

ENERGISAMVERKAN

ETAPP 2 – EFFEKTIV ENERGIANVÄNDNING OCH
ENERGIFÖRSÖRJNING UR ETT SYSTEMPERSPEKTIV

RAPPORT, OKTOBER 2008

ENERGISAMVERKAN

Etapp 2, effektiv energianvändning och
energiförsörjning ur ett systemperspektiv för
befintliga byggnader

Hans Nilsson, Ola Larsson

Förord

Det här är ett samverkansprojekt mellan bygg- och energibranschen och rapporten är det andra steget i arbetet att klargöra sambanden mellan hur energianvändning i byggnaderna under drift och olika former av energitillförsel till byggnaderna påverkar energieffektiviteten, uttryckt i primärenergi, samt hur detta påverkar koldioxidutsläppen.

Den första etappen, som slutredovisades i maj 2006 (www.sbuf.se, www.svenskfjarrvarme.se), handlade om sambanden mellan byggnader och tillförselsystem för nyproducerade flerfamiljshus respektive kontorshus. Denna etapp behandlar befintliga byggnadsbeståndet inklusive småhus och befintliga lokala fjärrvärmesystemen i Sverige. Men också hur effektiviseringsåtgärder i det befintliga byggnadsbeståndet i olika delar av landet respektive hur effektiviseringsåtgärder i de existerande fjärrvärmesystemen påverkar energieffektiviteten och koldioxidutsläppen, uttryckt i primärenergi. Till vår hjälp i analysarbetet har ett verktyg utvecklats som också kan användas i lokala projekt. Verktöget som innehåller statistiska värden för de lokala fjärrvärmesystemen och möjliggör egen inmatning av byggnadsprestanda. Det kommer att finnas tillgängligt för alla som vill använda det.

Sambanden mellan energianvändning i byggnaderna, fjärrvärmenätens energiomvandling och det internationella elsystemets olika produktionsanläggningar med tillhörande nät och överföringsstrategier är komplexa och svåra att överblicka. Till bilden hör att transparensen avseende framförallt miljökonsekvenser avseende kopplingen elanvändning elproduktion är låg, det vill säga de reella konsekvenserna av en ökad eller minskad elanvändning i det sammankopplade europeiska elnätet i kg bränsle, kWh eller CO₂ är svårt att finna. Vi har gjort ett försök till tolkning i brist på standardiserade branschgemensamma faktorer. Även om sambanden är komplexa och konsekvenserna ännu ej generellt transparenta krävs det att vi som branscher söker bli kunnigare och klokare så att resurs- och CO₂-konsekvenserna av våra respektive organisationers beslut i vår dagliga verksamhet, konsekvenser även på längre sikt, för oss och för våra kunder blir kända.

Den omfattande kritiken och debatten kring fjärrvärmebolagens monopolställning är en fråga som inte behandlas här. I detta projekt söker vi främst de resurs- och miljömässiga sambanden.

Projektet är finansierat av Svenska Byggbranschens Utvecklingsfond (SBUF), Svensk Fjärrvärme genom fjärrvärmeforskningsprogrammet Fjärrsyn och Energimyndigheten.

Energisamverkansprojektet har drivits i samverkan med, Byggherrarna, E.ON, Fortum Värme, Göteborg Energi, JM, NCC Teknik, Skanska, Tekniska Verken i Linköping samt Veidekke Bostad.

I arbetet har följande arbetsgrupp deltagit: Bengt Bergqvist, NCC Teknik, Johan Tjernström, Fortum Värme, Johnny Kellner, Veidekke Bostad, Jonas Gräslund (projektledare), Skanska, Kjell-Åke Henriksson, JM, Lars-Ove Gustavsson, Tekniska Verken i Linköping, Li Lövehed, E.ON, Maria Blechingberg, Göteborg Energi, Mikael Gustafsson, Svensk Fjärrvärme samt Stefan Sandsten, Byggherrarna. Energimyndighetens representant i arbetet har varit Jan Magnusson. Arbetsgruppen har aktivt samlat in underlag och statistik från fastigheter och anläggningar inom de egna organisationerna och genomfört energiberäkningar. Vidare har Hans Nilsson,

Fourfact (WSP) deltagit i arbetet som utredare, rapportförfattare och projektsekreterare. I arbetet har Ola Larsson, WSP, deltagit som utredare, med konstruktion av beräkningsverktyg, beräkningar och vidare bearbetning av erhållet underlag.

En referensgrupp har lämnat synpunkter på arbetet vid två möten. I referensgruppen ingick följande personer: Eva Neij, Lunds Universitet, Agneta Persson, WSP (Näringsdepartementet), Martin Forsén och Peter Roots, båda Svenska Värmepumpsföreningen, Per Forsling, Fastighetsägarna Stockholm och Rolf Kling, VVS-installatörerna.

Arbetsgruppen och författaren svarar själva för alla analyser och slutsatser i denna rapport. De ståndpunkter som här redovisas motsvarar inte nödvändigtvis ståndpunkterna från de olika organisationer som har representerats i arbetsgruppen respektive referensgruppen.

Sammanfattning och slutsatser

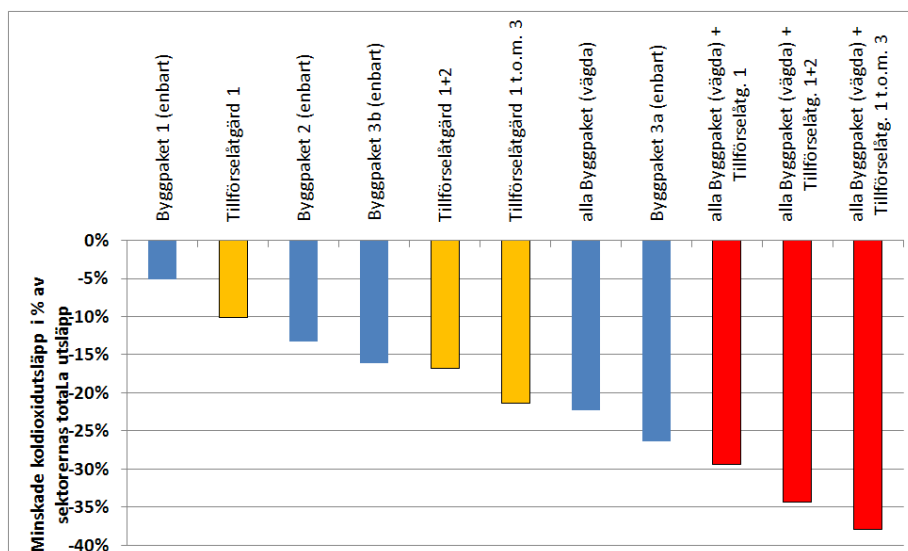
På sikt är både Sverige och världen bäst betjänt av en långtgående hushållning med resurser i alla avseenden. Vägen dit kan se olika ut på olika orter och för olika medverkande, men resultatet blir i stort sett detsamma. Byggnader som använder lite energi och energisystem som använder lite primärenergi orsakar endast blygsamma utsläpp av växthusgaser. Detta är fördelaktigt för alla parter.

Potentialen för att Sverige skall kunna utnyttja sina resurser på ett sådant sätt är stor, men fordrar ett mycket konsekvent och långsiktigt agerande från berörda parter när byggnadsbeståndet renoveras och förnyas samt när värmesystemen byggs ut och kompletteras. Den stora potentialen är delvis dold för aktörerna på marknaden genom att åtgärder i Sverige har återverkan i Europa, vilket inte alltid blir uppenbart i statistik eller affärsöverenskommelser. I denna utredning ser vi till de samlade fysiska konsekvenserna, koldioxidutsläpp och använd primärenergi. Kunderna tar enbart ställning till kostnaderna för köpt energi och för kostnader för att effektivisera sin användning.

I beräkningarna antas att tillförselåtgärder kan genomföras efter affärsmässiga beslut i några företag. De får därför snabbt

genomslag.

Byggnadsåtgärder fordrar däremot många små beslut av enskilda personer som inte alltid agerar ekonomiskt rationellt. Därför har byggnadspaketen vägts samman och påverkansmöjligheten i figuren motsvarar ungefär vad man kan förvänta sig till 2020-2030.¹



De direkta utsläppen av koldioxid från svenska källor är drygt 67 Millioner ton per år² varav c:a 10 Millioner ton från bostäder, lokaler samt från energisektorn. Svensk elanvändning för uppvärmning har dock ett "dolt" värde genom att den istället skulle kunnat användas för att ersätta fossilbaserad elproduktion i Europa d.v.s. om eluppvärmning i Sverige ersattes av annan uppvärmning. Med denna "latenta" användning kan de svenska utsläppen bedömas till totalt 26 Millioner ton. Om svenska åtgärders påverkan på det totala energisystemet kan tillgodoräknas skulle de i utredningen beräknade åtgärderna i byggnader (vägda paket 1-3) motsvara en minskning med 5-6 Millioner ton och åtgärderna i fjärrvärmesystemen lika mycket. Om både åtgärder i byggnader och i tillförsel genomförs motsvarar det en minskning med c:a 10 Millioner ton. Och om detta skulle kunna

¹ I diagrammet angivet i relation till de totala utsläppen som kan hänföras till byggnadernas och lokalernas uppvärmning och drift.

² År 2005

tillgodoräknas Sverige som nation skulle alltså Sveriges direkta utsläpp för byggnader och för energisektorn kunna uppvägas i sin helhet.

I denna utredning har vi utgått från lokala förutsättningar (Sverige har delats in i 15 regioner) vad avser bebyggelsens struktur (ålder, byggnadstyp, uppvärmningsform) samt de respektive fjärrvärmesystemens förutsättningar (bränsle, produktionsteknik). Beräkningarna har sedan adderats samman till en nationell bild.

Den övergripande slutsatsen är att energihushållning ger stora möjligheter i alla led. Miljöfördelarna är påtagliga och innebär att man kan minska sårbarheten och skapa långsiktigt hållbara system där tillförsel och användning är väl avstämda. Det innebär också att såväl byggnadssektorn som energisektorn kan utveckla teknik och affärsmöjligheter både för inhemskt bruk och för andra marknader.

För bebyggelsen finns stora möjligheter i form av enkla åtgärder i drift och med smärre investeringar. En ansenlig del av dessa kan emellertid redan vara genomförda vilket gjort att vi bedömt denna potential med försiktighet. Dock fordras att deras effekt vidmakthålls och att man, i denna kontinuerliga underhålls- och förbättringsprocess, kan gå längre ifråga om hushållning allteftersom kostnaderna sjunker.³

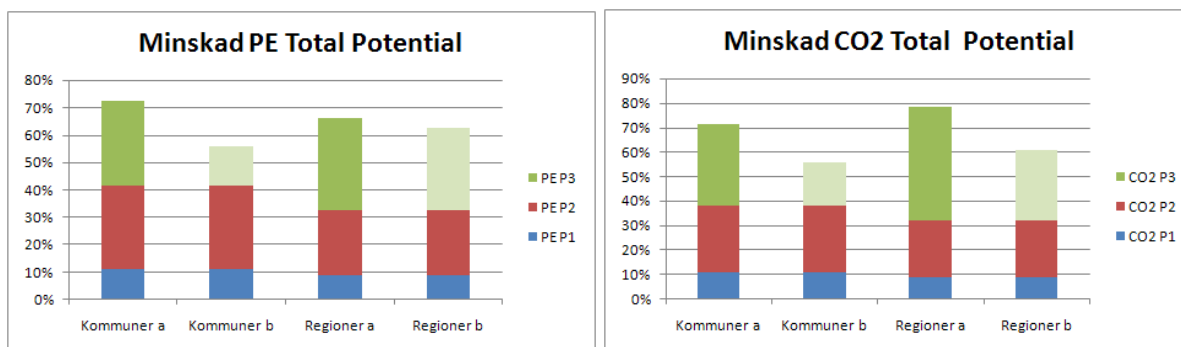
- I småhus finns en enastående stor potential genom möjligheten att konvertera de eluppvärmda husen.
- I fjärrvärmenäten finns den stora potentialen i möjligheten att utnyttja värmeunderlaget för kraftvärmeproduktion. Minskningen i värmeunderlag genom hushållning balanseras av nytillkommande bebyggelse och genom möjligheten att ansluta småhus.
- Inte oväntat finns de största möjligheterna i storstadsområdena Stockholm, Göteborg och Malmö men även Umeå och Uppsala har på olika delområden stor påverkan på landets samlade möjligheter.
- I ett längre perspektiv kan fjärrvärmeförsörjningen snarare ses som en regional verksamhet än bara en lokal. I synnerhet om mindre tätorter byggs ut med närvärmsystem och som kan kopplas samman fysiskt eller administrativt.
- Frågan om elproduktionens koldioxidpåverkan är dels en fråga om systemeffekter och dels "produktutveckling". I det fall en verifierat koldioxidfri elproduktion kan exklusivt knytas till en användare skall den också räknas som koldioxidfri. Fjärrvärme ställs ofta konceptuellt mot värmepumpar och i frågan om vilken som är mest eller minst koldioxidemitterade beror det alltså på varifrån elen till värmepumpen kommer och naturligtvis på värmefaktorn.⁴ Vanligen är dock elen till värmepumpar ospecificerad ifråga om ursprung. I jämförelsen mellan byggnadsåtgärder inkluderande FTX, d.v.s. återvinning med liten elanvändning (3a), och byggnadsåtgärder inkluderande värmepumpar, d.v.s. energibesparing med relativt stor

³ Detta benämns "marknadens tekniklärande". När åtgärderna blir vanligare attraheras nya aktörer vilket ökar utbudet av tjänster och produkter och innebär både sänkta kostnader och prestanda. Stern-rapporten och även IEA:s bedömningar räknar aktivt med tekniklärandet. Denna effekt påverkar också alla de "paket" vi räknat med även om vi saknat underlag för en formell beräkning.

⁴ Energimyndighetens beslut i fallet med Bergvärme i Värnamo, 2008-05-26

elanvändning (3b), ger återvinningen/energibesparingen med låg elanvändning bäst resursbesparing/koldioxidbesparing.

Potentialen att radikalt minska resursanvändningen och koldioxidemissionerna är givetvis större än vad som i realiteten kommer att genomföras, se följande figurer (angivna i relation till användning och utsläpp från enbart uppvärmning).⁵ Utmaningen ligger i att öka marknadsupptagningen av de olika förbättringarna. Det handlar om både teknikutveckling och incitament för att öka acceptansen.



Potential för förändring av primärenergibehov (PE) respektive koldioxidutsläpp för uppvärmning i befintlig bebyggelse. "Kommuner a" respektive "regioner a" avser värmebesparingsåtgärder med litet eltillskott (konvertering till fjärrvärme, FTX etc.) och "kommuner b" respektive "regioner b" avser värmebesparingsåtgärder med större eltillskott (värmepumpar etc.). Notera att höga staplar visar stor potential (normalt brukar låga staplar vara bra men inte i denna bild).

Det privatekonomiska incitamentet för hushållningsåtgärder med dagens förhållanden förefaller svagt, men kan utvecklas. En accelererande teknikutveckling (tekniklärande) parad med den allmänna prisutvecklingen som härleds från oljemarknaden innebär att åtgärderna blir mer attraktiva för den enskilde.

Incitamentet är dessutom inte alltid uppenbart för den som till sist betalar för åtgärderna. Användare och ägare är inte alltid samma person. Den ene köper energin och betalar, den andre betalar för installationer och byggnadsförändringar men har ingen reventy av en åtgärd. Hyresavtalen kan inkludera eller exkludera kostnaderna för värmen. Kunskapen om åtgärdernas utförande och konsekvenser är inte alltid lätta att tillägna sig. I utredningen har vi därför tagit hänsyn till att åtgärderna i byggnader tar tid att genomföra, alla genomförs inte och heller inte samtidigt.

Slutligen saknas det samhälleliga incitamentet att understödja åtgärder i energisystemet som inte kommer nationen till godo. Att skapa förutsättningar för att spara koldioxid i ett annat land ger inga fördelar för Sverige med det system som finns nu.

⁵ Om (eller när) alla byggnadsåtgärderna genomförs totalt representerar de ca 140% av byggnadsuppvärmningens hela koldioxidutsläpp genom systemeffekterna i Europa.

Innehåll

Förord.....	4
Sammanfattning och slutsatser.....	6
Innehåll.....	9
Beräkningsredovisning.....	10
Reflexioner över studien resultat och behov av vidare studier.....	11
1. Utgångspunkter.....	12
1.1 Problemformulering.....	12
1.2 Värderingsgrunder.....	13
1.3 Beräkningsförutsättningar.....	17
2. Beräkningar.....	35
2.1 Objekt (Byggnader).....	35
2.2 Ortsberoende.....	43
2.3 "Sverigebilden".....	49
3. Resultat, Bedömningar och Observationer.....	53
3.1. Geografiskt tunga områden.....	53
3.2 Tillförselteknik och byggnadsåtgärder i kombination.....	62
3.3 Incitament som kan antas framkalla/motverka förändringarna.....	63
3.4 Policyrelevans.....	63
4. Kritisk granskning.....	64
4.1 Känslighetsanalys.....	64
4.2 Möjliga pris- och prestandaförändringar.....	65
4.4 Applicerbarhet i förhållande till tidigare studier.....	67
4.5 Behov av ytterligare studier.....	69
BILAGA A: Geografisk indelning och basvärden för beräkningar.....	70
BILAGA B. Värdering av förändrad energitillförsel.....	71
BILAGA C: Småhus (Åtgärder).....	79
BILAGA D: Flerbostadshus (åtgärder).....	91
BILAGA E: Bebyggelsen i Sverige (Tillståndet m.a.p. primärenergi och koldioxidutsläpp).....	98
BILAGA F: Bebyggelsen i Sverige (Förändringsmöjligheter i byggnader).....	107
BILAGA G: "Sverigebildens"; en simulering.....	114
BILAGA H: Specifikation av Byggnadspaketet.....	120
BILAGA I: Användarinstruktion till beräkningsverktyget Sture.....	123

Beräkningsredovisning

Avsnitt	Figur/Tabell	Avser	Anm.
2.1 och bilaga C-D	Fig. 13 Tab. 13-14 Bilagor	Privatekonomiska incitament att vidta åtgärder i olika typer av byggnader med hänsyn till deras ålder, typ och värmeförsörjning	Data enbart för värme
2.2. och bilaga E	Fig. 14-15 Tab. 15-16	Ortsförhållande ifråga om primärenergi och emissioner utgående från lokala försörjningssystem	-
	Fig. 16-17	Konsekvenser vad avser förändringar i fjärrvärmesystemen ifråga om primärenergi, koldioxidemissioner och kostnader	-
2.3 "Sverige-bilden"	Fig. 18-23	Bedömning av hur primärenergi och koldioxidemissioner påverkas vid en marknadsmässig acceptans av de olika byggnadsåtgärderna och för Sverige som helhet.	<ul style="list-style-type: none"> • Vägd acceptans av åtgärder samt summering av regionerna med hänsyn till deras egna förutsättningar. • Data inklusive hushålls- och verksamhetsel.
3.1 Ortsberoende	3.1.1 Fig. 24-25	Förändringar i PE-tal och CO ₂ i olika fjärrvärmenät och med jämförelsetal	-
	3.1.2 Tab. 18-20	Byggnadspaketens relativa betydelse i olika delar av landet	Enbart uppvärmning
	Fig. 26-31	Byggnadspaketens sammanlagda potential i kommuner och regioner och med särskiljande på paket 3 i olika utföranden.	
3.2	Fig. 32-33	Kombinationer av åtgärder i byggnad och tillförsel	Inklusive hushålls- och verksamhetsel
4.4.	Figur 38-40	Lindås, Jöns-Ols och Gårdsten beräknade med lokala PE-tal och CO ₂ -faktorer	

Reflexioner över studiens resultat och behov av vidare studier

Rapporten visar konsekvenserna vid kombinationen av olika byggåtgärder samt tillförselåtgärder.

Med kunskapen om de lokala förutsättningarna avseende tillförsel samt möjligheter till effektiviseringar kan man gå vidare och utreda vilka byggtkniska lösningar som är gynnsamma i den aktuella regionen/kommunen. Samt vilka åtgärder i tillförseln som bör utföras och i vilken ordning. Även här kan man samverka för att erhålla resurs-, miljö- och kostnadseffektiva lösningar. Det arbetet är inte utfört i denna rapport men underlaget för ett sådant arbete finns.

Inverkan av beteende och effektivare hushållsutrustning/verksamhetsutrustning behöver utredas ytterligare. Potentialen i dessa brukarfrågor är inte tillräckligt penetrerad.

De nivåer på åtgärder och potentialer som studeras i denna rapport kan tyckas omfattande men om man beaktar FN:s klimatpanels bedömning att utsläppen av CO₂ per capita i slutet av seklet bör ligga kring 1 ton (USA idag ca 20 ton per capita, Sverige idag 6,7 ton per capita) för att den globala temperaturstegringen skall plana ut på +2 grader C så behövs troligen ännu kraftigare åtgärder.

Vilka dessa åtgärder kan tänkas vara borde börja behandlas redan nu. Kommer de flesta byggnader även i slutet av seklet vara de nu befintliga, om än ombyggda?

1. Utgångspunkter

1.1 Problemformulering

Avsikten i utredningen Energisamverkan 1 var att undersöka vilka möjligheter och risker som fanns vad avser resursanvändningen i helhetsperspektiv när man utformar nya byggnader. Den stora utmaningen i energisammanhang är emellertid vad man gör med den befintliga bebyggelsen som enligt de flesta bedömningar svarar för drygt 40 % av den totala energianvändningen och som har långa "ledtider" för förändring. En missad chans till energiförbättring i samband med ombyggnader innebär att det går lång tid innan man på nytt kan göra situationen bättre.

I denna nya utredning, Energisamverkan 2, har därför uppgiften vidgats att avse resursbehovet i valet mellan olika åtgärder för energitillförsel och åtgärder för effektivisering av energianvändningen i **befintliga byggnader** samt också att se till **perspektivet lokalisering** (byggnadstyper; nätförutsättningar, bränsletillgångar, geografisk belägenhet). Vi skall bedöma **var och vilka åtgärder** som ger bäst utbyte i byggnaderna och i deras energiförsörjning samt vad åtgärderna kan betyda i ett **nationellt perspektiv**, d.v.s. för Sverige som helhet. Sverige bilden är framräknad som summan av regioner.

Vi har därför arbetat med detaljerade data om den verkliga värmeförsörjningen och de verkliga byggnadsförutsättningarna på olika orter i landet samt byggnaders olika karakteristik baserat på deras byggår. Detta har inneburit möjlighet till nedbrytning på 15 regioner och 8 tätorter för vilka typiska situationer kunnat iakttas och från vilka vi därutöver gjort en summering till nationsnivå. Bristen i främst byggnadsstatistiken har förhindrat ytterligare detaljering.

Avsikten har varit att spegla en stor spännvidd av åtgärder vilket innebär allt från mycket modesta förändringar i bebyggelsebeståndet till radikala minskningar i resursanspråk. Vi har arbetat med tre olika nivåer av besparing⁶, 0-30 %, 30-60 % och 60-85%, nivåer som nås genom kombinationer av fyra olika åtgärdstyper i tillförseln samt lika många olika sparpaket i bebyggelsen. Kombinationer av dessa har givit mycket stora möjligheter att simulera kombinationer och avläsa deras konsekvenser.

Utgångspunkten har varit att spegla ett praktiskt genomförande av åtgärder vilket bl.a. inneburit att de åtgärdspaket som utformats inte alltid följer i ekonomisk rangordning. Ett exempel är att en billig åtgärd kan fordra att en byggnad utryms innan den kan genomföras och därför är svårare att genomföra.

Slutligen innebär ansatsen en fokusering på de fysiska konsekvenserna av åtgärder och de möjligheter som därmed öppnas. Dessa kan i verkligheten få stå tillbaka för andra realiteter ifråga om t.ex. ekonomi (finansiering och prissättning), juridik och politik. Utnyttjandet av de svenska möjligheterna till elproduktion byggd på värmeunderlaget i fjärrvärmesystem är intressanta men kan hämmas av möjligheterna för intressenterna att räkna sig dem till godo.

⁶ Ordet energibesparing används för enkelhetens och läsbarhetens skull på flera ställen i texten. I samtliga fall avser vi därmed "effektivare energianvändning ur ett systemperspektiv".

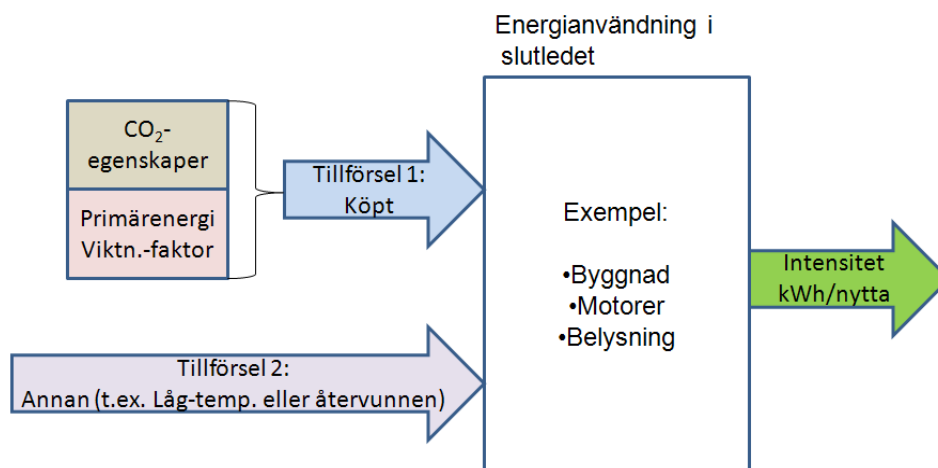
1.2 Värderingsgrunder

Värdering av åtgärderna görs på grund av deras;

- **ekonomi**, där vi ser till incitamentet för genomförande till följd av att de av berörda parter (fastighetsägare och boende å ena sidan samt värmeleverantören å andra) anses ekonomiskt attraktiva
- **energipåverkan**, där vi ser till åtgången av primärenergi och till hur de system påverkas i vilket det lokala energisystemet ingår
- **klimatpåverkan**, där vi ser till bränsleanvändningen och de använda bränslenas påverkan på emissioner av växthusgaser, i allt väsentligt koldioxiden.

Dessa förhållanden kan påverkas på olika sätt. Vilka och deras inbördes samband, visas i figuren nedan. Man kan minska energibehovet (minska intensiteten) genom att göra byggnads- och installationsåtgärder, utan att dessa påverkar komforten. Man kan ändra energitillförseln (köpt energi) antingen genom att byta energislag eller genom att göra installationsförändringar som gör det möjligt att utnyttja flödande energi. Det gör att vi har anledning att skilja på följande begrepp:

- **Primärenergi**⁷ med vilket avses att man vill beräkna hur stor mängd energi som totalt behövs för att få fram den nyttiga energin till försäljning. Detta innebär att man beräknar den samlade verkningsgraden från energikällan. Energianvändningen räknas därför upp med en "viktningsfaktor".
- **Marginalenergi** som används för att visa vilka konsekvenserna blir av en förändring
- **Köpt Energi**
- **Koldioxidinnehållet** i energianvändningen (primärenergin) vilket har klimatpåverkan.
- **Intensitet** som visar hur väl energin används för sitt ändamål



Figur 1: Energiflöden och energinytta (principskiss)

⁷ Se Avsnitt 4.3 "Viktningsfaktorer för Energi" i SOU 2008:25 "Ett energieffektivare Sverige"
För definition se: http://glossary.eea.europa.eu/EEAGlossary/P/primary_energy

1.2.1. Ekonomi

I utredningen Energisamverkan 1 bestod uppgiften i att bedöma de totala konsekvenserna i samband med en nybyggnad vilket innebar att man också var fri att välja värmesystem. I denna utredning utgår vi från faktiska förhållanden vilket ger vissa begränsningar i valfriheten. Vi gör därför ingen analys av de totala kostnaderna utan istället av de ekonomiska konsekvenserna av att göra förändringar i bebyggelsen och/eller värmesystemen samt av att byta från befintliga individuella system till fjärrvärme eller värmepumpar

Vi kan på detta sätt få ett grepp om styrkan i incitamentet för någon av de berörda aktörerna att själv vidta förändringar. Är de ekonomiska villkoren för en åtgärd så goda att man kan förväntas sig spontana förändringar, eller att man med framgång kan påpeka för aktören att bytet är förmånligt. Eller finns det positiva åtgärder där man behöver sätta in styrmedel av något slag?

I den kalkyl vi genomför för att utröna de nationella konsekvenserna antar vi teknik tas emot på marknaden på det sätt som kartlagt i studier kring marknadsföring av tekniska produkter, se vidare avsnitt 1.3.2.⁸

1.2.2. Energipåverkan

Vi bedömer varje åtgärds konsekvenser i primärenergi d.v.s. hur stor mängd av naturens energiresurser som behövs för att ge användaren motsvarande nyttiga energi. Det innebär att energianvändningen viktas med inversen av totala verkningsgraden räknat från energikälla till slutlig användning, inklusive den tillsatsenergi som behövs t ex för transporter mm. Grovt sett; ju lägre verkningsgrad, ju högre primärenergianvändning.

Nyttjande av stora mängder primärenergi innebär också att resurserna räcker till färre människor. Hushållning av primärenergi ger att den förnybara energin räcker längre, dvs. minskad primärenergianvändning hjälper starkt till att reducera klimathotet. Denna bedömning motsvarar i viss grad det "fotavtryck" som man ibland talar om ifråga om hur vårt sätt att leva påverkar jordens samlade resurser. Användaren av energi ser ju inte sin egen påverkan i hela förädlingskedjan eftersom man bara har att ta ställning till priset för energi och värdet av den nytta den ger.

För många bedömare räcker ett sådant snävt betraktelsesätt, men sett i ett större perspektiv är uppgiften om primärenergi viktig. Det ger en upplysning om vilka risker man tar genom att utnyttja ett energislag som fordrar stora mängder primärenergi. I en värld där resurserna blir allt knappare är risken större med en stor energianvändning. Det kan inte bara leda till en resursutarmning utan också till stor sårbarhet genom snabba prisökningar eller stora prisfluktuationer.

Kunskap om hur stor mängd primärenergi som används ger alltså värdefull information om bl.a. risktagandet.

⁸ Crossing the chasm. Marketing and selling technology products to mainstream customers. Geoffrey A. Moore. HCP, New York, 1991.

1.2.3 Klimatpåverkan

Bränslen har olika klimatpåverkan p.g.a. sitt innehåll av kol och till följd av det koldioxidutsläpp som är resultatet av deras förbränning.

Alla åtgärderna påverkar använd bränslemängd och använd typ av bränsle. Vi redovisar konsekvenserna i termer av koldioxidutsläpp och med utgångspunkt i livscykelanalyser.

PE och CO₂ data

Tabell 1: Ingående faktorer för primärenergi- och koldioxidfaktorer i de olika fjärrvärmäten. ⁹

Bränsle	PE-faktor	CO ₂ -faktor g/kWh
Spillvärme	0	0
Solvärme	0	0
RT-flis	0,66	8
Avfall	0,66	83
Tallbeckolja	1,02	8
Torv	1,04	354
Kol	1,04	350
Trä, pellets	1,08	8
Naturgas	1,16	209
Gasol,	1,16	209
Biogas	0	8
Olja	1,18	324
El	2,5	360

1.2.4 Marginalbedömning

All värdering av ändringar i bränslemängder och i klimatpåverkan sker genom att bedöma den faktiska förändringen, d.v.s. hur mycket systemet använde eller släppte ut före åtgärden och hur mycket den släpper ut efter åtgärden. Detta är en "marginalbedömning". Den visar hur stor förändringen är av just den åtgärd som och de förändringar som vi kan göra genom att ändra vår energiproduktion och vår energianvändning.

Denna marginalbedömning kompliceras av att systemen som försörjer oss är så olika.

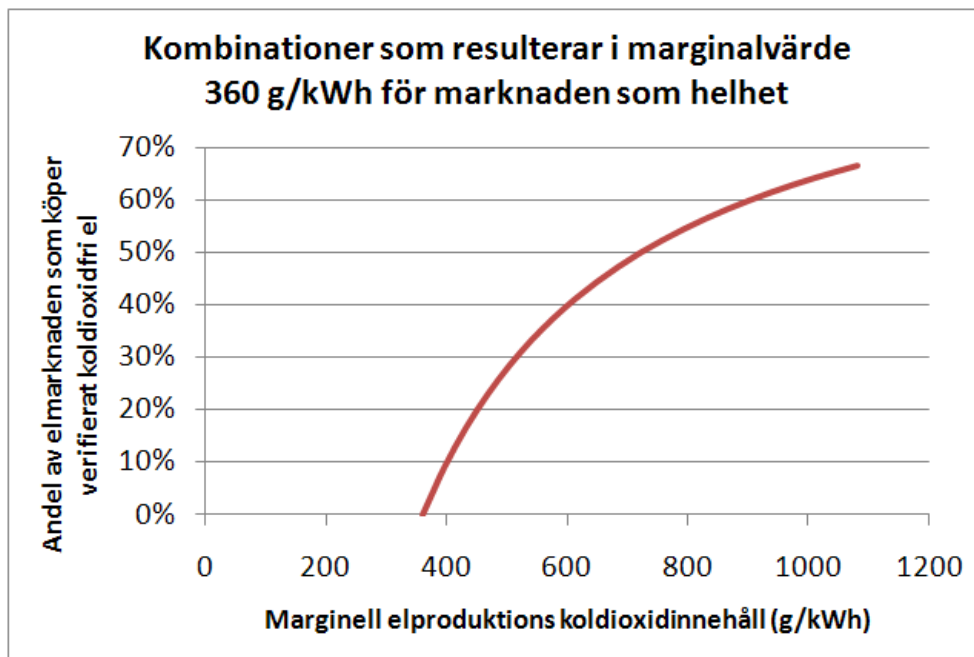
- Elsystemet är vittomfattande Europeiskt och blir alltmer integrerat. Vi har dessutom skäl att fundera över marginaleffekterna inte bara idag utan i ett perspektiv av 20-30-40 år framåt.
- Fjärrvärmesystemen är lokala och mera överblickbara men växer även de. De är dessutom i vissa stycken integrerade med elsystemen genom att man använder el men också i stigande

⁹ Alla primärenergifaktorer är hämtade från Energieffektiviseringsutredningens delbetänkande "Ett energieffektivare Sverige, SOU 2008:25" samt från Energimyndighetens rapport ER 2006:32. Koldioxidfaktorerna som används i rapporten är hämtade från den miljöberäkning som finns från projektet Effektiv, se vidare www.aktiv.org under Miljöbedömning. Dessa är LCA-faktorer.

grad genom att producera el. För bränsleanvändningen till värmeproduktionen i fjärrvärme har förändringarna genomgående bedömts med hänsyn till det marginellt tillkommande eller borttagna bränslet.

Förekomsten av emissionshandel och möjligheten att köpa "dedicerad energi" från en angiven produktionsanläggning eller typ av energi komplicerar bedömningarna ytterligare.

I denna utredning har vi, på samma sätt som i den förra, antagit att den marginella elproduktionen i Europa har ett koldioxidinnehåll på 360 g/kWh och att all förändring i elanvändning och –produktion kan värderas långsiktigt till detta värde. Om man antar att en del av kunderna köper el från verifierat koldioxidfri produktion kan vår värderingsgrund fortfarande gälla och kompensera för elproduktion från anläggningar med högre marginalvärde, se figur nedan.



Figur 2: Om y% av marknaden köper verifierat koldioxidfri el och om marginalvärdet för den övriga elproduktionen är högre blir det sammanvägda resultatet 360 g/kWh när kurvan följs.

1.2.5 Värderingens syfte

Ofta framställs denna typ av utredningar som om det gällde att avgöra om man skall spara eller slösa med energi – om man skall spara i byggnader eller i tillförselsystemet. Ett sådant sätt att tänka blir ofta följden när man enbart värderar konsekvenserna i ekonomiska termer. Man ställer frågan: "Vilket är mest lönsamt?"

Avsikten här är annorlunda. Genom att vi tar fram flera aspekter, ekonomi – primärenergi – klimatpåverkan, kommer vi ibland att se positiva effekter i ett avseende men negativa ur ett annat. Vår grundläggande hållning är att vi skall spara överallt, men att vi behöver ett fördjupat underlag för att bedöma var vi skall spara mest eller först. En prioritering som dessutom kan göras olika av olika aktörer beroende på vad de anser viktigast eller vad de kan åstadkomma med egna krafter snabbast och säkrast.

På längre sikt är både Sverige och världen bäst betjänt av en långtgående hushållning med resurser i alla avseenden. Vägen dit kan se olika ut på olika orter och för olika medverkande, men resultatet blir i stort sett detsamma. Byggnader som använder lite energi och energisystem som använder lite primäre energi och orsakar på sin höjd blygsamma utsläpp av växthusgaser.

1.3 Beräkningsförutsättningar

1.3.1 Byggnader

Förändring i byggnader genomförs stegvis från de enklare och billiga, som kan genomföras i stort sett när som helst, till de svårare och dyrare som kan fordra förberedelser och planering för att kunna genomföras när det är lämpligt.

Förändringarna har grupperats i paket 1-4. Beräkningar har gjorts för att genomföra paketen dels vart och ett för sig eller i successiva kombinationer (1 t.o.m. 3), men också att de olika paketen accepteras av aktörerna i en omfattning som motsvarar deras "preferenser" (se 1.3.2 nedan). Slutligen görs också en bedömning av den totala potentialen för ett totalt genomförande av paketen 1-3 var för sig samt alla tillsammans.

För bostäder anges energimängder i kWh/m² A_{temp} och kostnader i kr/m² A_{temp} (inkl moms) samt för lokaler energimängder i kWh/m² LOA och kostnader i kr/m² LOA (inkl. moms).

Kostnadsuppgifterna utgår från att åtgärderna utförs för sig själva och inte i samband med andra byggrelaterade åtgärder vid t.ex. renoveringar.

Paketen 3a och 3b innebär att man provar olika tekniker att spara värme vilka i sin tur fordrar olika mängder av el.

Det fjärde paketet är ett "futuristiskt" steg vilket utgörs av en ombyggnad till s.k. passivhus-standard.

Bostäder Småhus

De valda referensbyggnaderna delats in i olika åldersklasser, en äldre och en yngre. Det äldre huset antas ha ett vattenburet värmesystem med individuell värmeförsel. Det yngre antas ha direktel för uppvärmning.

Referenshus är en enplansbyggnad på 132 m² A_{temp}. Byggnaden har energisimulerats med Enorm version 2004 och där försetts med tidstypiska standardväggar enligt energisparbok:

- a) Handbok för energirådgivare utgiven av Energisparbyrån och Stockholms Fastighetskontor den 20 augusti 1985,
- b) Energirådgivaren. utgiven av Bostadsstyrelsen den 14 januari 1986.

Den äldre byggnaden utgår från 1930 års byggt teknik och den yngre från 1976 års byggt teknik (enligt svensk byggnorm SBN 75).

Tabell 2: Energi användning i referenshus (kWh/m² A_{Temp} och år)

Byggnad	Uppvärmning samt varmvatten	fastighetsel	hushållsel
Äldre	280	4	54
Yngre	217	0	54

För varje förändringssteg 1-3 anges den (marginella) förändringen i förhållande till det föregående. Den totala förändringen fordrar alltså att stegen adderas till varandra. För Steg 4 (passivhus) anges totala förändringen i förhållande till referensobjektet.

Tabell 3: Investering och påverkan för paketen anpassade för småhus.

STEG	Åtgärd	Investering Kr/m ²		Sparar Värme/El kWh/m ²		Tillkommande El kWh/m ²								
		Äldre	Yngre	Äldre	Yngre									
1	Enklare energieffektivisering antas redan utförd. Besparing genom bl.a. byte till lågenergiljuskällor och byte av blandare i kök och bad/dusch (- 15 % av behovet av tappvarmvatten).	60	60	5/4	5/4	-								
2	Isolering av vindbjälklag från 0,8/0,3 till 0,14 W/m ² K (300 mm) samt byte av fönster från 3,0/2,0 till 1,2 W/m ² K.	1200	1200	65	31	-								
3a	Äldre: Fjärrvärme, närvärme: Anslutning till fjärrvärme inkl undercentral och servisledning Yngre: Fjärrvärme, närvärme: Anslutning till fjärrvärme inkl undercentral och servisledning samt konvertering till vattenburet radiatorsystem	420	830	-	-	-								
3b	Äldre: Installation av bergvärmepump Yngre: Installation av luftvärmepump	1140 ¹⁰	240	210	142	73 58								
4	Passivhus-standard: U-värde W/m ² , K (se tabell)	19000	19000	245	182	19								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Väggar</th> <th>Fönster</th> <th>Tak</th> <th>Golv</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0,11</td> <td>0,9</td> <td>0,08</td> <td>0,1</td> </tr> </tbody> </table> <ul style="list-style-type: none"> - Täthet 0,3 l/s, m² vid 50 Pa - Värmeåtervinning 85 % - Solvärme 50 % av TVV 	Väggar	Fönster	Tak	Golv	0,11	0,9	0,08	0,1					
Väggar	Fönster	Tak	Golv											
0,11	0,9	0,08	0,1											

¹⁰ Kostnaden för denna åtgärd kan variera inom vida gränser.

Bostäder Flerfamiljshus

Referenshus för flerfamiljshus utgörs av ett flerfamiljshus med 15 st. lgh på totalt $1311 \text{ m}^2 A_{\text{Temp}}$. Byggnaden har energisimulerats med Enorm version 2004 och där försetts med tidstypiska standardväggar enligt Handbok för energirådgivare utgiven av Energisparbyrån och Stockholms Fastighetskontor den 20 augusti 1985. Den äldre byggnaden utgår från 1930 års byggteknik och den yngre från 1976 års byggteknik, enligt svensk byggnorm SBN 75.

Tabell 4: Energianvändningen referenshus ($\text{kWh/m}^2 A_{\text{Temp}}$ och år)

Byggnad	Uppvärmning samt varmvatten	fastighetsel	hushållsel
Äldre	228	4	25
Yngre	167	4	25

För varje förändringssteg 1-3 anges den (marginella) förändringen i förhållande till det föregående. Den totala förändringen fordrar alltså att stegen adderas till varandra. För Steg 4 (passivhus) anges totala förändringen i förhållande till referensobjektet.

Tabell 5: Investering och påverkan för paketen anpassade för flerbostadshus.

STEG	Åtgärd				Investering Kr/m^2		Sparar Värme kWh/m^2		Tillkommande El kWh/m^2
	Värdet för äldre/värdet för Yngre				Äldre	Yngre	Äldre	Yngre	
1	Beräkning och injustering av värmesystemet som sänker innetemperaturen 1°C inklusive byte stamventiler i källare, samt tätning av fönster. Byte av 3 st. blandare till snålspolande i varje lägenhet				125	125	25	20	-
2	Isolering av vindsbjälklag från 0,4/0,5 till 0,14 $\text{W/m}^2 \text{K}$ (300 mm) samt byte av fönster från 3,0/2,0 till $1,2 \text{ W/m}^2 \text{K}$.				640	640	52	20	-
3a	FTX: Byte till balanserad ventilation				900	900	53	54	10
3b	FVP: Komplettering med värmeåtervinning ur frånluften med frånluftsvärmepump för värme och varmvattenberedning				200	200	82	80	37
4	Passivhus-standard: U-värde $\text{W/m}^2 \text{K}$, K (se tabell)				20000	19000	193	132	6
	Väggar	Fönster	Tak	Golv					
	0,11	0,9	0,08	0,1					
<ul style="list-style-type: none"> - Täthet $0,3 \text{ l/s, m}^2$ vid 50 Pa - Värmeåtervinning 85 % - Solvärme 50 % av TVV 									

Lokaler

Detta är en grupp där ett antal olika byggnadstyper och användningsområden ingår. För att bedöma besparingspotentialerna har använts kontors för att representera hela gruppen. Data för referenshus för lokaler utgörs av statistikvärden från Energimyndighetens STIL 1-utredning, baserade på 123 st. kontorshus av varierande ålder. De olika stegens energiprestanda kommer från energisimuleringar i Ventac med ett luftkylt kontorshus på totalt 5300 m² BRA som referens för steg 2 och där steg 3 utgörs av den effektivaste kontorsvarianten från Energisamverkan etapp 1, med kylbafflar för kyla och frikyla samt låghastighetsaggregat. Kontorshus får här representera lokaler, som utgör olika typer av byggnader men där kontorslokaler utgör en stor grupp.

Tabell 6: Energianvändning referenshus (kWh/m²A_{Temp} och år)

Byggnad	Uppvärmning samt varmvatten	fastighetsel	verksamhetsel
Lokaler	94	45	48

För varje förändringssteg 1-3 anges den (marginella) förändringen i förhållande till det föregående. Den totala förändringen fordrar alltså att stegen adderas till varandra. Ett steg 4 har ej bedömts nödvändigt då skillnaden mot steg 3 vore marginellt och betydligt mindre än i fallen med bostäder.

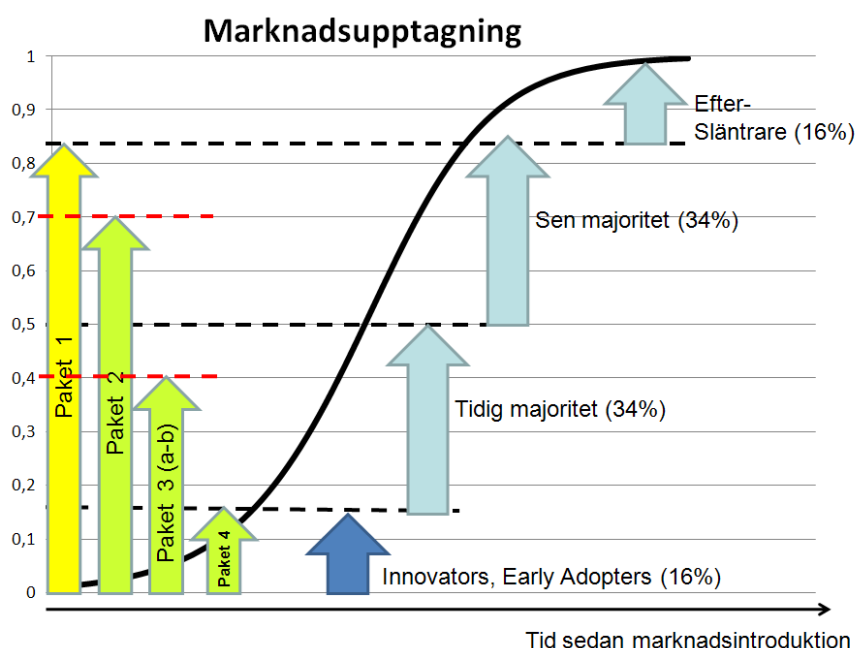
Tabell 7: Investering och påverkan för paketen anpassade för lokaler.

STEG	Åtgärd	Investering Kr/m ²	Sparar Värme kWh/m ²	Sparar eller fordrar el kWh/m ²	
				Fastighet	hyresgäst
1	Energiuppföljning <ul style="list-style-type: none"> • Utbildning • Utredningar • Tillföra driftuppföljningsresurser • Åtgärda brister/underhåll • Injustering värme och ventilation • injustering värmeåtervinning, • justering tidkanaler belysning och ventilation, kalibrering givare 	4	9	Sparar 4	-
2	Övergång från enbart luftkyla till toppkyla med samma VÅV, med kyltak/kylbafflar för klimathållning samt frikyla av kylbaffelsystem och med samtidig förvärmning tilluft. Dessutom byte av armaturer till nya med inbyggd dagsljusstyrning och närvarostyrning.	820	22	Sparar 12	Sparar 11
3a	Total ombyggnad/renovering som endast behåller stommen. Ny klimatskärm (nya fönster, fasad inkl isolering etc). Nya installationer med låghastighetsaggregat med	9100	11	Sparar 11	-

	hög värmeåtervinning. Samt luftmängder och kyltak/kylbaffellösning enligt steg 2 med frikyla och dagsljusstyrda armaturer. Antag kyla med fjärrkyla baserad på hög andel frikyla alternativt egen frikyla med öppna kyltorn.				
3b	Samma byggnad som 3a ovan men kompletterad med energilager och värmepump/kylmaskin. Värme och kyla skalas utifrån förhållande mellan levererad och köpt energi för Astronomihuset. Förhållandet värme är 8 % och + 100 % för el till kyla, med antagandet årskylfaktor 3 för levererad kyla.	9600	59	Fordrar 7	-

1.3.2 Acceptans på marknaden

När de olika åtgärdernas totala genomslag på marknaden skall bedömas bedömer vi att paketen accepteras och åtgärderna genomförs i den omfattning som marknadsspridningsmodeller brukar anta. En av dem mest kända antar att användarna har olika benägenhet att ta till sig ny teknik beroende på deras egen kompetens och vilja att handskas med nya saker.¹¹ Man brukar säga att efter **"innovators"** och **"early adopters"**, som är teknikintresserade, kommer en **tidig majoritet**, som är intresserad av funktionen och inte tekniken, samt därefter den **sena majoriteten**, som inte agerar förrän de sett att andra redan har gjort det och är nöjda. Sist kommer **eftersläntarna** som inte bryr sig tekniken om den inte redan är inbyggd i det de köper.



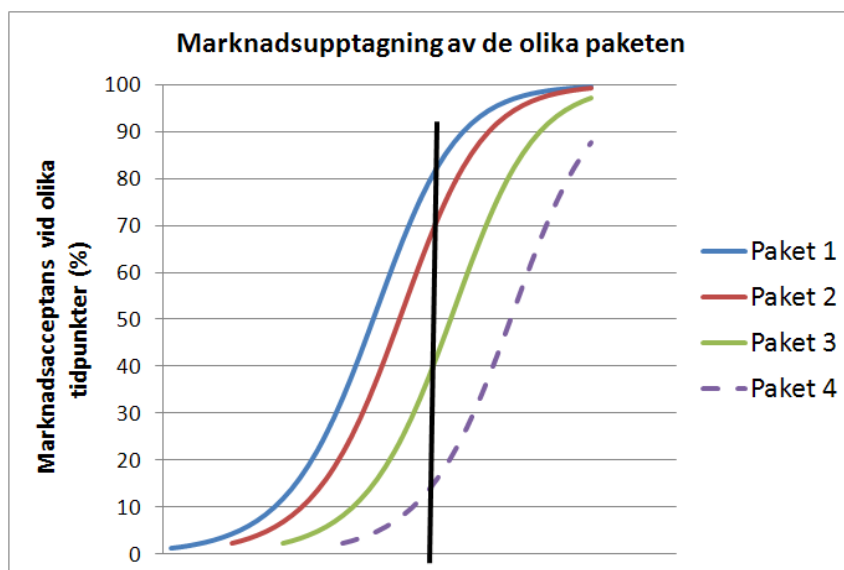
Figur 3: Andel av marknaden som antas attraheras av, och genomföra, de olika delpaketen

Det tar avsevärd tid efter det att en produkt introducerats på marknaden innan den når full täckning och beroende på produktens karaktär har man också olika mättnadsnivåer. Den modell vi använder

¹¹ Diffusion of Innovations. Everett M. Rogers.

här simulerar att de olika "paketen" av åtgärder har olika mättnadsnivå beroende på vilken kundgrupp som de attraherar och på sätt som visas i figurena.

Överfört till en gemensam tidsskala för de olika paketen ser det ut som i följande figur.



Figur 4: Marknadsupptagning av de olika paketen vid en avstämningstidpunkt.

Det är värt att notera att marknadsupptagningen är en lång process som sträcker sig över tiotals år. Det är inte möjligt att i vår modell ange avstämningstidpunkten med någon stor precision men med de erfarenheter som finns borde 2020 vara möjligt.

1.3.3 Byggnader, statistik

Enligt den statistik som finns tillgänglig så fördelar sig det svenska bebyggelsebeståndet så här.

Tabell 8: Fördelning av areor mellan de olika byggnadstyperna och uppvärmningsalternativ.

