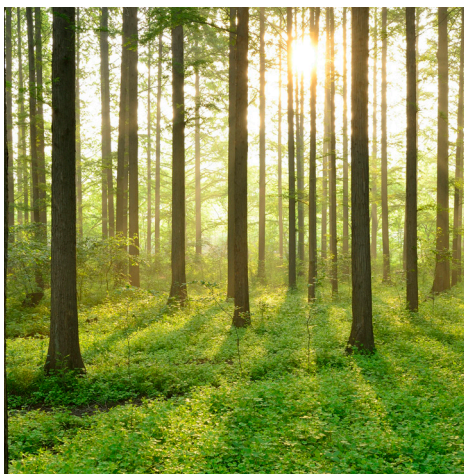


# FJÄRRVÄRMENS FRAMTIDA ROLL I EUROPA

RAPPORT 2017:364





# **Fjärrvärmens framtida roll i Europa**

The Future Role of District Heating in Europe

SVEN WERNER

ISBN 978-91-7673-364-6 | © ENERGIFORSK maj 2017

Energiforsk AB | Telefon: 08-677 25 30 | E-post: [kontakt@energiforsk.se](mailto:kontakt@energiforsk.se) | [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)



## Förord

**Sven Werner, Högskolan i Halmstad har varit projektledare för detta samlingsprojekt med fem olika delar som berör fjärrvärmens framtida roll i Europa. Projektet är i flera delar en fortsättning av tidigare projekt inom föregående programperioder inom Fjärrsyn och annan branschforskning.**

**Projektet har följts av en referensgrupp med följande deltagare: Carina Bergsten, Uddevalla Energi (ordförande t.o.m. februari 2016); Staffan Stymne, Norrenergi (ordförande fr.o.m. september 2016); Peter Öhman, Göteborg Energi; Staffan Larsson, Kalmar Energi; Erik Thornström Energiföretagen Sverige (tidigare Svensk Fjärrvärme).**

**Projektet ingår i forskningsprogrammet Fjärrsyn, som finansieras av Energiföretagen Sverige (tidigare Svensk Fjärrvärme) och Energimyndigheten. Forskningen inom Fjärrsyn ska stärka fjärrvärme och fjärrkyla, uppmuntra konkurrenskraftig affärs- och teknikutveckling och skapa resurseffektiva lösningar för framtidens hållbara energisystem till nytta för fjärrvärmebranschen, kunderna, miljön och samhället i stort.**

**Leif Bodinson**

**Ordförande i Energiföretagen Sveriges Omvärldsråd**

Här redovisas resultat och slutsatser från ett projekt inom ett forskningsprogram som drivs av Energiforsk. Det är rapportförfattaren/-författarna som ansvarar för innehållet och publiceringen innebär inte att Energiforsk har tagit ställning till innehållet.

## Sammanfattning

**Detta projekt har bestått av fem olika delar som på olika sätt berör fjärrvärmens framtida roll i Europa. Projektet har varit en fortsättning av de fyra tidigare projekt som jag haft sedan 1999 som forskningsledare med fjärrvärme som huvudinriktning.**

De fem projektdelarna har varit deltagande i forskningsnätverket DHC+, det internationella forskningscentret 4DH och EU-projektet Stratego samt eget forskningsarbete med aggregering av de europeiska fjärrvärmepriserna och skrivande av flera översiktsartiklar i internationella vetenskapliga energitidskrifter.

**DHC+** är samlingsnamnet för det europeiska forskningsnätverket kring fjärrvärme och fjärrkyla som drivs av Euroheat & Power, som är den europeiska branschorganisationen för dessa aktiviteter.

**4DH** är ett forskningscenter som drivs av Ålborgs Universitet. Dess syfte har varit att på olika sätt utveckla fjärde generationens fjärrvärmesystem för de marknadsvillkor som förväntas under de kommande decennierna.

**Stratego** har varit ett EU-projekt mellan 2014 och 2016 inom projektklustret Heat Roadmap Europe. Tre syften har varit att genomföra detaljerade studier av värmemarknaderna i fem EU-länder, förstudier av 43 tänkbara projekt i åtta länder samt erfarenhetsutbyte mellan erfarna och mindre erfarna fjärrvärmeländer.

**Europeiska fjärrvärmepriser** är kända lokalt och ofta även nationellt, men en flerårig internationell översikt är inte tillgänglig för Europa. Därmed är inte dessa priser transparenta på Europa-nivån. Därför har fleråriga serier av nationella årsmedelvärden samlats in för drygt 20 länder.

**Flera översiktsartiklar** har skrivits för att belysa fjärrvärmens och fjärrkylans ställning i Sverige, Europa och världen. De har berört fjärrvärmens möjliga användning i Europa, definition av fjärde generationens fjärrvärmesystem, användning av stora värmepumpar och biomassa i Sverige samt temperaturnivåer i danska och svenska distributionsnät. Dessutom har de nuvarande europeiska kylbehoven i byggnader skattats och två flerdimensionella översikter för hela världen och Sverige har skrivits.

Aggregerade forskningsresultat från detta Fjärrsynsprojekt är:

1. Vi har numera betydligt fler och mer omfattande EU-projekt om fjärrvärme och fjärrkyla än tidigare (DHC+)
2. Vi har fått en stark tillväxt i antal publicerade artiklar och konferensbidrag samt antal aktiva forskare som arbetar med utveckling av fjärde generationens fjärrvärmesystem i Europa (4DH)
3. Den framtida nyttan med fjärrvärme har skattats för fem EU-länder, vilket verifierar de tidigare skattningarna för hela EU från de två förstudierna inom Heat Roadmap Europe (Stratego)
4. Den framtida årliga ekonomiska nyttan omkring 2050 med att fjärrvärmerna får ansvar för hälften av EU:s byggnadsuppvärmning har skattats till omkring

- 1000 miljarder kronor. Förutsättningen var att hela primärenergitillförseln ska minska med nästan 40 procent. (Heat Roadmap Europe – andra förstudien)
5. Våra forskningsresultat har delvis bidragit till att vi fick en EU-strategi för värme och kyla i februari 2016 (Heat Roadmap Europe och Stratego)
  6. De högsta fjärrvärmepriserna återfanns under 2013 i Danmark, Slovakien, Tyskland, Norge och Sverige, medan de lägsta återfanns i Island, Bulgarien, Schweiz, Ungern och Polen (Europeiska fjärrvärmepriser)
  7. Fjärrvärme är ett effektivt verktyg för att billigare uppnå EU-målen om lägre klimatgasutsläpp och högre försörjningssäkerhet. (Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system)
  8. Det finns betydande synergier mellan värmeåtervinning och värmebehov i regioner som har omkring en tredjedel av EU:s värmebehov och befolkning (Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions)
  9. Fjärde generationens fjärrvärmesystem kan definieras som ett sammanhängande tekniskt och institutionellt begrepp som syftar till att använda smarta värmenät för att erhålla en lämplig utveckling av uthålliga energisystem. Fjärde generationens fjärrvärmesystem förser lågenergibygnader med värme från lågtempererade värmekällor och med låga värmeförluster. De är dessutom integrerade med driften av smarta energisystem. Begreppet inkluderar även utvecklingen av institutionella och organisatoriska ramverk för att underlätta lämpliga strukturer för kostnader och drivkrafter (4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems)
  10. Introduktionen av biomassa i svenska fjärrvärmesystem underlättades av en hög beskattning av fossila bränslen och en väl etablerad svensk skogsindustri. (The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems)
  11. Många stora värmepumpar i svenska fjärrvärmesystem är fortfarande i bruk fast merparten av dem installerades på 1980-talet. Enbart omkring en femtedel av installerade effekten har fasats ut av olika orsaker (Large heat pumps in Swedish district heating systems)
  12. Den svenska fjärrvärmesystemen är internationellt unik med bedriften att redan ha sänkt sina specifika koldioxidutsläpp med 90 procent sedan 1970-talet. (District heating and cooling in Sweden)
  13. Det finns signifikant fjärrvärmeverksamhet i 47 av världens länder. Huvuddelen av leveranserna återfinns i Ryssland, Kina och EU. Ryssland och Kina har lägre andelar värmeåtervinning och högre specifika koldioxidutsläpp än EU. De tre länderna med lägst specifika koldioxidutsläpp från fjärrvärme är Island, Sverige och Norge. (International review of district heating and cooling)
  14. EU:s totala kylbehov i byggnader har skattats till 1170 TWh (4,2 EJ), men det är bara 16 procent av dessa som möts med kylleveranser. Den europeiska fjärrkylan står i sin tur för enbart 1,3 procent av dessa kylleveranser. (European space cooling demands)
  15. Temperaturnivåerna i svenska och danska fjärrvärmesystem är fortfarande för höga för att enkelt kunna återvinna lågtempererad restvärme. Det finns utrymme för att sänka dessa temperaturnivåer i framtiden. (Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish district heating systems)

## Summary

**This project has consisted of five different parts that are associated to the future role of district heating in Europe. The project was a continuation of four previous projects that I have had since 1999 as a research leader with district heating as main focus.**

The five project components have been participating in the European research network DHC+, the international research centre 4DH, and the EU-project Stratego together with own research work with compilation of the European district heating prices and writing of several review articles about district heating and cooling in international scientific energy journals.

**DHC+** is the name of the European research network on district heating and cooling operated by Euroheat & Power, which is the European trade association for these activities.

**4DH** is a research centre run by Aalborg University. Its purpose has been to define and develop fourth-generation district heating system for the market conditions that are expected in the coming decades.

**Stratego** has been an EU-project between 2014 and 2016 within the project cluster of Heat Roadmap Europe. The three aims have been to conduct detailed studies of the heat markets in five EU countries, preliminary studies of 43 potential projects in eight countries, and exchange of district heating experiences between experienced and less experienced countries.

**European district heating prices** are known locally and often even nationally, but a multi-year international overview is not available for Europe. Hereby, these prices are not transparent at European level. Therefore, multi-annual series of national annual averages have been collected for over 20 countries.

**Several review articles** have been written to highlight the position of district heating and cooling in Sweden, Europe and the world. These reviews have touched the potential use of district heating in Europe, the definition of fourth generation district heating systems, use of large heat pumps and biomass in Sweden, and current temperature levels in the Danish and Swedish heat distribution networks. In addition, the current European space cooling demands in buildings have been estimated and two multi-dimensional surveys for the world and Sweden has been written.

Aggregated research findings from this Fjärrsyn project are:

1. We have had significantly more and more extensive EU project on district heating and cooling during recent years compared to previous years (DHC+)
2. We have a strong growth in the number of published articles and conference papers as well as the number of active researchers working on the development of fourth generation district heating systems in Europe (4DH)



3. The future benefits of district heating has been estimated for five EU countries, which verifies the earlier estimates for the whole EU from the two pre-studies in Heat Roadmap Europe (Stratego)
4. The future annual economic benefits around 2050, if district heating will be responsible for half of the EU's space heating demand, has been estimated at about 100 billion euro. The condition was that the entire primary energy supply will be cut by almost 40 percent. (Heat Roadmap Europe - second pre-study)
5. Our research work has partly initiated that we received a European strategy for heating and cooling in February 2016 (Heat Roadmap Europe and Stratego)
6. The highest district heating prices during 2013 were found in Denmark, Slovakia, Germany, Norway and Sweden, while the lowest were found in Iceland, Bulgaria, Switzerland, Hungary and Poland (European district heating prices)
7. District heating is an effective tool in order to achieve EU goals on reduced climate gas emissions and higher security of supply at a lower cost. (Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system)
8. There are significant synergies between heat recoveries and heat demands in regions with around one third of the EU's heating demand and population (Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heats synergy region)
9. The 4th Generation District Heating (4GDH) system is consequently defined as a coherent technological and institutional concept, which by means of smart thermal grids assists the appropriate development of sustainable energy systems. 4GDH systems provide the heat supply of low-energy buildings with low grid losses in a way in which the use of low-temperature heat sources is integrated with the operation of smart energy systems. The concept involves the development of an institutional and organisational framework to facilitate suitable cost and motivation structures. (4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems)
10. The introduction of biomass in Swedish district heating systems was facilitated by a high carbon dioxide tax on fossil fuels and a well-established Swedish forest industry. (The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems)
11. Many large heat pumps in the Swedish district heating systems are still in use, though most of them were installed in the 1980s. Only about one fifth of installed heat power has been phased out for various reasons (Large heat pumps in Swedish district heating systems)
12. The Swedish district heating is internationally unique of having already reduced its specific carbon emissions by 90 percent since the 1970s. (District Heating and Cooling in Sweden)
13. There are significant district heating operations in 47 countries around the world. The majority of the heat deliveries are found in Russia, China and the EU. Russia and China have lower shares of heat recoveries and higher specific emissions than the EU. The three countries with the lowest specific carbon dioxide emissions from district heating are Iceland, Sweden and Norway. (International Review of District Heating and Cooling)

14. The total annual cooling demand in EU buildings has been estimated to be 1170 TWh (4.2 EJ), but only 16 percent are met by cold deliveries. The European district cooling systems are responsible for only 1.3 percent of those cold deliveries. (European Space Cooling Demands)
15. The temperature levels in the Swedish and Danish district heating systems are still too high to easily recycle low temperature excess heat. There is scope for lowering the network temperature levels in the future. (Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish District Heating Systems)

