

## Bilaga 1. Beräkning av mängden nyttig värme per uppvärmningslag utifrån Energimyndighetens statistik.

En viktig del av detta projekt har varit att kartlägga mängden nyttig värme från olika typer av värmepumpar och elvärme i Sverige. En utgångspunkt för detta är Energimyndighetens energistatistik för småhus [1], flerbostadshus [2], lokaler [3] samt sammställningsrapporten [4]. I dessa rapporter presenteras statistik över uppvärmning i Sverige, exempelvis antal hus med en viss uppvärmningsteknik. Delrapporterna är baserade på enkätundersökningar och i sammanställningsrapporten är underlaget bearbetat ytterligare för att ge en mer sammanhängande bild. Sammanställningsrapportens information har vi bedömt som mest relevant, varför den utgjort huvudsaklig referens för vår analys. I de fall relevant information saknas i sammanställningsrapporten har informationen hämtats från delrapporterna.

### Småhus

Utifrån Energimyndighetens statistik kan antal hus med värmepump och elvärme som huvudsaklig värmekälla kvantifieras, se tabell 1. Huvudsaklig utgångspunkt var, som redan beskrivits, sammanställningsrapporten. I denna fanns dock inte information om antal hus med direktel eller elpanna, varför uppgifter från småhusrapporten [1] istället användes. Vidare var frånluftsvärmepump (FVP) och Luft-vattenvärmepump (LVVP) aggregerat till en post i sammanställningsrapporten, men separerades utifrån fördelningen i småhusrapporten.

Tabell 1. Antal småhus med elvärme och värmepumpar.

	Antal, tusen	Källa	Kommentar
Direktel	122	[1]	Exkluderat de i kombination med vp
Elpanna	81	[1]	Exkluderat de i kombination med vp
Frånluft	119	[1]/[4]	Fördelning mellan FVP och LVVP från [1]
Luft/vatten	167	[1]/[4]	Fördelning mellan FVP och LVVP från [1]
Luft/luft	543	[4]	Visar snarare antalet värmepumpar än hus med LLVP
Berg/jord/sjö	457	[4]	Redovisas som BVP i fortsättningen

Antaget att mängden nyttig värme per hus är ca 23 000 kWh/år kan nyttig värme för direktel och elpanna beräknas, se tabell 2. För värmepumparna har dock antagandet om medelstorlek på huset för respektive teknik anpassats för att spegla förutsättningarna för respektive teknik. Exempelvis förekommer frånluftsvärmepumpar (FVP) huvudsakligen i nybyggda, betydligt mer energisnåla, hus. Nyttig värme för genomsnittliga luft-luftvärmepumpar (LLVP) har antagits till ganska låg för att spegla att dessa värmepumpar även används i mindre utrymmen som garage, friggebodar osv, och att ett större hus kan ha mer än en sådan värmepump. Vidare är bergvärme (BVP) överrepresenterade i större villor, medan luft/vatten (LVVP) antas vara vanligare bland de något mindre villorna.

Tabell 2. Nyttig värme per uppvärmningsform i småhus.

	Antal, tusen	MWh/hus	Nyttig värme, TWh
Direktel	122	23	2,8
Elpanna	81	23	1,9
Frånluft	119	15	1,8
Luft/vatten	167	21	3,9
Luft/luft	543	10	5,4
Berg/jord/sjö	457	25	10,5
		Totalt	26,2

Som framgår av tabellen blir det med dessa antaganden totalt 26,2 TWh/år nyttig värme från aktuella tekniker. Detta ligger nära resultatet från Värmemarknad Sveriges bedömning: 27,1 TWh [5]. För att ge samma totalvärde som Värmemarknad Sveriges (vilket är vår utgångspunkt) har resultaten i tabell skalats upp med faktorn 1,01.

### Flerbostadshus

På liknande sätt som för småhus har antalet hus med värmepumpar extraherats från redan nämnda referenser, se tabell 3. För flerbostadshus fanns dock ingen statistik på antal hus med direktel eller elpanna. Liksom för småhus var sammanställningsrapportens statistik för FVP och LVVP aggregerade till ett värde, men till skillnad från småhusrapporten gav flerbostadsrapporten ingen ledning för uppdelning. Här delades därför, i avsaknad av underlag, posten för FVP och LVVP lika på de två typerna.

Tabell 3. Antal värmepumpar i flerbostadshus.

	Antal, tusen	Källa	Kommentar
Direktel	-		
Elpanna	-		
Frånluft	7	[4]	Antaget jämn fördelning mellan FVP och LVVP
Luft/vatten	7	[4]	
Luft/luft	3	[4]	
Berg/jord/sjö	16	[4]	

På samma sätt som för småhus kan antalet värmepumpar för flerbostadshus multipliceras med nyttig värme per hus för att ge mängden nyttig värme per teknik. Genomsnittlig storlek för flerbostadshus är omkring 200 MWh/år (utifrån statistik på mängden total nyttig värme och antalet flerbostadshus). Enligt uppgifter från bland annat fjärrvärmebolagen är det dock företrädesvis de små flerbostadshusen som konverterar till värmepumpar, främst gäller detta tekniker som FVP och LVVP. På samma sätt som för småhus antas det att LLVP i vissa fall placeras även i mindre utrymmen, varför mängden nyttig värme från dessa är betydligt mindre. För mängden nyttig värme från direktel och elpanna kunde flerbostadsrapportens uppgifter om specifik förbrukning för enbart el samt uppvärmd yta för samma kategori bidra med uppgiften att det totalt borde röra sig om drygt 0,5 TWh. Av dessa 0,5 TWh har vi antagit att merparten utgörs av vattenburen elvärme.

Tabell 4. Nyttig värme per uppvärmningsform i flerbostadshus.

	Antal, tusen	MWh/hus	Nyttig värme, TWh
Direktel	-	-	0,20
Elpanna	-	-	0,40
Frånluft	7	50	0,35
Luft/vatten	7	70	0,49
Luft/luft	3	30	0,09
Berg/jord/sjö	16	180	2,88
		Totalt	4,41

På samma sätt som för småhus har dessa resultat skalats upp till Värmemarknad Sveriges resultat för total nyttig värme för flerbostadshus, dvs från 4,41 till 4,6 TWh.

### Lokaler

Liksom för flerbostadshus saknas det även för lokaler uppgifter om antal hus med direktel och elpanna i aktuella källor, se tabell 5. Och liksom för flerbostadshus var utgångspunkten istället total el för dessa tekniker utifrån specifik förbrukning och uppvärmd yta, vilket presenteras i rapporten för lokaler [3], se tabell 6. Vid fördelning mellan elpanna och direktel har, till skillnad från fallet för flerbostadshus, antagits att det är en övervikt för direktel för lokaler, se tabell 6. För värmepumpar har återigen medelstorleken för lokaler varit utgångspunkt, och återigen avrundat nedåt för att spegla att värmepumpar är överrepresenterade i mindre byggnader. Med samma resonemang som för flerbostadshus har LLVP nedjusterats. Även medelstorleken för LVVP har justerats ned något då det tekniskt har varit svårt att förse större hus med LVVP, åtminstone fram till nyligen. Och återigen har resultaten skalats upp till Värmemarknad Sveriges nivå, från 6,92 till 7,0 TWh.

Tabell 5. Antal värmepumpar i lokaler.

	Antal, tusen	Källa	Kommentar
Direktel	-		
Elpanna	-		
Frånluft	2	[4]	Antagit jämn fördelning mellan FVP och LVVP
Luft/vatten	2	[4]	
Luft/luft	7	[4]	
Berg/jord/sjö	12	[4]	

Tabell 6. Nyttig värme per uppvärmningsform i lokaler.

	Antal, tusen	MWh/hus	Nyttig värme, TWh
Direktel	-	-	0,67
Elpanna	-	-	0,50
Frånluft	2	300	0,60
Luft/vatten	2	250	0,50
Luft/luft	7	150	1,05
Berg/jord/sjö	12	300	3,60
		Totalt	6,92

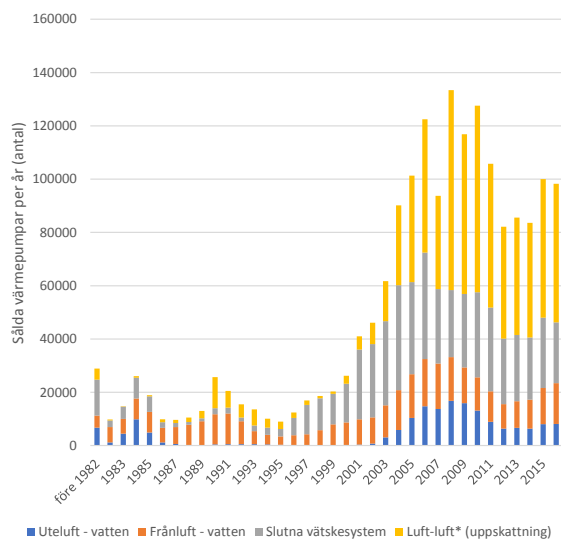
Som framgår ovan har en del antaganden behövts göra för att konvertera Energimyndighetens statistik till nyttig värme från respektive uppvärmningsteknik. Antagandena baseras på Profus samlade kunskaper om värmemarknaden men innehåller inte desto mindre ett visst mått av osäkerhet. Det var utanför detta projekts omfattning att gå djupare i dessa frågor men gjorda antaganden ses som tillräckligt goda för detta projekts syfte.