Energi för uppvärmning	Småhus	Flerbostadshus	Lokaler
	Area (1 000 m ²)	Area (1 000 m ²)	Area (1 000 m ²)
Fjärrvärme	25 276	130 527	74 832 000
Elvärme (direkt)	18 563	-	-
Luftvärmepump (med elspets)	15 188	-	-
Värmepump med vattenburen distribution	27 900	-	-
Elpanna (vattenburen distribution)	77 970	-	-
Olja eller gas	-	5 355	6 441
Övriga (el, olja, fjärrvärme, biobränsle)	100 240	32 169	43 469

Åldersklass 1: byggår -1940

Åldersklass 2: byggår 1941-1970

Åldersklass 3: byggår 1971 -

Tabell 9: Fördelning av areor mellan olika byggnadstyper, uppvärmningsalternativ och åldersklasser

Energi för uppvärmning	Småhus			Flerbostadshus			Lokaler		
	Area (1000 m ²)			Area (1000 m ²)			Area (1000 m ²)		
	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 1	Klass 2	Klass 3	Klass 1	Klass 2	Klass 3
Fjärrvärme	4 374	10 953	9 948	21 206	71 179	38 142	14 280	30 889	29 663
Elvärme (direkt)	1 939	2 584	14 040	-	-	-	-	-	-
Luftvärmepump (med elspets)	1 587	2 114	11 487	-	-	-	-	-	-
Värmepump med vattenburen distribution	11 030	9 724	7 146	-	-	-	-	-	-
Elpanna (vattenburen distribution)	20 546	27 204	30 220	-	-	-	-	-	-
Olja eller gas	-	-	-	1 479	2 501	1 375	1 683	2 461	2 297
Övriga (el, olja, fjärrvärme, biobränsle)	40 275	32 040	27 925	6 468	12 768	12 933	9 257	11 724	22 488

För att matcha de lokala/verkliga förhållandena vad avser tillförseln har statistik beställts från SCB för att kunna göra beräkningar som tar hänsyn till energianvändning i byggnader med:

- olika tillförsel idag (Fjärrvärme; Direkt el; Vattenburen el; Värmepump; Övrigt)
- olika byggnadsår

Geografisk indelning

Statistiken har så stora begränsningar att man inte generellt kan gå ned på den lägsta nivån (kommuner) i beräkningarna annat än för de 8 med den största fjärrvärmetyckningen. För att kunna täcka landet som helhet ha därutöver gjorts en indelning i 15 stycken regioner.

Följande geografiska kategorisering har gjorts (se bilaga för ingående kommuner).

Tabell 10: Geografisk indelning.

Regioner med länen (15)	Kommuner (8)
Skåne del 1 (Södra)	Malmö; Lund
Skåne del 2 (Övriga)	
Kalmar, Blekinge och Gotland	

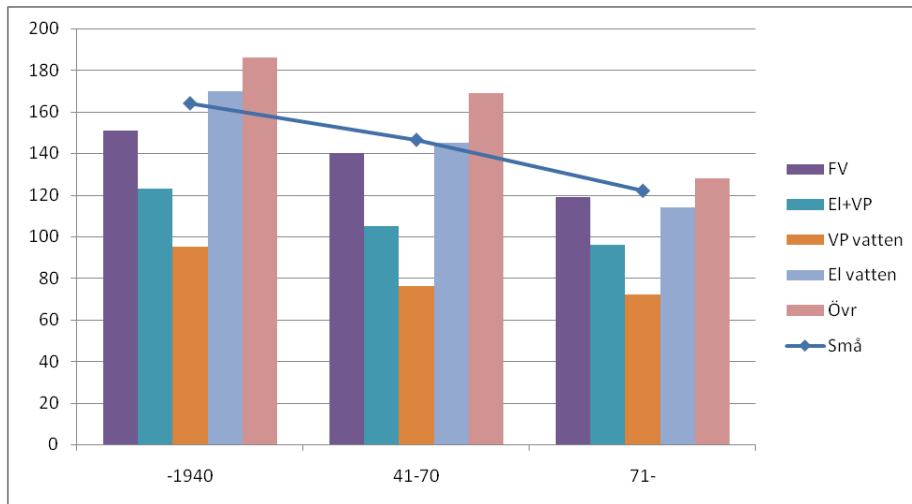
Kronoberg och Halland	
Jönköpings län	
Västra Götaland 1 (Södra)	Göteborg;
Västra Götaland 2 (Övriga)	
Södermanland och Östergötland	Linköping;
Stockholms län 1 (Inre)	Stockholm;
Stockholms län 2 (Yttre)	
Uppsala och Västmanland	Uppsala; Västerås;
Värmland och Örebro län	
Dalarna och Gävleborg	
Västernorrland och Jämtland	
Västerbotten och Norrbotten	Umeå;

Åldersindelning

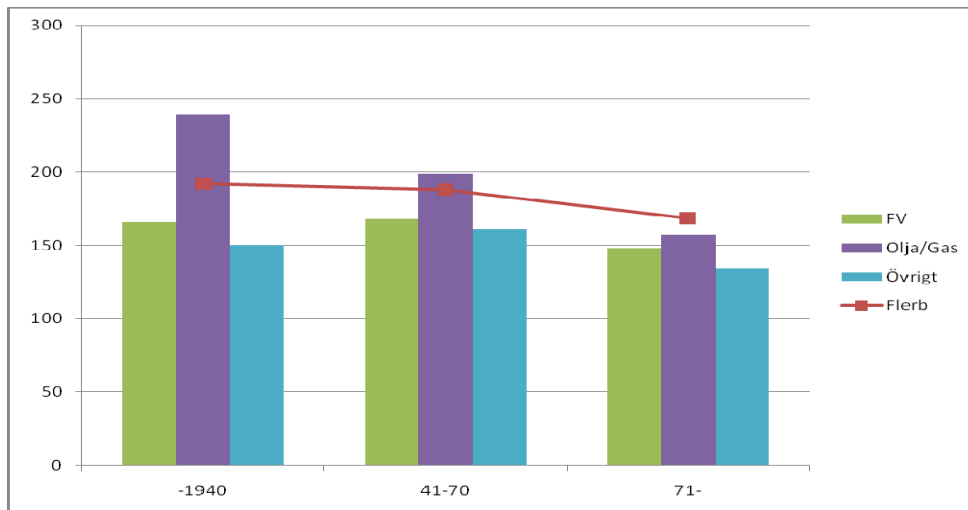
Vi har med det statistiska material som finns tillgängligt från SCB:s undersökningar 2005 (flerbostadshus och lokaler) och 2003 (småhus) undersökt hur långt materialet kan användas nedbrutet på geografiska delområden.

1. Fjärrvärmedata är relativt tillförlitliga men några få har extrema avvikelser på kommunnivå vilka vanligtvis hänger samman med att utbyggnaden av fjärrvärme skett inom områden som är homogen (stadsdelar) men inte nödvändigtvis representativ för beståndet som helhet.
2. Åldersklassuppdelning kan i bästa fall göras i tre klasser (-1940; 1941-70; 1971-).
3. Även om data finns för flera olika uppvärmningsformer så är materialet mycket "tunt" när det gäller flera av dem.
4. Det finns för flera kategorier en skönjbar geografisk skillnad med högre användning längre norrut. I några fall är trenden motsatt och tyder troligen mest på att materialet är för litet.

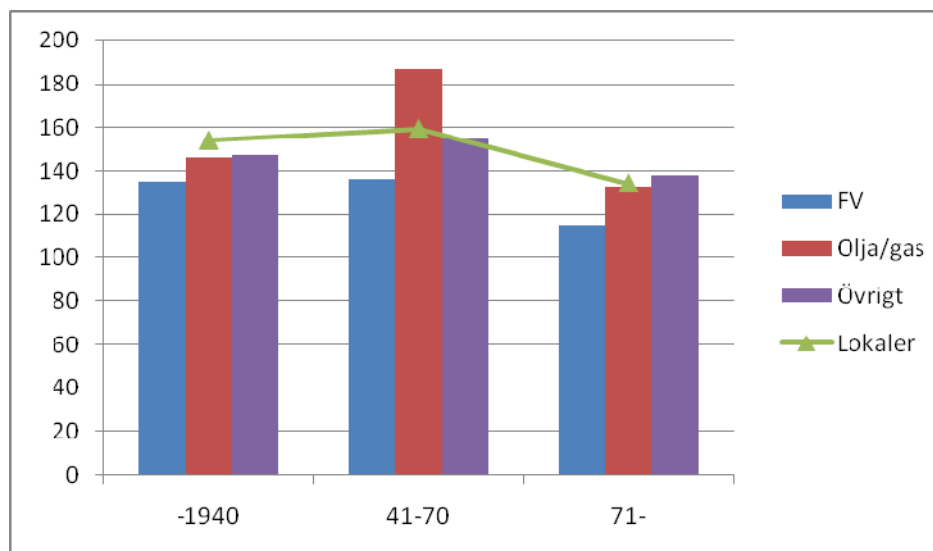
En validitetskontroll har gjorts mot PROFU:s analys i "Energianvändning och bebyggelse 2003". Denna analys avser emellertid nettovärme under det att SCB:s siffror avser levererad energi. Kontrollen fungerar emellertid för att verifiera trender och inbördes konsistens.



Figur 5: Värmeanvändningen (kWh/m²) för småhus beroende på uppvärmningsalternativ och byggår. Linjen visar genomsnittet för åldersgruppen enligt PROFU:s analys.



Figur 6: Värmeanvändningen (kWh/m²) för flerbostadshus beroende på uppvärmningsalternativ Och byggår. Linjen visar genomsnittet för åldersgruppen enligt PROFU:s analys.

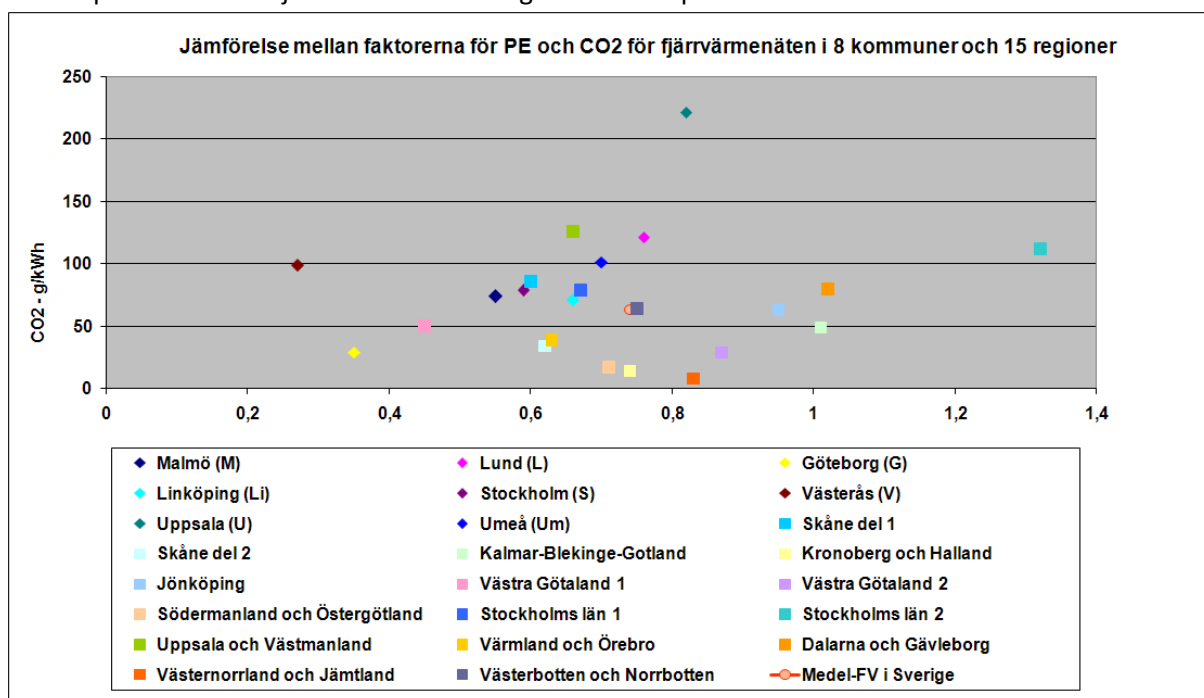


Figur 7: Värmeanvändningen (kWh/m²) för lokaler beroende på uppvärmningsalternativet och byggår. Linjen visar genomsnittet för åldersgruppen enligt PROFU:s analys.

För att i möjligaste mån spegla lokala förhållanden har data sådana de angivits av SCB använts i beräkningarna. Ovanstående figurer tjänar endast att prova konsistensen i erhållna data.

1.3.4 Värmetillförsel

Utgångsläget är de faktiska förutsättningarna i värmetillförseln på varje ort. Fjärrvärmeproduktionen uppvisar en mycket stor spridning när det gäller primäre energi och koldioxidutsläpp, men jämfört med enskilda bränslen också genomsnittligt mycket goda prestanda. För fjärrvärmerna har vi utgått från den produktionssituation som råder vintern 2005.



Figur 8: Primärenergifaktorer och koldioxidfaktorer för de olika fjärrvärmenäten i Sverige.

För jämförelse och bedömning kan man se till Energitjänstutredningen (SOU 2008:25 bilaga 4) som använder vkningsfaktor 0,9 som genomsnittlig PE-faktor och 1,0 som marginell PE-faktor för fjärrvärmenät. På detta sätt täcker man in även den småskaliga fjärrvärmeproduktionen.

För de aktuella näten antas att förändringar kan ske med åtgärder som beskrivs nedan.

Nya fjärrvärmenät:

Idag har alla tätorter över 10 000 invånare fjärrvärme och ca 80 % av dem med över 3 000 invånare. Det finns exempel på fjärrvärmenät i orter som inte ens klassas som tätort (>200 inv. och max 200 m mellan husen). I denna åtgärd har vi tänkt att det byggs ut fjärrvärme i alla tätorter över 1 000 inv. som inte redan har det. Nivån är ca 5 MWh per invånare vilket kan jämföras med ca 10 för de där fjärrvärmen funnits länge och är väl utbyggd.

Ihopkoppling fjärrvärmenät:

Underlag till ihopkoppling av fjärrvärmenät är Svensk Fjärrvärmes rapport Svenska Värmenät, 2003.¹² Här har vi gått igenom de nät som ligger på ett kortare avstånd från större ort än vad motsvarande investering är för en egen biobränslepanna. Utöver detta finns andra fördelar med ihopkoppling av flera fjärrvärmenät i en region, t ex större möjligheter att tillvarata industriell spillvärme, mindre kostnader för reserveffekt mm.

Utbyggnad kraftvärme:

Samtliga kraftvärmeprojekt som vi vet är beslutade eller planerade är med. I detta fall utgörs underlaget av en prognos där fjärrvärmeföretagen lokalt redovisat sina planer. I respektive kraftvärmeutbyggnad är även bränslemixen totalt sett justerad med hänsyn tagen till huvudbränsle och bedömt ersatt bränsle.

Spillvärmeanslutning:

Denna åtgärd är upprättad på basis av vad som finns att ansluta i olika regioner i landet.¹³ Spillvärmeanslutningar konkurrerar i många fall med kraftvärme. En lösning på detta är att bygga större regionnät eller att spillvärmen på något sätt premieras på de orter där den finns och istället flytta de lokala kraftvärmebränslena, avfall, bio mm. Detta kräver då att någon form av regional planering finns och detta är inte säkert att det alla gånger gynnar fjärrvärmekunderna. Detta är dock en större avvägning som inte görs i detta arbete.

Spetsfossilolja till bioolja:

Den fossila eldningsoljan som återstår i fjärrvärmesammanhang (ca 6 % av allt bränsle till fjärrvärmen) används nästan uteslutande till spetsbränsle de kallaste dagarna. Ett mycket konkurrenskraftigt alternativ är att konvertera denna fossila olja till bioolja. Andra tekniker finns, t ex pellets som rivs till pulver, men det medför oftast en större investering.¹⁴

Rökgaskondensering:

Många fjärrvärmebolag har installerat rökgaskondensering idag. Hur stor andel vet vi ej, därför har

¹² http://www.svenskfjarrvarme.se/download_biblo/1041/svenska_värmenät.pdf

¹³ http://www.svenskfjarrvarme.se/download_biblo/1199/Spillvärme_industrin_rapport.pdf

¹⁴ http://www.svenskfjarrvarme.se/download_biblo/1334/Total%202006-5_web.pdf

antagandets gjort att rökgaskondensering är installerat i de större anläggningarna runt om i Sverige. Med rökgaskondensering minskar underlaget för kraftvärme men samtidigt utnyttjas bränslet bättre, i synnerhet det våta biobränslet. Detta är en svår avvägning som beror av el- och bränslepriser, miljökrav mm.

Bättre isolerade fjärrvärmeledningar:

Förlusterna i Sveriges fjärrvärmenät är i snitt ca 10 %. I denna åtgärd har vi antagit att all utbyggnad av fjärrvärmenätet som sker, inkl all förnyelse av gamla ledningar, görs med den s.k. "serie 3", vilket är den högsta tillgängliga isolerstandard. Likaså används s.k. dubbelrör i stor utsträckning, vilka har lägre förluster. Grovt räknat innebär detta att förlusterna i de nya delarna av nätet blir ca 2/3 av dagens. Förenklat kan man säga att den minskningen av förlusterna som sker tack vare bättre isolerade fjärrvärmeledningar raderas ut av de ökade förlusterna som uppstår tack vare den stora anslutningen av småhus till fjärrvärme som sker runt om i Sverige.

Solvärme för central produktion av fjärrvärme:

Solvärme är idag tyvärr fortfarande lite för dyrt jämfört med andra energikällor i fjärrvärmenäten. I nät där sommarlasten tas med dyra bränslen, som t ex olja eller pellets, kan dock solvärme vara attraktivt. I nät med spillvärme eller avfallsförbränning är det dock helt olönsamt att bygga solvärme för fjärrvärmeleverantören. Här har vi räknat med att fjärrvärmebolaget installerar centrala solfångarfält som täcker den sommarlast som är möjlig, utan att installera stora nya ackumulatortankar. Själva fjärrvärmenätet fungerar då som buffertlager.¹⁵

Fjärrkyla:

Utbyggnaden av fjärrkyla innebär i normalfallet en mycket miljövänligare produktion av kyla än med eldrivna lokala kylmaskiner. Kylan kan då "produceras" genom tillvaratagande av frikyla från t ex kallt bottenvatten, den kalla sidan av stora effektiva värmepumpar eller genom värmedriven så kallad absorptionskyla där drivenergin t ex kommer från avfallsförbränning. Idag finns det ca 0,7 TWh fjärrkyla i Sverige. Prognosen är att denna kommer att öka avsevärt, här uppskattningsvis till 3 TWh och att den då ersätter lokal eldriven kompressorkyla.

1.3.5 Värme – Åtgärdsgrupper

För att få en uppfattning om relationen mellan kostnadseffektiviteten i energieffektiviseringsåtgärder i fjärrvärmeförseln respektive i byggnaderna har vi i detta arbete uppskattat en medelkostnad för investeringar i fjärrvärmen, med tillhörande bränslekostnader. Här har troligen investeringarna ett ännu större spann än för åtgärder i byggnaderna, då många lokala faktorer spelar in. Det kan vara storleken på fjärrvärmenätet/pannan, hur stor del av utrustningen som redan finns, tillgången och priset på mark, nätens utbredning, den anslutna bebyggelsens karaktär etc.

Uppgifterna om investeringar och bränslepriser är de som använts generellt i beräkningarna. Dessa är givetvis ungefärliga och för den som önskar göra egna beräkningar med tillgång till, för den egna situationen, mera relevanta data finns beräkningsmodellen STURE tillgänglig.

Åtgärd 1 – Utbyte av olja till bioolja

¹⁵ http://www.svenskfjarrvarme.se/download_biblo/1203/Sol_och_fv_fud.pdf

PE	Faktorn sänks från 1,18 till 1,08 vilket innebär att primärenergianvändningen minskar
CO₂	Faktorn sänks från 324 g/kWh till 8 g/kWh vilket innebär att koldioxidutsläppen minskar
Ekonomi	<p>Investeringen är 0,3 kr/kWh, dess livslängd är 20 år. Vid 4 % ränta blir kostnaden 0,022 kr/kWh¹⁶ vilket skall betalas med mellanskillnaden av bränslepriserna 0,8 kr/kWh för olja och 0,45 kr/kWh för bioolja. Detta innebär att investeringen är mycket ekonomisk fördelaktig.</p> <p>Driftstiden på spetslastpannan är av avgörande betydelse för hur lönsam investeringen är. Vid en mycket kort drifttid så är denna åtgärd ej lönsam ur ett rent ekonomiskt perspektiv. Ett annat skäl till att denna åtgärd hålls tillbaka är att industrin har fossilskatte­reduktion och fjärrvärmebolagen får motsvarande om de har industrileveranser.</p>

Åtgärd 2 – Rökgaskondensering

PE	Utnyttjande av bränslet ökar då rökgaskondensering installeras vilket leder till att primärenergianvändningen minskar.
CO₂	Rökgaskondensering påverkar inte koldioxidfaktorn för bränslet men volymen av bränsle minskar och därmed utsläppen.
Ekonomi	<p>Investeringen är 1 kr/kWh, dess livslängd är 20 år vilket ger en kostnad för investeringen på 0,073 kr/kWh vilket är lägre än värmepriset.¹⁷ Detta innebär att investeringen är mycket ekonomisk fördelaktig.</p> <p>Rökgaskondensering finns idag på många håll och sätts in i allt större utsträckning. Dock minskar elproduktionen i kraftvärmepannor med denna åtgärd, vilket innebär att höga elpriser håller tillbaka investeringarna till rökgaskondensering.</p>

Åtgärd 3 – Ökat spillvärmeutnyttjande

PE	Spillvärme har den lägsta primärenergifaktorn av alla bränslen och åtgärden leder till minskad primärenergianvändning.
CO₂	Spillvärme har också den lägsta koldioxidfaktorn av alla bränslen och åtgärden leder till minskade utsläpp av koldioxid.

¹⁶ Annuitetsfaktor 0,074 vid 20 år och 4 %. (Räntan har ansatts till 6 % och inflationen antas till 2 % vilket ger en real kalkylränta av 4 %)

¹⁷ Beroende på vilket bränsle som används varierar mängden värmen som kan utnyttjas, fuktighetshalten varierar mellan de olika bränslena. Det är vid installation då torv, biobränsle eller naturgas användas som bränsle som det är aktuellt att installera rökgaskondensering.

Ekonomi	<p>Investeringen bedöms vara av storleksordningen 1 kr/kWh, dess livslängd är 20 år vilket ger en kostnad för investeringen på 0,073 kr/kWh. Denna investering skall betalas med kostnaden för det bränsle som spillvärmens ersätter minskat med den eventuella ersättning som spillvärmeleverantören önskar.</p> <p>De bränslen som i beräkningarna kommer ifråga är avfall (0,05 kr/kWh), biobränsle (0,2 kr/kWh), kol (0,25 kr/kWh), torv (0,25 kr/kWh) och naturgas (0,6 kr/kWh).</p> <p>Detta visar att det inte är ekonomisk fördelaktigt att ersätta avfall med spillvärme, men däremot alla de andra bränslena.</p> <p>I alla fjärrvärmenät med kraftvärme eller där kraftvärme är ett investeringsalternativ är det med ett relativt högt elpris oftast inte lönsamt att ansluta spillvärme. Avstånd till industrin spelar naturligtvis en mycket avgörande roll för investeringens storlek.</p>
----------------	---

Åtgärd 4 – Kraftvärmeutbyggnad

PE	Tack vare ett bättre resursutnyttjande av bränslet i kraftvärme sänks primärenergifaktorn tack vare den el som produceras.
CO₂	Tack vare ett bättre resursutnyttjande av bränslet i kraftvärme sänks koldioxidfaktorn, främst tack vare den el som produceras.
Ekonomi	<p>Investeringen är 6,4 kr/kWh el som produceras, dess livslängd är 20 år vilket ger en kostnad för investeringen på 0,47 kr/kWh el. Investeringen för kraftvärme varierar enligt Svensk Fjärrvärme med c:a en faktor 2 beroende på storlek och lokala förhållanden.</p> <p>De bränslen som i beräkningarna ändras är avfall (0,05 kr/kWh), biobränsle (0,2 kr/kWh) och naturgas (0,6 kr/kWh) vilka skall justeras för verkningsgraden 90 %. Man kan också beräkna vid vilken bränsleprisnivå brytpunkten för lönsamhet inträffar, se tabell nedan.</p>

Tabell 11: Värmepris på bränslet (brytpunkten) där det inte längre är ekonomisk fördelaktigt att investera i kraftvärmeteknik.

Bränsle	Kostnad (kr/kWh)
Avfall	0,52
Biobränsle	0,69
Naturgas	1,13

Åtgärd 5 – Ihopkoppling av nät

PE	Vid anslutning av ett litet nät till ett större minskar normalt primärenergifaktorn, då den normalt är lägre i de stora näten p.g.a. kraftvärme, spillvärme mm.
CO₂	I små nät används normalt en hetvattenpanna på biobränsle med en spetslastpanna med fossil olja. Denna åtgärd minskar normalt koldioxidfaktorn något.

Ekonomi	Detta innebär att oljeanvändningen minskar samtidigt som mängden producerad el ökar i förekommande fall. Då investeringen är relativt låg, 1,4 kr/kWh, innebärande en kostnad på c:a 0,1 kr/kWh och sålunda att denna åtgärd är ekonomisk fördelaktig. I hopkoppling av små fjärrvärmenät med större fortgår på många håll. Dock varierar kostnaden naturligt med avståndet men även med lokala geografiska faktorer med avseende på markförhållanden och fysiska hinder såsom vattendrag, vägar mm
----------------	---

Åtgärd 6 – Solvärme

PE	Tillsammans med spillvärme har solvärme den lägsta primärenergifaktorn. Om mängden solvärme ökar i fjärrvärmenätet sjunker nätets primärenergifaktor.
CO₂	Detta sänker också koldioxidfaktorn i fjärrvärmenäten. Vissa nät har negativ koldioxidfaktor på grund av kraftvärmens och i dessa fall "höjer" faktiskt sol-fjärrvärme CO ₂ -faktorn.
Ekonomi	Investeringen är 6 kr/kWh årsproduktion och dess livslängd är 20 år vilket innebär en kostnad på 0,44 kr/kWh. Den avgörande frågan är alltså om det bränsle som ersätts är dyrare. Bränslepriset för biobränsle måste alltså vara högre än 0,44 kr/kWh för att det ska vara ekonomisk lönsamt att investera i solvärme i fjärrvärmenäten.

Förändringarna i fjärrvärmesystemen har också grupperats i grupper 1-3 och kallas för åtgärder till skillnad från byggsidans paket. Åtgärderna är olika utgående från respektive ords förutsättningar och med tanken att de genomförs i den ordning som de är ekonomiskt attraktiva för ägaren av produktionsanläggningarna. Detta innebär att vissa åtgärder kan hänföras till olika grupper, se tabell nedan. Vidare antas att de genomförs stegvis med de billigaste först.

Tabell 12: Gruppering av de olika åtgärderna i försörjningen. (OBS olika beroende på om det sker på kommunal eller regional nivå.)

ÅTGÄRD	GRUPPER AV ÅTGÄRDER					
	Kommunnivå			Regionnivå		
	1	2	3	1	2	3
I hopkoppling fjärrvärmenät:			X		X	
Utbyggnad kraftvärme:		X		X		
Spillvärmeanslutning:				X		
Spetsfossilolja till bioolja:	X			X		
Rökgaskondensering:				X		
Solvärme för central produktion:						X

Till dessa tre grupper av åtgärder fogas en fjärde "futuristiskt" vars data används för att spekulera i hur långt man kan komma i en framtid när tekniska förutsättningar förändrats och/eller när samhällets krav på prestanda ökat.

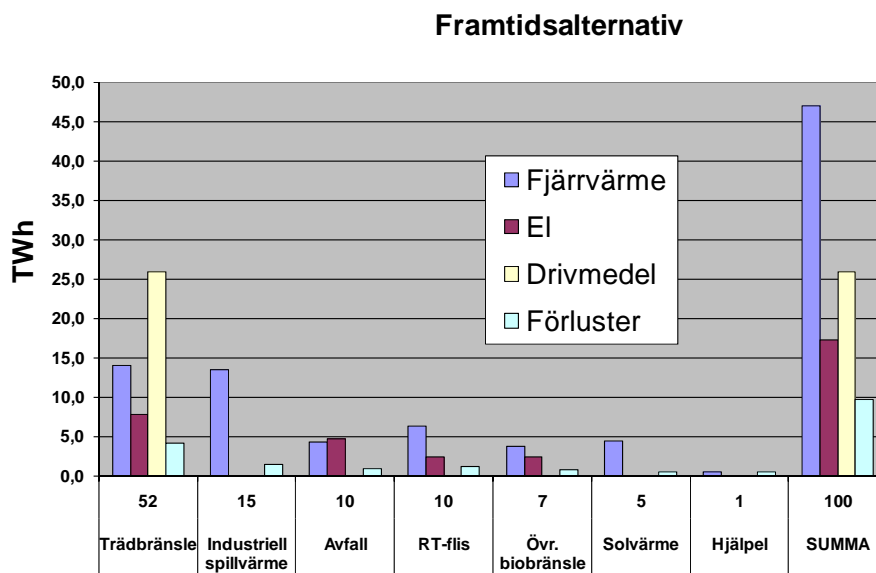
Futuristiskt alternativ för fjärrvärmem, (steg 4)

Målet är då att ha en fjärrvärmeförsörjning som har en mycket låg primärenergifaktor samt en CO₂-faktor som t o m blir negativ.

Detta är ett system där ett bioenergikombinat utgör en stor del av fjärrvärmeunderlaget. I kombinatet produceras ca 50 % biodrivmedel för fordon, 15 % el, 30 % spillvärme som används som fjärrvärme och endast 5 % är förluster av insatt biobränsle. Som ytterligare baslast finns ett avfallsdrivet kraftvärmeverk med förgasningsteknik, där ca hälften blir el, samt spillvärme från de regionala industrierna. Spetsenergin tillförs genom RT-flis eller förorenade bioolja utan annan användning (t ex frytrollja från snabbmatställena om de finns kvar). 10 % av värmeunderlaget tillförs med solvärme. Värmepumparna och alla fossila bränslen är avvecklade. Regionen är sammanbunden med ett större fjärrvärmenet. Mindre orter som ligger avskilt har en biobränsleförgasningsanläggning som levererar lika mycket värme som el.

Bakgrundantagandena är: Värmemarknaden, exklusive industrin, har gått ner från dagens ca 100 TWh till 50 genom energieffektivisering. Fjärrvärmens marknadsandel är 70 % mot idag 50 % vilket ger 35 TWh. Samtidigt har fastigheternas slöseri med hushålls- och verksamhets-el minskat och en del av denna måste ersättas som uppvärmning, vilket bedöms ge ytterligare 5 TWh i ökad fjärrvärmeförsäljning. Även de flesta industrier använder då fjärrvärme för uppvärmning och vissa processer istället för skattebefriad fossil energi, vilket ger en ökad fjärrvärmeförsäljning av storleksordningen 7 TWh. Detta ger att fjärrvärmeförsäljningen i framtiden minskar något, från dagens ca 50 TWh till ca 47. Den totala balansen visas i följande figur.

Hela denna process ger en primärenergifaktor på knappt 0,2 samt ett negativt värde på klimatpåverkan.



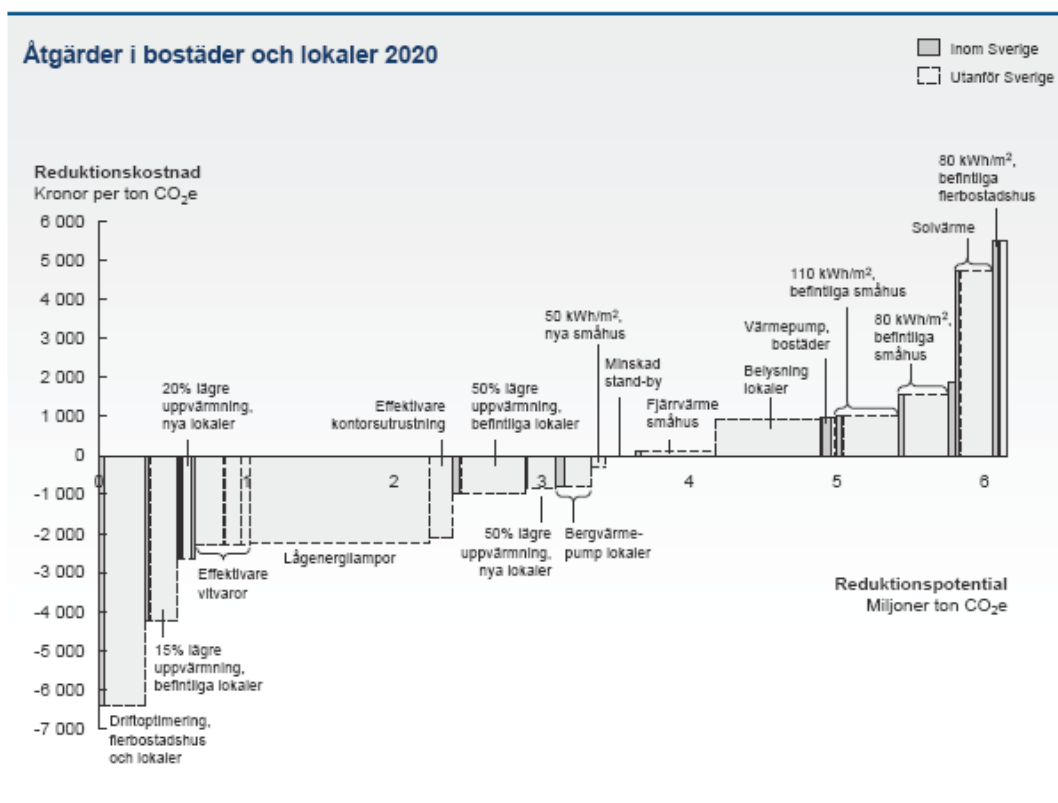
Figur 9: Framtida energibalans inom den svenska fjärrvärmesektorn i det visionära alternativet.

1.3.6 Relation till andra utredningar och förhållanden

Denna studie är i hög grad inspirerad av den nya synen på klimatfrågor som håller på att växa fram och ta form genom ändrade marknadsvillkor samt där en effektivare energianvändning är högt prioriterad. International Panel on Climate Change, IPCC, har i sin senaste rapport framhållit de tekniska möjligheterna som redan finns men måste utnyttjas bättre.¹⁸ Den s.k. Stern-rapporten har visat både åtgärdernas nödvändighet, behovet av ett snabbt genomförande och att kostnaderna för åtgärderna är mindre än vad man ofta trott.¹⁹ Detta till följd av marknadens lärande och som ofta beskrivs i den s.k. lärkurvan.

KLIMATFRÅGOR

Svensk Näringsliv har publicerat en rapport från McKinsey&Company i slutet av april 2008 kallad "Möjligheter och kostnader för att reducera växthusgasutsläpp i Sverige".²⁰ Denna rapport redovisar resultat med i princip samma metod som används här, se bild nedan.



Figur 10: Rapporten från McKinsey&Company redovisar olika möjligheter att minska de svenska koldioxidutsläppen.

I Svenskt Näringslivs rapport anges att om man räknar med den reduktionspotential som finns utanför Sverige, men som görs möjliga genom svenska åtgärder (d.v.s. minskad elanvändning), är 4,2 Millioner ton CO₂ (sid 44).

¹⁸ http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf

¹⁹ http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_Report.cfm

²⁰ http://www.svensktnaringsliv.se/multimedia/archive/00012/M_lijgheter_och_kost_12841a.pdf

I denna utredning kommer vi fram till större möjligheter när man ser till möjligheterna i bebyggelsen och fjärrvärmesektorn var för sig, 5-6 Millioner ton vardera och för dessa båda sektorer tillsammans är potentialen av storleksordningen 10 Millioner ton (avsnitt 2.3).

KLIMATVÄRDERING

Energimyndigheten har diskuterat olika värderingsnormer för klimatpåverkan ”på marginalen”. Denna utredning är i linje med dessa diskussioner och bedömer både ändrad elanvändning och ändrad fjärrvärme på samma grunder.²¹

BYGGREGLER

Konsekvenserna av dagens nybyggnadsregler är i många fall en ökad miljö- och klimatbelastning då kraven baseras på köpt energi, vilket inte tar hänsyn till de olika energislagens förluster utanför byggnaden. Genom att använda denna systemgräns är det idag t.ex. möjligt att bygga sämre klimatskal om värmepumpar väljs som uppvärmningsform.

Byggnaden samspekar med, och är beroende av, olika tillförselsystem, vilka har olika miljöbelastning. Valet och samspelet med byggnaden är därför av yttersta vikt. Om byggnaden optimeras som en helt fristående enhet kan konsekvensen bli att miljöpåverkan i samhället totalt sett blir högre, trots att byggnaden i sig verkar effektivare. Genom att bedöma primärenergibehovet tas hänsyn till förluster i alla led, vilket leder till att den totala miljöbelastningen minskar.

Dagens byggregler är ej teknikneutrala. En värmepump eller solfångare behandlas helt olika beroende på placering, i/på eller utanför fastigheten.

En annan viktig aspekt är att vi tar med alla byggnadens energiflöden. I byggreglerna ingår ej hushålls- respektive verksamhetsel. Detta ger incitament till sämre installationer för dessa ändamål, både i bostäder och lokaler, då det leder till att det blir lättare att uppnå kraven i byggreglerna. All annan tillförd energi minskar behovet av uppvärmning. Genom att dessa utesluts i reglerna uppstår ett s.k. ”split incentive”, d.v.s. att den som levererar byggnaden inte behöver ta någon hänsyn till energieffektiviteten hos fasta och lösa installationer. Elenergin till dessa är det hyresgästen som får stå för.

En konsekvens av dagens byggregler är att anslutningen av småhus till fjärrvärme (eller egen biopanna) hindras. Detta gäller även installation av fjärrkyla, då egna eldrivna kylmaskiner premieras.

ÄNDRADE OCH NYA BYGGREGLER

Kompletterande byggregler har föreslagits vilka i viss mån rättar till felaktigheterna.

Ombyggnadsregler finns ännu inte men har aviserats. Den befintliga bebyggelsen omfattar en stor del av landets energianvändning inte minst inom det s.k. miljonprogrammet som i flera fall har ett behov av genomgripande renovering. När ombyggnadsreglerna utformas är det därför viktigt att de blir teknikneutrala och leder till både mindre resursanvändning och till minskad klimatpåverkan.

²¹ http://www.energimyndigheten.se/Global/Filer%20-%20Om%20oss/Energiarbete%20i%20kommun%2C%20%C3%A4n%20och%20region/Kommunala%20energi-%20och%20klimatr%C3%A5dgivare/CO2_vardering_tobias_persson.pdf

2. Beräkningar

Det finns stora potentialer för att göra besparingar som gagnar alla berörda. Det som ofta kallas "win-win-win solutions". Ägaren/brukaren av byggnaden tjänar genom att slippa betala för onödig energianvändning, leverantören av energin tjänar genom att slippa bygga ut kostsamma produktionsanläggningar och/eller onödigt kraftfulla nät för överföring och samhället tjänar på att slippa miljöbelastningar. Man skulle kunna tänka sig ytterligare en vinnare nämligen den industri som tillhandahåller den teknik och de tjänster som gör effektiviseringen möjlig.

I en ideal värld skulle dessa godas lösningar komma till stånd med automatik genom att alla berörda hade tillräcklig kunskap och alltid agerade rationellt. I realiteten finns många hinder på vägen till denna bästa lösning. Man saknar information och förmåga att värdera informationen, utvecklingen med priser och tekniska prestanda förändrar villkoren, osv. osv. Ibland finns inte heller en totalt sett bästa lösning. Man måste avgöra vilken av faktorerna ekonomi, miljöbelastning eller resursanvändning som skall prioriteras framför de andra. Vi gör här beräkningar som speglar ekonomin, miljön (genom koldioxidbelastning) och resursanvändning (genom användning av primärenergi).

2.1 Objekt (Byggnader)

För byggnader kan vi göra en bedömning av det ekonomiska incitamentet för den som äger/använder byggnaden att vidta en viss given åtgärd, d.v.s. de paket som beskrivits i föregående avsnitt. Ibland är detta incitament starkt och brukaren kan både spara energi och pengar, men kan ändå behöva uppmärksammas på förhållandet eller behöva någon form av assistans för att genomföra åtgärden. I andra fall är inte incitamentet starkt nog och det kan behövas en diskussion om t.ex. prisnivån för energileveranser av en viss karaktär, om möjligheten att göra åtgärden billigare genom samverkan i upphandling eller genom tidsförläggning av åtgärden. I sista hand kan också diskuteras om en åtgärds konsekvenser är önskvärda och kan motivera samhällsstöd i någon form.

De paket som skapats för beräkningarna är baserade på praktiskt genomförande. Det betyder att de inte alltid ligger i rätt ekonomisk ordning. Som exempel kan vissa åtgärder fordra att byggnader evakueras för att en billig åtgärd skall kunna utföras. De läggs då i rangordning efter en dyrare åtgärd som kan utföras med mindre olägenhet för de boende. För att i någon mån kunna bedöma konsekvenserna av att åtgärder utförs i annan ordning har kalkylerna också genomförts med "marginalbonus", d.v.s. en reduktion av kostnaderna med 20 %.

Den redovisning av ekonomiska konsekvenserna som följer i detta avsnitt har gjorts med värmekostnaden (kr/kWh) som beroende och köpt energi för värme (kWh/m²) som oberoende variabel. På detta sätt kan vi sedan bedöma det privatekonomiska incitamentet vid olika faktiska energipriser och vid olika energianvändningsnivåer som kunnat utläsas ur energistatistiken från SCB.

Energiförändringarna i de olika paketen avser referensobjekten. För att möjliggöra beräkningar för olika klimatförhållanden anses samma procentuella förändringar i bebyggelsen oavsett var den är belägen och oavsett vilken användningsnivå som registrerats i statistiken.

Paket 1 avser det vanliga energisparandet som kan genomföras med enkla billiga insatser vilket innebär att den sparade energi betalar eventuella investeringar på mycket kort tid. Ibland talar man till och med om negativ kostnad, vilket är ett sätt att beskriva att man får pengar över att göra något trevligare än att betala för energi som man inte behöver.

I paket 1 sparar man alltså både på köpt energi, på primäre energi och de eventuella koldioxidutsläpp som kan vara förknippade med energiproduktionen. Detta alternativ behöver alltså inte analyseras närmare.

Paket 2 innebär för bostadsbyggnader enbart investeringar genom tilläggsisolering utan några tillkommande driftkostnader. Primäre energi och förekommande koldioxidutsläpp minskar och den fråga som kan uppstå är om kostnaderna för den minskade energianvändningen är tillräcklig för att betala för investeringen.

Värderingen i beräkningarna har utgått från att fjärrvärmekunden/-användaren betalar enbart för värmeenergin och att priset inte är uppdelat på fasta och rörliga kostnader eller har någon rörlig del relaterad till effektuttaget. I de fall där prisstrukturen också har en effektkomponent kan värdet av isoleringsåtgärder vara högre eftersom de har en markant inverkan på effektbehovet när det är som kallast.

För Lokaler innebär paket 2 också ökade investeringar vilka skall betalas med besparingar i både värme och elanvändning. Konsekvenserna för Primäre energi och koldioxidutsläpp är positiva och fordrar inga avvägningar annat än om ekonomin i åtgärden är motiverande för dem som beslutar om åtgärderna.

Paket 3 innebär för bostadsbyggnader att man helt eller delvis skiftar system. Man kan konvertera till fjärrvärme, till värmepump och/eller spara värmeenergi genom insats av el i fläkt och återvinningssystem. Övergången mellan olika energislag har kraftig påverkan på primäre energi och koldioxidanvändning. El har på marginalen en hög belastning av koldioxid och innebär genom produktion i kondensanläggningar med låg verkningsgrad ett stort behov av primäre energi.

Paket 3 har dessutom delats upp i två varianter, 3a och 3b, för att kunna bedöma olika möjligheter vilka beror av förutsättningarna i varje enskilt fall. Fjärrvärmebyggnader kan ju inte konverteras till fjärrvärme men kan likväl utrustas med värmeåtervinning. Varianterna har i vissa fall även helt olika insats av el för att uppnå värmebesparing.

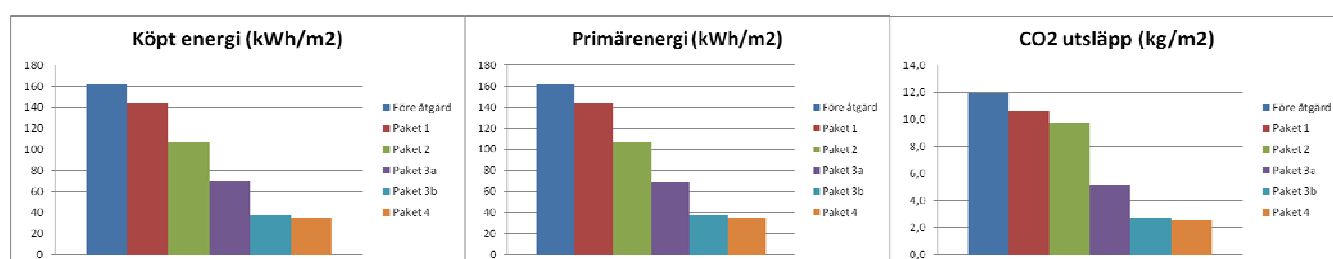
För lokaler avser paket 3 en radikal och genomgripande ombyggnad och även här har vi två varianter beroende på om denna ombyggnad görs så att även värmelager byggs i anslutning till byggnaden.

Paket 4 slutligen avser i princip s.k. "passivhus-standard" och långt drivet utnyttjande av sparteknik i alla led.

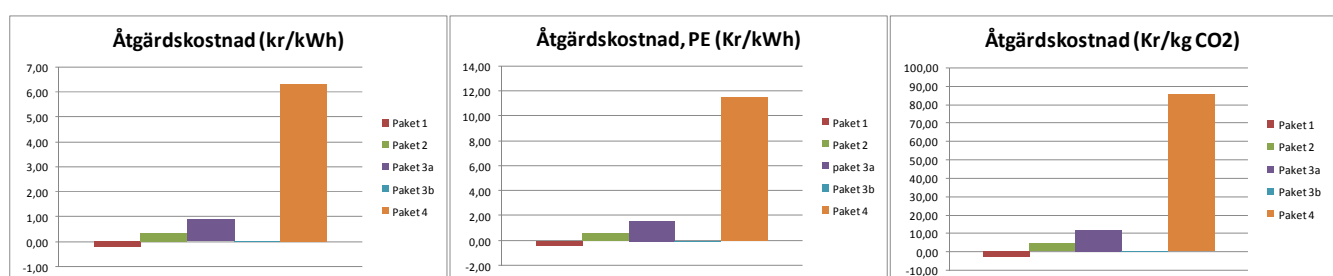
2.1.1. Redovisningar

I BERÄKNINGSPROGRAMMET STURE

Konsekvenserna av åtgärderna redovisas i fysiska termer; köpt energi, primäre energi och koldioxidutsläpp, se exempel nedan. Beräkningarna har genomförts med ett Excel-baserat verktyg, kallat STURE, vilket kommer att göras tillgängligt för att egna beräkningar skall kunna genomföras och med användande av andra ingångsdata där man har tillgång till sådana.



Därutöver bedöms om det ekonomiska incitamentet hos aktörerna är tillräckligt för att locka fram de förändringar som är möjliga. Detta görs genom att beräkna "nettokostnaden" (årskostnaden²² för investeringen minus driftkostnadsförändringen) för att göra en förändring. Om denna blir negativ tjänar man på åtgärden. Blir den positiv kan man överväga om kostnaden är rimlig, behöver subventioneras eller om villkoren (t.ex. priserna) behöver justeras.



Slutligen har för de olika kombinationerna på byggnadsobjektsnivå beräknats vid vilket värmepris som en viss åtgärd blir privatekonomiskt försvarlig, se exempel nedan för tilläggsisolering av småhus²³.

²² Annuiteten vid bedömd praktisk teknisk livslängd

²³ Avsikten med dessa beräkningar är att få till stånd en diskussion om vilka åtgärder som är prioriterade genom att de kan antas vara attraktiva för den som svarar för byggnadens kostnader men också att starta en diskussion om hur villkoren kan förändras för att göra åtgärder attraktivare. I just detta fall är det uppenbart att möjligheterna är störst i mycket energislukande byggnader, om åtgärden kan göras i samband med andra genomgripande förändringar (få "marginalbonus").

Denna representation av beräkningarna ger möjlighet till bedömningar av känsligheten för ändrade förhållanden i priser, åtgärdskostnader och energianvändning och kan därigenom ge en uppfattning av hur robusta beräkningar och åtgärder är. Men de kan också ge en uppfattning av hur åtgärder kan kombineras eller förbättras för att ge ett önskvärt resultat.

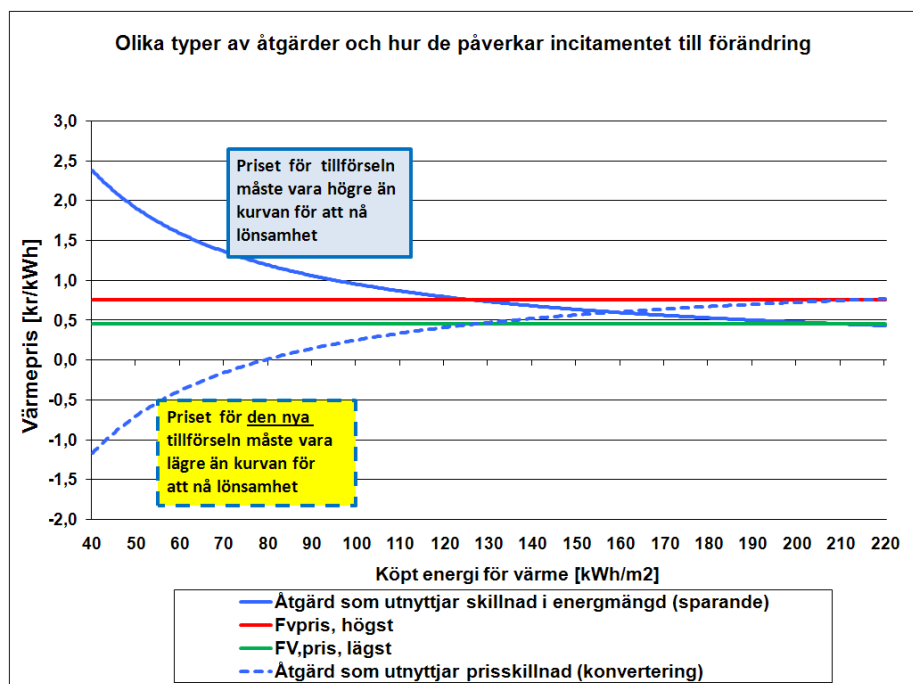
Det skall också noteras att åtgärderna är grupperade i paket som i sig innehåller sammanhörande delåtgärder. Beräkningarna är gjorda på "paketnivå" vilket innebär att man i ett reellt fall kan i stället behöva överväga enskilda delar i paketet. Resultaten av åtgärderna är därför att ses som indikativa snarare än som normativa.

I DENNA BESKRIVNING

Åtgärderna som används i paketet är av två huvudkategorier.

