Risø-R-Report

Risø DTU
Nationallaboratoriet
for Bæredygtig Energi

DTU

Varmepumper og Lavtemperatur-fjernvarme

Rapportering fra to workshops

Delrapportering fra EFP-projekt

Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem

Editeret af Poul Erik Morthorst, Risø DTU

Rapportnummer f.eks. Risø-R-1234(DA)

Risø Nationallaboratoriet for Bæredygtig Energi
Danmarks Tekniske Universitet
Roskilde
December 2008

Forfatter: Poul Erik Morthorst
Titel: Rapporttitel
Afdeling: Afdeling

Abstract (in English) (max. 2000 char.):

Rapportnummer f.eks. Risø-R-1234(DA)
Udgivelsesdato f.eks. Januar 2007

ISSN 0106-2840
ISBN xxxx-xxxx
(udleveres hos
Solvejg Bennov, BIG, 4007)

Kontrakt nr.:

Gruppens reg. nr.:
(Føniks PSP-element)

Sponsorship:

Forside :

Sider:
Tabeller:
Referencer:

Afdelingen for Informationsservice
Risø Nationallaboratoriet for
Bæredygtig Energi
Danmarks Tekniske Universitet
Postboks 49
4000 Roskilde
Danmark
Telefon 46774004
bibl@risoe.dk
Fax 46774013
www.risoe.dtu.dk

Indhold

Forord 4

Workshop om Varmepumper 5

1 Varmepumper – generel beskrivelse 6

1.1 Kompressionsvarmepumper 6
1.2 Fjernvarmepumper 7
1.3 System 9
1.4 Individuelle varmepumper 9
1.5 Litteratur 10

2 Program for workshoppen 17

3 Præsentationer 18

3.1 Projektets varmepumpe-teknologiblad v/ Marie Mynster, AAU/Risø DTU 18
3.2 Små kompressionsvarmepumper v/Svend Pedersen, Teknologisk Institut 19
3.3 Absorptionsvarmepumper v/ Lars Toft Hansen, Thisted Fjernvarmeværk 24
3.4 Overskudsvarme fra AGA med transkritisk CO2 varmepumpe v/ Catarina Marcus-Møller, Københavns Energi 27
3.5 Erfaringer fra Sverige v/ Erik Larsson, Svensk Fjernvarmeforening 28
3.6 Varmepumper til fjernvarme i Danmark v/ Morten Blarke, AAU 31
3.7 Systemindpasning i Norden v/ Peter Meibom, Risø DTU 34

4 Referat og deltagerliste 38

Workshop om Lavtemperaturfjernvarme 41

5 Program for workshop 42

6 Præsentationer 43

6.1 Lavtemperaturfjernvarme v/ Carl Hellmers, Fredericia Fjernvarme 43
6.2 Lavtemperaturfjernvarme – samlet præsentation af foreløbige resultater v/ Svend Svendsen, DTU 45

7 Opsamling og deltagerliste 49

Forord

Denne rapport udgør et delbidrag af rapporteringen fra projektet ” Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem”, som under Energistyrelsens Energiforskningsprogram (EFP) udføres af et konsortium af EA-energianalyse, Systemanalyseafdelingen på Risø DTU, RAM-løse edb samt Fjernvarmens visionsudvalg nedsat under Dansk Fjernvarmeforening.

Formålet med projektet er at belyse, hvordan fjernvarmens rolle i energiforsyningen kan udvikles på langt sigt gennem effektiv drift, anvendelse af ny teknologi samt dynamisk samspil med elmarkedet. En fremtidig udvikling mod et bæredygtigt energisystem vil kræve betydelige energibesparelser, herunder i rumopvarmningen. Dette vil alt andet lige mange steder føre til, at grundlaget for fjernvarmen vil ændre sig. Det er således centralt i projektet, at opstille en række scenarier for fjernvarmens fremtidige rolle i energisystemet, herunder at belyse hvad reducerede varmetab i fjernvarmenet og dynamisk anvendelse af kendte og nye energiteknologier kan betyde. Disse teknologier omfatter bl.a. varmepumper, geotermi, fjernkøling og varmelagring. Endvidere er formålet at belyse hvordan samspillet mellem elmarkedet og fjernvarmen kan effektiviseres, samt at pege på hvilke rammebetingelser der især er kritiske for fjernvarmens fortsatte udvikling og effektivisering.

Som et led i analyserne i projektet er der afholdt to workshops om henholdsvis anvendelsen af varmepumper og lavtemperatur-fjernvarmenet. Denne rapport er en dokumentation af de to workshops, idet den indeholder program, deltagerliste, præsentationer og korte resumeer. I begge workshops deltog eksterne indledere parallelt med projektgruppens egne deltagere. Vi takker deltagerne for præsentationer og engageret deltagelse i diskussionerne.

Rapporten indeholder bidrag fra:
Marie Mynster, AAU/Risø DTU
Svend Pedersen, Teknologisk Institut
Lars Toft Hansen, Thisted Varmeværk
Catarina Marcus-Møller, Københavns Energi
Erik Larsson, Svensk Fjernvarmeforening
Morten Blarke, AAU
Peter Meibom, Risø DTU
Helge Larsen, Risø DTU
Carl Hellmers, Fredericia Fjernvarme
Svend Svendsen, DTU
Jesper Werling, Ea-Energianalyse

Rapporten er redigeret af:

Poul Erik Morthorst, Risø DTU

Risø DTU, D. 11/11-2008

Workshop om Varmepumper

1 Varmepumper – generel beskrivelse

Af Marie Mynster, AAU/Risø DTU

1.1 Kompressionsvarmepumper

Der findes to typer varmepumper: Absorptionsvarmepumper, der anvender brændsel/høj varme som drivmiddel og kompressionsvarmepumper, der anvender el. Dette afsnit omhandler kompressionsvarmepumper.

”Varmepumper optager varmeenergi fra omgivelserne (varmekilden) ved et lavt temperaturniveau og omsætter denne varmeenergi via kredsprocessen og under tilførelse af drivenergi til varmeenergi ved et højere temperaturniveau, som direkte kan anvendes til opvarmningsformål. Afhængig af temperaturniveau på varmekilden og ønsket temperaturniveau på den leverede varmeenergi, vil mængden af den leverede varmeenergi være 2¼-5 gange større end den tilførte drivenergi. Overskudsvarme fra industrielle processer kan enten direkte eller i forbindelse med varmegenvindingsanlæg anvendes som varmekilde med et godt resultat. Også overskudsvarme, der bortventileres fra stalde kan anvendes som en særdeles god varmekilde til varmepumper.

I Danmark er det mest almindeligt at anvende vedvarende energi som varmekilde til varmepumper i form af solenergi, enten direkte via solpaneler og energifangere eller ved akkumuleret solenergi i udeluft, i de øverste jordlag , i sø, å eller havvand. ” (http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/8403)
Varmepumper kan både hente varme fra luft og fra vand, samt afgive varmen via luft eller via vand. Des højere energiindholdet er i varmekilden, des højere COP kan opnås. Størrelser på varmepumper varierer fra små varmepumper i størrelsen 0.5 - 25 kW og helt op til 50 - 100 MW for de største.

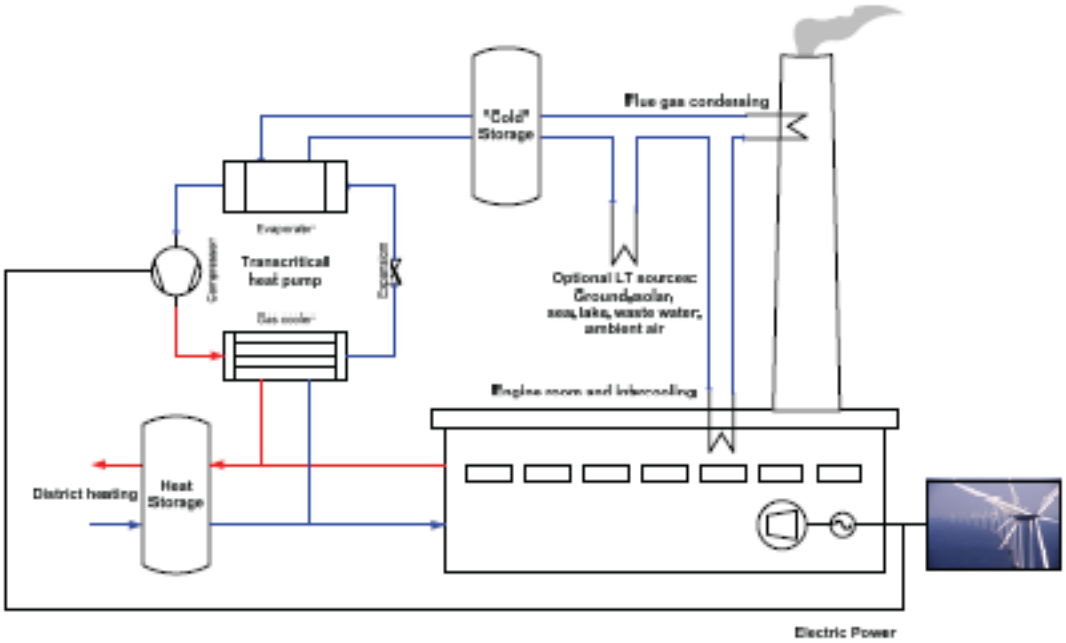
I dag anvendes primært ammoniak som kølemiddel, men varmepumper udvikles til at anvende CO2 i nær fremtid, hvilket forventes at give en bedre virkningsgrad. Derudover muliggør anvendelse af CO2 at varmepumpens temperaturniveau kan øges til 80-90ºC. Dette muliggør, at varmepumpen kan indsættes direkte som varmeproducerende enhed mellem retur- og fremløb i eksisterende anlæg.

I Danmark er markedet for varmepumper steget voldsomt (30-50%) de seneste år, så der i 2007 blev solgt ca. 40.000 individuelle varmepumper, hvoraf 5000 var jardvarmepumper og de resterende 35.000 var luft-luft enheder (EHPA 2008). I 2007 stod varmepumper for produktionen af 1,4 TWh varme hvoraf 25 MWh var fjernvarme. Varmepumper tæller med som vedvarende energi i Energistatistikken 2007 og udgør 4% af den vedvarende energi produktion. (Energistyrelsen 2008)
Den samme tendens ses på europæisk plan med 50% stigning i salget fra 2005-2006. Sverige har det største marked for varmepumper, og installerede i 2006 122.000 stk.. Varmepumper er nu den mest almindelige opvarmningsform og markedet begynder at være mættet (EHPA 2008). I Sverige leveres 12 TWh varme og varmt vand ud af det nationale forbrug på 90 TWh. (STEM, 2005). 6 TWh fjernvarme leveres, hvilket svarer til 12% af den samlede fjernvarmeforsyningen. En analyse fra Chalmers Universitetet i Göteborg viser, at andelen af varmepumper i fjernvarmeforsyningen sandsynligvis vil falde i fremtiden grundet forbedrede vilkår for affaldsforbrænding og kraftvarmeproduktion (Eriksson, M og Vamling, L 2006).

1.2 Fjernvarmepumper

I Sverige er fjernvarmepumper generelt i størrelsen 10 MW og flere kobles sammen for at nå op på den ønskede effekt (STEM, 2005).

Hvis fjernvarmepumper placeres i forbindelse med kraftvarmeanlæg vil det være muligt at udnytte varmen fra kondenseret røggas, hvorved en høj virkningsgrad opnås. Potentialet antages at være 200 MWe (input) udregnet som 10% af den installerede decentrale kraftvarmeeffekt på 2000 MWe. Alternativt kan jordvarme, sø- eller havvand, spildevand, solvarme eller udeluft anvendes som varmekilde. Herved estimeres potentialet at kunne blive 900 MWe (input). (Blarke, 2006)



Figur 1 Illustration af Kraftvarmepumpekoncept (Blarke 2008)

Ved anvendelse af røggas som varmekilde vil det normalt være fordelagtigt at placere varmepumpen i forbindelse med kraftvarmeanlægget (Se Figur 1). Udnyttelse af andre varmekilder giver lavere COP, muliggør decentrale placeringer, hvilket kan bidrage til at nedsætte nettab.

For data vedrørende effektiviteter og omkostninger ved anvendelse af overskudsvarme/ røggaskondensering, renset spildevand og havvand se bilag A.

I et projekt rapporteret i 2006 har bl.a. Center for Køle- og varmepumpeteknik på Teknologisk Institut vurderet rentabiliteten af en transkritisk CO2-varmepumpe i et konkret decentralt kraftvarmeværk med en 4MW gasmotor. (Christensen et. al. 2006)

En transkritisk CO2-varmepumpe fungerer således:

” Varmepumpen består af en gaskøler (varmepumpens varmeafgiver), fordamper (varme-pumpens varmeoptager) samt en kompressor, en intern varmeveksler og styringsventil […] Varmepumpen arbejder i det overkritiske område for CO2 med et

tryk på 115 bar i gaskøleren. Fra gaskøleren ekspanderes CO2 ned til 50 bar i fordamperen, hvor spildvarme optages […] Forskellen fra den konventionelle mekaniske varmepumpe ligger i, at den transkritiske varmepumpe ikke har kondensering ved afkøling af gassen på høj-trykssiden, men udelukkende afkøling af gassen. Herved opstår der et temperaturglid/ afkøling af kølemiddelgassen, der modsvarer det temperaturglid, der ligger på fjernvarme-vandets opvarmning fra 40°C til 80°C. ” (Christensen et. al. 2006)

Røggas kan køles fra 60°C til 30°C, herved kan en varme-effekt svarende til ca. 18% af el-produktionen opnås. Drift med en røggasudløbstemperatur på 30°C svarer til en fordampningstemperatur på 20°C. Hvis de øvrige potentialle varmekilder på et kraftvarmeværk udnyttes vil 25-28% af el-produktionen være til rådighed ved et fordelagtigt temperaturniveau. (Christensen et. al. 2006)

Hvis et kraftvarmeværk anvender el til produktion af varme til rumopvarmning skal de betale el-afgift. Hvis derimod anlægget overfører kraften mekanisk, og derved nedsætter el-produktionen, skal der ikke betales afgift. Anvendes el til proces varme i industrien betales ikke el-afgift, men elektriciteten skal stadig købes på nettet. I projektet regnes på de fire løsningsmuligheder og både for industri og decentrale kv-anlæg kan den mekaniske løsning bedst betale sig. (Christensen et. al. 2006)

Hvis varmepumper skal bidrage til at øge andelen af vind i energisystemet skal de kunne anvende el og derudover vil det være fordelagtigt at lagre varmen fra røggassen og udnytte den via en varmeveksler frem for som i det omtalte projekt, hvor røggassens varme udnyttes direkte i fordamperen.

