtgärdsalternativen. Yta (m²) avser Atemp. De mindre avvikelserna mellan siffrorna på totalt producerad solcellsel beror på att förluster i batterilagring är inkluderade i uträkning, samt på sifftertekniska orsaker i det använda verktyget för batterisimulering² där avrundningar skett i några olika led. Detta har vidare gett marginella utslag i beräkningarna av el från respektive källa. Siffrorna för solcellsproduktionen i scenario för scenario har rimliga antal fullasttimmar. Förändringsmönstrena i energianvändning vid det som läggs till i varje systemval är förväntade och skillnader i siffror på total producerad solcellsel som inte beror på batteriförlusterna bedöms inte ha väsentliga effekter på analysens resultat och slutsatser.

² Simulering gjord med ett verktyg tillhandahållet av fastighetsförvaltaren, för underliggande data till indataarbetet. Verktöget nyttjar till simuleringen bl a data för/avseende lastprofil, produktionsprofil och det specifika batterilagringssystemet.

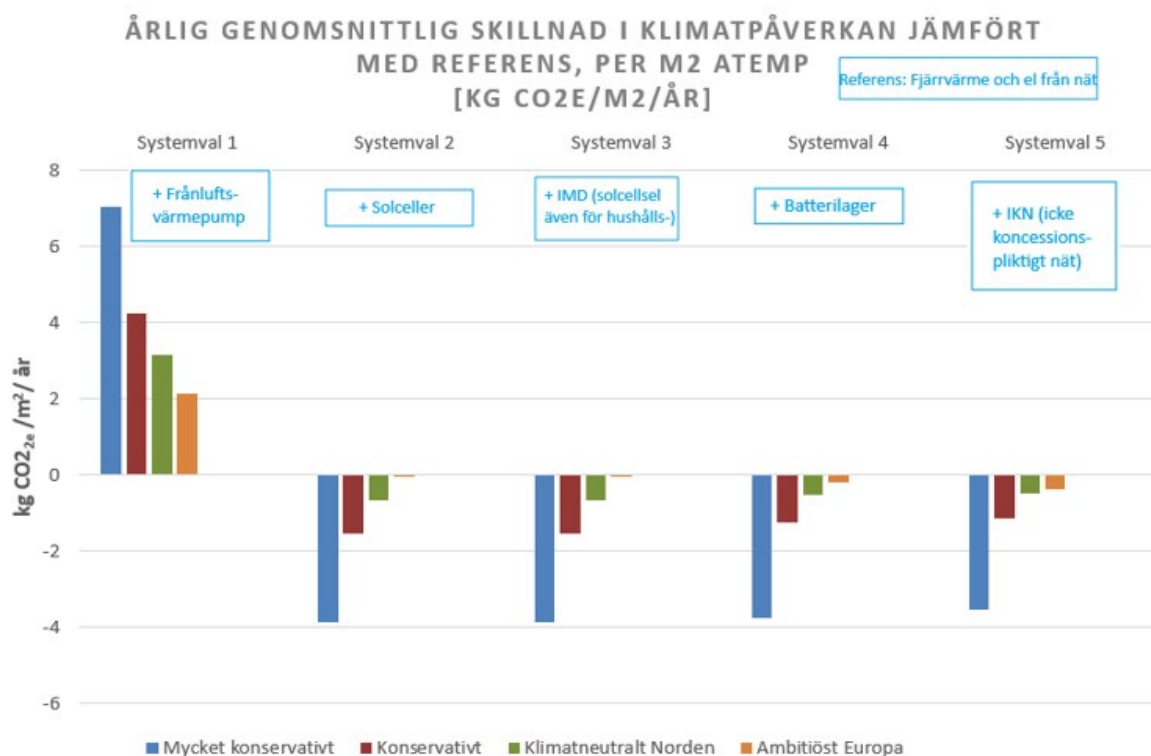
Tabell 2. Tabell avseende byggnadernas behov av energi för värme och el (fastighetsel och hushållsel sammantaget) samt hur dessa behov tillgodoses vid respektive energilösning.