1. De utnyttjar skillnaden i använd mängd energi genom effektivisering. Investeringen skall betalas av skillnaden i volymen köpt energi. Vid liten volymskillnad måste priset vara högt för att betala investeringen och vid högre volymskillnad kan den vara lägre. Kurvan är avtagande, se figur nedan. För alla priser som är högre än kurvan är åtgärden lönsam

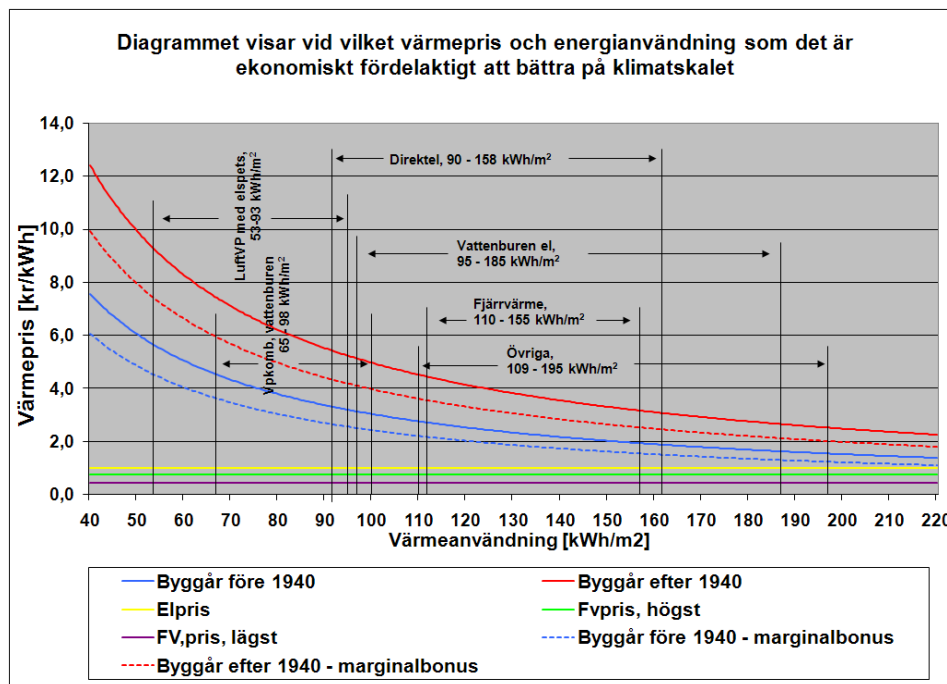
2. De utnyttjar prisdifferensen vid konvertering från ett energislåg till ett annat. Investeringen skall betalas av samma volym men som köps för ett lägre pris. Vid liten volym måste prisskillnaden vara stor (och alltså det nya priset vara mycket lågt) för att investeringen skall kunna betalas. Vid en högre volym kan det nya priset vara högre (prisskillnaden vara mindre). Kurvan är tilltagande, se figur nedan. För alla priser på den nya energin som är under kurvan är åtgärden lönsam



Figur 11: Redovisningssättet för att påvisa när en åtgärd är ekonomiskt fördelaktig.

De energipriser som används i modellen och i bedömningarna har hämtats från den s.k. Nils Holgersson-utredningen.²⁴ Det innebär också att priserna anges som genomsnittliga och rörliga och inkluderar även de fasta priskomponenterna.

I bilagor redovisas beräkningar för alla de kombinationer där det statistiska underlaget är tillräckligt säkert. För att lättare kunna bedöma lönsamheten (incitamentet) för brukaren så har diagrammen "screenats" genom att min. och max.-gränser för köpt energi i de olika byggnadstyperna och uppvärmningssätten lagts in, se figur nedan.



Figur 12: Redovisningssättet för att påvisa när en åtgärd är ekonomisk fördelaktigt att genomföra.

Eftersom indata som tagits fram avser hela paket och ett genomförande som väsentligen betingas av en önskan att förbättra byggnaden med avseende energianvändningen har beräkningar också gjorts med en "marginalbonus" på 20 % för att spegla en situation där energiåtgärder genomförs samtidigt med andra förändringar i byggnaden och samkostnaden delas mellan olika åtgärder.

2.1.2 Småhus

Resultat (Detaljredovisning i bilaga C)

För Paket 1 är det ekonomiska incitamentet starkt för genomförande och innebär i samtliga fall att primärenergi och utsläpp av koldioxid minskar. Storleken i minskningarna beror av vilken värmeförsörjning man har.

För paket 2 är incitamentet svagt eller obefintligt men minskar i samtliga fall både primärenergi och koldioxidutsläpp.

²⁴ <http://www.nilsholgersson.nu/Avgiftrappport/2006/AvgiftrappportNH2006.pdf>

Tabell 13: Skillnaderna i paket 3 och påverkan beroende på vilket uppvärmningsalternativ som föreligger

VÄRME-FÖRSÖRJNING	a) Konvertering till Fjärrvärme			b) Konvertering till VP		
	Ekonomiskt incitament	PE	CO ₂	Ekonomiskt incitament	PE	CO ₂
Fjärrvärme	I denna rapport har antagandet gjorts att det inte sker någon konvertering av uppvärmningsalternativet då småhuset är uppvärmt med fjärrvärme.					
LVP med elspets	Negativt	Minskar	Minskar	Det sker ingen konvertering från en värmepump till en annan.		
Direktel	Ortsberoende	Minskar	Minskar	Positivt	Minskar	Minskar
VP med vattenburen distribution	Negativt	Ortsberoende	Ortsberoende	Då småhusen redan är uppvärmda med en värmepump är inte en konvertering möjligt och detta alternativ faller bort.		
Vattenburen el	Positivt (med få undantag)	Minskar	Minskar	Positivt (med några undantag)	Minskar	Minskar
Övrigt	Positivt (med få undantag)	Minskar (med få undantag)	Minskar (med få undantag)	Positivt vid högre användning	Minskar	Minskar

2.1.3. Flerbostadshus

Resultat (Detaljredovisning i bilaga D)

För Paket 1 är det ekonomiska incitamentet starkt för genomförande och innebär i samtliga fall att primärenergi och utsläpp av koldioxid minskar. Storleken i minskningarna beror av vilken värmeförsörjning man har.

För paket 2 är incitamentet svagt eller obefintligt i fjärrvärmd bebyggelse men starkt för äldre byggnader försörjda med olja eller gas. Även i kategorin övriga kan ett positivt incitament föreligga om man kan utnyttja tillfällena då andra åtgärder genomförs samtidigt. I samtliga fall minskar både primärenergi och koldioxidutsläpp.

För paket 3 är bilden mera varierad och sammanfattas i tabellen nedan

Tabell 14: Skillnaderna i paket 3 och påverkan beroende på kompletterings- eller konverteringsalternativ

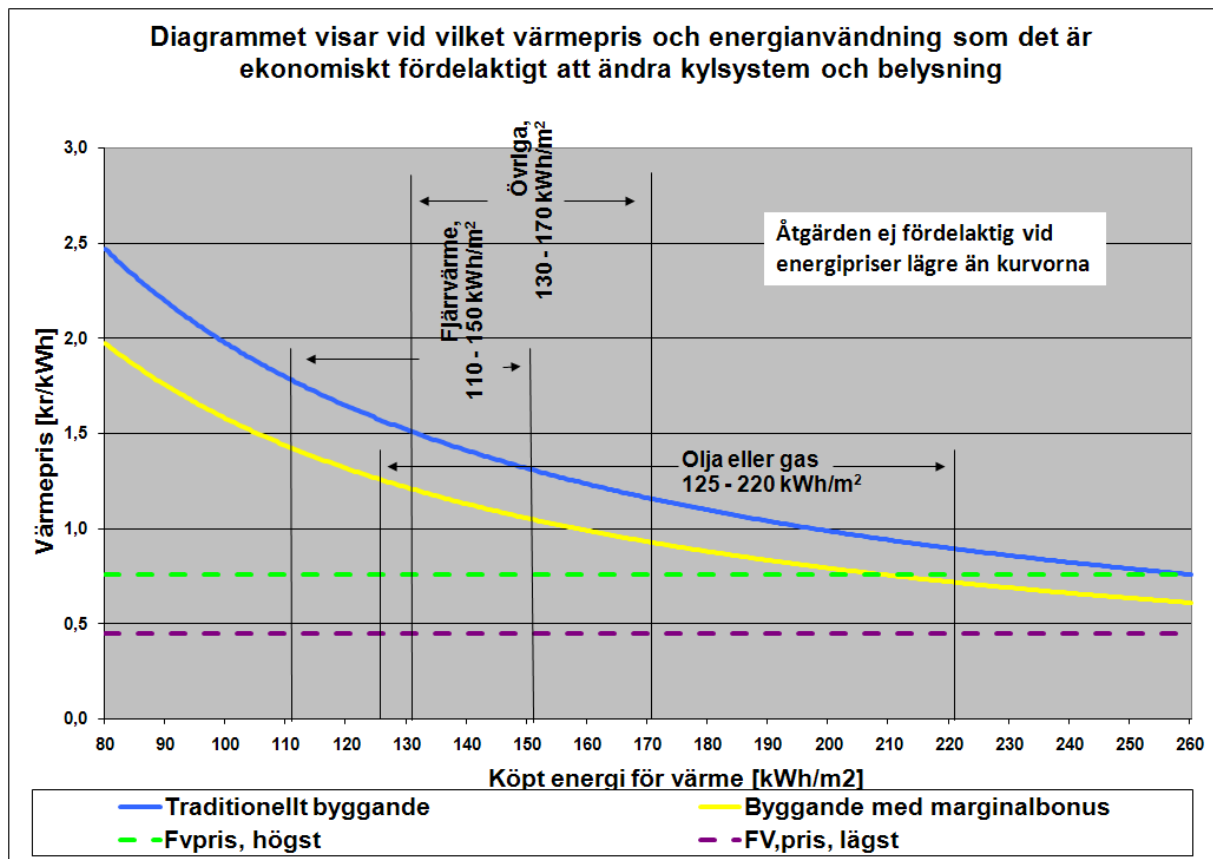
	a) Byte till balanserad ventilation			b) Konvertering till VP		
VÄRME-FÖRSÖRJNING	Ekonomiskt incitament	PE	CO ₂	Ekonomiskt incitament	PE	CO ₂
<i>Brytgräns (kriterium)</i>					<i>Minskar om PE > 1</i>	<i>Minskar om CO₂ > 144</i>
Fjärrvärme	Negativt	Starkt ortsberoende	Starkt ortsberoende	Ortsberoende men ofta fördelaktigt	Ökar i de allra flesta fallen	Ökar i de allra flesta fallen
Olja eller gas <i>PE = 1,2</i> <i>CO₂ = 257</i>	Negativt	Minskar	Minskar	Positivt	Minskar	Minskar
Övrigt <i>PE = 2,36</i> <i>CO₂ = 220</i>	Positivt (som regel)	Minskar	Minskar	Positivt	Minskar	Minskar

2.1.4 Lokaler – Samtliga uppvärmningsalternativ

Resultat

För Paket 1 är det ekonomiska incitamentet starkt för genomförande och innebär i samtliga fall att primärenergi och utsläpp av koldioxid minskar. Storleken i minskningarna beror av vilken värmeförsörjning man har.

För paket 2 Ändring av kylsystem och belysning, är incitamentet svagt eller obefintligt i fjärrvärmd bebyggelse.



Figur 13: Visar vid vilken energianvändning och värmepris som det är ekonomisk fördelaktigt att genomföra paket 2 i lokaler.

Paket 3a Total ombyggnad

Paket 3a innebär en total ombyggnation vilket är sammankopplat med en mycket hög investering, 9100 kr/m². Trots att det sker en kraftig minskning av energianvändning är åtgärden inte ekonomiskt fördelaktigt ur energibesparingssynpunkt.

Som tidigare i beskrivningen av paket 3a minskar både värme- och elanvändningen. Därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen.

Paket 3b Total ombyggnad och med energilager

Paket 3b är likvärdig med paket 3a och därmed är även analysen av paketet likvärdigt. På grund av den höga investeringen (9 600 kr/m²) är paketet inte ekonomisk fördelaktigt.

Det sker en minskning av både el- och värmeanvändningen och därmed minskar även både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen.

2.2 Ortsberoende

2.2.1. Bebyggelsen - utgångsläget

(Se bilaga E för detaljer och grafer)

Alla uppgifter om bebyggelse o detta avsnitt innefattar även elanvändningen för att på så sätt ge en uppfattning om hur omfattande bebyggelsens miljöpåverkan är.

Med få undantag är den uppvärmningsform som är mest krävande och sätter störst avtryck i sin omgivning med avseende på primärenergibehov och på koldioxidutsläpp den som är elvärd. Skillnaden mellan den bästa och sämsta är mellan en faktor 2 och en faktor 3.

Tabell 15: Högsta respektive lägsta värden för primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen för de tre olika byggnadstyperna.

	PE (kWh/m ²)		CO ₂ (kg/m ²)	
	Min	Max	Min	Max
Småhus	170	510	23	73
Flerbostadshus	130	480	17	50
Lokaler	270	600	37	84

Den geografiska skillnaden är obetydlig och i de fall där den ger kraftigare utslag förefaller det snarare bero på ofullkomligheter i statistiken när den bryts ned till ortsnivå.

I rangordning från bäst till sämst kommer för småhus: Fjärrvärme; Värmepumpslösningar; "Övriga" (med visst inslag av förnybar energi); Direktel samt vattenburen el.

2.2.2 Bebyggelsen, påverkan av byggnadspaket

(Se Bilaga F för detaljer och grafer)

Redovisningen i detta avsnitt avser endast uppvärmningsenergin utan hushålls, och verksamhetsel, för att på så sätt ge en tydligare uppfattning av hur stor påverkan åtgärderna i byggnaderna kan vara.

Åtgärderna redovisas separat (paket för paket). Vid ett genomförande av flera paket måste deras påverkan adderas till varandra.

För landet som helhet och med hänsyn till olikheterna i bebyggelsen skulle de olika paketen ha följande typiska genomslag (minskning) i värmeenergin

Tabell 16: Förändringen som de olika paketen kommer att leda till i form av minskad primärenergianvändning och koldioxidutsläpp för de olika byggnadstyperna.

	PE (%)			CO ₂ (%)		
	P1	P2	P3	P1	P2	P3
Småhus	6	C:a 20	>40	6	C:a 20	>40
Flerbostads- hus	12	14	C:a 10 (FTX) -20 till 0 (FVP)	12	7	C:a 15 (FTX) -20 till -10 (FVP)
Lokaler	16	>60	20 till 30	16	>50	30-40

2.2.3 Fjärrvärme, åtgärder

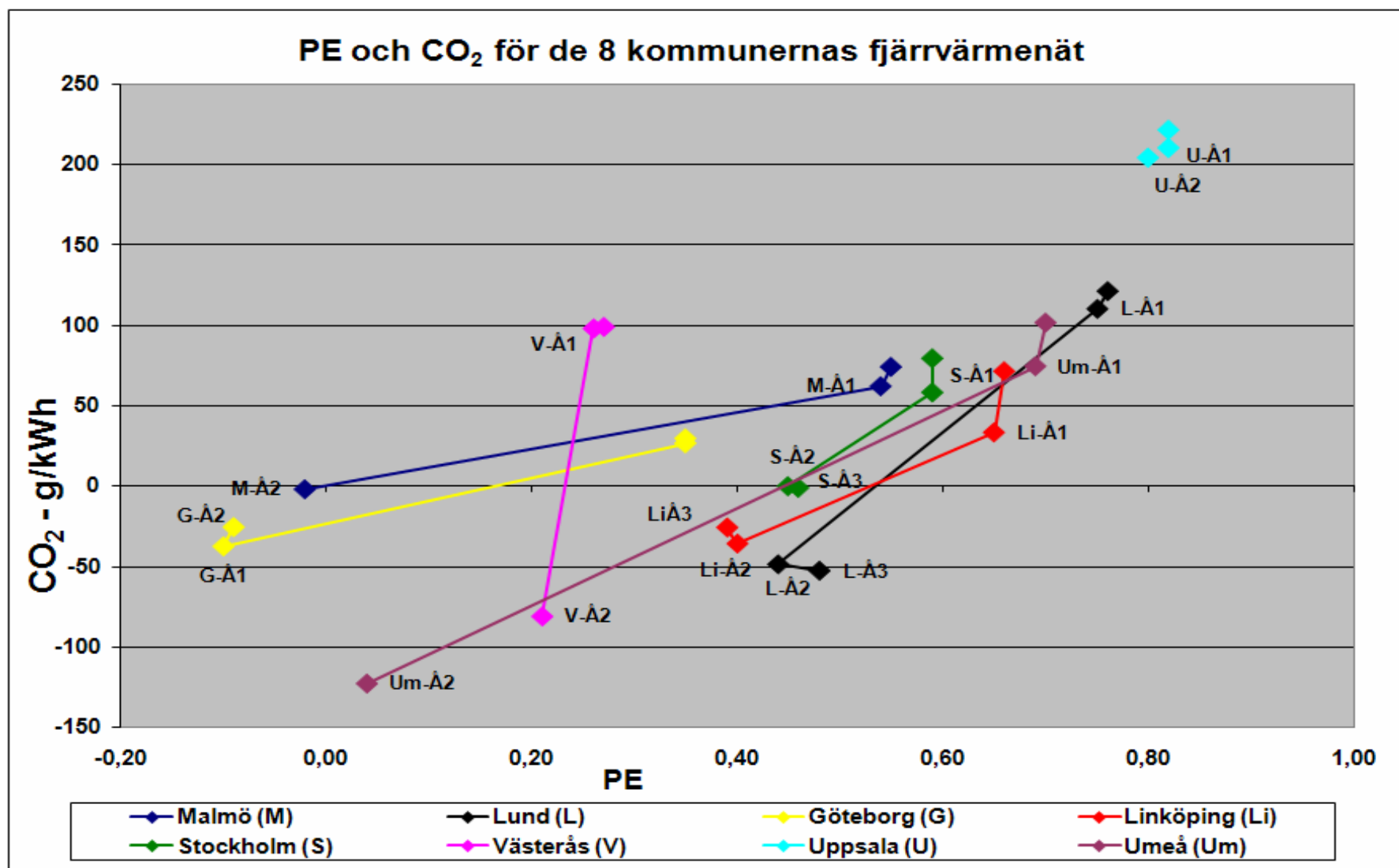
De åtgärds paket som beräknats för fjärrvärmeproduktionen och som satts samman med utgångspunkt i varje enskild regions och kommuns egna förutsättningar (se avsnitt 1.3.1) visar att man kan driva prestanda längre. När beräkningarna görs på samma sätt som i energitjänstutredningen och med hänsyn till de marginella förändringarna kan både primärenergi och koldioxidutsläpp till följd av förändringarna bli negativa! Detta förhållande har två huvudsakliga orsaker:

- Fjärrvärmens bränsleförsörjning sker i stor utsträckning med bränslen som belastar miljön mycket lite (spillvärme, avfall, träbränsle etc.)
- Fjärrvärmesystemen har en stor potential för ytterligare produktion av el i kraftvärmeanläggningar vilket, om den utnyttjas, innebär att europeisk produktion med fossilbränsle i kondensproduktion kan trängas undan.

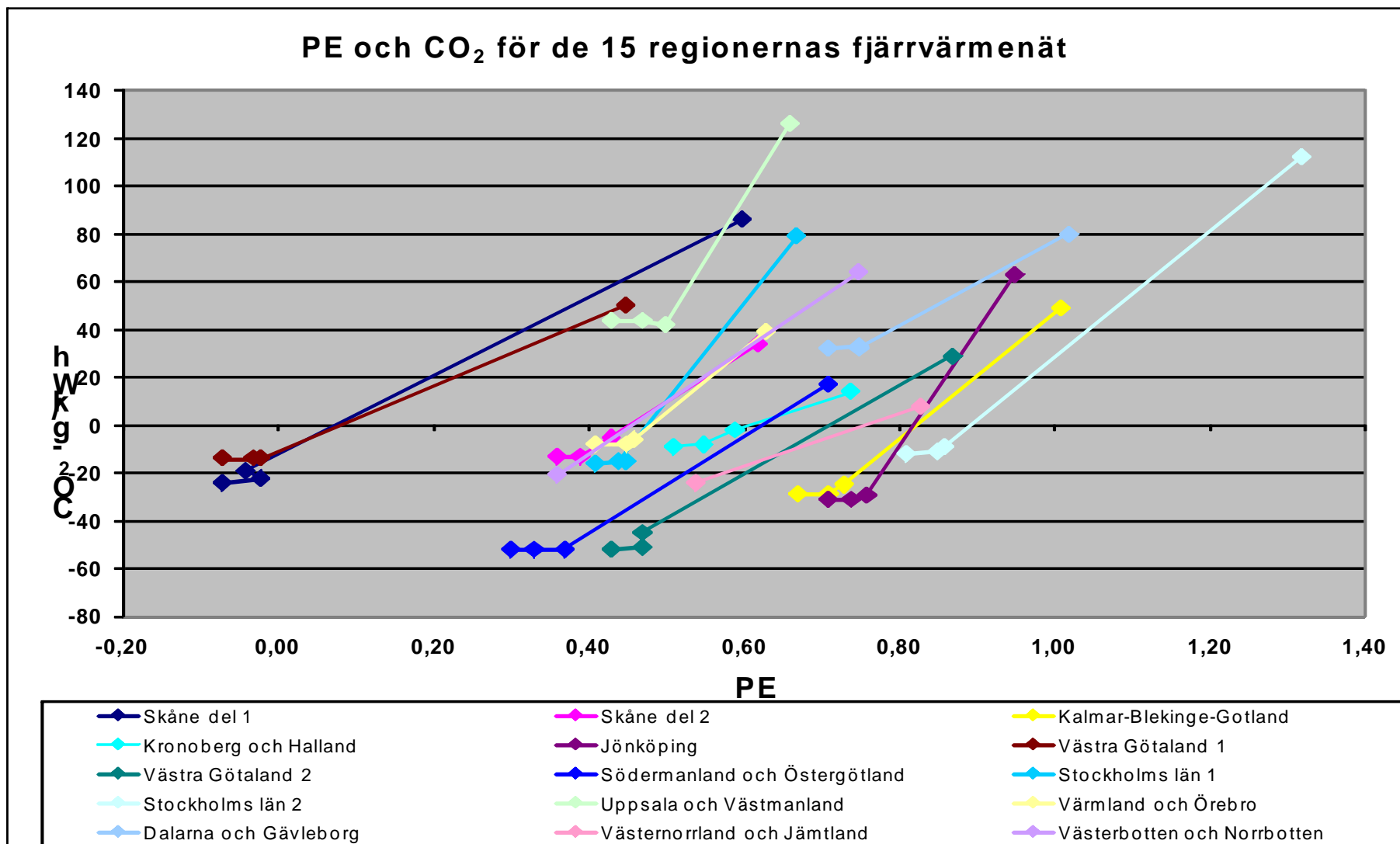
I de följande diagrammen representerar, för varje ortslinje, den övre högra punkten (högst PE och högst CO₂) situationen i nätet för närvarande och varje åtgärds paket (se avsnitt 1) en förbättring genom förflyttning nedåt åt vänster.

Som framgår av figur 15 och Figur 16 varierar faktorn för primärenergi och koldioxid kraftigt beroende på vilken åtgärd som genomförs samt var i Sverige nätet är lokaliserat. De största förändringarna kan härledas till åtgärd 2 för de kommunala fjärrvärmenäten och åtgärd 1 för de regionala fjärrvärmenäten. Att det är dessa åtgärds paket som utmärker sig mest är att de innehåller utbyggnaden av kraftvärme vilket ger ett stort genomslag.

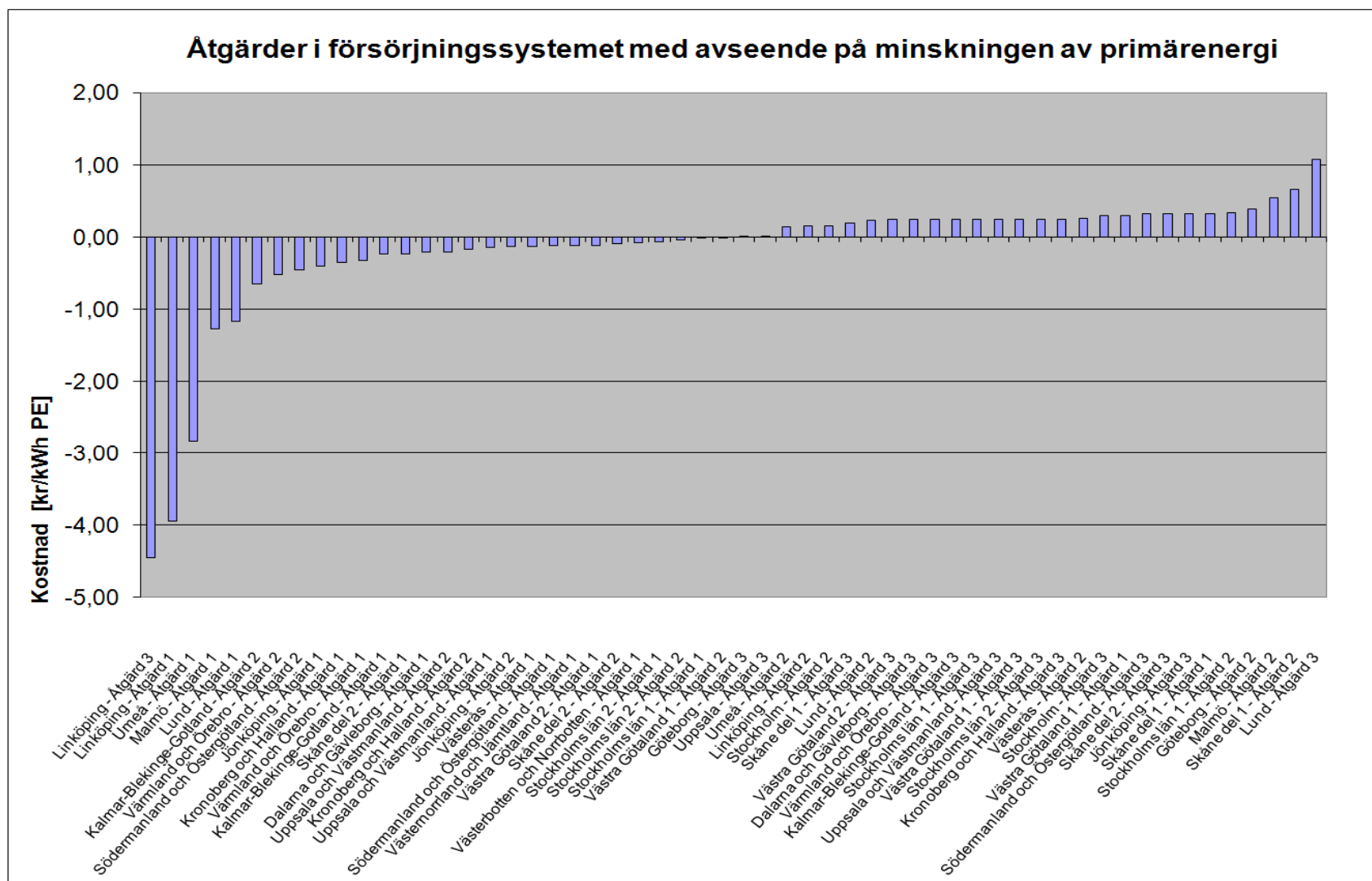
Av figurerna 17 och 18 framgår kostnaderna för att minska primärenergianvändning och koldioxidutsläpp genom olika åtgärder, paket, i regioner och kommuner.



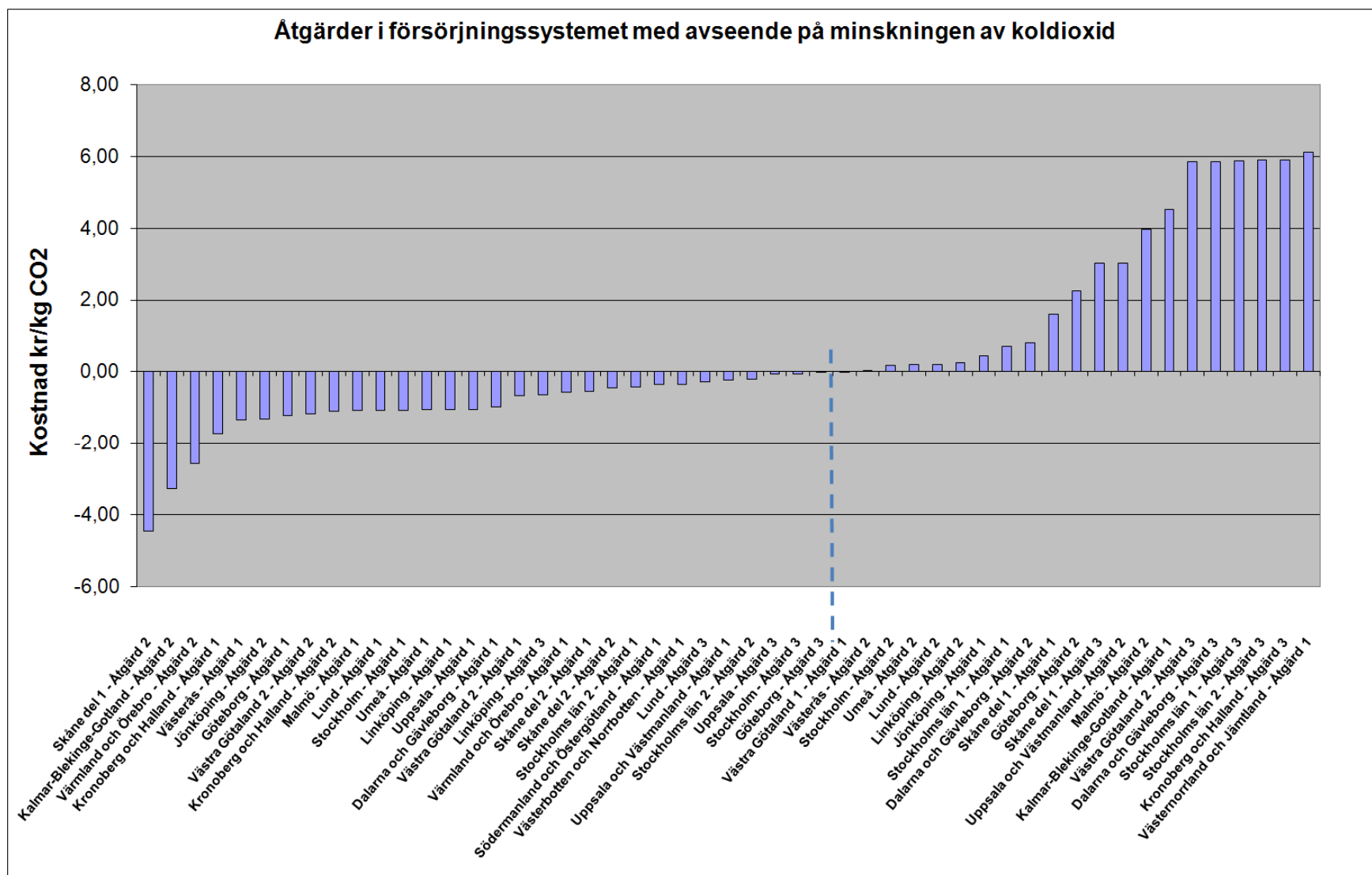
Figur 14: Primärenergi- och koldioxidfaktorn förändras i kommunerna när åtgärder genomförs.



Figur 15: Primärenergi- och koldioxidfaktorn förändras i regionerna då åtgärder genomförs.



Figur 16: Åtgärdspaketet för fjärrvärmenäten i Sverige (regionala och kommunala) sorterade utifrån kostnaden i kr per primärenergi.



Figur 17: Åtgärdsparaten för fjärrvärmenäten i Sverige (regionala och kommunala) sorterat utifrån kostnaden per kg koldioxid.

2.3 "Sverigebilden"

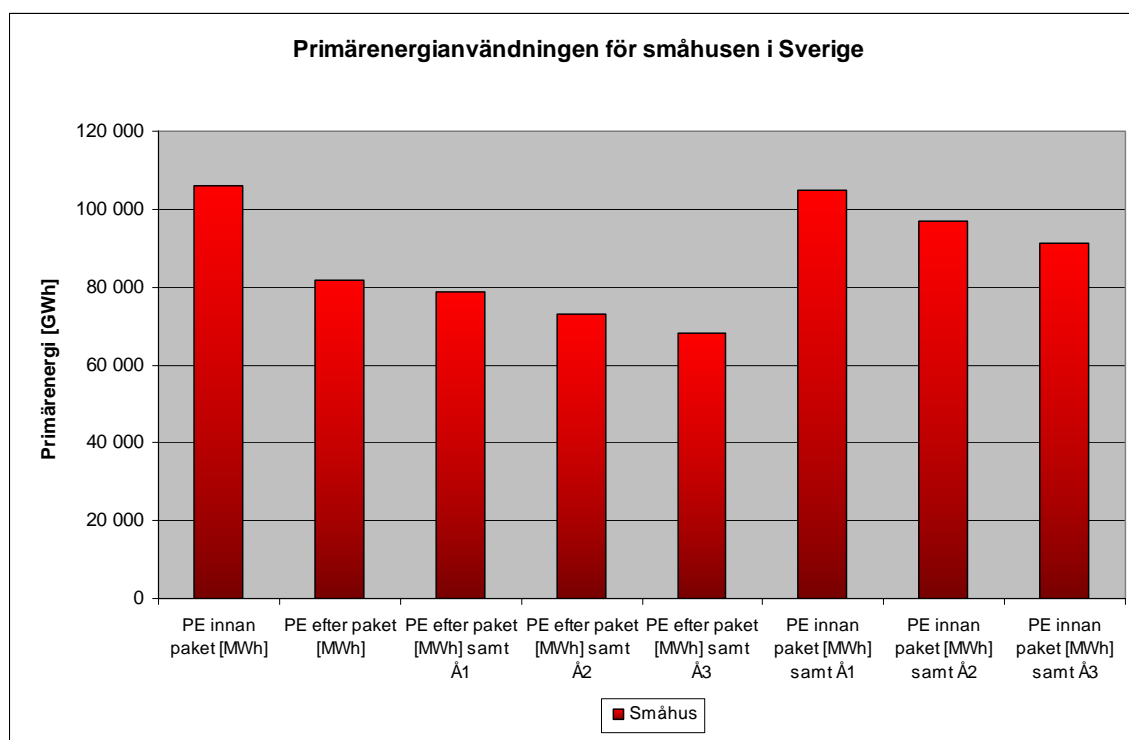
(För detaljer och grafer se också Bilaga G)

I detta avsnitt har vi simulerat ett genomförande av åtgärder med hänsynstagande till att marknaden inte alltid gör det som är lönsamt och ibland gör det som inte ens är lönsamt. Kort sagt att människor betar sig som folk! På detta sätt vill vi se hur stort genomslag man kan antas få av byggnadsåtgärder för sig samt av byggnadsåtgärder och tillförelåtgärder tillsammans. På samma sätt som tidigare redovisas dels primärenergi och dels koldioxidutsläpp. Och i dessa grafer ges den samlade påverkan av uppvärmning och hushållsel.

Simuleringen har gjorts med den marknadsupptagningsbild för byggnadspaketet som visats i avsnitt 1.3.2. Där det antas att vissa människor gör mycket åtgärder och andra inga alls. "Paket" betyder alltså en mix av samtliga paket. Detta är i själva verket en process sträckt över tiden och inget som sker ögonblickligen. Icke desto mindre ger det en nyanserad bild av vad man kan tänkas uppnå i Sverige som helhet. I bilagan G finns en redovisning även på kommun- och regionnivå.

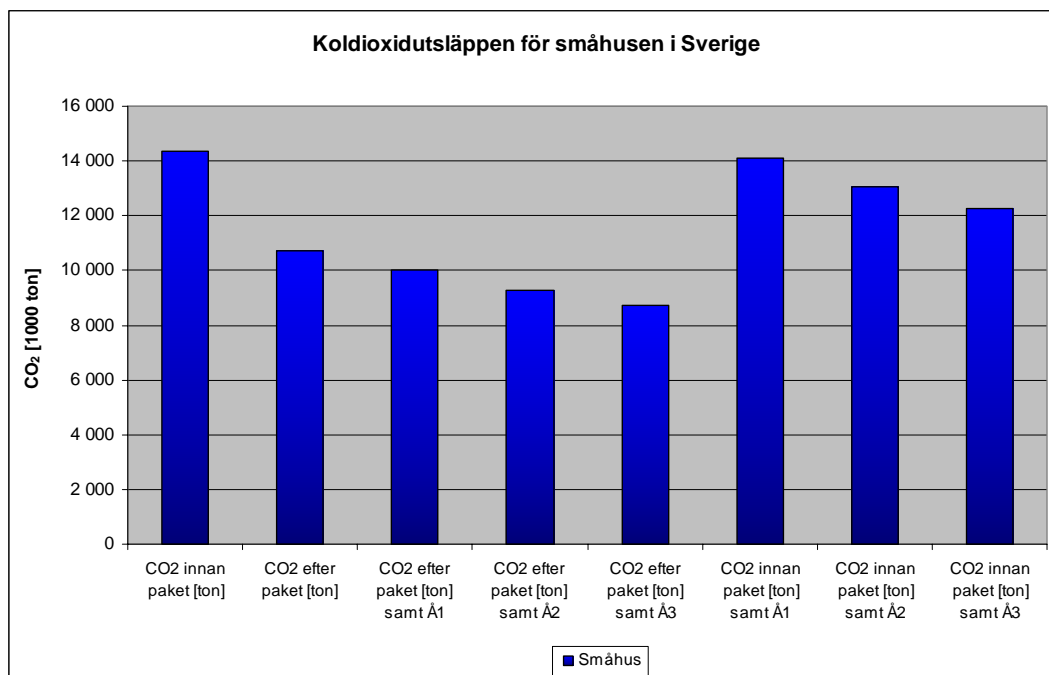
För åtgärd 3 som erbjuder två olika möjligheter (a och b) antas att de genomförs i lika stor grad båda, d.v.s. 50/50.

Småhus



Figur 18: Totala primärenergianvändningen för småhus i Sverige om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

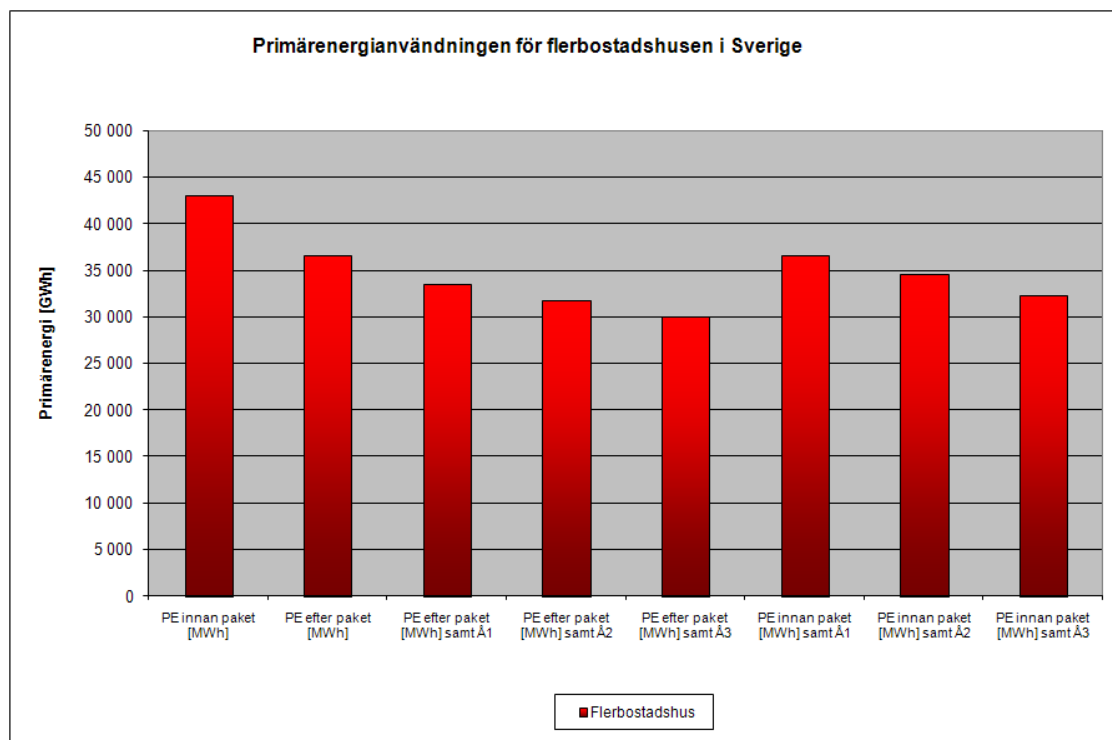
Som det går att utläsa ur figur 17 minskar primärenergianvändningen inte skärskilt mycket då åtgärder genomförs i försörjningen. Anledningen till detta är att andelen småhus uppvärmda med fjärrvärme är låg och därför blir genomslaget av åtgärderna begränsat.



Figur 19: Totala koldioxidutsläppet för småhus i Sverige om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

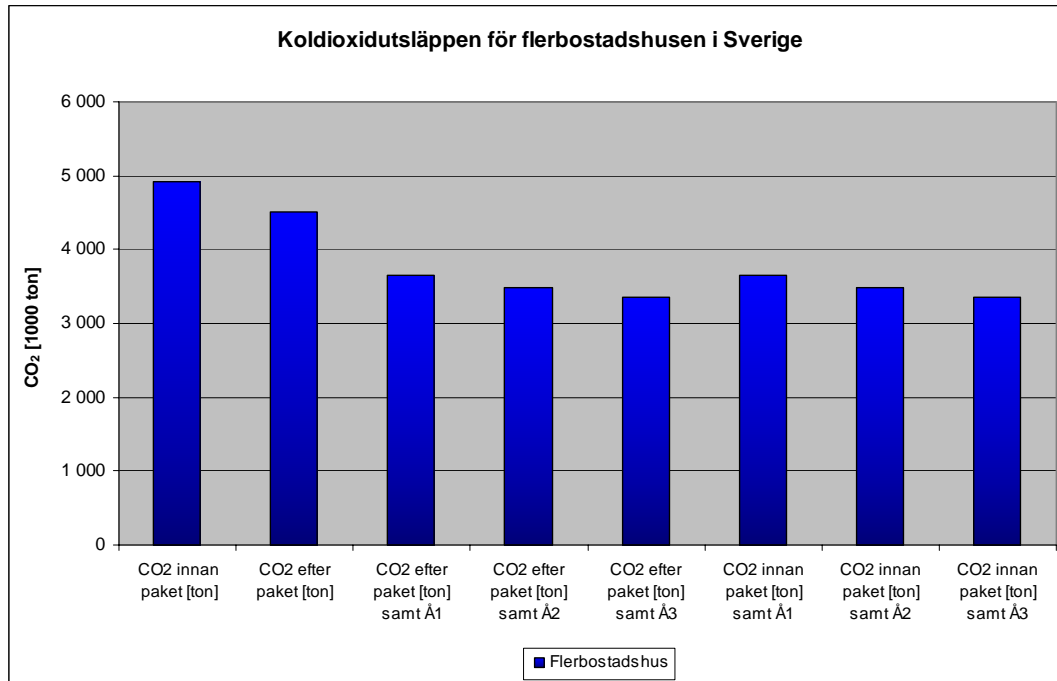
Ur Fel! Hittar inte referenskälla.18 går det att utläsa att minskningen av koldioxidutsläppen är begränsad då åtgärder genomförs i försörjningen och detta är tack vare att andelen småhus uppvärmt med fjärrvärme är liten.

Flerbostadshus



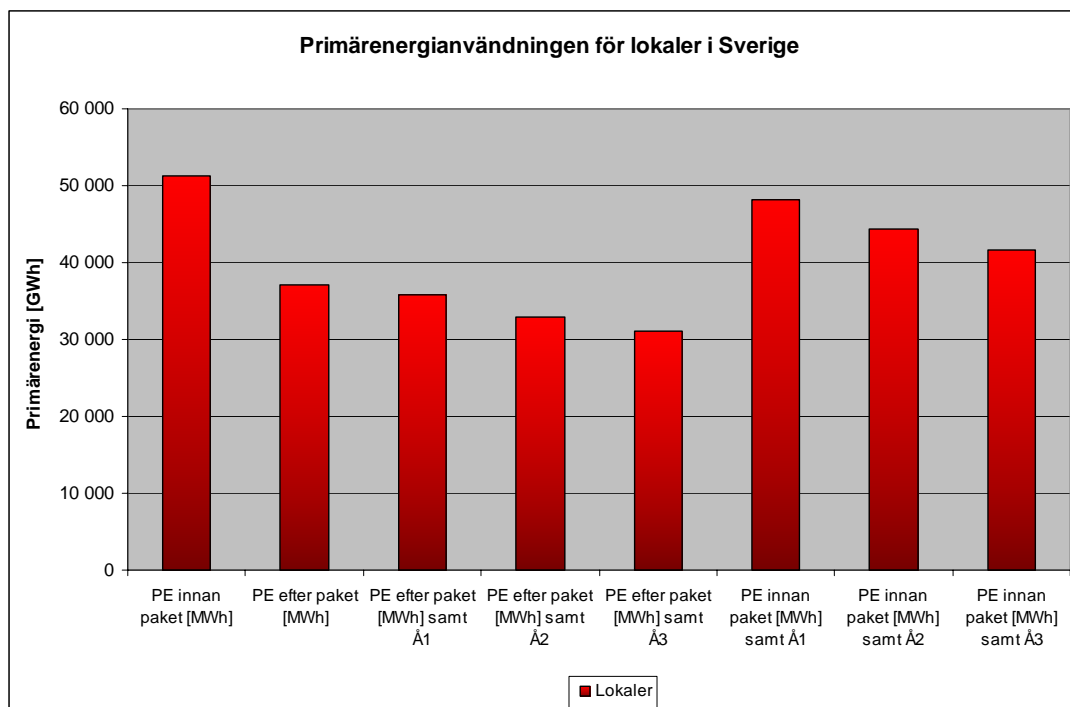
Figur 20: Totala primärenergianvändningen för flerbostadshus i Sverige om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

Till skillnad mot småhusen, blir genomslaget av åtgärder genomförda i försörjningen större för flerbostadshusen. Detta är tack vare att fjärrvärme är det absolut vanligaste sättet att värma upp flerbostadshus i Sverige.



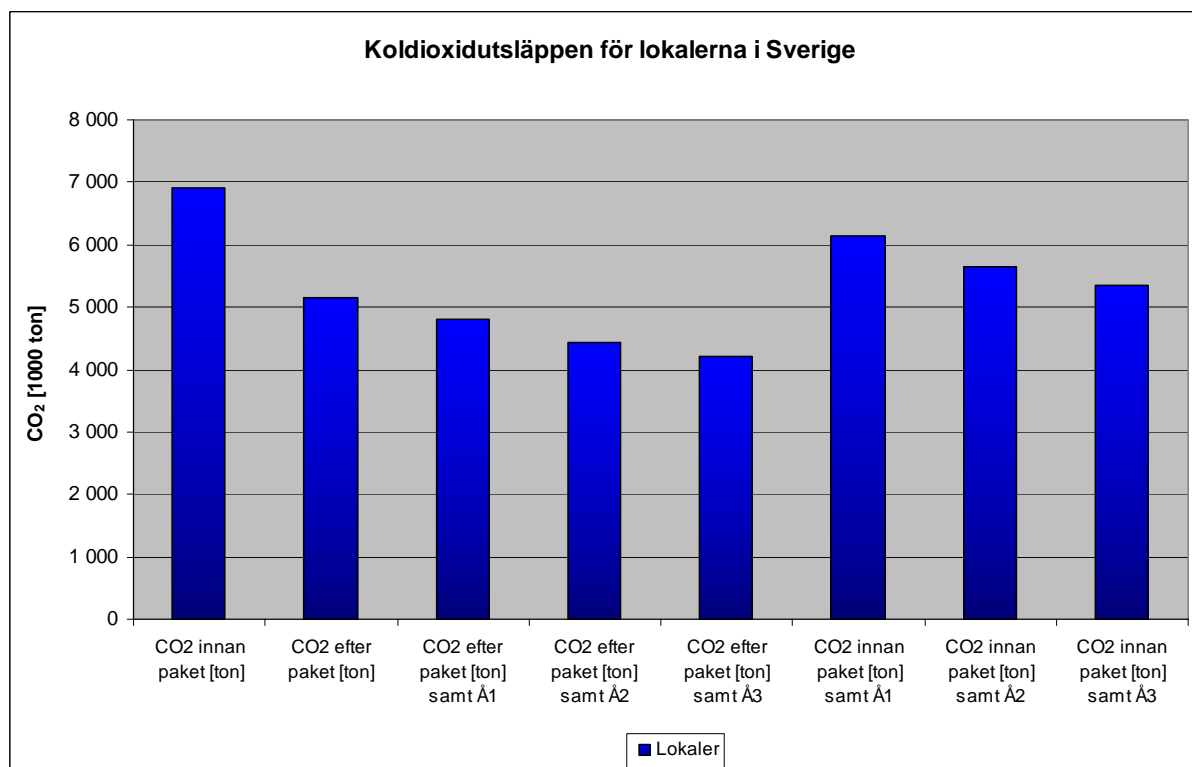
Figur 21: Totala koldioxidutsläppet för flerbostadshus i Sverige om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

Lokaler



Figur 22: Totala primärenergianvändningen för lokaler om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

Som det går att utläsa ur **Fel! Hittar inte referenskälla.**²¹ är genomslaget av åtgärder i fjärrvärmesystemet begränsat och det på grund av den höga elanvändningen i lokalerna samt att fjärrvärme inte är ett dominerade uppvärmningsalternativ.



Figur 23: Totala koldioxidutsläppet för lokaler om olika byggnadstekniska paket och försörjningsåtgärder genomförs.

3. Resultat, Bedömningar och Observationer

Sverige besitter unika möjligheter att påverka utsläppen av koldioxid och utnyttjandet av primärenergi i Europa, genom att på ett strategiskt sätt utnyttja sina möjligheter till utbyggnad av kraftvärme baserat på fjärrvärmeunderlaget. Detta underlag kan ytterligare utökas genom konverteringar och genom utbyggnad/sammankoppling av nät.

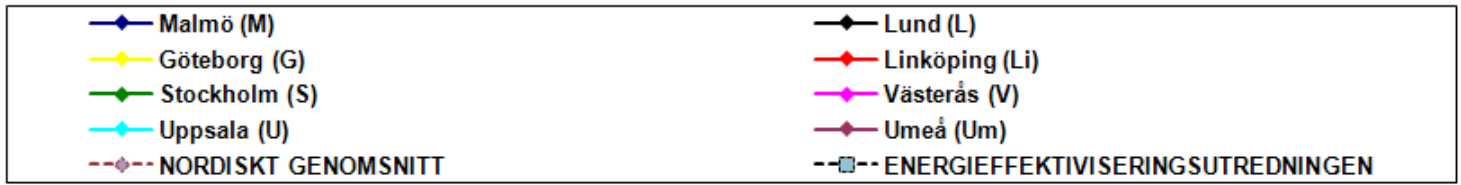
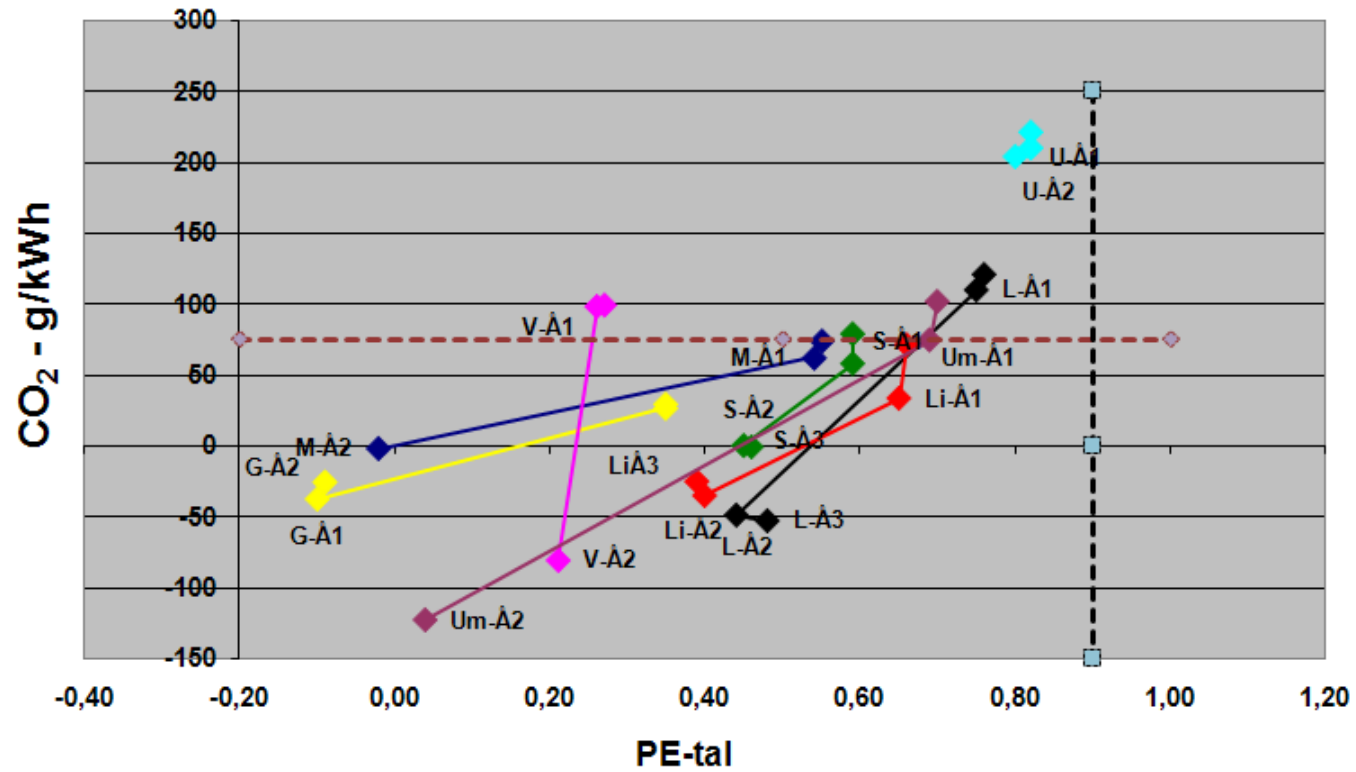
Incitamentet för dem som har ansvar för byggnadsmassan är i större delen av landet starkt när det gäller elvärmde bebyggelse, men det förefaller vara starkare för att konvertera till Värmepump. En sådan konvertering leder emellertid till högre emissioner och större användning av primärenergi än vid en konvertering till fjärrvärme.