Tabel 1 Besparelsespotentiale ved transkritisk CO2-varmepumpe (Christensen et. al. 2006)

Anlæg	Gasmotor u. VP	Kraftvarme - mekanisk	Kraftvarme - elektrisk
COP		3,8	3,8
Effekt	4,0 MWel 4,9 MWvarme	3,64 MWel 6,26 MWvarme	4,0 MWel 6,26 MWvarme
Total virkningsgrad	91,3 %	101,5 %	101,5 %
Gasforbrug (MNm3/år)	4,43	3,47	3,47
Elproduktion (MWh/år)	20.000	14.264	15.662
Investering (MDKK)		4,5 dec. kv. 3,7 industri	4,5 dec. kv. 3,7 industri
Driftsomkostning (MDKK/år)	15,3 dec. kv. 11,7 industri	12,4 dec. kv. 9,1 industri	13,6 dec. kv. 9,7 industri
Besparelse (MDKK/år)		1,5 dec. kv. 1,2 industri	0,7 dec. kv. 1,0 industri

Varmeproduktionen er konstant i alle scenarier, hvorimod el-produktionen falder. Totalt set øges energieffektiviteten. Projektet konkluderer, at en

besparelse på 20 % af naturgasforbruget vil være muligt, ses dette i et nationalt perspektiv vil der årligt kunne spares:

- 480 MNm3 naturgas
- 960.000 tCO2
- 5,3 TWh
- 700 MDKK

(Christensen et. al. 2006)

1.3 System

I artiklen ”Large-scale Heat Pumps in Sustainable Energy Systems: System and Project Perspectives” af Blarke og Lund 2005 beskrives en energisystemanalyse foretaget på EnergyPlan modellen. Analysen viser, at når store varmepumper integreres i varmeforsyningen 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.

I artiklen ”Value of electrical heat boilers and heat pumps for wind power integration” af Meibom et al 2006 analyseres brug af varmepumper i tre fjernvarmesystemer i Norden, henholdsvis København, Odense og Helsinki ved brug af den lineære, stokastiske optimeringsmodel kaldet WILMAR. 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.

1.4 Individuelle varmepumper

Da det mest udbyggede marked findes i Sverige tages data for svenske anlæg. For et hus med et energiforbrug på 20.000 kWh/år eksklusiv husholdnings-el og varmtvandsforbrug findes en række alternativer i Sverige. Det regnes med at luft/luft varmepumpen kan spare ca. 30-50% af husets varmebehov (ekslusiv varmt vand)

over året. En luft/vand varmepumpe kan spare 50-60% af en husstands varme og varmt vands behov. Varmepumper, der udnytter udluftningsluften, kan spare 40-50% og jordvarmepumper 50-70%.

Individuelle varmepumper vil kunne bruges:

- som primær varmeforsyning (kombineret med en elvarmer til at dække spidslast og brugsvandsforbrug) eller
- til at komplementere solvarme eller
- til at levere brugsvand i lavtemperatur fjernvarmesystemer

Se data for luft/luft og jord varmepumper i Bilag B

For øjeblikket udvikles individuelle transkritiske CO2-varmepumper. Udviklingen vil bidrage til at øge effektiviteten af anlæg og muliggør systemer uden elvarmere, da vandet kan leveres ved 80°C.

1.5 Litteratur

Blarke, ”Store varmepumper med koldt varmelager i forbindelse med eksisterende kraftvarmeproduktion” (CHP-HP Cold Storage), 2006

Blarke, “The Missing Link in Sustainable Energy – Techno-economic consequences of large-scale heat pumps in distributed generation in favour of a domestic integration strategy for sustainable energy” PhD Thesis, Aalborg University, June 2008

Blarke, M.B. and H. Lund “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. 2006

Christensen, Kim. G. et. al ”Miniskala-varmepumpe med CO2 som kølemiddel til decentrale kraftvarmeværker” Teknologisk Institut Sept 2006

EHPA, European Heat Pump Association “European Heat Pump Statistics - Outlook 2008” Bruxelles, 2008

Energistyrelsen “Energistatistik 2007”, København, Sept 2008

Eriksson, M og Vamling, L ”Future use of heat pumps in Swedish district heating systems: Short- an dlong-term impacts of policy instruments and planned investments” Applied Energy, Sept 2006

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. Proceedings (online). 2006 European Wind Energy Conference and Exhibition, Athens (GR), 27 Feb - 2 Mar 2006. (Brussels, European Wind Energy Association) 11 p.

Poulsen, C. S “Varmepumper – status sommeren 2007 i og uden for Danmarks grænser” ScanRef artikel, september 2007

Poulsen, C. S og Christensen, K. ”Ny Varmepumpeteknologi”. Kraftvarme Nyt, august 2006

Sanner et al: Current status of ground source heat pumps and underground thermal storage in Europe

Swedish Energy Agency ”Hot and Cool – Heat-pumping technologies for a modern society” Brochure, 2005

Tanderup, V og Poulsen, C. S. ”Behovsstyring forbedrer varmepumpe 30%”.

ScanRef nr. 6, december 2003.

http://www.fjernvarmepumper.dk/

http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo

Bilag

Bilag A
Fjernvarmepumper med udnyttelse af overskudsvarme/ røggaskondensering, renset spildevand og havvand.

Bilag B
Individuelle luft/luft og jord varmepumper

Bilag A

Væske/vand varmepumpe, mellem, el-drevet, overskudsvarme fra industri/ røggaskondensering

Transkritisk (CO2)			**2004**	**2025**	Ref.	Bem.	**Pristal**
Energi/teknik							2006
	Typisk størrelse	MJ/s ud	1				
	Coefficient of performance (COP)						
	Vand/væske (35C/90C)		3,6	4,0	2	A	
	Vand/væske (35C/70C)		3,6	4,0	2	A	
	Teknisk levetid	år	20	20			
	Benyttelsestid	timer/år					
Økonomi							
	Specifik investering	Mkr/(MJ/s)	2,4	2,4	2	B, C	
	Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)	50	50	1		
	Variable D&V omk.	kr/MWh varme					
	Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)					
Potentiale							
	Varmekilde 35C (TWh)		2,8		4,5	D	

Referencer

1	Advansor
2	KE 2008, AGA projekt
3	IDA energiplan 2007, baggrundsrapport (MBB)
4	DK Teknik 2002
5	M.B.Blarke 2008

Bemærkninger

A	10% forbedring af effektivitet frem mod 2025
B	5,3 MDKK/MJ/s i IDA Energiplan 2007
	(1 MDKK/MJ/s med COP ca. 5 for kondenserende VP jf. Johnson Controls)
C	Investeringsudgifter holder dagens niveau ved øget stykantal
D	7,3 PJ overskudsvarme fra industri, der kan udnyttes direkte til fjernvarme
	750 GWh varme fra røggaskondensering

Væske/vand varmepumpe, mellem, el-drevet, renset spildevand **Pristal** 2008

Kondenserende (ammoniak)			**2004**	**2025**	Ref.	Bem.
Energi/teknik						
	Typisk størrelse	MJ/s ud	1-2		1	
	Coefficient of performance (COP)					
	Vand/væske (55C/90C)		-	-	1	A
	Vand/væske (55C/70C)		2,8	3,0	1	A
	Teknisk levetid	år	20	20		
	Benyttelsestid	timer/år				
Økonomi						
	Specifik investering	Mkr/(MJ/s)	1,5	1,5	1	B
	Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)				
	Variable D&V omk.	kr/MWh varme	20	16		C
	Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)				
Potentiale						
	Renset spildevand (TWh)		4		2	D

Referencer

1 Johnson Controls 2008

2 By- og Landskabsstyrelsen
http://www.blst.dk/Vand/Spildevand/Mere+om+spildevand/05010000.htm

Bemærkninger

A 10% forbedring af effektivitet frem mod 2025

B Investeringsudgifter holder dagens niveau ved øget stykantal

C 20 kr/drifttime udregnet for 1 MW anlæg. 20% forbedring frem mod 2025

D 690 Mm3 spildevand til kommunale afløbssystemer i 2006. 4 TWh ved 5C temp. diff.

Transkritisk (CO2)			**2004**	**2025**	Ref.	Bem.
Energi/teknik						
	Typisk størrelse	MJ/s ud	1-2			
	Coefficient of performance (COP)					
	Vand/væske (35C/90C)		3,7	4,0	1	A, D
	Vand/væske (35C/70C)		3,7	4,0	1	A, D
	Teknisk levetid	år	20	20		
	Benyttelsestid	timer/år				
Økonomi						
	Specifik investering	Mkr/(MJ/s)	3,5	3,5	1	B
	Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)	50	50	1	C
	Variable D&V omk.	kr/MWh varme				
	Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)				

Referencer

1 Johnson Controls 2008

Bemærkninger

A 10% forbedring af effektivitet frem mod 2025

B Investeringsudgifter holder dagens niveau ved øget stykantal

C 50000 kr/år udregnet for 1 MW anlæg

D Fordampningstemperatur på 5C antaget med COP på 3. COP'en er beregnet med 3% fald i effektivitet per grad mindre end 5C. (Advansor)

Væske/vand varmepumpe, mellem, el-drevet, havvand **Pristal** 2008

Kondenserende (ammoniak)		**2004**	**2025**	Ref.	Bem.
Energi/teknik					
Typisk størrelse	MJ/s ud	1-2		1	
Coefficient of performance (COP)					
Vand/væske (55C/90C)		-	-		
Vand/væske (55C/70C)		2,5	2,8	1	A
Teknisk levetid	år	20	20		
Benyttelsestid	timer/år				
Økonomi					
Specifik investering	Mkr/(MJ/s)	1,7	1,7	1	B
Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)				
Variable D&V omk.	kr/MWh varme	20	16	1	C
Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)				

Referencer

1 Johnson Controls 2008

Bemærkninger

A 10% forbedring af effektivitet frem mod 2025
B Investeringsudgifter holder dagens niveau ved øget stykantal
C 20 kr/drifttime udregnet for 1 MW anlæg. 20% forbedring frem mod 2025

Transkritisk (CO2)		**2004**	**2025**	Ref.	Bem.
Energi/teknik					
Typisk størrelse	MJ/s ud	1-2			
Coefficient of performance (COP)					
Vand/væske (35C/90C)		2,9	3,2	1	A
Vand/væske (35C/70C)		2,9	3,2	1	A
Teknisk levetid	år	20	20		
Benyttelsestid	timer/år				
Økonomi					
Specifik investering	Mkr/(MJ/s)	3,5	3,5	1	B
Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)	50	50	1	C
Variable D&V omk.	kr/MWh varme				
Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)				

Referencer

1 Advansor

Bemærkninger

A 10% forbedring af effektivitet frem mod 2025
B Investeringsudgifter holder dagens niveau ved øget stykantal
C 50000 kr/år udregnet for 1 MW anlæg
D Fordampningstemperatur på 5C antaget med COP på 3. COP'en er beregnet med 3% fald i effektivitet per grad mindre end 5C. (Advansor)

Bilag B

Luft/luft varmepumpe inkl. elvarme og elvandvarmer, lille, el-drevet,					**Pristal** 2006
		2004	**2025**	Ref.	Bem.
Energi/teknik					
Typisk størrelse	kJ/s ud	4		2	
Coefficient of performance (COP)					
Luft (20 C) Forbrugsvand (50 C)		1,5	1,8	1,2	D
Teknisk levetid	år	20			
Dækningsgrad VP opvarmning	%	50		1,2	
Økonomi					
Specifik investering	Kkr/(KJ/s)	8,81		2,3,4,5	A,B,C
Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)	0,14		2	
Variable D&V omk.	kr/MWh varme				
Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)	0,14		2	

Referencer

1 "Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning" Lokalenergi et.al. 2007
2 Beregningseksempler, TI hjemmeside (http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/18578)
3 Resenbro El & VVS
4 Nordjysk VVS teknik
5 Hetland VVS & El

Bemærkninger

A Varmepumpepris: 22000 kr for 4 kW, inklusiv moms.
Beregningseksempler, TI hjemmeside (http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/18578)
B Supplerende elradiatorer og elvandvarmer: 16000 kr. for hhv. 4 kW og 150l, inklusiv installation og moms (Resenbro El & VVS og Nordjysk VVS teknik)
C Supplerende elradiatorer og elvandvarmer: 34000 kr. for hhv. 4 kW og 150l, inklusiv installation og moms (Hetland VVS & El)
D Potentiale for 20% forbedring af virkningsgrad (Claus Schøn Poulsen, Teknologisk Institut)

Væske/vand varmepumpe, lille, el-drevet, jordvarme

		2004	2025	Ref.	Bem.	
Energi/teknik						
Typisk størrelse	KJ/s ud	6		2		
Coefficient of performance (COP)						
Vand/væske (50 C)		3,4	4,1	1,2	B	
Teknisk levetid	år	20				
Økonomi						**Pristal**
Specifik investering	Kkr/(KJ/s)	13-15	13-15	2	A	2008
Faste D&V omk.	1000 kr/(MJ/s)	0,07	0,07	3	A	2006
Variable D&V omk.	kr/MWh varme					
Samlet D&V	1000 kr/(MJ/s)	0,07	0,07		A	2006

Referencer

1 "Varmepumper i områder uden for kollektiv energiforsyning" Lokalenergi et.al. 2007
2 Claus Schøn Poulsen, Teknologisk Institut
3 Beregningseksempler, TI hjemmeside (http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/18578)

Bemærkninger

A 17,5-20 Kkr/(KJ/s) og 0,09 1000 kr/(MJ/s) inkl moms, prisen vil måske stige i fremtiden, hvis efterspørgslen stiger som forventet og udbuddet ikke gør

B Potentiale for 20% forbedring af virkningsgrad (Claus Schøn Poulsen, Teknologisk Institut)

2 Program for workshoppen

Varmepumper i Fremtidens Energisystem

Dato: D. 29. april 2008 kl. 10-16.30
Sted: Risø DTU, Systemanalyseafdelingen, Bygning 142 – stort mødelokale

Program

10.00-10.10	Intro/ velkomst (Poul Erik Morthorst, Risø DTU)
10.10-10.30	Oplæg om projektets VP teknologiblad (Marie Münster, AAU/Risø DTU)
10.30-11:15	Store kompressions varmepumper (Torben Hansen, Advansor)
11.15-12.00	Små kompressions varmepumper (Svend Pedersen, TI)
12.00-13.00	Frokost
13.00-13.30	Absorptionsvarmepumper (Lars Toft Hansen, Thisted Varmeværk)
13.30-14.15	Erfaringer fra Sverige (Erik Larsson, Svensk Fjernvarmeforening)
14.15-14.45	Kaffepause
14.45-15.15	Varmepumper til fjernvarme i Danmark (Morten Blarke, AAU)
15.15-15.45	Systemindpasning i Norden (Peter Meibom, Risø DTU)
15.45-16.30	Diskussion
16.30-	Afslutning

Desværre var Torben Hansen fra Advansor syg, hvorfor hans præsentation ikke er medtaget. I stedet holdt Catarina Marcus-Møller fra Københavns Energi et indlæg om et nyt varmepumpeprojekt, som de er i færd med at igangsætte. Dette indlæg er gengivet som afsnit 3.4.