Energi-lösning (scenario)	Beskrivning av energisystemval	Köpt energi (totalt) [kWh/m ² , år]	Köpt fjärrvärme [kWh/m ² , år]	El-tillförsel	Elbehov inkl. hushållsel [kWh/m ² , år]	Köpt el inkl. hushållsel [kWh/m ² , år]	Totalt producerad solcellsel [kWh/m ² , år]
Ref	Fjärrvärme* och el från nät**	75,1* + 35,2**	75,1	Elnät	35,2	35,2	0
Fall 1	Frånluftsvärmepump tillagd	48,7* + 46,6**	48,7	Elnät	46,6	46,6	0
Fall 2	Frånluftsvärmepump och solceller tillagt	48,7* + 38,0**	48,7	Elnät + solceller (egen-använd*** samt exporterad ****)	46,6	38,0	27,0 (8,6*** + 18,4****)
Fall 3	Frånluftsvärmepump, solceller och IMD (solcellsel för allt elbehov) tillagt	48,7* + 31,9**	48,7	Elnät + solceller	46,6	31,9	27,1 (14,7*** + 12,4****)
Fall 4	Frånluftsvärmepump, solceller, IMD (solcellsel för allt elbehov) och batterilager tillagt	48,7* + 26,4**	48,7	Elnät + solceller	46,6	26,4	26,5 (20,2*** + 6,3****)

Fall 5	Frånluftsvärmepump, solceller, IMD (solcellsel för allt elbehov), batterilager och IKN tillagt	48,7* + 25,2**	48,7	Elnät + solceller	46,6	25,2	26,4 (21,4*** + 5,0****)

5 Resultat och tolkning

I figur 6 nedan visas resultat från Tidstegen-analysen av de fem fallen (nedan kallade Systemval 1 - 5). I figuren redovisas resultatet som förändring i klimatpåverkan som de olika åtgärderna innebär jämfört med referensfallet. För varje systemval redovisas förändringen som årlig genomsnittlig skillnad i klimatpåverkan för de år som ingår i beräkningsperioden (2025 – 2050) och för de fem scenarierna av elsystemets utveckling. Yta (m²) avser Atemp.



Figur 6: Diagram avseende förändrad klimatpåverkan i byggnadens driftskede vid de olika energilösningarna. Staplarna avser årlig genomsnittlig skillnad i klimatpåverkan jämfört med referensfallet, för de år som ingår i beräkningsperioden (2025 – 2050) och för de fyra scenarierna för elsystemet.

I Tabell 3 nedan redovisas bokförda utsläpp för respektive scenario enligt bokföringsmetodik (se bilaga 1 för vidare beskrivningar och förklaringar angående indataval såsom utsläppsvärden och systemgränser m.m.). "S1", "S2" osv. står för Systemval 1, Systemval 2, osv.³.

Tabell 3 Beräknat årligt utsläpp av driftenergianvändningen i fastigheterna utifrån bokföringsmetodik.

	Referensfall	S1	S2	S3	S4	S5	
Totala utsläpp	53 957 673	59 063 385	55 694 881	53 306 917	51 151 533	50 660 191	g CO ₂ ekv
	53.96	59.06	55.69	53.31	51.15	50.66	ton CO ₂ ekv

I Tabell 4 nedan framgår använda utsläppsfaktorer för respektive energislag (se bilaga 1 för vidare bakgrund till användningen av dessa).

Tabell 4 Använda utsläppsvärden för respektive energislag till bokföringsberäkningarna.

Fjärrvärme	10.6 g CO ₂ ekv/kWh
Nordisk elmix	44.1 g CO ₂ ekv/kWh
Solel	27 g CO ₂ ekv/kWh

Ur Figur 6 och Tabell 3, som ger en jämförelse av konsekvensmetodik-resultaten och bokförings-resultaten, går bland annat följande att utläsa:

- Det är mycket tydligt att solceller leder till minskad klimatpåverkan enligt konsekvensmetodiken i denna Tidstegen-analys, och även leder till lägre bokförda utsläpp enligt bokföringsmetodiken. Det är inte självklart att bokföringsmetodik alltid ger minskad klimatpåverkan vid installation av solceller. Detta utifrån vilka faktorer för el från nät som kan användas i olika sammanhang. Dock är det vanligt att kraftslag enligt ursprungsmärkning (som kan vara ett kraftslag med låga utsläpp) inte accepteras som grund för använd utsläppsfaktor. När utsläppsfaktorn därmed utgår från en medelmix är det rimligt att bokföringsmetodik ofta ger solceller en klimativinst jämfört med el från nät. Detta även med annat val av systemgräns än nordisk (t.ex. europeisk, nordeuropeisk och även svensk). Slutsatsen att solceller bidrar med klimatnytta har ett stöd i konsekvensmetodiken och förmodligen även bokföringsmetodik generellt.
- En mer elbaserad värmelösning ger inget positivt resultat här vare sig enligt konsekvens- eller bokföringsresultaten, såvida inte detta även kompletteras med solceller samt att ytterligare insatser görs för att öka solcellsnyttjandet

³ En beräkning av "Sparade utsläpp" vid solcellsexport har genomförts men används inte i denna analys, vilket förklaras i Bilaga 1. Resultaten för dessa är (i ton CO₂e): R: 0 S1: 0, S2: 7,24, S3: 4,86, S4: 2,47, S5: 1,96.

(vilket det görs i S3, S4 och S5). Någon jämförelse med att behålla endast fjärrvärme som värmelösning men införa S2-S5:s tillägg ingår inte i denna studie.

- Att öka det egna nyttjandet av solcellsel genom IMD (och att solcellselen kan användas även för hushållsel utöver fastighetsel) ser ut att kunna vara en rekommendabel insats om bokförings- och konsekvensresultatet beaktas samtidigt. En klimatvinst syns i bokföringsberäkningen och konsekvensberäkningen påverkas inte synbart. Detta ska helst relateras till om IMD kräver extra teknisk infrastruktur, som ger högre "inbyggda utsläpp". Dock är den potentiella klimatvinsten betydande i det fall ett bokföringsperspektiv tillämpas när sådana skillnader i infrastruktur inte inkluderas.
- Klimatvinsten med att ytterligare öka det egna solcellsnyttjandet är totalt sett inte tydlig vid tillämpning av batterilager och vidare, IKN. Bokföringsberäkningarna medger marginella sänkningar av de bokförda utsläppen, till följd av att behovet av el från nät minskar. Resultaten avseende konsekvensberäkningarna ger däremot en generellt något lägre klimatvinst än om dessa insatser exkluderas. D v s, S2 eller S3 är något bättre än S4 eller S5 generellt i konsekvensanalysen. S4 och vidare S5 innehåller förluster i lagring som gör att klimatnyttan inte blir på samma nivå som om den nyttjas i samband med produktionstillfället. Den solcellsel som exporteras ut gör klimatnytta enligt konsekvensperspektivet. Ett rent bokföringsperspektiv på driftenergi medger enligt resultaten att dessa investeringar sänker utsläppen marginellt, men hänsyn bör då också tas till extra infrastruktur (och inbyggda utsläpp) som behövs för ett batterilager och för IKN. Vid "ökad infrastruktur" är det inte säkert att ett bokföringsperspektiv som inkluderar inbyggda utsläpp kan motivera batteri och IKN. Detta bör undersökas vidare.
- Skillnaderna mellan de olika fallens resultat blir alltid mindre ju större förbättringar av elproduktionen på marginalen som kommer att ske framöver under 2025-2050. Detta syns i jämförelserna mellan alternativet "Mycket konservativt" upp till "Ambitiöst Europa". Marginalvärdena på el är överlag dock till en relativt hög grad fossilbaserade i scenarierna (mer information i Figur 5), vilket är en stor anledning till skillnaderna i resultat mellan en (för värme) mer elbaserad och fjärrvärmebaserad lösning.
- Att nyttan av att exportera el till nätet blir olika stor beroende på när i analysperioden man befinner sig samt till stor del på vilket elscenario man tittar på syns det potentiella effekter av, såsom att S4 och S5 får ett förbättrat resultat vid det mest ambitiösa elscenariet. Förbättringar av marginaelen på