3.1. Geografiskt tunga områden

3.1.1 Fjärrvärmesystemen

Storstadsområden med dels större icke-fjärrvärmdda områden och dels outnyttjad kraftvärmekapacitet erbjuder utmärkta möjligheter att minska miljöbelastningen. (se också 2.2.3).

PE och CO₂ för de 8 kommunernas fjärrvärmenät



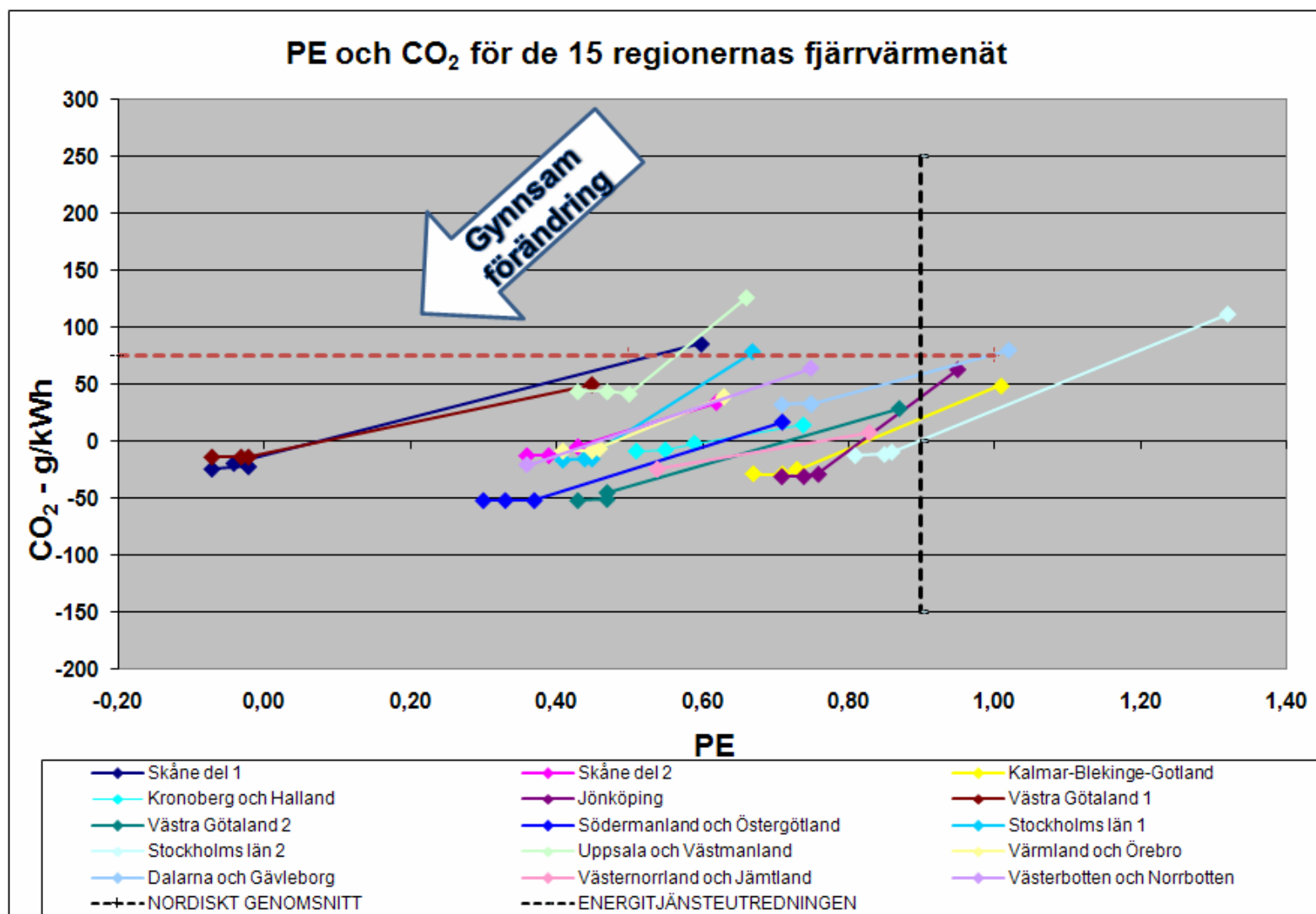
Figur 24: Förändringarna för faktorerna (primärenergi och koldioxid) när åtgärder genomförs i fjärrvärmenäten.

Sett enbart till åtgärderna i försörjningen, och under förutsättning att man kan kreditera dem för den möjlighet till minskad produktion med Europeisk marginell elproduktion som de erbjuder, har "åtgärdspaket 2" stora fördelar till följd av kraftvärmeuppbyggnaden.

I bilderna har lagts in de nivåer som gäller för nordiskt genomsnitt av koldioxidutsläpp från elproduktion (enligt Elforsk "Miljövärdering av elanvändning") och Energieffektiviseringsutredningen gräns för Primärenergi för fjärrvärme.

Tabell 17: PE-talsförändring och CO₂-förändring (g/kWh) i de olika kommunerna och regionerna vid olika åtgärdspaket.

	PE				CO ₂			
	Start	Efter A1	Efter A2	Efter A3	Start	Efter A1	Efter A2	Efter A3
Malmö	0,55	0,54	-0,02		74	62	-2	
Lund	0,76	0,75	0,44	0,48	121	110	-49	-53
Göteborg	0,35	0,35	-0,1	-0,09	29	26	-38	-26
Linköping	0,66	0,65	0,4	0,39	71	33	-36	-26
Stockholm	0,59	0,59	0,45	0,46	79	58	0	-1
Västerås	0,27	0,26	0,21		99	98	-81	
Uppsala	0,82	0,82		0,8	221	210		204
Umeå	0,7	0,69	0,04		101	74	-123	
Skåne del 1	0,6	-0,04	-0,02	-0,07	86	-19	-22	-24
Skåne del 2	0,62	0,43	0,39	0,36	34	-5	-13	-13
Kalmar-Blekinge-Gotland	1,01	0,73	0,71	0,67	49	-25	-29	-29
Kronoberg och Halland	0,74	0,59	0,55	0,51	14	-2	-8	-9
Jönköping	0,95	0,76	0,74	0,71	63	-29	-31	-31
Västra Götaland 1	0,45	-0,02	-0,03	-0,07	50	-14	-14	-14
Västra Götaland 2	0,87	0,47	0,47	0,43	29	-45	-51	-52
Södermanland och Östergötland	0,71	0,37	0,33	0,3	17	-52	-52	-52
Stockholms län 1	0,67	0,44	0,45	0,41	79	-15	-15	-16
Stockholms län 2	1,32	0,86	0,85	0,81	112	-9	-11	-12
Uppsala och Västmanland	0,66	0,5	0,47	0,43	126	42	44	44
Värmland och Örebro	0,63	0,46	0,45	0,41	39	-6	-8	-8
Dalarna och Gävleborg	1,02	0,75	0,75	0,71	80	32	33	32
Västernorrland och Jämtland	0,83	0,54	0,54		8	-24	-24	
Västerbotten och Norrbotten	0,75	0,36			64	-21		



Figur 25: Förändringarna för faktorerna (primärenergi och koldioxid) när åtgärder genomförs i fjärrvärmenäten.

3.1.2. Byggnaderna

För byggnadsåtgärder jämförs de båda grupperna kommuner och regioner inbördes med avseende på hur ett totalt genomförande av de olika åtgärds paketerna (1-3) var för sig skulle leda till minskningar i behovet av primärenergi och koldioxidutsläpp.

I följande redovisning har tagits upp de följderna av de möjliga förändringarna i byggnader av olika slag. Den procentuella jämförelsen avser endast uppvärmning (eftersom inga betydande förändringar antas sker i fråga om hushålls- och verksamhetsel) samt under förutsättning att all bebyggelse genomför åtgärderna. Detta ger alltså en uppfattning om den totala potentialen av förändringarna, vilken alltså är betydande.

För att se vilka regioner och vilka paket som har störst potentiellt genomslag har en klassificering gjorts i tabellerna som följer:

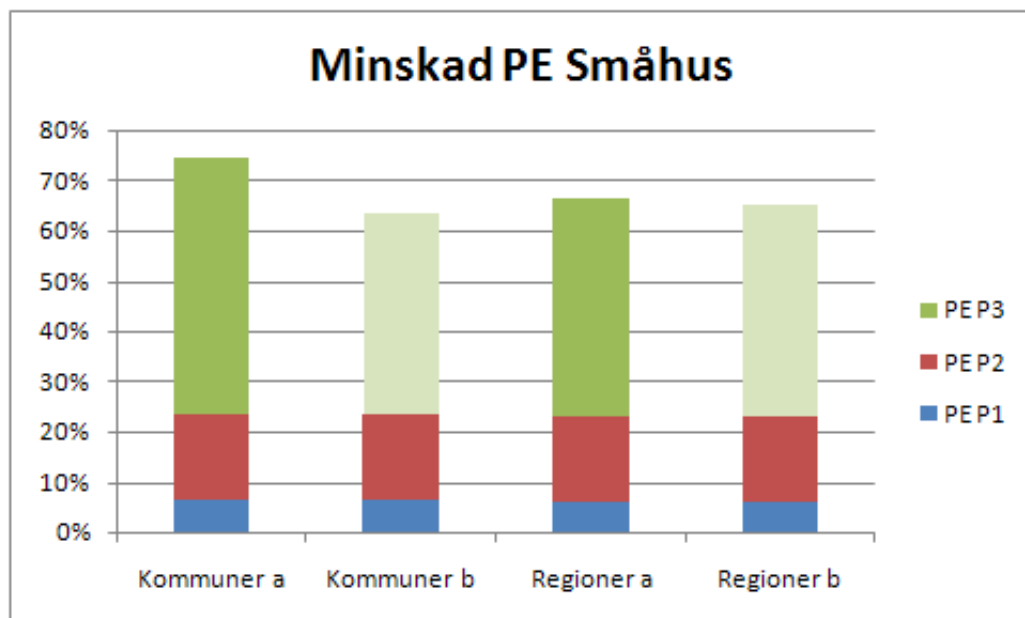
- **Markant** då minskningen i en kommun/region motsvarar mer än 10 % av hela den berörda gruppens (kommuner/regioner)minskning
- **Tydlig** då minskningen är mer än 5 %
- **Märkbar** då minskningen är mer än 3 %

Småhus

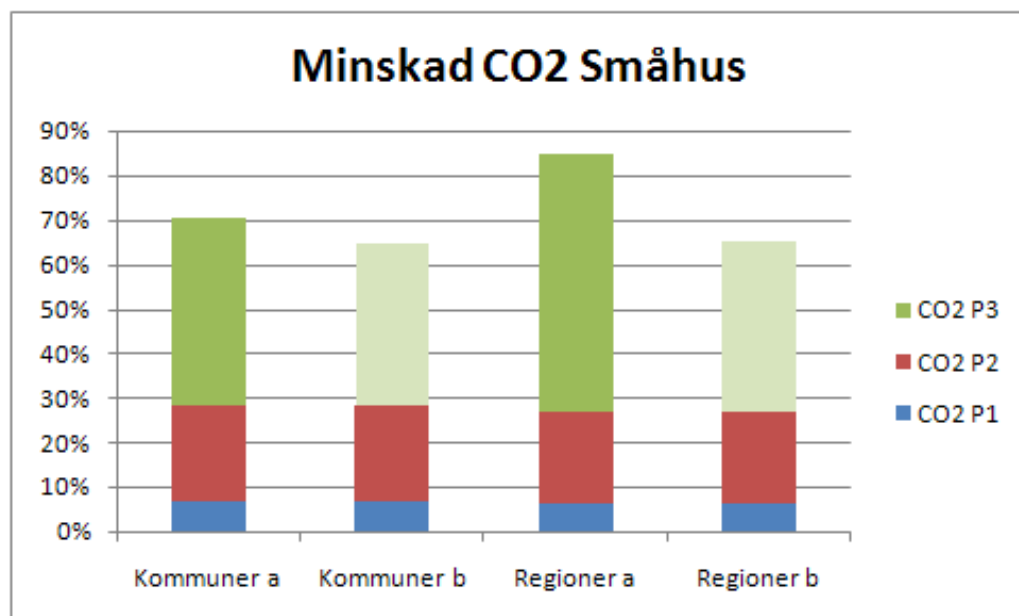
Tabell 18: Påverkan av olika paket för småhus ifråga om minskningar av primärenergin och koldioxidutsläppen.

	PE P1	PE P2	PE P3a	PE 3b	CO ₂ P1	CO ₂ P2	CO ₂ P3a	CO ₂ P3b
Malmö	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Märkbar	Märkbar
Lund	--	--	--	--	--	--	--	--
Göteborg	--	Märkbar	Markant	Tydlig	--	Tydlig	Markant	Tydlig
Linköping	--	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--
Stockholm	--	Märkbar	Markant	Markant	--	Märkbar	Markant	Markant
Uppsala	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	--	Märkbar
Västerås	--	--	Märkbar	--	--	--	--	--
Umeå	--	--	Tydlig	Märkbar	--	--	Märkbar	Märkbar
Skåne del 1	--	--	--	--	--	--	--	--
Skåne del 2	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Tydlig	Märkbar
Kalmar-Blekinge-Gotland	--	--	--	--	--	--	Märkbar	--
Kronoberg och Halland	--	--	--	--	--	--	Märkbar	--
Jönköping	--	--	--	--	--	--	--	--
Västra Götaland 1	--	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--
Västra Götaland 2	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Tydlig	Märkbar
Södermanland och Östergötland	--	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--
Stockholms län 1	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Märkbar	Märkbar
Stockholms län 2	--	--	--	--	--	--	--	--
Uppsala och Västmanland	--	--	--	--	--	--	--	--
Värmland och Örebro	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Märkbar	--
Dalarna och Gävleborg	--	--	--	Märkbar	--	--	Märkbar	--
Västernorrland och Jämtland	--	--	--	--	--	--	Märkbar	--
Västerbotten och Norrbotten	--	--	Märkbar	Märkbar	--	--	Märkbar	Märkbar

Paket 3 har olika utförande (a och b) vilka skiljer sig från varandra genom i hur hög grad de fordrar insats av el för att återvinna värme. Detta påverkar den totala potentialen och i vissa fall är skillnaden mycket markant. Med potential menas att paketen genomförts till 100 % i alla fall där det är tekniskt möjligt.



Figur 26: Förändringar av primärenergieanvändningen för småhus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

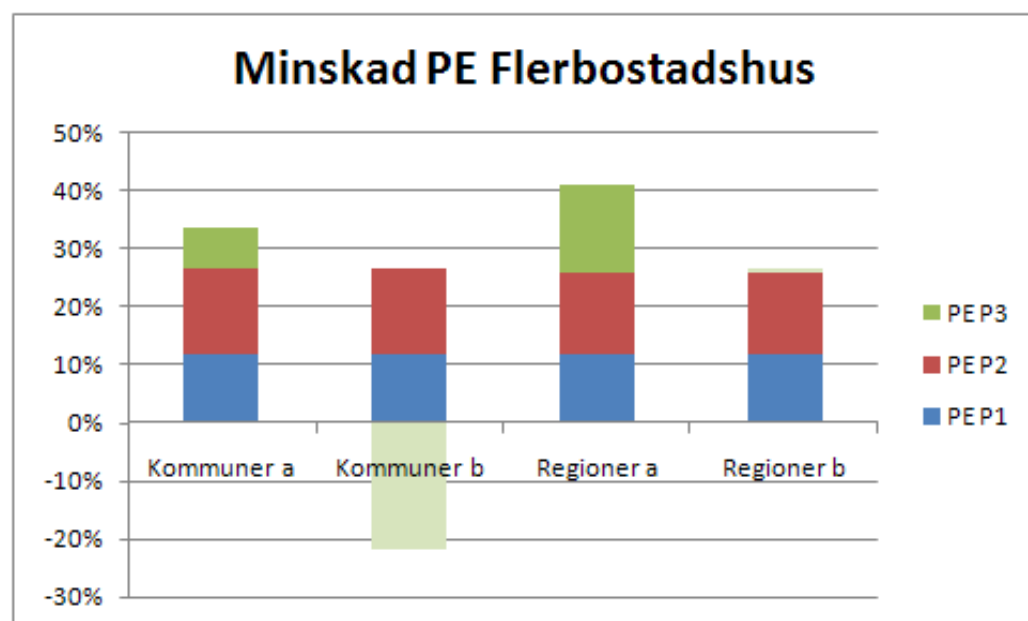


Figur 27: Förändringarna av koldioxidutsläppen för småhus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

Flerbostadshus

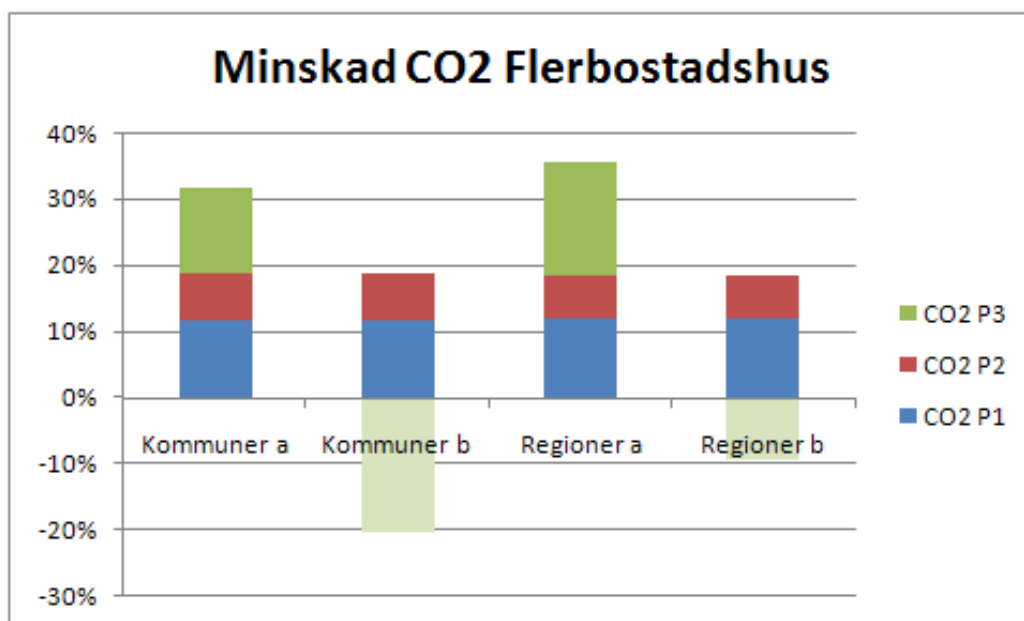
Tabell 19: Påverkan av olika paket för flerbostadshus ifråga om minskningar av primärenergien och koldioxidutsläppen.

	PE P1	PE P2	PE P3a	PE 3b	CO ₂ P1	CO ₂ P2	CO ₂ P3a	CO ₂ P3b
Malmö	--	--	--	--	--	--	--	--
Lund	--	--	--	--	--	--	--	--
Göteborg	--	--	--	--	--	--	--	--
Linköping	--	--	--	--	--	--	--	--
Stockholm	Märkbar	Tydlig	--	--	Märkbar	--	Märkbar	--
Uppsala	--	--	--	--	--	--	Märkbar	Märkbar
Västerås	--	--	--	--	--	--	--	--
Umeå	--	--	--	--	--	--	--	--
Skåne del 1	--	--	--	--	--	--	Tydlig	Märkbar
Skåne del 2	--	--	--	--	--	--	--	--
Kalmar-Blekinge-Gotland	--	--	--	--	--	--	--	--
Kronoberg och Halland	--	--	--	--	--	--	--	--
Jönköping	--	--	--	--	--	--	--	--
Västra Götaland 1	--	--	--	--	--	--	--	--
Västra Götaland 2	--	--	--	--	--	--	--	--
Södermanland och Östergötland	--	--	--	--	--	--	--	--
Stockholms län 1	--	Märkbar	--	--	--	--	Märkbar	--
Stockholms län 2	--	--	--	--	--	--	--	--
Uppsala och Västmanland	--	--	--	--	--	--	--	--
Värmland och Örebro	--	--	--	--	--	--	--	--
Dalarna och Gävleborg	--	--	--	--	--	--	--	--
Västernorrland och Jämtland	--	--	--	--	--	--	--	--
Västerbotten och Norrbotten	--	--	--	--	--	--	--	--



Figur 28: Förändringar av primärenergianvändningen för flerbostadshus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

I detta fall syns skillnaden mellan de olika paketen a och b som tydligast genom att det mest elkrävande alternativet leder till en ökad användning av primärenergi och ökade utsläpp av koldioxid.

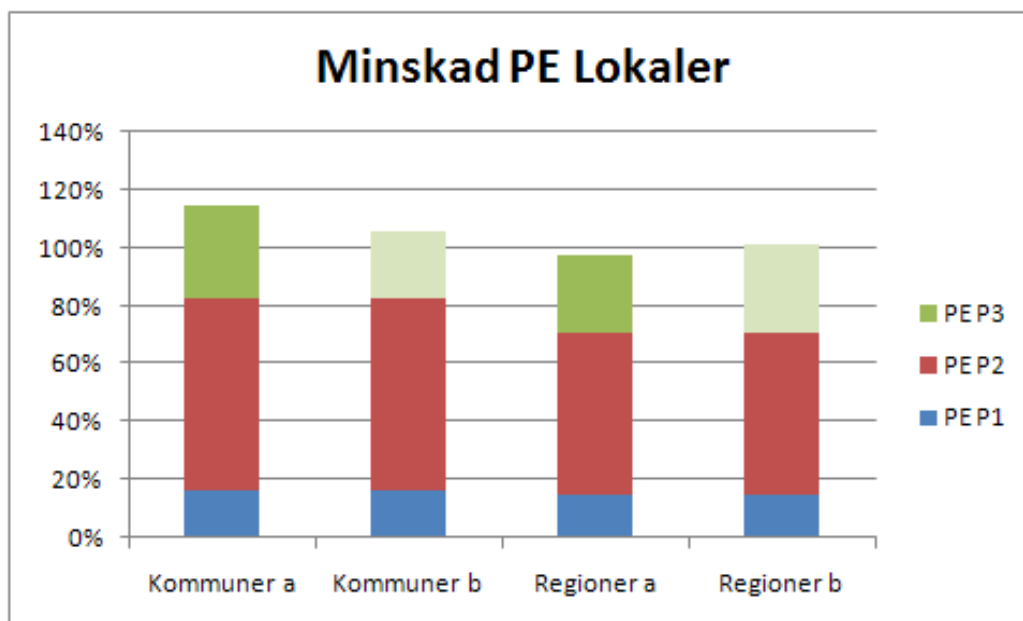


Figur 29: Förändringar av koldioxidutsläppen för småhus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

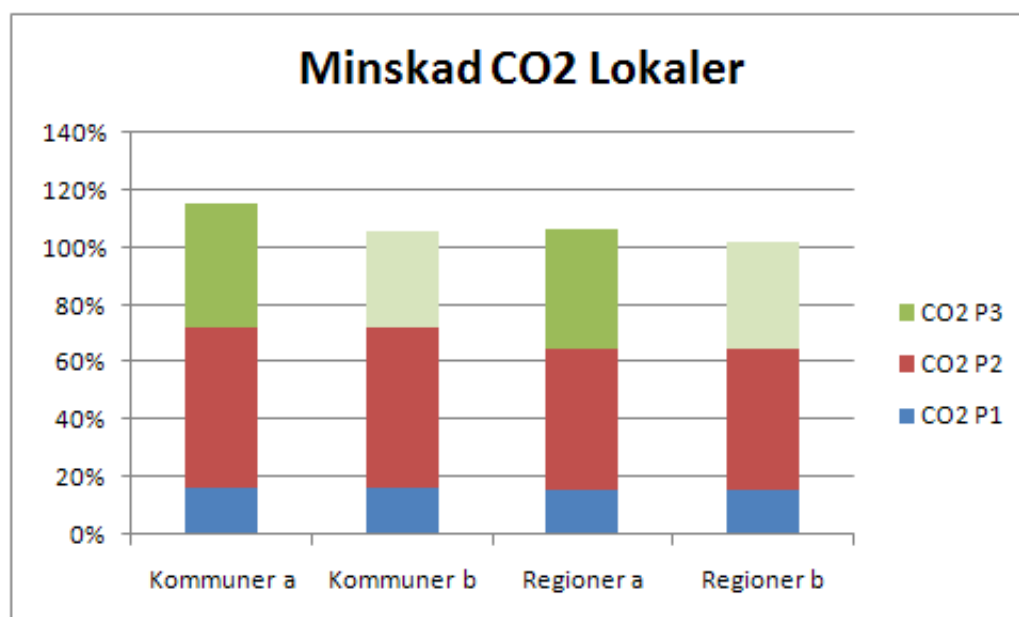
Lokaler

Tabell 20: Påverkan av olika paket för lokaler ifråga om minskningar av primärenergien och koldioxidutsläppen.

	PE P1	PE P2	PE P3a	PE 3b	CO ₂ P1	CO ₂ P2	CO ₂ P3a	CO ₂ P3b
Malmö	--	Tydlig	Märkbar	--	--	Tydlig	Märkbar	--
Lund	--	--	--	--	--	--	--	--
Göteborg	--	Markant	Tydlig	--	--	Tydlig	Tydlig	--
Linköping	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	--
Stockholm	Tydlig	Markant	Markant	Markant	Tydlig	Markant	Markant	Markant
Uppsala	--	Tydlig	--	--	--	Märkbar	Märkbar	Tydlig
Västerås	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	--
Umeå	--	Märkbar	--	Märkbar	--	Märkbar	Märkbar	Tydlig
Skåne del 1	--	--	--	--	--	--	--	--
Skåne del 2	--	Märkbar	--	--	--	--	--	--
Kalmar-Blekinge-Gotland	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	Märkbar
Kronoberg och Halland	--	--	--	--	--	--	--	--
Jönköping	--	--	--	--	--	--	--	--
Västra Götaland 1	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	--
Västra Götaland 2	--	Märkbar	--	Märkbar	--	Märkbar	Märkbar	Märkbar
Södermanland och Östergötland	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	--
Stockholms län 1	--	Markant	Tydlig	Tydlig	Märkbar	Markant	Tydlig	Tydlig
Stockholms län 2	--	--	--	--	--	--	--	--
Uppsala och Västmanland	--	Märkbar	--	--	--	Märkbar	--	--
Värmland och Örebro	--	--	--	--	--	--	--	--
Dalarna och Gävleborg	--	Märkbar	--	--	--	--	--	Märkbar
Västernorrland och Jämtland	--	--	--	--	--	--	--	--
Västerbotten och Norrbotten	--	Märkbar	--	Märkbar	--	Märkbar	Märkbar	Märkbar



Figur 30: Förändringar av primärenergianvändningen för flerbostadshus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

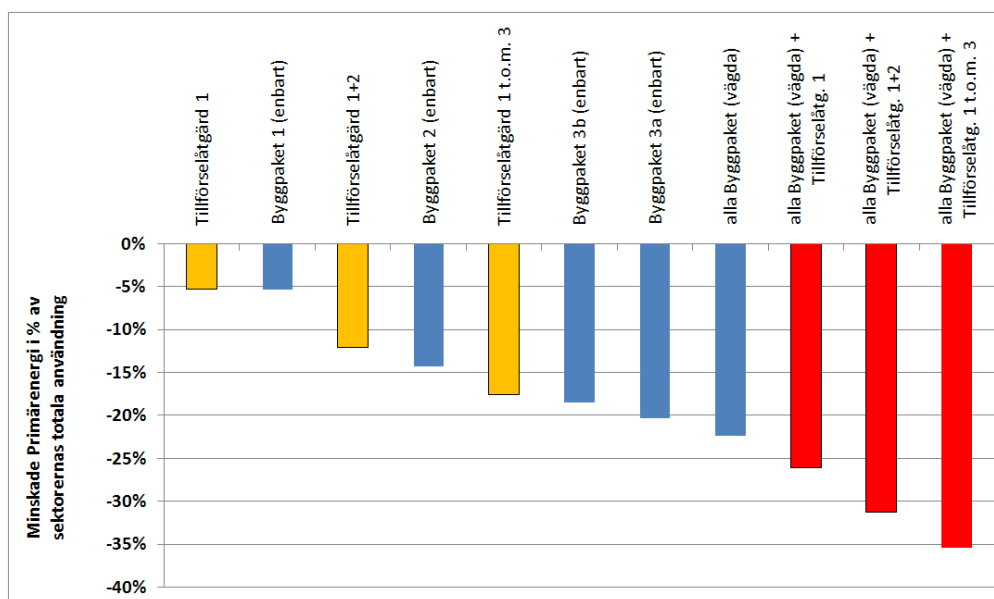


Figur 31: Förändringar av koldioxidutsläppen för flerbostadshus. Kommuner a innebär att paket 3a har genomförts och kommuner b innebär att paket 3b har genomförts.

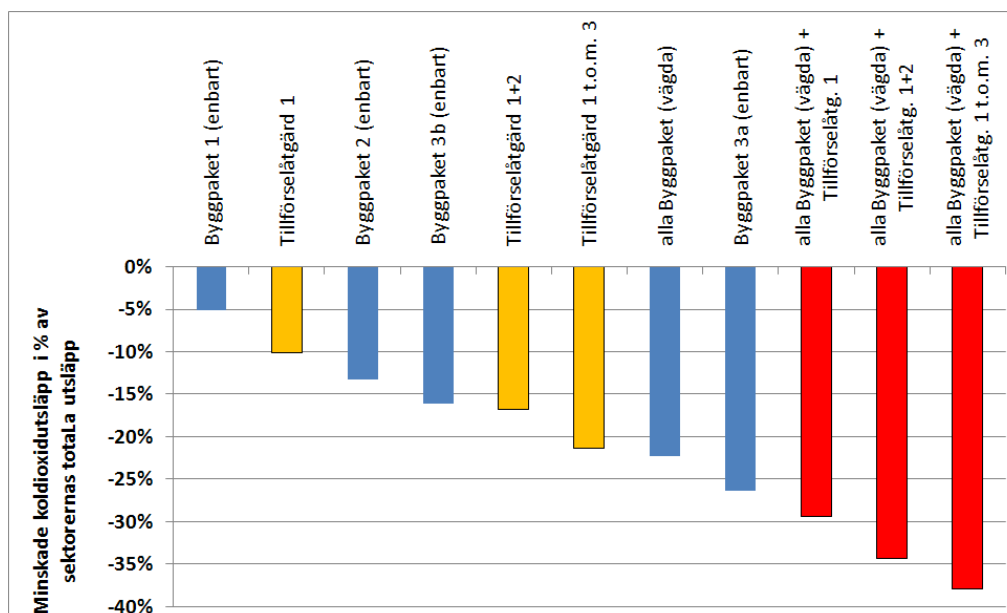
3.2 Tillförselteknik och byggnadsåtgärder i kombination

Alla de åtgärder som kan vidtas påverkar varandra och de kan inte adderas samman. I detta avsnitt vill vi emellertid visa hur de förhåller sig storleksmässigt till varandra när de ses i relation till hela behovet för uppvärmning och drift i boende och i lokaler.

- Gula staplar visar tillförselåtgärder,
- Blåstaplar visar byggnadsåtgärder dels enskilt för varje paket och dels sammanvägt med hänsyn till marknadens upptagning (acceptans) enligt den modell vi använt
- Röda staplar visar kombinationer av byggnadspaket och tillförselåtgärder



Figur 32: Kombinationer av åtgärder i försörjningen och paket i byggnaderna. Minskad primärenergi.



Figur 33: Kombinationer av åtgärder i försörjningen och paket i byggnaderna. Minskade koldioxidutsläpp.

De ekonomiska incitamenten är för de flesta åtgärder, utöver de allra enklaste, svaga vilket indikerar att om man verkligen vill ha ett omfattande genomslag av åtgärderna behövs någon form av kompletterande styrmedel. Detta kan särskilt avse möjligheten att utnyttja tillfällen då byggnader samtidigt genomgår renovering av skäl som inte i första hand hänger samman med energi utan med underhåll, med ändring av verksamhet eller med upprustning.

Byggnadsdeklarationerna kan vara en utgångspunkt för att hjälpa, särskilt ägare av småhus och mindre fastigheter, att förstå, kalkylera och genomföra åtgärder.

3.3 Incitament som kan antas framkalla/motverka förändringarna

Det är påtagligt att de ekonomiska incitamenten för användaren av energi är små att vidta de förändringar som här noterats. Än mindre blir det ekonomiska incitamentet när användare och ägare inte är samma person eller när avtalen dem emellan inte vidarebefordrar den ekonomiska fördelen av en investering till den som är betalningsansvarig.²⁵

Ifråga om värmeförsörjning uppstår problemet i samband med att man tecknar hyresavtal där värmen ingår (varmhyra) och brukaren inte har något incitament att iaktta sparsamhet eller värmen inte ingår (kallhyra) och då fastighetsägaren saknar incitament att förbättra fastigheten.

Ett helt övergripande incitamentsproblem är emellertid hur de stora fördelar som kan uppnås genom systemeffekterna i det Europeiska elsystemet kan återföras till Sverige respektive de energikunder vars aktivitet gör det möjligt att minska behovet av primärenergi och minska utsläppen av koldioxid. I den mån det handlar om att utnyttja fjärrvärmens värmeunderlag för att producera el är det enklare och handlar om prissättning och/eller avtal mellan värmeleverantören och köpare.

3.4 Policyrelevans

Som framgår av beräkningarna har Sverige en stor tillgång i sin utbyggda och utvecklingsbara fjärrvärme å ena sidan och i möjligheten att konvertera elvärmde bebyggelse å den andra. Båda kan påverka både Europas möjligheter att uppnå globala målsättningar och Sverige att ta sin andel av dessa målsättningar.

²⁵ Så kallat split-incentive eller "Principal Agent problem", se också [Mind the Gap](#) -- *Quantifying Principal-Agent Problems in Energy Efficiency*.- utgiven av IEA.

Det finns dock ingen automatik i att utnyttja möjligheterna. Marknaden är koncentrerad på köpt energi och fordrar att priserna sätts på ett sådant sätt att kunderna får del av de fördelar som uppnås i t.ex. ökad kraftvärmeproduktion.

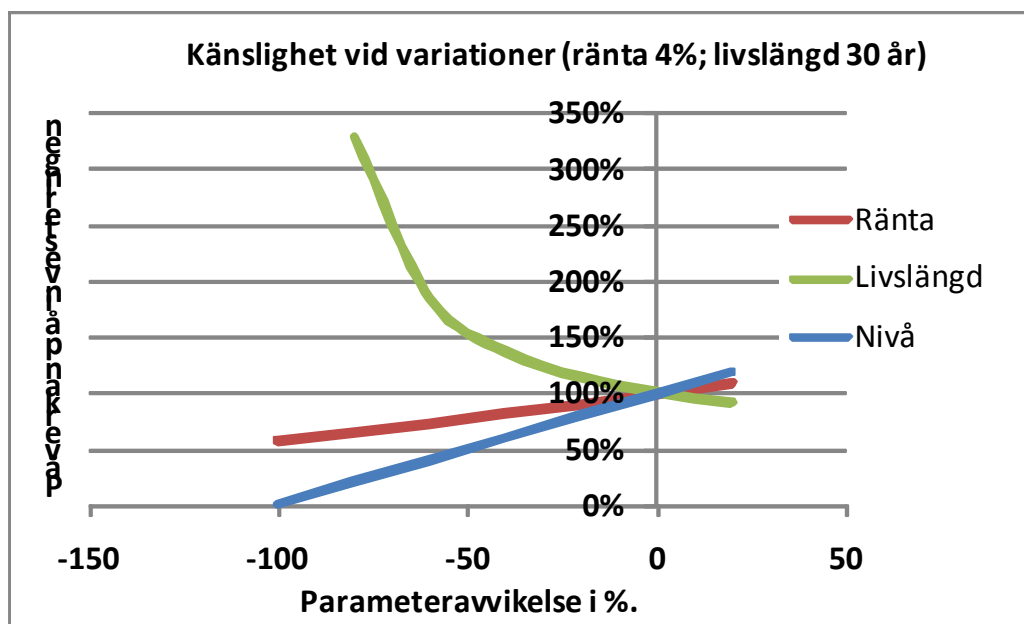
Det fordras annars att marknadens villkor anpassas t.ex. i de klimatförhandlingar som äger rum och så att svenska aktörer kan krediteras för effekterna i det Europeiska systemet. Detta är a priori inte en ekonomisk fråga utan en fråga för hur mellanstatliga överenskommelser utformas och hur t.ex. utsläppsrätter fördelas och prissätts.

Möjligheterna är dock av en sådan magnitud, 10 Mton CO₂, att de borde övervägas i klimatförhandlingarna.

4. Kritisk granskning

4.1 Känslighetsanalys

Många av åtgärderna kräver investeringar som, för att vara intressanta för användaren, skall kunna betalas med minskade driftkostnader.



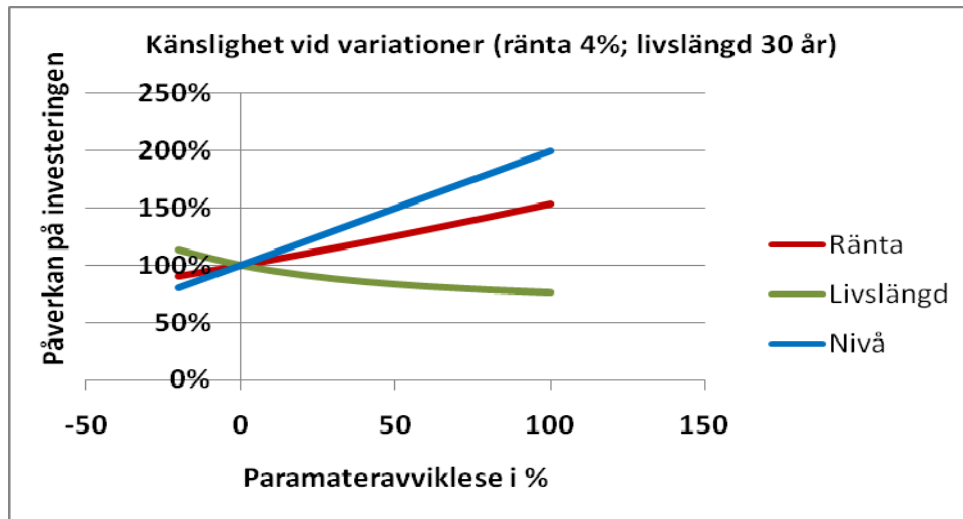
Figur 34: Känslighet för parametervariationer där ränta, livslängd och investeringsnivå är mindre än vad som antagits

I beräkningarna har realräntan ansatts till 4 %²⁶ och det förefaller inte troligt att den kan minska särskilt mycket. Livslängderna är 30 år för byggnadstekniska lösningar och för värmeproduktion samt 15 år för värmepumpar. Dessa är troligen inte heller överskattade men däremot kan man behöva vara varsam på livslängden i byggnader där man kan befara att byggnadens funktion kan ändras under den antagna livslängden.

²⁶ 6 % ränta och 2 % inflation.

Nivån i investeringarna kan i två fall antas vara lägre än de som antagits:

- När åtgärder utförs i samband med planerat underhåll och/eller större renoveringar och samkostnaderna fördelas på flera poster
- När åtgärder "industrialiseras" och blir föremål för teknikutveckling på sätt som t.ex. "lärkurvorna" visar. Detta kan bero på både produktutveckling och på kompetensutveckling hos företagen som utför arbetet.



Figur 35: Känslighet för parametervariationer där ränta, livslängd och investeringsnivå är större än vad som antagits

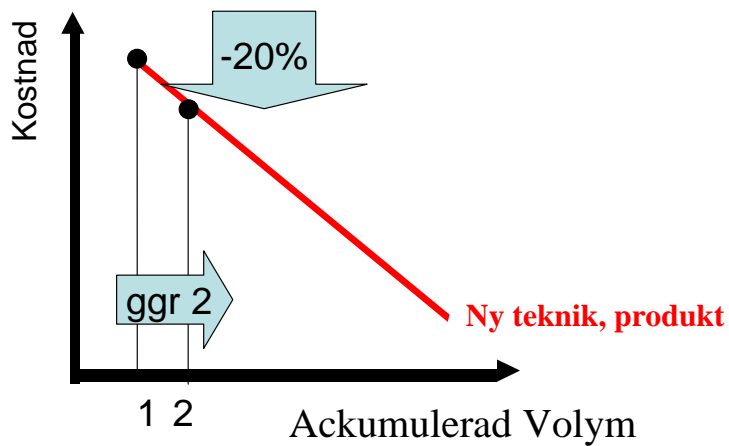
För enstaka åtgärder kan man tänkas sig att de antagna livslängderna är längre än vad som antagits. En av dessa är isolering.

De paket som använts i beräkningarna kan givetvis sättas samman på annat sätt vilket också kan påverka investeringsnivå och livslängd

4.2 Möjliga pris- och prestandaförändringar

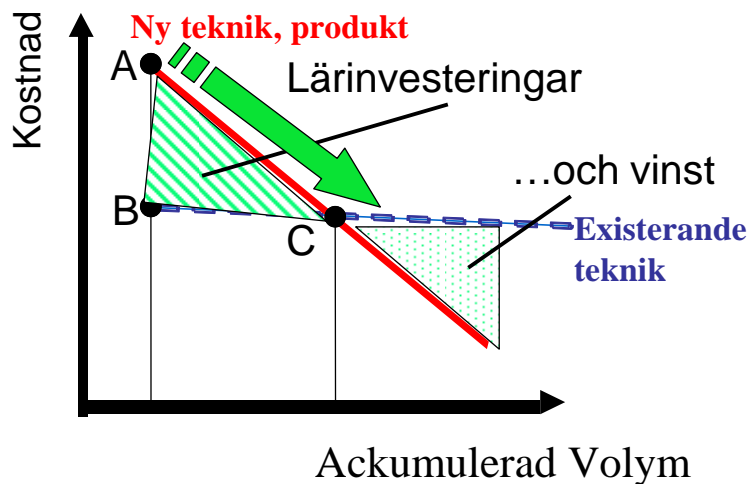
En aspekt på marknaden är dess förmåga till lärande och utveckling när en process kommit igång och som brukar beskrivas i den s.k. "lärkurvan". Ny effektivare teknik är ofta dyr när den kommer ut på marknaden. Men när efterfrågan ökar blir tekniken billigare. Detta innebär att företagen satsar på att utveckla sina produkter, nya företag med ännu bättre idéer attraheras till området, nya kunder lockas av nyheterna och förbättrade prestanda och priser. Industrins "lärproun" är igång. (En tumregel är att för varje fördubbling av marknadens ackumulerade volym så minskar kostnaderna med 20 %.²⁷

²⁷ Experience Curves for Energy Technology Policies. OECD/IEA. Paris 2000.
<http://www.iea.org/textbase/nppdf/free/2000/curve2000.pdf>



Figur 36, lärlkurva (När diagrammet ritas i dubbellogaritmisk form blir detta en rät linje)

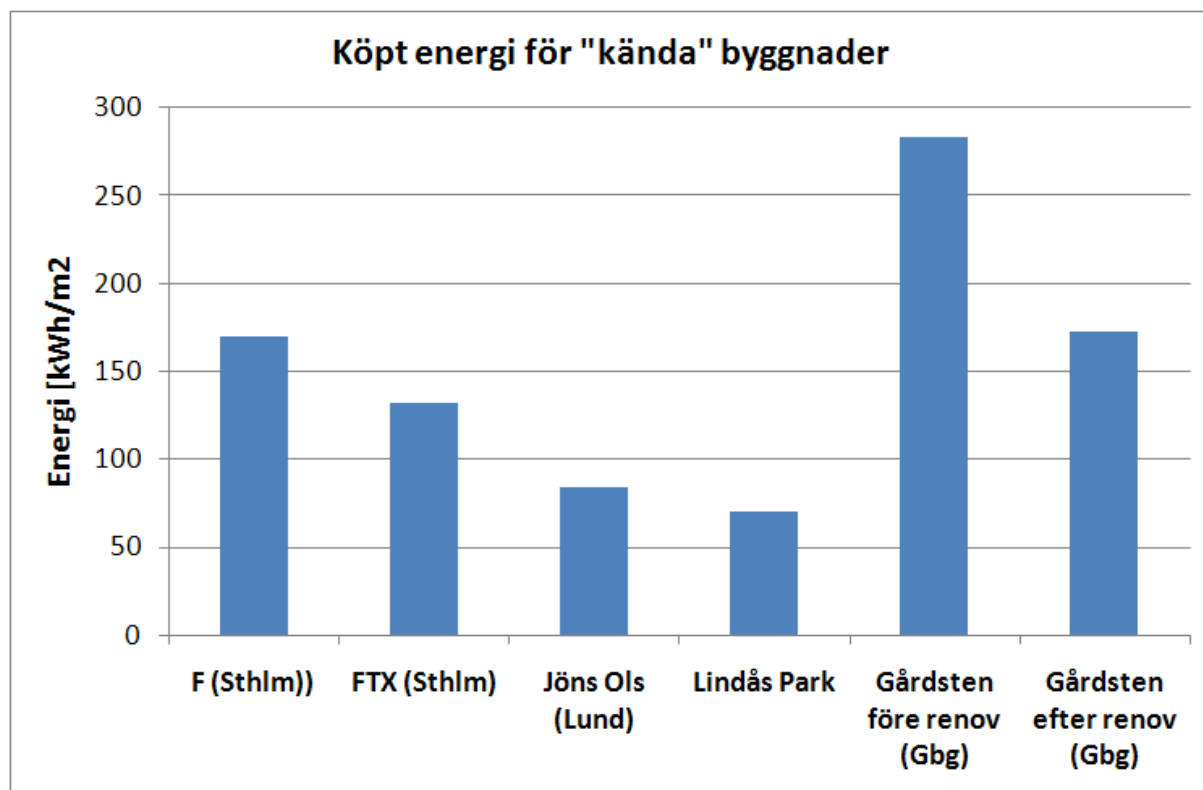
Men någon måste starta processen! För att tekniken ska kunna etablera sig behövs att någon betalar mellanskillnaden. Man måste finna den s.k. *nischmarknaden*. Det är här den offentliga sektorn har en stor potential som *beställare*. Vi har många exempel historiskt, inte minst i Sverige, på att teknikupphandlingar har fungerat bra (kylskåp, tvättmaskiner). Men det finns också många privata beställare som kan utgöra en betydande del av den nischmarknad som startar processen och ser till att de lärinvesteringar görs som senare resulterar i vinst för de nya produkterna.



Figur 37: Lärlinvesteringar (Experience Curves for Energy Technology Policies. OECD/IEA. Paris 2000.)

4.4 Applicerbarhet i förhållande till tidigare studier.

I slutrapporten från Energisamverkan etapp 1 gjordes en jämförelse mellan resultatet från studiens flerbostadshus och några kända bostadsprojekt utifrån uppmätta värden. Dessa värden viktades sedan med de generella faktorerna för primäre energi och för koldioxidutsläpp. Samma byggnader jämförs här på nytt, men nu med ortsspecifika viktningsfaktorer.



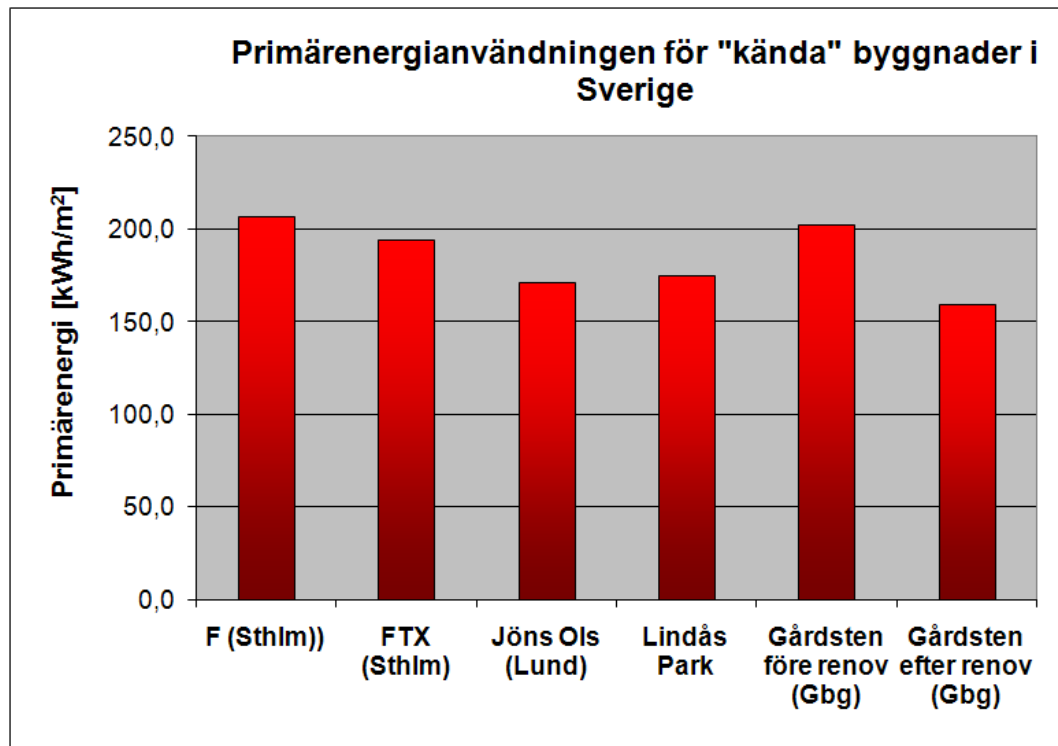
Figur 38: Skillnaden i köpt energi för ett antal kända byggnader i Sverige. Dessa byggnader var med som jämförelse i energisamverkan etapp 1

	Värme			El
	Stockholm	Lund	Göteborg	Generellt
PE-faktor	0,59	0,76	0,35	2,5
CO ₂ -faktor (g/kWh)	79	121	29	360

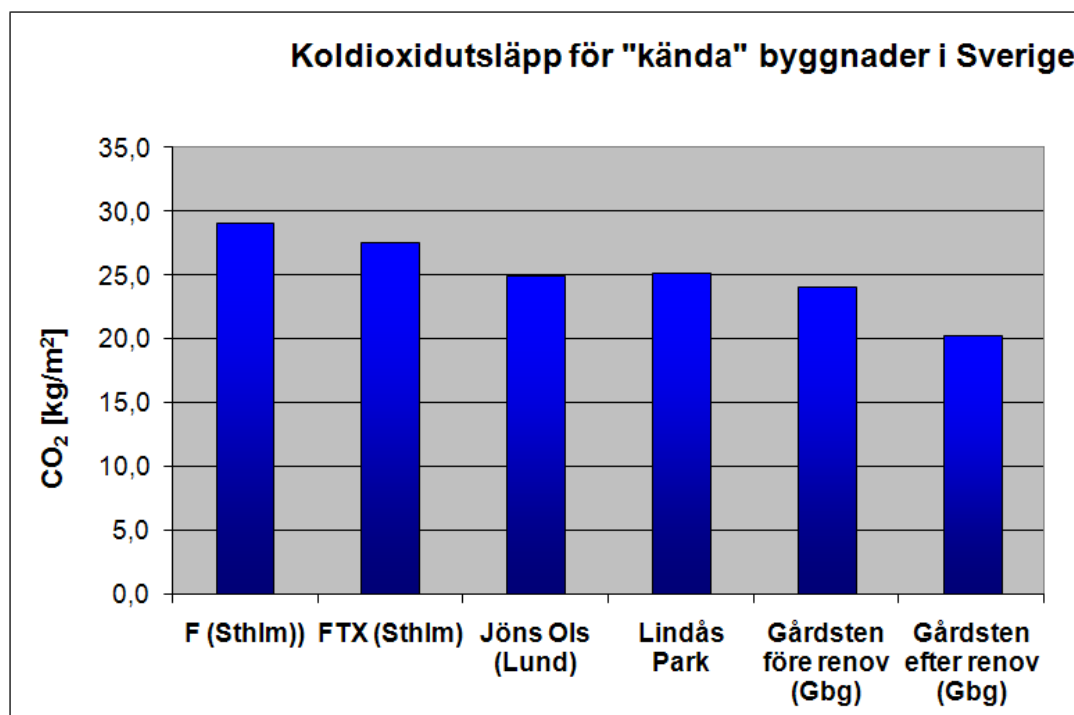
Tabell 21: Viktningsfaktorer för berörda objekten

Trots att resurs- och miljöpåverkan från "miljonprogramsbyggnaden" Gårdsten för renovering visar låga värden för koldioxidutsläpp, t.o.m. lägre än några av de andra projekten skall man inte därav dra slutsatsen att sådana byggnader inte skall energieffektiviseras. Att den står sig väl jämförelsevis beror

nämligen inte på byggnadens kvalitet utan på tillförselsystemet! Det är snarare så att man skall sträva efter kvalitetsförbättringar i både byggnad och tillförsel.