# Innehåll

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>Tidigare och parallella projekt</b>	<b>12</b>
2.1	Första programperioden 1999–2002: Fjärrvärmens systemteknik	12
2.2	Andra programperioden 2002–2005: Fjärrvärmens systemteknik	12
2.3	Tredje programperioden 2006–2009: Fjärrvärmens systemteknik	13
2.4	Fjärde programperioden 2009–2013: Fjärrvärmen i energisystemet	14
2.5	Femte programperioden 2013–2017: Fjärrvärmens framtida roll i Europa	15
<b>3</b>	<b>DHC+ - forskningsnätverket för fjärrvärme</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>4DH – forskningscentret för fjärde generationens fjärrvärmesystem</b>	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>Stratego</b>	<b>21</b>
5.1	Två förstudier (HRE1 och HRE2)	21
5.2	Stratego (HRE3)	21
5.3	Horisont 2020 (HRE4)	22
5.4	Nytta med Heat Roadmap Europe	22
<b>6</b>	<b>Europeiska fjärrvärmepriser</b>	<b>25</b>
<b>7</b>	<b>Flera översiktsartiklar</b>	<b>26</b>
7.1	Heat Roadmap Europe: Avvägning mellan tillförsel och användning	26
7.2	Heat Roadmap Europe: Strategiska regioner med värmesynergier	26
7.3	Definition av 4GDH	26
7.4	Introduktion av biomassa i svenska fjärrvärmesystem	27
7.5	Stora värmepumpar i svenska fjärrvärmesystem	27
7.6	Fjärrvärme i Sverige	28
7.7	Fjärrvärme i världen	29
7.8	Europas kylbehov i byggnader	30
7.9	Temperaturnivåer i fjärrvärmesystem	30
7.10	Ytterligare tre artiklar	31
<b>8</b>	<b>Sammanfattning av erhållna forskningsresultat</b>	<b>32</b>
<b>9</b>	<b>Referenser</b>	<b>34</b>
	<b>Bilaga: Aktivitetslista för detta projekt</b>	<b>38</b>

# 1 Inledning

**Bakgrunden till detta Fjärrsynsprojekt har varit att det var en fortsättning av de fyra tidigare projekt som jag har haft som basfinansiering sedan 1999 som forskningsledare med fjärrvärme som huvudinriktning. Var och en av dessa projekt har haft flera delprojekt med olika inriktningar.**

Detta Fjärrsynsprojekt har haft fem olika inriktningar:

1. deltagande i det europeiska forskningsnätverket DHC+
2. deltagande i det danska forskningscentret 4DH
3. deltagande i EU-projektet Stratego
4. eget forskningsarbete med analys av europeiska fjärrvärmepriser
5. eget skrivande av flera översiktsartiklar om fjärrvärme och fjärrkyla i internationella vetenskapliga energitidskrifter

Dessa fem inriktningar härrör från de fem projektmålen som formulerades i den ursprungliga projektansökan som:

1. En mer etablerad plattform för fjärrvärmeforskning i Europa
2. En god uppfattning om hur den fjärde generationens fjärrvärmeteknik ska karakteriseras och definieras med hänsyn till lägre framtida värmebehov och annan värmeförsörjning.
3. En god uppfattning om fjärrvärmens framtid i Europa
4. En kartläggning av hur de europeiska fjärrvärmepiserna har utvecklats sedan 1990
5. Fyra översiktsartiklar om fjärrvärme i internationella vetenskapliga tidskrifter

**DHC+** är ett europeiskt forskningsnätverk som bildades 2009 och som är en del av verksamheten inom Euroheat & Power i Bryssel. Syftet med nätverket är att vara en samlingsplats för kontakter, idéer och samverkan kring främst EU-finansierade projekt. Detta Fjärrsynsprojekt har bekostat Högskolan i Halmstads medverkan i nätverket.

**4DH** är ett forskningscenter i Ålborg, Danmark som har arbetat med att utforska olika aspekter med avseende på den fjärde generationens fjärrvärmesystem. Denna bör vara anpassad till morgondagens marknadsvillkor i form av stora inslag av förnyelsebart och värmeåtervinning samtidigt som morgondagens byggnader förväntas ha låga värmebehov. Detta Fjärrsynsprojekt har medfinansierat Högskolan i Halmstads medverkan i forskningscentret.

**Stratego** är ett projekt som i huvudsak har finansierats av ett EU-program som kallas Intelligent Energi för Europa (IEE). Syftet med projektet har varit utveckla metoder och analyser som stöder framtagning av de nationella värme- och kylplaner som krävs enligt Energieffektiviseringsdirektivet 2012/27/EU. Detta Fjärrsynsprojekt har medfinansierat Högskolan i Halmstads medverkan i detta EU-projekt.

**Europeiska fjärrvärmepriiser** har varit ett delprojekt som startade redan 2000 inom ramen för den adjungerade professuren i fjärrvärmens systemteknik på Chalmers Tekniska Högskola. Forskningsfrågan har varit aktuell i alla programperioder därefter, men har aldrig kommit längst upp på aktuell prioriteringslista. Nu har detta delprojekt slutligen avslutats med insamling av nationella medelpriser för långa tidsperioder. Detta Fjärrsynsprojekt har bekostat hela detta delprojekt.

**Flera översiktsartiklar** om fjärrvärme har skrivits för publicering i vetenskapliga internationella energitidskrifter. Syftet med dessa artiklar har varit att sprida information till det internationella vetenskapssamhället om fjärrvärme i världen i allmänhet och fjärrvärme i Sverige i synnerhet. Avsikten har varit att skapa en liten motvikt till en stor mängd publicerade fjärrvärmeartiklar som saknar en realistisk verklighetsförankring. Detta Fjärrsynsprojekt har helt eller delvis bekostat skrivandet av dessa översiktsartiklar.

I kapitel 2 lämnas en mycket översiktlig redogörelse för aktiviteterna under de fyra tidigare programperioderna mellan 1999 och 2013. I kapitel 3-7 lämnas detaljerad information om de fem inriktningarna (DHC+, 4DH, Stratego, priser och artiklar) i detta Fjärrsynsprojekt mellan 2014 och 2017. En översiktlig sammanfattning av erhållna forskningsresultat lämnas i kapitel 8, medan använda referenser i denna rapport redovisas i kapitel 9. I en avslutande bilaga bifogas den aktivitetslista som använts för att dokumentera olika händelser i projektet. Denna aktivitetslista har kontinuerligt uppdaterats för dialogen med projektets referensgrupp.

## 2 Tidigare och parallella projekt

Jag har som adjungerad professor vid Chalmers 1999–2006 och professor i energiteknik vid Högskolan i Halmstad 2007–2017 haft den stora förmånen att verka som forskningsledare med fjärrvärme som huvudinriktning. Under dessa nästan två decennier har jag haft en grundläggande basfinansiering som varit tillgänglig under varje energiforskningsperiod.

Denna basfinansiering har varit en mycket viktig förutsättning för att skapa och driva parallella projekt. Genom att flera parallella projekt med angränsande problemställningar har genomförts samtidigt, har en tillräcklig stor kritisk omfattning erhållits för att kunna driva en långsiktig hållbar forskningsverksamhet med fjärrvärme som huvudinriktning.

I detta kapitel lämnas inledningsvis en översiktlig beskrivning av dessa tidigare basprojekt med tillhörande parallella projekt.

### 2.1 FÖRSTA PROGRAMPERIODEN 1999–2002: FJÄRRVÄRMENS SYSTEMTEKNIK

Den adjungerande professuren på Chalmers finansierades initialt av tre parter: Göteborg Energis forskningsstiftelse, Energimyndigheten och Svenska Fjärrvärmeföreningen. Finansieringen ingick inte i det dåvarande Hetvattenprogrammet, som administrerades av dåvarande Svenska Fjärrvärmeföreningen.

Verksamheten hade tre inriktningar: Effektiv fjärrvärme, Koldioxidmager fjärrvärme och Kraftvärme. Syftet var att ta initiativ för att starta upp nya projekt och delta i högskolans ordinarie verksamhet avseende grund- och forskarutbildning med föreläsningar och handledning av examensarbeten och doktorander. Analyser av fjärrvärmepriser blev tidigt ett tema och inleddes med (Andersson & Werner, 2001), som var en sammanställning av priser på fjärrvärme i Sverige under 1999 och hur dessa varierade med olika parametrar. Dessutom skattades den marknadsmässiga reala lönsamheten för 160 fjärrvärmeföretag utifrån marknadspriser på bränslen och nya anläggningar.

Parallella projekt var:

- **IEA-DHC**, internationell värdering av fjärrvärme som koldioxidmager teknik (Werner, Spurr, & Pout, 2002) med ytterligare kommunikering i (Werner, 2001, 2003a)

### 2.2 ANDRA PROGRAMPERIODEN 2002–2005: FJÄRRVÄRMENS SYSTEMTEKNIK

Under den andra programperioden finansierades den adjungerande professuren oförändrat av Göteborg Energis forskningsstiftelse, Energimyndigheten och Svensk Fjärrvärme. De tre inriktningarna var även oförändrade: Effektiv fjärrvärme, Koldioxidmager fjärrvärme och Kraftvärme. Min medverkan som

expert i den statliga Fjärrvärmeutredningen 2003-2005 bekostades också från den adjungerade professuren.

Under perioden skrevs följande artiklar och rapporter om:

- Fjärrvärme i världen (Werner, 2003b)
- Fattigdom och värmebehov (Brodén & Werner, 2003)
- Europeiska fjärrvärmepreiser (Brodén & Werner, 2004)
- En artikel om fjärrvärme och fjärrkyla i ett internationellt uppslagsverk om energi (Werner, 2004a)
- Förslag till en utökad fjärrvärmeforskning i Europa (Werner, 2004c)
- Kraftvärmens framtida roll i Sverige (Knutsson, Sahlin, Werner, Ekvall, & Ahlgren, 2006; Knutsson, Werner, & Ahlgren, 2006a, 2006b)

Parallella projekt var:

- **DHCAN**, ett EU-projekt som handlade om fjärrvärmens utveckling i Östeuropa efter planekonomins avreglering omkring 1990. Generella analyser utfördes av institutionella villkor (Werner, 2004b) och ägarskapsmodeller (Zeman & Werner, 2004).
- **Värmegles Fjärrvärme**, där jag ingick i forskningsprogrammets styrgrupp. En akademisk sammanfattning av programmet återfinns i (Nilsson, Reidhav, Lygnerud, & Werner, 2008), medan en analys av investeringsmodeller återfinns i (Reidhav & Werner, 2006) och lönsamheter i (Reidhav & Werner, 2008).
- **Ecoheatcool**, som planerades och startades upp under denna programperiod, men som genomfördes och avslutades under nästa programperiod.

### 2.3 TREDJE PROGRAMPERIODEN 2006–2009: FJÄRRVÄRMENS SYSTEMTEKNIK

Under den tredje programperioden övergick ansvaret för finansieringen till det nystartade Fjärrsynsprogrammet. De tre huvudinriktningarna ändrades till Värmebehov, Konkurrenskraft och Europa. Totalt identifierades 42 olika forskningsfrågor och dessa dokumenterades i en sammanfattande syntes. Arbetet med dessa forskningsfrågor prioriterades löpande i samråd med projektets referensgrupp. Insatser för högskoleverksamhet, forskningsledning och kunskapsöverföring redovisades separat.

Separat rapportering av delprojekt finns kring:

- Fjärrvärme i Sverige (Werner, 2007c)
- Europeiska forskningsfrågor kring fjärrvärme (Werner, Wiltshire, & Williams, 2008)
- Lagring av värme i byggnader (Olsson Ingvarsson & Werner, 2008)
- Bioraffinaderier och fjärrvärme (Egeskog, Hansson, Berndes, & Werner, 2009)
- Värmeanvändning i flerbostadshus och lokaler (Andreasson, Borgström, & Werner, 2009) med ytterligare kommunikering i (Borgström & Werner, 2010).
- Fjärrvärmens priselasticitet (Werner, 2009)
- Fjärrvärmeolyckor (Andersson, Abrahamsson, & Werner, 2009)

Parallella projekt var:

- **Ecoheatcool**, som var den första övergripande analysen av Europas värme- och kylmarknader. Mitt ansvar var värmemarknaden (Werner, 2005) och fjärrvärmens möjligheter (Werner, 2006b). Inom projektet utvecklades också det europeiska värmebehovsindexet (Werner, 2006a). Projektresultaten kommuniserades i ett stort antal föredrag och publikationer, bland annat ett anförande på världsenergikonferensen i Rom 2007 (Werner, 2007a) och i en artikel i District Energy (Werner, 2007b) för en nordamerikansk publik.

