

Technical University of Denmark



## Fremtidens Fjernvarme - Litteraturstudie

Münster, Marie; Pade, Lise-Lotte

*Publication date:*  
2006

*Document Version*  
Også kaldet Forlagets PDF

[Link back to DTU Orbit](#)

*Citation (APA):*  
Münster, M., & Hansen, L-L. P. (2006). Fremtidens Fjernvarme - Litteraturstudie. Forskningscenter Risø, Afdelingen for Systemanalyse.

## DTU Library

Technical Information Center of Denmark

---

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# Fremtidens Fjernvarme - Litteraturstudie

maem

**Forfatter(e):** Marie Münster og Lise-Lotte Pade Hansen  
**Titel:** Fremtidens Fjernvarme - Litteraturstudie  
**Afdeling:** System analyse

November 2006

**Resume:**

Der er gennemført et litteraturstudie hvor en lang række danske og udenlandske databaser er afsøgt. 45 artikler, rapporter og brochurer er identificeret, der omhandler fjernvarmens rolle i det fremtidige energisystem.

Der gives korte resuméer af hver artikel/ rapport/ brochure og derudover præsenteres overblik over hvad der kan konkluderes ud fra litteraturen samlet set på områderne system, teknologi, liberalisering og CO<sub>2</sub> kvoter.

Endelig præsenteres udkast til en SWOT analyse af fjernvarmens rolle i fremtidens energisystem og der kommer med forslag til fremtidige analyser og projekter.

**Sponsorship:**  
Dansk Fjernvarme Forening

Forskningscenter Risø  
Afdelingen for Informationsservice  
Postboks 49  
DK-4000 Roskilde  
Danmark  
Telefon +45 46774004  
[bibl@risoe.dk](mailto:bibl@risoe.dk)  
Fax +45 46774013  
[www.risoe.dk](http://www.risoe.dk)

# Indhold

## **Forord 4**

## **1 Indledning 5**

## **2 Resultater af litteraturstudiet 7**

2.1 System 7

2.2 Teknologi 7

2.3 Liberalisering 8

2.4 CO2 kvoter 8

## **3 Fremtidige analyser 9**

3.1 SWOT analyse 9

3.2 Forslag til fremtidige analyser 9

## **Bilag A - Litteraturliste 11**

## **Bilag B - Resuméer 15**

## Forord

Litteraturstudiet er gennemført for Dansk Fjernvarme med det formål at afdække 2 problemstillinger:

1. Hvad findes der af eksisterende rapporter, udredninger og analyser, der belyser fjernvarmes rolle i fremtidige energisystemer og/eller fremtidige perspektivrige fjernvarmeløsninger.
2. Hvilke rapporter, udredninger og analyser om fjernvarme er der behov for som indspil til scenarier og overvejelser om fremtidens energiforsyning med henblik på at sikre, at de mulige gevinster, som fjernvarme kan bidrage med, ikke overses på bekostning af mindre hensigtsmæssige (energieffektive) energisystemer.

Studiet skal danne grundlag for og indgå i et videre arbejde med at analysere fremtidens fjernvarmeløsninger.

# 1 Indledning

Litteraturstudiet er gennemført ved at afsøge en række projekt- og litteraturdatabaser for materiale om fjernvarme:

- DFF (<http://www.dff.dk/Forside/Publikationer/DanskFjernvarme.aspx>)
- Danske Energi F&U Projekter – DENP ([www.danskeenergiprojekter.dk](http://www.danskeenergiprojekter.dk))
- Den Danske Forskningsdatabase ([www.forskningsdatabasen.dk](http://www.forskningsdatabasen.dk))
- Nordisk Energiforskning (<http://www.nordicenergy.net/>)
- AKF (<http://www.akf.dk/projekter/>)
- Forskningscenter Risø (<http://www.risoe.dk> )
- EC – Cordis (F&U projekter) (<http://cordis.europa.eu> )
- Intelligent Europe (ALTENER og SAVE projekter) ([http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index\\_en.html](http://ec.europa.eu/energy/intelligent/index_en.html) )
- Euroheat (<http://www.euroheat.org/> )
- Cogen Europe (<http://www.cogen.org/> )
- IEA District Heating and Cooling ([www.iea-dhc.org](http://www.iea-dhc.org))
- ETDE World Energy Base – ETDEWEB ([www.etde.org](http://www.etde.org) )
- Science Direct (<http://www.sciencedirect.com> )
- Cogeneration & On-Site Power Production (<http://www.cospp.com/> )

Derudover er der fundet materiale via kollegaer og kontakter i branchen.

I søgningen er der fokuseret på fjernvarmens rolle i fremtiden. Derfor er bl.a. en del demonstrationsprojekter og projekter/ artikler om teknologier, der kan bidrage til mindre effektiviseringer i fjernvarmesektoren, ikke medtaget. Det er prioriteret, at finde færdige resultater og ikke kun projektbeskrivelser, og der er fokus på at sikre indsamling af litteratur fra udenlandske projekter. Der er fokuseret på nyere litteratur og kun i få tilfælde er der således medtaget litteratur fra før år 2000.

Litteratursøgningen gav en liste rapporter og artikler, som ved gennemlæsning af titler og abstracts lød relevante. Efter gennemlæsning af resuméer blev antallet yderligere reduceret til 45.

Litteraturen er opdelt i to emner:

- **System** – hvor der fokuseres på fjernvarmens rolle i energisystemet og systemanalyser
- **Teknologi** – hvor der fokuseres på enkeltteknologier som kan få betydning for fjernvarmens rolle i fremtiden (varmepumper, varmelagring og fjernkøling)

Under søgningen er der ikke fokuseret på lavtemperatur løsninger, da dette umiddelbart ikke blev anset som en løsning, der vil ændre fjernvarmens rolle i fremtiden.

For at lette overblikket er det derudover illustreret hvilken type litteratur der er tale om:

- rapport,
- artikel eller
- brochure.

Kun få videnskabelige artikler er fundet relevante. Der er derimod identificeret en del papers til internationale konferencer om fjernvarme og -køling. Derudover er der fundet en del rapporter fra branche- og interesseorganisationer. Her er det især værd at fremhæve den svenske og den tyske fjernvarmeorganisation, samt den europæiske. Derudover er der fundet relevante rapporter hos Energistyrelsen og projekter finansieret af Europa Kommissionen. Endelig er der et par artikler fra internationale tidsskrifter, der fokuserer på energieffektivitet eller kraftvarme, og en enkelt svensk Ph.d. afhandling.

I Bilag A er der en litteraturliste opdelt efter forfattere, der giver overblik over det fundne materiale. Bilag B indeholder korte resuméer af litteraturen opdelt efter om der er fokuseret på system eller teknologi.

## 2 Resultater af litteraturstudiet

### 2.1 System

Overordnet var der i litteraturen om fjernvarmens fremtidige rolle i energisystemet enighed om at kraftvarme:

- har store potentialer i EU perspektiv
- medfører energieffektiv produktion af el og varme
- bidrager til CO<sub>2</sub> reduktion set i forhold til ren termisk kraft produktion
- og ren fjernvarme kan bidrage til øget anvendelse af vedvarende energi

På trods af dette er fokus, når der ses på fremtidens energisystem (F&U og energisystemanalyser), IKKE på fjernvarme. Fokus er derimod på individuelle løsninger (mikro kraftvarme, besparelser på husstandsniveau etc.).

Dette kan bl.a. skyldes:

- at forskere ikke anser fjernvarme som et interessant forskningsområde
- at fjernvarme anses som en selvfølge
- at en yderligere udbygning med fjernvarme ikke anses som realistisk
- at fjernvarme anses som en gammeldags planøkonomisk løsning og dermed ikke lever op til tidens politiske trends

Nedenfor er illustreret et bud på hvordan fjernvarme associeres med forskellige nutidige politiske fokusområder.

	HOT		NOT
✓	Forsyningssikkerhed	✓	Planlægning
	Liberalisering	✓	Tvang
✓	Miljø	✓	Andelstanke/ hvile-i-sig-selv
✓	Eksport af teknologi		
	Valgfrihed		
	Fleksibilitet		
?	Omkostningseffektivitet (privatøkonomi)		
✓	Omkostningseffektivitet (samfundsøkonomi)		
?	Nye teknologier		

### 2.2 Teknologi

Der blev fundet en del materiale om de tre teknologier varmepumper, fjernkøling og lagring og området vurderes at være godt dækket.