3 Præsentationer

3.1 Projektets varmepumpe-teknologiblad v/ Marie Mynster, AAU/Risø DTU

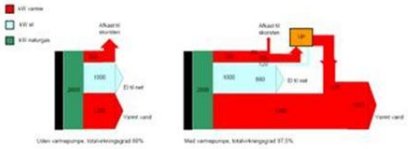
DTU RISØ

Kompressionsvarmepumper

Marie Münster
AAU/ Risø-DTU

DTU RISØ

Øget totalvirkningsgrad på kraftvarmeanlæg
Hvordan opstår besparelsen?



ADVANSOR

DTU RISØ

Værdi af AVANSOR varmepumpe

Grundlastvarmepumpe (COP 3) med fortrængning af varme fra gaskedelproduktion

- Med varmeafgift (180 kr/MWh)
  - Varmeproduktionspris v. 40 øre/kWh$_{el}$: 313 kr/MWh
  - Værdi af besparelse: 1,52 mio kr/år
- Uden varmeafgift
  - Varmeproduktionspris v. 40 øre/kWh$_{el}$: 133 kr/MWh
  - Værdi af besparelse: 2,96 mio kr/år

DTU RISØ

Fjernvarmepumper

Kilde: Teknologikataloget 2005

Størrelse [MW$_{heat}$]	50-100	50-100	5-10	0,2-1,5
Varmekilde/ output [°C]	40/75	outdoortemp/75	40/72 (75 2025)	outdoor temp/75
COP 2004	6,3	3,5 - 4,2	3,5	3,5
COP 2025	6,3	5	4,2	4,2
Investering 2004 [MEUR/MW]	0,8-1,7	0,6-1,5	0,6-1,1	0,6-1,1
Investering 2025 [MEUR/MW]	-	0,6-1,3	0,6	0,6
Drift og vedligehold 2004 [EUR/MW]	1000-3000	1000-3000	1000-4500	3000-6000
Drift og vedligehold 2025 [EUR/MW]	-	1000-3000	1000	2000-4000

Levetid: 20 år. Effektivitet ved dellast? Startomkostninger?

DTU RISØ

Individuelle varmepumper

Kilde: Villavärmepumpar EM 2006

Type	Jord/ Vand - inkl. vv's forsyning	Udluftningsluft/ Vand - inkl. vv's forsyning og inkl. tilskudsvarme	Luft/ Vand - inkl. vv's forsyning	Luft/ Luft
Størrelse [kW in/out]	1,4-2,1/ 3,9-6,8	0,5-1,8/ 1,4-5,0	1,5-2,5/ 4,1-5,7	0,6-1,8/ 2,5-5,4
Varmekilde/ output [°C]	0/50	20/50	2/50	2/20
COP 2006	2,8-3,4	2,4-2,8	2,3-2,7	2,5-3,3
Investering 2006 [KDKK]	32-53,2	29,2-48	45,6-60	11,6-23,2
Installation 2006 [KDKK]	8-16	8-16	8-16	4-6,4
Samlet investering [MEUR/MW$_{heat}$]	0,8-2,4	1,0-6,1	1,3-2,5	0,4-1,6

Levetid? Drift og vedligehold? Data for 2025?

DTU RISØ

Varmepumper - system

- Regulering: typisk 30-150%. Om 10 år: 10-200% forventet.
- Stor-skala varmepumper reguleres kontinuert og med det samme.
- Stor-skala varmepumper kan supplere kv-værker, hvis kapaciteten er under 50% af kv-værkets varmekapacitet. (Blarke & Lund 2005)
  - Brug af kondenseret udstødningsgas som varmekilde = -8% prod.omk. ift. kv
- Ved mere end 50% udgør varmepumpen et alternativ til kv (Blarke & Lund 2005)
  - Udendørsluft = +10% prod.omk. ift. kv
- Andelen af vindkraftens produktion som afkortes bliver mindre, regulerkraftpriserne formindskes, og der kommer færre timer med meget lave elpriser. (Meibom 2006)

3.2 Små kompressionsvarmepumper v/Svend Pedersen, Teknologisk Institut

TEKNOLOGISK INSTITUT

Svend Pedersen

TEKNOLOGISK INSTITUT

Små Kompressionsvarmepumper

TEKNOLOGISK INSTITUT

1) Typer af Individuelle varmepumper
2) Status på effektiviteter
3) Hvordan har de udviklet sig
4) Udviklingstendenser og trends.
5) Varmepumper og BE06
6) Afslutning og tid til spørgsmål

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Typer af individuelle små varmepumper

TEKNOLOGISK INSTITUT

Luft/Luft varmepumpen:

- Typisk en splitunit med én udedel og én eller flere indedele (reversibel).
- Dækker typisk kun 60-80% af husets samlede varmebehov
- Kan også dække over begrebet "boligventilationsvarmepumpe"
- Importeres i stort styktal fra Kina og andre asiatiske lande
- \+ Fordele: Lave installationsomkostninger, nemme at installere og kræver ikke jordareal.
- \- Ulemper: Dårligere virkningsgrad end luft/vand og jordvarmeanlæg, afrimning nødvendig

---

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Typer af individuelle små varmepumper

TEKNOLOGISK INSTITUT

Luft/ Vand varmepumpen

Typisk opstillet udendørs

- Dækker typisk 90-100% af husets samlede varmebehov inkl. varmt brugsvand
- Produceres normalt i Danmark eller importeres fra eksempelvis Sverige
- Ikke særlig udbredt i DK – men markedet er stigende
- \+ Fordele: Middel installationsomkostninger, nemme at installere og kræver ikke jordareal.
- \- Ulemper: Dårligere virkningsgrad end jordvarmeanlæg, afrimning nødvendig

---

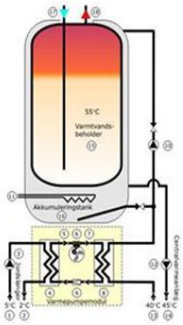
INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Typer af individuelle små varmepumper

Jordvarmepumpen

Typisk opstillet indendørs

- Dækker typisk 95-100% af husets samlede varmebehov inkl. varmt brugsvand
- Produceres normalt i Danmark eller importeres fra eksempelvis Sverige
- \+ Fordele: høj virkningsgrad, dækker normalt hele huset varmebehov, kompakte anlæg
- \- Ulemper: jordareal nødvendigt, dyr installation (4 x luft/luft og 2 x luft/vand), kræver godkendelse (jordslangen)



Kilde: Dansk Varmepumpe Industri

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Typer af individuelle små varmepumper

Brugsvandsvarmepumpen

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Opstilles indendørs
- Dækker typisk hele husets behov for varmt brugsvand, samt en mindre del af rumvarmebehovet
- Produceres normalt i Danmark eller importeres fra eksempelvis Sverige
- \+ Fordele: billig installation, klarer normalt dele af boligens ventilationsbehov
- \- Ulemper: primær varmekilde nødvendig, dækker kun en mindre del af boligens varmebehov

Kilde: Vestherm A/S

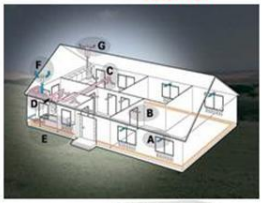
Typer af individuelle små varmepumper

Boligventilationsvarmepumpen

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Opstilles indendørs
- Dækker typisk dele af husets behov for varmt brugsvand, samt en mindre eller større del af rumvarmebehovet

+ Fordele: billig installation, klarer normalt boligens ventilationsbehov
- Ulemper: primær varmekilde nødvendig, dækker kun en mindre del af boligens varmebehov, relativt kompliceret installation (specielt hvis anlægget efterinstalleres)



Status på effektiviteter

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Luft/luft: SCOP 3.1 – 4.0 (men HUSK at den kun dækker en mindre del af husets samlede varmebehov): For gode varmepumper er COP ved 7°C 3,5 til 5,0 ved 100% til 50% dellast. Ved 2 °C 2,5 -3,5 (100% til 50%). Ved -7°C 2,0 til 2,5.
- Luft/vand: SCOP 2,8 – 3,2
- Væske/vand (jordvarme): SCOP 3,0 – 4 (de bedste anlæg er "behovsstyrede")
  COP 0/35: ca. 4,3 og ved 0/50 : 3,2

Hvordan har de udviklet sig

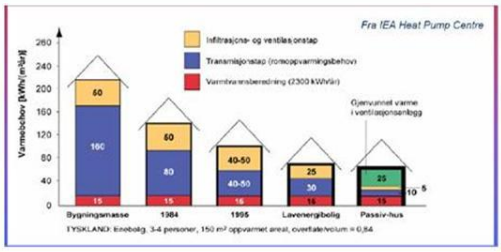
TEKNOLOGISK INSTITUT

Udviklingstiltag	Jordvarmeanlæg	Luft/Vand	Luft/Luft	Luft/Brugsvand
Fordamper	Koaksial 1996	Coil	Coil	Coil
2008	Pladeveksler	-	Coil "Større flade-mindre rør"	Coil
Kondensator	Koaksial 1996	Koaksial 1998	Coil	Koaksial /Spiral
2008	Pladeveksler	Pladeveksler	Coil "Større flad-mindre rør"	Plade /Spiral
Kølemiddel	R22	R22	R22 – R407C	R22 – R134A
2008	R407C	R407C Udnytter glidet på fordampersiden	R410A	R134A – R290 "CO2"
Kompressor	Stempel	Stempel	Stempel	Stempel
2008	Scroll Optimering nu til varmepumper	Scroll Optimering nu til varmepumper	Scroll – Rullestempel AC-BLDC	Stempel
Styring	Fast temperatur	Fast temperatur	On-off	On-off
2008	Udekompensering	Udekompensering	Behovsstyret	On-off
Fremtid	Behovstyring	Behovstyring		Behovstyring

Udviklingstendenser

Varmebehov i boliger

TEKNOLOGISK INSTITUT



Eksempler på beregninger på energiforsyning i parcelhus

TEKNOLOGISK INSTITUT

- **Eksemplet er et parcelhus i et plan på 180m²**
- Opvarmning: Bedste gasfyr på markedet
- *(98/107% ved fuldlast og dellast)*
- Gulvvarme i hele huset
- *(45/30°C frem/retur)*
- Beregnet transmissionstab for klimaskærmen eksklusiv vinduer og døre er 5,0 W/m²

TEKNOLOGISK INSTITUT

Case	Forklaring	Energifor-brug kWh/m2	Forskel i forhold til basisenergi-forbrug %
Energiramme, jf. BR		82,2	+0,1
Basis (udgangspunkt)	Gasfyr: effektivitet på 98/107% samt gulvvarme (45/30°C)	82,1	-
Lavere temperaturniveau, alt andet uændret	Gulvvarme: 35/30°C (frem/retur)	81,8	-0,4
Fjernvarme i stedet for gasfyr	Direkte rumopvarmning med blandesløjfe og brugsvandsopvarmning	83,5	+1,7
Oliefyr i stedet for gasfyr (minimumkrav til effektivitet)	Effektivitet: 91/91% (fuldlast/dellast)	93,7	+14,1
Elvarme i stedet for gasfyr	Både brugsvand og rumopvarmning	197,9	+241
Biomasse i stedet for gasfyr (minimumkrav til effektivitet)	Effektivitet: 75/75% (fuldlast/dellast)	104,4	+27,2
Luft/luft-varmepumpe i stedet for gasfyr	Relativ COP=0,8 – dækker ca. 80% af det samlede varmebehov, øvrigt varmebehov dækkes af elvarme	119,7	+45,8
Luft/vand-varmepumpe i stedet for gasfyr	Relativ COP=0,8 – gulvvarme, relativ COP er ikke målt i laboratorium	69,1	-15,8
Væske/vand-varmepumpe i stedet for gasfyr	Relativ COP=0,8 – gulvvarme, relativ COP er ikke målt i laboratorium	74,1	-9,7
Behovsstyret væske/vand-varmepumpe i stedet for gasfyr	Relativ COP=1,25 – gulvvarme, relativ COP er målt i laboratorium	52,3	-36,3*

Industri- og Energidivisionen

Ca. 150 ansatte i 7 centre

TEKNOLOGISK INSTITUT

Byggeri
Beton
Byggekomponenter
Certificering og byggeproces
Murværk
Rørcentret
Svømmebadsteknologi
Træ

Industri og Energi
Automobilteknik
Installation og Kalibrering
Køle- og Varmepumpeteknik
Måling og Kvalitet
Produktudvikling
Vedvarende Energi og Transport
Ventilation og Proces

Erhvervsudvikling
Analyse og Erhvervsfremme
Arbejdsliv
Erhvervsservicecenter for Københavns Amt
EuroCenter
Opfindelser og Kreativitet
Teknologisk Partnerskab

Materialer
Kemi- og Vandteknik
Materialeprøvning
Mikroteknologi og Overfladeanalyse
Plastteknologi
Tribologicenter

Produktivitet og Logistik
Emballage og Transport
Integreret Proces Optimering
Kvalitet og Miljøledelse
Perception og Funktionalitet
Proces Innovation
Produktion
Produktivitet