#### 2.4 FJÄRDE PROGRAMPERIODEN 2009–2013: FJÄRRVÄRMEN I ENERGISYSTEMET

Även denna programperiod finansierades av Fjärrsynsprogrammet och de tre huvudinriktningarna behölls, men ytterligare fem intressanta forskningsfrågor identifierades. Även i denna programperiod prioriterades arbetet med forskningsfrågorna i samråd med referensgruppen. Denna fjärde programperiod finns avrapporterad i (Werner, 2013)

Separat redovisning finns av

- Fjärrvärme i Sverige (Werner, 2010)

Parallella projekt var:

- **Svenska energisystemlösningar** i samarbete med Chalmers som resulterade i analyser av fjärrvärmens distributionskostnader i 83 europeiska städer (Persson & Werner, 2011) med en speciell redovisning av värmedistributionens effektiva bredd i (Persson & Werner, 2010). Möjligheter till sekventiella försörjningskedjor presenterades i (Persson & Werner, 2012).
- **Ecoheat4EU** var ett EU-projekt som behandlade lagstiftning om fjärrvärme i olika EU-länder (Euroheat & Power, 2011). Mitt ansvar var att analysera karaktären av olika stödsystem (Werner, 2011a, 2011b).
- **SDH-Takeoff** var ett EU-projekt om solfjärrvärme. Vårt ansvar var analys av marknadsvillkor för solfjärrvärme, som finns redovisat i (Dalenbäck & Werner, 2012a, 2012b)
- **Framtida värmebehov** som utgjorde finansieringen av Henrik Gadds forskarutbildning och som resulterade i publikationer om dygnsvariationer (Gadd & Werner, 2013a), mönster i kunders efterfrågan (Gadd & Werner, 2013c), möjligheter till lägre temperaturnivåer (Gadd & Werner, 2014), felsökningsmetoder med användning av mätdata (Gadd & Werner, 2015b) samt analys av storlekar på värmelager i nordiska fjärrvärmesystem (Gadd & Werner, 2015a). Projektet finns redovisat i (Gadd & Werner, 2013b) och (Gadd & Werner, 2015c).
- **Läroböcker** om fjärrvärme och fjärrkyla på både engelska och svenska (Frederiksen & Werner, 2013, 2014)
- **Toward 4th generation district heating**, ett IEA-DHC-projekt där fokus låg på att samla in relevant information om möjligheterna till att skapa framtidens fjärrvärmesystem (Dalla Rosa et al., 2014)



## 2.5 FEMTE PROGRAMPERIODEN 2013–2017: FJÄRRVÄRMENS FRAMTIDA ROLL I EUROPA

Aktiviteterna i denna sista programperiod redovisas i detalj i de följande fem kapitlen. En skillnad mot föregående programperioder har varit att alla utförda delprojekt var redan definierade i projektbeskrivningen. Referensgruppen har således inte haft mandat att prioritera forskningsarbetet i denna programperiod.

Parallella projekt har varit:

- **Fjärrvärmeforskning i Kina**, med avrapportering i (Gong & Werner, 2014) och med en internationell kommunikering i (Gong & Werner, 2015a).
- **Framtida fjärrvärmeteknik**, som syftar till att identifiera en hållbar teknisk lösning för att främst erhålla låga returtemperaturer i framtidens fjärrvärmesystem (med planerad publicering under 2017), där den första inledande analysdelen har avrapporterats i (Averfalk & Werner, 2016).
- **Transformation Roadmap**, ett IEA-DHC projekt som syftade till att identifiera aktiviteter för att kunna införa fjärde generationens fjärrvärmesystem (med planerad publicering under 2017).

### 3 DHC+ - forskningsnätverket för fjärrvärme

Under arbetet med EU-projektet Ecoheatcool 2005–2006 iakttog jag att många industribranscher hade bildat egna forskningsplattformar för att identifiera sina forskningsbehov. Det primära syftet var att kanalisera önskemål till de arbetsprogram som styrde inriktningarna av EU:s ramprogram för forskning. Många av dessa plattformar finansierades också av EU-kommissionen för att de skulle få relevanta forskningsidéer till ramprogrammets arbetsprogram.

Den europeiska fjärrvärmeindustrin hade inte det nätverk som en industriell forskningsplattform innebar. Jag föreslog därför till Euroheat & Powers dåvarande direktör att de skulle starta en egen forskningsplattform för att styra dialogen med EU-kommissionen om en europeisk fjärrvärmeforskning. Hon intog direkt en avvaktande inställning om att det var nog utanför organisationens mandat. Men inom något år återkom hon i frågan och sa att styrelsen för Euroheat & Power hade varit positiv till mitt förslag. Hon erbjöd mig att leda detta arbete genom en ordförandepost, men jag avböjde detta erbjudande med argumentet att en forskningsplattform borde ledas av en person med anknytning till ett europeiskt fjärrvärmeföretag. Jag erbjöd mig dock att delta i nätverksarbetet genom att arbeta som vice ordförande för en plattform och företräda olika europeiska forskningsutförare med intresse för fjärrvärme.

Arbetet med att bilda en europeisk forskningsplattform startade med ett seminarium i februari 2008. Nätverket DHC+ bildades vid ett första konstituerande möte i Mannheim den 8 oktober 2008, varvid Yves Delaby från dåvarande Dalkia valdes som ordförande och jag valdes som vice ordförande för en första mandatperiod på tre år (2009–2011). Nätverket blev operativt från den 1 januari 2009 och hade drygt 20 betalande medlemmar under det första verksamhetsåret. Universitet erbjöds inledningsvis att delta i arbetet utan betalning av medlemsavgift.

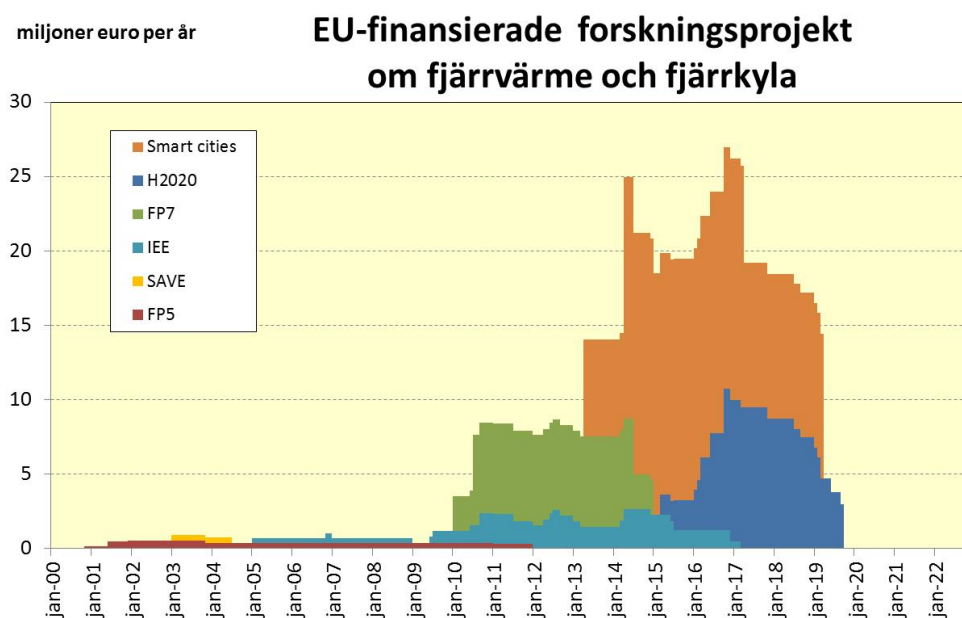
Sedan starten 2009 har jag varit aktiv i DHC+ på många olika sätt. Jag fick tidigt ansvar för att ta fram underlag till en strategisk forskningsagenda för fjärrvärme och fjärrkyla, som senare kom att ingå i den förnyelsebara forskningsplattformens forskningsagenda. Under senare år har jag främst varit aktiv i det utskott som behandlar utbildningsfrågor. Inom detta utskott har vi genomfört pristävlingar för studenter som utfört fjärrvärmerelaterade arbeten i Europa. Fram till 2015 ingick jag i den jury som har utsåg pristagarna. Dessutom har vi arrangerat årliga sommarskolor om fjärrvärme och fjärrkyla under en vecka i augusti sedan 2013, där jag årligen har hållit den inledande introduktionsföreläsningen om fjärrvärme och fjärrkyla (utom 2015). Under 2017 kommer sommarskolan att arrangeras i Belgien av forskningsinstitutet VITO. Utbildningsutskottet överväger också att arrangera en europeisk masterutbildning om fjärrvärme.

Nätverket DHC+ består nu av 43 betalande deltagande företag, universitet och andra organisationer från 17 länder, varav nio medlemmar kommer från Sverige. Universitet erlägger dock bara halv årsavgift. Av dessa totalt 43 medlemmar kommer 18 från universitet och forskningsinstitut, 9 är fjärrvärmeföretag, 7 är

nationella fjärrvärme- eller energiföreningar, 6 tillverkar och säljer fjärrvärmeprodukter, samt 3 övriga.

Betydelsen av verksamheten inom DHC+ kan indirekt mätas genom den finansiering som under senare år har allokerats till fjärrvärme- och fjärrkyleprojekt inom EU:s olika energiforskningsprogram. Av Figur 1 framgår att den årliga omsättningen i dessa projekt var omkring 1 miljon euro före 2009. Numera ligger nivån på 20 miljoner euro per år. Underlaget till figuren kommer från 32 projekt som var genomförda, pågående eller beslutade i oktober 2016.

Genom ett samarbete mellan DHC+ och 4DH-centret startades projektklustret Heat Roadmap Europe med två förstudier under 2012 och 2013. Detta samarbete sammanfattas i resultatkapitlet om Stratego.

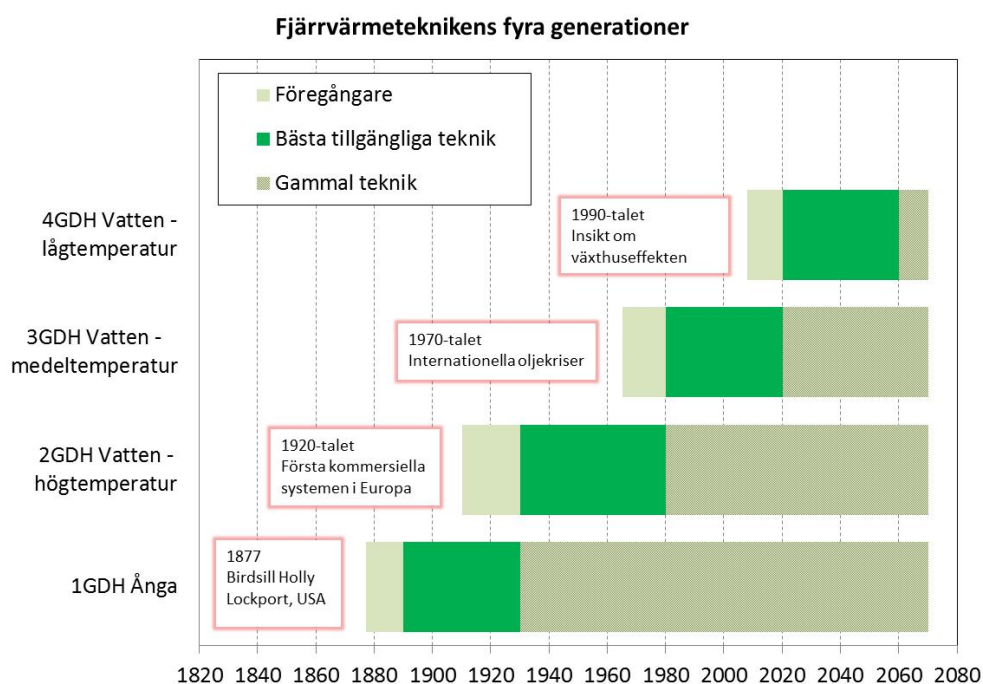


Figur 1. Översikt av finansiering av olika fjärrvärme- och fjärrkyleprojekt i olika EU-program sedan 2000.

## 4 4DH – forskningscentret för fjärde generationens fjärrvärmesystem

Dagens fjärrvärmeteknik bygger ursprungligen på användning av fossila bränslen och att byggnader har haft relativt höga värmebehov. Dessa värmebehov överfördes då i radiatorer med relativt höga temperaturkrav, vilket enkelt kunde tillgodoses med fossila bränslen. Framtiden innebär att förnyelsebar och återvunnen värme ska täcka låga värmebehov i byggnader. Dessa låga behov innebär att kundernas temperaturkrav kan sänkas betydligt jämfört med idag. Detta ger en möjlighet till att bygga mer effektiva fjärrvärmesystem i framtiden, ty såväl värmeförsörjning som värmedistribution blir mer effektiv om lägre temperaturer används i distributionsnäten.

Dessa nya framtida marknadsvillkor innebär att den nuvarande fjärrvärmetekniken behöver vässas för att klara framtidens krav. Enligt Figur 2 har varje teknikgeneration varit bästa möjliga teknik i omkring fyra till fem decennier. Den nuvarande tredje generationen utvecklades under 1970- och 1980-talen och det är nu dags för att definiera, utveckla och implementera den fjärde generationens fjärrvärmeteknik, som ska vara hållbar mellan 2020 och 2060.