Kort fortalt er der gode perspektiver i de tre teknologier:

- Varmepumper og lagring kan yde et stort bidrag til bl.a. indregulering af vind



- Varmepumper er meget energieffektive frem for el-patroner (op til faktor 4)
- Fjernkøling kombineret med kraftvarme er meget energieffektivt frem for traditionel air-conditioning (op til 84% reduktion af elforbrug)

## 2.3 Liberalisering

I en del af teksterne blev der lagt vægt på effekten af liberaliseringen af el- og gasmarkederne på varmesektoren. Nogle af problemstillingerne nævnes her:

- Liberalisering af energimarkederne giver via øget konkurrence mere fokus på kortsigtede finansielle gevinster
- Dette fokus kan være uhensigtsmæssigt for varmesektoren, da denne er forbundet med
  - høje investeringsomkostninger i forbindelse med etablering af nye værker og ombygning af eksisterende værker
  - etablering og vedligehold af fjernvarme og kraftvarme er udtryk for mere langsigtet tænkning og planlægning og i mindre grad baseret på kortsigtede finansielle gevinster
- Liberaliseringen har sat frit valg i fokus
  - Fjernvarme og kraftvarme er karakteriseret ved "tvang" og ufleksibilitet.
- De fleste af teksterne bemærker, at liberalisering som sådan er et godt tiltag, men hæfter sig ved følgende:
  - den nuværende liberalisering virker ikke "rigtigt"
  - der skal sikres passende rammer for fjernvarme og kraftvarme, således at disse også kan klare sig på fremtidens energimarked

## 2.4 CO2 kvoter

Det europæiske CO2 kvotehandelssystem blev taget op i en del af teksterne.

Forfatterne er i det store hele enige om, at der er både muligheder og trusler ved etableringen af kvotehandelssystemet. På den positive side nævnes det at:

- Kvotesystemet muliggør internalisering af negative eksternaliteter ved CO2 udslip og gør dermed især kraftvarme attraktivt i forhold til separat el- og varmeproduktion.
- Dette kræver imidlertid, at kvotesystemet er velfungerende, hvilket det på nuværende tidspunkt ikke er.
- At systemet ikke er velfungerende skyldes hovedsagligt initialallokeringen af kvoter:
  - Kun KV/FV større end 20MW er med i ordningen
  - Kvoterne er uddelt gratis (såkaldt "grandfathering") hvorved kvoterne kommer til at fungere som et subsidie.
  - Generelt uddeles der for mange kvoter

### 3 Fremtidige analyser

D. 21. november 2006 blev der afholdt møde i CTR med det formål at identificere analyser, der efter arbejdsgruppens mening mangler.

Tilstede ved mødet var:

- Inga Thorup Madsen, CTR
- Jesper Lorenzen, Energistyrelsen
- Magnus Foged, KE
- Poul Erik Morthorst, Risø
- Lise-Lotte Pade Hansen, Risø
- Marie Münster, AAU/Risø

#### 3.1 SWOT analyse

Som baggrund for diskussionen blev der udarbejdet et udkast til en SWOT analyse af fjernvarmens rolle i energisystemet. SWOT analysen er illustreret i nedenstående tabel.

<b><u>Styrker</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Anvendelse af spildvarme</li><li>• Fleksibelt brændselsforbrug/ -valg</li><li>• Fleksibel teknologi</li><li>• Effektdjævning</li><li>• Forbrugervenlig/ komfort</li><li>• Integration af VE</li><li>• Forsyningsikkerhed</li><li>• Godt energipolitisk instrument</li><li>• Høj virkningsgrad</li></ul>	<b><u>Svagheder</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Investeringstungt</li><li>• Distributionstab</li><li>• Bundethed/ monopol</li><li>• Varmebunden el-produktion</li><li>• Kræver planlægning</li><li>• Stift system</li><li>• Anses som biprodukt til el</li><li>• Mange, små og uprofessionelle anlæg</li><li>• Adskilt distribution og produktion</li></ul>
<b><u>Muligheder</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Integration af VE</li><li>• Varmepumper/ regulerkraft</li><li>• Fjernkøling</li><li>• Regulerkraft KV anlæg</li><li>• Varmebank</li><li>• Lagring</li><li>• Forsyning af lavenergi huse</li><li>• Effektivisering via benchmarking</li> <li>• Liberalisering af FV sektor?</li><li>• CO2 kvoter?</li><li>• Mikroanlæg?</li><li>• Fri/ bunden egenkapital?</li></ul>	<b><u>Trusler</u></b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Nulenergi huse</li><li>• Pseudo-liberalisering af el/gas sektor</li><li>• Usynlighed/ selvfølge</li><li>• Rekruttering</li> <li>• Liberalisering af FV sektor?</li><li>• CO2 kvoter?</li><li>• Mikroanlæg?</li><li>• Fri/ bunden egenkapital?</li></ul>

#### 3.2 Forslag til fremtidige analyser

Med SWOT analysen in mente blev forslag til fremtidige analyser diskuteret, og nedenstående analyser blev foreslået:

1. Fjernvarme i nyt byggeri – hvornår, hvor og hvordan kan det betale sig? (inkl. demonstrationsprojekt)
2. Scenarier for udvikling af fjernvarmen i fremtiden (systemanalyse og samfundsøkonomi) – hvilken værdi har den høje grad af fjernvarme for samfundet i dag – hvad hvis andelen falder?
3. Fjernkøling og varmepumper (samfundsøkonomi og incitamenter) – hænger den samfundsøkonomiske gevinst ved anvendelse af varmepumper og fjernkøling sammen med de incitamenter der eksisterer, eller eksisterer der administrative barrierer?
4. Varmtvandslagring set i et systemperspektiv (individuel/ decentral/ central) – i hvor høj grad kan varmtvandslagring bidrage til at højne effektiviteten i energisystemet og til spidslastudjævning?

Ad. 1) Flere værker har lavet analyser. Der er behov for opsamling og opfølgning samt evt. yderligere analyser.

Ad. 2 og 4) EFP Projektansøgning fra Risø og EA Energianalyse vil kunne dække dette.

Der var enighed om, at der er et rigtigt godt potentiale for projektansøgning til Europa Kommissionens 7. rammeprogram med et projekt om systemanalyse af fjernvarme i det fremtidige energisystem. Samarbejdspartnere kunne være den svenske og den tyske fjernvarmeforening. Øvrige samarbejdslande kunne være østlande.

Derudover blev en række yderligere temaer foreslået:

- Fjernvarmenettet som ”varme bank”
- Varierende tilslutningsgrad
- Prisdifferentiering over året
- Tarif struktur (sæson afhængig, lavtemperatur, nye målemetoder, incitament til besparelser)
- Varmeplanlægning i fremtiden – ny kommunestruktur – udspil fra fjernvarmeselskaber?
- Lokalplaner – lavenergihuse undtages fra tilslutningspligt
- Konsekvenser af liberaliseringen af el- og gas sektoren
- Konsekvenser af en eventuel liberalisering af fjernvarmesektoren – hvad er det fornuftigt at liberalisere?

## Bilag A - Litteraturliste

<b>Litteraturliste</b>		
<b>Emne</b>	<b>Type</b>	<b>Reference</b>
System	Rapport	AGFW (2002) Pluralistiske Wärmeversorgung
System	Artikel	Blarke, M.B. and H. Lund (2006) Large-scale Heat Pumps in Sustainable Energy Systems: System and Project Perspectives. Proceedings of 3rd Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems, Dubrovnik, Croatia, 6-10 June 2005. Minor revision of conference paper.
System	Artikel	Casten, T.R. and M.J. Collins (2002). Optimizing Future Heat and Power Generation
System	Rapport	Dalin, P. and A. Rubenhag (2006). ECOHEATCOOL Work package 5: Possibilities with more district cooling in Europe Final Report
System	Rapport	Dalin, P., J. Nilsson and A. Rubenhag (2006). ECOHEATCOOL Work package 2: The European Cool Market Final Report
System	Brochure	District Heating and Cooling: Environmental Technology for the 21 <sup>st</sup> Century
Teknologi	Artikel	Dittmann, L. (2004) Thermal Storage in Combined Cooling Systems. Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland
System	Artikel	Dixon, R.K. and D. Gielen (2006). A glimpse of the future prospects for cogeneration and on-site renewables. "Cogeneration and On-Site Power Production" 7 (4)
System	Rapport	Energistyrelsen (2001). Rapport fra arbejdsgruppen om kraftvarme- og VE-elektricitet