#### Referenser

- [1] Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus 2016*, ES 2017:3.
- [2] Energimyndigheten, *Energistatistik för flerbostadshus 2016*, ES 2017:4.
- [3] Energimyndigheten, *Energistatistik för lokaler 2016*, ES 2017:5.
- [4] Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2016*, ES 2017:6.
- [5] Värmemarknad Sverige, Uppdaterade energiscenarier, Resultatblad 2 i Etapp 3, 2018.  
[http://varmemarknad.se/pdf/Uppdat\\_energiscenarier.pdf](http://varmemarknad.se/pdf/Uppdat_energiscenarier.pdf)

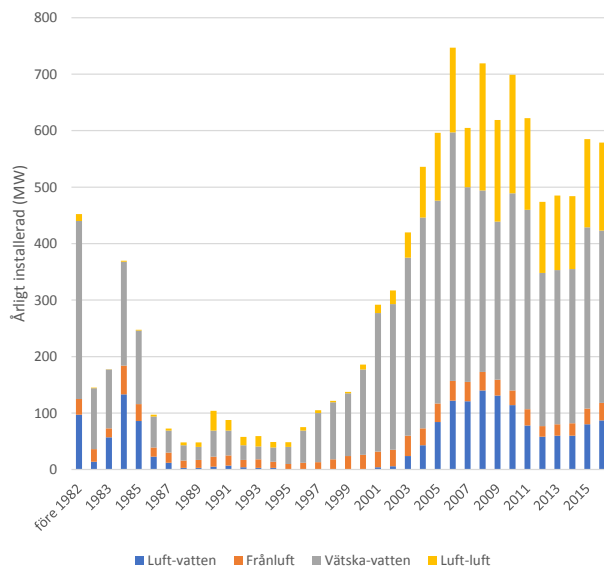
## Bilaga 2. Värmepumpars bidrag till mängden nyttig värme i Sverige baserat på försäljningsstatistik.

Värmepumparnas bidrag till mängden nyttig värme i Sverige är en central fråga i detta projekt. Därför har nyttig värme från värmepumpar samt värmepumparnas elanvändning även beräknas utifrån statistikunderlag från branschorganisationen Svenska kyl- och värmepumpsföreningen (SKVP). Detta underlag omfattar antalet sålda värmepumpar per år enligt Figur 1. När det gäller luft-luftvärmepumpar så utgörs siffrorna endast av uppskattningar av SKVP (leverantörer av luft-luftvärmepumpar utgör en försumbar andel av SKVPs medlemsföretag och de allra flesta luft-luftvärmepumparna importeras från utlandet).



Figur 1: Sålda värmepumpar per år (Källa: SKVP; skattning för luft-luftvärmepumpar).

SKVP har också gjort en egen skattning av vad den årliga försäljningen motsvarar i termer av årlig installerad värmeeffekt, se Figur 2. Detta görs genom att dela in antalet sålda värmepumpar i ett antal storleksklasser, 0-6 kW<sub>värme</sub>, 7-10 kW<sub>värme</sub>, 11-25 kW<sub>värme</sub>, 26-100 kW<sub>värme</sub> och över 100 kW<sub>värme</sub>, och därefter multiplicera medeleffekten (exempelvis 3 kW i klassen 0-6 kW) med antalet sålda värmepumpar inom respektive klass. När det gäller luft-luftvärmepumpar har vi gjort en egen skattning baserat på antagandet om 3 kW som en typisk storlek för luft-luft-segmentet samt SKVPs skattning av antalet sålda enheter. Samtliga värmeeffekter avser effekten från själva värmepumpen. En eventuell elspets ingår inte i resultaten i figur 2.



Figur 2: Årligt tillskott i installerad värmeeffekt från värmepumpar (Källa: SKVP; skattning för luft-luftvärmepumpar)

Nästa steg är att ansätta typiska livslängder för de fyra olika värmepumpsklasserna som vi studerar här, se Tabell 1. Antaganden om livslängder ger oss en möjlighet att skatta den ackumulerade nettoutbygganden av värmepumpar, se Figur 3.

Tabell 1: Antagna livslängder för de olika värmepumpsslagen

Livslängder	Luft-vatten	10
(år)	Frånluft	12
	Vätska-vatten	16
	Luft-luft	9

Våra antaganden för livslängderna bygger dels på personlig kommunikation med SKVP, dels på egna erfarenheter samt på en matchning med det totala antalet värmepumpar som skattas av Energimyndigheten enligt Tabell 2 nedan.

Tabell 2: Antal använda värmepumpar år 2016, fördelat efter byggnadstyp, 1000-tal (Källa: Energimyndigheten 2017, "Energistatistik för småhus, flerbostadshus och lokaler 2016")

	Berg/jord/sjö- värmepump	Luftvatten/ frånluft- värmepump	Luftluft- värmepump	Summa
<b>TOTALT</b>	<b>485</b>	<b>303</b>	<b>553</b>	<b>1 342</b>
Småhus	457	286	543	1 286
Flerbostadshus	16	14	3	32
Lokaler	12	4	7	23

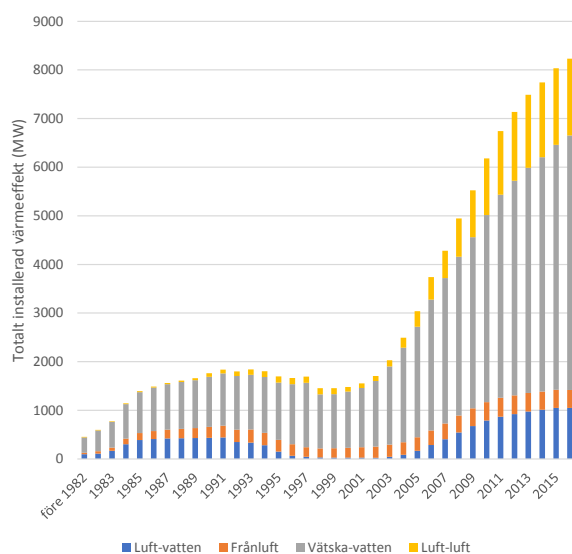
Anm: Ojusterade värden. Faktisk användning, ej temperaturkorrigerad.

Vår skattning bygger på försäljningsstatistik medan Energimyndighetens skattning bygger på enkät svar som skickats ut till olika fastighetsägare. I det senare fallet finns en viss risk för att man underskattat antalet enskilda värmepumpar och istället rapporterat antalet värmepumpsanläggningar som kan bestå av flera värmepumpar. Vi bedömer att denna risk är störst för de större värmepumparna i flerbostadshus och lokaler. Å andra sidan är antalet värmepumpar i

dessa byggnadssegment mycket få i jämförelse med småhusinstallationerna. Det torde alltså inte föreligga någon signifikant underskattning av det totala antalet värmepumpar i Energimyndighetens bedömning.

Försäljningsstatistiken, å andra sidan, överskattar troligen antalet aktiva värmepumpar särskilt om brukliga livslängder antas, såsom t.ex. 20 år för bergvärme. Med de livslängder som redovisas i tabell 1 blir antalet aktiva värmepumpar från försäljningsstatistik liknande de som Energimyndighetens statistik ger.

Baserat på våra skattningar kan vi konstatera att den installerade värmeeffekten från värmepumpar i Sverige idag (år 2016, senast tillgängliga statistik) uppgår till drygt 8 GW värme, se figur 3. Den klart största andelen står vätska-vatten-värmepumpar, företrädesvis bergvärme, för.



Figur 3: Ackumulerat tillskott i installerad värmeeffekt från värmepumpar

Vi har därmed kommit fram till en punkt där vi skattat fram den totala installerade värmeeffekten från värmepumpar i Sverige idag. Nästa steg är att uppskatta vad det innebär i producerad mängd nyttig värme, det vill säga bidraget till värmemarknadens totala nettovärmebehov. Vi multiplicerar därför de olika värmepumpstypernas installerade värmeeffekt med typiska värden på utnyttjningstider för respektive värmepumpstyp. Antagandena redovisas i Tabell 3 nedan.

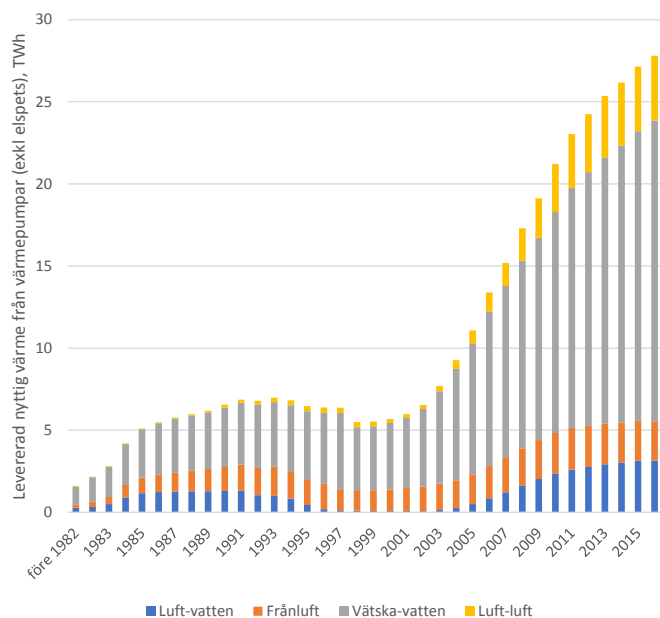
Tabell 3: Antagna utnyttjningstider för de olika värmepumpsslagen.