Figur 39: Primärenergianvändningen i de olika byggnaderna. De lokala faktorerna för fjärrvärmenäten har använts vid beräkningen.



Figur 40: Koldioxidutsläpp i de olika byggnaderna. De lokala faktorerna för fjärrvärmenäten har använts vid beräkningen.

4.5 Behov av ytterligare studier

Denna studie har visat att det är viktigt att ta hänsyn till lokala förhållanden för kombinationer av byggnadskvalitet och tillförselsystem och att det kan föreligga avsevärda skillnader mellan olika orter. Utnyttjande av spillvärme och möjligheten att komplettera med kraftvärmeförsörjning är viktiga delar för att få system som använder resurser på ett effektivt sätt. Därför är ett stort spörsmål frågan om hur man kan omsätta detta till praktisk verklighet. Särskilt att i väsentligt större grad ta spillvärmens till nytta.

Framtagande av lokalt beslutsunderlag som tar hänsyn till skillnaderna framstår som viktigt, likaväl som utformning av styrmedel som gör åtgärderna mera attraktiva för genomförarna.

BILAGA A: Geografisk indelning och basvärden för beräkningar

Det statistiska materialet har ordnats så att beräkningar kan genomföras för följande områden.

Indelning i mindre områden är möjlig för de kommuner som markerats med **fetstil**. Därutöver är det statistiska materialet inte tillförlitligt.

Tabell 22: Kommuner som ingår i de olika regionerna samt vilka kommuner (fet stil) som analyserats i detalj.

Område	Ingående Kommuner
Skåne del 1 (Södra)	Staffanstorp; Burlöv; Vellinge; Kävlinge; Lomma; Svedala; Malmö ; Lund
Skåne del 2 (Övriga)	Svalöv; Östra Göinge; Örkelljunga; Bjuv; Skurup; Sjöbo; Hörby; Höör Tomelilla; Bromölla; Osby; Perstorp; Klippan; Åstorp; Båstad; Landskrona; Helsingborg; Höganäs; Eslöv; Ystad; Trelleborg; Kristianstad; Simrishamn; Ängelholm; Hässleholm
Kalmar, Blekinge och Gotland	Högsby; Torsås; Mörbylånga; Hultsfred; Mönsterås; Emmaboda; Kalmar; Nybro; Oskarshamn; Västervik; Vimmerby; Borgholm; Gotland; Olofström; Karlskrona; Ronneby; Karlshamn; Sölvesborg
Kronoberg och Halland	Uppvidinge; Lessebo; Tingsryd; Alvesta; Älmhult; Markaryd; Växjö; Ljungby; Hylte; Halmstad; Laholm; Falkenberg; Varberg; Kungsbacka
Jönköpings län	Aneby; Gnosjö; Mullsjö; Habo; Gislaved; Vaggeryd; Jönköping; Nässjö; Värnamo; Sävsjö; Vetlanda; Eksjö; Tranås
Västra Götaland 1 (Södra)	Härryda; Partille; Öckerö; Stenungsund; Tjörn; Ale; Lerum; Göteborg ; Mölndal; Kungälv
Västra Götaland 2 (Övriga)	Orust; Sotenäs; Munkedal; Tanum; Dals-Ed; Färgelanda; Vårgårda; Bollebygd; Grästorp; Essunga; Karlsborg; Gullspång; Tranemo; Bengtsfors; Mellerud; Lilla Edet; Mark; Svenljunga; Herrljunga; Vara; Götene; Tibro; Töreboda; Lysekil; Uddevalla; Strömstad; Vänersborg; Trollhättan; Alingsås; Borås; Ulricehamn; Ämål; Mariestad; Lidköping; Skara; Skövde; Hjo; Tidaholm; Falköping
Södermanland och Östergötland	Vingåker; Gnesta; Nyköping; Oxelösund; Flen; Katrineholm; Eskilstuna; Strängnäs; Trosa; Ödeshög; Ydre; Kinda; Boxholm; Åtvidaberg; Finspång; Valdemarsvik; Linköping ; Norrköping; Söderköping; Motala; Vadstena; Mjölby
Stockholms län 1 (Inre)	Värmdö; Huddinge; Botkyrka; Haninge; Tyresö; Täby; Danderyd; Stockholm ; Nacka; Sundbyberg; Solna; Lidingö
Stockholms län 2 (Yttre)	Upplands Väsby; Vallentuna; Österåker; Järfälla; Ekerö; Salem; Upplands-Bro; Nykvarn; Sollentuna; Södertälje; Vaxholm; Norrtälje; Sigtuna; Nynäshamn
Uppsala och Västmanland	Håbo; Älvkarleby; Knivsta; Heby; Tierp; Uppsala ; Enköping; Östhammar; Skinnskatteberg; Surahammar; Kungsör; Hallstahammar; Norberg; Västerås ; Sala; Fagersta; Köping; Arboga
Värmland och Örebro län	Kil; Eda; Torsby; Storfors; Hammarö; Munkfors; Forshaga; Grums; Årjäng; Sunne; Karlstad; Kristinehamn; Filipstad; Hagfors; Arvika; Säffle; Lekeberg Laxå; Hallsberg; Degerfors; Hällefors; Ljusnarsberg; Örebro; Kumla; Askersund; Karlskoga; Nora; Lindesberg
Dalarna och Gävleborg	Vansbro; Malung; Gagnef; Leksand; Rättvik; Orsa; Älvdalen; Smedjebacken Mora; Falun; Borlänge; Säter; Hedemora; Avesta; Ludvika; Ockelbo; Hofors Ovanåker; Nordanstig; Ljusdal; Gävle; Sandviken; Söderhamn; Bollnäs Hudiksvall
Västernorrland och Jämtland	Ånge; Timrå; Härnösand; Sundsvall; Kramfors; Sollefteå; Örnsköldsvik; Ragunda; Bräcke; Krokom; Strömsund; Åre; Berg; Härjedalen; Östersund
Västerbotten och Norrbotten	Nordmaling; Bjurholm; Vindeln; Robertsfors; Norsjö; Malå; Storuman; Sorsele Dorotea; Vännäs; Vilhelmina; Åsele; Umeå ; Lycksele; Skellefteå; Arvidsjaur; Arjeplog; Jokkmokk; Övertorneå; Kalix; Övertorneå; Pajala; Gällivare; Älvsbyn; Luleå; Piteå; Boden; Haparanda; Kiruna

BILAGA B. Värdering av förändrad energitillförsel

Frågan om hur förändringar i svensk elanvändning skall värderas är flitigt diskuterad. Å ena sidan hävdas att den el som produceras i Sverige praktiskt taget är fri från fossila bränslen och att användning av el i Sverige skall värderas som fri från koldioxid. Å andra sidan hävdas att det svenska elsystemet genom sin hopkoppling både med norden och den europeiska kontinenten påverkar och påverkas av elproduktion som stora delar av tiden (och särskilt på marginalen) är svårt belastad av koldioxidutsläpp. Båda synsätten kan vara relevanta, men behöva användas för olika ändamål.

Svensk elanvändning och -produktion påverkar ett Europeiskt system varje ögonblick genom den import och export som finns. Leverantören säljer till bästa pris oavsett var kunden finns, i Sverige eller annorstädes. Överföringskapaciteten är endast undantagsvis ett hinder. Det som bestämmer priset är den marginella kostnaden och den marginella produktionen vilket oftast är el producerad från fossilbränsle i ett kondenskraftverk med verkningsgrad i storleksordningen 30-40%.

I praktiken blir det ytterligare något mera komplicerat genom frågan om tidsaspekt kommer in när både byggnader och tillförselsystem förändras. Men också genom att det Europeiska Handelssystemet (ETS) för koldioxid lagt ett temporärt tak på koldioxidutsläppen. Samt också att teknikutvecklingen över tiden innebär att nya bränslen och nya omvandlingstekniker kommer i bruk.

Ytterligare en komplikation kan tillkomma genom att köpare av el kan välja att köpa el från leverantörer från angivna produktionstyper, t.ex. enbart vindkraft, inte kärnkraft etc.

Olika rekommendationer

Den avgörande frågan för hur en förändring i elanvändningen skall värderas är vad som de facto händer i elproduktionen. Professor Sven Werner har visat att en förändring i volymreserven främst avser kolkondens som finns i de länder vi handlar med (Finland, Danmark, Tyskland och Polen) och att Sverige "överutnyttjar" högvärdig el för lågvärdig energibehov genom uppvärmning, d.v.s. i princip ett "exergiresonemang".

En eventuell förändring i Svensk användning leder då antingen till att en ökning måste ske i den utländska produktionen, därför att det inte finns "svensk el tillgänglig", eller till att en minskad användning minskar behovet av import från utlandet. En ökad svensk elproduktion skulle inte ändra värderingen eftersom marknaden är fri och öppen och denna el kan säljas till ett högre pris utomlands.

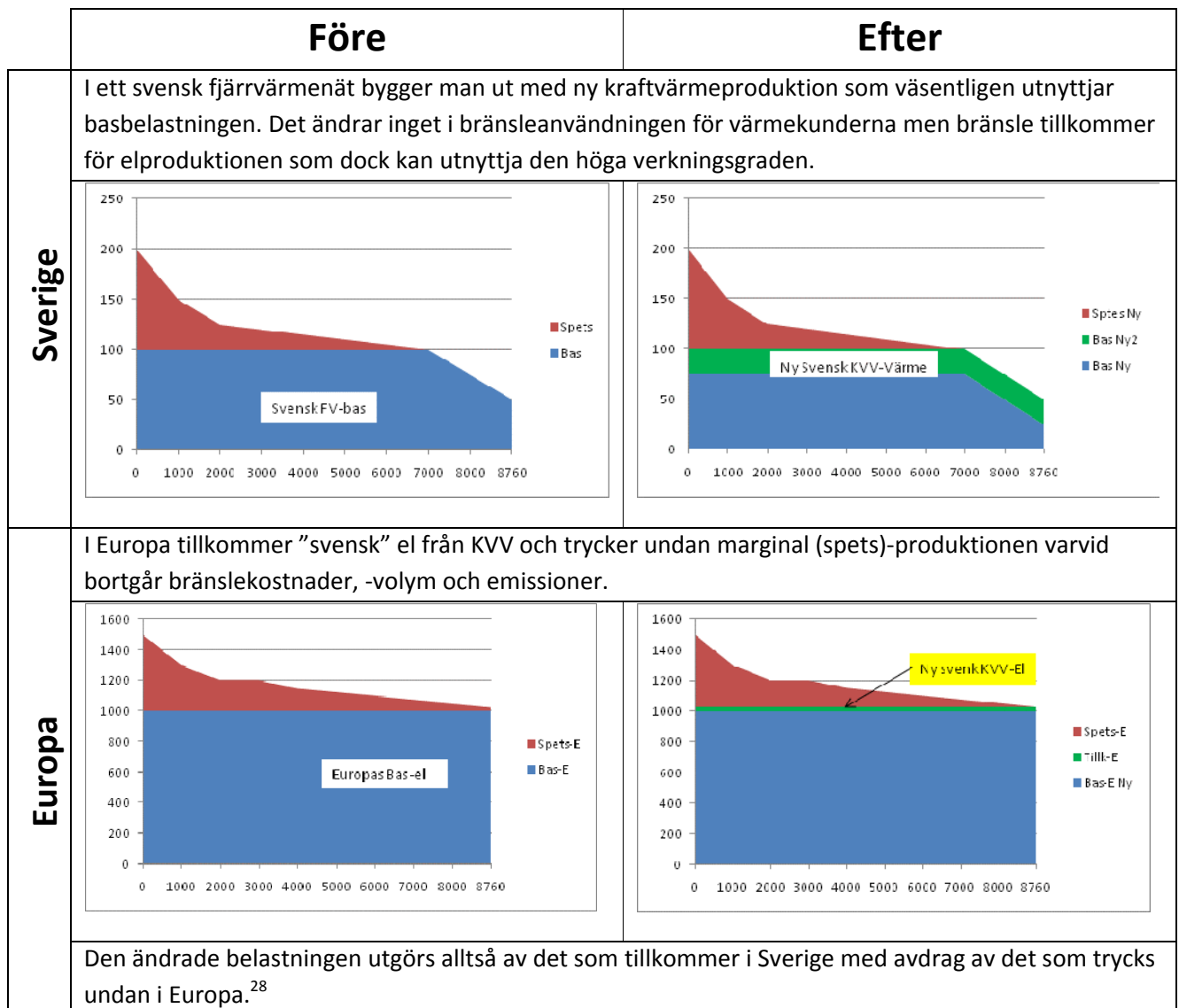
Energimyndigheten förde samma resonemang i sin underlagsrapport "Miljövärdering av el" och gjorde tillägget att dagens värdering med kolkondens på marginalen kan komma att ersättas med naturgas i "combined cycle" i framtiden och därmed bli något mindre koldioxidbelastad.

Problemet debatteras globalt och i en rapport som gjorts för World Resources Institute, WRI, och World Business Council for a Sustainable Development, WBCSD, diskuteras Build Margin (BM) samt Operating Margin (OM), när man ser till det korta respektive långa perspektivet.

För detta projekt avses Build Margin, när produktionskapacitet byggs eller man kan avstå från att bygga ny.

Illustrerande exempel

Eftersom systempåverkan snabbt blir mycket komplex i sig själv och dessutom ytterligare komplicerad av att många andra aktörer också påverkar systemet tvingas vi till förenklingar, men skall göra sådana utgående från rimliga antaganden. Följande tabell illustrerar emellertid sambanden.



Figur 41: Marginalenergiproduktion (princip)

Utveckling av Europas elsystem.

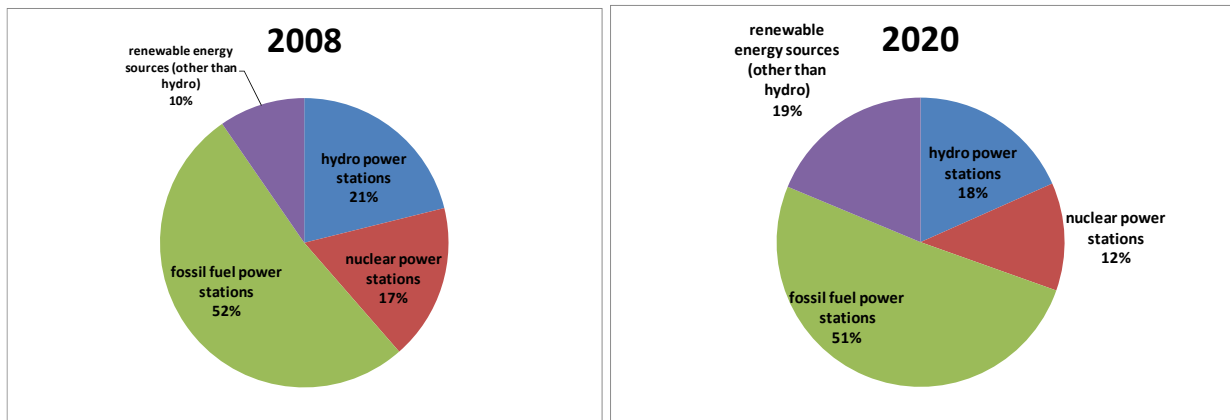
Europas elsystem omstruktureras beroende på att:

- existerande anläggningar tjänat ut och ersätts med nya

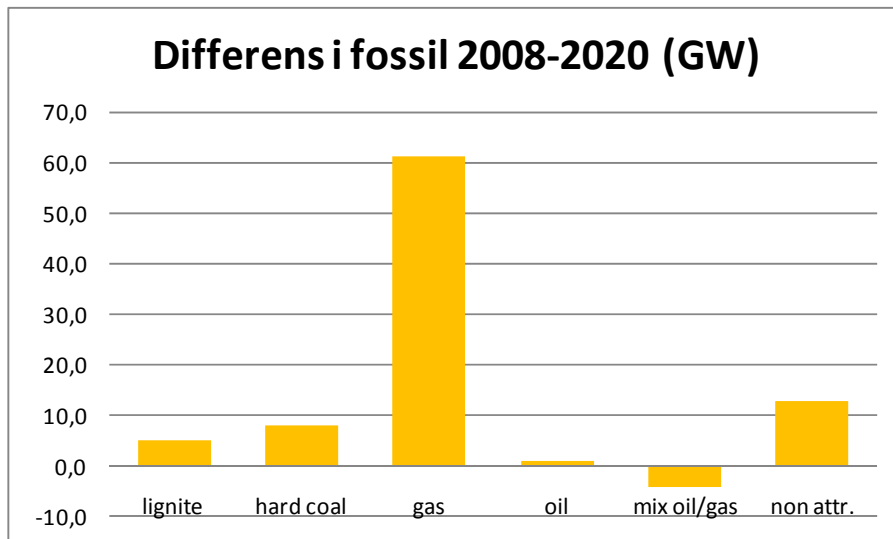
²⁸ Jämför IVL 1650. Åtgärds kostnader för minskning av Koldioxid utsläpp vid svenska kraftvärme- och värmelanläggningar. <http://www.ivl.se/rapporter/pdf/B1650.pdf>

- belastningen förändras (ökar) och fordrar ny kapacitet
- kraven på nya anläggningar skärps särskilt eftersom kraven ställs att koldioxidutsläppen skall minska från energisektorn

Det Europeiska samarbetsorganet UCTE, Union for the Co-ordination of Transmission of Electricity, för systemoperatörer gör bedömningar av hur produktions- och överföringskapacitet kommer att utvecklas. Deras senaste rapport sträcker sig från 2008 till 2020 och visar produktionskapaciteten (GW) för Centraleuropa.²⁹ Av denna kan utläsas att produktionskapaciteten bedöms öka med drygt 25 % till 2020 men att dess sammansättning kommer att vara annorlunda. Mera förnybara bränslen, mindre kärnkraft och obetydligt mindre fossilbränsle.



UCTE har också särredovisat sammansättningen av fossilbränslen. Och här syns en markant övergång från kol till gas vilket innebär både bränsle med lägre kolinnehåll och förbränningsteknik med högre verkningsgrad.



I denna utredning kommer att underökas hur åtgärder för att minska intensiteten (kWh/nytta) i byggnadbeståndet samverkar med åtgärder i energitillförseln. Detta kan i vissa fall uppnås genom att man ökar elanvändningen och ökar värmeåtervinningen. Detta och den antagan ökade

²⁹ <http://www.ucte.org/media/releases/#20080114>

elanvändningen i det Europeiska elsystemet innebär att vi väsentligen har att studera långsiktig påverkan av ökad elanvändning på marginalen.

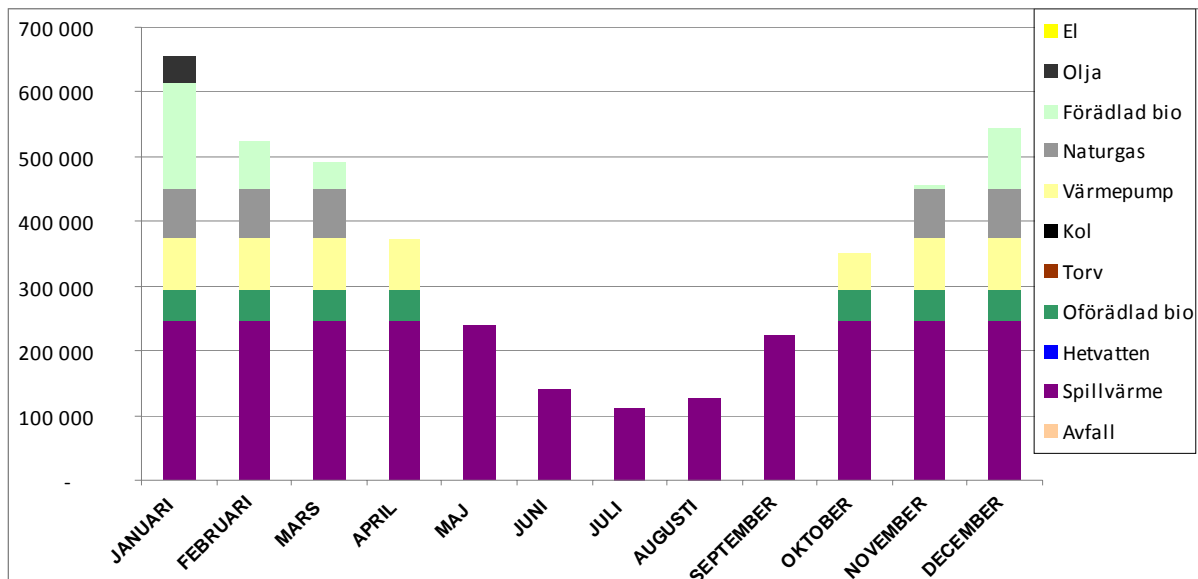
Utveckling av det svenska fjärrvärmesystemet

De svenska fjärrvärmesystemen har utvecklats alldeles exceptionellt under de senaste årtiondena genom att de övergått från att i huvudsak vara baserade på olja till att vara baserade på biobränslen och spillvärme. Fossilbränslen (olja och naturgas) används i huvudsak endast under kortare perioder med höglast i systemet. Från denna huvudregel finns undantag men det handlar om gradskillnad och inte artskillnad.

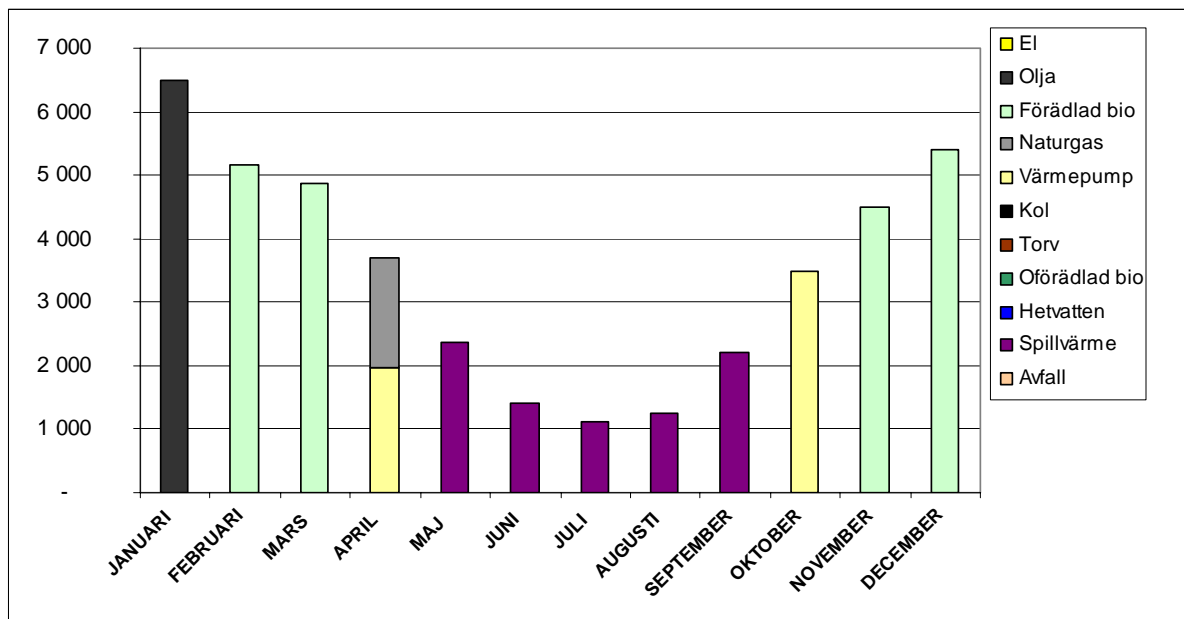
I denna utredning studeras kombinationer av åtgärder i byggnader där värmeenergibehovet minskas och i tillförselssystemet där effektiviseringen i bränsleanvändning successivt drivs vidare ifråga om att öka verkningsgraden och att använda kvalitativt bättre bränslen d.v.s. sådana med lägre kolinnehåll.

Detta innebär att typfallen i fjärrvärmesystemen är långsiktigt minskad värmebelastning. Denna kan i och för sig kompenseras med ökat kundunderlag, men detta sker då inte till följd av de åtgärder som studeras här.

Fjärrvärmeleveransernas variation över året och vad som händer på marginalen syns i följande diagram.



Samtliga bränslen/energi till hela produktionen av fjärrvärme



Marginalbränslen/energi

Marginalen består av bränslena/energin det nedre diagrammet. Spetsbränslena utgör en större andel av marginalens energimix, än de gör i hela systemet.

Marginalfjärrvärme på lång sikt vid minskande leveranser

För detta fall finns två olika situationer, som dock bör kunna behandlas lika med utan att göra avkall på verkligheten. Det ena är en tillkommande kund i ett nät som totalt sett minskar sina leveranser och det andra är en befintlig kund som energieffektiviserar genom t ex en tilläggsisolering. I båda fallen minskar de totala leveranserna och det är det som är avgörande.

Det som händer när leveranserna minskar är att trycket på att bygga ny produktion minskar. Övergången mellan kort och lång sikt blir här alltså längre än vid totalt sett ökande leveranser. För detta fall räcker dock baslastproduktionen längre och mindre spetsenergi behövs. Det senare är även en konsekvens av allt varmare vintrar. Detta ger att miljöbelastningen och primärenergibehovet normalt sett minskar vid ett minskat behov. Att fjärrvärmekunder sparar på energi är alltså även på marginalen positivt, då den borttagna produktionen är något mera miljöbelastande än mixen. Detta innebär att marginalfjärrvärmens på lång sikt har mindre miljöbelastning och lägre primärenergifaktorer än mixen. Detta förutsätter att energieffektiviseringarna görs på rätt sätt, t ex med isolering. Sätts till exempel en luft-luftvärmepump in blir effekten den motsatta, att fjärrvärmens baslast med låg koldioxidpåverkan sparas medan topplasten blir oförändrad.

Tillämpning

- All värdering sker till marginal förändring **MEN** med olika slags marginal beroende på beslutens verkan i tid.³⁰ All påverkan sker i ett Europeiskt system, d.v.s. avgränsas inte till enbart Norden.
- Värdering till marginalens (koldioxid)belastning avser varje valsituation där man kan bestämma sig för att installera och driva utrustning som använder mera eller mindre energi, d.v.s. både för ändringar i värmeproduktionen och för åtgärder att minska värmebehovet.
- Eftersom vi arbetar med **systemiska** förändringar³¹ över en längre tidsperiod antas att handelssystemets (ETS) tak för emissioner inte utgör en restriktion. Om energibehovet motiverar lägre produktion blir det vid revisionstillfällena lättare att sänka taket.³²
- En användare kan välja att vid vilken tidpunkt som helst föredra en viss typ av elenergi. Detta kan emellertid inte förutses och byggas in i systemet och värderas därför inte vid värdering av åtgärder. Det kan emellertid rekommenderas som incitament i lokala diskussioner om vad som är lämpligt och kan därför påverka bedömningen av emissioner.
- NOT: Vid en eventuell miljöredovisning för företaget kan man använda **medel-el (nordeuropeiskt system) för att redovisa den belastning som företaget åsamkar miljön, men marginal-el för att redovisa möjligheterna att åstadkomma en förändring**. Det senare avser då bara den del som kan ändras och inte hela företagets elanvändning.³³

Praktisk tillämpning

Det resonemang som förts här gör det motiverat att skilja på fyra olika fall för bedömning av systemkonsekvenser. I tidigare utredning användes värdet på marginellt koldioxidutsläpp 360 g/kWh el motsvarande långsiktig marginal med gaskombikondens. Detta värde kan fortsätta att användas i kalkyler av skäl som illustreras i tabellen nedan.

Med ökande elanvändning, fallen 1 och 2, tillkommer i systemet nya anläggningar med nya bränslen och bättre verkningsgrader (jfr UCTE) vilket leder till mindre specifika emissioner.

Med minskande elanvändning, fallen 3 och 4, finns inga incitament att bygga modernare anläggningar och man kan anta att den specifika emissionen kommer att vara högre.

För vår bedömning av tillkommande el är det fallet 2 som är intressant.

³⁰ Jämför "Build Margin" och "Operating Margin". Det fall som tilldragit sig mest uppmärksamhet i debatten avser värmepumpar. Sådan installeras för att vara i drift under många år och skall därför värderas med hänsyn till hur marginalen förändras under denna tidsperiod

³¹ Med systemisk menar vi i detta sammanhang att åtgärder kan genomföras både med kort (tända-släcka) och lång (installera utrustning) verkan men att de genomförs med verkan för hela systemet och inte enbart isolerat eller lokalt

³² Man kan anta att framtida handelssystem för utsläpp kommer att operera med kortare tidsperspektiv och att anpassningar av utsläppstaken alltså kommer att göras oftare

³³ **Analogi:** Vi för samma resonemang när det gäller skatter. Marginalskatten berättar hur mycket man får behålla vid en ökad arbetsinsats under det genomsnittsskatten berättat hur mycket jag betalar till samhället.

	Beslutsomfång	
	Driftbeslut	Installationsbeslut
	Dagligen/Säsong	> 10 års livslängd
I systemet ökar användningen av el	1. Inte aktuellt när man bedömer investeringar men kan vara för operationsmönstret (> 360 g/kWh)	2. Värderas efter hur systemet påverkas vid utbyggnad och ny produktion tillkommer (c:a 360 g/kWh)
I systemet minskar användningen av el	3. Värdering till kortsiktig marginalpåverkan ("ögonblickspåverkan") (>> 360 g/kWh)	4. Värderas till kortsiktig marginalpåverkan (systemet drivs vidare med oförändrad produktionsapparat) (> 360 g/kWh)

Tabell 23: Marginaltyp för olika fall av elanvändning

Motsvarande resonemang för fjärrvärme visar på att vi bedömer efter fallet 4, men kan göra det med utgångspunkt från verkliga data för varje ort.

Referenser

Ett alternativt nationellt synsätt för utsläpp av växthusgaser vid integration av Europas energimarknader. Sven Werner vid Sveriges Energiting 11-12 mars 2003

Miljövärdering av el. Marginalel och medelel. Underlagsrapport. Statens Energimyndighet.

Guidelines for Quantifying GHG Reductions from Grid-Connected Electricity Projects. World Resources Institute (WRI) and World Business Council for a Sustainable Development (WBCSD)

Miljövärdering av elanvändning. ELFORSK

UCTE System Adequacy Forecast 20082020. UCTE January 2008
(<http://www.ucte.org/media/releases/#20080114>)

---000---

APPENDIX: Avsnitt 2.3 ur IVL rapport 1650

Åtgärds-kostnaden (A) (SEK per ton fossil CO₂) för respektive åtgärd beräknas enligt ekvation 2. Beräkningen görs genom att addera olika kostnadskomponenter (enligt nedan) och därefter dividera summan med antalet reducerade ton fossil CO₂ (U). Kostnadskomponenterna som adderas är skillnaden i

årskostnad för bränslekostnad (Br), skillnaden i årskostnad för drift- och underhållskostnad (DU), skillnad i intäkt för elproduktion³⁴ (E) samt en annuitetsberäknad investering (A).

A = Annuitetberäknade årskostnaden för investeringen.

Br = Den årliga bränslekostnaden efter åtgärden minus den årliga bränslekostnaden före åtgärden. Om kostnaderna efter åtgärden är lägre blir alltså kostnaden negativ.

DU = Den årliga drift- och underhållskostnaden efter åtgärden minus den årliga bränslekostnaden före åtgärden. Om kostnaderna efter åtgärden är lägre blir alltså kostnaden negativ. I de flesta fall beaktas endast den rörliga drift- och underhållskostnaden, alltså den drift- och underhållskostnad som är beroende av hur mycket bränsle som används. I vissa fall, exempelvis vid nybyggnation, tas även hänsyn till fasta drift- och underhållskostnader.

E = Den årliga elproduktionen före åtgärden minus den årliga elproduktionen efter åtgärden multipliceras med elpriset på den nordiska elbörsen¹⁰. Om elproduktionen efter åtgärden är högre blir alltså denna komponent negativ.

U = De årliga fossila koldioxidutsläppen före åtgärden minus de årliga fossila koldioxidutsläppen efter åtgärden. Om utsläppen ökar behandlas resultaten separat.

$$\dot{A} = (Br + DU + E + A) / U$$

(ekv 2)

³⁴ Elproduktionsförändringar **vid kraftvärmeverken på grund av åtgärderna.**

BILAGA C: Småhus (Åtgärder)

C.1.1.1 Småhus – fjärrvärme

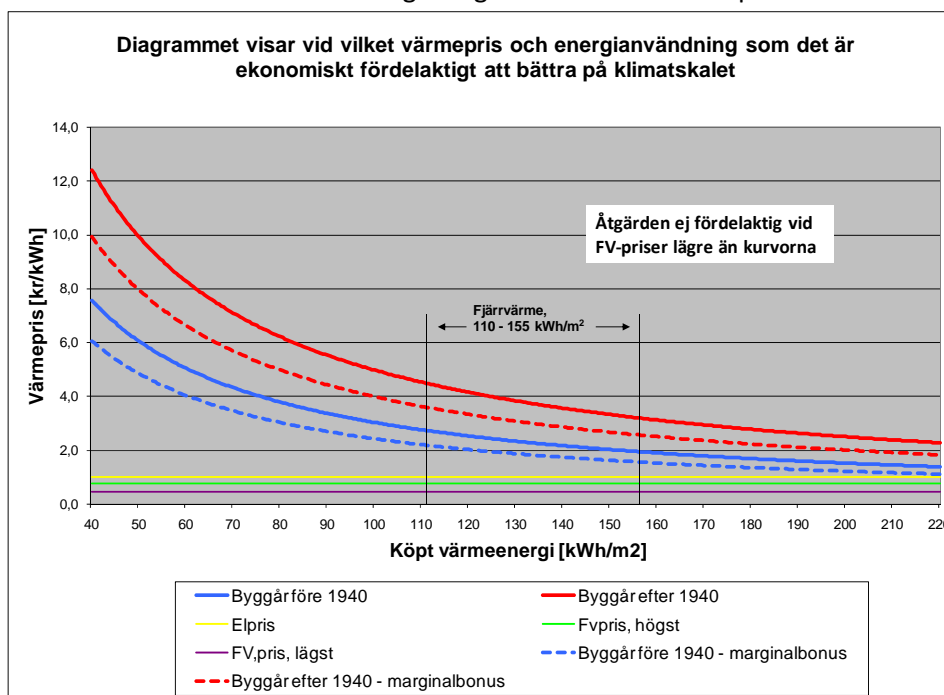
Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 110 kWh/m² och 155 kWh/m² vilket innebär att mellan 15 och 35 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Då faktorn för primärenergien och koldioxidutsläppen varierar mellan fjärrvärmenäten är det omöjligt att beräkna den maximala miljöpåverkan.

Dock är det ekonomiska incitamentet svagt för genomförande av det paketet.



Figur 42: Värmepris när det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med fjärrvärme. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 110-155 kWh/m².

C.1.1.2 Småhus – luftvärmepump med elspets

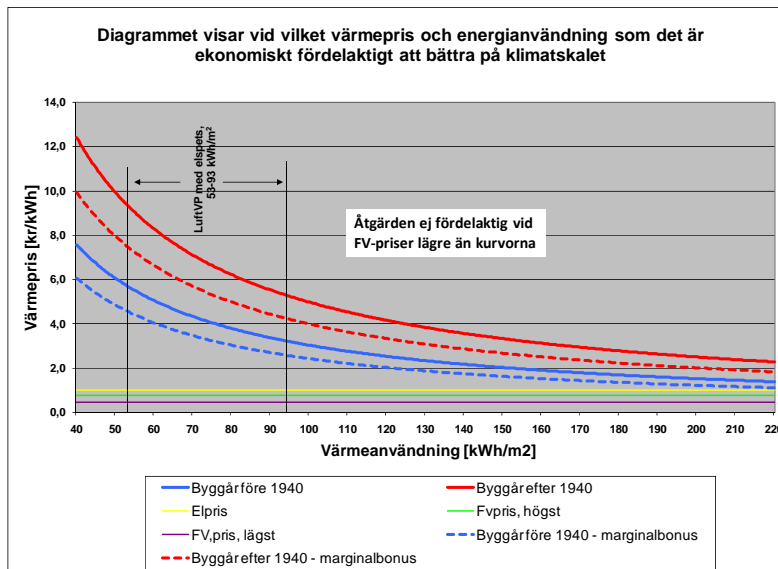
Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 58 kWh/m² och 98 kWh/m² vilket innebär att mellan 8 och 22 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 20 och 55 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 2,9 och 7,9 kg/m².

Dock är det ekonomiska incitamentet svagt för genomförande av det paketet.



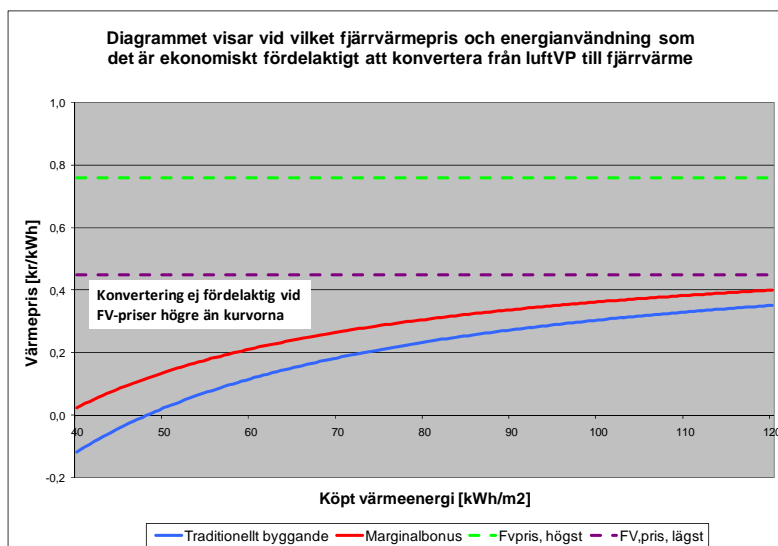
Figur 43: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med luftvärmepump med elspets. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 53-93 kWh/m².

Paket 3a Konvertering till Fjärrvärme

Vid en konvertering från luftvärmepump med elspets till fjärrvärme ökar mängden köpt energi med faktorn 1,7 (värmepumpsinstallations COP). Faktorerna för PE och CO₂ för elanvändningen är 2,5 respektive 360 g/kWh. Om dessa två faktorer divideras med 1,7 fås gränsvärdet för vad faktorerna för PE och CO₂ ska befinna sig under för att det ska vara fördelaktigt ur en miljömässig synvinkel.

Genomförs divisionen blir den högsta tillåtna PE-faktorn 1,47 och CO₂-faktorn 212 g/kWh vilket är högt över nästan alla fjärrvärmenät i Sverige (se Figur 8). Därför är det är fördelaktigt ur dessa synvinklar att konvertera luftvärmepump med elspets till fjärrvärme.

Incitamentet för genomförande av konverteringar förefaller svagt .



Figur 44: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett småhus uppvärmt med luftvärmepump med elspets.

C.1.1.3 Småhus – Direktel

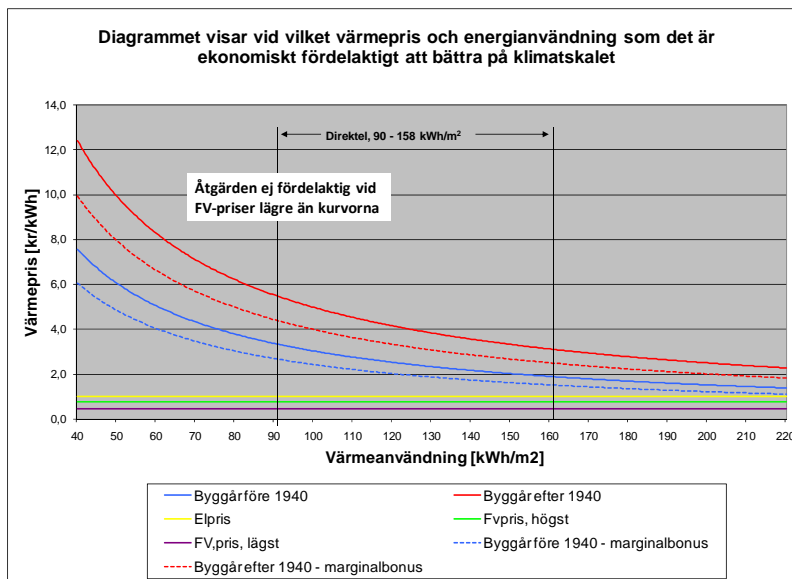
Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 90 kWh/m² och 158 kWh/m² vilket innebär att mellan 12,6 och 36,4 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 31,5 och 91 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 4,5 och 32,8 kg/m².

Dock är det ekonomiska incitamentet svagt för genomförande av det paketet.

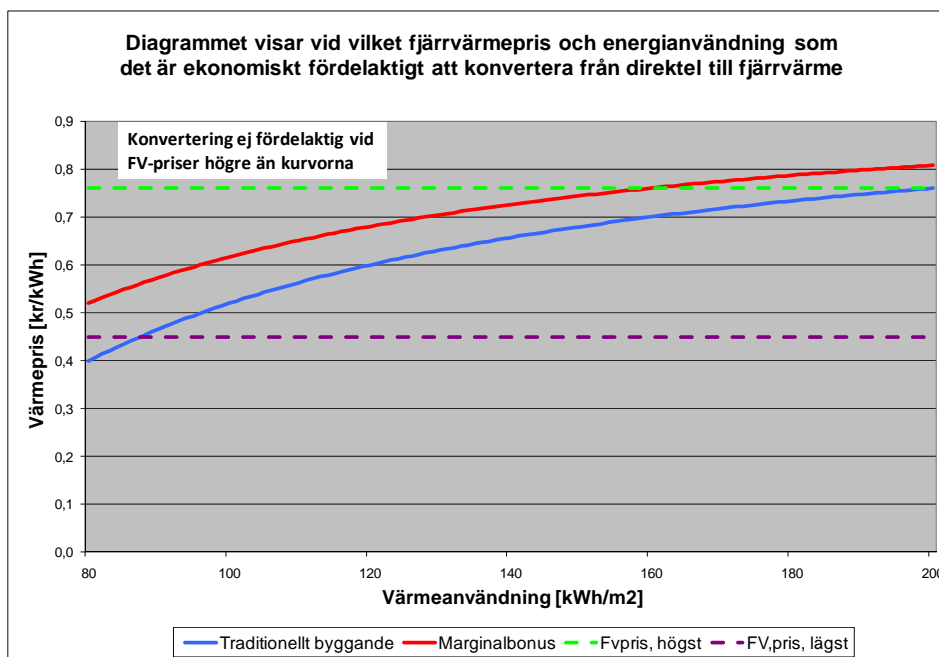


Figur 45: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med direktel. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 90-158 kWh/m².

Paket 3a Konvertering till Fjärrvärme

För att det ska vara ekonomiskt fördelaktigt att konvertera från direktel till fjärrvärme måste en jämförelse göras mellan primärenergifaktorn och koldioxidutsläppen för de båda uppvärmningsalternativen. Primärenergifaktorn för elen som används är 2,5 och dess koldioxidfaktor är 360 g/kWh, dessa båda värdena är högre än alla Sveriges fjärrvärmenät. Detta medför att ur miljösynpunkt är det mycket gynnsamt att konvertera från direktel till fjärrvärme.

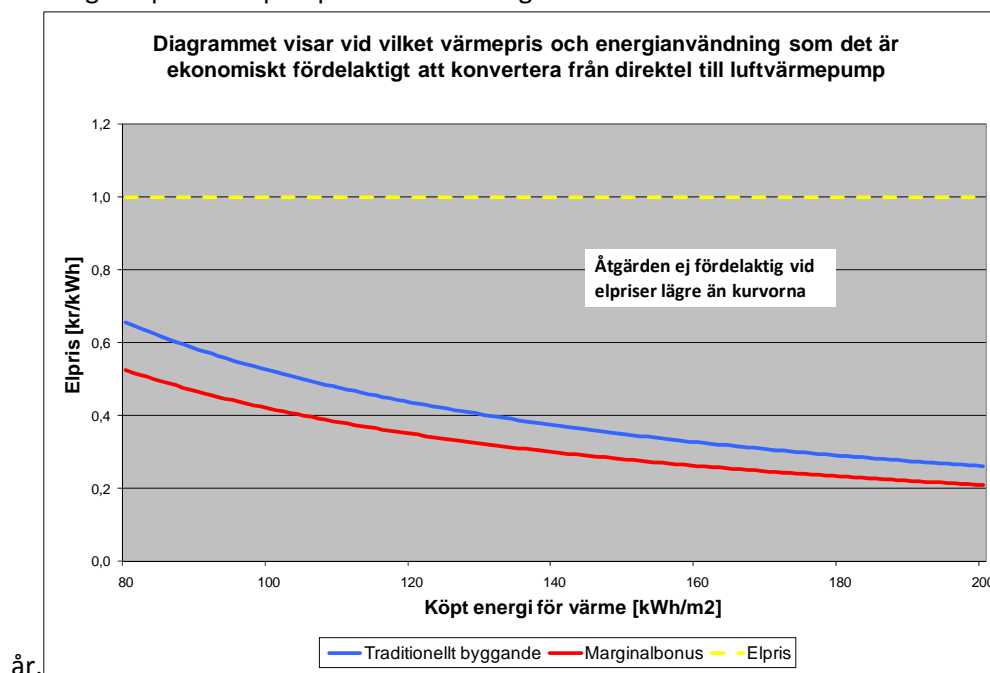
Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt ortsberoende på grund av prisbilden.



Figur 46: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett småhus uppvärmt med direktel.

Paket 3b Konvertering till luftvärmepump

En konvertering från direktel till värmepump är gynnsam både ur primärenergi och koldioxidsynpunkt. Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt. Det ska påpekas att livslängden på värmepumpen är i beräkningen ansatt till 15



Figur 47: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett småhus uppvärmt med direktel.

C.1.1.4. Småhus – Vpkomb, vattenburen

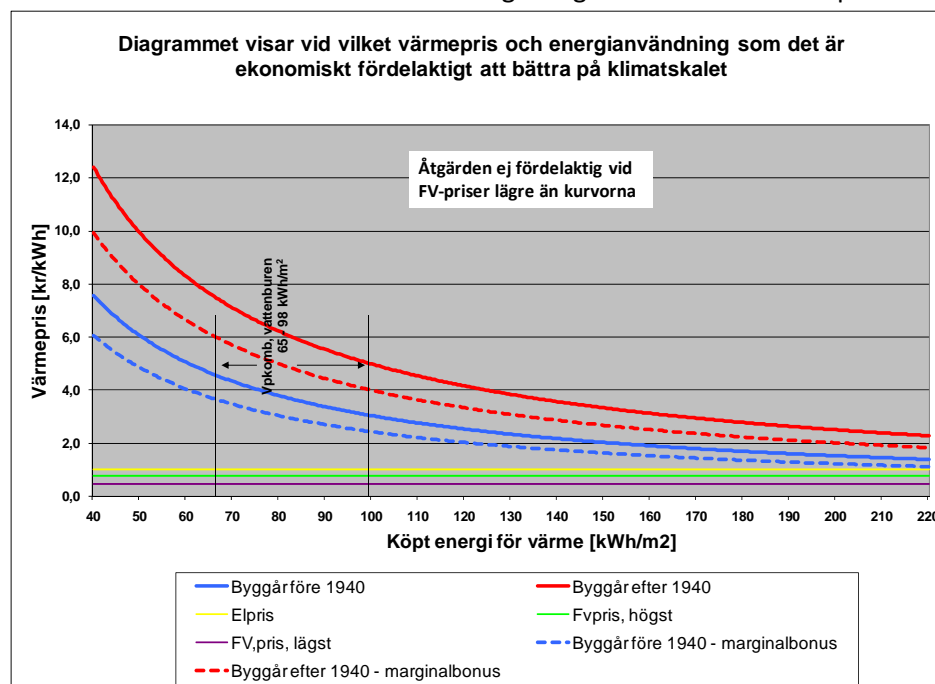
Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 65 kWh/m² och 98 kWh/m² vilket innebär att mellan 9,1 och 22,5 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 22,8 och 56,3 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 3,3 och 8,1 kg/m².

Dock är det ekonomiska incitamentet svagt för genomförande av det paketet.



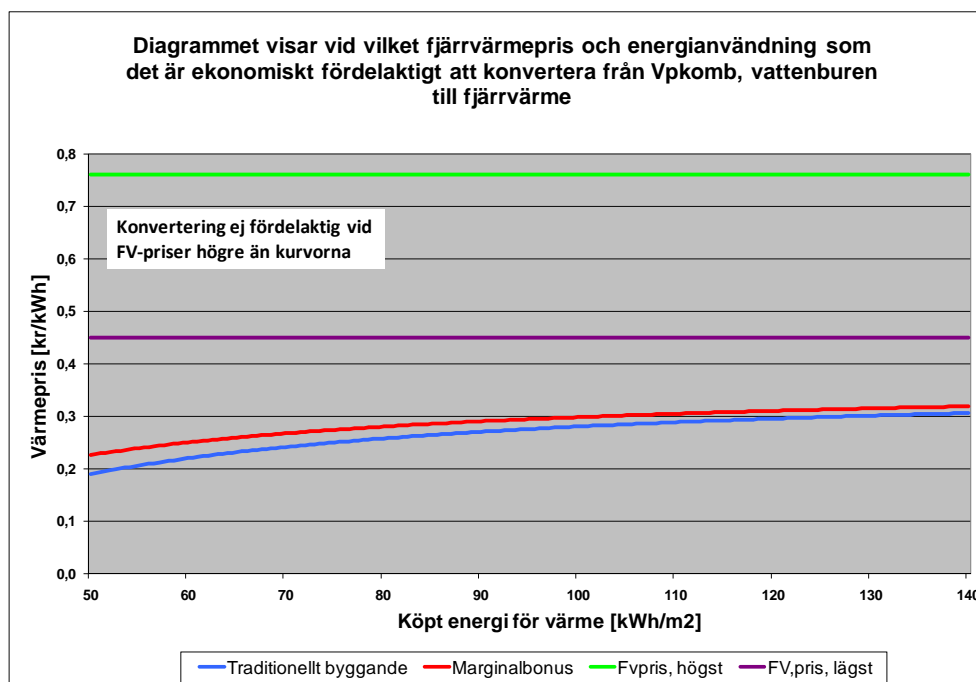
Figur 48: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med värmepump med vattenburen distribution. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 65-98 kWh/m².