nät sker gradvis och Figur 6 visar ett årligt genomsnitt. Förbättringarna innebär att det är mer eller mindre stor nytta av att el exporteras ut, till följd av vilket produktionssätt på marginalen som denna trycker bort behovet av. Effekterna är beroende av mängd och tidpunkt i analysperioden. Vid något/några tillfällen och vid en viss grad av förbättring av den marginella produktionen slutar export av solcellsel (med dess LCA-utsläpp) att göra en marginell nytta. I de lägena är det bäst att det sker så lite export av solcellsel till nätet som möjligt. Ytterlighetsscenariet Ambitiöst Europa ska dock inte ses som mer troligt än några av de övriga tre där trenderna är mer likriktade. Ju lägre utsläppsskillnaderna generellt är desto högre effekt får även vissa timvisa variationer, avrundnings- och mindre summaavvikelser i indata som vi vet förekommer i mindre utsträckning i använda indata.

- Sammantaget är det tydligaste budskapet från resultaten att solceller visar en relativt oomstridd klimatnytta oavsett metod, samt att IMD visar en potential till klimatnytta om båda perspektiv beaktas samtidigt samt om skillnader i infrastruktur är marginella, samt att det finns en osäkerhet kring de marginella skillnader som batteri och IKN medför sett till driftenergin. Konsekvensperspektivet medger inte någon förbättring avseende driftenergin när batteri och IKN ingår om man bortser från det allra mest ambitiösa elscenariot (se punkt ovan). De marginella klimatvinster man eventuellt kan se vid tillämpning av just det mest ambitiösa elscenariot och/eller av bokföringsberäkningarna måste ställas i relation till potentiella effekter av skillnaden i infrastruktur om batteri eller ett lokalt nät ska läggas till utanpå ordinarie/standardmässig infrastruktur. Skillnaderna avseende driftenergi och båda perspektiven ska generellt ses som marginella, men det är svårt att anse det finnas en direkt klimatnytta sett till driftenergi med batteri och IKN. Att undersöka infrastrukturens betydelse, samt göra insatser för att minska klimatavtrycket av nödvändig infrastruktur, för respektive systemval är definitivt av betydelse. I de fall tekniklösningar såsom batteri och IKN väljs bort (bland annat p.g.a. detta), även om dessa ger ett högre internt nyttjande av solcellsel, så bör andra effekter såsom på elkvalitet och likande beaktas.

Bilaga 1 Granskningskommentarer om klimatberäkningar av Referensfall och Systemval 1-5 enligt bokföringsmetodik

Slutsats av kommentarerna:

Bokföringsberäkningarna kan användas till resultatjämförelserna med konsekvensberäkningarna.

Kommentarer kring:

Data på utsläpp per energimängd:

Geografiska systemgränser till grund för utsläppsvärden för el är ofta avgörande för ett totalt beräkningsresultat av olika energisystemval. Det finns ingen branschgemensam enighet kring vad som ska användas gällande systemgränsen. Elen här avser nordisk elmix. Nordisk elmix är mycket vanligt att använda i dessa sammanhang kring det allmännyttiga fastighetsbeståndet, i nyproduktionsprojekt och renoverings-/ombyggnadsprojekt. I denna rapport går vi inte i detalj in på skillnader i systemgränser m m som kan finnas mellan olika utförare/standarder (tillämpning av olika systemgränser) och hur det skulle kunna påverka resultaten.

Dock nämner vi här att en tillämpning av t ex svensk elmix (vilket är vanligt enligt annan standard) samt svensk medelfjärrvärme istället för lokal hade kunnat ge delvis omvänt förhållande mellan utsläppsvärdena per energimängd för el respektive fjärrvärme. Att räkna på den lokala fjärrvärmeproduktionen (t ex utan hänsyn till att det uppstår bränsle för avfallsbaserad fjärrvärme i det aktuella området men som förbränns på annan plats) är dock väldigt vanligt. Detta är mest likt det som fysiskt tillförs fjärrvärmeproduktionen och det faktiska fjärrvärmenätet. Utsläppsvärdet är som man kan förvänta sig för ett i högsta grad förnybart fjärrvärmenät.