Utnyttjningstider	Luft-vatten	3000
(timmar)	Frånluft	6500
	Vätska-vatten	3500
	Luft-luft	2500

Vi bygger våra antaganden i viss utsträckning på Palm och Nowacki (2010) men även på egna antaganden om att utnyttjningstiderna för värmepumpar har gått ner något i takt med att de dimensioneras för högre effekttäckning. Vi försöker också kompensera för det faktum att vissa värmepumpar har relativt låga utnyttjningstider då de värmer utrymmen till avsevärt lägre

temperaturer än vad som erfordras för komfortstandard under vinterhalvåret. Det kan röra sig om placeringar i garage eller i sommarstugor som ska hållas någotsånär uppvärmda, alternativt frostfria, under vintern.

Resultatet redovisas i Figur 4 nedan. Vår skattning leder till en nettovärmeproduktion på ca 27 TWh från Sveriges samtliga värmepumpar.



Figur 4: Levererad mängd nyttig värme från värmepumpar.

Resultatet i figur 4 kan jämföras med energistatistik från Energimyndigheten och visar sig då ligga märkbart högre. Exempelvis redovisar Energimyndigheten 17 TWh år 2011 och 19 TWh år 2014. Om inte Energimyndighetens uppgifter är underskattande kan detta tyda på att resultaten överskattas när man utgår från försäljningsstatistik, antal installerade enheter och typisk drifttid. Överskattningen kan bero på att vissa värmepumpar används i liten mån, då de är installerade i säsongshus som sommar-/vinterstugor eller i hus som knappt används alls då. Några få värmepumpar kanske aldrig installerats (kan förekomma åtminstone för LLVP). För de värmepumpar som ändå används kanske utnyttjningstiden ska vara ännu lägre än de antagna i tabell 3 för att ta hänsyn till installationer i garage och dylikt. I jämförelse med Energimyndighetens statistik överskattas värmepumpar bidrag med ca 35 % med metoden redovisad här.

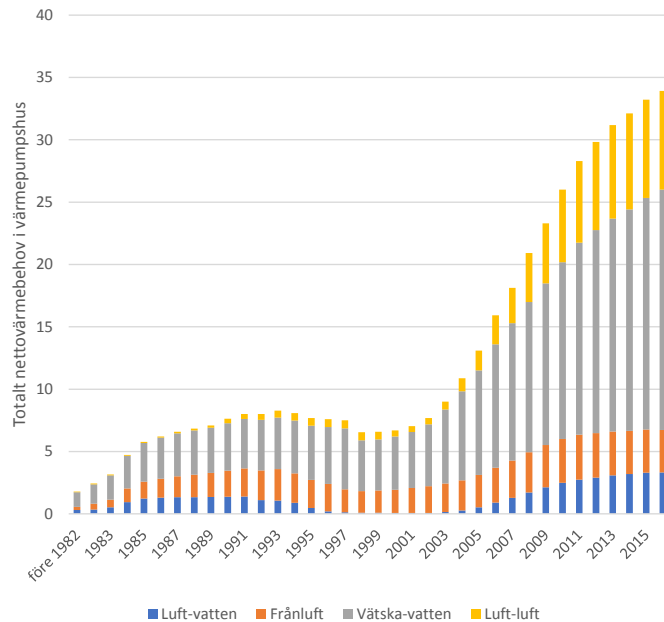
Om vi så slutligen försöker skatta hela nettovärmebehovet för samtliga byggnader som har åtminstone en värmepump så erfordras typiska värden för värmepumpars energitäckning, se tabell 4. På så sätt tar man även hänsyn till kompletterande värmeproduktion i form av exempelvis elspets.

Tabell 4: Antagen energitäckning för de olika värmepumpsslagen.

Energitäckning	Luft-vatten	95%
(%)	Frånluft	70%
	Vätska-vatten	95%
	Luft-luft	50%



För luft-luftvärmepumpen utgår vi från att den endast används för uppvärmning (dvs. ej varmvattenberedning) och att den når ca 70% av husets uppvärmda yta. Uppvärmningsbehovet i sin tur antas stå för 70% av husets totala värmebehov inklusive varmvattenberedning (70%\*70% ger omkring 50%).



Figur 5: Nettovärmebehov i värmepumpsvärmda hus

I Figur 5 redovisar vi det totala beräknade nettovärmebehovet för samtliga hus i Sverige med värmepumpar, närmare bestämt ca 34 TWh per år idag. Det totala nettovärmebehovet för samtliga byggnader (småhus, flerbostadshus och lokaler) uppgår idag till omkring 95 TWh (Källa: Energimyndigheten). Av detta står fjärrvärmens för omkring 45 TWh och biobränslen i storleksordning 10 TWh. De fossila energislagens bidrag antas uppgå till ca 2-3 TWh. Återstår därmed i runda slängar 38 TWh för elbaserad uppvärmning. Våra 34 TWh som härrör från värmepumpuppvärmda hus lämnar därmed kvar endast ca 4 TWh för elvärme (vattenburen elvärme och direktel). Det är troligen något i underkant. Vår uppskattning av bidraget från värmepumpshus är å andra sidan sannolikt något i överkant då vi utgått från att samtliga värmepumpar levererar som det är tänkt. Som redan beskrivits ovan är det troligt att ett flertal värmepumpar inte utnyttjas fullt ut av olika skäl.

## Referenser

Palm, B. och Nowacki, J-E., *Värmepumpars inverkan på effekttoppar i elnätet*, Kungl. Tekniska Högskolan och Vattenfall Research and Development, Slutrapport till projekt nr P23 inom Energimyndighetens program Effsys2, 2010.

Energimyndigheten 2017, "Scenarier över Sveriges energisystem 2016", ER 2017:6

### Bilaga 3. Värmemarknad Sveriges fyra scenarier

Källa: Sköldberg, H. och Rydén, B., Värmemarknad Sverige – en samlad bild, 2014.

*Till 2050 antas befolkningen öka med nästan 20 %. Med oförändrad areastandard ökar uppvärmd yta lika mycket. Trots det förväntas energieffektivisering och låg energiförbrukning i nya fastigheter leda till minskande volymer på värmemarknaden. År 2050 kan det totala uppvärmningsbehovet i bostäder och lokaler komma att ligga inom området 60 - 90 TWh (65 - 90 TWh år 2030). Det skall jämföras med dagens behov i bostäder och lokaler på cirka 90 TWh/år.*

*Fjärrvärme, värmepumpar, elvärme och biobränslen fortsätter att dominera värmemarknaden i framtiden, och vi kan samtidigt se en ökande konkurrens mellan dessa. Värmepumparna utmanar elvärmen, men även fjärrvärmen, alltmer. Fjärrvärmens strategiska fördelar (kraftvärme, spillvärme, avfallsförbränning och oförädlade bränslen) tillsammans med hög värmetetthet ger dock fortsatt stark konkurrenskraft i tätorter.*

I värmemarknad Sverige har man analyserat värmemarknadens utveckling utifrån fyra olika scenarier:

- Långsam utveckling
- Energisnålare hus
- Mer individuellt
- Kombinerade lösningar

Scenarierna ger uttryck för olika möjliga utvecklingsvägar. För att göra resultaten tydliga har utvecklingsriktningarna renodlats. Inget av scenarierna skall betraktas som det mest sannolika scenariot. Istället spänner de fyra scenarierna upp ett möjligt "utfallsrum". Inom detta återfinns sannolikt den verkliga utvecklingen. Nedan ges en beskrivning av respektive scenario.

Scenariot "Långsam utveckling" präglas av att det mesta fortsätter ungefär som hittills, eller att utvecklingen till och med går något långsammare än hittills. Värmemarknaden har ungefär den omfattning och position som den har idag, under hela den studerade perioden, till 2030 och 2050. Inga stora förändringar sker.

Marknadsandelarna på "tillförselmarknaden" förblir relativt oförändrade. Det blir ingen nämnvärd konvertering från fjärrvärme till värmepumpar i flerbostadshus och lokaler. I småhus fortsätter värmepumpar ta marknadsandelar från elvärme och olja. Biobränslenas (ved och pellets) andel bibehålls. Samma sak gäller fjärrvärme.

Byggnadernas efterfrågan på värme minskar långsamt i takt med att effektiviseringsåtgärder införs (ofta i samband med renoveringar). Takten i energieffektiviseringarna är dock relativt låg, något lägre än den historiska. Nya byggnader blir allt energisnålare, men byggnormerna blir endast marginellt strängare än dagens.

Scenariot "Energisnålare hus" karaktäriseras, som namnet antyder, av att byggnadernas efterfrågan på värme minskar kraftigt. Efterfrågan minskar snabbt, i takt med att effektiviseringsåtgärder införs. Det finns flera drivkrafter såsom EU-direktiv, skatter och nationella regelverk. Framtida byggnormer antas då bli stränga och fokusera på minskad användning av energi, med fokus på husets energiprestanda (tjock isolering, snåla fönster, effektiv och noggrann drift, m.m.). Det gäller inte endast nybyggnad utan också ombyggnadsnormerna. Dessutom efterfrågas miljöklassning av byggnader alltmer och det bedöms vara viktigt att få höga energibetyg i dessa certifieringar. De flesta nyproducerade hus kan betraktas som passivhus. Intresset bland fastighetsägare och hyresgäster för uppvärmning ökar markant och intresset fokuserar på att minska använd energi. Energifiserna är relativt höga, vilket också bidrar till minskad värmeefterfrågan genom att lönsamheten för energieffektiviseringsinvesteringar förbättras. "Uppvärmningsintresset" bland slutanvändarna yttrar sig också i ett energisnålare beteende.