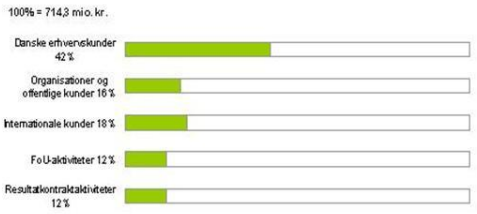
Uddannelse og Informatik
IT-Udvikling
Konferencer
Uddannelse

Andre enheder
Internationalt Center
FEM-sekretariat
Teknologisk Innovation A/S

Kommercielle aktiviteter i 2005

Den kommercielle aktivitet udgør 76% af Instituttets omsætning

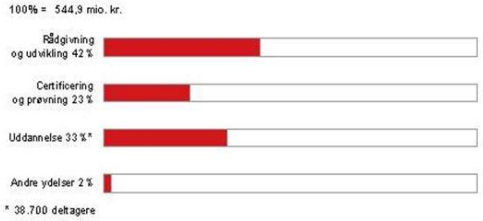
TEKNOLOGISK INSTITUT



Rådgivning og udvikling i 2005

Rådgivning og udvikling udgør 42% af Instituttets kommercielle omsætning

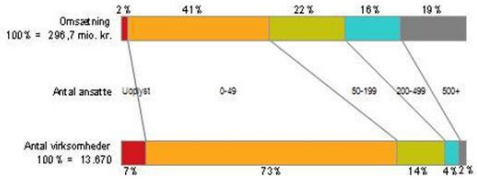
TEKNOLOGISK INSTITUT



Kunder i 2005

Bred dækning af små og mellemstore virksomheder

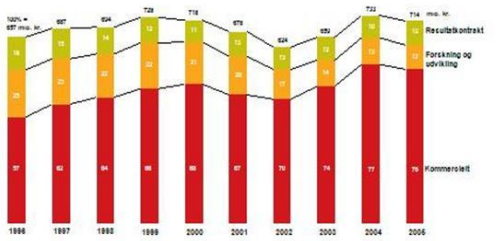
TEKNOLOGISK INSTITUT



58% af omsætningen fra danske erhvervsvirksomheder kommer fra servicesektoren

Udvikling i omsætningsfordeling

TEKNOLOGISK INSTITUT



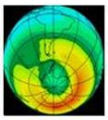
Center for Køle- og Varmepumpeteknik

TEKNOLOGISK INSTITUT

Målsætning

Servicere brugere og fabrikanter af køle- og varmepumpesystemer samt tilhørende komponenter.

Udvikling og formidling af teknologiske fremskridt inden for det køletekniske område med henblik på at forbedre kundens konkurrenceevne samt samfundsmæssigt at minimere miljøbelastningen.



Centrets medarbejdere

TEKNOLOGISK INSTITUT

Claus Schøn Poulsen, centerchef

- Ziad Al-Janabi
- Marcin Blazniak Andreasen
- Hanne Christoffersen, sekretær
- Jeff Lee Cox
- Svenn Hansen
- Finn Jensen
- Thomas Lund
- Hans Madsbøll
- Kenneth Bank Madsen
- Ebbe Nørgaard
- Svend Vinther Pedersen
- Svend Rasmussen
- Lars Reinholdt
- Klaus Rosenkilde
- Lasse Søe
- Søren Østergaard Jensen
- Lene Beining Klemgaard
- Per Henrik Pedersen
- Pia Rasmussen
- Hans Walløe

I alt 21 personer

Kompetencer og markedsområder

TEKNOLOGISK INSTITUT

Alle køletekniske discipliner på ét sted

Centret leverer kvalitetsydelser indenfor...

- Udredninger, projekter, ...
- Forskning, udvikling og forbedring
- Uddannelse og træning
- Videnformidling, artikler, konferencer, ...
- Rådgivning og produktudvikling
- Fieldtest, måling og databehandling
- Beregning, simulering, CFD, FEM, mm
- Akkrediteret prøvning og kalibrering
- Standardisering

...rettet mod køle- og varmepumpeteknik

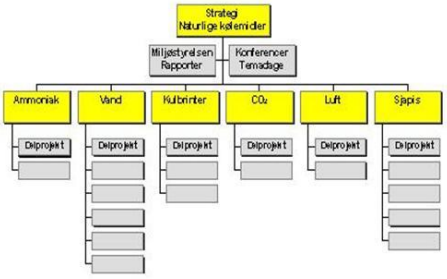
Markedsområder med fokus på

Centret leverer kvalitetsydelser indenfor...

- Plug-in units
- Kommerciel køling
- Industriel køling
- Frysning af fødevarer
- Transport køling
- Varmepumper og Air Conditioning
- Industrielle processer

Strategi 1990-2000

TEKNOLOGISK INSTITUT



Faciliteter

TEKNOLOGISK INSTITUT

Århus

- Space: 600 m²
- Test rigs for compressors, valves, pumps and heat exchangers

Climate chambers

- EN441
- EN14511, EN255-3 and TS14825
- EN153
- others..

HFC/HCFC – medium temperature

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -20 to 10 °C
- Capacity: 250 kW

- Test of heat exchanger
- Test of cooling equipment

Ammonia – medium temperature

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -10 to 10 °C
- Capacity: 100 kW

- Test of compressors
- Test of valves
- Test of heat exchanger
- Test of cooling equipment (meat coolers)

Ammonia – low temperature

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -40 to -20 °C
- Capacity: 50 kW

- Test of heat exchanger
- Test of valves (DIR - ICV)

Ammonia – medium temperature

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -10 to 10 °C
- Capacity: 2000 kW
- PAC 202 LF-A

- Test of valves
- Test of heat exchanger
- Test of cooling equipment (meat coolers)
- Test of separators

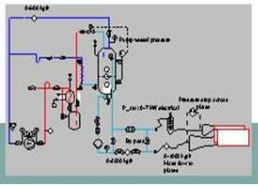
- Total investment 4 mill. DKK.

CO_2 - Low temperature test rig

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -30 to – 50 °C
- Capacity: 20-40 kW

- Test of compressors
- Test of valves
- Test of freezing equipment
- Test of controls and defrost



CO_2 - Low temperature test rig

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -30 to – 50 °C
- Capacity: 100 kW

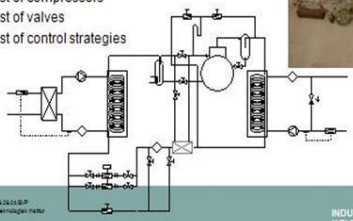
- Test of compressors
- Test of valves
- Test of freezing equipment
- Test of controls and defrost

CO_2 – Transcritical test rig

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature level: -10 to 10 °C
- Capacity: 10-15 kW

- Test of heat exchangers
- Test of compressors
- Test of valves
- Test of control strategies



CO_2 – Transcritical test rig

TEKNOLOGISK INSTITUT

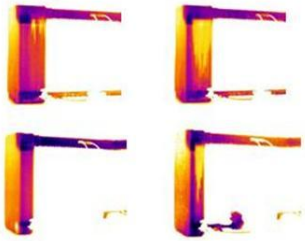
- Temperature level: -10 to 10 °C
- Capacity: 0,5 – 1,5 kW

- Test of heat exchangers
- Test of compressors
- Test of valves
- Test of control strategies

Thermovision/ infra-read camera

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Temperature distribution
- Optimisation of product
- Debugging
- Applications:
  Refrigerators and freezers
  Commercial remote cabinets
  Cold storage (thermal bridges)
  Air coils
  Plate heat exchangers



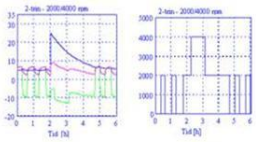
INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Dynamic simulation

TEKNOLOGISK INSTITUT

- *Real life operation is not static*
  → design for dynamic conditions
- Choice of right components (compressor, HX, fans, etc.)
- To develop and verify the optimal control strategy
  - On/off control/ variable speed strategy for compressor
  - Control of fans
  - Pull-down characteristics
  - Understanding of behaviour of system
  - Defrost control

  Temperature; cans, air and evaporation



INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

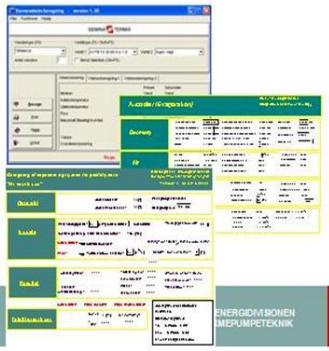
Computer software

TEKNOLOGISK INSTITUT

Evaporators
- Fin-coils
- Plate heat exchangers
- Plate freezers

Condensers
- Air cooled
- Evaporative condensers
- Shell and tube

Single phase
- Plate heat exchangers



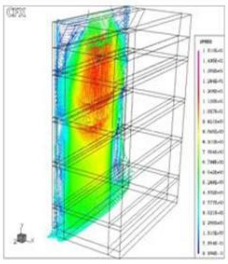
INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

CFD used to optimise products

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Enhance performace
- Better product quality
- Lower energy consumption
- Lower production costs

Tools:
- CFX, TASCflow (CFD code)
- ICEM, Build (Grid generator)
- Temperature and velocity measuring equipment
- Laser Doupler



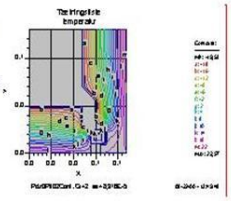
INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Thermal bridge analysis

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Reduce heat input (energy), smaller refr. system
- Avoid condensation problems
- Optimisation of pan heaters
- Production optimisation of inner and outer cabinet

Tools:
- FEM tools
- PDEase, Ansys
- ProEngineer



Ex. Sealing between door and cabinet

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

LabWeb

TEKNOLOGISK INSTITUT

Catalog of standard tests and services – www.teknologisk.dk

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

Andre aktiviteter

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Energitestcenter
- Positivliste for varmepumper
- Positivliste for storkøkken køl/frys
- Test af ovne
- Kvalitetssikringsordning for Varmepumpeanlæg – støttet af Energistyrelsen
- FoU aktiviteter inden for køle- og varmepumpeteknik
- Kursusaktiviteter
- Køling og indretning af serverrum – rådgivning
- Videncenter for HFC-fri Køling – støttet af Miljøstyrelsen

INDUSTRI OG ENERGIDIVISIONEN
KØLE- OG VARMEPUMPETEKNIK

3.3 Absorptionsvarmepumper v/ Lars Toft Hansen, Thisted Fjernvarmeværk

Workshop om Varmepumper i Fremtidens Energisystem

Risø – DTU Systemanalyseafdelingen 2008-04-29
13.00 - 13.30
Absorptionsvarmepumper
v/Lars Toft Hansen, Houe & Olsen A/S og SEG Aps
Formand for Thisted Varmeforsyning A.m.b.A. og
I/S Kraftvarme Værk Thisted

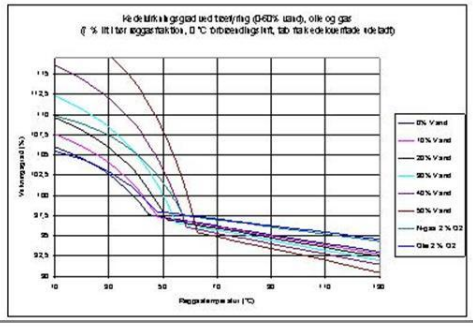
Workshop om Varmepumper i Fremtidens Energisystem

- Absorptions varmepumper (energi opgradering)
  - Hedt vands drevne
  - Dampdrevne
  - Røggas drevne
- Absorptions kølemaskiner (fjernkøling)
  - Dampdrevne
  - Varmtvandsdrevne
  - Røggasdrevne

Røggasudnyttelse ved forskellige brændsler

- Anlægs effektivitet er normalt angivet ud fra nedre brændværdi hn. *(Den nedre brændværdi medtager energitabet til fordampning af vandindholdet i brændslet)*
- Anlægs effektivitet beskrives bedre ved angivelse ud fra øvre brændværdi hø. *(Den øvre brændværdi medtager energiindholdet af vandet i kondenseret form.)*

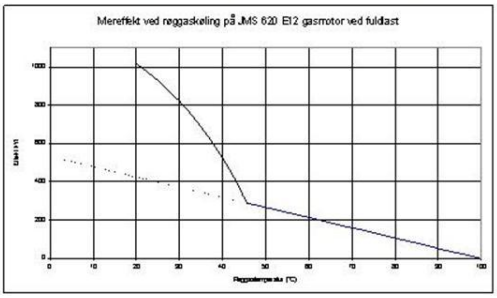
Røggaskøling ved træ, olie og gas fyring



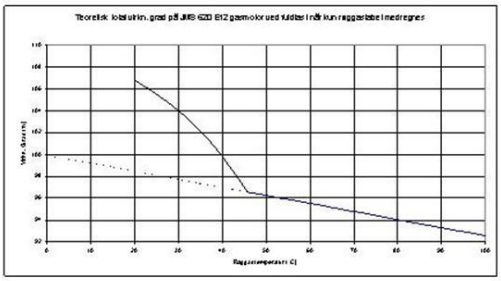
Røggaskøling på fliskedel, mereffekt eksempel: Hurup Varmeforsyning ny satellit central

- HV påtænker at etablere et flisfyret kedelanlæg 2008 med kondensering
- Varme 6,5 MW incl. kondensering med fjv. returvand
- Mereffekt ved kondensering med varmepumpe er 650 kW eller
- Med 120 kr pr. MWh = 78 kr pr time og ved 4000 fuldlast timer pr år (= 312.000 kr.) en simpel tilbagebetalingstid på under fem år.

Røggaskøling på gasmotor, mereffekt.



Røggaskøling på gasmotor, teoretisk virkningsgrad



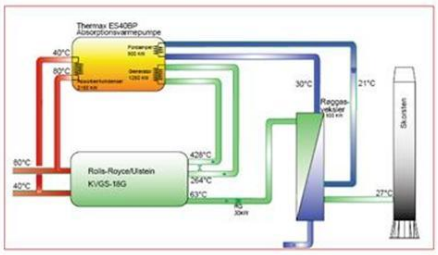
Røggaskøling på gasmotor, mereffekt eksempel: Bjerringbro Kraftvarmeværk

- BKVV har 4 stk. Rolls-Royce/Ulstein
- El effekt ca 4 x 3,1 MW og varme 4 x 4,0 MW
- En motor er forsynet med kondensering og varmepumpe og varmeeffekten øges med 950 kW eller
- Med 400 kr pr. MWh = 380 kr pr time og ved 3000 timer pr år en simpel tilbagebetalingstid på fire - fem år.