System	Rapport	Energistyrelsen og konkurrencestyrelsen (2004). Effektivisering af fjernvarmesektoren - Idékatalog. September 2004
System	Rapport	Energistyrelsen og konkurrencestyrelsen (2004). Rammevilkår for fjernvarmesektoren - Baggrundsrapport til projektet Effektivisering af fjernvarmesektoren September 2004
System	Brochure	Euroheat and power (2005). Increasing energy efficiency in Europe: intelligent heating and colling.
System	Brochure	Euroheat. Renewables in district heating and cooling.
Teknologi	Rapport	European Biomass Association (2006) Innovation for BioHeat - K4RES-H
System	Rapport	European Commission - DG TREN - Energy SAVE Programme (2000). Evaluation of the impact of the liberalisation of the European Electricity Market on the CHP, district heating and cooling sector "SAVE CHP/PHC" Final Report
System	Rapport	EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL (2006) KEY ISSUE 4 : Financial Incentive Scheme for Geothermal Energy - K4RES-H
Teknologi	Rapport	EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL (2006) KEY ISSUE 5 : INNOVATIVE APPLICATIONS - COMBINED GEOTHERMAL HEAT AND POWER PLANTS (CHP) - K4RES-H
Teknologi	Rapport	EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL (2006) KEY ISSUE 5 : INNOVATIVE APPLICATIONS - GEOTHERMAL UTILIZATION FOR COOLING - K4RES-H
Teknologi	Rapport	EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL (2006) KEY ISSUE 5 : INNOVATIVE APPLICATIONS - GEOTHERMAL UTILIZATION FOR INDUSTRIAL PROCESSES - K4RES-H
System	Rapport	European Renewable Energy Council (2006) Financial Incentives for Renewable Heating and Cooling - K4RES-H
Teknologi	Rapport	European Renewable Energy Council (2006) Innovative Applications of Renewable Heating and Cooling - K4RES-H
System	Rapport	EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION (2006) Financial Incentives for Solar Therman - Guidelines on best practice and avoidable problems - K4RES-H

Teknologi	Rapport	EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION (2006) Innovative Applications - Solar Assisted Cooling - K4RES-H
System	Rapport	Future Cogen (2001). The future of CHP in the European market – the European Cogeneration study. Final Publishable Report. <a href="http://tecs.energyprojects.net/">http://tecs.energyprojects.net/</a>
Teknologi	Artikel	Gebremedhin, A. and H. Zinko (2004) Avoiding high return temperatures with absorption coolers in district heating systems. Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland
System	Artikel	Grohnheit, P.E. and B.O.G. Mortensen (2003). Competition in the market for space heating. District heating as the infrastructure for competition among fuels and technologies. Energy Policy. 31, 817-826
System	Artikel	Knutsson, D., S.Werner og E.O.Ahlgren (2004). Impact of electricity certificate and greenhouse gas emission permit trade on the Swedish district heating sector. Proceedings of The 9th International Symposium on District Heating and Cooling 2004
System	Rapport	Larsen, H. and L.S. Petersen (2005). The Future Energy System – Distributed Production and Use. Risø Energy Rapport 4
Teknologi	Rapport	Lindmark, S. (2005). The Role of Absorption Cooling for Reaching Sustainable Energy Systems. Licentiate Thesis, KTH – Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.
System	Artikel	Lund, H. and Østergaard, P.A. (2000). Electric grid and heat planning scenarios with centralized and distributed sources of conventional, CHP and wind generation. Energy 25, 299-312
Teknologi	Artikel	Löffler, P. (2004). Changing conditions for cogeneration in Europe. "Cogeneration and On-Site Power Production" 5 (4)
Teknologi	Rapport	Martin, V., F. Setterwall og M. Andersson. 2005 Kylprocessers design I fjärrvärmesystem. Svensk Fjärrvärme Forskning och Utveckling.
System	Artikel	Meibom, P.; Kiviluoma, J.; Barth, R.; Brand, H.; Weber, C.; Larsen, H.V., Value of electrical heat boilers and heat pumps for wind power integration. In: Proceedings (online). 2006 European Wind Energy Conference and Exhibition, Athens (GR), 27 Feb - 2 Mar 2006. (Brussels, European Wind Energy Association) 11 p.

Teknologi	Artikel	Nielsen, J.R., H. Quicklund and J. Stang (2004) Decision and optimization models for thermal storage in D&C systems. Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland
Teknologi	Artikel	Papadopoulos, A.M., S. Oxizidis and N. Kyriakis (2003). Perspectives of solar cooling in the view of the developments on the air-conditioning sector. Renewable and Sustainable Energy Reviews 7, 419-438
Teknologi	Rapport	Rambøll (2006). Varmeforsyning af nye boligområder - Konsekvenserne af de nye energikrav til nyt byggeri, Energistyrelsen - EFP
Teknologi	Rapport	Ritola, J. and M. Ala-Juusela (2004). Ground Source Cooling - Working Paper on Potential, Economics, Pro's and Con's and Market. EU Commission SAVE Project & Nordic Energy Research
System	Artikel	Snoek, C. and M. Spurr. The Role of District Heating and Cooling and Combined Heat and Power Systems in Reducing Fossil Fuels Use and Combating Harmful Emissions, IEA
System	Rapport	Svensk Fjärrvärme (2005). Flexibla lösningar som strategi för ökad anslutningsgrad. Värmeglas 2005:15
System	Artikel	Tommerup, H., S. Svendsen (2006). Energy savings in Danish residential building stock. Energy and Buildings 38, 618-626
System	Artikel	Ulseth, R. et al. 2001. District heating and cooling in future buildings. CADDET Energy Efficiency No. 1.
System	Rapport	Wallisch, A. et al. (2006). ECOHEATCOOL Work package 3: Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems
System	Artikel	Werner, S. (2004) Proposal for a District Heating and Cooling Research and Development Programme in an Extended EU. Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland
System	Rapport	Werner, S. (2006). ECOHEATCOOL Work package 1: The European Heat Market Final Report
System	Rapport	Werner, S. (2006). ECOHEATCOOL Work package 4: Possibilities with more district heating in Europe Final Report

# Bilag B - Resuméer

## 1.1 System

### **Pluralistische Wärmeversorgung**

Rapport

AGFW (2002)

Artiklen er et resumé af projektet: Pluralistische Wärmeversorgung eller pluralistisk varmforsyning. Baseret på Tysklands eksisterende forpligtelser mht. reduceret udledning af drivhusgasser tilstræbes det gennem projektet at beskrive mål, strategier og teknologier, der kan bidrage til reduktionen under et liberaliseret marked. Projektet består af to dele, som behandler to forskellige tidshorisonter: et forstudie (gennemført 1999-2002) som identificerer midler på kort sigt frem til 2005 og et hovedstudie der ser på midler frem til 2020. Anden del af hovedstudiet er for øjeblikket ved at blive gennemført.

Den første del af hovedstudiet analyserer effektiviteten af støtteordninger til kraftvarme som et CO<sub>2</sub> reducerende instrument. Midler til at opnå energibesparelser i bygninger sammenlignes, udviklingen af varmemarkedet inklusiv dets fremtidige tekniske, økonomiske og miljømæssige rammebetingelser analyseres og en evaluering og status quo analyse af varme og el-produktions teknologier gennemføres.

Anden del af hovedstudiet har to primære fokusområder: varmemarkedet og den teknologiske udvikling. For at analysere varmemarkedet udvikles et digitalt varmekort samt transformationsmekanismer mellem varmekortet og en energisystemmodel. Lokale modeller for energi forsyning udvikles og der gennemføres ekstrapolationer for kraftvarme og varmepotentialer samt fremtidige infrastrukturbehov. Med hensyn til teknologiudvikling fokuseres på en analyse og beskrivelse af teknologier frem til 2020 og en multidimensionel vurdering af dem med hensyn til tekniske, økonomiske og miljømæssige kriterier.

### **Large-scale Heat Pumps in Sustainable Energy Systems: System and Project Perspectives.**

Artikel

Blarke, M.B. and H. Lund (2006) Proceedings of 3rd Dubrovnik Conference on Sustainable Development of Energy, Water, and Environment Systems, Dubrovnik, Croatia, 6-10 June 2005. Minor revision of conference paper.

En energisystemanalyse foretaget på EnergyPlan modellen viser, at når store varmepumper integreres i varmforsyningen er det afgørende hvilken varmekilde, der er til rådighed. Hvis udendørsluft anvendes direkte stiger produktionsomkostningen for varme med 10 % i forhold til produktion med kraftvarmeanlæg. Hvis derimod varme fra kondenseret udstødningsgas delvist anvendes, falder omkostningen med 8%.

Kapaciteten af varmepumperne skal være betydeligt mindre end 50% af den eksisterende varmekapacitet for at udgøre et supplement til kraftvarmeværket. Bliver kapaciteten større, vil varmepumperne udkonkurrere kraftvarmeværket og derfor udgøre et alternativ frem for et supplement. Et kraftvarmeværk med varmepumpe bør sikre at varmepumpeanlægget både kan køres parallelt med kraftvarmeværket og uafhængigt af værket.