Marknadsandelarna på tillförselmarknaden förblir även i detta scenario ungefär oförändrade. Det blir ingen nämnvärd konvertering från fjärrvärme till värmepump i flerbostadshus och lokaler. I småhus fortsätter värmepumpar ta marknadsandelar från elvärme och olja. Biobränslenas (ved och pellets) andel bibehålls. Samma sak gäller fjärrvärme.

Scenariot "Mer individuellt" betonar, som namnet antyder, en förändring av uppvärmningsteknikernas marknadsandelar i riktning mot mer individuella och småskaliga lösningar. Värmemarknaden blir mer "individualiserad" i detta scenario. Värmekonsumenten (slutanvändaren) får en större roll i värmeförsörjningen. Det blir en ökad konvertering från fjärrvärme till värmepump i flerbostadshus och lokaler. I småhus fortsätter värmepumpar ta marknadsandelar från elvärme och olja. Biobränslenas (ved och pellets) andel ökar något. Fjärrvärmeutbyggnaden till småhus upphör och viss konvertering bort från fjärrvärme till värmepumpar kan iakttas. Det sker inga betydande teknikgenombrott, men prestanda för t.ex. värmepumpar förbättras successivt.

Värmeanvändningen får ökat fokus även i detta scenario, som en följd av den ökade satsningen på individuella lösningar. Det förutsätter att slutanvändaren av värme (fastighetsägaren och värmekonsumenten) tar ett större ansvar. Byggnadernas efterfrågan på värme minskar i takt med att effektiviseringsåtgärder införs. Effektiviseringsansträngningarna är relativt stora och de sker på bred front. Effektiviseringssatsningarna är dock inte lika stora som i scenariot "Energisnåla hus". De framtida byggnormerna antas fokusera på minskning av köpt energi. Liksom idag finns en differentiering i normerna mellan elvärmda hus och andra, men differentieringen är mindre än vad som skulle krävas för att husens egenskaper skall vara oberoende av uppvärmningsform. Normerna är strängare än idag. Det gäller inte endast nybyggnad utan också ombyggnadsnormerna. Dessutom efterfrågas miljöklassning av byggnader alltmer och det är viktigt att få höga energibetyg i dessa certifieringar. I detta scenario finns det en trend att byggnader med liten inköpt energi i sådana certifieringssystem ges höga betyg, oberoende av energislag.

Scenariot "Kombinerade lösningar" beskriver en utveckling med alltmer av kombinerade värmeförsörjningslösningar, ökad samverkan mellan producent och kund samt ökad samverkan med andra infrastrukturer. Scenariot präglas också av att nya aktörer kommer in på värmemarknaden. Fjärrvärmens får en delvis förändrad roll genom att periodvis fungera som värmemottagare från sina kunder. Dessa kunder blir då alltså både konsumenter och producenter (s.k. prosumenter).

I scenariot är det tillförseln som präglar marknaden, inte minst genom ökningen av kombinerade lösningar, såväl tekniska som organisatoriska/aktörsrelaterade. Dessa kombinerade lösningar medverkar också till en breddning av värmemarknaden, mot andra infrastrukturmarknader (el, bränslen, avfall, mätning m.m.) och det bidrar till att öka marknaden omfattning.

Vad gäller bebyggelsens uppvärmningsbehov så minskar det i relativt måttlig takt. Både nya och existerande hus förbättras dock med avseende på energiprestanda och de kräver mindre energi än idag. Byggnormerna verkar i detta scenario för minskad användning av köpt energi. Egen lokal energiproduktion, som delvis överstiger det egna behovet, blir allt vanligare. Detta är också det enda scenario där plusenergibyggnader blir allmänt förekommande och på ett tydligt sätt påverkar uppvärmningsmarknaden och bebyggelsens roll som producent i energiförsörjningen.

Intresset bland fastighetsägare och hyresgäster för uppvärmning ökar markant och här fokuseras intresset på egen värmeproduktion och kombinerade energilösningar där olika energislag kompletterar varandra och energi utbyts mellan olika aktörer. Energifiserna är relativt höga, vilket också bidrar till investeringar i komplexa uppvärmningssystem.

Scenariot präglas alltså av kombinationer av olika energitillförselalternativ. Det kan exempelvis handla om kombinationer av fjärrvärme, solvärme, egen topplastpanna och/eller värmepumpskomplement. Värmelagring blir också vanligare i detta scenario. Solceller för egen elproduktion byggs också ut och omfattningen blir stor. Det egna energibehovet i byggnaden blir här ingen övre gräns för energiproduktionen. Lokal energiproduktion och kombinationer av olika tillförselalternativ uppmuntras av statliga stöd. Ytterligare ett uttryck för de kombinerade lösningarna är att allt fler byggnader, även bostäder utrustas med kyla för förbättrat inomhusklimat.

## Bilaga 4. Fördelning av mängden nyttig värme på klimatområden och typ av uppvärmningsteknik.

För att kunna fånga den geografisk sammanlagingsvinsten för den el som används till uppvärmning (elvärme och värmepumpar) har beräkning av erforderlig eleffekt till denna uppvärmning beräknats parallellt för nio olika klimatområden i Sverige. Tanken är att om tidpunkten för lägsta temperatur skiljer sig mellan dessa områden så kommer högsta effektbehovet för el till elvärme och värmepumpar inte uppstå samtidigt.

De nio klimatområdena representeras av nio olika orter och utgår från Sveriges fyra elområden, se *Tabell 1*. Underliggande statistik för värmepumpar utgår från NUTS-områden<sup>1</sup> varför våra representativa orter behöver relateras till dessa NUTS-områden.

Eftersom statistikens NUTS-områden inte helt överensstämmer med Sveriges elområden och våra klimatområden, har en omfördelning av statistiken gjorts, se *Tabell 1*. Exempelvis kan elområde 1 för enkelhetens skull representeras av NUTS-område *Övre Norrland* även om detta NUTS-område är något större än elområde 1. Fördelning mellan detta elområdets två klimatområden kan göras utifrån invånarantal i de representativa orterna. Vidare bör NUTS-området *Norra Mellansverige* fördelas på elområde 2 och 3 men inte påverka Stockholm då den har ett eget NUTS-område, se *Tabell 1*. På liknande sätt kan övriga NUTS-områden fördelas på elområden och våra klimatområden enligt tabellen.

*Tabell 1. Representativa orter per elområde och relation till NUTS-områden.*

Elomr.	Klimatomr.	NUTS-2
1	Kiruna	Övre Norrland (del av utifrån inv.)
	Luleå	Övre Norrland (del av utifrån inv.)
2	Östersund	Mellersta Norrland (del av utifrån inv.)
	Sundsvall	Mellersta Norrl. (del av) + 1/3 av N. mellansv.
3	Örebro	Östra mellansverige + 1/3 av N. mellansv.
	Stockholm	Stockholm
	Göteborg	Västsverige + 1/3 av N. mellansv.
4	Växjö	Småland
	Malmö	Sydsverige

I Energimyndighetens statistik för uppvärmning [1], [2] och [3] finns i 2014-års upplaga uppdelning av värmetekniker per NUTS-område. För småhus [1] redovisas statistiken i form av antal småhus med en viss uppvärmningsteknik per NUTS-område. För värmepumpar särredovisas endast bergvärmepumpar, medan övriga värmepumpar återfinns i en övrigtpost. Antaget att ett genomsnittligt hus har 23 MWh/år<sup>2</sup> i nyttig värme kan man beräkna mängden nyttig värme för teknikerna direktel, elpanna, BVP och övriga VP per region. För att ta hänsyn till klimatskillnader över

<sup>1</sup> Nomenklatur för statistiska territoriella enheter, NUTS, (på engelska Nomenclature of Units for Territorial Statistics), är den regionsindelning som introducerades 1988 av Eurostat. Syftet med NUTS är att lättare kunna jämföra olika områden inom EU:s gränser. Statistiken som samlas in skall sedan användas som grund för EU:s regionalpolitik. (Källa: Wikipedia)

<sup>2</sup> Med antagande 23 MWh/år stämmer totala energibehovet rätt väl med den i projektet genomförda inventering av värmepumpar och elvärme, även om 23 MWh/år inte stämmer helt med de antaganden som gjorts för olika värmepumpar. Statistiken per NUTS-område stämmer alltså inte fullt ut med den nationella statistiken.

landet har klimatfaktorer utifrån Boverkets underlag för nära-noll byggnader [4] applicerats på medelhusets värmebehov, så att de blir högre i norr och lägre i söder, se *Tabell 2*. Med fördelningsnyckeln enligt *Tabell 1* kan sedan denna regionindelning översättas till elområden och de klimatområden som används i detta projekt.