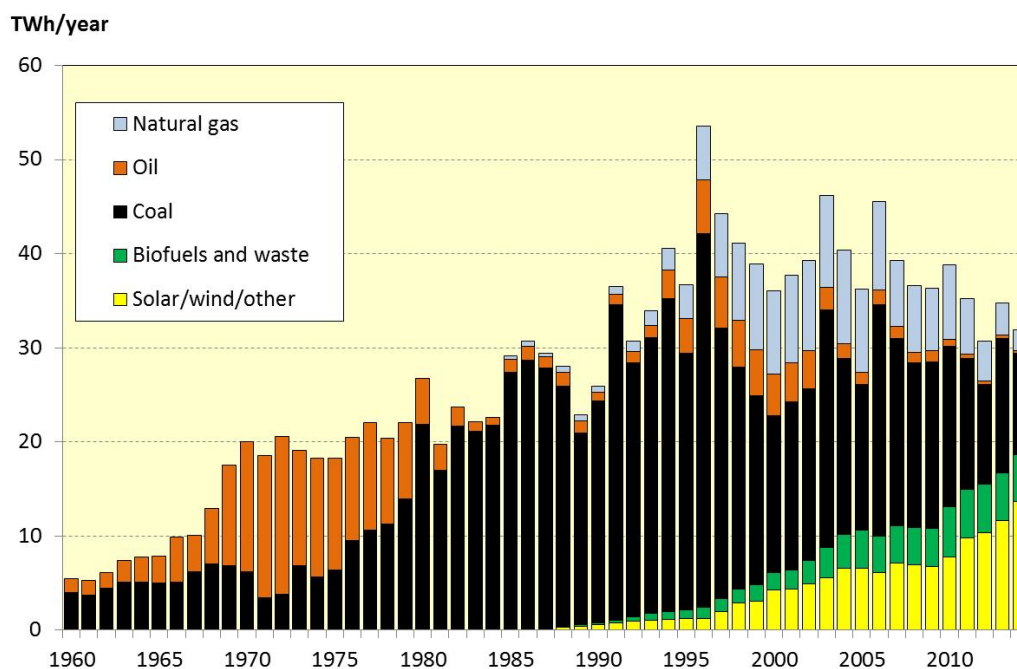


Figur 2. Översikt över fjärrvärmeteknikens fyra olika generationer med avseende på värmebärare, tidsepoker och inledande initiativ för introduktion av ny fjärrvärmeteknik.

De fem grundläggande egenskaperna för en fjärde teknikgeneration har definierats i (Lund et al., 2014) som

1. Förmåga att leverera lågtempererad värme till befintliga, renoverade och nya byggnader med låga värmebehov.
2. Förmåga att distribuera fjärrvärme med låga värmeförluster.
3. Förmåga att återvinna lågtempererad värme och använda förnyelsebar värme från sol och geotermi.
4. Förmåga att ingå som en integrerad del av smarta energisystem bestående av samverkande smarta el-, gas-, vätske- och värmenät.
5. Förmåga att garantera lämpliga strukturer för planering, kostnader och drivkrafter för såväl drift som strategiska investeringar för att stödja övergången till framtida uthålligt energisystem.

4DH-centret är ett danskt forskningsinitiativ för att utveckla den fjärde generationens fjärrvärmesystem och är verksamt mellan 2012 och 2017. För närvarande är detta forskningscenter det största renodlade akademiska forskningsprojektet om fjärrvärme i Europa. Orsaken till att initiativet har tagits i Danmark är dels att tidigare dominans av kolbaserad el från kraftvärme på den danska elmarknaden har reducerats av den starkt expanderande vindkraften (se Figur 3) och dels att många ledande företag som säljer fjärrvärmekomponenter kommer från Danmark. Man måste få fram ny värmeförsörjning som kan ersätta den förlorade värmen från kolbaserad kraftvärme och de danska tillverkarna vill givetvis försvara sina internationella marknadsandelar avseende framtidens fjärrvärmeprodukter.



Figur 3. Översikt över dansk elproduktion 1960–2014 med fördelning av ursprung avseende tillförd energi.

Forskningscentret 4DH har sin hemvist på Ålborgs Universitet med professor Henrik Lund som koordinator för ett trettiotal deltagande företag och akademiska institutioner. I 4DH ingår även en forskarskola med totalt 11 doktorander, som haft forskningsfrågor i anslutning till fjärde generationens fjärrvärmesystem. Huvudfinansiär för forskningscentret är den danska innovationsfonden, men betydande finansiering har även kommit från danska fjärrvärme- och industriföretag. Deltagande akademiska institutioner måste även medfinansiera sin verksamhet vid forskningscentret. För att säkra ett internationellt sammanhang har fem olika internationella universitet från Sverige, Kroatien och Kina inbjudits att delta i forskningsverksamheten. Från Sverige har Högskolan i Halmstad, Chalmers (Erik Ahlgren) och Linnéuniversitetet (Leif Gustavsson) deltagit.

Medfinansieringen av Högskolan i Halmstads medverkan i forskningscentret 4DH har finansierats från detta Fjärrsynsprojekt. Vårt engagemang har omfattat:

- en doktorand (Urban Persson, som disputerade i januari 2015) i den gemensamma forskarskolan,
- deltagande i den rådgivande styrgruppen
- anordnande av två doktorandkurser under 2012 och 2013 med totalt 69 deltagare från drygt 20 länder
- deltagande i de årliga akademiska konferenserna med kommunikering av erhållna forskningsresultat
- deltagande i årliga gemensamma doktorandseminarier
- deltagande i skrivande av gemensamma artiklar
- externa internationella föredrag om verksamheten inom 4DH

Verksamheten inom forskningscentret har bedrivits inom tre olika arbetsgrupper rörande nät med tillhörande komponenter, värmeförsel och systemintegration samt institutionella frågeställningar som planering och implementering. Arbetet inom forskningscentret under de två första åren har sammanfattats i (Werner, Lund, & Vad Mathiesen, 2014).

Genom ett samarbete mellan DHC+ och 4DH-centret startades projektklustret Heat Roadmap Europe med två förstudier under 2012 och 2013. Detta samarbete sammanfattas i resultatkapitlet om Stratego.

## 5 Stratego

Heat Roadmap Europe (HRE) är ett projektkluster som syftar till att analysera de europeiska möjligheterna till en hållbar värmeförsörjning i allmänhet och en utökad användning av fjärrvärme i synnerhet. Den första idén till projektklustret uppkom på ett styrelseseminarium i Bryssel som Euroheat & Power anordnade i juni 2010. Ansvaret för att utveckla projektidén gavs till forskningsnätverket DHC+, som till styrgruppsmötet i Frankfurt i januari 2011 bjöd in professor Henrik Lund från Ålborgs Universitet för diskussion av forskningsmetoder mm. Han hade tidigare lett ett liknande nationellt projekt i Danmark som uppfattades som mycket lyckat av den danska fjärrvärmeföreningen. De hade finansierat den enkla studien och den hade mottagits väl av många danska politiker och beslutsfattare. Arbetsmetoden hade varit att simulera olika framtidsalternativ i institutionens egen planeringsmodell kallat Energiplan.

Under 2011 startade en planering för att kunna genomföra ett större EU-projekt inom forskningsprogrammet för Intelligent Energi för Europa (IEE) med Energiplan som primärt arbetsverktyg. I avvaktan på att en lämplig utlysning skulle komma inom IEE, så erbjöd sig Euroheat & Power att delfinansiera en inledande förstudie för att inte tappa styrfarten i väntan på en lämplig finansiering av ett större EU-projekt.

### 5.1 TVÅ FÖRSTUDIER (HRE1 OCH HRE2)

Den inledande förstudien genomfördes våren 2012 och randvillkoren valdes som dagens förutsättningar utan några betydande ändringar fram till 2050 (Connolly et al., 2012). Resultatet blev att det fanns en betydande nytta om fjärrvärme kunde ansvara för hälften av EU:s värmeförsörjning till byggnader. Inom ramen för förstudien vidareutvecklades de metoder som tidigare hade använts i (Persson & Werner, 2012). Denna första förstudie genomfördes i samarbete mellan Ålborgs Universitet, Högskolan i Halmstad och Planenergi.

Under hösten 2012 framkom extern kritik om att den inledande förstudien inte tog hänsyn till framtida villkor som lägre värmebehov i byggnader och en generell önskan om en totalt lägre primärenergitillförsel. Därför erbjöd sig Euroheat & Power att delfinansiera en andra förstudie under våren 2013 som hade ett mycket mer energieffektivt Europa som randvillkor (Connolly et al., 2013). Resultatet blev att den ekonomiska nyttan med fjärrvärme paradoxalt blev sju gånger högre, vilket berodde på att fjärrvärme kunde ersätta de mest kostnadskrävande investeringarna i byggnader för att nå den eftersträlvade energieffektiviteten. Denna andra förstudie genomfördes genom att de tre ursprungliga parterna utökades med personer från det tysk-holländska konsultföretaget Ecofys.

### 5.2 STRATEGO (HRE3)

Det sedan 2010 planerade EU-projektet antogs slutligen under slutet av 2013 som ett projekt inom IEE-programmet. Projektet kom igång i april 2014. Huvudsyftet med projektet har varit att utveckla metoder och analyser som stöder framtagning

av de nationella värme- och kylplaner som krävs enligt Energieffektiviseringsdirektivet.

Detta huvudsyfte har uppnåtts genom arbete i tre olika arbetsgrupper:

- Nationella strategier: Ytterligare kartläggning av Europas av värme- och kylförsörjning genom detaljerad analys av värmemarknaderna i Storbritannien, Italien, Kroatien, Rumänien och Tjeckien. Denna arbetsgrupp utförde sitt arbete under ledning av Ålborgs Universitet och det finns avrapporterat i dels nio underlagsrapporter och dels som en interaktiv värmeatlas som finns tillgänglig på webbsiten [heatroadmap.eu](http://heatroadmap.eu).
- Lokala strategier: Identifiering av 43 olika möjliga fjärrvärmeprojekt i åtta olika länder. Denna arbetsgrupp utförde sitt arbete under ledning av VITO från Belgien.
- Stärka lokala myndigheter: Erfarenhetsutbyte mellan erfarna och mindre erfarna fjärrvärmeländer. Denna arbetsgrupp utförde sitt arbete under ledning av Scottish Government.

Projektet avslutades i november 2016 och finns översiktligt sammanfattat i (Euroheat & Power, 2016). Alla underlagsrapporter från projektet kan laddas ner från <http://stratego-project.eu/reports/>.

Högskolan i Halmstad deltog i arbetet inom den första arbetsgruppen och hade huvudansvaret för två underlagsrapporter:

- Background Report 4 – Quantifying the Heating and Cooling Demand in Europe (Persson & Werner, 2015). Inom ramen för denna kartläggning genomfördes en studie av kylbehov i och kylleveranser till Europas alla byggnader per medlemsland. Denna studie är separat publicerad i (Werner, 2016b).
- Background Report 7 – Quantifying the Excess heat Available for District Heating in Europe (Persson, 2015)

Vi bidrog även med underlag för att kunna beräkna distributionskostnader för både fjärrvärme och fjärrkyla i alla tätortsområden inom hela EU:

- Background Report 6 – Quantifying the Potential for District Heating and Cooling in EU Member States (Möller & Werner, 2015)

### 5.3 HORISONT 2020 (HRE4)

Stratego-projektet följs nu upp inom Horisont 2020 (EU:s nuvarande ramprogram för forskning) mellan 2016 och 2018 i ett EU-projekt benämnt "Heat Roadmap Europe", där detaljerade studier kommer att genomföras för ytterligare 10 länder, däribland Sverige.

### 5.4 NYTTA MED HEAT ROADMAP EUROPE

Inom projektklustret Heat Roadmap Europe har hittills tre studier genomförts sedan 2012. Totalt 18 olika rapporter har producerats i dessa studier, främst avseende de långsiktiga förändringar som är nödvändiga för att minska



koldioxidutsläppen från Europas värme- och kylsektorer. När studien inleddes 2012, stod det klart att det för närvarande saknas en stor mängd grundläggande och kritiska data om dessa sektorer Europa, vilket är ett stort hinder för design och analys av framtida värme- och kyllosningar.

Resultaten från HRE omfattar en rad nya uppgifter, verktyg, metoder och resultat tillsammans med erhållna kunskaper om inom energisystemanalys, energi-effektiviseringar, fjärrvärme och fjärrkyla, GIS-kartläggning, och förnybar energi. Detta har krävt en samordning av många olika parter från olika universitet, konsulter och industrier, av vilka många är en del av det danska 4DH konsortiet. Några viktiga resultat från detta arbete är:

- Den allra första kvantifieringen av EU:s värme- och kylbehov, både för idag samt prognos för deras framtida utveckling
- Den allra första paneuropeiska termiska atlasen (Peta) av EU:s värme- och kylbehov ([www.heatroadmap.eu](http://www.heatroadmap.eu)), vilket resulterade i ett nytt kartverktyg som kallas Peta.
- Den allra första kvantifieringen av restvärmevolymen tillgängliga från termiska kraftverk, avfallsförbränning och industrier i Europa, som alla kan användas i fjärrvärmenät.
- Den allra första kvantifieringen av förnybara resurser för fjärrvärmenät i Europa, inklusive storskalig solenergi, direkt geotermisk värme och stora värmepumpar.
- Den allra första jämförelsen på europeisk nivå mellan kostnader för värmebesparingar och en hållbar värmeförsörjning. Denna jämförelse är för närvarande en viktig punkt av intresse för EU:s energipolitik, eftersom det har ändrat den gemensamma tron att energieffektiviseringar enbart kommer att vara tillräckligt för att minska koldioxidutsläppen från värme- och kylsektorerna.
- Den allra första entimmesmodellen som kan simulera förändringar av fjärrvärme och fjärrkyla i Europa, inklusive deras inverkan på el- och industrisektorerna. Dessa modeller distribueras fritt på nätet, vilket ökar kapaciteten hos andra forskningsaktörer att också analysera möjliga förändringar av Europas värme- och kylsektorer.
- Den allra första studien för att visa hur en samtidig ökning av värmebesparingar, fjärrvärme och värmepumpar kan ge lägre kostnader för låga koldioxidutsläpp från Europa värme- och kylsektorer. De modelleringsverktyg som för närvarande används av EU-kommissionen har inte samma möjlighet att på ett adekvat simulera utbyggnad av mer fjärrvärme och fjärrkyla, så resultaten från HRE har redan använts av EU:s beslutsfattare. I underlagen till EU:s nya värme- och kylstrategi gavs många olika referenser till HRE-förstudierna och Stratego.