### **Optimizing Future Heat and Power Generation**

Artikel

Casten, T.R. and M.J. Collins (2002).

Resultater fra en analyse af energiproduktion i USA viser at fuld produktion via distribueret



produktion (kraftvarme) vil gøre det muligt ”at forsyne for 5,8cents per kWh frem for 8,9 cents per kWh fra ny central produktion.” Forsyning via distribueret produktion vil gøre det muligt at ”undgå \$291 mia. i kapitalomkostninger frem til 2020, reducere 2020 inkrementale omkostninger med \$52 mia. og reducere NOx med 68%, SO<sub>2</sub> med 91%, PM10 med 5% og CO<sub>2</sub> emissioner med 46% sammenlignet med fuld afhængighed af ny central produktion. Vi finder at markeder primært har valgt central produktion på grund af forældede love og regler, der fungerer som utilsigtede barrierer for effektivitet”. (egen oversættelse)

### **ECOHEATCOOL Work package 5: Possibilities with more district cooling in Europe Final Report** Rapport

Dalin, P. and A. Rubenhag (2006).

Ideen bag fjernkøling er at anvende ressourcer, der ellers ville være gået tabt eller ikke blive brugt. Fordelene ved fjernkøling er mange for både samfund, operatører og husejere.

- Samfund: miljømæssige forbedringer i form af lavere CO<sub>2</sub> udslip og kølemidler, bedre æstetik og mindre larm. Ydermere forbedres forsyningssikkerheden, i og med investeringerne i sommerspidsbelastningskapaciteten ikke behøver være så høj, og der bliver mindre risiko for sammenbrud på nettet.
- Operatører: bedre forretning med nye kunder
- Husejerne: en mere økonomisk og miljømæssig (det er godt for samvittigheden) måde at køle husene.

### **ECOHEATCOOL Work package 2: The European Cool Market Final Report** Rapport

Dalin, P., J. Nilsson and A. Rubenhag (2006).

Formålet med WP2 er at kortlægge det europæiske marked for køling og den potentielle vækst. Køling er et nyt og voksende marked. Traditionelt er køling del af en bygnings totale el-forbrug og er ikke målt specifikt. Indtil videre består fjernkøling kun af 1-2% af hele kølingsmarkedet i servicesektoren. I WP2 fastslås det, at hvis 20% af kontorerne i et område har installeret køling, så falder lejen drastisk på de resterende lejemål.

Hvis 100% af alle anvendelige rum får aircondition vil det kræve 1400 TWh<sub>c</sub>. Hvis det antages, at 60% servicesektoren og 40% af husholdningerne får adgang til fjernkøling vil det svare til 500 TWh<sub>c</sub>. Forfatterne nævner bl.a. følgende punkter hvor der kunne opnås bedre viden: bygningsstatistikker for servicesektoren, den nuværende markedsandel og EU's el-statistik er ikke detaljerede nok.

### **District Heating and Cooling: Environmental Technology for the 21<sup>st</sup> Century** Brochure

Brochuren har som formål at informere politikere i EU om fordelene ved fjernvarme og –køling (DHC), herunder mulighederne for at nå Kyotomålene samt andre miljømæssige og energipolitiske mål.

I og med kun en lille del af det europæiske varmeforbrug er dækket af DHC er der et stort potentiale. Især fjernkøling spås en stor fremtid. I brochuren lægges der vægt på, at hvis de rette langsigtede omkostninger, inkl. miljø, og fordele ved DHC medregnes, er DHC konkurrencedygtig. Vigtigt for udbredelsen af kraftvarme (CHP) er netop fjernkøling, da det øger de potentielle CHP-brugere. Især byområder er af stor interesse, også her spiller køling en stor rolle. DHC og CHP spiller en stor rolle i forhold til opnåelsen af Kyotomålene, hvis der opnås en større markedsandel, større andel af CHP (i DHC) og endelig brændselssubstitution i eksisterende DHC/CHP. Endvidere vil implementeringen af et emissionsrettighedsmarked internalisere (til dels) de eksterne omkostninger ved emissioner og gøre DHC/CHP mere attraktivt.

I brochuren lægges der vægt på, at liberaliseringen af energimarkederne (el og gas) i EU har den negative effekt på DHC, at der lægges mere vægt på kortsigtede finansielle præstationer frem for på de mere langsigtede (inkl. miljø). På den anden side er der en trend i retning af distribueret el-produktion, som giver mere fokus på småskala DHC.

Sidst, men ikke mindst, nævnes forsyningssikkerhed, hvor DHC/CHP spiller en væsentlig rolle i og med, at DHC kan være med til at reducere on-peak demand (bl.a. køling om sommeren), samt flytte on-peak efterspørgsel til off-peak perioder vha. opbevaring af enten varme eller kulde.

### **A glimpse of the future prospects for cogeneration and on-site renewables.** Artikel

Dixon, R.K. and D. Gielen (2006). "Cogeneration and On-Site Power Production" 7 (4)

Ifølge forfatterne er udbredelsen af kraftvarme afhængig af en kontinuerlig tilgang af naturgas til en rimelig pris. Ydermere bør eksisterende energipolitikker, der hæmmer kraftvarme fjernes. De påpeger, at energipolitik, der har forsyningssikkerhed og CO<sub>2</sub> reduktioner som sigte, har en mindre oplagt effekt.

Det sidste er hovedsagligt pga. af udelukkelsen af CO<sub>2</sub>-opsamling som hovedsagligt er møntet på større centrale kraftværker og er mindre relevant for mindre decentrale kraftvarmeverker. Dog lægger forfatterne vægt på, at en aktiv klimapolitik kan være gavnlig for udbredelsen af kraftvarme, idet kraftvarme er meget effektivt med hensyn til udledning af CO<sub>2</sub>.

Usikkerheden omkring fremtidige gasleverancer er afgørende for udbredelsen af kraftvarme. Ydermere vil høje oliepriser – som resultat af politisk turbulens – også påvirke gasprisen, idet olie og gas er tætte substitutter. Derved bliver det mere sandsynligt, at kraftvarmeverkerne skifter over til kul, som på den anden side er uattraktivt fra et klimasympunkt.

Forfatterne peger på, at deregulering kan være gavnligt for udbredelsen af kraftvarme, fx i form af ikke-diskriminerende netadgang og mere konkurrenceprægede feed-in tariffer.

### **Rapport fra arbejdsgruppen om kraftvarme- og VE-elektricitet** Rapport

Energistyrelsen (2001)

”Energistyrelsen nedsatte i februar 2001 en arbejdsgruppe der fik til opgave at belyse de udfordringer, som den stigende andel bunden el fra vindmøller og kraftvarmeverker, giver anledning til. Denne rapport sammenfatter gruppens arbejde og præsenterer konklusioner og anbefalinger.”

Konklusionerne er, at ”Det er samfundsøkonomisk fordelagtigt at fjerne det kritiske el-overløb med interne tiltag frem for at bygge nye el-ledninger dertil.” ”De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af kritisk el-overløb er i prioriteret rækkefølge flytning af kraftvarmeproduktion med varmelagre, flytning af elforbrug, stop for kraftvarmeverker kombineret med varmeproduktion på eksisterende kedler, anvendelse af el-patroner og afbrydelse af vindmøller.”

De samfundsøkonomisk bedste tiltag til reduktion af eksporterbart el-overløb er flytning af elforbrug, flytning af el-produktion vha. varmelagre, varmepumper eller kedler (naturgas- og træpillekedler) til erstatning af kraftvarme.

Det konkluderes derudover at der bør ændres på Energistyrelsens administrative praksis da: ”der ikke er sammenhæng mellem de selskabsøkonomiske incitamenter til at reducere eloverløbet og de samfundsøkonomiske analyser af hvornår det bør gøres. Værksejerne vil i de fleste tilfælde tabe penge ved at reducere eloverløbet. Der er dog en undtagelse, nemlig erstatning af

kraftvarme med biomassefyrede kedler.”

**Effektivisering af fjernvarmesektoren - Idékatalog. September 2004**

Rapport

Energistyrelsen og konkurrencestyrelsen (2004).

I rapporten kommer med idéer til effektivisering indenfor følgende områder:

- Flere aktører i fjernvarmesektoren
- Muligheder for et mere frit forbrugsvalg
- Prisincitament
- Regelforenkling

**Rammevilkår for fjernvarmesektoren - Baggrundsrapport til projektet Effektivisering af fjernvarmesektoren September 2004**

Rapport

Energistyrelsen og konkurrencestyrelsen (2004).