*Tabell 2. Klimatfaktorer per NUTS-område [4].*

Övre Norrland	1,4
Mellannorrland	1,3
N. mellansv.	1,2
Östra mellansv.	1,0
Stockholm	1,0
Västsverige	0,95
Småland + öar	0,90
Sydsverige	0,90

För flerbostadshus [2] och lokaler [3] redovisas regionuppdelningen endast som total energianvändning aggregerad till ett fåtal uppvärmningstekniker. Uppvärmningstekniker relevanta för detta projekt blir således "Endast el" och "Övriga", där den sista antas inkludera alla värmepumpar. Summan på nationell nivå för dessa två poster, som får representera elvärme respektive värmepumpar, stämmer rätt väl med resultatet från redan tidigare nämnd inventering. Endast smärre justeringar av posterna på regionnivå har gjorts för att bättre korrelera till den inventeringen som är utgångspunkt i detta projekt. Utifrån ovanstående resonemang kan mängden nyttig värme summeras för de klimatområden som används i detta projekt enligt *Tabell 3*.

*Tabell 3. Resultande fördelning av nyttig värme per klimatområde.*

Elomr.	Klimatomr.	GWh	Andel
1	Kiruna	616	1,7%
	Luleå	2042	5,6%
2	Östersund	707	1,9%
	Sundsvall	2247	6,5%
3	Örebro	5829	16,7%
	Stockholm	7272	20,9%
	Göteborg	8142	23,5%
4	Växjö	3224	8,2%
	Malmö	5123	15,0%

I nästa steg ska även nyttig värme fördelas per uppvärmningsteknik för våra representativa orter. Även för detta har Energimyndighetens statistik på regionnivå utnyttjats [1-3]. Antaget att flerbostadshusens och lokalers elvärme fördelas lika på direktel respektive elpanna och att posten

”Övriga” i samma byggnadstyper fördelas lika mellan BVP<sup>3</sup> och övriga värmepumpar kan en fördelning enligt *Tabell 4* tas fram.

Som framgår av tabellen är direktel relativt jämt fördelat över landet, medan elpannor är överrepresenterade i de sydliga delarna. Vidare är övriga värmepumpar som FVP och luftbaserade ganska jämt fördelade medan bergvärme har större andelar norrut. Utifrån detta, men där trenderna över landet jämnas ut, och justerat så att totala energin per värmepump blir enligt tidigare inventering av VP och elvärme, har fördelning enligt *Tabell 5* ansatts som utgångspunkt i detta projekt.

*Tabell 4. Resultande fördelning av mängden nyttig värme per område.*

Elomr.	Ort	El(d)	El(v)	Övriga	BVP	Tot
1	Kiruna	10%	6%	38%	46%	100%
	Luleå	13%	6%	38%	46%	100%
2	Östersund	14%	7%	37%	42%	100%
	Sundsvall	11%	7%	37%	45%	100%
3	Örebro	10%	5%	39%	45%	100%
	Stockholm	7%	7%	41%	44%	100%
	Göteborg	11%	8%	38%	43%	100%
4	Växjö	10%	8%	38%	44%	100%
	Malmö	10%	8%	46%	36%	100%
Medel		11%	7%	39%	44%	

*Tabell 5. Fördelning av värmetekniker per område.*

	El(d)	El(v)	FVP	LVP	LLVP	BVP
Kiruna	10%	6%	8%	10%	17%	50%
Luleå	10%	6%	8%	10%	17%	50%
Östersund	10%	6%	8%	10%	18%	49%
Sundsvall	10%	6%	8%	10%	18%	49%
Örebro	10%	6%	8%	10%	18%	49%
Stockholm	10%	7%	8%	10%	18%	47%
Göteborg	10%	8%	8%	10%	18%	47%
Växjö	10%	8%	8%	10%	18%	47%
Malmö	10%	8%	8%	12%	21%	42%

## Referenser

[1] Energimyndigheten, *Energistatistik för småhus 2014*, ES 2015:03.

[2] Energimyndigheten, *Energistatistik för flerbostadshus 2014*, ES 2015:04.

[3] Energimyndigheten, *Energistatistik för lokaler 2014*, ES 2015:05.

[4] Boverket, *Webbsändning om nära-nollenergibyggnader*, Stockholm 2017.

<https://www.boverket.se/contentassets/7108b4c07b6c432ba7edbc244d4098db/powerpointbilder-fran-presentationen.pdf>

<sup>3</sup> Enligt VP-inventeringen är ca hälften av värmepumparna av typen bergvärme.

## Bilaga 5. Fördelning av värmepumpar i framtiden

För att kunna beräkna effektbehovet i el för framtidens bestånd av värmepumpar och elvärme krävs antagande om framtida mängder och geografisk fördelning av dessa uppvärmningstekniker.

Mängden nyttig värme för värmepumpshus påverkas huvudsakligen av tre faktorer:

energibesparingar, konverteringar och nybyggen. Båda scenarier från Värmemarknad Sverige som vi utgår från inkluderar energibesparingar, men besparingarna är större i scenariot "Energisnåla hus".

Vad gäller konvertering antar vi att huvuddelen av den elvärme som försvinner (efter energibesparing) konverteras till värmepumpar (viss andel antas konverteras till bibränsle då även denna ökar i underliggande scenarier). Ett annat viktigt antagande i sammanhanget är att befintliga värmepumpar byts ut till en ny värmepump av samma slag (men med bättre prestanda) när den gamla är uttjänt. I Värmemarknad Sverige finns även information om tillkommande nybyggnationer som kan tjäna till grund för att uppskatta mängden värmepumpar från det hållet. Nedan beskrivs hur antaganden för framtida mängd och fördelning av värmepumpar har tagits fram. Utgångspunkten är dagens situation (ca år 2016) för fördelning av mängden nyttig värme som presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Nyttig värme per ort och teknik för dagsläget (2016), GWh.

	El(d)	El(v)	FVP	LVVP	LLVP	BVP
Kiruna	65	39	53	65	118	337
Luleå	215	129	175	216	391	1118
Östersund	75	45	61	77	140	380
Sundsvall	237	160	193	239	434	1207
Örebro	615	415	500	621	1125	3132
Stockholm	767	576	624	807	1463	3757
Göteborg	859	709	698	881	1597	4207
Växjö	340	281	276	349	632	1666
Malmö	541	446	439	649	1175	2382
Totalt	3715	2800	3019	3904	7074	18188

### Värmepumpar och elvärme i scenariot "Mer individuellt"

Utifrån Värmemarknad Sveriges scenario "Mer individuellt" (anpassat till vår fördelning mellan VP och elvärme) kommer värmepumpar att öka med 3 900 GWh och elvärme minska med 2 500 GWh. En del av minskningen av elvärme beror på besparingar, men 1 200 GWh kan antas vara konvertering till värmepumpar. Utöver detta tillkommer uppvärmningsbehov i form av nya byggnader, vilket enligt Värmemarknad Sverige är ca 2,2 TWh för småhus, 2,6 TWh för flerbostadshus och 1,4 TWh för lokaler. Antagen fördelning av konverterad elvärme och värmepumpar i nybyggen presenteras i Tabell 2.



Tabell 2. Antagen fördelning av tillkommande värmepumpar pga. konvertering från elvärme och från nybyggnation.

	FVP	BVP	LVVP	LLVP
Från El(d)	0%	30%	10%	60%
Från El(v)	0%	70%	30%	0%
Nybyggnation				
-Småhus	80%	5%	5%	0%
-Fbh	5%	5%	5%	0%
-Lokaler	5%	5%	5%	0%

Utifrån ovanstående uppgifter (och viss justering för att ökning av värmepumpar ska bli precis 3 900 GWh) kan förändringen av elvärme och värmepumpar kvantifieras. Denna förändring har sedan fördelats per ort och teknik utifrån nuvarande fördelning, vilket ger de resultat som presenteras i Tabell 3.

Tabell 3. Förändring av nyttig värme per ort och teknik.

	El(d)	El(v)	FVP	LVVP	LLVP	BVP
Kiruna	-25	-15	34	10	7	18
Luleå	-83	-50	113	32	22	60
Östersund	-29	-17	39	12	8	20
Sundsvall	-91	-61	124	36	24	65
Örebro	-236	-159	323	93	62	168
Stockholm	-295	-221	403	121	81	201
Göteborg	-330	-272	451	132	88	226
Växjö	-131	-108	179	52	35	89
Malmö	-207	-171	284	97	65	128
Totalt	-1426	-1074	1950	585	390	975

Genom att kombinera Tabell 1 och Tabell 3 fås slutligen den fördelning av mängden nyttig värme som antagits för scenariot "Mer individuellt", se Tabell 4. Som framgår minskar elvärme med 40 %, frånluftsvärmepumpar ökar kraftigt pga. nybyggnation och övriga värmepumpar ökar också något.

Tabell 4. Nyttig värme per ort och teknik för Värmemarknad Sverige scenariot "Mer individuellt".

	El(d)	El(v)	FVP	LVVP	LLVP	BVP
Kiruna	40	24	87	75	124	356
Luleå	133	80	288	248	412	1178
Östersund	46	28	100	89	148	401
Sundsvall	146	99	317	275	457	1272
Örebro	379	256	823	714	1187	3300
Stockholm	473	355	1026	928	1544	3959
Göteborg	530	437	1149	1013	1685	4433
Växjö	210	173	455	401	667	1755
Malmö	333	275	723	746	1240	2510
Totalt	2290	1725	4969	4489	7464	19163

### Värmepumpar och elvärme i scenariot "Energisnålare hus"

Med samma metod som för scenariot "Mer individuellt" har nyttig värme per ort och teknik också beräknats för scenariot "Energisnålare hus". En skillnad är att värmepumpar netto minskar 5 000 GWh samtidigt som ca 1 000 GWh el konverterat till värmepumpar och nybyggnation är 1,9 TWh för småhus, 2,2 TWh för flerbostadshus och 1,2 TWh för lokaler. Således uppgår energibesparingen i befintliga värmepumphus till mer än vad tillkommande värmepumpar ger. Antaget att energibesparingen är jämt fördelad kan förändringen kvantifieras enligt Tabell 5 och resulterande mängd nyttig värme enligt Tabell 6. Som framgår minskar elvärme till mindre än hälften och värmepumparna minskar med 15-20 %, förutom FVP som ökar tack vare nybyggnation.