IVL har också stämt av med Kraftringen att de jämförelser som görs här avser bokföringsberäkningar enligt ofta tillämpade beräkningsdata hos Kraftringen och dess bakomliggande systemgränser.

Utsläppsvärdet på nordisk elmix är som förväntat något högre än motsvarande ofta använda faktorer för svensk elmix. Skillnaden är dock relativt liten med tanke på t.ex. att ofta 37 g CO₂e per kWh el används för svensk elmix.

Att beräkningarna avser ett årligt utsläpp enligt dagens situation och inte något förbättringsscenario är noterbart, men även detta saknas det gängse metodik för inom bokföringsberäkningar, och där det förekommer är det mycket svårt att bedöma vad som är mest realistiskt. Alla värden ligger sett till samtliga olika energikällor för fjärrvärme och el redan på en relativt låg nivå.

Utsläppsvärdet på sol el har ett livscykelperspektiv och stämmer väl överens med tidigare litteraturvärden på detta.

Hantering av delen "Sparade utsläpp":

Sparade utsläpp (som kan ingå i "balanserade åtgärder", "åtgärder för undvikta utsläpp" för en netto-noll-klimatbalans) finns det inga fullt etablerade sätt att integrera inom bokförings-beräkningar för utsläpp av olika energisystemval. Olika standarder har gett väldigt olika instruktioner kring hur det ska beräknas i t.ex. en klimatbalansberäkning för full livscykel. Utfallet av att inkludera det kan därmed skilja sig mycket kraftigt.

De jämförelser vi gör i detta uppdrag behöver förhålla sig till klimatpåverkan inom bokförings-LCA för B6 (Driftenergi), och utifrån "Hel LCA-rapporten" (IVL, 2024)⁴ ser vi exporterad energi som en del att hantera inom D2. Därför tittar vi endast på värdena inom "Totala utsläpp".

Solcellernas utsläpp i beräkningarna utgår inte helt och fullt från just B6 i en byggnads-LCA eftersom det finns ett livscykelperspektiv i värdena. Utsläpp kunde alltså bli tillfalla LCA-skede för byggnation istället för drift. Det är inte givet huruvida dessa ska ingå i en B6-beräkning. Men utsläppen som solceller tillför tillkommer endast om man investerar i solceller, och denna investering ses ofta utanför de andra skillnader i "byggnadsmaterial" som kan finnas mellan systemvalen. Eftersom de är en energiproduktionsanläggning inkluderas ofta ett LCA-utsläpp på dem i en driftenergijämförelse på samma sätt som för energin från nät. Att inkludera LCA-utsläppen blir också ett sätt att inte överskatta klimatvinsten av att ersätta el från nät. På motsvarande sätt är valet av nordisk

⁴ <https://ivl.diva-portal.org/smash/get/diva2:1879423/FULLTEXT01.pdf>

elmix ett sätt att inte underskatta utsläppen av el från nät. En användning av nollutsläpp på solcellerna (helt B6-baserat) och en helt svensk elmix på el från nät hade därmed kunnat ge liknande förhållanden mellan el från nät och från solceller utsläppsmässigt och därmed liknande mönster i resultaten som här.

Utifrån detta bedöms det som rimligt både att exkludera "Sparade utsläpp" och att inkludera livscykelperspektivet på solcellselens utsläppsvärden i denna bokföringsberäkning av driftenergi (såsom det gjorts).

"Mönstret" i resultaten:

Utifrån förhållandet mellan utsläppsvärdena för fjärrvärme och el så är det förväntat att frånluftsvärmepump ska höja utsläppen något (S1) jämfört med referensfallet. Det är också förväntat att resten av åtgärderna som minskar mängden köpt el ska sänka utsläppen. Att skillnaderna är relativt små är dock också rimligt bl a eftersom frånluftsvärmepumpens COP är i en härad relativt nära utsläppsförhållandet mellan köpt el och fjärrvärme. S2 ger alltså en tydlig men inte monumental skillnad jämfört med S1.