Bjerringbro Kraftvarmeværk, (1) Absorptions varmepumpe med 0,9 MW køl

Bjerringbro Kraftvarmeværk, (1) Absorptions varmepumpe med 0,9 MW køl

Motoranlæggets varmevirkningsgrad var før ombygningen 48,4 % og er nu 60,1 %, mens el-virkningsgraden vil være uændret 42,1 %.
Totalvirkningsgraden stiger således fra ca. **90,5 % til 102,2 %.**

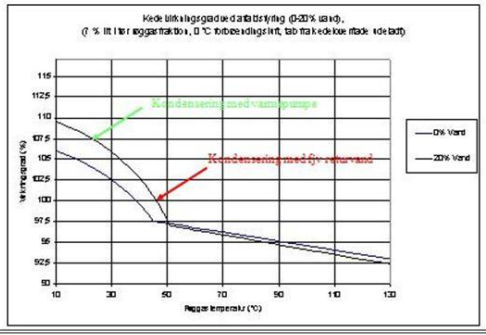


Bjerringbro Kraftvarmeværk (2), forslag Fjernkøl for Grundfos

- **Koldtvands kreds**
  - Kapacitet — KW — 837
  - Temperatur — Deg C — 14 - 6
- **Fjernvarme kreds**
  - Kapacitet — KW — 930
  - Temperature — Deg C — 40 – 80
- **Kølevands kreds**
  - Kapacitet — KW — 1.116
  - Kølevands kreds temperatur — Deg C — 26 – 32
- **Drivvarme: Udstødning Gas**
  - Exhaust gas Flow rate — kg/hr — 20.000
  - Exhaust Temperature — deg C — 428 - 225

COP varme 0,70
COP køling 0,63

Røggaskøling ved affalds fyring



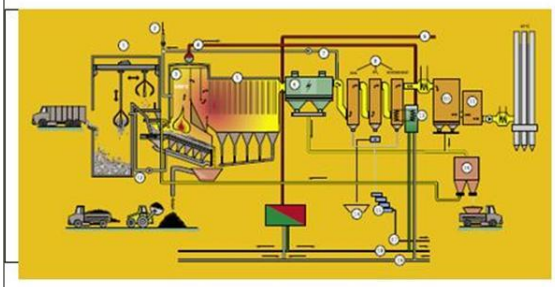
Røggaskøling på affaldsforbrænding, mereffekt eksempel: Kraft VarmeVærk Thisted

- KVVT etablerede 6,3 t pr h affaldsforbrændingsanlæg i 1991 med vådt røgrensningsanlæg med kondensering
- El effekt 3 MW og varme 11,2 MW
- Hertil 2,8 MW kondensering med fjv. returvand
- Med 150 kr pr. MWh = 420 kr pr time og ved 6000 timer pr år (= 2,5 mio. kr. pr år) financieres <u>hele</u> investeringen i det våde røgrensningsanlæg af kondenseringen.

Røggaskøling på affaldsforbrænding, mereffekt Tænkt eksempel: L 90 Esbjerg

- L 90 etablerede 24 t pr h affaldsforbrændingsanlæg i 2003 med vådt røgrensningsanlæg uden kondensering
- El effekt 17 MW og varme 54 MW
- Tænkt eksempel:
  - Etablering af kondensering og varmepumpeanlæg drevet af udtagsdamp giver > 12 MW kondensering
  - Med 150 kr pr. MWh = 1800 kr pr time og ved 6000 timer pr år (= 10,8 mio. kr. pr år) betales <u>hele</u> investeringen i kondenseringstrinnet og varmepumperne på 2 – 3 år.

Røggaskøling på affaldsforbrænding, 12 MW
eksempel: Uppsala Block 5 fra 2005



Konklusion:

- Undersøg altid om det er muligt og økonomisk at opnå en høj virkningsgrad med kondensering, eksempler:
  - Træflis fyring typisk +10 - 12% ved direkte veksling
  - og yderligere +10% med varmepumpe
  - Gasmotor termisk ydelse yderligere +24% ved kondensering med varmepumpe
  - Affaldsforbrænding (kraftvarme) termisk ydelse yderligere +20 – 25% ved direkte veksling
  - og yderligere +>10% med varmepumpe.

Workshop om Varmepumper i Fremtidens Energisystem

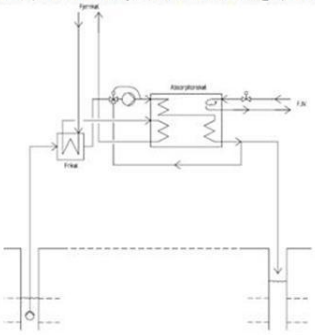
- Absorptions kølemaskiner til fjernkøling med 6 – 12 C vand.
  - Dampdrevne (ved 6 bar har COP på ca. 1,35)
  - Varmtvandsdrevne (> 75 C. har COP på ca. 0,7)
  - Røggasdrevne (ca. 400 C)

Hjørring Fjernvarme, Køl for Metropol
Kølecentral m. 1,5 MW absorptionskølemaskine

Hjørring Fjernvarme, Køl for Metropol
Kølecentral m. 1,5 MW absorptionskølemaskine

- **Koldtvand**
  - Kapacitet kW 1500
  - Kølevand m3/h 215
  - Koldt vands temperatur: 12C - 6C
- **Kølekreds**
  - Kølevands flow rate m3/h 450
  - Kølevands temperatur: 26,0C - 32,7C
- **Drivvarme**
  - **Fjernvarme 92C - 76C**
  - Fjernvarme flow m3/h 108

Thisted Varmeforsyning, Køl for midtbyen
Central m. 1,15 MW absorptionskølemaskine og 0,4 MW frikøl



Workshop om Varmepumper i Fremtidens Energisystem

Tak for opmærksomheden

Lth@houe-olsen.dk

3.4 Overskudsvarme fra AGA med transkritisk CO2 varmepumpe v/ Catarina Marcus-Møller, Københavns Energi

Overskudsvarme fra AGA med transkritisk CO2-varmepumpe

29. april 2008

Overskudsvarme fra AGA

Formål

- AGA producerer komprimerede gasarter og har derfor flere kompressorer der kræver køling
- Kølingen resulterer i ca. 5 MW overskudsvarme ved ca. 35 °C
- Undersøge hvor vidt det er muligt at udnytte overskudsvarmen i fjernvarmesystemet med en transkritisk CO2-varmepumpe?
- Kontinuert produktion – varmeleverance hele året

Overskudsvarme fra AGA

2

Løsning

- Opvarme delstrøm af fjernvarme returløbet og sende det tilbage i fremløbet
- Varmepumpen kan udnytte overskudsvarmen ved ca. 35 °C til at hæve returvandet til fremløbstemperaturen på 85 – 90 °C
- Varmepumpe på 1 MW varmeproduktion, anlægget bliver klargjort til flere varmepumper

Overskudsvarme fra AGA

3

Teknisk data for varmepumperne

- Varmepumpen er på 1 MW varmeproduktion men kan sættes sammen til større varmepumpeanlæg. Herunder ses data for 5 varmepumper i et anlæg

	Værdi	Enhed
El-effekt til varmepumpe	1.400	kW
Overskudsvarme fjernet	3.600	kW
Overskudsvarme afsat	5.000	kW
COP	3,6	-
Fordampertemperatur	20	°C
Gaskølertemperatur*	120	°C
Maks. temperatur fjernvarme	95	°C
Opvarmning af fjernvarmevand	50	°C
Flow i fjernvarmevand	100	m^3/h
Nedkøling af kølevand	3,9	°C
Flow i overskudsvarme	780	m^3/h

** Analogt til kondenseringstemperatur*

Overskudsvarme fra AGA

4

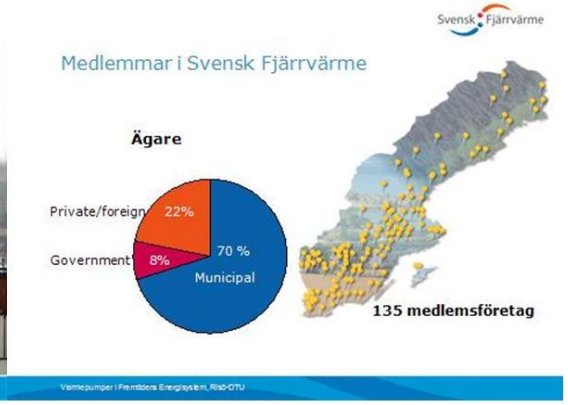
Økonomiske data for varmepumpen

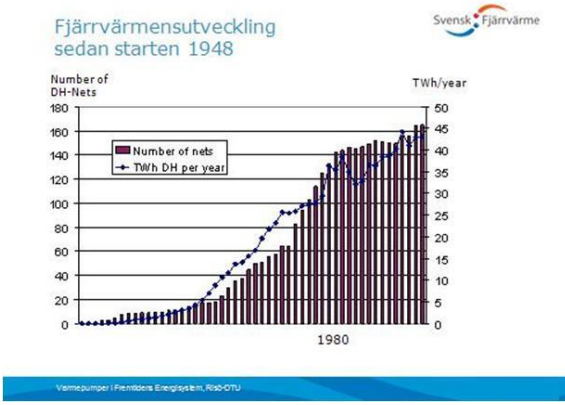
- Varmepumpen på 1 MW varme koster 2,4 mio. kr.
- Rørføring og tilslutning koster 840.000 kr.
- KE ejer formentligt anlægget og låner det til AGA
- AGA udfører drift af anlægget
- Varmepris endnu ikke fastsat
- Der sendes spørgsmål til skat om overskudsvarmeafgiften

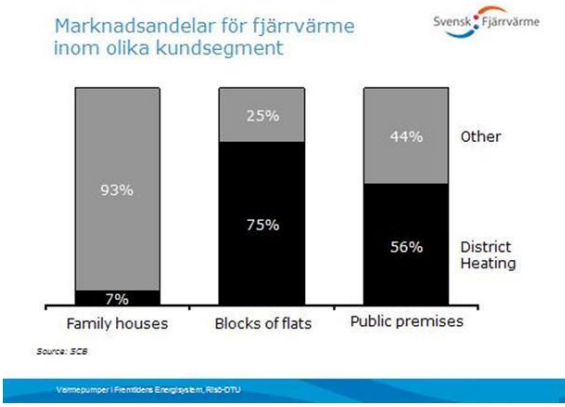
Overskudsvarme fra AGA

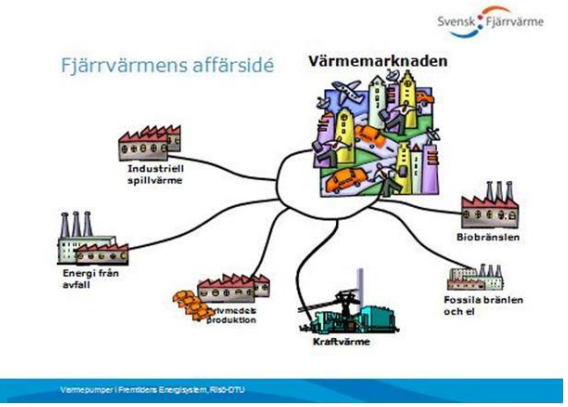
5

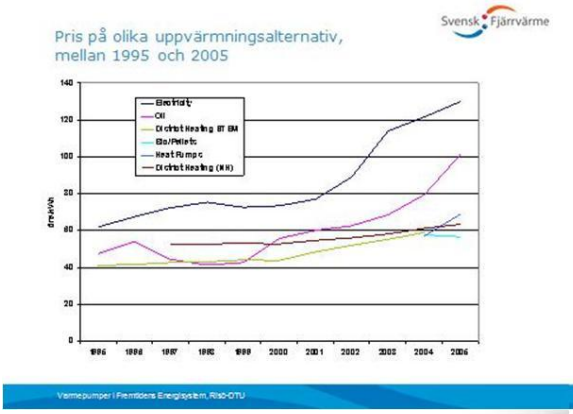
3.5 Erfaringer fra Sverige v/ Erik Larsson, Svensk Fjernvarmeforening

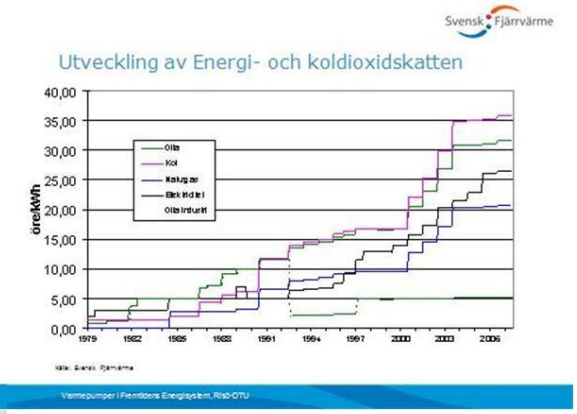


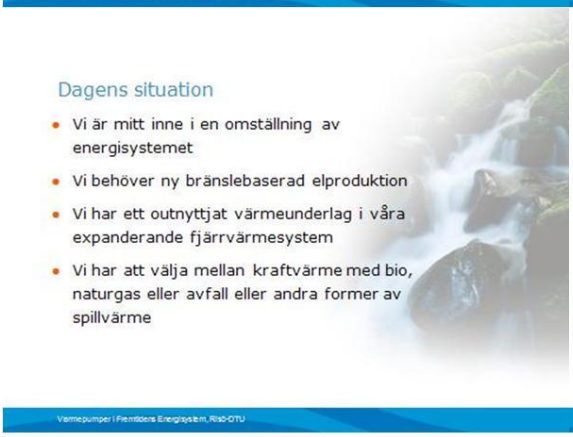


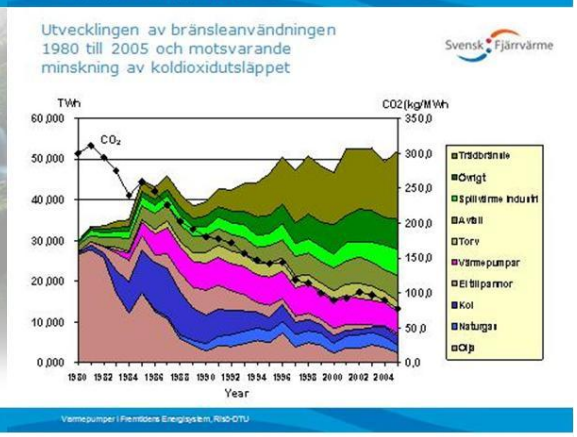


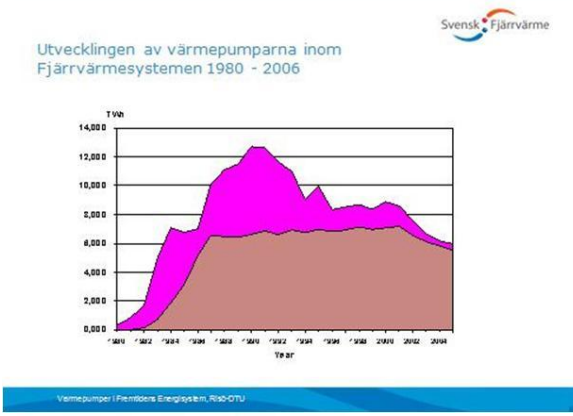


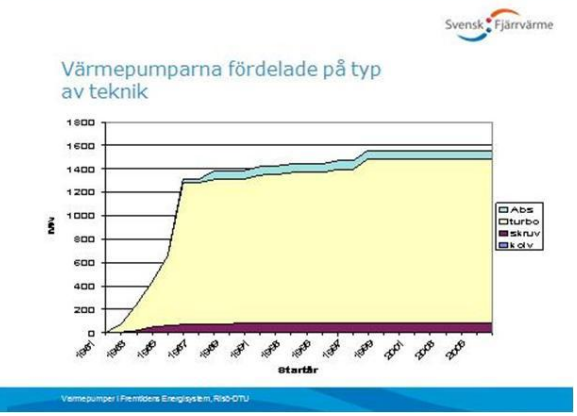

Svensk Fjärrvärme
Pris på olika uppvärmningsalternativ, mellan 1995 och 2005
Electricity
Oil
District Heating (HH)
Heat Pumps
Bio/Pellets
District Heating (BT BM)
öre/kWh
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU

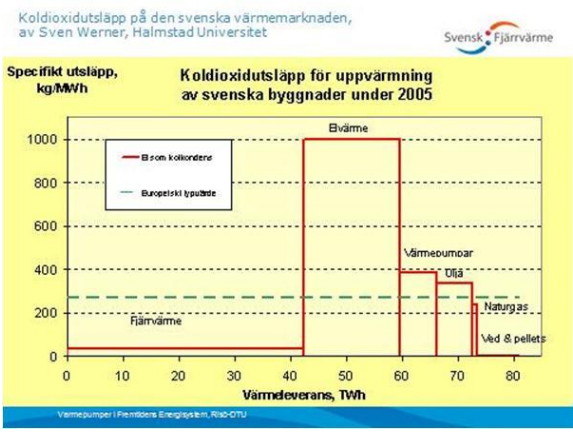

Svensk Fjärrvärme
Utveckling av Energi- och koldioxidskatten
Olja
Kol
Naturgas
Elektricitet
Olja industri
öre/kWh
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU

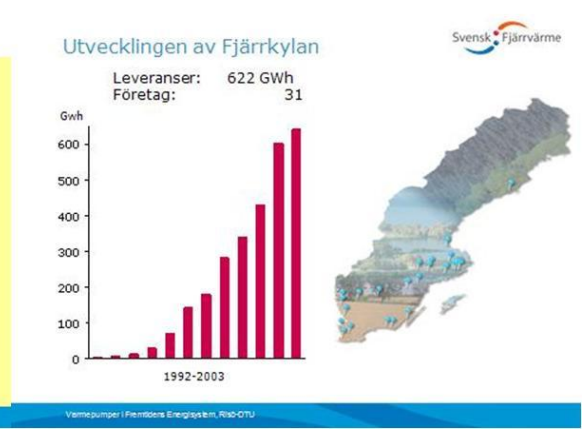

Dagens situation
Vi är mitt inne i en omställning av energisystemet
Vi behöver ny bränslebaserad elproduktion
Vi har ett outnyttjat värmeunderlag i våra expanderande fjärrvärmesystem
Vi har att välja mellan kraftvärme med bio, naturgas eller avfall eller andra former av spillvärme
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU


Svensk Fjärrvärme
Utvecklingen av bränsleanvändningen 1980 till 2005 och motsvarande minskning av koldioxidutsläppet
TWh
CO2(kg/MWh
CO2
Trädbränsle
Övrigt
Spillvärme industri
Avfall
Torv
Värmepumpar
El tillpannor
Kol
Naturgas
Olja
Year
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU

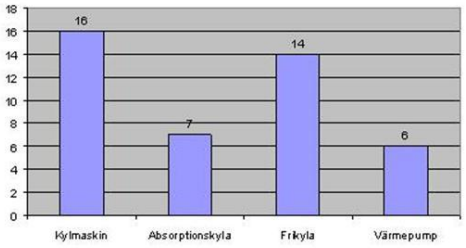

Svensk Fjärrvärme
Utvecklingen av värmepumparna inom Fjärrvärmesystemen 1980 - 2006
TWh
Year
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU


Svensk Fjärrvärme
Värmepumparna fördelade på typ av teknik
MW
Abs
turbo
skruv
kolv
Startår
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU


Koldioxidutsläpp på den svenska värmemarknaden, av Sven Werner, Halmstad Universitet
Svensk Fjärrvärme
Specifikt utsläpp, kg/MWh
Koldioxidutsläpp för uppvärmning av svenska byggnader under 2005
Elvärme
Värmepumpar
Olja
Naturgas
Ved & pellets
Fjärrvärme
Värmeleverans, TWh
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU


Svensk Fjärrvärme
Utvecklingen av Fjärrkylan
Leveranser: 622 GWh
Företag: 31
Gwh
1992-2003
Värmepumper i Framtidens Energisystem, Risö-DTU

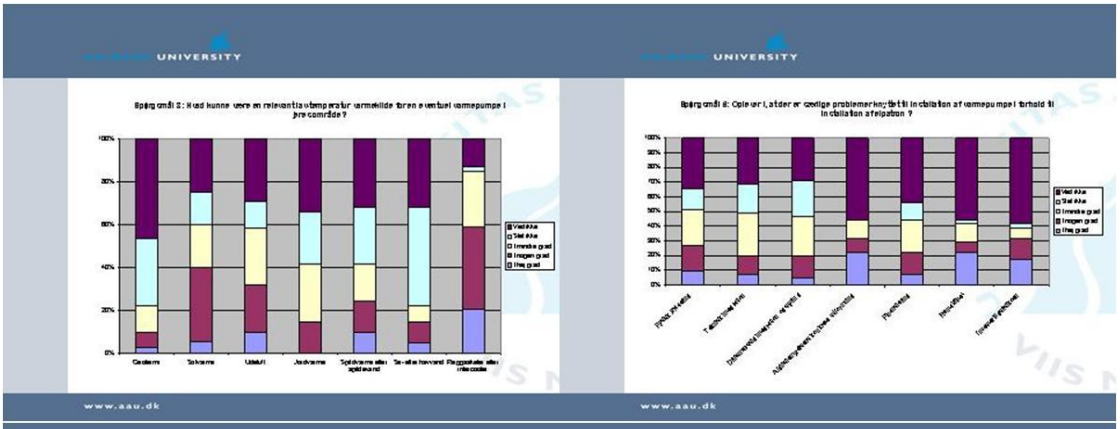
Produktionssätt för fjärrkylan

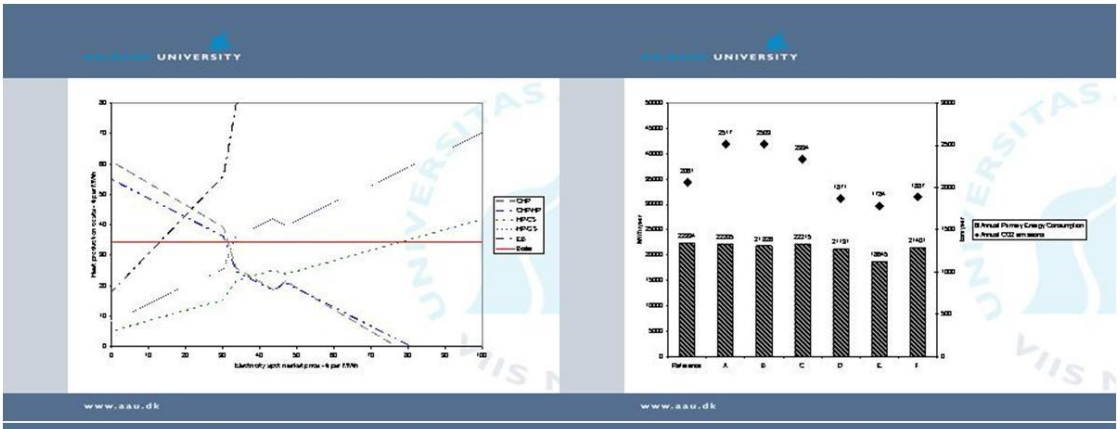


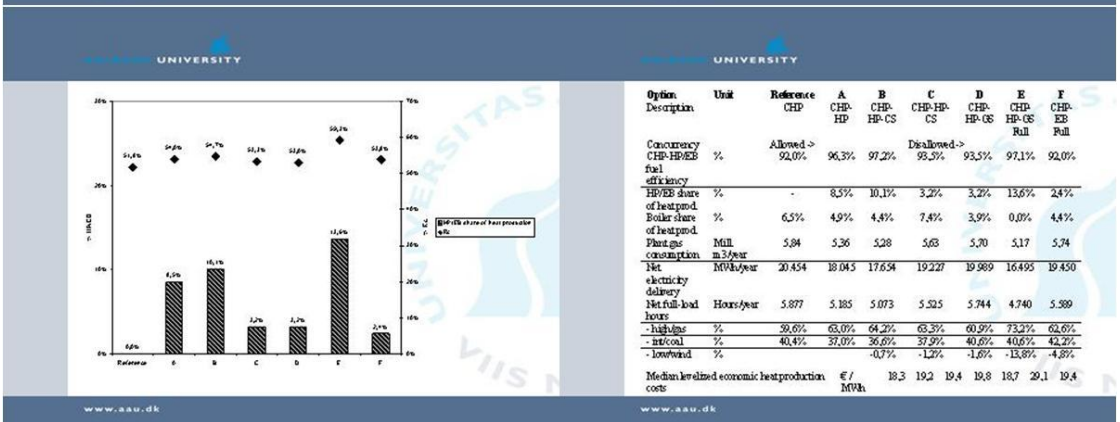
Sammanfattning

- Värmepumparna är på väg ut ur det svenska fjärrvärmesystemen
- Fjärrkylan startade med värmepumpar men är idag främst frikyla
- Ersättning för värmepumparna är kraftvärme från biobränsle eller avfall eller annan spillvärme

3.6 Varmepumper til fjernvarme i Danmark v/ Morten Blarke, AAU


UNIVERSITY
Spørgsmål 2: Hvad kunne være en relevant lavtemperatur varmekilde for en eventuel varmepumpe i jeres område?
Geotherm
Solvarme
Udluft
Jordvarme
Spildevarme eller spildevand
Søvand
Regnvandsbrønd eller lignende
Ved ikke
Slet ikke
Ikke meget
Ingen grad
Høj grad
www.aau.dk
UNIVERSITY
Spørgsmål 4: Oplever I, at der er nogle problemer knyttet til installation af varmepumpe i forhold til installation af elpatron?
Ved ikke
Slet ikke
Ikke meget
Ingen grad
Høj grad
www.aau.dk
UNIVERSITY
Afgiftslove, herunder lov om tilskud til elproduktion
L1417
Elanvendelse til fjernvarmeproduktion, også egenproduceret el, beskattes som udgangspunkt med 66,5 øre per kWh (incl. CO2 afgift) – alm. elafgift.
Med L1417 (implementeres med 90% sandsynlighed i efteråret) er afgiften, uden samtidig kraftvarmeproduktion, lempet til 50 kr/Gj fjernvarme (incl. CO2 afgift). Dette svarer til 18 øre per kWh for elpatroner og 63 øre per kWh for varmepumpe (med en COP på 3,5).
Jo mere effektiv elanvendelse – jo højere afgift!
www.aau.dk
UNIVERSITY
L1417's målgruppe
§ 11 stk. 17 og 18:
Stk. 17. Momsregistrerede varmeproducenter, der leverer varme uden samtidig produktion af elektricitet til de kollektive fjernvarmenet, og som har kraftvarmekapacitet (…) eller som den 1. oktober 2005 havde kraftvarmekapacitet (…) kan få tilbagebetalt (…) (d)en del af afgiften, der overstiger 45 kr. pr. Gj fjernvarme ab værk eller 16,2 øre pr. kWh fjernvarme ab værk (…)
Stk. 18. Virksomheden har kraftvarmekapacitet, hvis 100% af varmeleverancen i mindst 75% af året kan dækkes af kraftvarmeenheden. Mindst 25 pct. af produktionen af elektricitet og varme i kraftvarmeenheden skal udgøres af elektricitet.
www.aau.dk
238 MWe varmepumper
Det fremtidige danske energisystem
Energistrategi 2025
Ingen teknologimål
DA 06 ENERGIÅR
450 MWe varmepumper
Ingeniørforeningens Energiplan 2030
www.aau.dk
UNIVERSITY
Miljø og økonomi i 2010-systemanalysen (marginalt, 100 MWq)
Biomass
Gas
Oil
Coal
EP 5G7
EP 16G
SI5G7
SI 16G
www.aau.dk
UNIVERSITY
Hours
www.aau.dk
UNIVERSITY
Kraftvarmepumpeanlægget besvarer mange spørgsmål
Thermal Storage
www.aau.dk