Rapporten giver en mere detaljeret beskrivelse af baggrunden for en række af forslagene i ovenstående idékatalog samt gennemgår rammevilkårene for fjernvarmesektoren.

”Baggrundsrapporten giver i kapitel 2 en kort gennemgang af fjernvarmesektorens udbredelse, sammensætning og organisering. Kapitel 3 fokuserer på planlægningsregler varmeområdet og kapitel 4 på miljøregler. I Kapitel 5 ses der på priser og afgifter, mens der i kapitel 6 fortages en gennemgang af kontraktforhold og tredjepartsadgang. Endelig beskriver Kapitel 7 nye instrumenter til regulering af prisforhold.”

I baggrundsrapporten diskuteres bl.a. forhold som tilslutningspligt, frit brændselsvalg og samfundsøkonomi ved forskellige opvarmningsløsninger.

**Increasing energy efficiency in Europe: intelligent heating and colling.**

Brochure

Euroheat and power (2005).

Artiklen tager udgangspunkt i EU-25, EFTA og ansøgerlandene. Baggrunden er det store konverteringstab i bl.a. kraftværkerne, som svarer til mere end det totale varmeforbrug i området. Fjernvarme og –køling giver mulighed for at bruge disse tab til noget gavnligt.

Adskillige teknologier nævnes: Free cooling (dybt, koldt havvand), kombinationen af fjernvarme og –køling og absorptionskøling (med varme som det primære input).

Fjernkøling kan nyde godt af fleksibiliteten fra fjernvarmens infrastruktur. Ydermere kan fjernkøling bidrage til at udfase de skadelige HCFC's, samt reducere sommer peak loads og kan udnytte eksisterende produktionskapacitet.

Euroheat and Power peger på, at følgende direktiver er vigtige for fremtidens fjernvarme: Directive on promotion of cogeneration, Directive on the energy performance of buildings, Proposed Directive on energy services (savings take place before the buildings), Directive on emission trading, Directive on large combustion plants.

Derudover efterlyser Euroheat and Power et dedikeret CHP/DHC forskningsprogram indenfor det 7. rammeprogram.

**Renewables in district heating and cooling.**

Brochure

Euroheat.

I brochuren hævdes at “Fjernvarme og –køling vil være instrumentalt i forbindelse med øgning

af andelen af vedvarende energi i stor skala. Specielt leverer sektoren:

- en infrastruktur – sammenlignet med enkelte teknologier – som tillader udvikling af en holistisk tilgang til varme og kølebehov
- betydelig know-how i at håndtere vedvarende energi
- adgang til et stort antal varmemeforbrugere, hvilket muliggør stor skala brug af vedvarende energi til varme- og køleformål.

Den lokale natur af fjernvarme og køling giver stor fleksibilitet til optimalt at kombinere lokalt tilgængelige vedvarende og ikke-fossile energi ressourcer.” (egen oversættelse)

Brochuren indeholder eksempler på 10 europæiske VE anlæg, hvoraf to er danske (biomasse i Maribo-Sakskøbing og sol i Rise).

**Evaluation of the impact of the liberalisation of the European Electricity Market on the CHP, district heating and cooling sector "SAVE CHP/PHC" Final Report** Rapport

European Commission - DG TREN - Energy SAVE Programme (2000).

I rapporten tages det op til overvejelse hvorledes liberaliseringen af energimarkederne i Europa vil påvirke varmemarkedet (fjernvarme, fjernkøling og kraftvarme) i forhold til overlevelsedygtigheden og fleksibiliteten af dette. Det konkluderes, at en bæredygtig udvikling i den europæiske energisektor hænger tæt sammen med en effektivitetsforbedring i varmesektoren, da den for en stor del baserer sig på fossile brændsler. Ydermere konkluderes det, at denne effektivitetsforbedring kan opnås med en større udbredelse af kraftvarme, men at der skal skabes økonomiske incitamenter for at bygge og køre kraftvarmeverker. Derudover er en udvidelse af fjernvarmenettet er nødvendig.

**Financial Incentive Scheme for Geothermal Energy - K4RES-H** Rapport  
EUROPEAN GEOTHERMAL ENERGY COUNCIL (2006)

**Financial Incentives for Renewable Heating and Cooling - K4RES-H** Rapport  
European Renewable Energy Council (2006)

**Financial Incentives for Solar Thermal - Guidelines on best practice and avoidable problems - K4RES-H** Rapport  
EUROPEAN SOLAR THERMAL INDUSTRY FEDERATION (2006)

De tre ovennævnte rapporter, der udgør Key Issue 4, gennemgår ønskelige karakteristika ved incitamentstrukturen for udbredelsen af ”renewable heating and cooling”, ”solar thermal” and ”geothermal energy”. Rapporterne, som er forfattet af hhv. European Renewable Energy Council, European Solar Thermal Industry Federation og European Geothermal Energy Council, lægger alle vægt på, at incitamenter skal være nøje planlagt, omhyggeligt håndteret, samt støttet af sideløbende tiltag, der sikrer oplysning og uddannelse.

Incitamenter skal planlægges således, at de bliver langsigtede (kontinuitet), stabile, klare og troværdige. Forslag til incitamenter er tilskud, skatter, attraktive lån, garanterede feed-in tariffer og CO<sub>2</sub>-kreditter. Evt. subsidier må hverken være for høje (tiltrækker fidusmagere) eller for lave (giver ikke de rette incitamenter). Sidst, men ikke mindst, lægges der stor vægt på EU-standarder, for ikke at skabe nationale eller regionale markeder.

**The future of CHP in the European market – the European Cogeneration study. Final Publishable Report.** Rapport

Future Cogen (2001). <http://tecs.energyprojects.net/>

Ifølge forfatterne bag the *future* COGEN study er Kyoto protokollen med dens CO<sub>2</sub> reduktionsmål den vigtigste factor for kraftvarmens fremtid, mens liberaliseringen af

energimarkedene har været medvirkende til, at kraftvarmesektoren har fået det sværere i Europa de senere år. Overkapacitet, intensiveret konkurrence og faldende elektricitetspriser er nogle af hovedårsagerne til at kraftvarme er gået tilbage i Europa.

Kyotomekanismerne kan være medvirkende til at internalisere de positive eksterne effekter af kraftvarme. Liberalisering vil kun gavne kraftvarmesektoren hvis processen reguleres således, at kraftvarmesektoren beskyttes mod anvendelsen af markedsmagt og markedsbarrierer nedbrydes.

Mikro kraftvarme (<10kWe) og store anlæg (>50MWe) vurderes at være mindst sensitive i forhold til markedsmekanismer. Et optimistisk scenarie forudsiger muligheden for at forsyne 22% af el genereret på EU plan med kraftvarme i 2020. Det forudses derudover, at mikro-anlæg kan komme op på en total kapacitet på mere end 50 GWe i 2020, hvilket svarer til 30% af al ny kapacitet i de næste 20 år.

### **Competition in the market for space heating. District heating as the infrastructure for competition among fuels and technologies.**

Artikel

Grohnheit, P.E. and B.O.G. Mortensen (2003). Energy Policy. 31, 817-826

I den videnskabelige artikel argumenteres for at et større fjernvarmenet kan bidrage til konkurrence mellem forskellige brændsler og teknologier, til forskel fra naturgasnet. Modelkørsler har vist, at hvis der introduceres CO<sub>2</sub> skatter eller omsættelige kvoter vil der ske en ændring i brændselssammensætningen fra kul til gas samt en hurtigere indførsel af CHP. Gasfyrede mikro-kraftvarmeanlæg vil øge spidsbelastningen på naturgasnettet. Større fjernvarmenet, med forskellige typer teknologier og brændsler, vil kunne afhjælpe dette ved at producere, når spidsbelastningen er høj på naturgasnettet.

Der argumenteres for fælles regler på markedet for fjernvarme, der ellers vil blive efterladt i et vakuum mellem regulering af el-markedet og naturgasmarkedet på EU plan. En række eksisterende former for konkurrence i fjernvarmenettet nævnes og det fremhæves, at kollektive beslutninger om fjernvarme kan bidrage til konkurrence mellem brændsler og teknologier, der ikke er tilgængelige for den individuelle forbruger.

G og M hævder, at der er et CHP potentiale i EU på 40% af den totale el-produktion. Flere energibesparelser vil resultere i mindre varmebehov, men samtidig vil teknologiudviklingen medføre højere el til varme ratio på kraftvarmeanlæg, hvorfor det kan forventes at kraftvarmeanlæggene vil kunne erstatte varmeproduktionen med el-produktion.