Paket 3a Konvertering till Fjärrvärme

Vid en konvertering från värmepump med vattenburen distribution till fjärrvärme ökar mängden köpt energi med faktor 2,7 (värmepumpsinstallations COP). Faktorerna för PE och CO₂ för elanvändningen är 2,5 respektive 360 g/kWh. Om dessa två faktorer divideras med 2,7 fås

gränsvärdet för vad faktorerna för PE och CO₂ ska befinna sig under för att det ska vara fördelaktigt ur en miljömässig synvinkel. Genomförs divisionen blir den högsta tillåtna PE-faktorn 0,93 och CO₂-faktorn 133 g/kWh vilket över nästan alla fjärrvärmenät i Sverige (se diagram XXX). Det är nästan alltid fördelaktigt ur dessa synvinklar att konvertera luftvärmepump med elspets till fjärrvärme.

Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt ortsberoende på grund av prisbilden.



Figur 49: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett småhus uppvärmt med värmepump med vattenburen distribution.

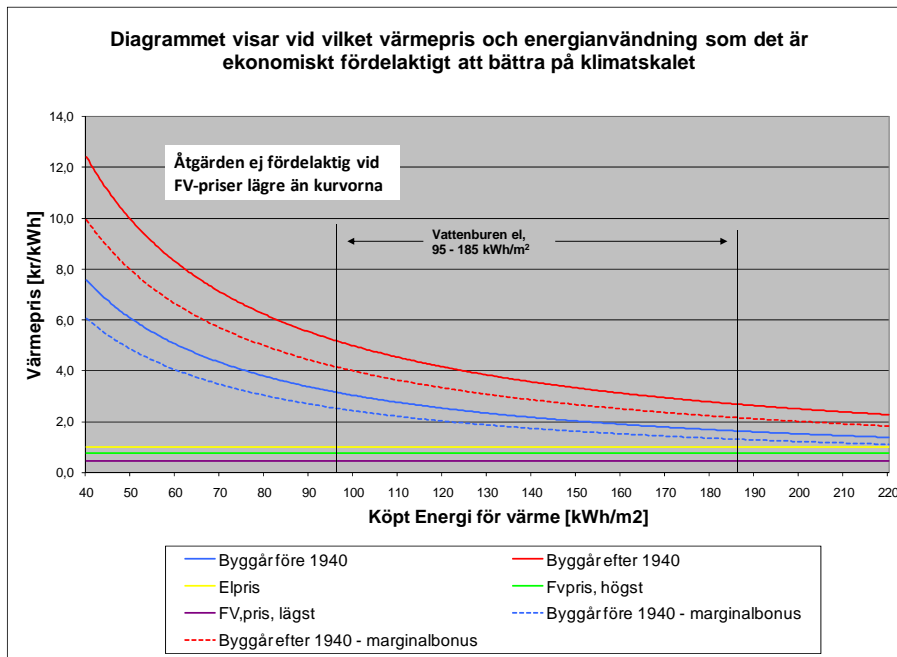
C.1.1.5 Småhus – Vattenburen el

Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Minskar såväl PE som växthusgaser men har svagt incitament för genomförande

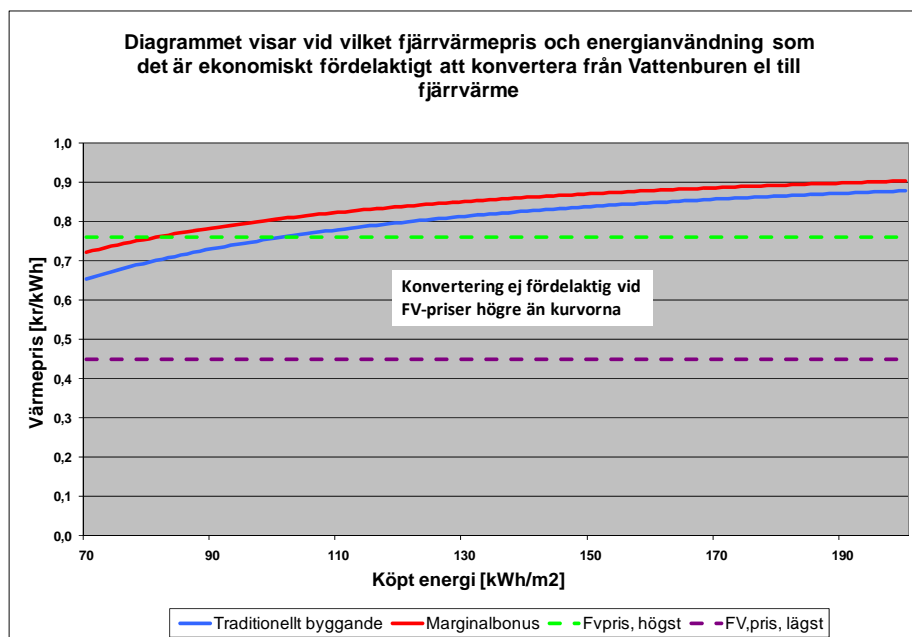


Figur 50: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med elpanna med vattenburen distribution. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 95-185 kWh/m².

Paket 3a Konvertering till fjärrvärme

Vid en konvertering från värmepump med elpanna med vattenburen distribution till fjärrvärme är mängden köpt energi är densamma. Faktorerna för PE och CO₂ för elanvändningen är 2,5 respektive 360 g/kWh. Alla fjärrvärmenät i Sveriges faktorer för PE och CO₂ är under dessa nivåer och det är alltid fördelaktigt ur dessa synvinklar att konvertera från elpanna med vattenburen distribution till fjärrvärme.

Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt och något ortsberoende på grund av prisbilden.

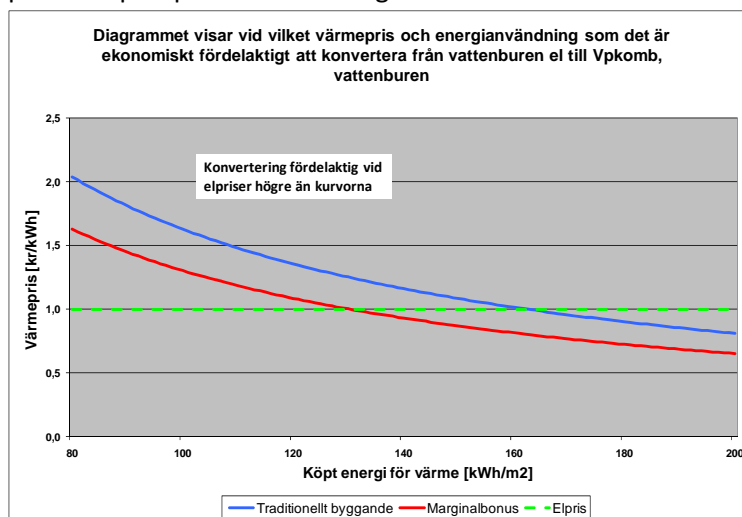


Figur 51: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett småhus uppvärmt med elpanna med vattenburen distribution.

Paket 3b Konvertering till värmepump

Vid en konvertering från elpanna med vattenburen distribution till värmepump med vattenburen distribution minskar mängden köpt energi minskar med faktor 2,7 (värmepumpsinstallations COP). Detta betyder att mindre el används till uppvärmningen och det alltid är fördelaktigt ur dessa synvinklar att konvertera från elpanna med vattenburen distribution till värmepump med vattenburen distribution.

Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt vid högre energianvändning. Livslängden på värmepumpen är i beräkningen ansatt till 15 år.



Figur 52: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett småhus uppvärmt med elpanna med vattenburen distribution.

C.1.1.6 Småhus – Övriga

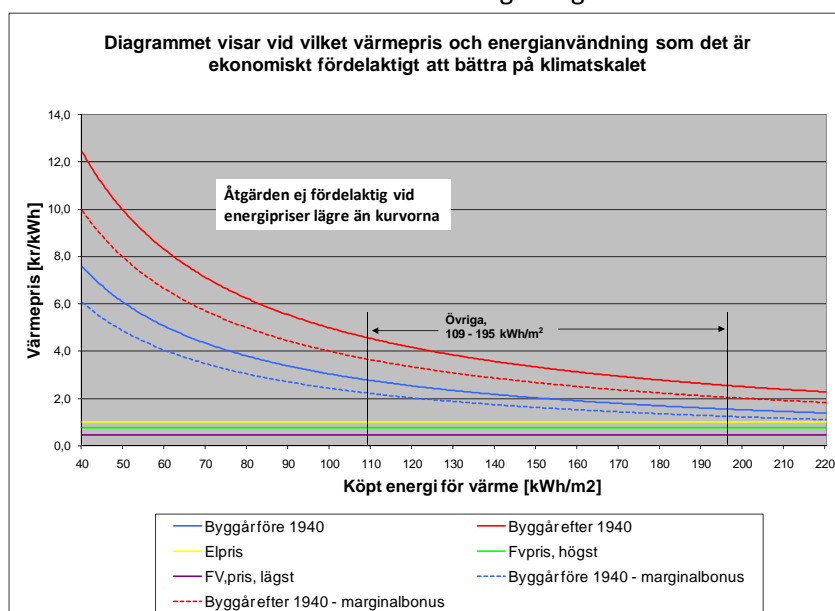
Paket 1

Dessa åtgärder kan fordra mindre investeringar vilka som regel ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 109 kWh/m² och 195 kWh/m² vilket innebär att mellan 15,3 och 44,9 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 23,6 och 69,1 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 2,7 och 8 kg/m².

Dock är det ekonomiska incitamentet svagt för genomförande av det paketet.

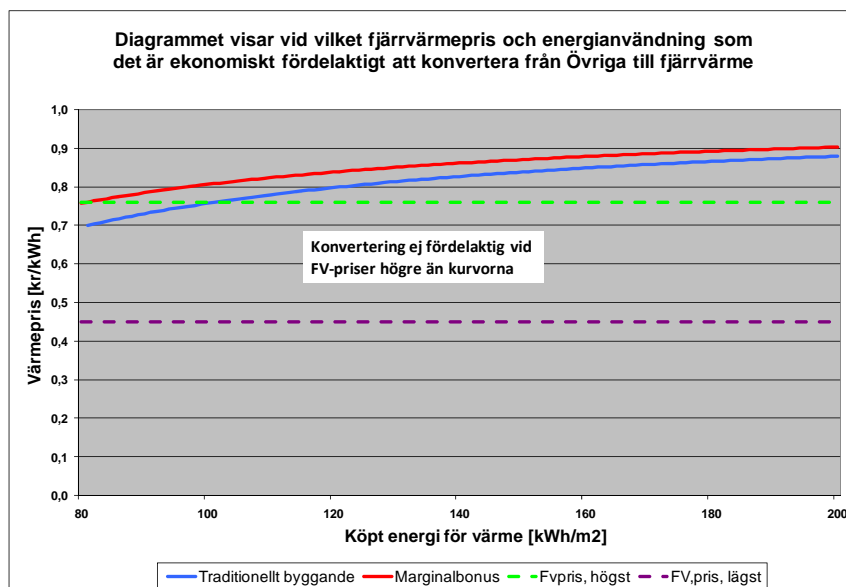


Figur 53: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett småhus uppvärmt med övriga. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 109-195 kWh/m².

Paket 3a Konvertering till fjärrvärme

Vid en konvertering från övriga till fjärrvärme är att mängden köpt energi är densamma. PE-faktorn och CO₂-faktorn för övriga är 1,54 och 179 g/kWh vilket i stort sett är mer ändra alla svenska fjärrvärmenät. Det är nästan alltid fördelaktigt ur en dessa synvinklar att konvertera från övriga till fjärrvärme.

Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt.

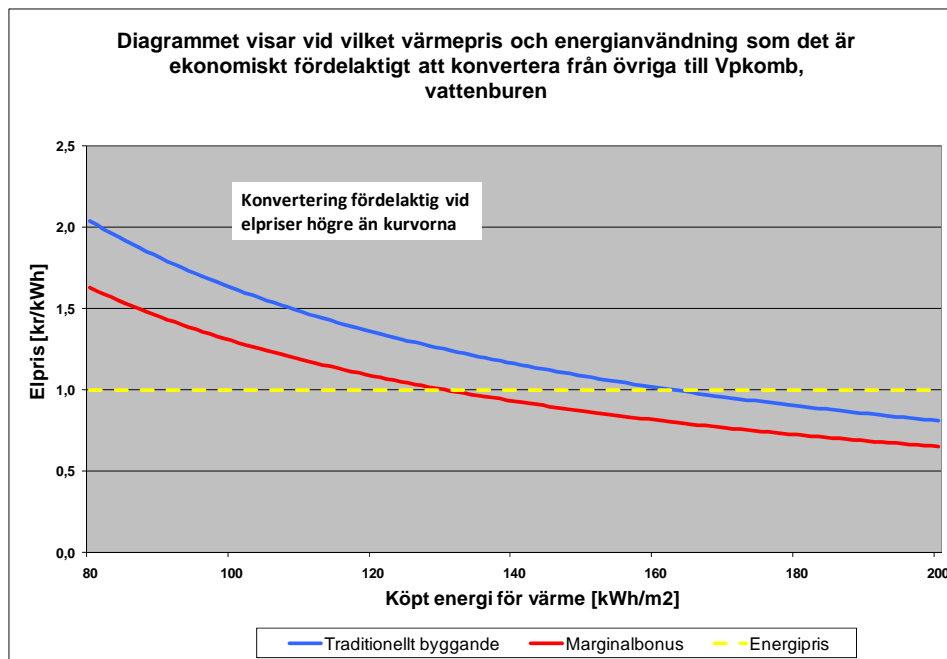


Figur 54: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett småhus uppvärmt med övriga.

Paket 3b Konvertering till värmepump

Vid en konvertering från övriga till värmepump med vattenburen distribution minskar mängden köpt energi med faktor 2,7 (värmepumpsinstallations COP). De faktorer som används för elanvändning är 2,5 (PE) och 360 g/kWh (CO₂) och när de divideras med 2,7 blir resultatet 0,93 respektive 133 g/kWh. Dessa faktorer är lägre än de som används för övriga och därmed är det alltid är fördelaktigt ur dessa synvinklar att konvertera från övriga till värmepump med vattenburen distribution.

Incitamentet för genomförande av konverteringar är starkt vid högre energianvändning. Livslängden på värmepumpen är i beräkningen ansatt till 15 år.



Figur 55: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett småhus uppvärmt med övriga.

BILAGA D: Flerbostadshus (åtgärder)

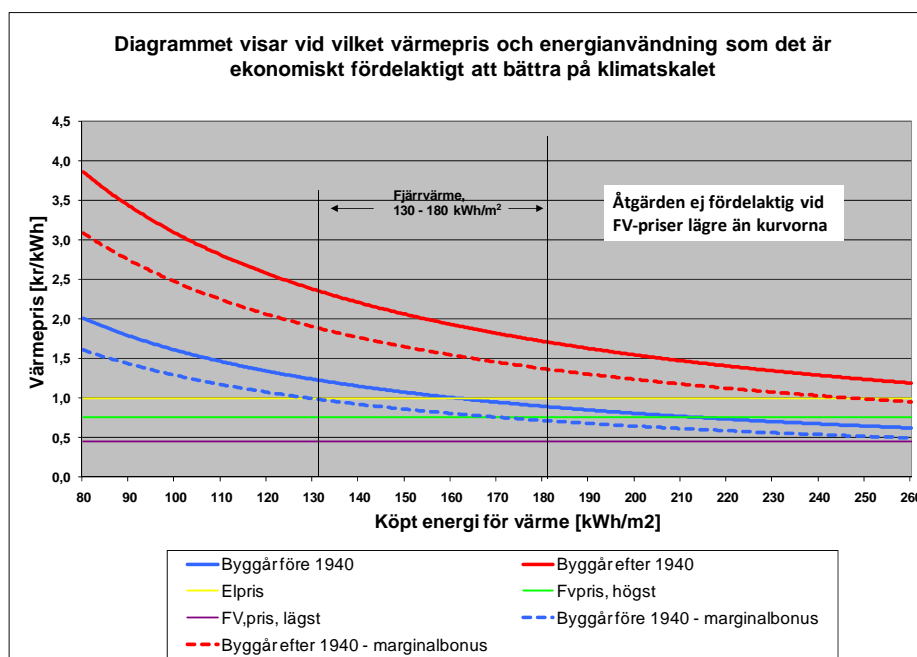
D.1.2.1 Flerbostadshus - Fjärrvärme

Paket 1

Dessa åtgärder fordrar mindre investeringar vilka som ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

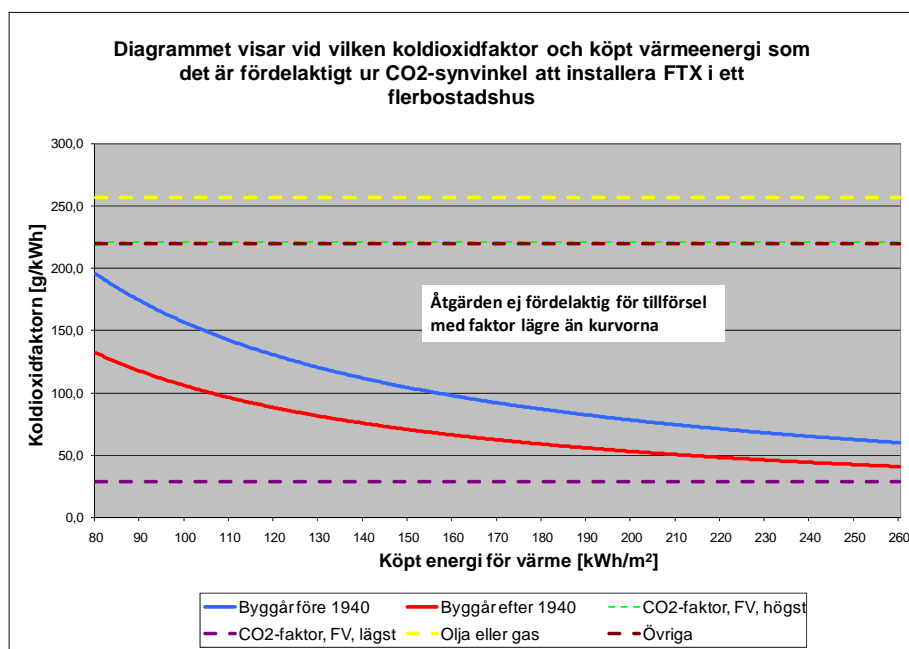
Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 130 kWh/m² och 180 kWh/m² vilket innebär att mellan 15,6 och 41,4 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Då faktorn för primärenergien och koldioxidutsläppen varierar mellan fjärrvärmenäten är det omöjligt att beräkna den maximala miljöpåverkan.

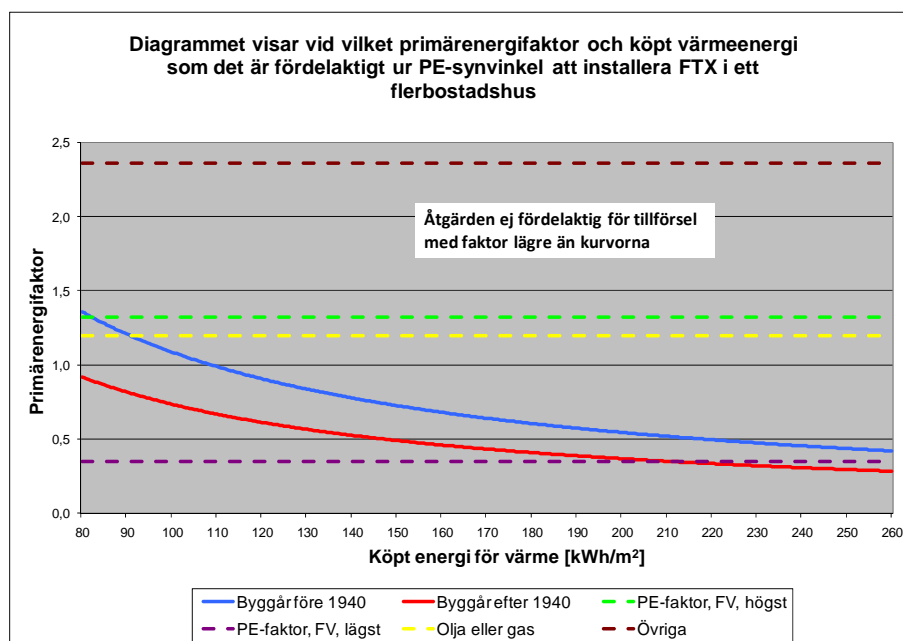


Figur 56: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett flerbostadshus uppvärmt med fjärrvärme. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 130-180 kWh/m².

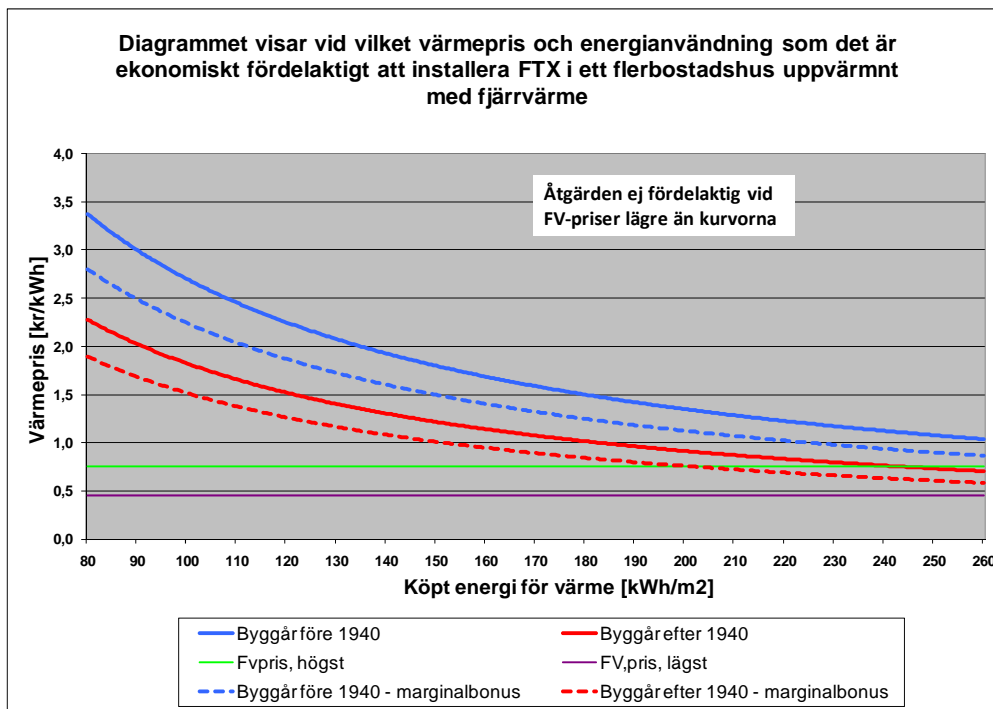
Paket 3a FTX Balanserad ventilation



Figur 57: Koldioxidfaktor vid vilken det är fördelaktigt ur koldioxidsynpunkt att genomföra paket 3a i flerbostadshus.



Figur 58: Primärenergifaktor vid vilken det är fördelaktigt ur primärenergisynpunkt att genomföra paket 3a i flerbostadshus.

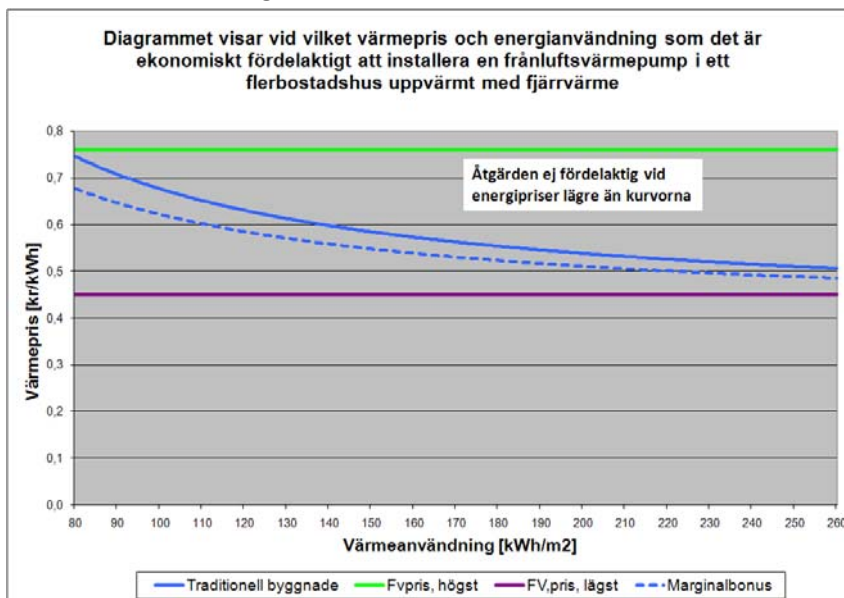


Figur 59: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett flerbostadshus uppvärmt med fjärrvärme.

Paket 3b Frånluftsvärmepump för värme och varmvatten

Användningen av primäre energi minskar om det befintliga systemets PE-faktor är >1 och utsläppen av CO₂ om systemets emissionsfaktor är > 144 g/kWh

Incitamentet är kraftigt ortsberoende



Figur 60: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett flerbostadshus uppvärmt med fjärrvärme.

D.1.2.2 Flerbostadshus – Olja eller gas

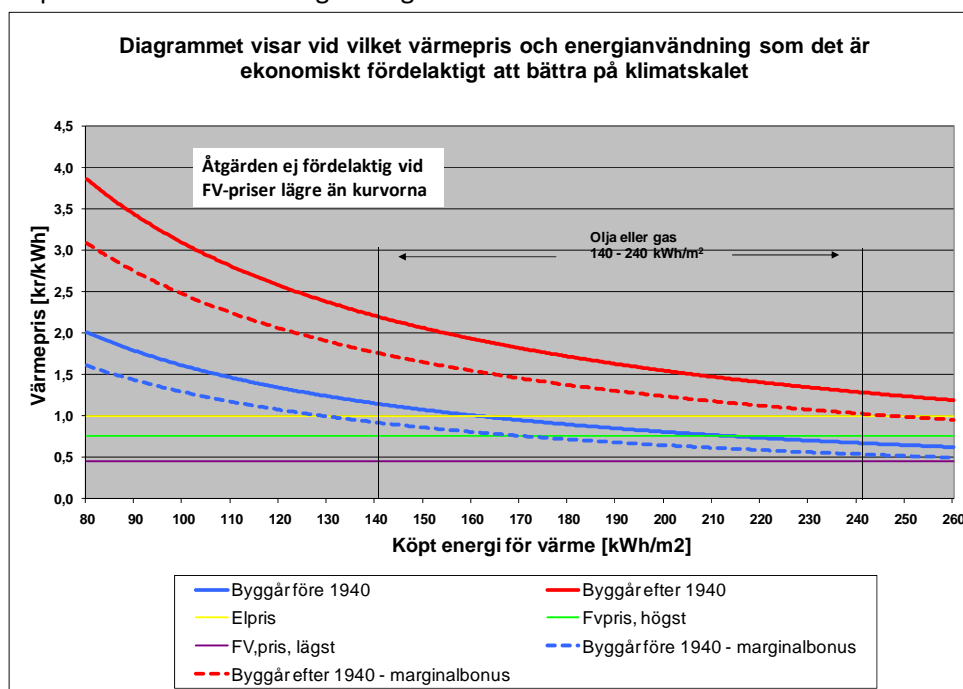
Paket 1

Dessa åtgärder fordrar mindre investeringar vilka som ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 140 kWh/m² och 240 kWh/m² vilket innebär att mellan 18,2 och 55,2 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 21,8 och 66,2 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 4,7 och 14,2 kg/m².

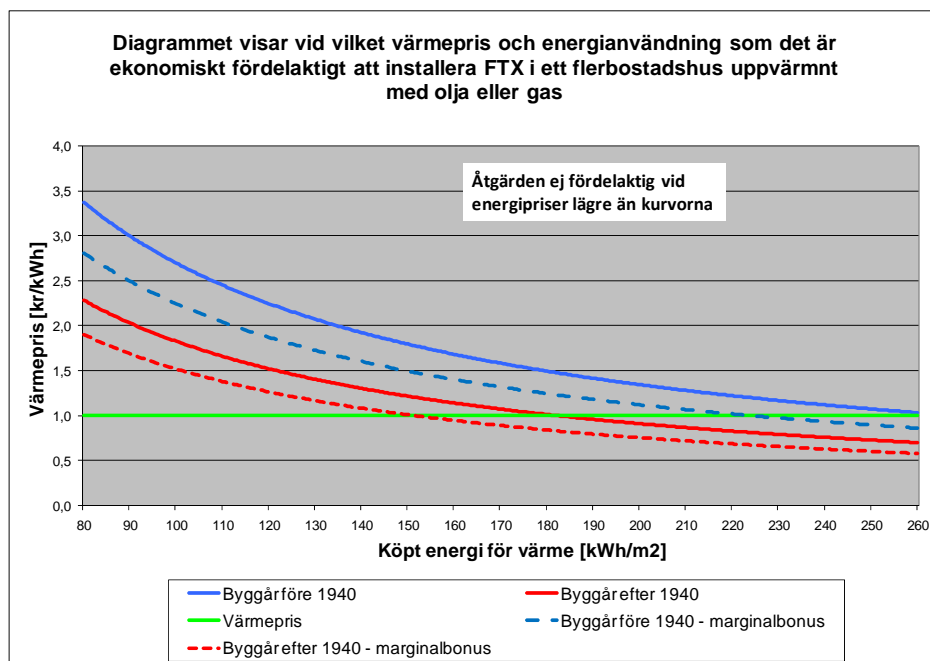
Incitamentet är starkt för äldre bebyggelse och i yngre beroende av möjligheterna att finna rätt tidpunkt då även andra åtgärder genomförs.



Figur 61: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett flerbostadshus uppvärmt med olja eller gas Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 140-240 kWh/m².

Paket 3a FTX Balanserad ventilation

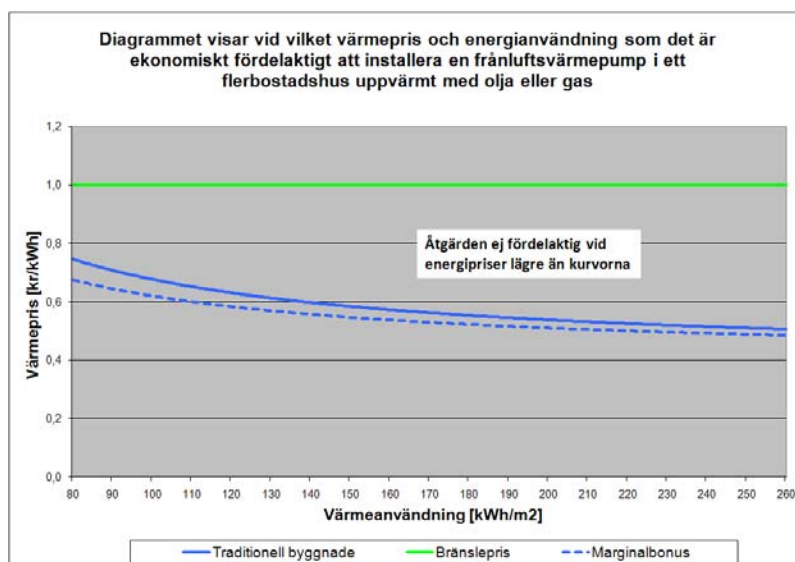
För analyser av hur paket 3a påverkar koldioxidfaktorn och primärenergifaktorn, var god se Figur 57 respektive Figur 58.



Figur 62: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett flerbostadshus uppvärmt med olja eller gas.

Paket 3b Frånluftsvärmepump för värme och varmvatten

Användningen av primäre energi minskar om det befintliga systemets PE-faktor är >1 och utsläppen av CO_2 om systemets emissionsfaktor är $> 144 \text{ g/kWh}$
Incitamentet är starkt för en sådan komplettering



Figur 63: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett flerbostadshus uppvärmt med olja eller gas.

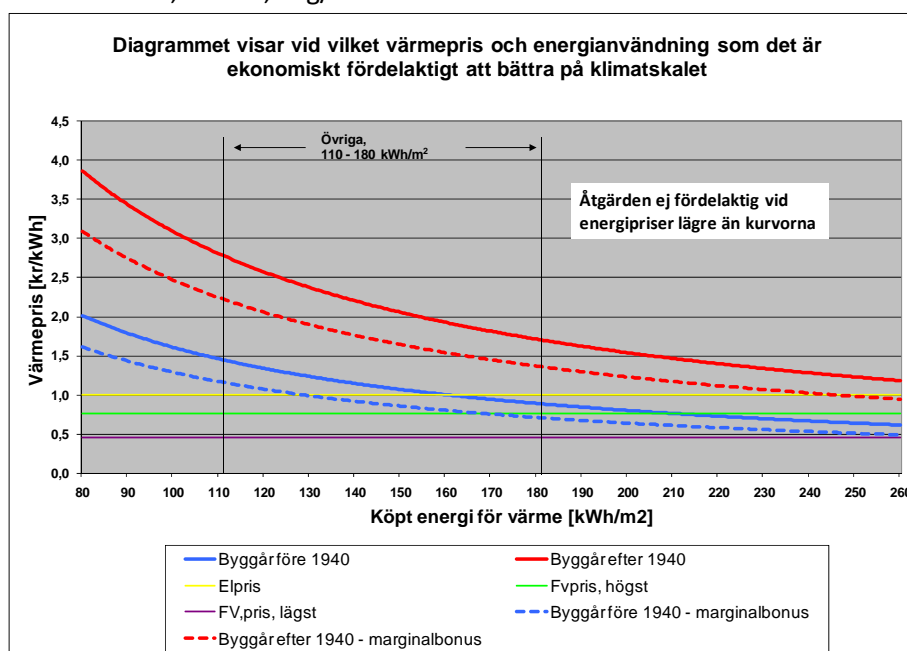
D.1.2.3. Flerbostadshus – Övriga

Paket 1

Dessa åtgärder fordrar mindre investeringar vilka som ger omedelbara besparingar om avskrivningstiden (livslängden) är längre än några år (5-10).

Paket 2 Isolering av vindsbjälklag och byte av fönster

Paket 2 innebär att värmeanvändningen minskar utan att det tillkommer någon extra elenergi och därmed minskar både primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen. Det statistiska underlaget från SCB visar på att värmeanvändningen varierar mellan 110 kWh/m² och 180 kWh/m² vilket innebär att mellan 15,4 och 41,4 kWh/m² kan sparas om paket 2 genomförs. Detta leder till att minskningen av primärenergi varierar mellan 36,3 och 97,7 kWh/m² och koldioxidutsläppen minskar med mellan 3,4 och 9,1 kg/m².

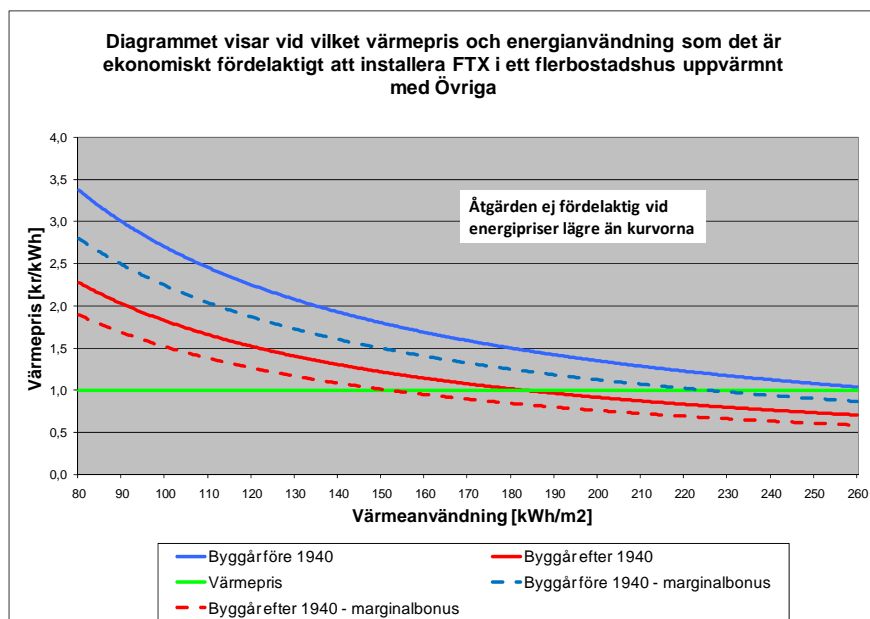


Figur 64: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 2 för ett flerbostadshus uppvärmt med övriga. Som figuren visar är värmeanvändningen enligt SCB:s statistik mellan 110-180 kWh/m².

Gällande den ekonomiska synvinkeln måste en analys genomföras (se tidigare analyser)

Paket 3a FTX Balanserad ventilation

För analyser av hur paket 3a påverkar koldioxidfaktorn och primärenergifaktorn, var god se Figur 57 respektive Figur 58.

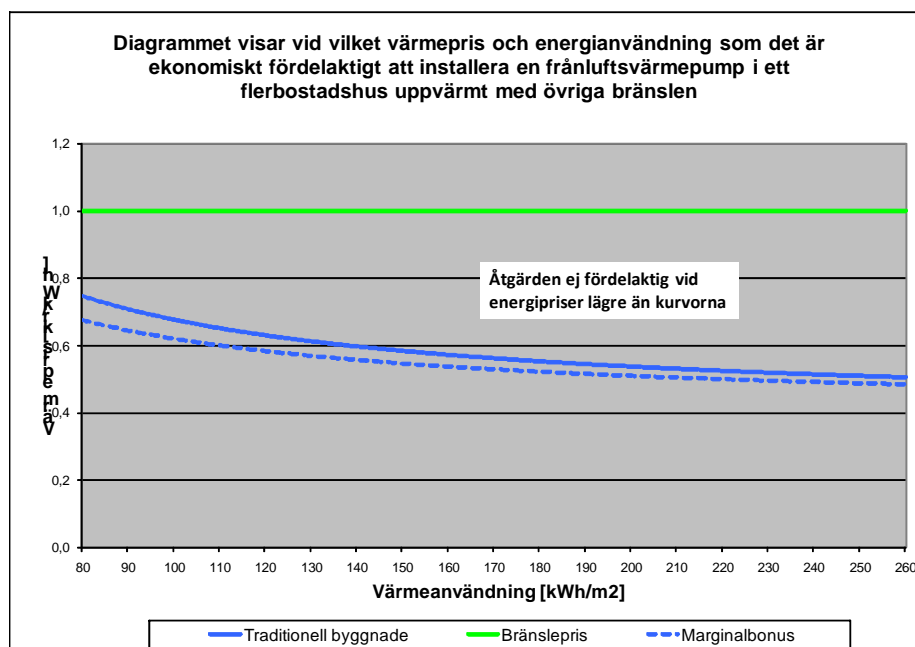


Figur 65: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3a för ett flerbostadshus uppvärmt med övriga.

Paket 3b Frånluftsvärmepump för värme och varmvatten

Användningen av primäre energi minskar om det befintliga systemets PE-faktor är >1 och utsläppen av CO₂ om systemets emissionsfaktor är > 144 g/kWh

Incitamentet är starkt för en sådan komplettering



Figur 66: Värmepris då det är ekonomiskt fördelaktigt att genomföra paket 3b för ett flerbostadshus uppvärmt med övriga.

BILAGA E: Bebyggelsen i Sverige (Tillståndet m.a.p. primärenergi och koldioxidutsläpp)

Bebyggelsemassan utgångsläget

Alla uppgifter om bebyggelse o detta avsnitt innefattar även elanvändningen för att på så sätt ge en uppfattning om hur omfattande bebyggelsens miljöpåverkan är.

Statistiken från SCB är uppdelat på tre åldersklasser, för varje byggnadstyp (småhus, flerbostadshus och lokaler) och uppvärmningsalternativ (fjärrvärme, luftvärmepump, direktel etc.).

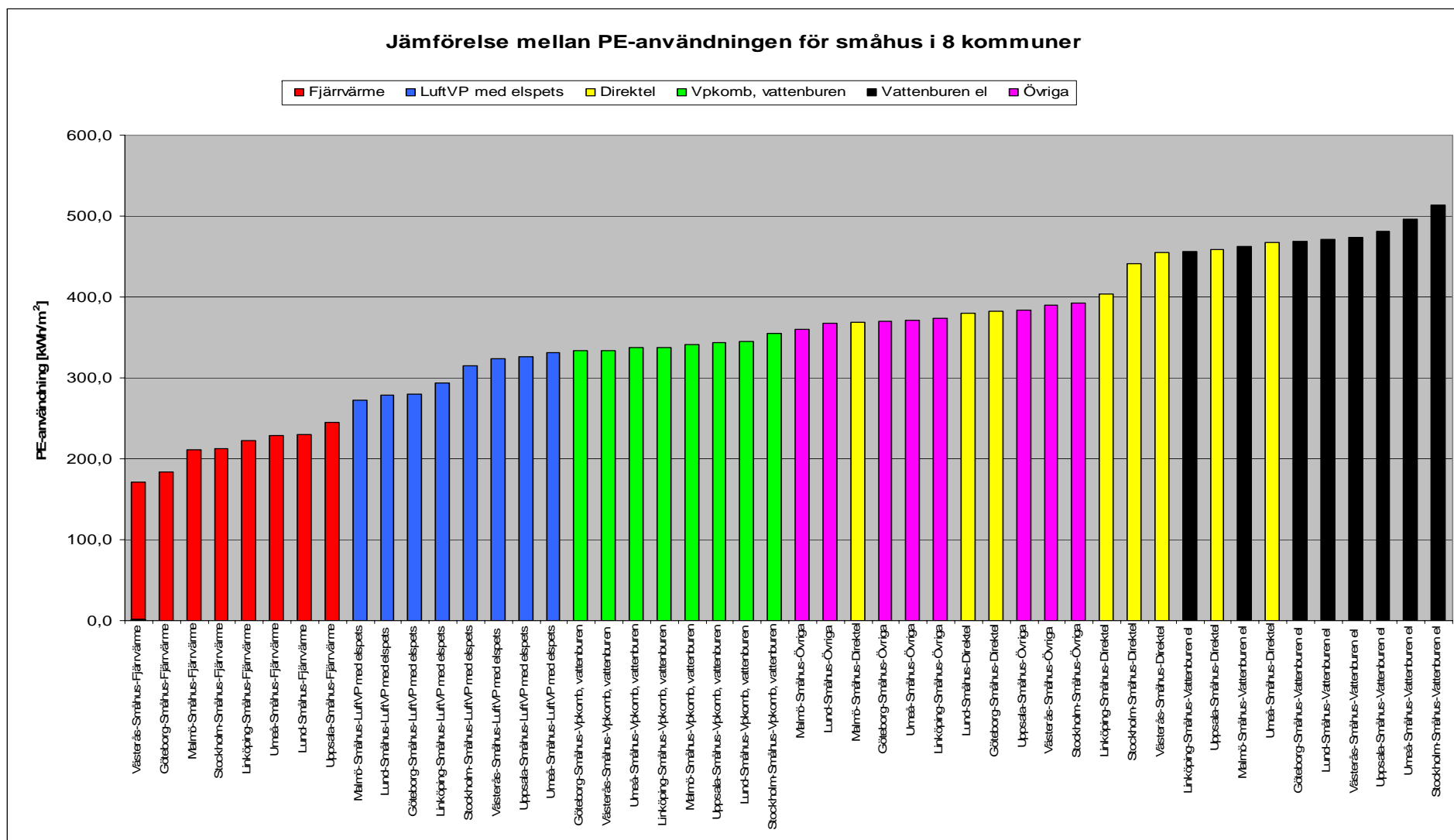
Genom att multiplicera energianvändningen för varje byggnadstyp och dess respektive faktor (antingen primärenergi eller koldioxid) och med dess area blir produkten den totala primärenergianvändningen och koldioxidutsläppen för den kombinationen. Detta upprepas sedan för varje ålderklass och dess tre värden summeras därefter. Denna summa motsvarar därmed den totala primärenergianvändningen respektive koldioxidutsläppen för alla åldersklasser för en byggnadstyp och dess uppvärmningsalternativ. Därefter har denna summa dividerats med den totala area och kvoten som då beräknas blir medelprimärenergianvändningen och medelkoldioxidutsläppen för den specifika byggnadstypen och dess uppvärmningsalternativ.

Detta genomförs sedan för alla möjliga kombination och därefter sorteras dessa värden för att på så sätt få fram tydlig bild vilka kombinationer som har lägst respektive högst miljöpåverkan.

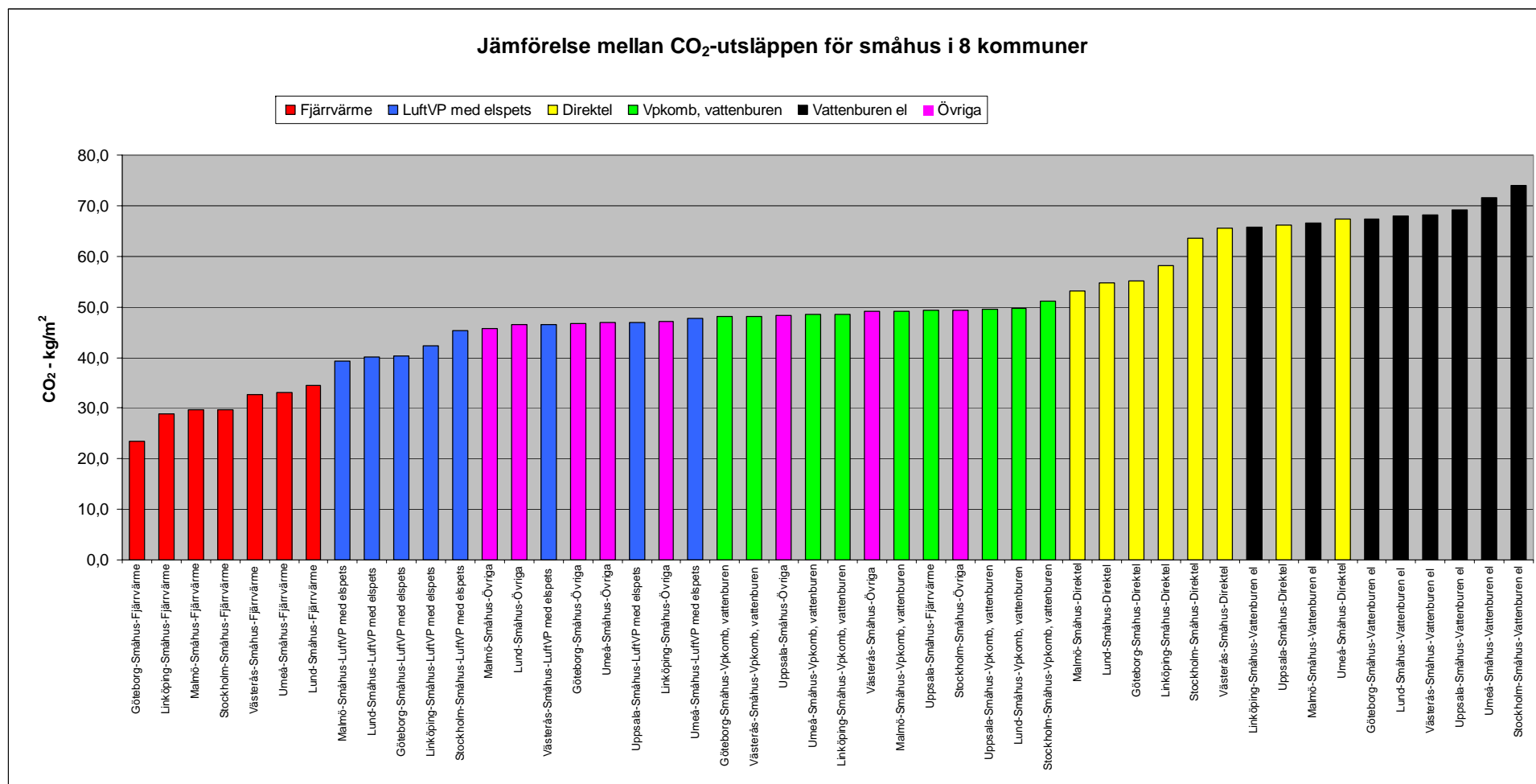
Småhus

Som det går att utläsa ur figurerna 67 och 69 nedan spelar energianvändningen mindre roll när det gäller primärenergianvändningen, istället är det uppvärmningssättet som spelar mest roll när det kommer till primärenergianvändningen.

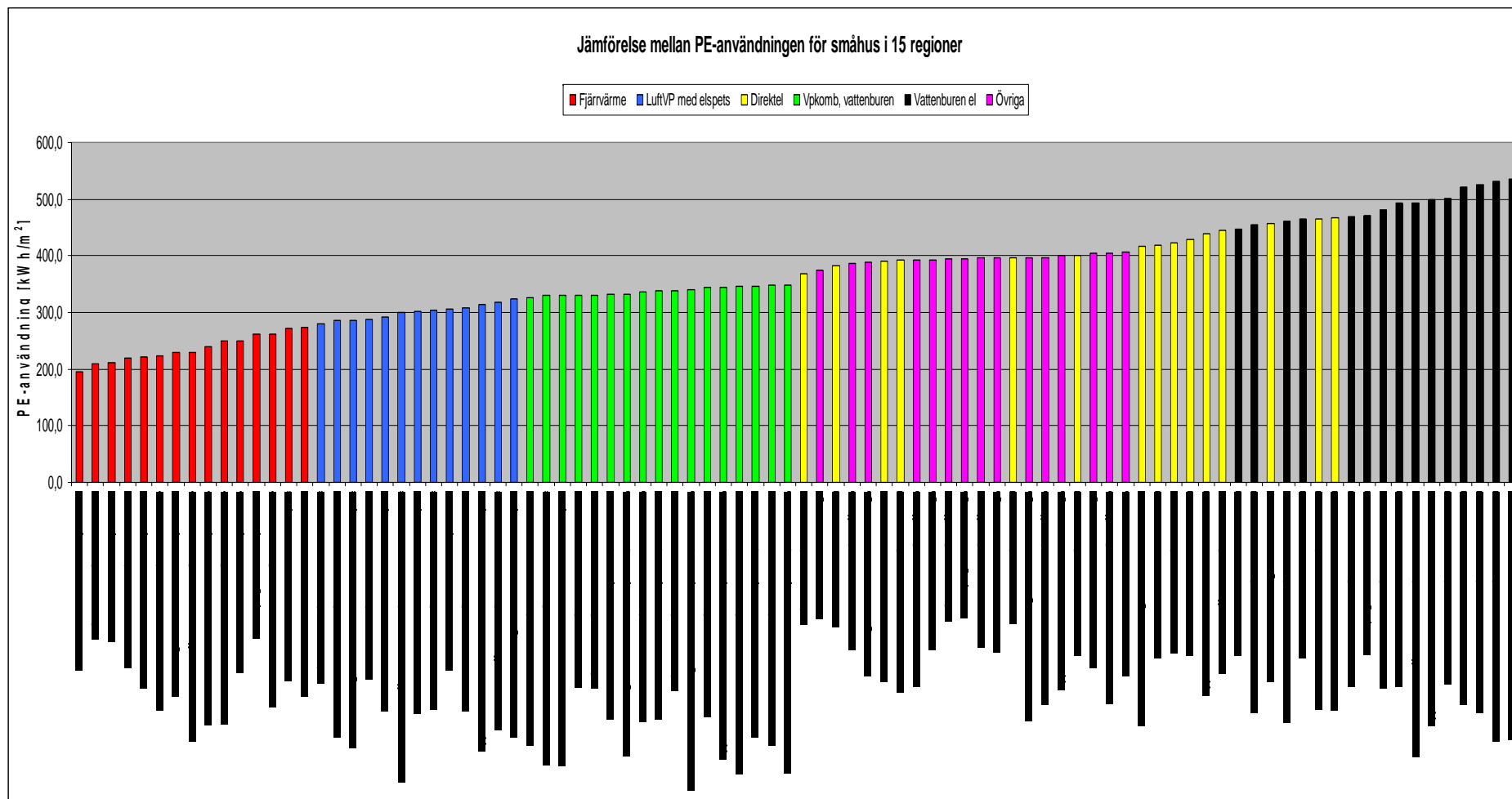
Som det går att utläsa ur figurerna 68 och 70 är det uppvärmningsalternativet den viktigaste parametern när det kommer till att avgöra koldioxidutsläppen.