Genom att utveckling av denna kunskap i olika former, såsom nya data, verktyg, metoder och resultat om värme och kylsektorerna i Europa har HRE redan haft en stor inverkan på dessa sektorer.

Resultaten från HRE har redan använts i ett officiellt meddelande från EU-kommissionen om stresstester för tillförseln av naturgas till Europa. Partners från HRE-projekten höll fyra föredrag vid högnivåkonferensen om värme och kyla, som

anordnades av EU-kommissionen i februari 2015 och resultaten från HRE var en del av det officiella konferensunderlaget. Efter denna konferens hänvisade Paul Hodson, som är chef för energieffektivitet enheten i GD Energi, till HRE som den mest avancerade studien om Europas värme- och kylsektorer. Den skotske energiministern, Fergus Ewing, nämnde HRE två gånger i sitt öppningstal på en ADE-UK konferens, medan Department of Climate Change i Storbritannien hänvisade nyligen till HRE i en anbudsförfrågan för konsultrådgivning.

Ytterligare konkreta resultat är att HRE:s webbplats för närvarande har cirka 1000 besökare varje månad och HRE-rapporter har redan laddats ner mer än 5000 gånger. Detta visar det stora intresset för studierna. På samma sätt har två vetenskapliga artiklar baserade på HRE publicerats under 2014, som för närvarande har 116 respektive 21 citeringar. Slutligen har medlemmar i HRE-konsortiet bjudits in för att presentera resultaten av HRE på mer än 50 evenemang, allt från möten med lokala, nationella och europeiska beslutsfattare, samt viktiga industri- och forskningspartners som Danfoss, Vattenfall och JRC (som är forskningsgrenen av EU-kommissionen). Dessa möten har genomförts i många olika länder, däribland Danmark, Sverige, Storbritannien, Italien, Belgien, Korea, Kroatien, och Irland. Detta visar hur HRE-konsortiet har varit närvarande för att informera politikansvariga och har uppmuntra till nya investeringar över hela Europa.

## 6 Europeiska fjärrvärmepreiser

Detta delprojekt har bestått av en insamling av långa tidsserier av nationella fjärrvärmepreiser i Europa, då dessa inte samlas in av vare sig International Energy Agency eller Eurostat. Insamlingen har redovisats i (Werner, 2016a).

Totalt har långa tidsserier av fjärrvärmepreiser identifierats för 23 europeiska länder, varav 20 av dessa är med i EU. Övriga länder som ingår i studien är Island, Norge och Schweiz. Dessa årliga fjärrvärmepreiser har skattats enligt tre olika metoder. Datakällor har primärt varit olika nationella källor som de nationella statistikmyndigheterna. Sekundärt har internationella datakällor använts då nationella källor inte har haft den efterfrågade informationen.

Resultaten från studien består av långa tidsserier av nationella medelvärden av årliga fjärrvärmepreiser t o m 2013 samt samhörande nationella intäkter och värmeleverenser. Totalt har 560 årliga medelvärden av nationella fjärrvärmepreiser skattats för de 23 länderna. Detta betyder att tidserierna är knappt 25 år långa i genomsnitt.

Fem slutsatser kan dras från detta prisinsamlingsprojekt avseende europeiska fjärrvärmepreiser:

1. För närvarande finns ingen reguljär insamling av fjärrvärmepreiser från olika länder i Europa av någon statistikmyndighet.
2. Internationella energiprisanalytiker har därför inte inkluderat fjärrvärmepreiser i sina analyser.
3. Länder med höga fjärrvärmepreiser under 2013 var Danmark, Slovakien, Tyskland, Norge och Sverige.
4. Länder med låga fjärrvärmepreiser under 2013 var Island, Bulgarien, Schweiz, Ungern och Polen.
5. Länder med höga andelar av fjärrvärmekostnader i befolkningens disponibla inkomster under 2013 var Slovakien, Litauen, Lettland och Estland.

Marknadsanalyser och ytterligare slutsatser baserade på de skattade tidserierna av nationella fjärrvärmepreiser kommer att publiceras i en annan publikation under 2017. Därför lämnades inga förklaringar i denna separata prisrapport om varför nivåerna på fjärrvärmepreiserna varierar från land till land.

## 7 Flera översiktsartiklar

I ansökan till detta Fjärrsynsprojekt utlovades att fyra olika översiktsartiklar skulle skrivas för att spegla fjärrvärmens ställning i Sverige, Europa och världen. Utfallet blev att nio artiklar har skrivits, varav sex har publicerats. Dessutom pågår planering med att skriva ytterligare tre artiklar under 2017 med anknytning till detta projekt. I detta kapitel ges en enkel översikt över dessa tolv artiklar.

### 7.1 HEAT ROADMAP EUROPE: AVVÄGNING MELLAN TILLFÖRSEL OCH ANVÄNDNING

En vetenskaplig artikel har skrivits som sammanfattar de två första förstudierna inom Heat Roadmap Europe och denna är publicerad i (Connolly et al., 2014).

Erhållna slutsatser:

- Fjärrvärme kommer att vara ett effektivt verktyg för att nå Europa-målen kring lägre koldioxidutsläpp och lägre primärenergitalförsel.
- Om fjärrvärme inte används kommer det att bli betydligt dyrare att uppnå Europa-målen.

### 7.2 HEAT ROADMAP EUROPE: STRATEGISKA REGIONER MED VÄRMESYNERGIER

En vetenskaplig artikel har skrivits som sammanfattar metodiken för att aggregera lokala villkor som värmebehov och värmekällor med geografiska informationssystem (GIS) till en europeisk nivå. Den finns publicerad i (Persson, Möller, & Werner, 2014).

Erhållna slutsatser:

- En tredjedel av EU:s omkring 1300 NUTS3-regioner har mer värmeförluster från energisystemet än vad som krävs för att värma byggnaderna i dessa regioner.
- Totalt identifierades 63 regioner med betydande värmesynergier. Dessa regioner har en tredjedel av EU:s värmebehov för byggnader och knappt en tredjedel av Europas befolkning.

### 7.3 DEFINITION AV 4GDH

Inom ramen för 4DH-centret skrev en grupp seniora forskare en inledande artikel om marknadsvillkoren och förväntade förmågor för fjärde generationens fjärrvärmesystem (4GDH). Den finns publicerad i (Lund et al., 2014).

Den övergripande slutsatsen är att den fjärde generationens fjärrvärmesystem kan definieras som ett sammanhängande tekniskt och institutionellt begrepp som syftar till att använda smarta värmenät för att erhålla en lämplig utveckling av uthålliga energisystem. Fjärde generationens fjärrvärmesystem ska förse lågenergi-byggnader med värme från lågtempererade värmekällor med låga värmeförluster.

De ska dessutom vara integrerade med driften av smarta energisystem. Begreppet inkluderar även utvecklingen av institutionella och organisatoriska ramverk för att underlätta lämpliga strukturer för kostnader och drivkrafter.

#### 7.4 INTRODUKTION AV BIOMASSA I SVENSKA FJÄRRVÄRMESYSTEM

En vetenskaplig artikel har skrivits som summerar introduktionen av biomassa i svenska fjärrvärmesystem sedan 1980-talet och har publicerats i (Ericsson & Werner, 2016) som open access. Ett första utkast till artikeln redovisades vid den 23:e europeiska biomassakonferensen i Wien 2015 (Ericsson & Werner, 2015).

Erhållna slutsatser:

- Introduktionen av biomassa underlättades av högre skatter på eldningsolja under 1980-talet och införandet av koldiodskatten 1991. Introduktionen underlättades även av att den starka svenska skogsindustrin hade såväl befintlig som utvecklade ny infrastruktur för att hantera biomassans logistik och handel.
- Kommersiella priser på biomassa har reellt varierat sedan 1980-talet beroende på varierande balans mellan tillgång och efterfrågan.
- Biomassan introducerades först i pannor som var byggda för fossila bränslen. Därefter byggdes nya pannor som var avsedda för biomassa. Rök-gaskondensering används i stor utsträckning för att återvinna en del av den förångade bränslefukten.
- I framtiden kommer troligen användning av biomassa i svenska fjärrvärmesystem att utmanas av annan användning för plasttillverkning, drivmedel mm.

#### 7.5 STORA VÄRMEPUMPAR I SVENSKA FJÄRRVÄRMESYSTEM

En artikel har skrivits som sammanfattar drifterfarenheterna från mer än 30 års drift av stora värmepumpar i svenska fjärrvärmesystem. Artikeln har sänts in till en internationell vetenskaplig energitidskrift för bedömning av den vetenskapliga kvaliteten inför publicering.

Utgångspunkten för artikeln var den stora tillförsel av ny svensk elproduktion som byggdes upp under 1980-talet och som delvis har använts för att tillföra värme till svenska fjärrvärmesystem genom stora elpannor och stora värmepumpar. Denna generella förändring för ersättning av oljeanvändning har närmare beskrivits i (Averfalk, Ingvarsson, Persson, & Werner, 2014).

I artikeln analyseras installerade kapaciteter, kapacitetsutnyttjandet, använda värmekällor, utbyten av köldmedier och mekaniskt slitage fram till 2013.

Erhållna slutsatser:

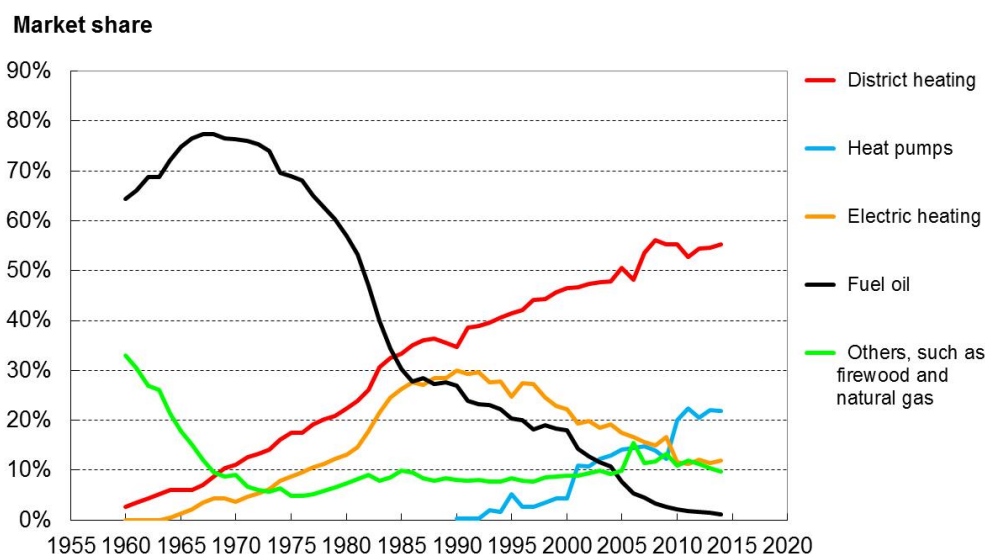
- Installerad värmekapacitet har varit internationellt unik med totalt 1527 MW värmeeffekt, varvid endast 20 procent har lagts ned.
- Kapacitetsutnyttjandet var högt och relativt konstant fram till 2001. Därefter har det sjunkit på grund av lägre konkurrenskraft.

- Värmekällorna har främst varit avloppsvatten, havs- och sjövatten samt lågtempererad industriell restvärme.
- De stora värmepumparna har förlorat i konkurrenskraft till olika kraftvärmeverk på grund av högre elpriser och elskatter.
- Drift- och underhållserfarenheter omfattar utbyten av köldmedier samt underhåll av kompressorer och värmeväxlare. Inga tydliga signaler finns om att befintlig kapacitet skulle vara nära sina livslängder.

## 7.6 FJÄRRVÄRME I SVERIGE

En översiktsartikel har skrivits som summerar den nuvarande situationen och historiken sedan 1969 för fjärrvärme och fjärrkyla i Sverige med totalt 120 referenser och den finns publicerad i (Werner, 2017a) som open access.