Potentialet for udvidelse af fjernvarme i Europa vurderes at være størst for små kraftvarmeanlæg såsom industriel kraftvarme, da de større fjernvarmenet i storbyer allerede vil være forsynet med kraftvarme.

### **Impact of electricity certificate and greenhouse gas emission permit trade on the Swedish district heating sector**

Artikel

Knutsson, D., S.Werner og E.O.Ahlgren; Proceedings of The 9th International Symposium on District Heating and Cooling 2004

Formålet med artiklen er at kvantificere effekterne af at introducere et marked for grønne certifikater (tradable green certificates: TGC) i Sverige samt et marked for CO<sub>2</sub> emissionsrettigheder (tradable emission permits: TEP) i Europa. Forfatterne tager udgangspunkt i, at i og med at fjernvarmeværker minimerer omkostninger vil introduktionen af disse systemer føre til ændringer i fjernvarmesektoren. De har foretaget analyserne på værksniveau hvorefter de aggregerede resultater for hele sektoren blot er opnået ved at addere op.

De finder, at omfanget af fornybar energi i kraftvarmeproduktionen vil stige med 0.2-0.4 TWh, hvis der introduceres TGC. Nettoeffekten på CO<sub>2</sub> udslippet er afhængig af prisen på TGC'er. Hvis de to markeder kommer til at fungere simultant vil omfanget af fornybar energi stige med

1.5-1.7 TWh. Uafhængig af prisen på TGC'er og emissionsrettigheder vil CO2 udslippet falde når begge systemer er i funktion.

**The Future Energy System – Distributed Production and Use. Risø Energy Rapport**  
**Rapport 4**

Larsen, H. and L.S. Petersen (2005).

I Risøs Energi Rapport fra 2005 konkluderes, at globale energi udfordringer kræver langsigtede løsninger baseret på vedvarende energi og andre ikke-fossile ressourcer og mere energi effektivt slutforbrug. Tættere links er krævet mellem el, varme og andre energibærere inklusiv links til transport sektoren. Dette er stort set det eneste sted i rapporten varme er nævnt.

I rapporten nævnes fremtidige energisystemer baseret på distribueret produktion og forbrug som en mulig og lovende løsning. Imidlertid fokuserer rapporten primært på vind og på mikroløsninger på husstands niveau og ikke på fjernvarme.

Et enkelt sted nævnes varmelagring som en komponent i et ”definitivt integreret el-system” (egen oversættelse). Et andet sted nævnes, at ”introduktionen af mikro-kraftvarme til individuelle husholdninger kan betyde at kraftvarme produktion bliver endnu mere distribueret i fremtiden. Med dets evne til at generere el når påkrævet imens der lagres varme til det behøves, har kraftvarme et enormt potentiale med henblik på at tilføje fleksibilitet til systemet.” Endelig nævnes varme og køling i en artikel om effektivitetsforbedringer, men her fokuseres udelukkende på muligheder for at mindske forbrug hos slutbrugerne.

**Electric grid and heat planning scenarios with centralized and distributed sources of conventional, CHP and wind generation.** Artikel

Lund, H. and Østergaard, P.A. (2000). Energy 25, 299-312

I den videnskabelige artikel refereres en energisystemanalyse, der illustrerer, at selv med et 150 kV el-net vil det være muligt at transmittere el produceret primært fra kraftvarmeværker, hvis enkle driftstrategier iværksættes, såsom at lokale kraftvarmeanlæg primært producerer om dagen.

**Value of electrical heat boilers and heat pumps for wind power integration.** Artikel  
Meibom, P.; Kiviluoma, J.; Barth, R.; Brand, H.; Weber, C.; Larsen, H.V. In: Proceedings (online). 2006 European Wind Energy Conference and Exhibition, Athens (GR), 27 Feb - 2 Mar 2006. (Brussels, European Wind Energy Association) 11 p.

Artiklen analyserer brug af varmepumper i tre fjernvarmesystemer i Norden, henholdsvis København, Odense og Helsinki ved brug af en lineær, stokastisk optimeringsmodel kaldet WILMAR ([www.wilmar.risoe.dk](http://www.wilmar.risoe.dk)), der behandler vindkraftforudsigelser som en stokastisk input parameter. I hvert område installeres varmepumper med en varmeproduktionskapacitet lig med halvdelen af de i området hørende kraftvarmeværkers varmeproduktionskapacitet. Der analyseres på en 2010 case med store mængder installeret vindkraft dækkende ca. 20% af elforbruget i Norden.

Varmepumperne medfører, at andelen af vindkraftens produktion som afkortes bliver mindre, regulerkraftpriserne formindskes, og der kommer færre timer med meget lave elpriser. Dermed er varmepumper gavnlige for profitabiliteten af vindkraft. Resultaterne angiver, at investering i disse mængder varmepumper er samfundsøkonomisk fornuftigt i København men ikke i Odense og Helsinki. De samfundsøkonomiske gevinster er knyttet til brændselsbesparelser, når varmepumperne erstatter varmeproduktion på oliekedler og kraftvarmeværker.

**The Role of District Heating and Cooling and Combined Heat and Power Systems in Reducing Fossil Fuels Use and Combating Harmful Emissions –** Artikel

## **IEA DHC Position paper**

Snoek, C. and M. Spurr

I rapporten indikerer Snoek and Spurr hvordan den langsigtede økonomi af CHP og DHC systemer skal tilrettelægges, således at der tages højde for miljø mm. De peger på potentialet i lavenergihuse i og med dette vil give større potentiale for lav-temperatur-energi-kilder, som derved vil øge potentialet for CHP. Denne reduktion i varmebehovet i huse vil helt eller delvis blive opvejet af øget efterspørgsel efter køling i huse. Endvidere peger forfatterne på potentialet for CHP ved at sælge el til transportsektoren i tæt bebyggede områder.

Hvad angår energimarkedsliberaliseringen nævnes det, at den har givet anledning til større fokus på kortsigtede finansielle præstationer, som modarbejder bæredygtige teknologier såsom CHP og DHC. Ydermere bliver elektricitetsprisen presset, hvorved gamle kulfyrede anlæg har en fordel og den svingende og høje gaspris har heller ikke gjort livet lettere for gasfyrede CHP. På den anden side kan trenden i retning af distribueret el-produktion øge potentialet for småskala CHP.

En fordel ved DHC er, at det kan være med til at flytte efterspørgslen til off-peak perioder vha. energi lagringssystemer, hvor der kan opmagasineres varmt vand, koldt vand eller is til brug om dagen.

### **Flexibla lösningar som strategi för ökad anslutningsgrad.**

Rapport

Svensk Fjärrvärme (2005). Värmeglas 2005:15

Rapporten illustrerer, at potentielle fjernvarmeforbrugere har to primære grunde til at afslå et tilbud om tilslutning til fjernvarme. Den ene grund er et ønske om at bevare en følelse af fri vilje og kontrol over varmesystemet. Den anden grund er, at en velfungerende varmepumpe eller fyr allerede er installeret. Derudover nævnes, at det er vigtigt, at forbrugerne kan få installeret fjernvarme, når det passer dem.

For at lokke flere fjernvarme kunder til forslås det at tilbyde dem varierende grader af tilslutning. ”Tilslutningsvariationer kunne indeholde kun rør trukket ind i huset, varierende måder at koordinere fjernvarme med andre varmesystemer og fuld fjernvarmetilslutning.”

### **Energy savings in Danish residential building stock.**

Artikel

Tommerup, H., S. Svendsen (2006). Energy and Buildings 38, 618-626

I den videnskabelige artikel analyseres hvor meget det kan betale sig at gennemføre af besparelser på energi til opvarmningsformål i boliger i Danmark. Det konkluderes, at det kan betale sig at reducere energiforbruget med 30% i år 2020 og 80% i år 2050. Der fokuseres i den forbindelse udelukkende på privatøkonomi og ikke på samfundsøkonomi.

### **District heating and cooling in future buildings.**

Artikel

Ulseth, R. et al. 2001. CADDET Energy Efficiency No. 1.

Artikel i nyhedsbrev baseret på rapport ”District Heating and Cooling (DH&C) in Future Buildings” fra IEA’s District Heating and Cooling Project Annex V. I artiklen nævnes, at energibesparelser reducerer behovet for varme og køling. Der er således et generelt fald i behovet for varme og køling i kontorbyggeri fra 1990 til 2005+. I boligsektoren er der et stort fald i varmebehovet, men en stor stigning i kølebehovet.