Figur 67: Primärenergianvändningen för småhus i de 8 kommunerna.

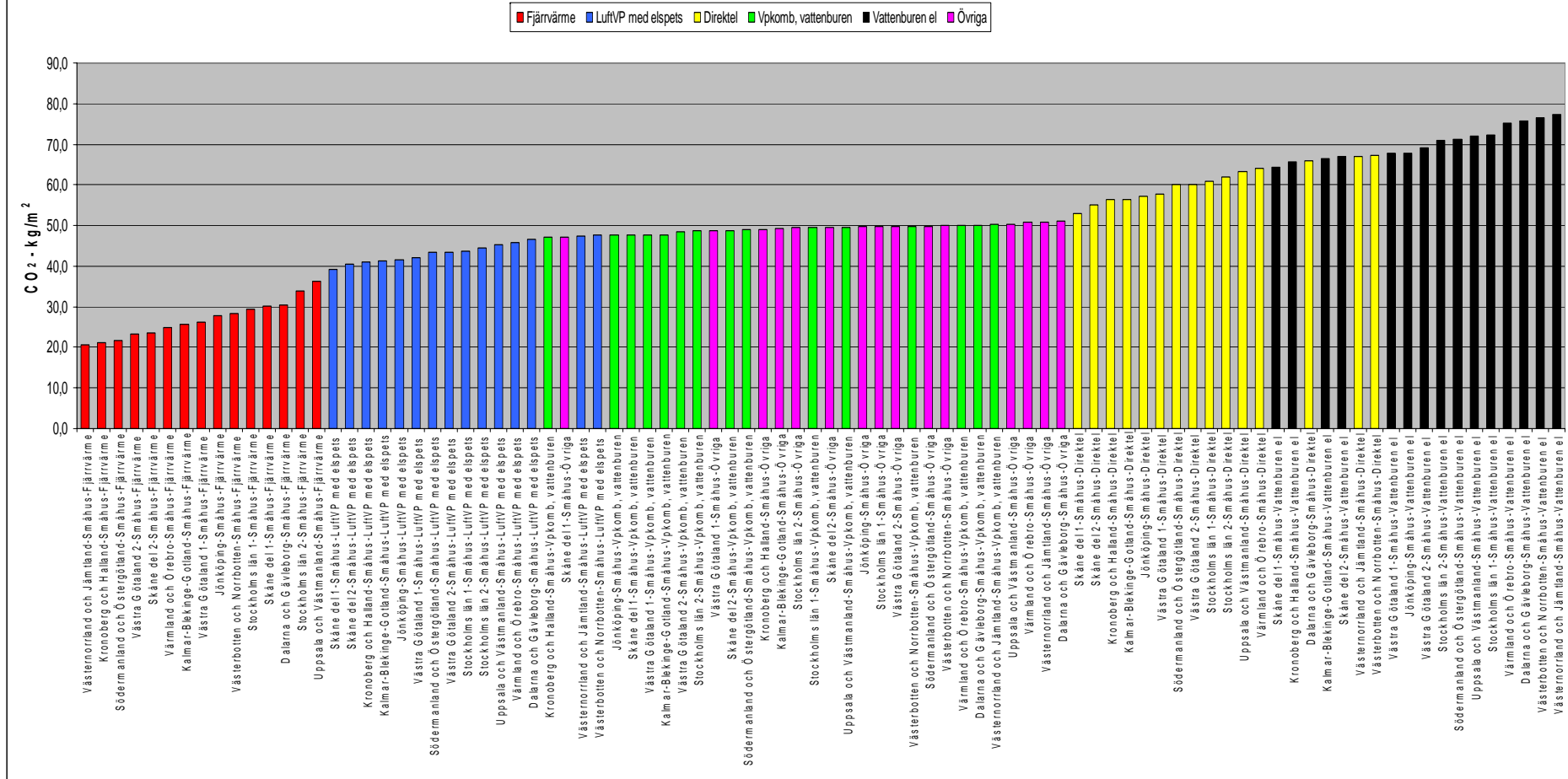


Figur 68: Koldioxidutsläppen från småhus i de 8 kommunerna.



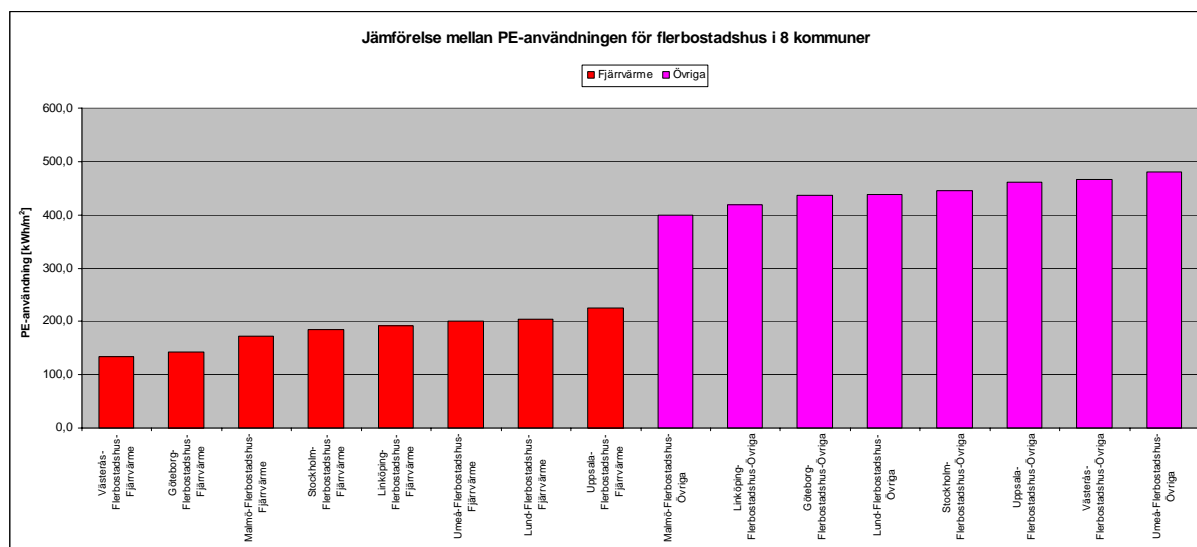
Figur 69: Primärenergianvändningen för småhus i de 15 regionerna.

Jämförelse mellan CO₂-utsläppen för småhus i 15 regioner



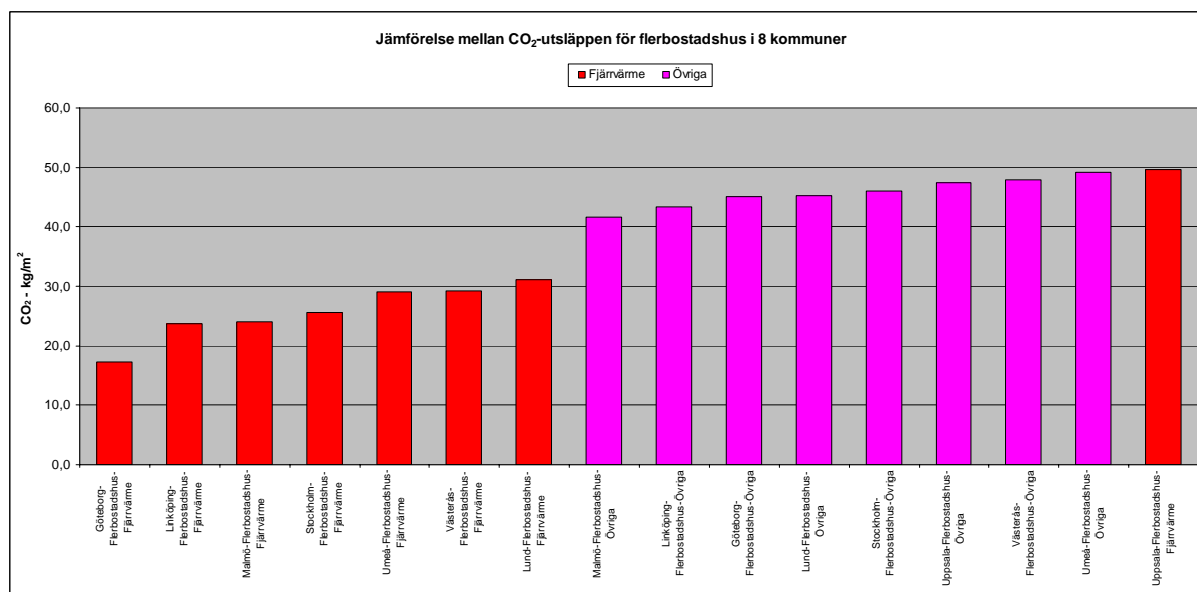
Figur 70: Koldioxidutsläppen från småhus i de 15 regionerna.

Flerbostadshus



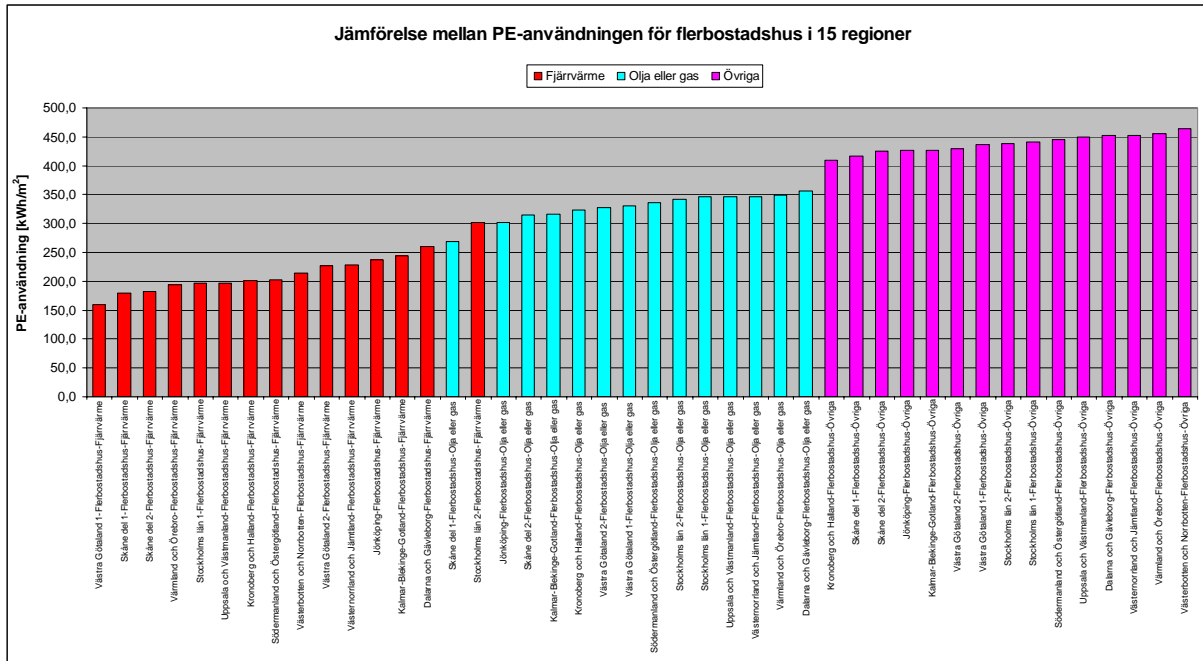
Figur 71: Primärenergianvändningen för flerbostadshus i de 8 kommunerna.

Som det går att utläsa är primärenergianvändningen lägst för de flerbostadshusen som är uppvärmda med fjärrvärme, därmed visar det sig att det är uppvärmningsalternativet som är viktigare än energianvändningen.



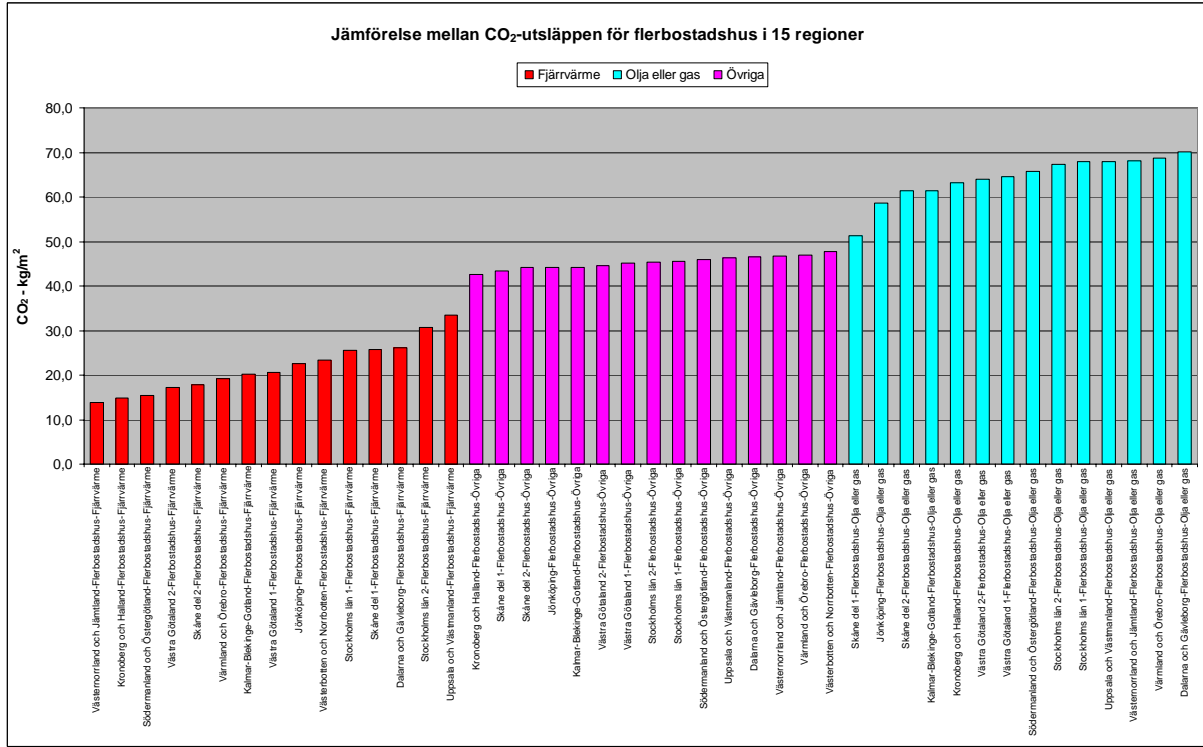
Figur 72: Koldioxidutsläppen för flerbostadshusen i de 15 kommunerna.

Även denna figur visar det uteslutande är flerbostadshus uppvärmda med fjärrvärme som har de lägsta koldioxidutsläppen, dock med ett undantag och det är Uppsala. Anledningen till detta är att fjärrvärmemixen i Uppsala innehåller mycket torv som vid förbränning släpper ut mycket koldioxid. Detta är ytterligare ett bevis på att uppvärmningsalternativet är viktigare än energianvändningen.



Figur 73: Primärenergianvändningen för flerbostadshus i de 15 regionerna.

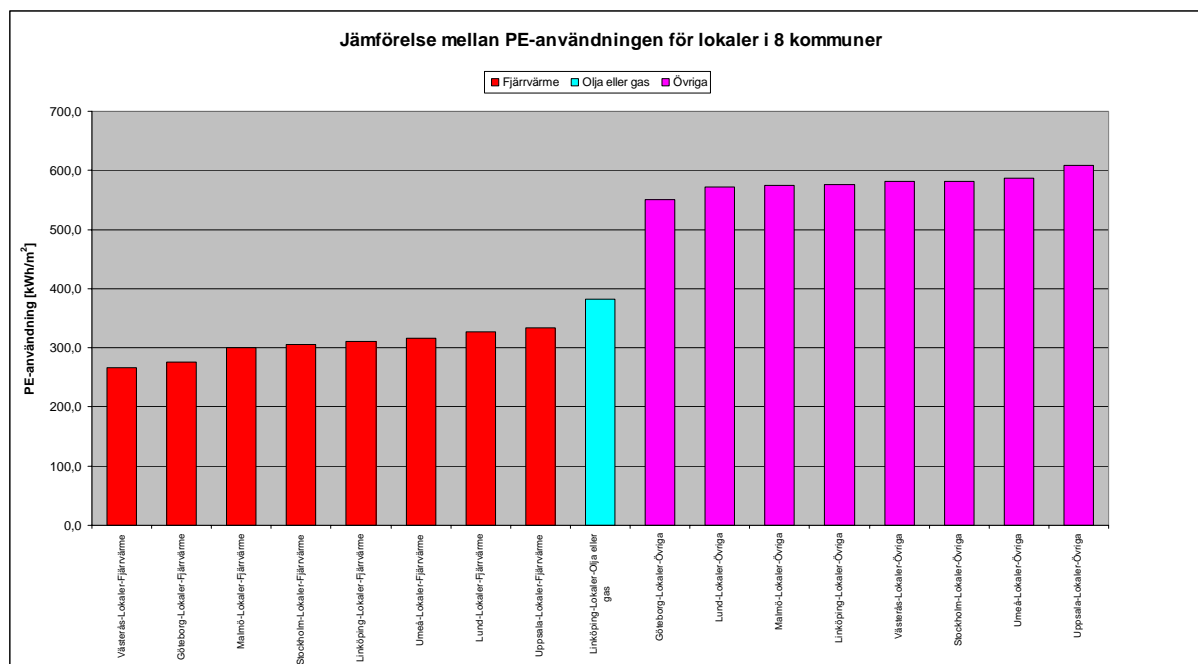
Som det går att utläsa är primärenergianvändningen lägst för de flerbostadshusen som är uppvärmda med fjärrvärme, därefter olja eller gas och slutliga övriga uppvärmningsalternativ. Undantaget är i Stockholm del 2 där primärenergianvändningen är högre om flerbostadshusen är uppvärmt med fjärrvärme än olja eller gas och det beror på den högra primärenergifaktorn som finns i regionens fjärrvärmenät.



Figur 74: Koldioxidutsläppen för flerbostadshusen i de 15 regionerna.

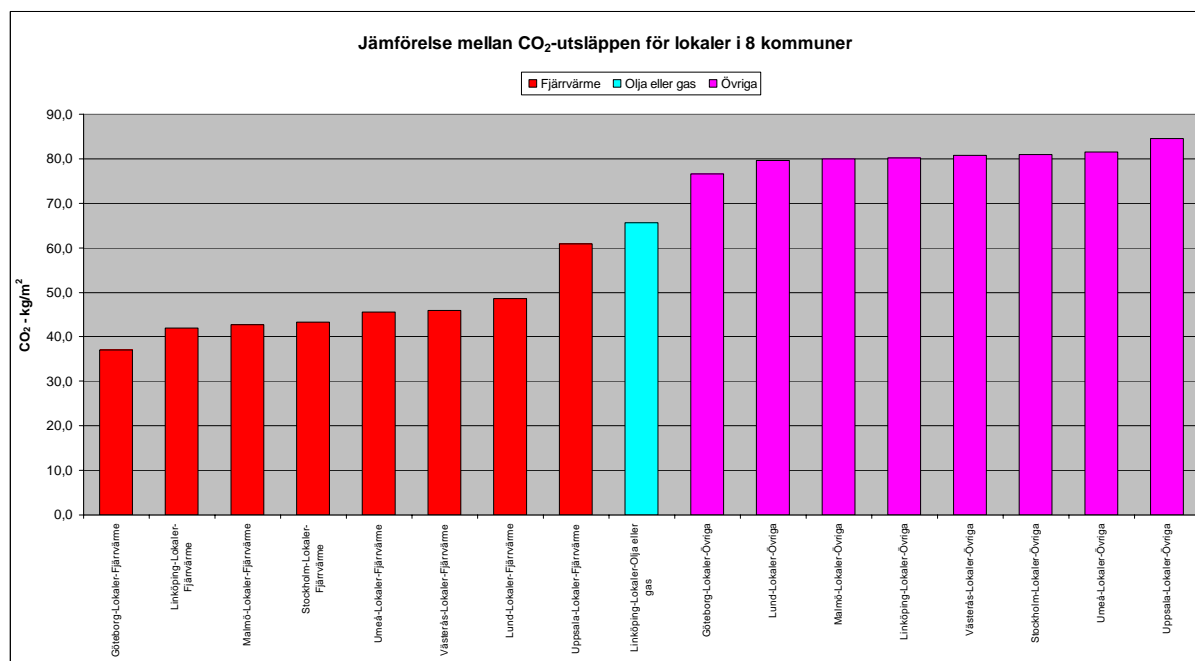
Det är flerbostadshusen uppvärmda med fjärrvärme som har de lägsta utsläppen av koldioxid följt av övriga bränslen och slutliga olja eller gas.

Lokaler



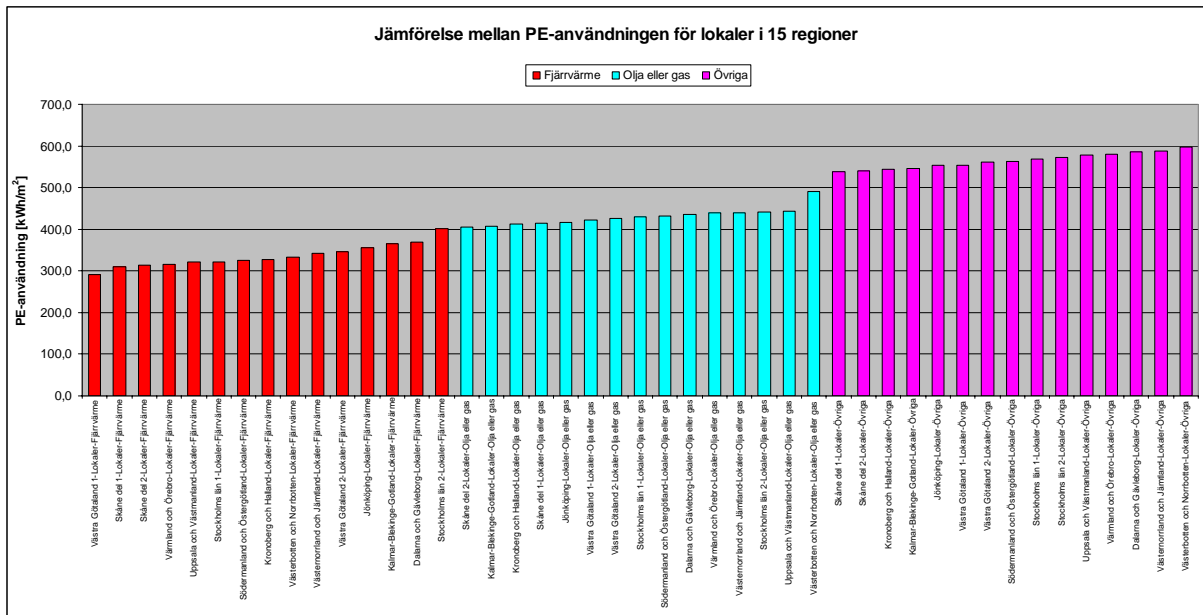
Figur 75: Primärenergianvändningen för lokalerna i de 8 kommunerna.

Som figuren visar har lokalerna uppvärmda med fjärrvärme lägst primärenergianvändning följt av olja och gas och slutliga övriga bränslen som har högst primärenergianvändning.



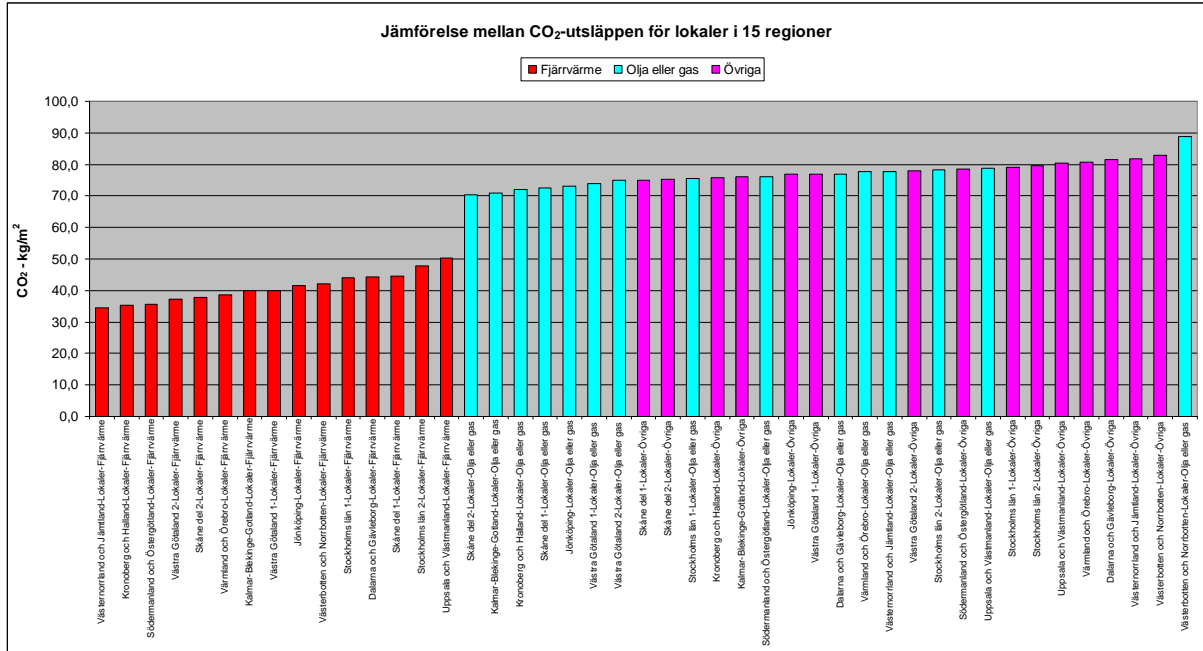
Figur 76: Koldioxidutsläppen för lokalerna i de 8 kommunerna.

Som figuren visar har lokalerna uppvärmda med fjärrvärme lägst koldioxidutsläppt följt av olja eller gas och slutligen övriga bränslen.



Figur 77: Primärenergianvändningen för lokalerna i de 15 regionerna.

Som figuren visar har lokalerna uppvärmda med fjärrvärme lägst primärenergianvändning följt av olja och gas och slutligen övriga bränslen som har högst primärenergianvändning.



Figur 78: Koldioxidutsläppen för lokalerna i de 15 regionerna.

Som figuren visar har lokalerna uppvärmda med fjärrvärme lägst koldioxidutsläppt följt av olja eller gas och slutligen övriga bränslen. Dock är det en uppbländning mellan olja och gas samt övriga men det är tydlig fördelning dem emellan framstår ändå.

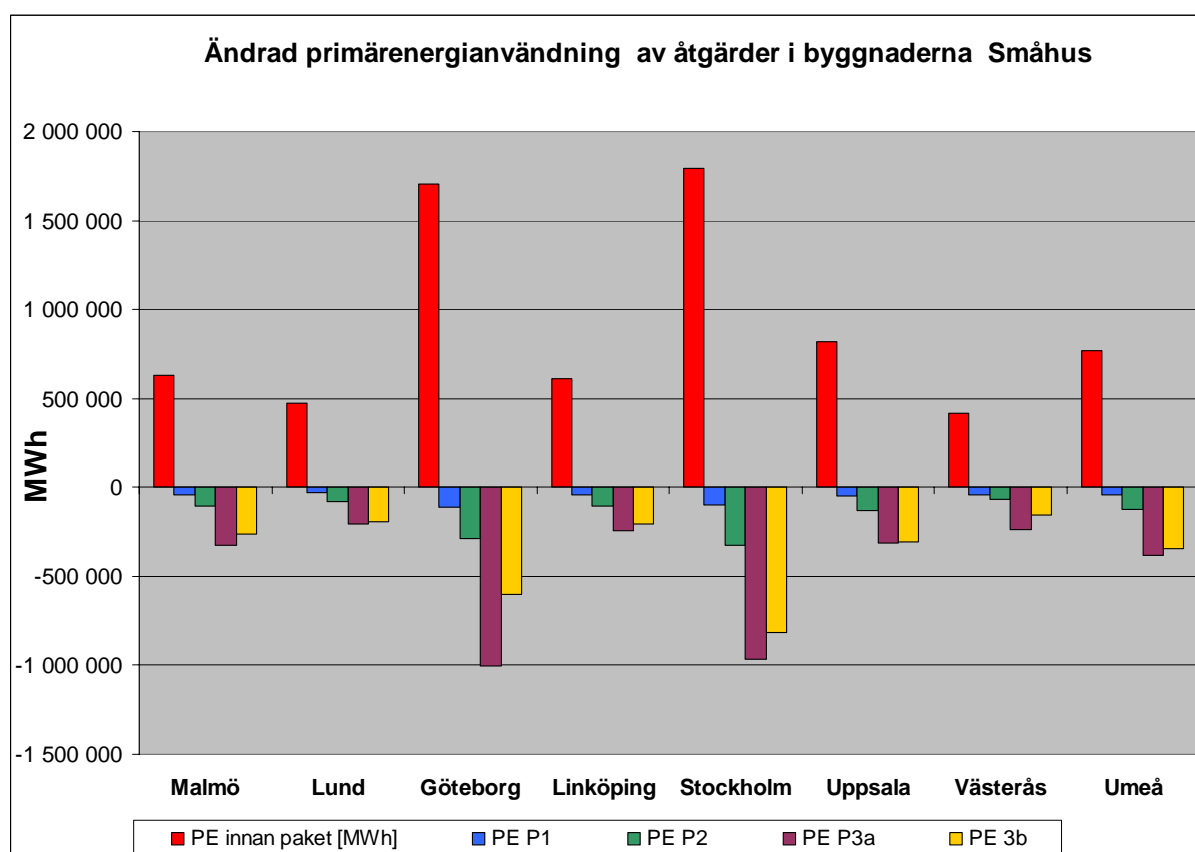
BILAGA F: Bebyggelsen i Sverige (Förändringsmöjligheter i byggnader)

Bebyggelsemassan, påverkan av byggnadspaket

Redovisningen i detta avsnitt avser endast uppvärmningsenergin utan hushålls, och verksamhetsel, för att på sås sätt ge en tydligare uppfattning av hur stor påverkan åtgärderna i byggnaderna kan vara.

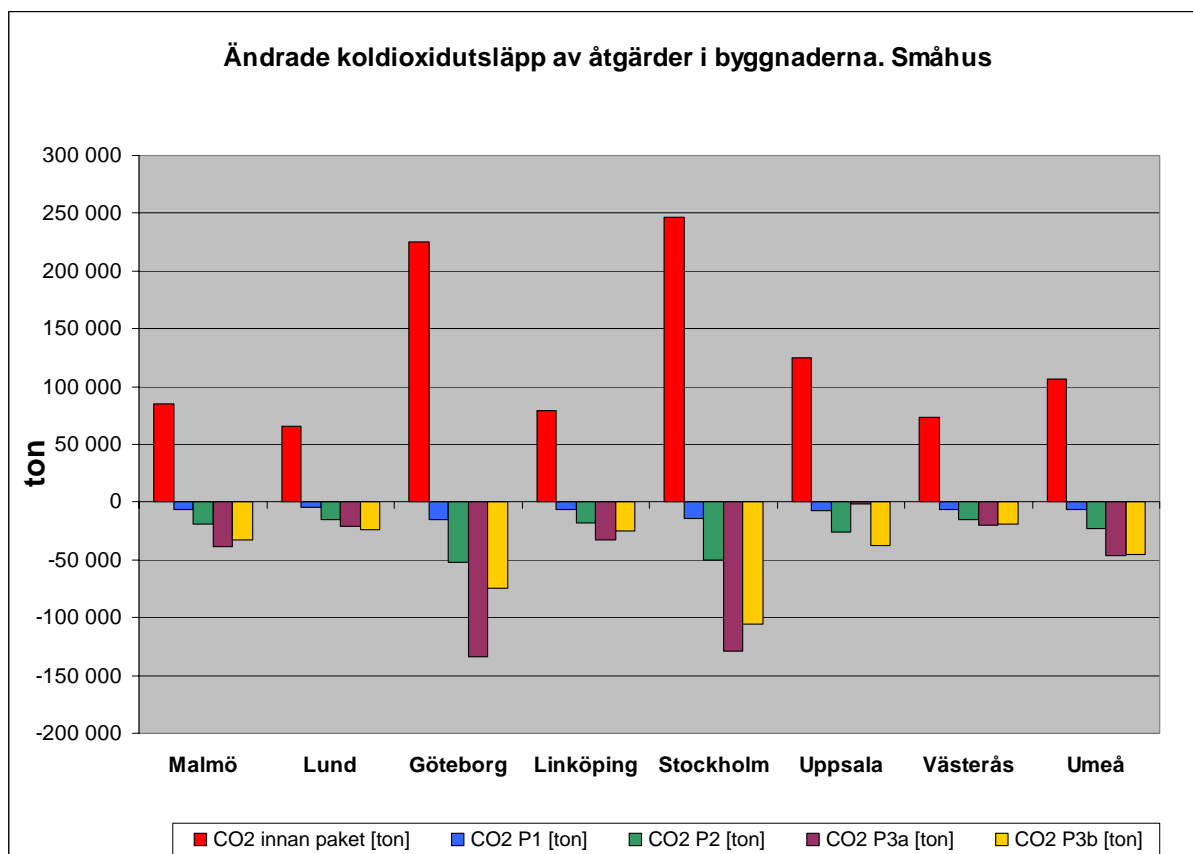
Åtgärderna redovisas separat (paket för paket). Vi ett genomförande av flera paket måste deras påverkan adderas till varandra.

Småhus



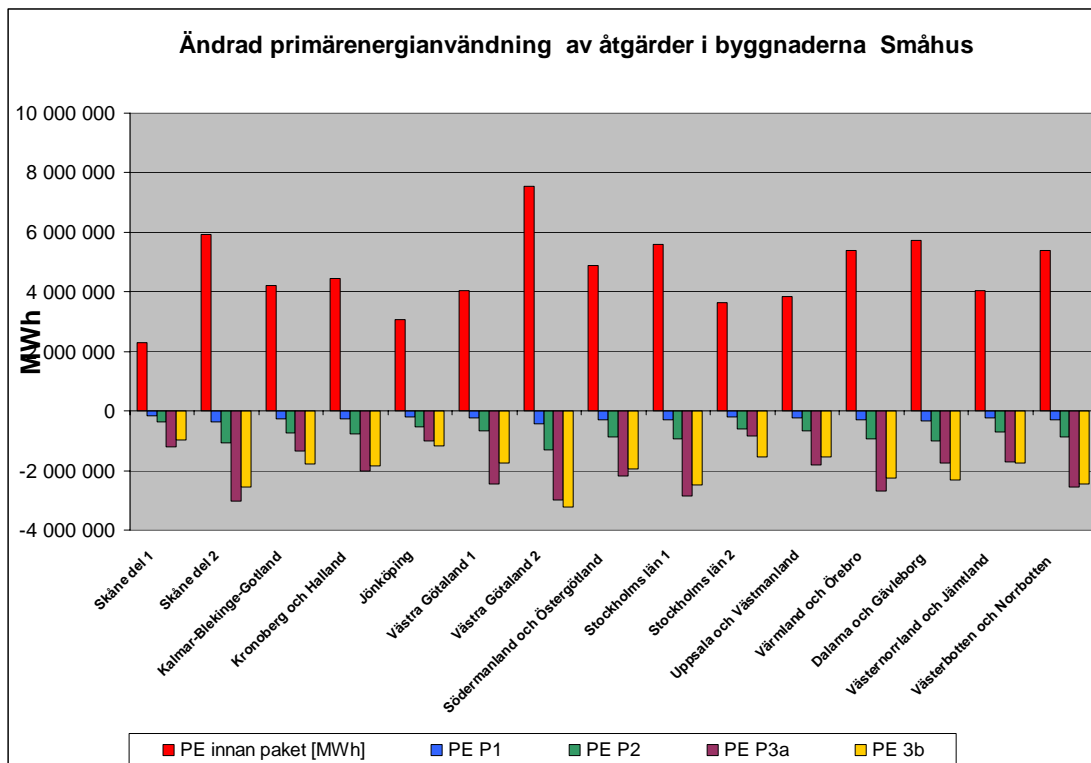
Figur 79: Förändringspotentialen för att minska primärenergianvändningen för småhus i de 8 kommunerna.

Paket 3a visar på störst minskning av primärenergien och paket 3a innebär konvertering till fjärrvärme vilket är sannolikt och logiskt då fjärrvärmerna nästan alltid har lägst primärenergifaktor.

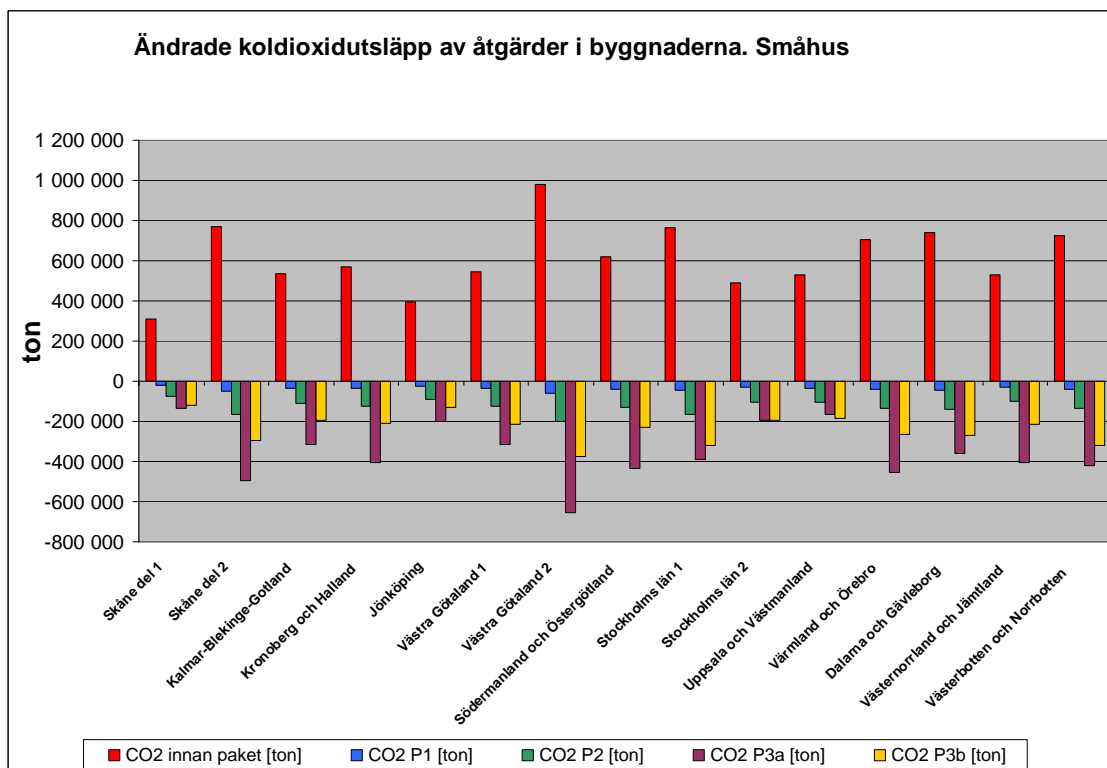


Figur 80: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för småhus i de 8 kommunerna.

Paket 3a visar på störst minskning av koldioxidutsläppen och paket 3a innebär konvertering till fjärrvärme vilket är sannolikt och logiskt då fjärrvärmerna nästan alltid har lägst koldioxidfaktor.

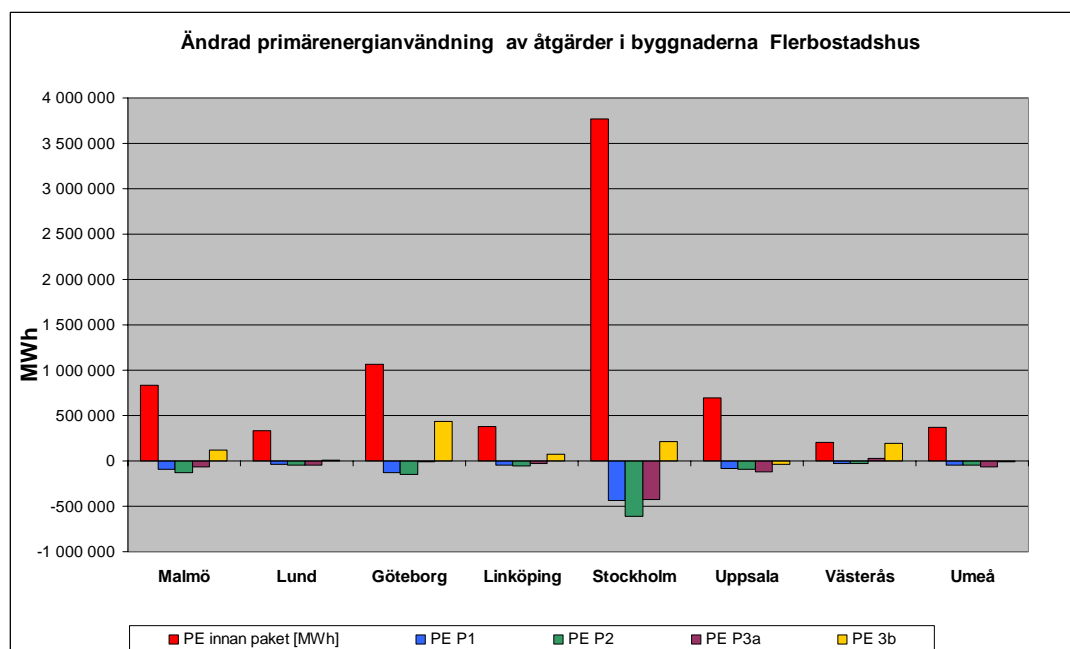


Figur 81: Förändringspotentialen för att minska primärenergieanvändningen för småhus i de 15 regionerna.



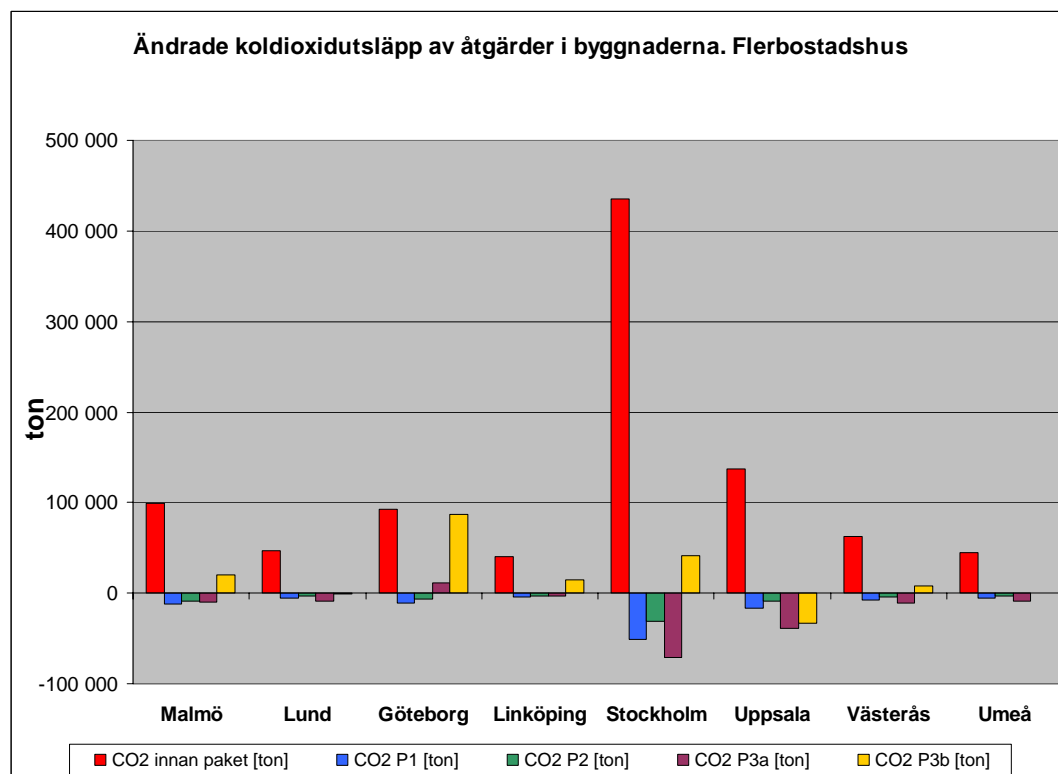
Figur 82: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för småhus i de 15 regionerna.

Flerbostadshus



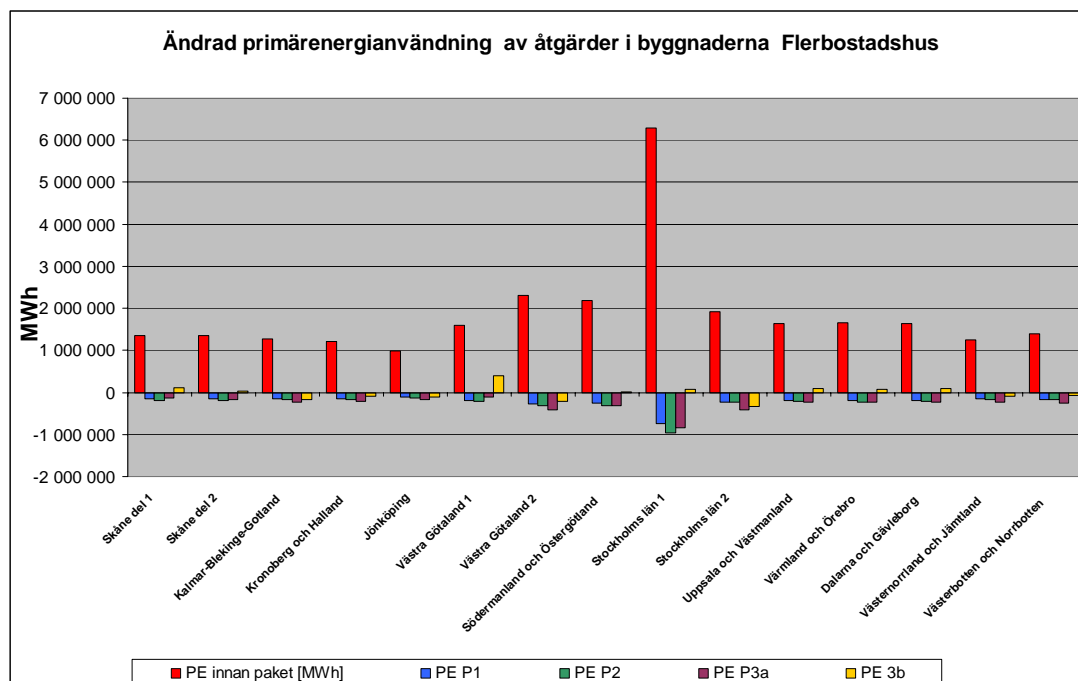
Figur 83: Förändringspotentialen för att minska primärenergianvändningen för flerbostadshus i de 8 kommunerna.

Som det går att utläsa ur figuren leder paket 3b inom vissa fjärrvärmenät till ökad primärenergianvändning.

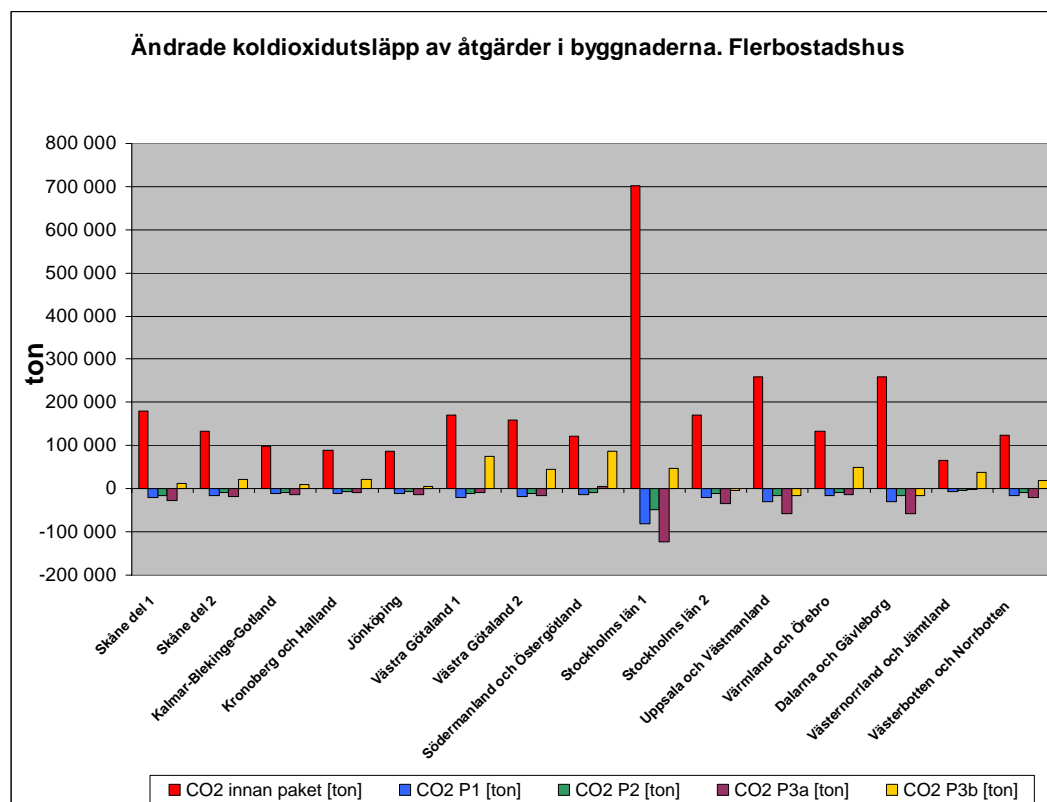


Figur 84: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för flerbostadshus i de 8 kommunerna.

Som det går att utläsa ur figuren leder paket 3b inom vissa fjärrvärmenät ibland till ökat koldioxidutsläpp.

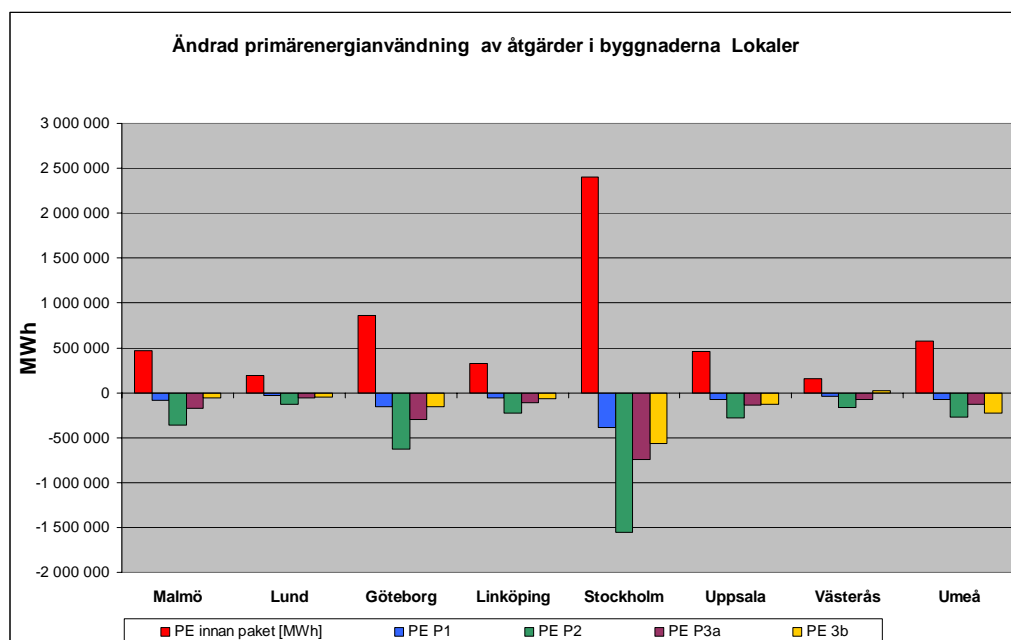


Figur 85: Förändringspotentialen för att minska primärenergianvändningen för flerbostadshus i de 15 regionerna.