En av artikelns figurer återges i Figur 4 och visar värmeförbrukningens fördelning med avseende på olika uppvärmningssätt inklusive värmepumparnas värmeförbrukning. Fjärrvärmens står numera för 55 procent av de totala värmebehoven. De individuella värmepumparna har tagit betydande marknadsandelar sedan 1990 och står numera för knappt en fjärdedel av värmebehoven. Denna expansion har främst har medfört en betydande reduktion av användningen av elvärme.



Figur 4. Marknadsandelar för värmeförbrukning till bostäder och lokaler i Sverige mellan 1960 och 2014 med avseende på värme levererad från olika tillförselsätt.

Erhållna slutsatser:

- Hög andel av fjärrvärme på den nationella värmemarknaden med en god konkurrens från värmepumpar.
- Hög andel av värmeåtervinning och förnyelsebart i värmeförseln, men med ett högt beroende av biomassa och avfall.
- Mycket hög uppfyllelse av den europeiska definitionen av effektiv fjärrvärme i EU:s energieffektiviseringsdirektiv 2012/27/EU.
- Dagens specifika koldioxidutsläpp är bara en tiondel av motsvarande utsläpp på 1970-talet.
- Riksdagen har aldrig beslutat om en fjärrvärmepolitik, utan fjärrvärmerna har varit ett verktyg för att uppfylla fyra viktiga samhällsmål (effektiv termisk elproduktion, god tillgång till bostäder, god försörjningssäkerhet samt låga utsläpp av klimatgaser).
- Framtida fjärrvärmesystem bör beakta lägre kundbehov av värme, ökad konkurrens om fjärrvärmens råvaror, nya värmekällor, introduktion av vassare fjärrvärmeteknik samt reviderade affärsmodeller.

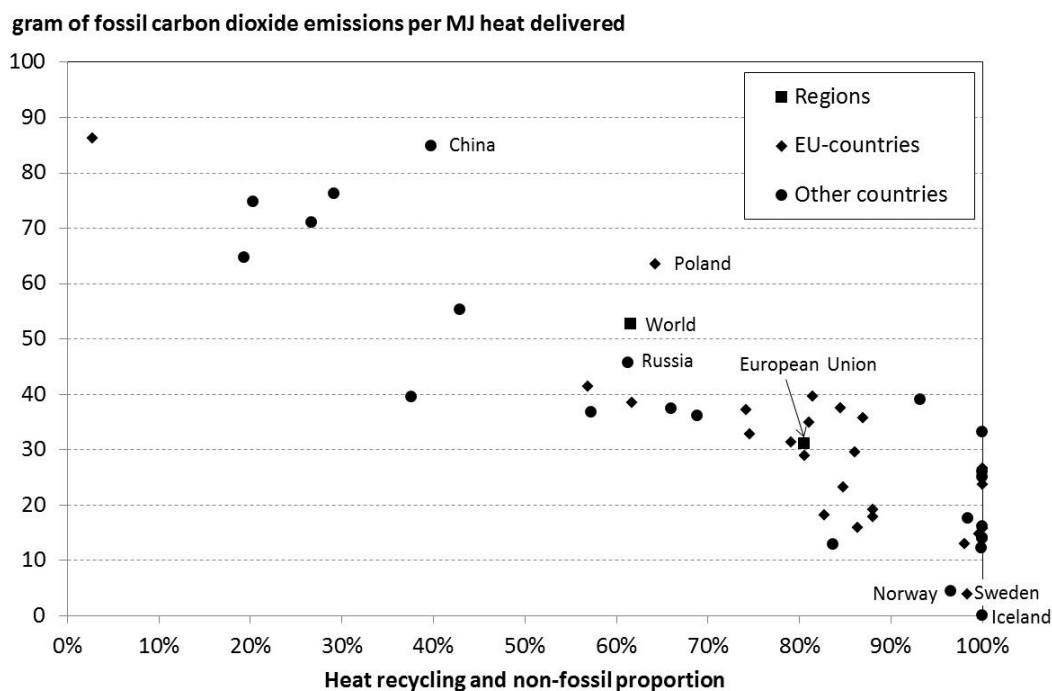
## 7.7 FJÄRRVÄRME I VÄRLDEN

En översiktsartikel har skrivits som summerar den nuvarande situationen och historiken sedan 1990 för fjärrvärme och fjärrkyla i världen med 162 referenser (Werner, 2017b). Artikeln har sänts in till en internationell vetenskaplig energitidskrift för bedömning av den vetenskapliga kvaliteten inför publicering.

En av artikelns figurer återges i Figur 5, som visar nationella årsmedelvärden under 2014 för specifika koldioxidutsläpp för de länder som har signifikanta fjärrvärmeleveranser. De tre länderna med lägst specifika koldioxidutsläpp från fjärrvärme är Island, Sverige och Norge. Det betyder att Sveriges fjärrvärmesystem har de näst lägsta specifika koldioxidutsläppen i världen.

Erhållna slutsatser:

- Det finns signifikant fjärrvärmeverksamhet i 47 av världens länder. Huvuddelen av leveranserna återfinns i Ryssland, Kina och EU.
- Låg utnyttjning av fjärrvärme i byggnader, omkring 8 procent i världen och 13 procent i Europa.
- Lågt uppfyllande av fjärrvärmens affärsidé i många länder, då andelen värme från fossileldade pannor är fortfarande hög, speciellt i Ryssland och Kina. Ryssland och Kina har därigenom lägre andelar värmeåtervinning och högre specifika koldioxidutsläpp än EU.
- Fortsatt högt beroende av fossila bränslen i värmeförseln, men detta beroende är lägre i Europa.
- Det finns mycket olika drivkrafter för fjärrvärme i olika länder.
- Förvånade lågt medvetande om fjärrvärmens fördelar återfinns i många dokument som beskriver framtiden för världens energisystem.
- Fjärrvärmeforskning utgör en mycket liten andel av världens energiforskning.
- Fjärrvärmerna kan erbjuda många fördelar till världssamfundet, men det krävs omfattande insatser för att kunna realisera dessa fördelar.



Figur 5. Skattade specifika koldioxidemissioner under 2014 för alla fjärrvärmesystem i två regioner samt för 24 EU-länder och 23 övriga länder.

## 7.8 EUROPAS KYLBEHOV I BYGGNADER

Inom ramen för Stratego-projektet och arbetet med att utarbeta underlag för nationella värme- och kylplaner har byggnaders kylbehov inom EU skattats per medlemsland. Dessa skattningar har publicerats i (Werner, 2016b). Skattningarna har erhållits genom att fjärrkyleleveranser i tjugo europeiska fjärrkylesystem har korrelerats mot det europeiska kylindexet, som tidigare har skattats i (Werner, 2006a).

Denna artikel har senare använts av EU-kommissionens Joint Research Centre för att göra en prognos för framtidens kylbehov i bostäder (Jakubcionis & Carlsson, 2017). De planerar även en motsvarande prognos för lokaler.

Erhållna slutsatser:

- Byggnadernas kylbehov inom EU har skattats till 1170 TWh per år, men det är endast 16 procent av dessa kylbehov som möts av kylleveranser. Speciellt inom bostäder accepteras högre innetemperaturer under varma sommar dagar.
- Enbart 1,3 procent av kylleveranserna utgörs av fjärrkyla, så kylmarknaden domineras av lokala kylmaskiner.

## 7.9 TEMPERATURNIVÅER I FJÄRRVÄRMESYSTEM

Inom ramen för samarbetet inom det danska 4DH-centret har vi utfört en analys av temperaturnivåerna i svenska och danska fjärrvärmesystem, som har publicerats i (Gong & Werner, 2015b).



Erhållna slutsatser:

- I dagens fjärrvärmesystem förloras två tredjedelar av exergiinnehållet från tillförselanläggningarna fram till kundernas temperaturkrav för varmvatten och innetemperaturer.
- En halvering av temperaturnivån i fjärde generationens fjärrvärmesystem kommer att betyda att en väsentlig andel av dagens exergiförlust i värmedistributionen försvinner.

### 7.10 YTTRELLIGARE TRE ARTIKLAR

I anslutning till detta projekt kommer även följande vetenskapliga artiklar att skrivas senare under 2017:

- **Europeiska fjärrvärmepriser**, en utförlig analys av de fjärrvärmepriser som samlades in i (Werner, 2016a). Denna planerade analys innebär en uppföljning av (Brodén & Werner, 2004).
- **Distributionskostnader för fjärrvärme** i Europa, baserad på en nyligen genomförd analys inom Heat Roadmap Europe 4 av alla tätortsområden inom hela EU. Detta blir en fortsättning och utvidgning av (Persson & Werner, 2011).
- **Riskvärdering av spillvärmesamarbeten**, som innehåller en kvantifiering av de initiala slutsatser som kommunicerades i (Lygnerud & Werner, 2016).

## 8 Sammanfattning av erhållna forskningsresultat

Aggregerade forskningsresultat från detta Fjärrsynsprojekt är:

1. Vi har numera betydligt fler och mer omfattande EU-projekt om fjärrvärme och fjärrkyla än tidigare (DHC+)
2. Vi har fått en stark tillväxt i antal publicerade artiklar och konferensbidrag samt i antal aktiva forskare som arbetar med utveckling av fjärde generationens fjärrvärmesystem i Europa (4DH)
3. Den framtida nyttan med fjärrvärme har skattats för fem EU-länder, vilket verifierar de tidigare skattningarna för hela EU från de två förstudierna inom Heat Roadmap Europe (Stratego)
4. Den framtida årliga ekonomiska nyttan omkring 2050 med att fjärrvärmen får ansvar för hälften av EU:s byggnadsuppvärmning har skattats till omkring 1000 miljarder kronor. Förutsättningen var att hela primärenergityllförseln ska minska med nästan 40 procent. (Heat Roadmap Europe – andra förstudien)
5. Våra forskningsresultat har delvis bidragit till att vi fick en EU-strategi för värme och kyla i februari 2016 (Heat Roadmap Europe och Stratego)
6. De högsta fjärrvärmepriserna återfanns under 2013 i Danmark, Slovakien, Tyskland, Norge och Sverige, medan de lägsta återfanns i Island, Bulgarien, Schweiz, Ungern och Polen (Europeiska fjärrvärmepriser)
7. Fjärrvärme är ett effektivt verktyg för att billigare uppnå EU-målen om lägre klimatgasutsläpp och högre försörjningssäkerhet. (Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system)
8. Det finns betydande synergier mellan värmeåtervinning och värmebehov i regioner som har omkring en tredjedel av EU:s värmebehov och befolkning (Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions)
9. Fjärde generationens fjärrvärmesystem kan definieras som ett sammanhängande tekniskt och institutionellt begrepp som syftar till att använda smarta värmenät för att erhålla en lämplig utveckling av uthålliga energisystem. Fjärde generationens fjärrvärmesystem förser lågenergibyggnader med värme från lågtempererade värmekällor och med låga värmeförluster. De är dessutom integrerade med driften av smarta energisystem. Begreppet inkluderar även utvecklingen av institutionella och organisatoriska ramverk för att underlätta lämpliga strukturer för kostnader och drivkrafter (4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems)
10. Introduktionen av biomassa i svenska fjärrvärmesystem underlättades av en hög beskattning av fossila bränslen och en väl etablerad svensk skogsindustri. (The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems)
11. Många stora värmepumpar i svenska fjärrvärmesystem är fortfarande i bruk fast merparten av dem installerades på 1980-talet. Enbart omkring en femtedel av installerade effekten har fasats ut av olika orsaker (Large heat pumps in Swedish district heating systems)

12. Den svenska fjärrvärmens är internationellt unik med bedriften att redan ha sänkt sina specifika koldioxidutsläpp med 90 procent sedan 1970-talet. (District heating and cooling in Sweden)
13. Det finns signifikant fjärrvärmeverksamhet i 47 av världens länder. Huvuddelen av leveranserna återfinns i Ryssland, Kina och EU. Ryssland och Kina har lägre andelar värmeåtervinning och högre specifika koldioxidutsläpp än EU. De tre länderna med lägst specifika koldioxidutsläpp från fjärrvärme är Island, Sverige och Norge. (International review of district heating and cooling)
14. EU:s totala kylbehov i byggnader har skattats till 1170 TWh (4,2 EJ), men det är bara 16 procent av dessa som möts med kylleveranser. Den europeiska fjärrkylan står i sin tur för enbart 1,3 procent av dessa kylleveranser. (European space cooling demands)
15. Temperaturnivåerna i svenska och danska fjärrvärmesystem är fortfarande för höga för att enkelt kunna återvinna lågtempererad restvärme. Det finns utrymme för att sänka dessa temperaturnivåer i framtiden. (Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish district heating systems)