Der er store potentielle energibesparelser ved centrale kompressionskøleanlæg. Omkring 30% for kontorer og 45% for boliger. Dette skyldes, at effektiviteten går fra ca. 20% ved et 0,2 kW anlæg til ca. 65% ved et 1 MW anlæg.

**ECOHEATCOOL Work package 3: Guidelines for assessing the efficiency of district heating and district cooling systems** Rapport

Wallisch, A. et al. (2006).

Et sæt kriterier og en metodologi defineres, som bruges til at vurdere effektiviteten af fjernvarme- og fjernkølingssystemer. Metoden bygger på primært ressource forbrug for at måle alle besparelser fra produktion til levering hos slutbrugere. Der fokuseres på et systemmæssigt perspektiv og samfundsøkonomisk sammenligning af forskellige varme og køle løsninger, frem for på kWh forbrug hos slutbrugerne. De udviklede guidelines vil også kunne bruges til miljømærkning af varme og køleteknologier med det formål at informere slutbrugerne.

**ECOHEATCOOL Work package 1: The European Heat Market Final Report** Rapport

Werner, S. (2006).

Formålet med WP1 er at kortlægge det europæiske varmemarked. Rapporten indeholder nationale varmeomkostninger, en sammenligning af naturgas og fjernvarme, lovene for varmemarkedet, modeller for forretning, aktører på markedet og udbydere af udstyr. Det konkluderes bl.a. at efterspørgslen efter varme dominerer efterspørgselsiden i det europæiske energisystem og at efterspørgslen efter varmeydelser er domineret af naturgas og elektricitet.

**ECOHEATCOOL Work package 4: Possibilities with more district heating in Europe Final Report** Rapport

Werner, S. (2006).

Formålet med WP4 er at kvantificere fordelene ved at udvide brugen af DH i Europa. Denne kvantificering består bl.a. i at beskrive fem store muligheder for varmekilder for DH og beskrive institutionelle og markedsmæssige barrierer for DH, samt endelig at forudsige fremtidig DH salg.

De fem store muligheder for varmekilder er: CHP, overskudsvarme fra industrien, geotermisk varme, afbrænding af affald og biomasse. Det samlede potentiale for disse fem energikilder er 200 gange større end den nuværende fjernvarmeproduktion og 20 gange større end den samlede varmeefterspørgsel i det analyserede område!

De største barrierer for DH er lave brændsels- og elektricitetspriser, fokus på kortsigtede investeringer, lovgivning, prisregulering, forvredne markedspriser og det europæiske CO<sub>2</sub> emissionsrettighedshandelssystem.

De overordnede fordele ved mere DH er højere energieffektivitet, bedre forsyningssikkerhed og lavere CO<sub>2</sub> udslip.

**Proposal for a District Heating and Cooling Research and Development Programme in an Extended EU** Artikel

Werner, S. (2004) Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland

I artiklen identificeres et behov for dedikeret fjernvarme- og kølingsforskning. Et europæisk forsknings- og udviklingsprogram med titlen EDIHEAT (European District Heating and Cooling Research and Development Programme) er foreslået med et total budget på 250-300 mio euro løbende fra 2007 til 2016. Formålet med programmet skulle være at bidrage til en fordobling af andelen af fjernvarme fra 10% (2EJ) af varmemarkedet til 20% (4EJ).

Det nævnes, at der kun eksisterer ét international F&U program for fjernvarme, nemlig IEA's



DHC Implementing Agreement som disponerer over et beløb på 1 mio euro fordelt på tre år. På EU niveau har kun tre større fjernvarmeprojekter modtaget støtte under det 6. rammeprogram der løb fra 2002-2006. De tre projekter har tilsammen modtaget ca. 1 mio euro.

## 1.2 Teknologi

**Thermal Storage in Combined Cooling Systems.** Artikel  
Dittmann, L. (2004) Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland

I artiklen fremhæves, at det stigende kølebehov i Tyskland bedst dækkes ved at inkludere termisk lagring. De mulige lagringsteknologier beskrives og sammenlignes:

- Is
- PCM (Phase Change Material)
- Koldt vand

Det konkluderes, at koldtvandslagring er det bedste alternativ og dette især i horisontale lagre.

**Innovation for BioHeat - K4RES-H** Rapport  
European Biomass Association (2006)

I rapporten beskrives følgende teknologier:

- Køling (med adsorption og med absorption),
- kraftvarme (med "pebble-heat" teknologi og kraftvarme kombineret med køling) og
- produktion af varme (pellet kondenserende kedel).

I noget omfang beskrives barrierer samt priser og markedspotentiale.

**Innovative Applications - Combined Geothermal Heat And Power Plants (CHP) - K4RES-H** Rapport  
European Geothermal Energy Council (2006) Key Issue 5

I rapporten beskrives både høj-temperatur og lav-temperatur geotermiske kraftvarme anlæg. Konkrete anlæg beskrives. Lav-temperatur anlægget med den laveste temperatur går ned til 81°C. Barrierer beskrives og der kommer med anbefalinger.

**Innovative Applications - Geothermal Utilization For Cooling - K4RES-H** Rapport  
European Geothermal Energy Council (2006) Key Issue 5

I rapporten beskrives geotermiske absorptionskøleanlæg. Markedspotentiale vurderes, barrierer diskuteres og anbefalinger gives. Det vurderes at markedet, med den eksisterende teknologi, er begrænset til områder med geotermiske ressourcer på over 100°C.

**Innovative Applications - Geothermal Utilization For Industrial Processes - K4RES-H** Rapport  
European Geothermal Energy Council (2006) Key Issue 5

I rapporten illustreres temperaturniveau i forskellige industrielle processer og en række geotermiske industrieanlæg beskrives. Der er tale om anvendelse til:

- tørring af fødevarer,
- dambrug,

- drivhuse,
- papirindustri og
- udvinding af mineraler.

Markedspotentialer er vurderet, barrierer diskuteres og anbefalinger gives.

### **Innovative Applications of Renewable Heating and Cooling - K4RES-H**

Rapport

European Renewable Energy Council (2006)

I rapporten nævnes, at udover opvarmning af huse og brugsvand er der stort potentiale i anvendelse af vedvarende energi til opvarmning eller køling til:

- industrielle processer,
- afsaltning af drikkevand og til
- køling.

For hvert af de tre markedssegmenter introduceres teknologien, der gives eksempler på anvendelse og barrierer til vækst diskuteres, samt der kommer med anbefalinger.

### **Innovative Applications - Solar Assisted Cooling - K4RES-H**

Rapport

European Solar Thermal Industry Federation (2006)

I rapporten beskrives to typer anlæg:

- køleanlæg der anvender varme (absorption og adsorption) og
- anlæg, der affugter luften (faststof og flydende).

En række demonstrationsprojekter beskrives og der ses på energi- og miljøforhold, markedspotentiale, samt barrierer og anbefalinger.

### **Avoiding high return temperatures with absorption coolers in district heating systems.**

Artikel

Gebremedhin, A. and H. Zinko (2004) Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland

I artiklen analyseres to forskellige typer absorptionskøleanlægs rolle i forbindelse med at sænke tilbageløbstemperaturen i fjernvarmenet. Der ses på muligheden for at matche anvendelse af køleanlæggene med eksisterende varmebehov for at sænke tilbageløbstemperaturen. Det undersøges derudover, hvilken tilbageløbstemperaturer der vil blive leveret fra fjernvarmenet, der anvender absorptionskøleanlæg i forskellige konfigurationer.

Det konkluderes, at returtemperaturer af absorptionskøleanlæg i fjernvarmesystemer kan blive reduceret når absorptionskøleanlæg er dimensioneret til top load og anvendt i partial load med generator temperatur kontrol. Den laveste temperatur blev fundet, når et fjernvarmesystem kombinerer supply/supply (SS) og supply/return (SR) absorptionsanlæg i netværket. SR anlæg er de mest almindelige i dag. Anvendelse af kuldslagring vil resultere i lavere absorptionselforbrug, men højere fjernvarme returtemperaturer.

### **The Role of Absorption Cooling for Reaching Sustainable Energy Systems**

Rapport

Lindmark, S. (2005). Licentiate Thesis, KTH – Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden.

I PhD studiet gennemføres energisystem analyser af absorptionskøling i to typer anlæg:

- Et fjernvarmesystem baseret på affaldsforbrænding og
- et distribueret energi system baseret på naturgas.

Det konkluderes, at absorptionskøling giver en miljøvenlig produktion af køling sammenlignet med kompressionskøling i både større fjernvarmesystemer og i mindre distribuerede systemer. Projektet viser også store fordele ved integration af varmenetværk med kølenetværk, hvor et

integreret system vil resultere i lavere CO<sub>2</sub> emissioner og lavere systemomkostninger sammenlignet med separat produktion af varme og køling. Absorptionsanlæg kan således anvendes til opgradering af lavtemperaturvarme, når kølebehovet er lavt og varmebehovet højt.