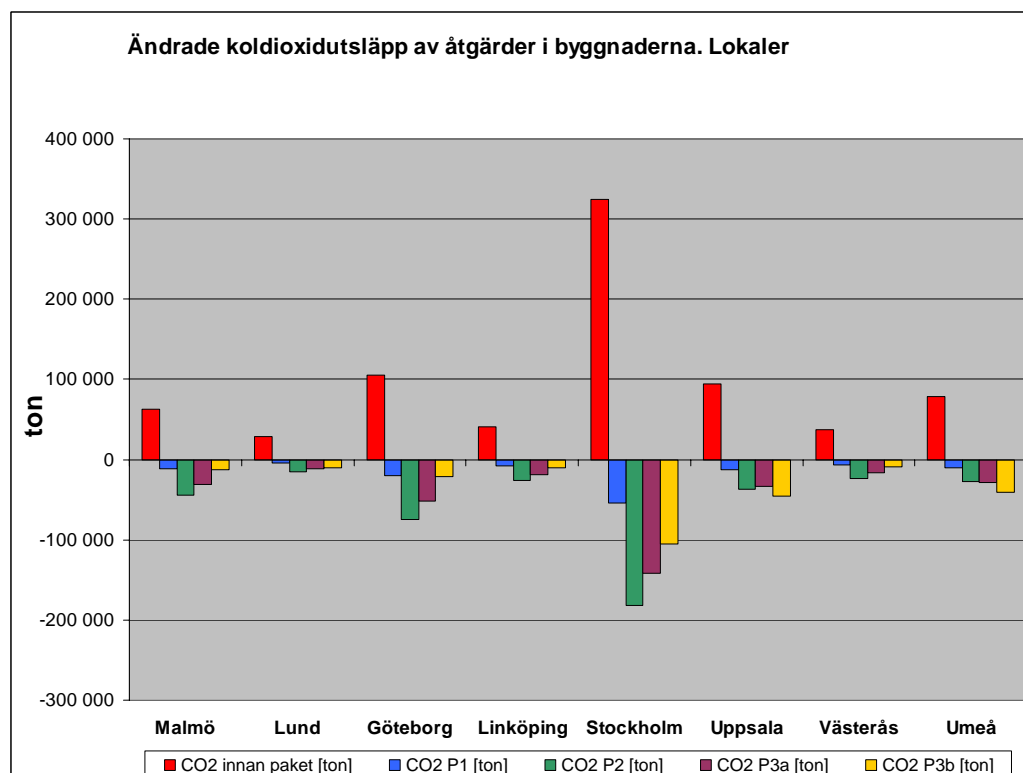
Figur 86: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för flerbostadshus i de 15 regionerna.

Lokaler



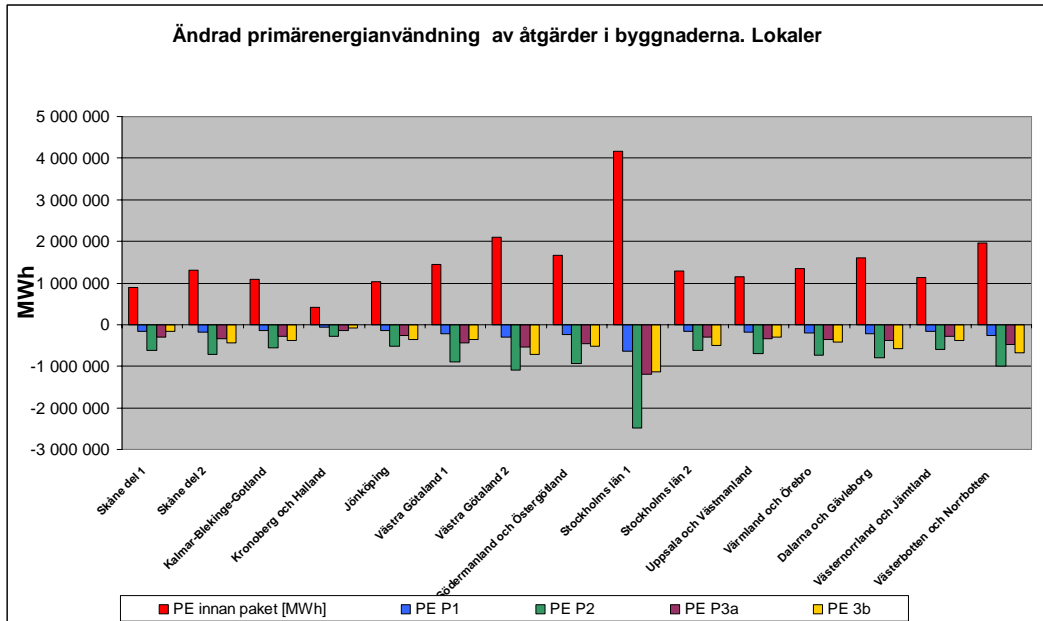
Figur 87: Förändringspotentialen för att minska primärenergieanvändningen för lokalerna i de 8 kommunerna.

Störst förändring sker i paket 2 tack vare att en kraftig besparing sker av elanvändningen.

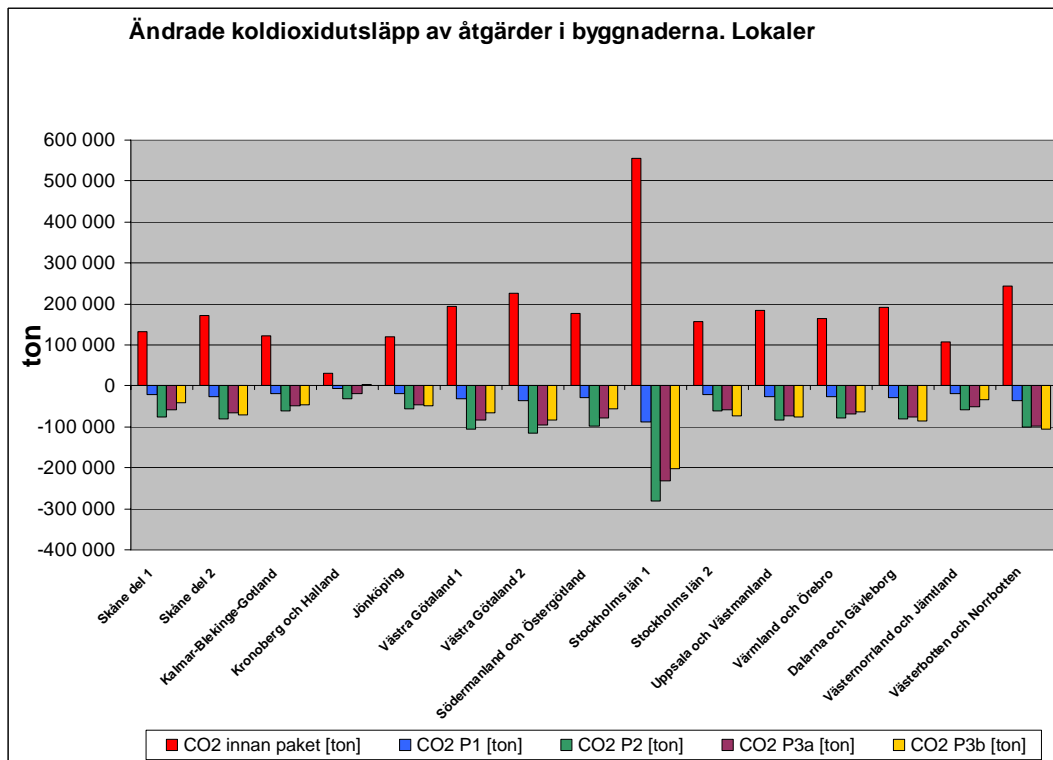


Figur 88: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för lokalerna i de 8 kommunerna.

Störst förändring sker i paket 2 tack vare att en kraftig besparing sker av elanvändningen.



Figur 89: Förändringspotentialen för att minska primärenergianvändningen för lokalerna i de 15 regionerna.



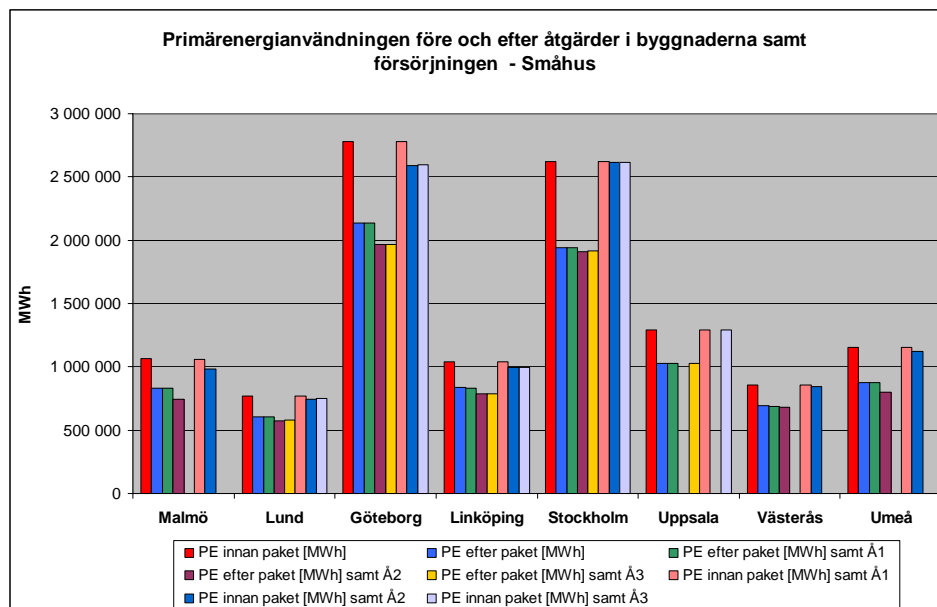
Figur 90: Förändringspotentialen för att minska koldioxidutsläppen för lokalerna i de 15 regionerna.

BILAGA G: "Sverigebild"; en simulering

Vägd potential (med diffusionskurvan)

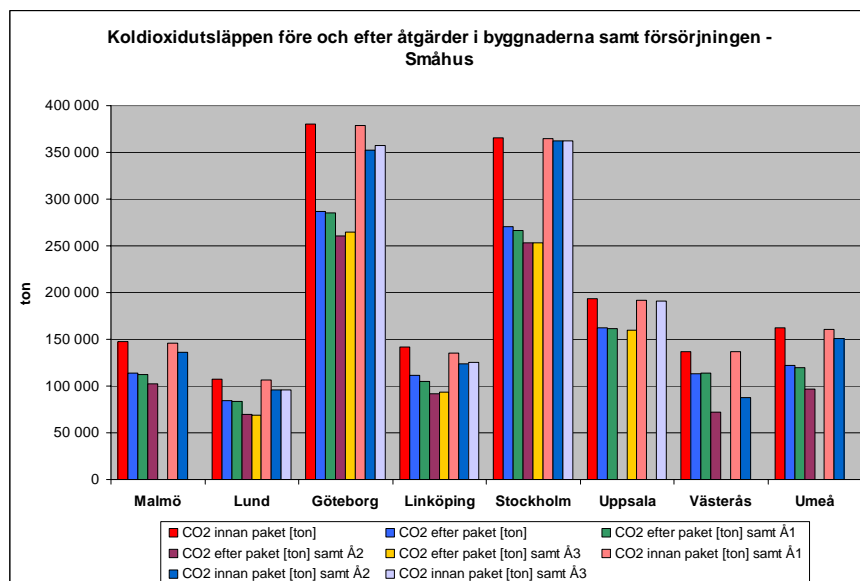
OBS att paket här innebär "vägda paket" med kvoter enligt "diffusionskurvan"

Småhus



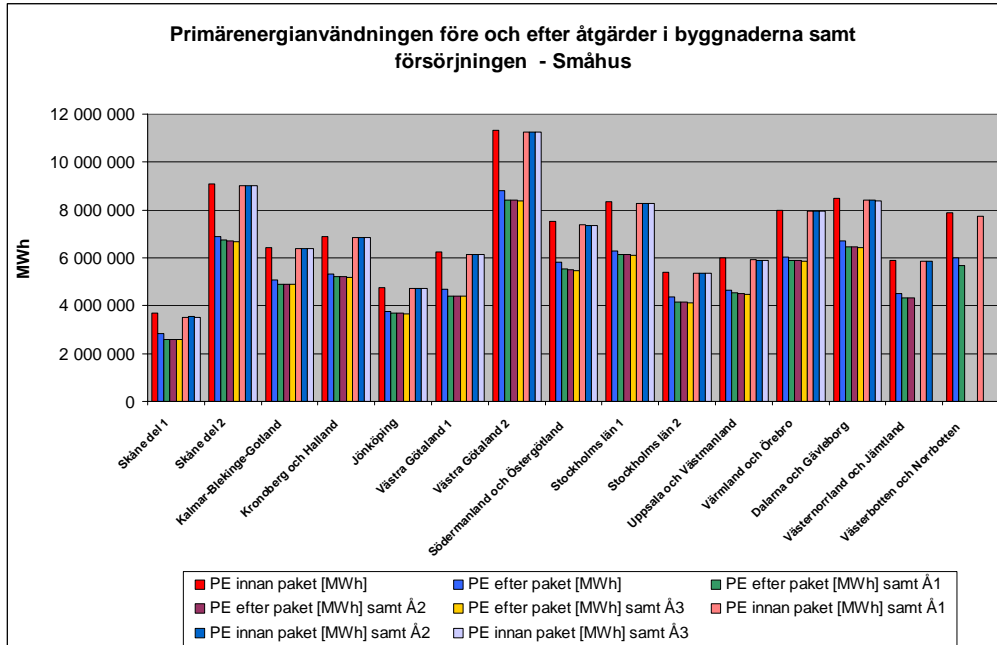
Figur 91: Totala primärenergieanvändningen för småhus i de 8 kommunerna.

Som det går att utläsa minskar primärenergieanvändningen mest då paket genomförs i byggnaderna jämfört med åtgärder i försörjningen. Anledningen till detta är helt enkel att andelen småhus uppvärmda med fjärrvärme inte är stor.

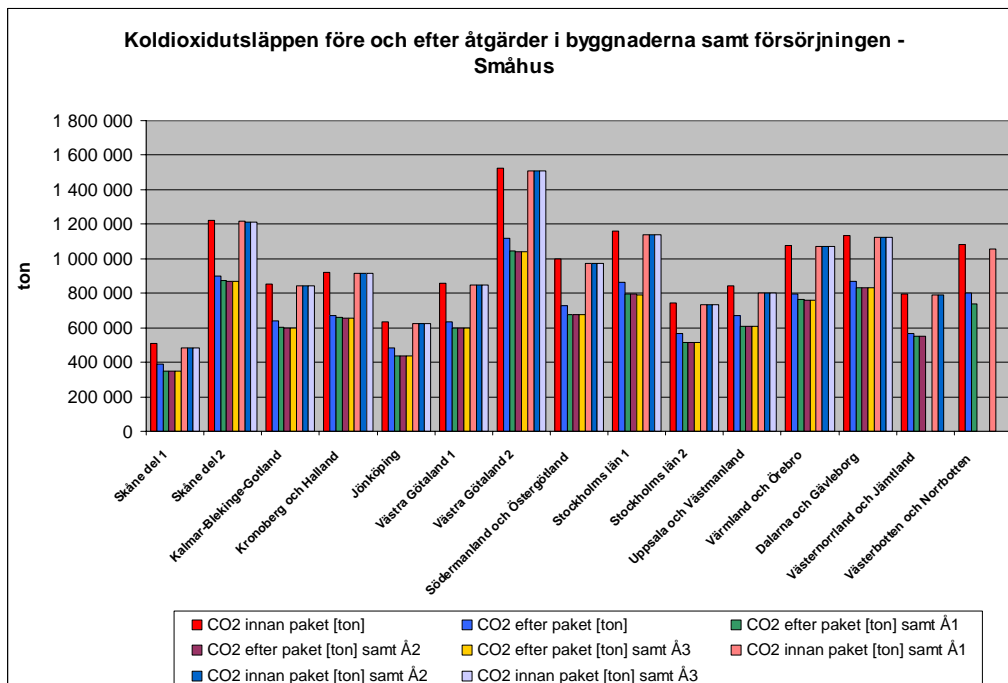


Figur 92: Totala koldioxidutsläppen för småhus i de 8 kommunerna.

På samma sätt som i Figur 91 är anledningen till att resultatet att paketen i byggnaderna minskar koldioxidutsläppen i så stor utsträckning jämfört med åtgärder i fjärrvärmesystemen så beror det på att fjärrvärme inte är en vanlig uppvärmningsform när det kommer till småhus. Dock ser man att för Västerås är genomslaget för åtgärder i försörjningen märkbar och det beror på att andelen småhus anslutna till Västerås fjärrvärmenät är högre om man jämför med Sverigesnittet.

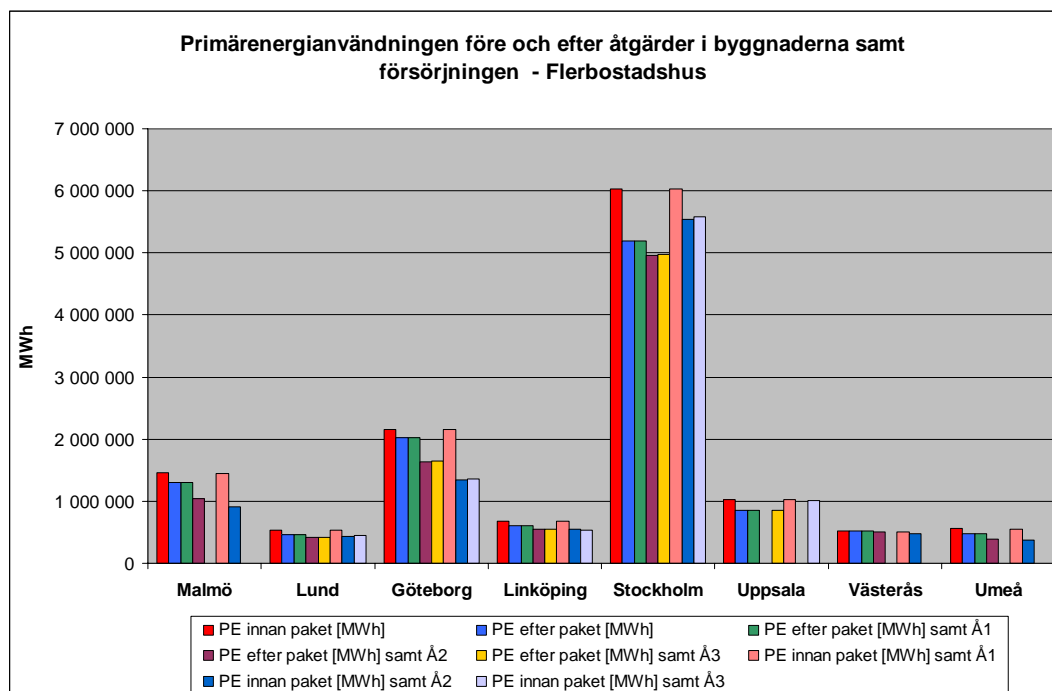


Figur 93: Totala primärenergianvändningen för småhus i de 15 regionerna.



Figur 94: Totala koldioxidutsläppen för småhus i de 15 regionerna.

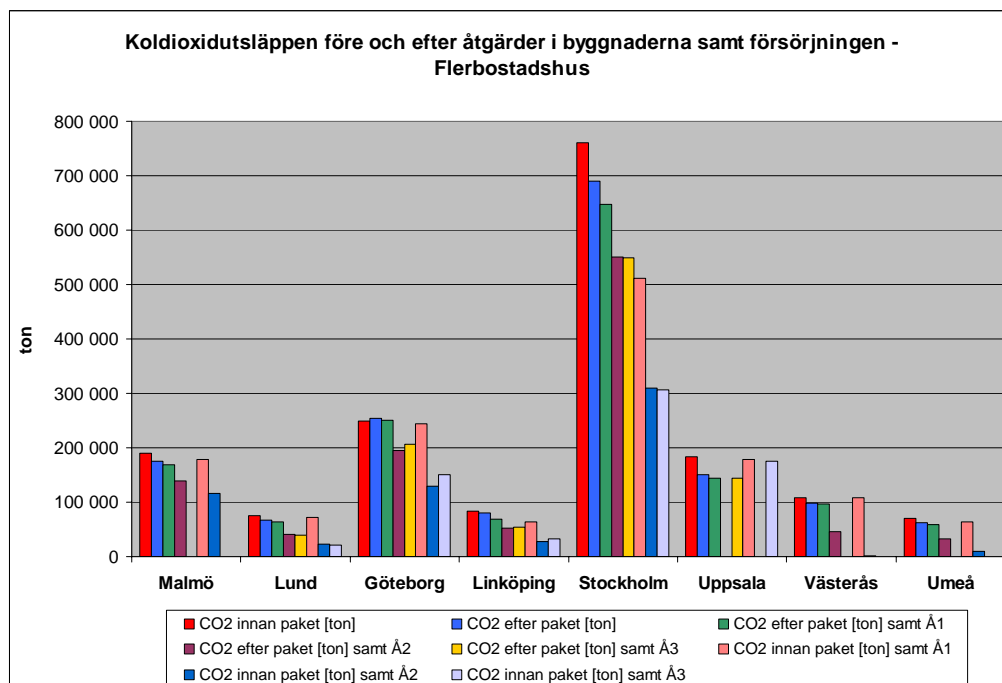
Flerbostadshus



Figur 95: Totala primärenergieanvändningen för flerbostadshus i de 8 kommunerna.

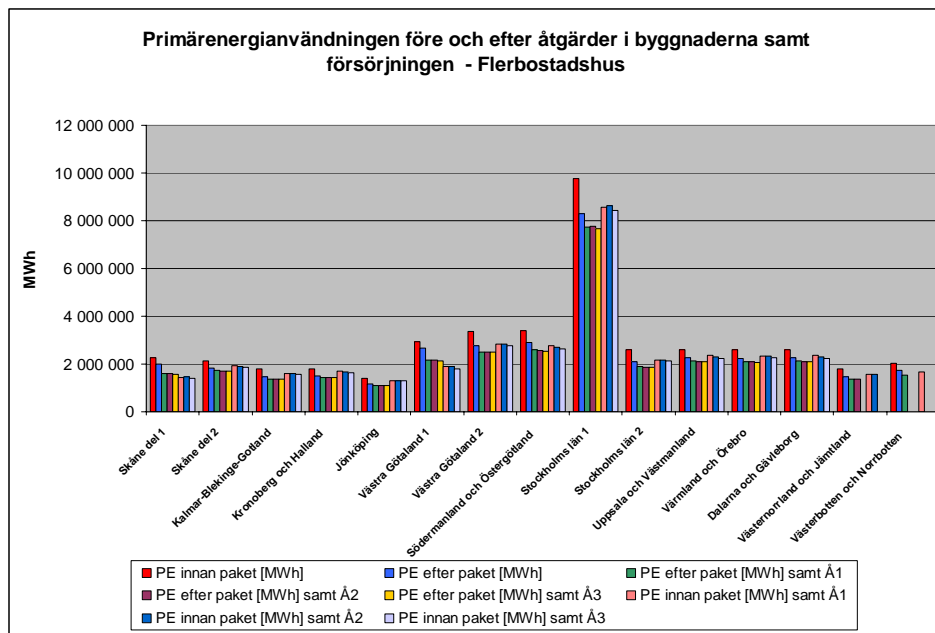
Ur figuren går det att utläsa att åtgärder i försörjningen får mycket större genomslag och det är tack vare att fjärrvärmesystemet är det dominerade uppvärmningsalternativet för flerbostadshus i Sverige.

Framförallt intressant är det att se Göteborgs siffror där primärenergieanvändningen minskar kraftigt!

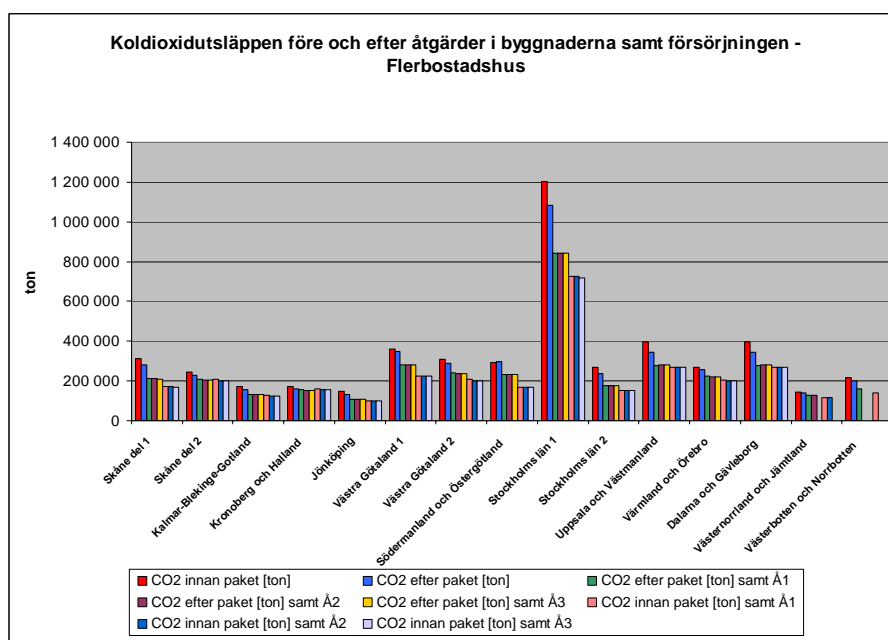


Figur 96: Totala koldioxidutsläppen för flerbostadshus i de 8 kommunerna.

Som tidigare förklarar blir genomslaget av åtgärder i försörjningen större för flerbostadshusen jämfört med småhusen. Ett intressant fall att undersöka är Stockholm som faktiskt får lägre koldioxidutsläpp om man inte genomför några byggnadstekniska paket utan bara för åtgärder i försörjningen. Om fokus bara låg på koldioxidutsläpp skulle därför inte byggnadstekniska åtgärder genomföras, istället skulle flerbostadshusen användas som "kylfläns" för att producera el baserat på förnyelsebara energikällor. Det är för det är så viktigt att även titta på primärenergianvändningen så att det inte slösas med energi. Det är nämligen alltför enkelt att stirra sig blind på koldioxidutsläppen och inte se till resursanvändningen.

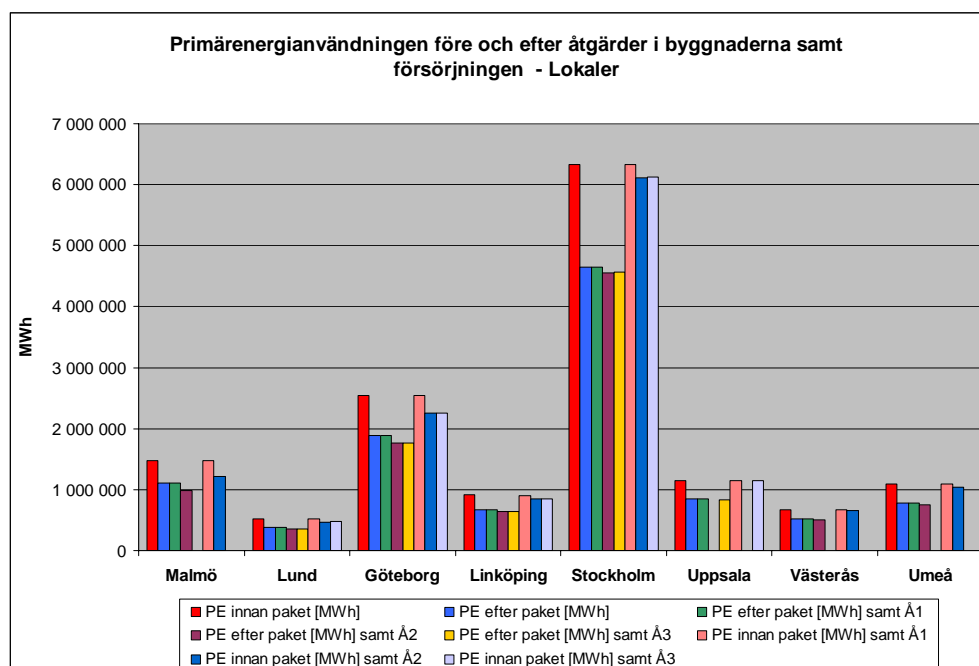


Figur 97: Totala primärenergianvändningen för flerbostadshus i de 15 regionerna.



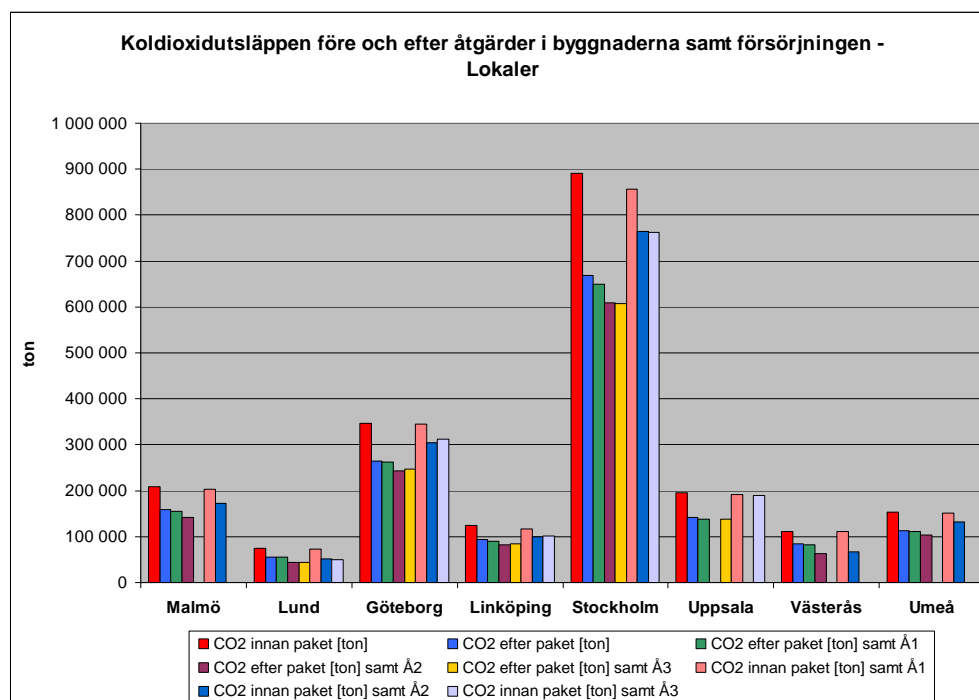
Figur 98: Totala koldioxidutsläppen för flerbostadshus i de 15 regionerna.

Lokaler



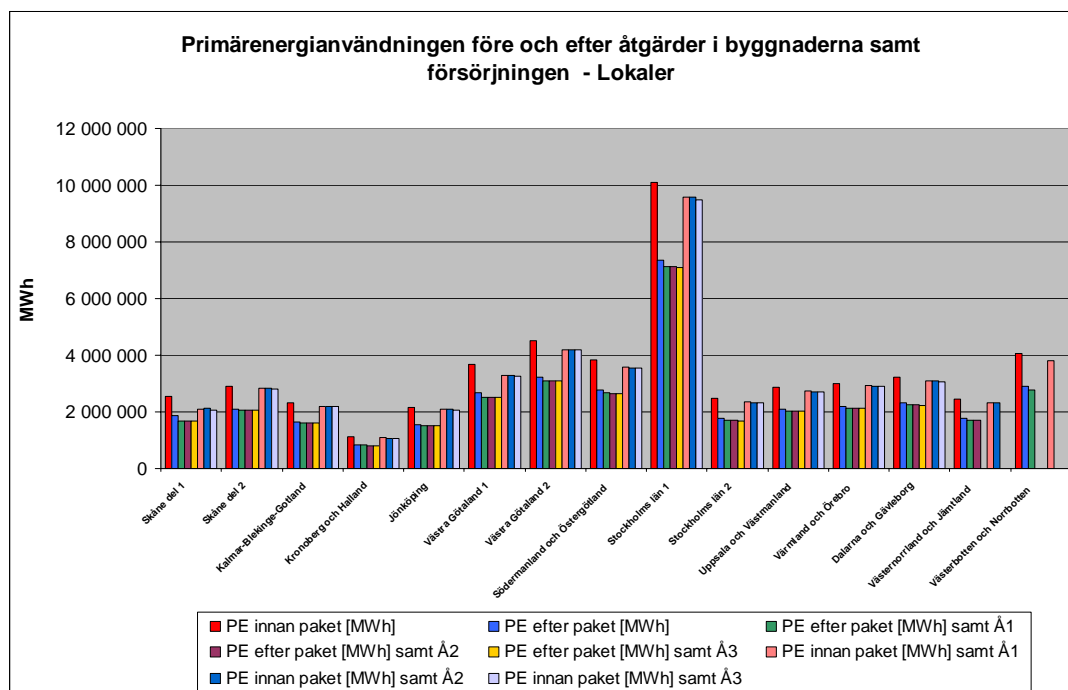
Figur 99: Totala primärenergianvändningen för lokaler i de 8 kommunerna.

Som figuren visar sker de stora förändringarna när de byggnadstekniska paketen genomförs och det är tack vare att det sker en så kraftig besparing av elanvändningen och då blir förändringen i försörjningen marginell om fokus ligger på primärenergianvändningen.

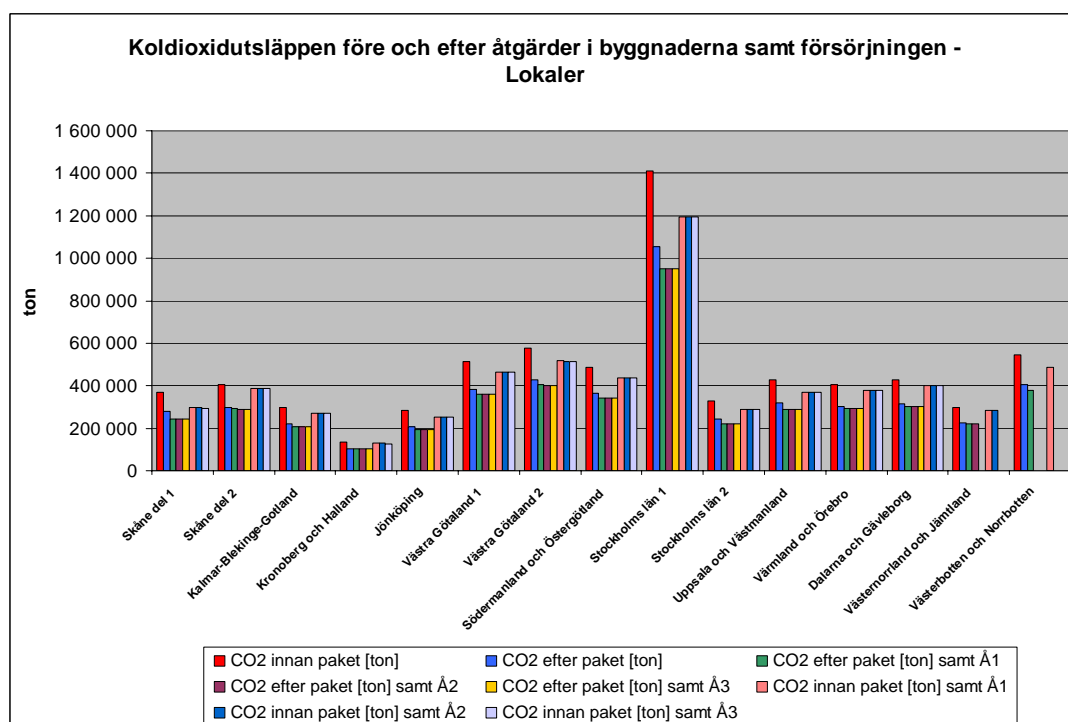


Figur 100: Totala koldioxidutsläppen för lokaler i de 8 kommunerna.

Som tidigare förklarar är det elbesparingen i de byggnadstekniska paket som ger det största genomslaget när det kommer till minskningen av koldioxidutsläppen.



Figur 101: Totala primärenergianvändningen för lokaler i de 15 regionerna.



Figur 102: Totala primärenergianvändningen för lokalerna för de 15 regionerna.

BILAGA H: Specifikation av Byggnadspaketet

Kostnaderna i sammanställningen nedan omfattar byggherrekostnader och moms per $m^2 A_{Temp}$. Ytor enligt nya byggreglerna $m^2 A_{Temp}$ används där BRA och A_{Temp} antas vara lika stora.

Småhus äldre.	
Steg 1	Byggnaden är från 1930 medan standarden bedöms förbättrad successivt under åren. En del enklare energieffektivisering antas redan utförd medan en del finns kvar att utföra. Besparing genom bl.a. byte till lågenergiljuskällor 4 kWh/m^2 (- 500 kWh, Energimyndighetens Bli energismart), byte av blandare i kök och bad/dusch 5 kWh/m^2 (- 15 % av tappvarmvattenbehovet 35 kWh/m^2 , Energimyndigheten anger upp till 40 % besparing i Bli energismart). Kostnad 500 kr för 10 st. ljuskällor och 7500 kr för 4 st. blandare.
Steg 2	Isolering av vindsbjälklag från $0,8$ till $0,14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ samt byte av fönster från $3,0$ till $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Kostnad vindsisolering 300 mm bedöms vara 20 000 kr samt byte av fönster 138 000 kr.
Steg 3a: FJV, närvarme	Anslutning till fjärrvärme inkl undercentral och servisledning bedöms vara 55 000 kr.
Steg 3b: bergVP	Installation av bergvärmepump bedöms vara 150 000 kr.

Småhus yngre.	
Steg 1	Byggnaden är från 1976 medan standarden bedöms förbättrad successivt under åren. En del enklare energieffektivisering antas redan utförd medan en del finns kvar att utföra. Besparing genom bl.a. byte till lågenergiljuskällor 4 kWh/m^2 (- 500 kWh, Energimyndighetens Bli energismart), byte av blandare i kök och bad/dusch 5 kWh/m^2 (- 15 % av tappvarmvattenbehovet 35 kWh/m^2 , Energimyndigheten anger upp till 40 % besparing i Bli energismart). Kostnad 500 kr för 10 st. ljuskällor och 7500 kr för 4 st. blandare.
Steg 2	Isolering av vindsbjälklag från $0,3$ till $0,14 \text{ W/m}^2 \text{ K}$ samt byte av fönster från $2,0$ till $1,2 \text{ W/m}^2 \text{ K}$. Kostnad vindsisolering 300 mm bedöms vara 20 000 kr samt byte av fönster 138 000 kr.
Steg 3a: FJV, närvarme	Anslutning till fjärrvärme inkl undercentral och servisledning bedöms vara 55 000 kr.

Steg 3b: LuftVP	Installation av luftvärmepump bedöms vara 31 000 kr.
--------------------	--

Flerfamiljshus äldre.	
Steg 1	Byggnaden är från 1930 medan standarden bedöms förbättrad successivt under åren. En del enklare energieffektivisering antas redan utförd medan en del finns kvar att utföra. Beräkning och injustering av värmesystemet som sänker innetemperaturen 1° C inklusive byte stamventiler i källare bedömd kostnad 75 000 kr samt tätning av fönster bedömd kostnad 3 tim x 300 kr x 15 lgh. Byte av 3 st. blandare till snålspolande, per lägenhet 5000 kr x 15 Lgh.
Steg 2	Isolering av vindsbjälklag från 0,8 till 0,14 W/m ² K samt byte av fönster från 3,0 till 1,2 W/m ² K. Kostnad vindsisolering 300 mm bedöms vara 52 000 kr samt byte av fönster 790 000 kr.
Steg 3a: FTX	Byte till balanserad ventilation bedömd kostnad 1 180 000 kr.
Steg 3b: FVP	Komplettering med värmeåtervinning ur frånluften med frånluftsvärmepump för värme och varmvattenberedning bedömd kostnad 260 000 kr.

Flerfamiljshus yngre.	
Steg 1	Byggnaden är från 1976 medan standarden bedöms förbättrad successivt under åren. En del enklare energieffektivisering antas redan utförd medan en del finns kvar att utföra. Beräkning och injustering av värmesystemet som sänker innetemperaturen 1° C inklusive byte stamventiler i källare bedömd kostnad 75 000 kr samt tätning av fönster bedömd kostnad 3 tim x 300 kr x 15 lgh. Byte av 3 st. blandare till snålspolande, per lägenhet 5000 kr x 15 lgh.
Steg 2	Isolering av vindsbjälklag från 0,5 till 0,14 W/m ² K samt byte av fönster från 2,0 till 1,2 W/m ² K. Kostnad vindsisolering 300 mm bedöms vara 52 000 kr samt byte av fönster 790 000 kr.
Steg 3a: FTX	Byte till balanserad ventilation bedömd kostnad 1 180 000 kr.
Steg 3b: FVP	Komplettering med värmeåtervinning ur frånluften med frånluftsvärmepump för värme och varmvattenberedning bedömd kostnad 260 000 kr.

Lokaler.	
Steg 1	<p>Baserat på AP-fastigheters arbete med flera års energiuppföljning med börvärdesverktyget BVF-2000. Genomsnittlig energibesparing 9 %.</p> <p>Åtgärderna är:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Utbildning - Utredningar - Tillföra driftuppföljningsresurser - Åtgärda brister/underhåll - Injustering värme och vent, injustering VÅV, justering tidkanaler belysning och ventilation, kalibrering givare, <p>Värme $94 \times 0,91 = 85$, fastel $45 \times 0,91 = 41$</p>
Steg 2	<p>Besparing baserad på energiberäkningar utförda i Ventac, i intern förstudie (Skanska). Fallet avser övergång från enbart luftkyla ($3,3 \text{ l/s}$ och m^2) med batterivärmeåtervinning 62 %, till toppkyla ($1,5 \text{ l/s}$ och m^2) med samma VÅV, med kyltak/kylbafflar för klimathållning samt frikyla av kylbaffelsystem med samtidig förvärmning tilluft. Kostnad 640 kr/m^2 för installation av köldbärarsystem på planen inkl kyltak/kylbafflar samt frikylafunktionen. Dessutom byte av armaturer till nya med inbyggd dagsljusstyrning och närvarostyrning. Kostnad 180 kr/m^2.</p>
Steg 3a:	<p>Energiprestanda baserad på den effektivaste kontorsvarianten i Ensam I. Total ombyggnad/renovering som endast behåller stommen. Ny klimatskärm (nya fönster, fasad inkl isolering etc.). Nya installationer med låghastighetsaggregat med hög värmeåtervinning. Samt luftmängder och kyltak/kylbafflösning enligt steg 2 med frikyla och dagsljusstyrda armaturer. Antag kyla med fjärrkyla baserad på hög andel frikyla alternativt egen frikyla med öppna kyltorn.</p> <p>Kostnad 10.000 för totalrenovering – 820 kr/m^2 (steg 2) = 9.100 kr/m^2.</p>
Steg 3b:	<p>Samma byggnad som 3a ovan men kompletterad med energilagrar och värmepump/kylmaskin lika Astronomihuset i Lund (BELOK, goda exempel). Värme och kyla skalas utifrån förhållande mellan levererad och köpt energi för Astronomihuset. Förhållandet värme är 8 % och + 100 % för el till kyla, med antagandet årskylfaktor 3 för levererad kyla.</p> <p>Värmedelen i Steg 3a är 52 kWh. 8 % av värmemängden blir 4 kWh/m^2.</p> <p>Kyladelen i Steg 3a är 27 kWh vilket ger 9 kWh el vid kylfaktorn 3. Dubbla elmängden blir då 18 kWh/m^2 för Steg 3b.</p> <p>Merkostnad $1630\ 000 \text{ kr}$ fördelat på 5300 m^2 BTA ($\times 0,85 = \text{LOA}$) = 360 kr/m^2 samt antagen kostnad för traditionell fjärrvärme/fjärrkylecentral 120 kr/m^2 blir 480 kr/m^2</p>

BILAGA I: Användarinstruktion till beräkningsverktyget Sture

Sture är ett beräkningsverktyg som har utarbetats till energisamverkan etapp 2. Energistatistiken som ligger bakom beräkningarna är hämtad från SCB och miljöfaktorer för fjärrvärmenäten kommer från Svensk Fjärrvärme.

Tanken är att med hjälp av Sture ska vilka åtgärder som är mest fördelaktig för gemene man kunna beräknas. Antingen väljer man sin egen energianvändning eller så utgår beräkningen från snittvärdet den kommunen eller regionen där fastigheten är lokaliserad.

Färgförklaringar

- **Gult fält** innebär att det är egna värden som ska föras in där
- **Blått fält** innebär att det finns rullningslistor där val kan göras
- **Grönt fält** innebär att det är ett resultat som presenteras

Val av värmeanvändningen

Gällande värmeanvändningen kan två val göras:

- Egen värmeanvändning som skrivs in i ruta **D3**
- Värmeanvändning från SCB:s statistik som fås genom att följande val gör
 - Lokaliseringen väljs i **D5**
 - Byggnadstyp väljs i **D8**
 - Byggår väljs i **D9**
 - Uppvärmningssätt väljs i **D17**, vilka alternativ som finns beror på valet i **D8**

Genom att skriva in ett värde större än 0 i **D3** kommer Sture att använda det värdet för beräkningarna istället för det statistiska värdet. Dock är det viktigt att även välja lokalisering, byggnadstyp och byggår trots att man har en känd värmeanvändning, detta för att de tre valen ligger till grund för de senare föreslagna paketen och åtgärderna.

Val av elanvändningen

Gällande elanvändningen kan vissa val göras, dels om elanvändningen ska tas med i beräkningen samt vilket av följande som ska användas:

- Egen hushålls- och fastighetsel som förs in i **F6** respektive **F9**.
- Generell elanvändning
 - Hushållselen finns i **D12**, sätts automatiskt till 50 kWh/m² för små hus, 25 kWh/m² för flerbostadshus och 50 kWh/m² för lokaler.
 - Fastighetsel finns i **D13**, sätts automatiskt till 4 kWh/m² för småhus, 10 kWh/m² för flerbostadshus och 60 kWh/m² för lokaler.

Genom att skriva in ett värde större än 0 i **F6** samt **F9** kommer Sture använda de värdena istället för de generella värdena.

I cell **F4** kan man välja om elanvändningen ska vara med i beräkning. Om valet "Utan el" görs kommer inte elanvändning att påverka den totala energianvändningen, primärenergianvändningen eller koldioxidutsläppen. Dock kommer alla elbesparande åtgärder att tas med i beräkningarna oavsett vilket val som görs i **F4**.

Dessa valen ger sedan resultaten som presenteras i de gröna rutorna; värmeanvändningen [**H3,I3 – H8,I8**], elanvändningen [**H10,I10 – H19,I19**] och total energianvändningen [**K3,I3 – K8,I8**]

Åtgärder i försörjningen

I området [**B24,D24 – B54,D54**] finns information om de åtgärder som är möjliga att göra i fjärrvärmesystemen. Lagg märke till att dessa åtgärder och dess effekter är specifika och anpassade för varje lokalisering som valdes i **D5**.

I området presenteras fyra olika åtgärds paket, de har samma parametrar och därför används åtgärd 1 som exempel i denna handledning.

I cell **B27** presenteras vilka de områden i fjärrvärmen som åtgärderna genomförs.

I cell **C28** presenteras den nya primärenergifaktorn för fjärrvärmenätet efter åtgärden.

I cell **D28** presenteras primärenergianvändningen (inklusive elanvändningen) med den nya primärenergifaktorn för fjärrvärmenätet.

I cell **C29** presenteras den nya koldioxidfaktorn för fjärrvärmenätet efter åtgärden.

I cell **D29** presenteras koldioxidutsläppen (inklusive elanvändningen) med den nya koldioxidfaktorn för fjärrvärmenätet.

I cell **C30** finns energiåtgärds kostnaden med avseende på primärenergien.

I cell **C31** finns energiåtgärds kostnaden med avseende på koldioxiden.

Åtgärder i byggnaden

I området [F24,H24 – F64,H64] finns information om de åtgärder som är möjliga att göra i byggnaden.

Lägg märke till att de paketen är specifika och anpassade för varje byggnadstyp, byggnadsår och försörjning som valdes i **D8,D9** och **D17**.

I området presenteras fem olika paket, de har samma parametrar och därför används paket 1 som exempel i denna handledning.

I cell **G27** presenteras värmeanvändning efter genomförandet av paket 1.

I cell **G28** presenteras primärenergianvändningen efter genomförandet av paket 1.

I cell **H28** presenteras primärenergianvändningen (inklusive elanvändningen) efter genomförandet av paket 1.

I cell **G29** presenteras koldioxidutsläppen efter genomförandet av paket 1.

I cell **H29** presenteras koldioxidutsläppen (inklusive elanvändningen) efter genomförandet av paket 1.

I cell **G30** presenteras energiåtgärdskostnaden för paket 1.

I cell **G31** finns energiåtgärdskostnaden med avseende på primärenergien.

I cell **G32** finns energiåtgärdskostnaden med avseende på koldioxid.

Diagram

Det finns fem stycken diagram som ska öka förståelsen av paketens och åtgärdernas effekter. I dessa diagram finns det ibland med en stapel som går under namnet **Grundläget** och det är fastigheten innan det har genomförts några åtgärder i försörjningen eller paket i byggnaden.

Följande fem stycken diagram presenteras:

1. Jämförelse över primärenergianvändningen vid olika åtgärder som genomförs i försörjningen samt paket som genomförs i byggnaden.
2. Jämförelse över koldioxidutsläppen vid olika åtgärder som genomförs i försörjningen samt paket som genomförs i byggnaden.
3. Jämförelse över energiåtgärdskostnaden för paketen som genomförs i byggnaden.
4. Jämförelse över kostnaden avseende primärenergi att genomföra de olika åtgärderna respektive paketen.
5. Jämförelse över kostnaden avseende koldioxid att genomföra de olika åtgärderna respektive paketen.

Sammanställning

Slutligen i beräkningsverktyget finns en sammanställning med vilken analyser kan göras och slutsatser dras.

I området **[C127,E127 – C132,E132]** finns en kort sammanfattning över de olika primärenergifaktorerna och koldioxidfaktorerna för försörjningen i grundläget samt efter de olika åtgärderna.

I området **[C134,H134 – C140,H140]** finns en sammanfattning av primärenergianvändningen för alla möjliga kombinationer av åtgärder i försörjningen och paketen i byggnaden.

I området **[C142,H142 – C148,H148]** finns en sammanfattning av koldioxidutsläppen för alla möjliga kombinationer av åtgärder i försörjningen och paketen i byggnaden.

Diagram

Det finns ytterligare två diagram som visar de möjliga kombinationerna. I diagrammet har Åtgärd förkortats till Å, Paket till P och Grundläget till Grund, Å1 betyder således Åtgärd 1.

1. Jämförelse av primärenergianvändningen mellan de olika kombinationerna av åtgärder och paket.
2. Jämförelse av koldioxidutsläppen mellan de olika kombinationerna av åtgärder och paket.

Vägen till en långtgående och kostnadseffektiv energihushållning ser olika ut på olika orter och för olika aktörer. I Sverige finns det stora möjligheter att kunna utnyttja energiresurserna på ett mer effektivt sätt. Men det fördras ett konsekvent och långsiktigt agerande från alla parter när byggnadsbeståndet ska renoveras eller förnyas och värmesystem byggas ut och kompletteras.

Den stora potentialen är delvis dold för slutanvändare och beslutsfattare genom att effektiviseringsåtgärder i Sverige har återverkan i övriga Europa, vilket inte alltid syns i statistik eller affärsöverenskommelser. Som kund tar man enbart ställning till kostnaderna för köpt energi och för att effektivisera sin användning.

Här har de samlade fysiska konsekvenserna, koldioxidutsläppen och användningen av primärenergi studerats. Man har utgått från lokala förutsättningar – bebyggelsens ålder, byggnadstyp och uppvärmningsform samt fjärrvärmesystemens förutsättningar vad gäller bränsle och produktionsteknik. Beräkningarna har sedan lagts samman till en nationell bild.

Miljöfördelarna av energieffektivisering är uppenbara och innebär att man kan minska sårbarheten och skapa långsiktigt hållbara system för tillförsel och användning av energi. Men det innebär också att byggnadssektorn och energisektorn kan utveckla teknik och affärsmöjligheter både i Sverige och på andra marknader. Rapporten vänder sig till beslutsfattare i bygg- och energibranschen, stadsplanerare, konsulter med flera.