Avståndet mellan Referens och S1 går alltså att "ta ikapp" i vidare systemval genom solceller (som har bättre utsläpp än nordisk elmix) och ännu mer genom ett bättre eget nyttjande av solceller. Detta genom att det kan gå till hushållsel, att solcellsel som annars hade exporterats lagras på batterier, samt att det går att dela mellan fastigheter. Ju fler av dessa åtgärder som tillkommer desto bättre blir siffrorna, alltså bättre och bättre från S2 fram till S5.

Att förbättringarna S1-S5 inte är extremt kraftiga är också förväntat eftersom solcellsnyttjandet ökar bit för bit för varje åtgärd men inte innebär alltför kraftiga skillnader i mängden köpt el enligt indatat.

Allt som allt är det förväntat att det inte ska vara diametralt olika resultat mellan fjärrvärme- och mer elbaserade lösningar utifrån förhållandet mellan utsläppen för fjärrvärme och el samt värmepumps-COP:et, samt även utifrån att solcellernas livscykelemissioner inte är monumentalt lägre än nordisk elmix.

Dokumentation av översiktlig jämförelse med årliga utsläpp för ett annat flerbostadshus enligt relativt liknande indata och bokföringsberäkning:

Till denna jämförelse använder vi den ofta använda studien *Minskad klimatpåverkan från nybyggda flerbostadshus* (Malmqvist et al, 2020)⁵ med jämförelse av 5 byggplattformar och över hel livscykel. Detta avser nyproduktion, men gällande driftenergi är det samma typ av sammanställning av de årliga utsläppen. Grundfallet där använder "dagens nivåer", medelvärden för fjärrvärme samt för nordisk elmix, över hela analysperioden 50 år. Energiprestandan på byggnadsalternativen är satt till samma för alla byggplattformar, så en slutsats är att byggnaderna där har 3,76 kg CO₂e per m² Atemp per år. Byggnaderna nyttjar fjärrvärme och el och är termiskt av något modernare design än aktuella byggnader i Lund. Detta "drar mot" lägre utsläpp än för byggnaderna i Lund, men medelvärdena på fjärrvärme som använts "drar åt" högre utsläpp (Lunds utsläpp för fjärrvärme betydligt lägre än medel-fjärrvärme). Ett antal års utveckling av nordisk elmix har också följt efter att rapporten togs fram. Därmed antas att Referensfallet och någon byggplattform i 2020-studien sammantaget inte ska ha ett diametralt olika utsläpp per år. Räknat med samma Atemp för 2020-studiens plattform som för Lund-byggnaderna blir de totala utsläppen 86 409 kg CO₂e. Detta att jämföra med 53 958 kg CO₂e för Lund-byggnadernas referensfall. Lund-byggnaderna har i kontakt med fastighetsförvaltaren konstaterats hålla en betydligt bättre energiprestanda än många andra byggnader från liknande tid, och i och med att utsläppen beror mycket på fjärrvärmens betraktas detta som att de respektive totalvärdena har ett rimligt inbördes förhållande. Utifrån detta och de förväntade inbördes förhållandena mellan Referens och S1-S5 så identifieras inget behov av att närmare granska totalvärdes-beräkningarna (formler och liknande) som gjorts för Lund-byggnaderna.

⁵ <https://byggforetagen.se/app/uploads/2020/02/Minskad-klimatp%C3%A5verkan-fr%C3%A5n-nybyggda-flerbostadshus.pdf>

STOCKHOLM

Box 21060, 100 31 Stockholm

GÖTEBORG

Box 53021, 400 14 Göteborg

MALMÖ

Nordenskiöldsgatan 24
211 19 Malmö

KRISTINEBERG

**(Center för marin forskning och
innovation)**

Kristineberg 566
451 78 Fiskebäckskil

SKELLEFTEÅ

Kanalgatan 59
931 32 Skellefteå

BEIJING, CHINA

Room 612A
InterChina Commercial Building No.33
Dengshikou Dajie
Dongcheng District
Beijing 100006
China

© IVL SVENSKA MILJÖINSTITUTET AB | Tel: 010-788 65 00 | www.ivl.se