Option Description	Unit	Reference CHP	A CHP-HP	B CHP-HP-CS	C CHP-HP-CS	D CHP-HP-GS	E CHP-HP-GS Full	F CHP-EB Full
Concurrency		Allowed ->			Disallowed->			
CHP-HP/EB fuel efficiency	%	92,0%	96,3%	97,2%	93,5%	93,5%	97,1%	92,0%
HP/EB share of heat prod.	%	-	8,5%	10,1%	3,2%	3,2%	13,6%	2,4%
Boiler share of heat prod.	%	6,5%	4,9%	4,4%	7,4%	3,9%	0,0%	4,4%
Plant gas consumption	Mill. m3/year	5,84	5,36	5,28	5,63	5,70	5,17	5,74
Net electricity delivery	MWh/year	20.454	18.045	17.654	19.227	19.989	16.495	19.450
Net full-load hours	Hours/year	5.877	5.185	5.073	5.525	5.744	4.740	5.589
- high/gas	%	59,6%	63,0%	64,2%	63,3%	60,9%	73,2%	62,6%
- int/coal	%	40,4%	37,0%	36,6%	37,9%	40,6%	40,6%	42,2%
- low/wind	%			-0,7%	-1,2%	-1,6%	-13,8%	-4,8%
Median levelized economic heat production costs	€ / MWh		18,3	19,2	19,4	19,8	18,7	29,1	19,4

3.7 Systemindpasning i Norden v/ Peter Meibom, Risø DTU

DTU RISØ

VALUE OF ELECTRICAL HEAT BOILERS AND HEAT PUMPS FOR WIND POWER INTEGRATION

Peter Meibom, Helge Larsen, Risø DTU
Juha Kiviluoma, VTT
Rüdiger Barth, Heike Brand, IER – University of Stuttgart
Christoph Weber, University of Duisburg-Essen

Varmepumpeworkshop, Risø-DTU, April 29th 2008

Meibom, P., Kiviluoma, J., Barth, R., Brand, H., Weber, C., Larsen, H., "Value of electrical heat boilers and heat pumps for wind power integration", Wind Energy. Volume 10, number 4, pages 321 – 337, 2007

DTU RISØ

Content presentation

- Objective
- Methodology
- Wilmar Planning tool
- Cases analysed
- Results
- Conclusions

DTU RISØ

Objective of the study

- Analyse the value of introducing heat pumps and electrical boilers in a power system with a high share of wind power production
- Value for society (system operation costs), wind power producers (revenue), investors in heat pumps and electrical boilers (profit)

DTU RISØ

Methodology

- Analysis using the Wilmar Planning tool
- For the Nordic countries and Germany define base power system configuration in 2010
- For three heat systems: run and compare three cases
  - Base case without heat measures
  - Heat pumps introduced in three areas (Copenhagen DK_E, Odense DK_W, Helsinki FI)
  - Electrical boilers introduced in three areas

DTU RISØ

Main idea behind the Planning tool

- Improve decision making by using information contained in wind power production forecasts
- Information: Expected wind power production, but also precision of forecast, i.e. the distribution of the wind power production forecast errors
- Decisions before wind power is known: Trade on day-ahead market
- Decision after wind power is known (recourse actions): Activation of regulating power

DTU RISØ

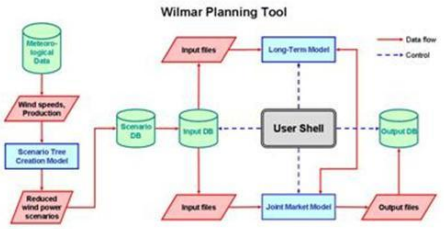
Main idea behind the Planning tool

- How:
  - System-wide stochastic optimisation model with the wind power production as a stochastic input parameter
  - Covering both day-ahead and intraday (regulating power) market
- Consequence: Model makes optimal unit dispatch on these markets that are robust towards wind power production forecast errors
- Results provide lower bound on real world costs

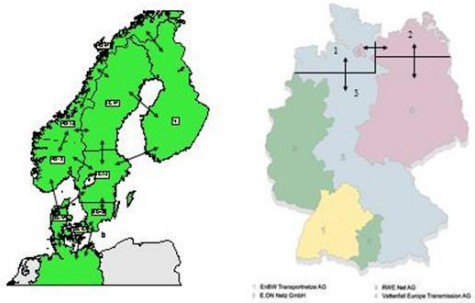
Framework of Planning Tool

- Same market structure in different countries
- Marginal costs determine unit dispatch
- Market structure:
  - Day-ahead market with hourly resolution (Nord Pool Spot)
  - Intraday market with hourly resolution (Elbas at Nord Pool + Regulating power market run by Nordic TSOs)
  - Day-ahead market for primary (spinning) reserves with daily resolution
  - Heat markets with hourly resolution

Overview Wilmar Planning Tool

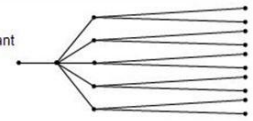


Overview Planning Tool



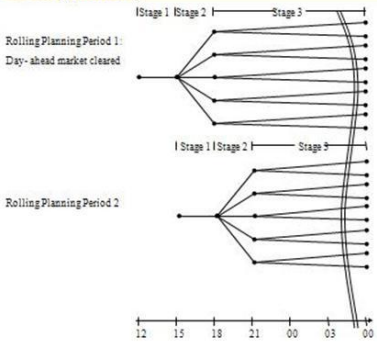
Stochastic optimisation

- Introduce scenario tree:
  - Equations node and time dependant
  - Minimise expected costs
- Partitioning of decision variables:



$$P_{i,s,t} = P_{i,t}^{DAYAHEAD} + P_{i,s,t}^{+INTRADAY} - P_{i,s,t}^{-INTRADAY}$$

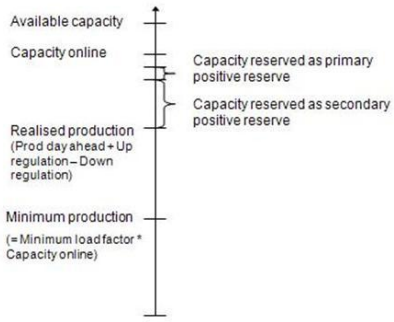
Rolling planning



Design Joint Market model

- Objective function = Fuel costs + Variable O&M costs + Start-up costs – Value at the end of optimisation period of heat and elec storage & hydro reservoir + CO2 Taxes – Support for renewable elec prod
- Linear approximation of startup costs, partload efficiency, startup times and minimum stable generation

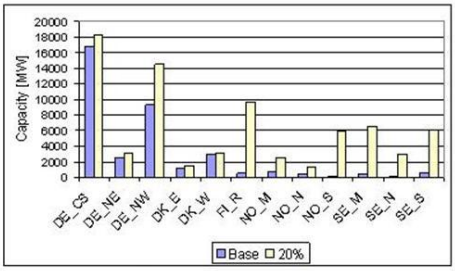
Dispatch of unit group



Overview of analysed cases (1)

- Covers Denmark, Finland, Germany, Norway and Sweden
- Considered time period: 4-28 February 2010 – 24 days
- Time-series are based on the year 2001
- Base power system configuration for 2010:
  - Power plant investments decided today are included in 2010 (e.g. Finnish nuclear power)
  - Already announced decommissioning of power plants are included
  - New transmission lines: Storebælt 600 MW (Denmark East – Denmark West), Fennoskan 2 (Sweden - Finland), New line between North-western and North-eastern Germany
  - For Denmark and Germany: Forecasted wind power capacities for 2015 (production cover 29% and 11% of the annual electricity demand, respectively)
  - For Finland, Norway and Sweden: Wind power capacities equal to cover 20% of the annual electricity demand

Installed wind power capacity



Total production 77.3 TWh, Wind power production 12.9 TWh,

Share wind power 17% during the analysed 24 days in February

Overview analysed cases (2)

- Heat boilers or heat pumps in three heat areas: Odense (DK_W), Copenhagen (DK_E) and Helsinki (FI)
- In each heat area:
  - Electrical heat boilers and heat pumps same heat production capacity
  - Heat production capacity equal to half of the heat production capacity of CHP plants in the heat area
- Electricity consumption capacity of heat measures:
  - Heat pumps: 736 MW, electrical heat boilers: 2002 MW
  - Power capacity without wind in the whole system: 200 GW
- 3 cases
  - BASE: without heat measures
  - ElecBoiler: with heat boilers
  - Heat Pump: with heat pumps

Configuration of CHP systems

	BP, elec	BP, heat	Extr, elec	Extr, heat	Fuel boiler
Copen-hagen	224	612	1069	1232	1500
Odense	24	64	556	776	600
Helsinki	549	898	494	423	2030

Heat and power capacity of heat producing units in MW

	Electrical boiler	Heat Pump	COP value heat pumps
Copenhagen	922	922	2.7
Odense	420	420	2.8
Helsinki	660	660	2.7

Heat production capacity of each heat measure in MW

Calculation of COP value

	Copenhagen	Odense	Helsinki
Heat reservoir	Sea water	Air	Sea water
T_low [°C]	3	0	3
T_high [°C]	100	90	100
COP theoretical	3.8	4.0	3.8
COP realised	2.7	2.8	2.7

Overview of analysed case scenarios – Assumptions

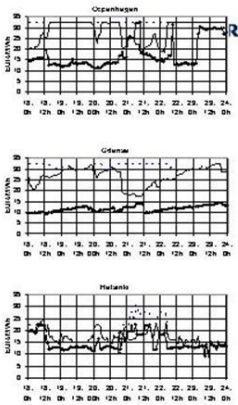
High fossil fuel prices scenario:

Fuel	Price [Euro2002/GJ]	Fuel	Price [Euro2002/GJ]
Nuclear	1.7	Shale	1.2
Nat_Gas	6.16	Peat	1.5
Coal	2.25	Muni_Waste	0
Lignite	1.05	Straw	4.4
Fueloil	6.16	Wood	4.3
Lightoil	7.19	Wood (Waste)	4
Orimulsion	1.2		

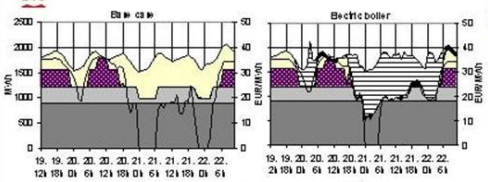
CO_2 emission allowance price for the medium price scenario:

17 Euro2002/MWh

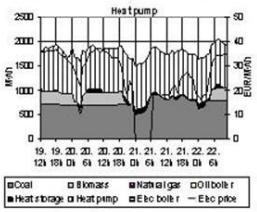
Heat prices of different cases in the studied heating areas. Dotted line: base case, Full line: electric boilers, Line with diamonds: heat pumps



Heat prices of different cases in the studied heating areas. Dotted line: base case, Full line: electric boilers, Line with diamonds: heat pumps

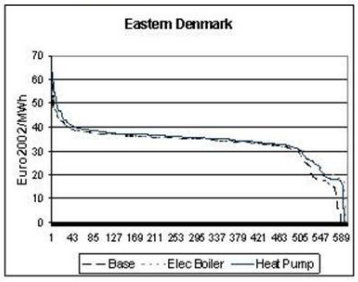


Heat production [MW] of different groups of plants in Copenhagen during high wind situation

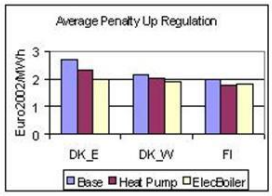


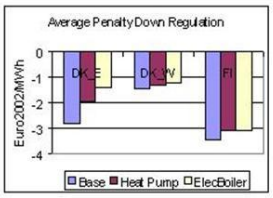
Results intraday prices

Duration curve of intraday prices:



Results imbalance payments





Results system benefits

	Benefits (k€/MW heat)		Annuity (k€/MW heat)		Ratio (%)	
	HP	Elec Boil	HP	Elec Boil	HP	Elec Boil
DK East	9.0	1.1	40.3	2.3	22.3	47.9
DK West	4.5	0.6	40.3	2.3	11.0	24.8
Finland	1.8	0.15	40.3	2.3	4.3	6.8

Investment costs: 0.6 M€/MW heat for heat pump, 0.04 M€/MW heat for electrical boiler, discount rate 3% (fixed prices), economical lifetime 20 years

Results heat measure revenue

	Revenue (k€/MW heat)		Annuity (k€/MW heat)		Ratio (%)	
	HP	Elec Boil	HP	Elec Boil	HP	Elec Boil
DK East	10.9	0.9	70	4.7	15.5	19.3
DK West	5.6	0.7	70	4.7	8.0	14.8
Finland	2.5	0.25	70	4.7	3.6	5.4

Heat measures receive heat prices found in model run without heat measure.

Investment costs: 0.6 M€/MW heat for heat pump, 0.04 M€/MW heat for electrical boiler, discount rate 8% (fixed prices), economical lifetime 15 years

Conclusions

- Heat measures replace production on heat boilers using fuel oil and CHP plants using different fuels
- Heat pumps used more than electrical heat boilers
- Heat measures are beneficial for wind power producers in that:
  - Heat measures use electricity to produce heat when power prices are low thereby increasing low power prices
  - Heat measures provide regulating power thereby decreasing the penalties connected to wind power production forecast errors
  - Revenue of wind power producers increased from 381.0 MEuro in the base case to 388.7 MEuro (2.0%) in the case of electrical boilers and to 390.8 MEuro (2.6%) in the case of heat pumps

Conclusions

- Heat measures decrease the operational costs of the power system
- Reduction in operational costs probably enough to cover the annualised investment costs of heat pumps in DK_E and electrical boilers in DK_E and DK_W , i.e. these measures increase social welfare, but extension of analysis to a full year is needed
- Change in heat prices (marginal heat production costs) between base case and heat measure cases lower in Finnish system than in Denmark West and Denmark East: investments in heat measures not profitable in Finnish system

4 Referat og deltagerliste

Varmepumpe workshop på Risø-DTU 29. april 2008.

Deltagere:

Erik Larsson	Svensk Fjärrvärme AB
Svend Pedersen	Teknologisk Institut
Lars Toft Hansen	SEG Aps & Hove & Olsen A/S
Catarina Marcus-Møller	Københavns Energi
Morten Blarke	Aalborg Universitet
Peter Meibom	Risø-DTU
Christina Gomez Burgos	Energistyrelsen
Magnus Foged	Københavns Energi
Mikkel Korsbæk	Københavns Energi
Anders Bavnhøj Hansen	Energinet.dk
John Tang	Dansk Fjernvarme
Inga Thorup Madsen	CTR
Carl Hellmers	Fredericia Fjernvarme
Poul Dyhr-Mikkelsen	Danfoss
Hans Henrik Lindboe	Ea Energianalyse
Jesper Werling	Ea Energianalyse
Poul Erik Morthorst	Risø-DTU
Erika Zvingilaite	Risø-DTU
Kenneth Karlsson	Risø-DTU
Helge Larsen	Risø-DTU
Marie Münster	Risø-DTU

Referat:

Poul Erik Morthorst, Risø-DTU, bød velkommen og fortalte kort om EFP-2007 projektet "Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem" og fremlagde en liste med centrale spørgsmål, som han bad workshoppen fokusere på.