## 9 Referenser

- Andersson, S., Abrahamsson, E.-M., & Werner, S. (2009). *Fjärrvärmeolyckor (District heating accidents). Fjärrsyn report 2009:8*. Retrieved from <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1198/fjaerrvaermeolyckor-fjaerrensyrnsrapport-2009-8.pdf>
- Andersson, S., & Werner, S. (2001). *Svensk fjärrvärme – ägare, priser och lönsamhet. Report 2001:3, Energisystemteknik, Inst för Energiteknik, Chalmers*. Retrieved from
- Andreasson, M., Borgström, M., & Werner, S. (2009). *Värmeanvändning i flerbostadshus och lokaler (Heat use in multi-family and service sector buildings). Fjärrsyn report 2009:4*. Retrieved from <http://www.svenskfjarrvarme.se/Global/FJ%C3%84RRSYN/Rapporter%20och%20resultatblad/Rapporter%20omv%C3%A4rld/2009/V%C3%A4rmeanv%C3%A4rmdning%20i%20flerbostadshus%20och%20lokaler.pdf>
- Averfalk, H., Ingvarsson, P., Persson, U., & Werner, S. (2014). *On the use of surplus electricity in district heating systems*. Paper presented at the 14th International Symposium on District Heating and Cooling, Stockholm
- Averfalk, H., & Werner, S. (2016). *Essential improvements in future district heating systems*. Paper presented at the 15th International Symposium on District Heating and Cooling, Seoul.
- Borgström, M., & Werner, S. (2010). *Distribution of heat use in Sweden*. Paper presented at the 12th International Symposium on District Heating and Cooling.
- Brodén, A., & Werner, S. (2003). *Heat poverty - affordable district heating in cold and poor urban areas. Rapport 2003:7, Energisystemteknik, Chalmers*.
- Brodén, A., & Werner, S. (2004). *Prices in European District Heating Systems*. Paper presented at the 9th International Symposium on District Heating and Cooling, Helsinki
- Connolly, D., Lund, H., Mathiesen, B. V., Werner, S., Möller, B., Persson, U., . . . Nielsen, S. (2014). Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. *Energy Policy*, 65, 475-489. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2013.10.035>
- Connolly, D., Mathiesen, B. V., Østergaard, P. A., Möller, B., Nielsen, S., Lund, H., . . . Trier, D. (2012). *Heat Roadmap Europe 2050 - first pre-study for EU27*. Retrieved from [http://vbn.aau.dk/files/77244240/Heat\\_Roadmap\\_Europe\\_Pre\\_Study\\_1.pdf](http://vbn.aau.dk/files/77244240/Heat_Roadmap_Europe_Pre_Study_1.pdf)
- Connolly, D., Mathiesen, B. V., Østergaard, P. A., Möller, B., Nielsen, S., Lund, H., . . . Trier, D. (2013). *Heat Roadmap Europe - second pre-study for EU27*. Retrieved from [http://vbn.aau.dk/files/77342092/Heat\\_Roadmap\\_Europe\\_Pre\\_Study\\_II\\_May\\_2013.pdf](http://vbn.aau.dk/files/77342092/Heat_Roadmap_Europe_Pre_Study_II_May_2013.pdf)
- Dalenbäck, J.-O., & Werner, S. (2012a). *Boundary Conditions and Market Obstacles. Deliverable 2.2 of WP2 in the IEE-project Solar District Heating*, . Retrieved from <http://www.solar-district-heating.eu/Portals/0/SDH-WP2-D2-2-BoundaryCond-Aug2012.pdf>
- Dalenbäck, J.-O., & Werner, S. (2012b). *Market for Solar District Heating. Deliverable 2.3 of WP2 in the IEE-project Solar District Heating*. Retrieved from [http://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/SDHtake-off\\_SDH\\_Market.pdf](http://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/SDHtake-off_SDH_Market.pdf)
- Dalla Rosa, A., Li, H., Svendsen, S., Werner, S., Persson, U., Rühling, K., . . . Bevilacqua, C. (2014). *Toward 4th Generation District Heating: Experience and Potential of Low-Temperature District Heating. IEA-DHC Annex X report*. Retrieved from
- Egeskog, A., Hansson, J., Berndes, G., & Werner, S. (2009). Co-generation of biofuels for transportation and heat for district heating systems—an assessment of the national possibilities in the EU. *Energy Policy*, 37(12), 5260-5272. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.071>

- Ericsson, K., & Werner, S. (2015). *Three decades of biomass use in Swedish district heating systems*. Paper presented at the 23rd European Biomass Conference and Exhibition, Vienna
- Ericsson, K., & Werner, S. (2016). The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems. *Biomass and Bioenergy*, 94, 57-65.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.08.011>
- Euroheat & Power. (2011). *Ecoheat4EU - Executive Summary Report*. Retrieved from [www.ecoheat4.eu](http://www.ecoheat4.eu)
- Euroheat & Power. (2016). *LOW-CARBON HEATING AND COOLING STRATEGIES FOR EUROPE. Final Publishable Report of the EU-funded project STRATEGO April 2014 - November 2016*. Retrieved from Brussels: [http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/Stratego\\_Final\\_Report\\_download.pdf](http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/Stratego_Final_Report_download.pdf)
- Frederiksen, S., & Werner, S. (2013). *District Heating and Cooling*. Lund Studentlitteratur.
- Frederiksen, S., & Werner, S. (2014). *Fjärrvärme och Fjärrkyla*. Lund Studentlitteratur.
- Gadd, H., & Werner, S. (2013a). Daily heat load variations in Swedish district heating systems. *Applied Energy*, 106, 47-55.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.01.030>
- Gadd, H., & Werner, S. (2013b). Framtida värmebehov. Fjärrsyn rapport 2013:14.
- Gadd, H., & Werner, S. (2013c). Heat load patterns in district heating substations. *Applied Energy*, 108, 176-183. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.02.062>
- Gadd, H., & Werner, S. (2014). Achieving low return temperatures from district heating substations. *Applied Energy*, 136, 59-67.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.09.022>
- Gadd, H., & Werner, S. (2015a). 18 - Thermal energy storage systems for district heating and cooling. In L. F. Cabeza (Ed.), *Advances in Thermal Energy Storage Systems* (pp. 467-478): Woodhead Publishing.
- Gadd, H., & Werner, S. (2015b). Fault detection in district heating substations. *Applied Energy*, 157, 51-59. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.061>
- Gadd, H., & Werner, S. (2015c). Framtida värmebehov, etapp två. Fjärrsyn rapport 2015:107.
- Gong, M., & Werner, S. (2014). *District heating research in China. Energiforsk-Fjärrsyn report no. 2014:3*. Retrieved from <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/18781/district-heating-in-china.pdf>
- Gong, M., & Werner, S. (2015a). An assessment of district heating research in China. *Renewable Energy*, 84, 97-105. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.05.061>
- Gong, M., & Werner, S. (2015b). Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish district heating systems. *Renewable Energy*, 84, 106-113.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2015.06.001>
- Jakubcionis, M., & Carlsson, J. (2017). Estimation of European Union residential sector space cooling potential. *Energy Policy*, 101, 225-235.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2016.11.047>
- Knutsson, D., Sahlin, J., Werner, S., Ekvall, T., & Ahlgren, E. O. (2006). HEATSPOT—a simulation tool for national district heating analyses. *Energy*, 31(2-3), 278-293.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2005.02.005>
- Knutsson, D., Werner, S., & Ahlgren, E. O. (2006a). Combined heat and power in the Swedish district heating sector—impact of green certificates and CO2 trading on new investments. *Energy Policy*, 34(18), 3942-3952.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2005.09.015>
- Knutsson, D., Werner, S., & Ahlgren, E. O. (2006b). Short-term impact of green certificates and CO2 emissions trading in the Swedish district heating sector. *Applied Energy*, 83(12), 1368-1383. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2006.01.011>
- Lund, H., Werner, S., Wiltshire, R., Svendsen, S., Thorsen, J. E., Hvelplund, F., & Mathiesen, B. V. (2014). 4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal

- grids into future sustainable energy systems. *Energy*, 68, 1-11.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2014.02.089>
- Lygnerud, K., & Werner, S. (2016). *Risk of industrial heat recovery in district heating systems*. . Paper presented at the 15th International Symposium on District Heating and Cooling, Seoul.
- Möller, B., & Werner, S. (2015). *Quantifying the Potential for District Heating and Cooling in EU Member States. Stratego WP2 Background report no. 6*. Retrieved from Brussels <http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/STRATEGO-WP2-Background-Report-6-Mapping-Potenital-for-DHC.pdf>
- Nilsson, S. F., Reidhav, C., Lygnerud, K., & Werner, S. (2008). Sparse district-heating in Sweden. *Applied Energy*, 85(7), 555-564.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2007.07.011>
- Olsson Ingvarsson, L., & Werner, S. (2008). *Building mass used as short term heat storage*. Paper presented at the 11th International Symposium on District Heating and Cooling, Reykjavik
- Persson, U. (2015). *Quantifying the Excess Heat Available for District Heating in Europe. Stratego WP2 Background report no. 7*. Retrieved from Brussels <http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/STRATEGO-WP2-Background-Report-7-Potenital-for-Excess-Heat.pdf>
- Persson, U., Möller, B., & Werner, S. (2014). Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions. *Energy Policy*, 74, 663-681.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2014.07.015>
- Persson, U., & Werner, S. (2010). *Effective width - The relative demand for district heating pipe lengths in city areas*. Paper presented at the 12th International Symposium on District Heating and Cooling.
- Persson, U., & Werner, S. (2011). Heat distribution and the future competitiveness of district heating. *Applied Energy*, 88(3), 568-576.  
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2010.09.020>
- Persson, U., & Werner, S. (2012). District heating in sequential energy supply. *Applied Energy*, 95, 123-131. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2012.02.021>
- Persson, U., & Werner, S. (2015). *Quantifying the Heating and Cooling Demand in Europe. Stratego WP2 Background report no. 4*. Retrieved from Brussels <http://stratego-project.eu/wp-content/uploads/2014/09/STRATEGO-WP2-Background-Report-4-Heat-Cold-Demands.pdf>
- Reidhav, C., & Werner, S. (2006). *Investment models for district heating in areas with detached houses*. . Paper presented at the 10th International symposium on district heating and cooling, Hanover, 3-5 sept.
- Reidhav, C., & Werner, S. (2008). Profitability of sparse district heating. *Applied Energy*, 85(9), 867-877. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2008.01.006>
- Werner, S. (2001). Rewarding Energy Efficiency: The Perspective of Emissions Trading. *Euroheat & Power*, 30(9), 14-21.
- Werner, S. (2003a). Avoided Carbon Dioxide Emissions from the use of DH and CHP. *Euroheat & Power (eng ed.)*(1), 20-24.
- Werner, S. (2003b). *The position of district heating in the world and the corresponding use or renewables. Paper S2.1* Paper presented at the Solar World Congress of International Solar Energy Society, Göteborg
- Werner, S. (2004a). District Heating and Cooling. In C. J. Cleveland (Ed.), *Encyclopedia of Energy* (pp. 841-848). New York: Elsevier.
- Werner, S. (2004b). *District heating system institutional guide. IEE DHCAN Project*. Retrieved from Watford <http://projects.bre.co.uk/DHCAN/pdf/InstitutionalManage.pdf>
- Werner, S. (2004c). *Proposal for a DHC R&D programme in an extended EU*. Paper presented at the 9th International Symposium on District heating and Cooling, Helsinki
- Werner, S. (2005). *The European Heat Market, WP1 report from the Ecoheatcool project* Retrieved from Brussels

- [http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool\\_WP1\\_Web.pdf](http://www.euroheat.org/Files/Filer/ecoheatcool/documents/Ecoheatcool_WP1_Web.pdf)
- Werner, S. (2006a). *The New European Heating Index*. Paper presented at the 10th International District Heating and Cooling Symposium, Sept 4-5, Hanover
- Werner, S. (2006b). *Possibilities with more district heating in Europe, WP4 report from the Ecoheatcool project*. Retrieved from Brussels [https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/02/Ecoheatcool\\_WP4\\_Web.pdf](https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/02/Ecoheatcool_WP4_Web.pdf)
- Werner, S. (2007a). *Benefits with more district heating in Europe*. Paper presented at the 20th World Energy Congress, Rome
- Werner, S. (2007b). Ecoheatcool: Gauging district energy's potential in Europe. *District Energy*, 93(2), 23-27.
- Werner, S. (2007c). Low Carbon District Heat in Sweden. *Euroheat and Power (English Edition)*, 4(4), 20-25.
- Werner, S. (2009). *Lägre intäkter från högre fjärrvärmepriiser. Fjärrsyn rapport 2009:5*. Retrieved from <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1195/laegre-intaekter-fraan-hoegre-priser-fjaerrsynsrapport-2009-5.pdf>
- Werner, S. (2010). *District Heating in Sweden - Achievements and challenges*. Paper presented at the XIV Polish District Heating Forum
- Werner, S. (2011a). *Best practise support schemes. Report D3.3 in the IEE-project Ecoheat4EU*, . Retrieved from <http://ecoheat4.eu/en/upload/Documents/Best%20Practise%20Support%20Schemes.pdf>
- Werner, S. (2011b). *Checklist with good support scheme characteristics, Report D3.2 in the IEE-project Ecoheat4EU*. Retrieved from <http://ecoheat4.eu/en/upload/Documents/Good%20Support%20Scheme%20Characteristics.pdf>
- Werner, S. (2013). *Fjärrvärmen i energisystemet. Fjärrsyn rapport 2013:6*. Retrieved from <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/1279/fjaerrvaermen-i-energisystemet-fjaerrsynsrapport-2013-6.pdf>
- Werner, S. (2016a). *European District Heating Price Series. Energiforsk-Fjärrsyn report no. 2016:316*. Retrieved from <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/21926/european-district-heating-price-series-energiforskrapport-2016-316.pdf>
- Werner, S. (2016b). European space cooling demands. *Energy*, 110, 148-156. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2015.11.028>
- Werner, S. (2017a). District heating and cooling in Sweden. *Energy*, 126, 419-429. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.03.052>
- Werner, S. (2017b). International review of district heating and cooling. Review article submitted to *Energy*.
- Werner, S., Lund, H., & Vad Mathiesen, B. (2014). *Progress and results from the 4DH research centre*. Paper presented at the 14th International Symposium on District Heating and Cooling, Stockholm
- Werner, S., Spurr, M., & Pout, C. (2002). *Promotion and Recognition of DHC and CHP Benefits in Greenhouse Gas Policy and Trading Programs. Report 2002:S9. IEA District Heating and Cooling*. Retrieved from [http://www.iea-dhc.org/index.php?eID=tx\\_nawsecuredl&u=103&g=3&t=1484993596&hash=f070608a267dc33970a83bb4d78b98672535ed29&file=fileadmin/documents/Annex\\_VI/Promotion\\_and\\_Recognition\\_of\\_DHC\\_and\\_CHP\\_Benefits.pdf](http://www.iea-dhc.org/index.php?eID=tx_nawsecuredl&u=103&g=3&t=1484993596&hash=f070608a267dc33970a83bb4d78b98672535ed29&file=fileadmin/documents/Annex_VI/Promotion_and_Recognition_of_DHC_and_CHP_Benefits.pdf)
- Werner, S., Wiltshire, R., & Williams, J. (2008). *European DHC research issues*. Paper presented at the 11th International Symposium on District Heating and Cooling, Reykjavik
- Zeman, J., & Werner, S. (2004). *District heating system ownership guide. IEE DHCAN Project*. Retrieved from Watford <http://projects.bre.co.uk/DHCAN/pdf/OwnershipManagement.pdf>