Tabell 5. Förändring av mängd nyttig värme per ort och teknik.

	El(d)	El(v)	FVP	LVVP	LLVP	BVP
Kiruna	-35	-21	16	-9	-24	-72
Luleå	-116	-69	53	-30	-81	-240
Östersund	-40	-24	18	-11	-29	-82
Sundsvall	-127	-86	58	-33	-90	-259
Örebro	-330	-223	151	-86	-233	-673
Stockholm	-412	-309	188	-112	-302	-807
Göteborg	-462	-381	211	-123	-330	-903
Växjö	-183	-151	84	-49	-131	-358
Malmö	-290	-240	133	-90	-243	-512
Totalt	-1996	-1504	912	-543	-1463	-3906

Tabell 6. Nyttig värme per ort och teknik för Värmemarknad Sverige scenariot "Energisnålare hus".

	El(d)	El(v)	FVP	LVP	LLVP	BVP
Kiruna	30	18	69	56	94	265
Luleå	100	60	228	186	310	878
Östersund	35	21	79	67	111	299
Sundsvall	110	74	251	206	344	948
Örebro	285	192	651	534	892	2460
Stockholm	355	266	812	695	1160	2951
Göteborg	398	328	909	759	1266	3304
Växjö	157	130	360	300	501	1308
Malmö	250	206	572	558	932	1871
Totalt	1719	1296	3931	3361	5611	14282

## Bilaga 6. Jämförelse mot uppmätta effektbehov

I Dahlström m.fl. (2011)<sup>4</sup> har eleffektbehov som funktion av utetemperatur uppmätts för ett antal olika småhus med värmepump. Ett intressant resultat från dessa mätningar är att man inte kan se det accelererande elbehovet i värmepumphus som man skulle kunna förvänta sig av att elspetsen slår igång. Istället fortsätter elbehovet att öka linjärt med sjunkande utetemperatur. Dahlström m.fl. (2011) förklarar detta fenomen dels med att alternativa värmekällor till elspets används och dels med att man låter inomhustemperaturen sjunka vid kall väderlek.

Uppenbart är att elspets i dessa mätobjekt inte används i den omfattning som en teoretisk beräkning med 100 % elspets skulle ge. För att ta hänsyn till detta i vår metod och modell räknar vi bara med en viss andel av 100 % elspets. Med detta menas att elbehovet till spets multipliceras med en faktor under 1. Denna faktor antar vi är densamma oavsett temperatur. Detta har gjorts för samtliga inkluderade värmepumpar, medan liknande åtgärder inte gjorts för elvärme. I sammanhanget kan nämnas att elvärmen utgör en liten del av uppvärmningen 2030 och har således liten inverkan på effektbehovet.

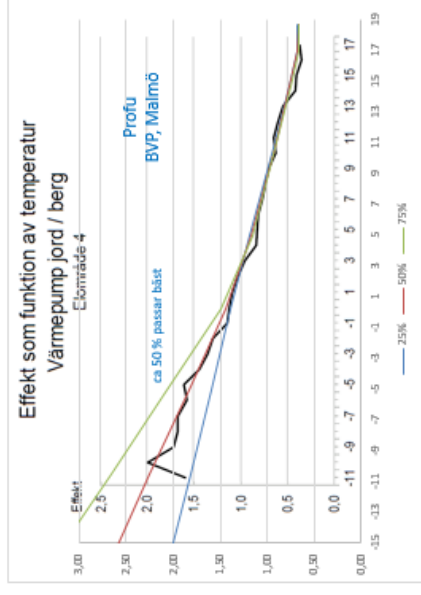
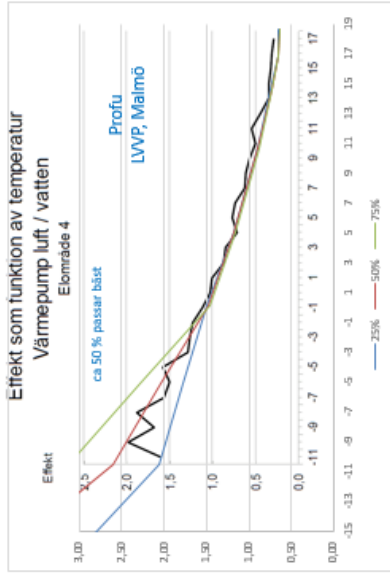
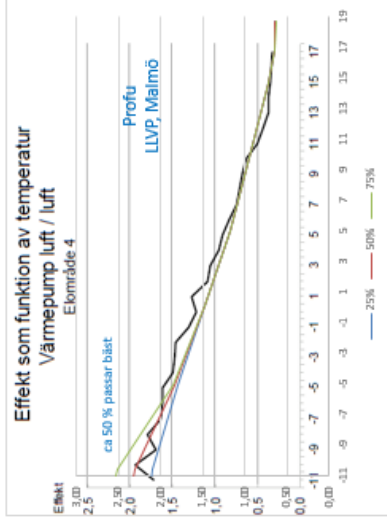
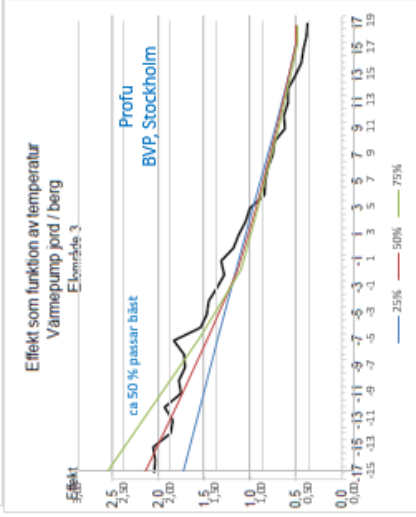
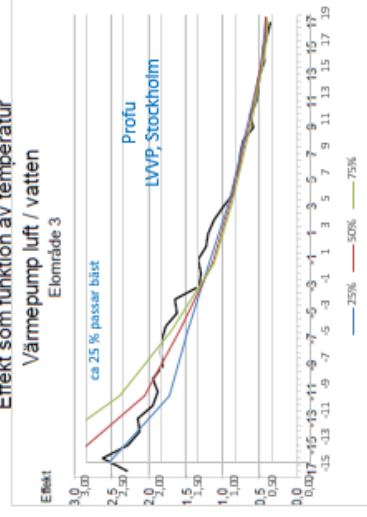
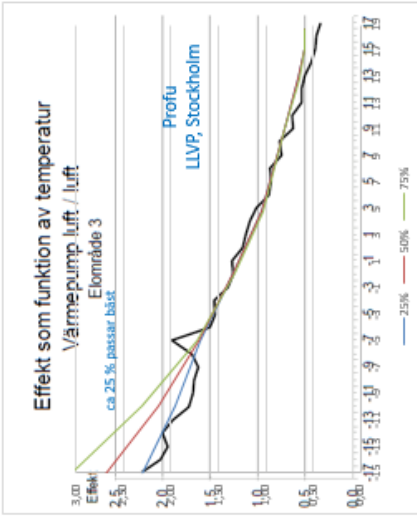
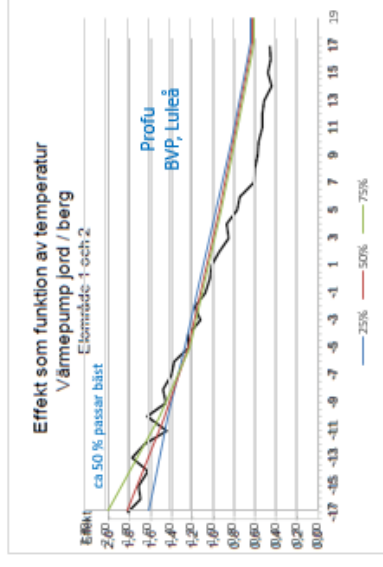
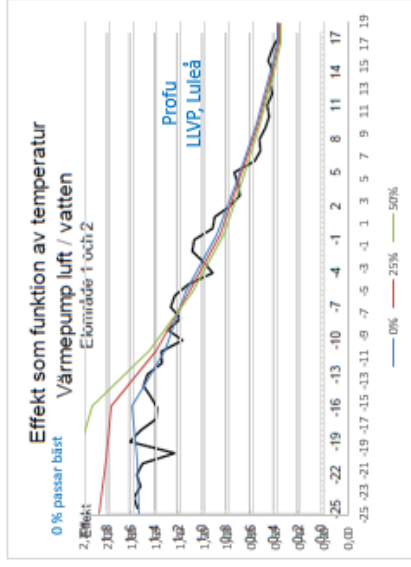
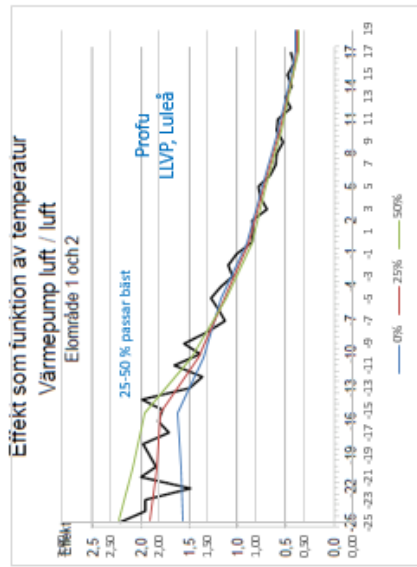
För att finna lämplig storlek på denna faktor har vi tagit intryck av resultaten i Dahlström m.fl. (2011). En direkt jämförelse mot dessa mätresultat är dock inte möjlig eftersom hela husets elbehov ingår i mätningarna, således inkluderas även hushållsel förutom el till uppvärmning. För att ändå försöka göra en jämförelse har hushållsel lagts till som en fast last till våra resultat och sedan jämför vi lutningen, det vill säga elanvändningens temperaturberoende för att se vilken faktor på elspets som ger bäst överensstämmelse, se figurer på nästa sida. Vi fokuserar alltså på den temperaturberoende lutningen snarare än den absoluta överensstämmelsen. Dessutom har Dahlström m.fl. (2011) både normalårskorrigerat och normalplatskorrigerat sina mätserier. Våra beräknade värden har inte korrigerats på motsvarande vis. Det finns alltså fler skäl till att vår jämförelse är något förenklad.