I et mindre tri-generationssystem (el, varme og køling) kan elforbruget reduceres med 84% sammenlignet med kompressionskøling. De mest omkostningseffektive systemer findes dog ved kombination af absorptions- og kompressionsanlæg, hvor absorptionsanlægget leverer base load og kompressionsanlægget peak load.

Absorptionskøleanlæg har derudover potentiale til at fungere som "bottoming cycle" for el-produktion i distribuerede systemer. Over 55% el-effektivitet kan opnås i nogen tilfælde med gasmotorer og absorptionskøleanlæg. Systemet fungerer bedst, hvis der er en sammenfaldende peak i elforbrug og kølebehov om sommeren.

### **Changing conditions for cogeneration in Europe.**

Artikel

Löffler, P. (2004). "Cogeneration and On-Site Power Production" 5 (4)

Löfflers artikel fra 2004 tager udgangspunkt i potentialet i kraftvarmeproduktion for at opnå Kyotomålene. Han nævner mulighederne for nye markeder i de nye EU lande, men påpeger samtidig, at elektricitetsproduktionen i disse lande er karakteriseret ved stor overkapacitet, hvorfor det er mindre sandsynligt, at kraftvarme vil vinde indpas.

Löffler (2004) nævner påvirkningen på kraftvarmesektoren af udviklingen på gasmarkedet, idet nye kraftvarmeverker sandsynligvis vil være gasfyrede værker. Han lægger vægt på den manglende konkurrence i gassektoren, samt at hovedparten af gassen skal importeres fra Rusland.

Löffler (2004) fremhæver potentialet for kraftvarmeproduktion som følge af handlen med emissionsrettigheder i EU, idet kraftvarme er en meget effektiv måde at producere el og varme, dvs. med lille brændselsforbrug med lave emissioner til følge. Dog peger han på, at den initiale allokering af emissionsrettigheder kan give forkerte incitament.

### **Kylprocessers design I fjärrvärmesystem.**

Rapport

Martin, V., F. Setterwall og M. Andersson. (2005) Svensk Fjärrvärme Forskning och Utveckling.

Det konkluderes i rapporten, at absorptionskøling er et energieffektivt og miljømæssigt fordelagtigt alternativ til kompressionskøling. I den forbindelse er det vigtigt at have en lokal mulighed for at komme af med varme fra absorptionsanlægget. Dette kan være afgørende for om det kan betale sig at have et centralt absorptionskøleanlæg eller levere fjernvarme til brug i decentrale anlæg. Studiet viser også, at det kan betale sig, at anvende lavtemperatur absorptionsanlæg (under 90°C), selvom anlægsomkostningerne er større og effektiviteten mindre end ved højtemperaturanlæg. Dette skyldes primært, at el-produktionen kan øges.

### **Decision and optimization models for thermal storage in D&C systems.**

Artikel

Nielsen, J.R., H. Quicklund and J. Stang (2004) Paper at 9th International Symposium On District Heating And Cooling, Finland

I artiklen præsenteres en metode for et kraftvarmeverk til at vurdere:

- om der er behov for et varmelager og
- hvor stort et evt. varmelager bør være, samt optimal drift.

I artiklen vurderes lagringsbehovet på et konkret anlæg med en årlig varmeproduktion på 712 000 MWh. Det vurderes, at den optimale størrelse på et varmelager vil være 27000 m<sup>3</sup> og at

dette vil give anlægget en besparelse på 3%.

### **Perspectives of solar cooling in the view of the developments on the air-conditioning sector.**

Artikel

Papadopoulos, A.M., S. Oxizidis and N. Kyriakis (2003). Renewable and Sustainable Energy Reviews 7, 419-438

I den videnskabelige artikel forklares og sammenlignes forskellige solkølings-teknologier med fokus på absorptions og adsorptionsteknologier. Der lægges vægt på, at for at fremme solkøling er det nødvendigt at se på hvilke solfangeranlæg, der allerede er implementeret, og udvikle og markedsføre solkølingsanlæg, der effektivt kan anvende de temperaturer solfangerne leverer.

Fordele ved solkøling frem for traditionel air conditioning er, at solkøling:

- reducerer peak load om sommeren,
- nedsætter det primære energiforbrug,
- ikke udleder høj-effektive drivhusgasser, samt at
- kølemidlerne er mere miljøvenlige, da de ikke nedbryder ozonlaget.

Restriktioner på anvendelse af CFC og HCFC gasser til air conditioning har resulteret i udbredt anvendelse af HFC som kølemiddel i traditionelle anlæg. HFC har imidlertid et drivhusgas effekt på 1000-3000 gange CO<sub>2</sub>'s effekt. HFC er således en af de seks drivhusgasser omfattet af Kyoto protokollen. Nye air condition anlæg forventes derfor at stige i pris og/eller falde i effektivitet i forbindelse med indføring af nye kølemidler.

### **Varmeforsyning af nye boligområder - Konsekvenserne af de nye energikrav til nyt byggeri**

Rapport

Rambøll (2006). Energistyrelsen – EFP

I rapporten ses på en 160m<sup>2</sup> bolig, der lever op til det seneste bygningsdirektiv. Individuelle varmforsyningsløsninger sammenlignes med forskellige fjernvarmeløsninger. Det findes, at luft-til-luft varmepumper kombineret med solvarme er den bedste løsning set ud fra både et samfundsøkonomisk og et brugerøkonomisk perspektiv, men kun den tredje bedste løsning ud fra et budgetøkonomisk. De næstbedste løsninger med hensyn til samfundsøkonomi og brugerøkonomi er fjernvarmeløsninger. Budgetøkonomisk er de bedste løsninger central KVV og fjernvarme med biomassekedel, begge løsninger med varmtvandsbeholdere frem for gennemstrømningsvandvarmere og med twinrør frem for rørpar.

Det identificeres derudover, at: "Ved anvendelse af varmtvandsbeholdere kan effektbehovet i en 160 m<sup>2</sup> bolig reduceres med mere end 80% i forhold til anvendelse af gennemstrømningsvandvarmere, der er den mest udbredte varmtvandsinstallation i dag i fjernvarmforsyningen. Udover valget af varmtvandsinstallation kan valg af rørtyper, stikledning samt en optimeret ledningsdimensionering generelt (tryk-niveauer mv.) være medvirkende til at reducere effektbehovet og dermed omkostningerne for ledningsnettet ved kollektive varmforsyningsløsninger."

### **Ground Source Cooling - Working Paper on Potential, Economics, Pro's and Con's and Market.**

Rapport

Ritola, J. and M. Ala-Juusela (2004). EU Commission SAVE Project & Nordic Energy Research

Projektet ser på undergrundslagring af kulde til køling af bygninger (UTES). Seks lande deltager i projektet: Danmark, Finland, Tyskland, Lithauen, Norge og Sverige. For hvert land ses på de naturlige betingelser, markedssituationen, status for teknisk udvikling og potentialer for videre udvikling.

I Danmark er der gode potentialer for såkaldt "Aquifer Thermal Energy Storage" (ATES), men

der kan være lokale konflikter med grundvandsinteresser. Generelt er der derudover gode potentialer for "Borehole Thermal Energy Storage" (BTES). I Danmark ligger typiske kølebehov i kontorer på ca. 30-40 W/m<sup>2</sup> peak load og årligt forbrug på ca. 15-40 kWh/m<sup>2</sup>. Det estimeres, at der et eksisterende areal i kontorer og institutioner på 100 mio m<sup>2</sup> og der bygges 1 mio m<sup>2</sup> per år.

Kompressionskøling (air condition) er den mest udbredte form for køling. Fjernkøling bruger i nogen tilfælde lagret naturlig vinter kulde (fra dybe søer eller sne), men fordampningskulde fra varmepumper eller absorptionskøling er mere almindeligt.

I Danmark eksisterer omkring 15 anlæg, der anvender grundvand til lagring af kulde eller varme og flere er planlagt. Blandt landene har Sverige langt den største erfaring og kompetence på området med omkring 40 ATES anlæg og hundredvis af mindre BTES anlæg.

Fordelene ved UTES er lav støj, god æstetik og færre emissioner.

Risøs forskning skal være med til at løse konkrete problemer.

Vi sætter mål for forskningen gennem løbende dialog med erhvervsliv, det politiske system og forskere.

Effekten af vores forskning er bæredygtig energiforsyning og ny teknologi til sundhedssektoren.