## Bilaga: Aktivitetslista för detta projekt

Denna aktivitetslista har använts i dialogen med projektets referensgrupp för dokumentation av olika händelser i projektet. Aktivitetslistan har kontinuerligt uppdaterats med nya händelser under projektiden.

### DHC+

År	Datum	Aktivitet
2014	14 maj	Styrgruppsmöte i Wien
	24 augusti	2nd DHC+ Summer School, Helsinki
	8-9 september	DHC+ student awards
	8 oktober	Styrgruppsmöte i Bryssel
2015	januari	Ny programperiod 2015–2017 med ny ordförande mm
	27-28 januari	Styrgruppsmöte i Paris
	10 juni	Styrgruppsmöte i Bryssel. Val av DHC+ student awards
	25-26 augusti	DHC+ student awards i Köpenhamn
	30 aug – 4 sept	3rd DHC+ Summer School, Turin (ej med pga förhinder)
	7 oktober	Styrgruppsmöte i Bryssel med aktiv match-making för nya Europa-projekt
	13 oktober	EU-kommissionen släpper det officiella arbetsprogrammet för energidelen inom H2020 för 2016 och 2017.
2016	18 april	Styrgruppsmöte i Frankfurt
	21-27 augusti	4th DHC+ Summer School, Warszawa
	26 september	Ett gemensamt seminarium kring reglering av fjärrvärmesystem med deltagare från H2020-projekten STORM samt andra intresserade.
	11 oktober	Styrgruppsmöte i Bryssel med aktiv match-making för nya Europa-projekt
2017	17 maj	Styrgruppsmöte i Glasgow i anslutning till 38:e EHP:s kongress.
	27 aug – 1 sept	5th DHC+ Summer School, Belgien

### 4DH (jan 2012 – dec 2017)

År	Datum	Aktivitet
2014	februari	Artikel: Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system. Energy Policy 65(2014) 475–489
	31 mars	Artikel: 4th Generation District Heating (4GDH) - Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy 68(2014) 1-11.
	30 april	Föredrag: District heating 4.0 - The new generation of district heating systems. Warmtenetwerk Vlanderen, Leuven.
	5 juni	Föredrag: Heat Roadmap Europe - potential to save money and carbon emissions. World Bioenergy i Jönköping.
	8 augusti	Artikel: Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions. Energy Policy 74(2014) 663-681



År	Datum	Aktivitet
	18 augusti	Föredrag: 4th Generation District Heating definition. 4DH annual conference in Aalborg.
	19 augusti	Föredrag: Swedish experiences with large-scale heat pumps for district heating since 1981. 4DH consortium meeting in Aalborg.
	9 september	Konferenspaper: Progress and results from the 4DH research centre. 14th International Symposium on District Heating and Cooling. Stockholm.
	9 september	Konferenspaper: On the use of surplus electricity in district heating systems. 14th International Symposium on District Heating and Cooling. Stockholm.
	30 september	Föredrag: Heat Roadmap Europe, Fjärrvärmemässan Elmia i Jönköping
	9 oktober	Föredrag: Heat Roadmap Europe, Kraftvärmeforum i Sigtuna.
2015	8 januari	Urban Persson från Högskolan i Halmstad disputerar på Chalmers som den förste i gruppen på 11 doktorander som finansieras från 4DH i Danmark
	4 februari	Föredrag: En trygg värmeförsörjning – Vad innebär det i ett EU-perspektiv? på Svensk Fjärrvärmes strategidagar i Solna.
	20 maj	Föredrag: About heat supply in EU28, CA-RES-möte i Dublin
	27 juli	EU-kommissionen släpper fem olika issue papers inför EU Heating and Cooling Strategy Consultation Forum den 9 september. Våra arbeten inom Heat Roadmap Europe och Stratego citeras på flera ställen i dessa issue papers.
	25-26 augusti	Första internationella 4DH-konferensen i Köpenhamn
	25 augusti	Föredrag: European space cooling demands på 4DH-konferensen
	23 oktober	Föredrag: 4th generation district heating, Cold Climate HVAC 2015, Dalian, Kina
	27 oktober	Föredrag: Fjärde generationens fjärrvärmesystem för Svensk Fjärrvärmes Tekniska Råd.
	5 november	Ett nyhetsblad inom EU-kommissionen (Science for Environment Policy) sprider information om vår andra HRE-artikel från augusti 2014.
	12 november	Föredrag: Fjärde generationens fjärrvärmesystem – möjligheter och utmaningar, Västerås på Energi HUB 2015
	26 november	Föredrag: Fjärde generationens fjärrvärme för styrelsen för Halmstad Energi & Miljö.
2016	5 september	Föredrag: Global Challenges for District Heating and Cooling, keynote presentation vid 15th International Symposium on District Heating and Cooling i Seoul, Korea
	27-28 september	Andra internationella 4DH-konferensen i Ålborg
	24 november	Föredrag: Heat Roadmap Europe, Zero-konferensen, Oslo
2017	12-13 september	Tredje internationella 4DH-konferensen i Köpenhamn
	31 december	Projektet avslutas

STRATEGO (apr 2014 – nov 2016), den tredje delen av Heat Roadmap Europe

År	Datum	Aktivitet
2014	8 april	Första projektmötet i Bryssel
	23 juni	Inledande workshop i Bryssel
	4 november	Andra projektmötet i Köpenhamn
2015	14 april	Tredje projektmötet i Edinburgh
	22 maj	Publicering av alla resultatrapporter från WP2 om underlagsdata som input till regionala analyser
	18 juni	Informationsaktivitet på EUSEW om erhållna Stratego-resultat för UK, Tjeckien, Kroatien, Italien och Rumänien.
	20 oktober	Fjärde projektmötet i Wien
	hösten	Genombrott i skattning av värmedistributionskostnader för varje hektar i Europa. Dvs Europa har delats upp i 438 miljoner bitar och möjliga investeringar för fjärrvärmenät har skattats för varje bit.
2016	10 maj	Femte projektmötet i Milano, Italien. Vi representerades av Kristina Lygnerud som var aktiv i diskussionen om affärsmodellerna för respektive projektförslag.
	12 oktober	Slutseminarium om Stratego i Bryssel (inkl det sjätte projektmötet).
	30 november	Projektet avslutades.

#### EUROPEISKA FJÄRRVÄRMEPRISER

År	Datum	Aktivitet
2016	23 augusti	Förslag till slutrapport om europeiska fjärrvärmepriser utsänd till referensgruppen och Omvärldsrådet
	30 september	Uppdatering av prisrapporten med mer tydlig information att analysdelen inte ingår i rapporten, utan denna del kommer i den senare artikeln.
	18 oktober	Prisrapporten "European District Heating Price Series" publiceras på Energiforsks hemsida som rapport 2016:316

## FLERA ARTIKLAR

År	Datum	Aktivitet
2014	Februari	Artikeln "Heat Roadmap Europe: Combining district heating with heat savings to decarbonise the EU energy system" publicerad i Energy Policy.
2014	April	Artikeln "4th Generation District Heating (4GDH): Integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems" publicerad i Energy.
2014	September	Artikeln "Heat Roadmap Europe: Identifying strategic heat synergy regions" publicerad i Energy Policy.
2015	December	Artikeln "Exergy analysis of network temperature levels in Swedish and Danish district heating systems" publicerad i Renewable Energy.
2016	Juni	Artikeln "Large heat pumps in Swedish district heating systems" inskickad till Sustainable and Renewable Energy Reviews för bedömning.
2016	2 september	Artikeln "The introduction and expansion of biomass use in Swedish district heating systems" publicerad i Biomass and Bioenergy med utgivning i november 2016 och med open access på sciencedirect.com.
2016	10 september	Artikeln "European Space Cooling Demands" publicerad i Energy med utgivning i september 2016.
2016	September	Konferensbidrag: Risk assesment of industrial heat recovery, 15th International Symposium on District Heating and Cooling. (Detta bidrag erhöill pris som ett av de sex bästa bidragen på symposiet)
2016	September	Konferensbidrag: Essential improvements in future district heating systems, 15th International Symposium on District Heating and Cooling.
2016	September	Konferensbidrag: Mapping energy and exergy flows of district heating in Sweden, 15th International Symposium on District Heating and Cooling.
2017	Januari	Artikeln "International review of District Heating and Cooling" inskickad till tidskriften Energy för bedömning.
2017	Mars	Artikeln "District Heating and Cooling in Sweden" publicerad i Energy med utgivning i maj 2017 och med open access på sciencedirect.com.
2017		Skrivande av "European heat distribution costs"
2017		Skrivande av "European district heating prices"
2017		Skrivande av "Risk assesment of industrial heat recovery in district heating systems"

Om detta Fjärrsynsprojekt i Fjärrvärmetidningen:

2014 nr 1, sida 22	Nystartade Fjärrsynsprojekt
2014 nr 7, sida 8-9	Svensk fjärrvärme uppmärksammas i Bryssel, om presentation av resultat från Heat Roadmap Europe på Kraftvärmeforum 2014
2014 nr 5, sida 9	Kylmarknadens vita fläckar upptäckta, om analys av de specifika kylbehoven i Europa utförd inom Stratego-projektet
2016 nr 2, sida 13	Lågtemperatur, utmaningen för nästa generations fjärrvärmesystem

# FJÄRRVÄRMENS FRAMTIDA ROLL I EUROPA

Sven Werner redovisar här resultaten från sin medverkan i forskningsnätverket DHC+, det internationella forskningscentret 4DH och i EU-projektet Stratego. Han har även utfört eget forskningsarbete genom att aggregera de europeiska fjärrvärmepriserna och skrivit flera översiktsartiklar i internationella vetenskapliga energitidskrifter. Några exempel på resultat från projektets olika delar är:

- Att forskningen delvis har bidragit till att det i januari 2016 togs fram en EU-strategi för värme och kyla.
- Att den svenska fjärrvärmens är internationellt unik genom att redan ha sänkt sina specifika koldioxidutsläpp med 90 procent sedan 1970-talet.
- Att fjärde generationens fjärrvärmesystem är ett sammanhängande tekniskt begrepp som går ut på att använda smarta värmenät för att gå mot mer uthålliga energisystem. Fjärde generationens fjärrvärmesystem förser lågenergi-byggnader med värme från lågtempererade värmekällor och med låga värmeförluster.
- Att temperaturnivåerna i svenska och danska fjärrvärmesystem fortfarande är för höga för att enkelt kunna återvinna lågtempererad restvärme. Det går att sänka de här temperaturnivåerna!
- Att EU:s totala kylbehov i byggnader har skattats till 1170 TWh, men det är bara 16 procent som möts med kylleveranser. Den europeiska fjärrkylan står bara för 1,3 procent av dessa kylleveranser.

Läs rapporten så får du veta mycket mer.

## Ett nytt steg i energiforskningen

Energiforsk är en forsknings- och kunskapsorganisation som samlar stora delar av svensk forskning och utveckling om energi. Målet är att öka effektivitet och nyttiggörande av resultat inför framtida utmaningar inom energiområdet. Vi verkar inom ett antal forskningsområden, och tar fram kunskap om resurseffektiv energi i ett helhetsperspektiv – från källan, via omvandling och överföring till användning av energin. [www.energiforsk.se](http://www.energiforsk.se)