För att lättare kunna jämföra lutning har y-axeln för våra resultat förskjutits gentemot resultaten från Dahlström m.fl. (2011) i figurerna på nästa sida. Som framgår ur figurerna ligger våra resultat något högre än de från Dahlström m.fl. (2011), särskilt för elområde 4/Malmö där skillnaden är ca 0,5 enheter. För att få absolut överensstämmelse måste sannolikt våra antaganden kring säsongsberoendet för, och storleken på, hushållselen vara mer precisa. Dessutom borde våra effektberäkningar (vår y-axel) beräknas på samma sätt som i Dahlström m.fl. (2014). Då fokus här huvudsakligen är elbehovets temperaturberoende vill vi mena att den enklare ansatsen är tillräcklig, det vill säga *lutningen* på kurvorna ger tillräcklig information för våra syften.

Vår matchning mot mätningarna i Dahlström m.fl. (2011) indikerar att elspetsen ligger inom intervallet 25–50 % för bästa överensstämmelse. Det innebär alltså att den andra delen, ca 50-75% i detta fall, av den teoretiska och utetemperaturberoende effekten utgörs av antingen annan icke-elberoende uppvärmning och/eller att man sänker inomhustemperaturen.

---

<sup>4</sup> Dahlström, C., Eriksson, E., Fritz, P. och Lydén, P., 2011, *Framtagande av effektprofiler samt uppbyggnad av databas över elanvändningen vid kall väderlek*, Elforsk rapport 11:12.



## Bilaga 7. Beräkningsexempel av eleffektbehov för uppvärmning

För att exemplifiera beräkningen av erforderlig eleffekt som ansätts i detta projekt visas här beräkningen av eleffektbehovet för en bergvärmepump i Stockholm en vinterdag med temperaturen **-16** grader.

### Nyttig värme för uppvärmning och varmvatten i Stockholm

Nyttig värme från elvärme och värmepumpar i Sverige antas vara **38,7** TWh i dagsläget. **20,7** % av detta antas utgöra andelen i vårt geografiska område "Stockholm", vilket ger **8,0** TWh. Denna kan i sin tur delas upp på **84** % för uppvärmning – **6,72** TWh – och **16** % varmvatten: **1,28** TWh.

### Värmeeffektbehov för uppvärmning och varmvatten i BVP-hus i Stockholm

Med **3424** graddagar i Stockholm kan förlustkonstanten  $K_{HUS}$  beräknas till:

$$K_{HUS} = E/Gh = 6,72 \cdot 1000 / 3424 / 24 = 81,7 \text{ MW/K}$$

Denna förlustkonstant avser husbeståndet med elvärme eller värmepump i Stockholm. Andelen bergvärme (BVP) är antagen till **43,4** % i Stockholm, vidare är  $T_{Inne}$  **17**°C och dimensionerande utetemperatur (DUT) i Stockholm **-14,9** °C. Effektbehovet för uppvärmning vid DVUT kan således beräknas till:

$$P_{Värme\_DVUT} = 0,434 \cdot K_{HUS} \cdot (T_{Inne} - DUT) = 1130,5 \text{ MW}$$

Antaget att varmvattenuppvärmningen är jämn fördelad över dygnet blir effektbehovet för varmvatten i Stockholm:

$$P_{VV} = 1,28 \cdot 1000 / 8760 = 146 \text{ MW}$$

Den totala värmeeffekten vid DUT blir således:

$$P_{Tot\_DVUT} = 1130,5 + 0,434 \cdot 146 = 1194 \text{ MW}$$

Medelanläggningen antas kunna leverera **15** % högre än effektbehovet vid DUT:

$$P_{MAX\_Anläggning} = 1194 \cdot 1,15 = 1373 \text{ MW}$$

Effektbehov för värme vid en given timme T:  $P_T = 0,434 \cdot (K_{HUS} \cdot (T_{Inne} - T_{Ute}) + P_{VV})$

Applicerat för en timme då det är **-16** grader är värmeeffektbehovet för hus med bergvärme i området Stockholm:

$$P_{-16} = 0,434 \cdot (81,7 \cdot (17 - (-16))) + 146 = 1233 \text{ MW}$$

Vilket är mindre än max kapacitet för bvp-anläggningarna (**1373** MW) tack vare överdimensioneringen. Således kan hela effektbehovet tillgodoses.

## Behov av eleffekt

Själva bergvärmepumparna (exklusive elspets) kommer att leverera effekttäckningens (55 %) del av effektbehovet vid DVUT:

$$P_{\text{MAX\_VPdel}} = 0,55 \cdot 1194 = 657 \text{ MW}$$

Elbehovet för värmepumpsdelen fås genom att dividera utgående värmeeffekt med värmefaktorn:

$$\text{COP}_{\text{BVP}} = 3,24 + 0,02 \cdot T_{\text{Ute}}$$

, där  $T_{\text{Ute}}$  är ett släpande medelvärde om 6 timmar för timme T. Med -16 grader (antaget att det är ett släpande medelvärde) blir COP 2,96. Således blir eleffekt till VP-delen:

$$El_{\text{VPdel}} = 657 / 2,96 = 222 \text{ MW}$$

Anläggningarnas spetsdel kommer att leverera överskjutande värme (upp till  $P_{\text{MAX\_Anläggning}}$ ) med en verkningsgrad på 0,95 och där 50 % antas vara el i medelfallet (resterande är annan värmekälla eller temperatursänkning inomhus).

$$El_{\text{VPdel}} = 0,5 \cdot (P_{-16} - P_{\text{MAX\_VPdel}}) / 0,95 = 0,5 \cdot (1233 - 657) / 0,95 = 303 \text{ MW.}$$

Totalt eleffektbehov är således  $222 + 303 = 525$  MW denna timme.

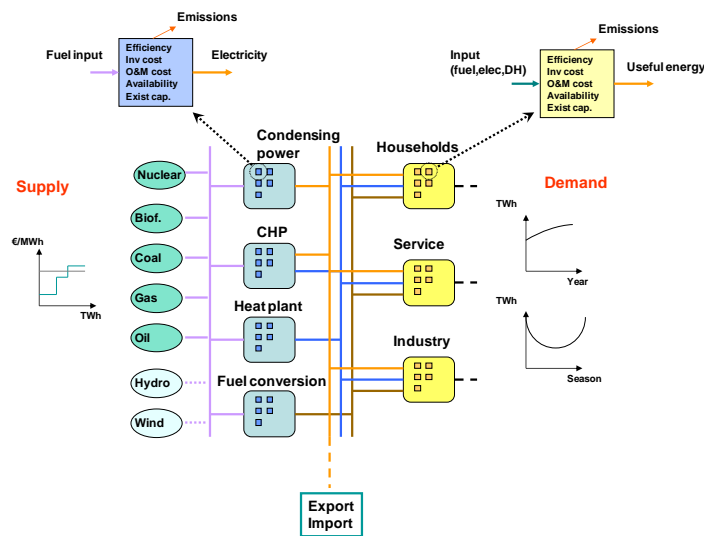
Om  $P_T > P_{\text{MAX\_Anläggning}}$  leveras endast  $P_{\text{MAX\_Anläggning}}$  vilket sätter gräns för elbehovet för BVP i Stockholm.

Liknande beräkning görs för varje timme för alla år 1999 – 2016 för alla värmepumpar och elvärme och för alla orter, vilket gör att elbehovet för uppvärmning i Sverige kan beräknas timme för timme. Någon timme under en viss vinter kommer det högsta eleffektbehovet att uppträda. Då det normalt inte är kallast samtidigt i hela landet kommer summan av högsta eleffekt för respektive ort vara högre än högsta totala eleffektbehov under året. Skillnaden mellan dessa poster är ett mått på den geografiska sammanlagringsvinsten.

## Bilaga 8. Beskrivning av TIMES-NORDIC-modellen

### Allmänt om TIMES

TIMES (The Integrated Market Eform System)<sup>5</sup> är en så kallad dynamisk optimerande energisystemmodell. Detta innebär att modellen, utifrån en mycket detaljerad beskrivning av det tekniska energisystemet, genererar en optimal (i detta fall kostnadsminimerad) lösning för det beskrivna energisystemets framtida utveckling sett över hela den beskrivna modellperioden (exempelvis från idag till 2050). Med det tekniska energisystemet avses energisystemets olika tekniska komponenter och de energiflöden som förbinder dessa, alltifrån energibehov till resursuttag i form av till exempel olika bränslen. En principskiss över modellens funktionssätt presenteras i nedanstående figur där de olika energibehoven återfinns till höger i figuren och de olika tillgängliga resurserna till vänster. Mellan dessa bägge delar återfinns de tekniska komponenterna (storskaliga och centraliserade såväl som småskaliga och användarnära) som genererar nyttig energi ur de använda resurserna.



Figur Principbild för hur det tekniska energisystemet är representerat i en TIMES-modell.

Modellverktyget TIMES har nått en unik spridning över hela världen varför en stor samlad erfarenhet av TIMES-användning finns tillgänglig på såväl lokal, regional, nationell som internationell nivå. Det är den internationella organisation ETSAP (Energy Technology Systems Analysis Programme; ETSAP är resultatet av ett "implementing agreement" inom IEA) som sedan 1977 svarat för modellutvecklingen (föregångaren till TIMES hette MARKAL). En mer detaljerad beskrivning av TIMES återfinns på ETSAPs hemsida (<http://iea-etsap.org/>).

<sup>5</sup> MARKAL är föregångaren till TIMES och bygger i stort sett på samma metodik och princip men begränsas i flexibilitet och detaljrikedom på grund av att Markal ursprungligen utvecklades under en tid då datorkapaciteten var klart mindre än den är idag). EFOM-modellen (Energy Flow Model) utvecklades ursprungligen på uppdrag av Europeiska kommissionen och användes som ett alternativ till Markal. EFOM-modellen användes till exempel både i Danmark och i Finland under 1990-talet medan man i Sverige och Norge istället valde Markal som huvudspår. När sedan arbete med att utveckla TIMES inleddes såg man till att inkludera element från både Markal och EFOM (som i sin tur var tämligen närbesläktade).

## TIMES-NORDIC

TIMES-modellerna i sig är föga värda utan ett omfattande innehåll av indata som samlas i själva databasen. Det är denna databas som utgör själva grunden och som definierar såväl systemgräns, geografi som detaljrikedom. Det finns TIMES-modeller som beskriver såväl hela världens energisystem, i t ex IEA:s regi, som enstaka länders eller andra avgränsade regioners energisystem. I vårt fall omfattar databasen en detaljerad beskrivning av det nordiska energisystemet samt elproduktionen i Tyskland, Polen och de tre baltiska länderna. Detaljrikedomen är särskilt stor i beskrivningen av Sverige. Systemgränsen är också skälet till att vår TIMES-modell fått namnet TIMES-NORDIC. (Även vår äldre MARKAL-modell har tillnamnet "NORDIC".)

TIMES-NORDIC inkluderar de stationära energisystemen, det vill säga produktion av el, fjärrvärme och processånga samt slutlig energianvändning inom bostäder, service och industri. Beskrivningen i Norge och Danmark omfattar endast el- och fjärrvärmesystemet, det vill säga övrig slutlig energianvändning omfattas inte. Transportsektorn ingår inte i den nuvarande modellbeskrivningen sånär som på en behovsprognos för el (spårbunden trafik och elfordon).

### *Behovssektorer i TIMES-NORDIC*

Den svenska bostads- och servicesektorn delas i modellen in i:

- Nettovärmebehov (det vill säga nyttig värme för uppvärmning och tappvarmvattenberedning; efter omvandlingsförluster) inom befintliga och nya småhus
- Nettovärmebehov för befintliga och nya flerbostadshus
- Nettovärmebehov för befintliga och nya lokaler
- Hushållsel (inklusive driftel för flerbostadshus, t ex belysning, hissar mm)
- Driftel och apparatel i lokaler
- Övrig slutlig oljeanvändning inom hushåll och service, det vill säga sådant som inte har med uppvärmning att göra. Det kan t ex handla om fotogen och bensin som räknas till denna sektor (men alltså varken till uppvärmning eller till transportändamål).
- Övrig slutlig energianvändning inom sektorerna bygg, jordbruk, skogsbruk och fiske. Här ingår energi som används till verksamheterna. Detta innebär till exempel att värmebehovet för boningshusen inom jordbruket inte ingår (det ligger istället med som värmebehov inom småhusen) men väl sådant som exempelvis åtgår till uppvärmning i fastigheter som används för verksamheten, t ex ladugårdar.

Den slutliga energianvändningen inom den svenska industrin fördelar sig i TIMES-NORDIC på sektorerna papper&massa, järn&stål, kemiindustrin, raffinaderier (endast för energiändamål), gruvor samt övrig industri. I övrig industri ingår bland annat cementindustrin som en viktig del. För vissa av industrisektorerna, exempelvis gruvor, är modellens valmöjligheter mycket begränsade, det vill säga modellresultatet är i princip fixerat och bygger på referensprognoser (företrädesvis från Energimyndigheten). För andra delar av industrin, till exempel järn&stål, har modellverktyget större



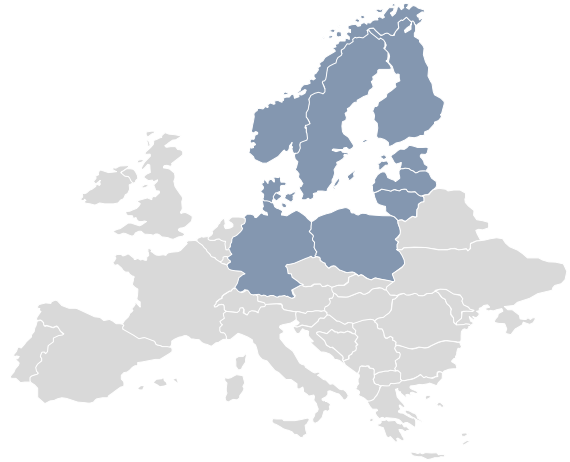
möjligheter att byta bränslen och tekniker och därmed påverka exempelvis utsläppen av CO<sub>2</sub>. Utsläpp av CO<sub>2</sub> är den enda emissionstypen som så här långt omfattas av modellbeskrivningen.

*Det*

*nordeuropeiska*

*elsystemet*

TIMES-NORDIC inkluderar i huvudsak de stationära energisystemen (exklusive transporter) i de fyra nordiska länderna Sverige, Norge, Finland och Danmark. Dessutom omfattar modellen elproduktion och elförbrukning samt en aggregerad beskrivning av fjärrvärmesystemen i Tyskland, Polen och de tre baltiska staterna Estland, Lettland och Litauen. Av resursmässiga skäl är detaljrikedomen i modellverktyget lägre i de övriga länderna jämfört med den svenska beskrivningen. Databasen omfattar dock ett antal viktiga energi- och koldioxidskatter även i de övriga länderna samt vissa riktade stöd till förnybar elproduktion.



*Länder i norra Europa som ingår i  
TIMES-NORDIC (i mörkblått)*

I modellen är de ingående länderna inte ytterligare uppdelade i underregioner eller prisområden för el. Istället utgör varje land ett unikt elprisområde. Det gör också att exempelvis Sverige behandlas som ett elprisområde och inte, som i verkligheten, fyra olika elprisområden. Då tyngdpunkten för den svenska elförbrukningen ligger i elprisområde 3 kan man på goda grunder likställa elprisutvecklingen för prisområde "Sverige" i modellberäkningarna med det verkliga prisområdet SE3. De senaste åren har elpriset i de två nordligare elområdena SE1 och SE2 legat något lite lägre än priset i SE3 medan priserna i SE4 möjligen legat något lite högre.

De antagna bränslepriserna (förutom vissa transmissions- och distributionspåslag samt kostnadsfördelar beroende på skalfördelar) och vissa centrala teknikdata (kostnader och prestanda) är i allmänhet gemensamma för samtliga i modellen beskrivna länder. Vindtillgänglighet och tillgång till biomassa är dock exempel på parametrar som antas skilja sig mellan länderna. Förutsättningarna i de övriga länderna i modellverket har signifikant påverkan på den gemensamma elmarknaden och därmed på utvecklingen i Sverige. Förnybarhetspolitiken i grannländerna är en sådan och elbehovsutvecklingen utgör en annan faktor. Underlaget för elbehovsutvecklingen i Sveriges grannländer bygger dels på EU-kommissionens senaste prognos (EC EC, 2016, "EU Reference Scenario - 2016 Energy, transport and GHG emissions Trends to 2050") och dels på egna antaganden.

Elhandeln mellan de ingående länderna begränsas initialt av existerande överföringskapaciteter. Om det är ekonomiskt lönsamt så finns dock i modellverket en möjlighet att förstärka överföringsförbindelserna genom nya investeringar.<sup>6</sup> I modellen finns dessutom ett antagande om en rimlig övre utbyggnadstakt för ny överföringskapacitet om den blir lönsam i beräkningarna. Elhandeln mellan länderna inom Norden och mellan å ena sidan de nordiska länderna och å andra sidan Tyskland/Polen/Baltikum är med andra ord ett modellresultat.

---

<sup>6</sup> För ny överföringskapacitet mellan länderna i modellen antar vi en investeringskostnad (omräknad till öre/kWh) på omkring 5-10 öre/kWh överförd el beroende på vilka länder som knyts samman. I denna kostnadsuppskattning ingår även ett antagande om att de nationella stamnäten inom respektive land måste förstärkas något.