Marie Münster gennemgik det udsendte dataark for varmepumper og bad om kommentarer.

Erik Larsson, Svensk Fjärrvärme AB (http://www.svenskfjarrvarme.se), fortalte om varmepumpers rolle i det svenske energisystem. Små varmepumper bliver i vid udstrækning brugt i enfamiliehuse, hvorimod større varmepumper i forbindelse med fjernvarme er på vej ud. Hovedårsagen hertil er den billige og regulerbare vandkraft samt ændringer i tilskuds/afgiftssystemet. En væsentlig drivkraft for den oprindelige introduktion af varmepumper var overskudskapaciteten af nuklear energi. Den største varmepumpe i fjernvarmenettet er på 50 MW, de fleste er på 15 – 20 MW. De store fjernvarmepumper har COP på 3 – 4 med spildevand som varmekilde, mens COP er 4 – 8, når kilden er industrispildvarme ved fx 40°C. I Sverige producerer fjernvarmepumperne pr. år ca. 5 TWh. Næsten alle fjernvarmepumper anvender turbokompressor, men også skruekompressorer bruges – samt absorptionsvarmepumper. Mens varmepumperne oprindelig producerede varmegrundlasten, bliver de nu i højere grad brugt som elnedreguleringskapacitet og varmespidslastkapacitet. I Sverige er der 31 fjernkølingsanlæg, som yder 620 GWh

pr. år. Fjernkøling startede som varmepumpeanlæg, men er nu oftere frikølingsanlæg, hvor koldt vand fra naturen pumpes ud til køle-kunderne.

Svend Pedersen, Teknologisk Institut, fortalte om mindre varmepumper til enfamiliehuse og boligblokke – og henviste til Teknologisk Instituts informationsside http://www.varmepumpeinfo.dk, Dansk Varmepumpe Industri (http://www.dvi-nibe.dk) samt IEA Heat Pump Centre (http://www.heatpumpcentre.org). For luft/luft-varmepumper kan man forvente en SCOP på 3.2 – 3.7, men der blev advaret mod for billige produkter, samt præciseret, at man ikke skal fokusere på COP (som måske er målt under idealiserede forudsætninger), men derimod på SCOP (seasonal COP), som er en middelværdi for et års drift. Luft/vand-varmepumper blev omtalt. Et anlæg koster ca. 50 kkr for udedelen. Fordele: Hele anlægget står udendørs, kan bruges ned til -15 ^{o}C med COP på 2 – 2½. Ulemper: Skal afrimes, når det er koldt. Jordvarmeanlæg koster 45 – 60 kkr. Installeret måske 100 kkr. Kan med fordel dimensioneres til at yde 95 – 100 % af effektbehovet, hvorimod andre varmepumpetyper normalt dimensioneres til ca. 80 % og suppleres med andre varmekilder. Generelt gælder, at en varmepumpe har større COP, når den kører i dellast, da varmevekslerne herved er større pr. MW produceret. En regulering, hvor ydelsen nedsættes (behovsstyring, inverterstyring), bør derfor foretrækkes frem for en start/stop-regulering. Herved kan opnås en forbedring af SCOP på ca. 30 %. Inverterstyring kan normalt anvendes ned til ca. ½ effekt, herunder må start/stop-regulering anvendes. Der blev henvist til bygningsreglementets beregningsprogram BE06 (se fx http://www.teknologisk.dk/varmepumpeinfo/21865).

Lars Toft Hansen, Houe & Olsen A/S og SEG Aps, fortalte om absorptionsvarmepumper, som primært bliver anvendt i forbindelse med røggaskondensering. Ved produktion af 6 – 12 ^{o}C vand til køleformål får man en COP på ca. 1.35, hvis energien hentes fra damp (6 bar), og ca. 0.7, hvis kilden er varmt vand (> 75 ^{o}C). Om vinteren kan der produceres varme med COP = 0.63. Et fjernkølingsanlæg for midtbyen i Thisted blev omtalt: 1.15 MW absorptionskøling og 0.4 MW frikøl. Absorptionskølemaskinen modtager 75 ^{o}C fjernvarmevand og afkøler det til 68 ^{o}C. Pris ca. 1.2 Mkr for selve anlægget, ca. lige så meget for resten.

Catarina Marcus-Møller, Københavns Energi, fortalte om installeringen af et varmepumpeanlæg hos AGA A/S, som året rundt producerer 5 MW overskudsvarme ved 35 ^{o}C. Dette udnyttes i en transkritisk CO_2 varmepumpe. Anlægget opbygges modulvis, i første omgang udnyttes 1 MW af overskudsvarmen, senere udvides sandsynligvis til 5 MW. COP = 3.6. Fjernvarmevand fra returledningen (35 ^{o}C) opvarmes og sendes ind på fremløbsledningen (80 ^{o}C). Pris 2.4/2.6 Mkr u/m installering. Rørføring 0.8 Mkr.

Morten Blarke, Aalborg Universitet, fortalte om sit ph.d.-projekt. Han anvender EnergyPlan og Sivael i sine modelberegninger. Det betragtede energianlæg består af en kompressionsvarmepumpe, som udnytter spildvarmen i røggassen fra et kraftvarmeværk. Systemet er endvidere udstyret med et varmelager for energien fra røggassen. Herved muliggør man, at varmepumpen kan køre, når kraftvarmeværket står stille. Store varmepumper er ikke 'hyldevarer', men skal specialdesignes. Potentialet for varmepumper på kraftvarmeværker er 150 MW_e.

Peter Meibom, Risø-DTU, gennemgik en undersøgelse af forholdene i forbindelse med introduktion af store varmepumper i fjernvarmenettene i Odense, København og Helsinki. Der blev benyttet en model Wilmar for det samlede elsystem i Norden og Tyskland.

Herefter var der en *generel diskussion*. Bl.a. blev det nævnt, at en varmepumpes pris for små varmepumper er ret uafhængig af varmepumpens størrelse, mens store varmepumpers pris næsten er en fast pris pr. MW. Endvidere blev muligheden af at anvende varmepumper til at booste fremløbstemperaturen yderst i fjernvarmenettet fremhævet.
Morten Blarke mente, at databladet for varmepumper burde være mere detaljeret. Det aftaltes, at Svend Pedersen (TI) og projektgruppen mødes for at fremskaffe bedre data for små varmepumper, og at gruppen sammen med Claus Schøn Poulsen (TI) og Torben M. Hansen (Advansor) forsøger at få bedre data for store varmepumper.

Det aftaltes, at EFP-2007 projektets rapport til sin tid kan sendes til kommentering hos Morten Blarke og Peter Meibom.

Helge Larsen, Risø-DTU.

Workshop om Lavtemperaturfjernvarme

5 Program for workshop

Workshop om lavtemperaturfjernvarme på Ea-Energianalyse, Frederiksholms Kanal 1, København.

Tirsdag den 10 juni 2008.

Risø, Ea Energianalyse og Ramløse Edb gennemfører i samarbejde med Dansk Fjernvarmes Visionsudvalg projektet "Effektiv fjervarme i fremtidens energisystem". Projektets formål er at analysere, hvordan fjernvarme kan indgå som en brik i et fremtidigt energisystem med lavere energiforbrug og mere vedvarende energi.

Traditionelt leveres fjernvarme ved en relativt høj temperatur (op til ca. 100 C), men der kan være fordele ved at distribuere varmen ved lavere temperatur. Varmetabet kan sænkes, og endvidere giver det mulighed for at udnytte forskellige spildvarmekilder med lavere temperatur fra f.eks. spildevandsanlæg, forskellige industrielle processer mv. Desuden kan det give mulighed for bedre udnyttelse af solvarme eller bedre røggaskondensering på kedel- eller kraftvarmeanlægget.

Formålet med denne workshop er at identificere og belyse de væsentligste barrierer for at få en større udbredelse af lavtemperaturfjernvarme. Som led heri vil følgende emner blive belyst:

- Koncepter for lavtemperaturfjernvarme
- Sundhedsspørgsmål ved lavere vandtemperatur - Legionella
- Varmeinstallationer hos forbrugere
- Varmetab – rørtyper og dimensioner
- Lovgivningsmæssige og andre barrierer

Det er hensigten at workshop'en skal give input til kvantitative scenarier for fjernvarmens rolle i det fremtidige danske energisystem. Kortlægning af tekniske muligheder og omkostninger vil derfor være et element i workshop'en.

Program for Workshop'en

Formiddag (kl. 10 -12),

- Orientering om lavtemperaturfjernvarme i EFP projektet Effektiv fjernvarme (Carl Hellmers/Hans Henrik Lindboe)
- Status for projekt om lavtemperaturfjernvarme (Svend Svendsen).
- Drøftelse af andre erfaringer/projekter samt hvilke koncepter og data vi kan anvende i projektet
- Afslutning af workshop samt frokost

6 Præsentationer

6.1 Lavtemperaturfjernvarme v/ Carl Hellmers, Fredericia Fjernvarme

Lavtemperaturfjernvarme

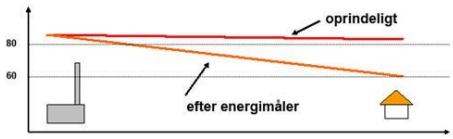
Traditionelt høje temperaturer - 85 - 95 °C

- **m³ - afregningen krævede, at temperaturen var relativt ens i hele fjernvarmenettet**
- **de skrøbelige rørsystemer bevirkede, at de enkelte driftsledere var meget utilbøjelige til at ændre på temperaturen over året.**
- **temperaturen blev holdt høj med faste omløb -> høje returtempeaturer hele året.**
- **store pumpeomkostninger**
- **god afkøling fra varmeanlæggene pga. m³ afregningen**

Lavtemperaturfjernvarme

Nye målere giver nye muligheder

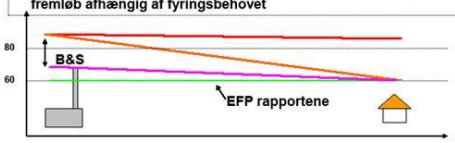
- **først i 1980'erne bliver energimåleren almindelig til fjernvarmeafregning**
- **muliggør en afkobling mellem fremløbstemperatur og afregningen**
- **omløbene fjernes og temperaturen sænkes generelt i nettet**



Lavtemperaturfjernvarme

EFP rapport fra 1988 - AUC, Nellemann m.fl.

- **I to EFP projekter påviser AUC, Nellemann m.fl. at der kan være store besparelser ved at sænke temperaturen i fjernvarmenettet generelt.**
- **DFF (nu Dansk Fjernvarme) anser dette for noget vrøvl og sætter Bruun & Sørensen til at udarbejde en rapport, der fastslår, at net skal dimensioneres for 90/45 C. Samtidigt slår rapporten til lyd for at drive fjernvarmenettene med glidende temperaturer, dvs. fremløb afhængig af fyringsbehovet**



Lavtemperaturfjernvarme

Uddrag fra byøkologisk projekt i Frederikshavn 1988

I pilotprojektet har man udnyttet den passive solvarme ved at prioritere vinduer mod syd.

De 27 boliger er opvarmet med lavtemperaturfjernvarme med en fremløbstemperatur på 45-50 grader.

Det åbner for supplerende varmeforsyning med vedvarende energikilde, f.eks. varmepumpe- eller solfangeranlæg

Lavtemperaturfjernvarme

Uddrag spørgsmål til energiministeren 96/97 vedr. biomasseværk i Århus

Spørgsmål 111:
"Hvor stor en besparelse i det årlige varmeforbrug (i procent) kan der erfaringsmæssigt påregnes sparet, ved overgang fra højtemperaturfjernvarme til lavtemperaturfjernvarme?"
Svar:
I større fjernvarmeområder udgør nettabet typisk 25% af varmeforbruget. En reduktion af fjernvarmetemperaturniveauerne med f.eks. 10ºC vil give en reduktion af nettabet på typisk 20% eller 5% af det samlede varmeforbrug.

Spørgsmål 114:
"Hvor meget vil det koste at ombygge fjernvarmesystemet i Århus til lavtemperaturfjernvarme ved etablering af et nyt Århus værk? Den samlede pris og prisen for den enkelte forbruger ønskes oplyst."
Svar:
Idet der henvises til svar på spørgsmål 110 kan det oplyses, at der i det ansøgte projekt ikke forventedes ændringer af den enkelte forbrugers varmeudgifter.

Lavtemperaturfjernvarme

Ålborg Kommune "Miljømanualen – retningslinier for offentlig støttet byfornyelse eller boligbyggeri i Aalborg kommune" 2001

lavtemperaturfjernvarme
Ved at sænke fremløbstemperaturen på fjernvarmen reduceres varmetabet i ledningsnettet væsentligt.

Egentlig lavtemperatur er endnu ikke et lovkrav, men i de enkelte ejendomme kan der i forbindelse med modernisering af varmeanlægget - eller ved nyanlæg - skabes et lokalt lavtemperatursystem.

Varmeafgivelsen fra de enkelte radiatorer reduceres, når fremløbstemperaturen sænkes. Dette behøver ikke giver problemer med eksisterende radiatorer, når der samtidig sker en efterisolering af klimaskærmen.

Radiatorer skal forsynes med termostatventiler. Nye varmeanlæg skal dimensioneres til lavtemperaturfjernvarme. Lokalt lavtemperatursystem kan udføres ved montering af blandearrangement ved den enkelte ejendoms fjernvarmestik.

Lavtemperaturfjernvarme

Ultra lavtemperaturfjernvarme - "kold fjernvarme"

I lighed med projektet i Frederikshavn forsøges der med fjernvarme med 40 - 45 C til parcelhuse.

Parcelhusene er opvarmet med gulvvarme, som er tilpasset til den lave temperatur. Opvarmning af varmt brugsvand sker i 2 trin, dvs. med fjernvarme til ca. 35 - 40 C og med elvarme op til 55 C.

Forsøget foretages i Tullebølle på Langeland og støttes af F&U kontoen hos DFF.

Lavtemperaturfjernvarme

Potentialer

Gevinsten ved lavere temperaturer i fjernvarmeinstallationerne og hermed også i nettene er ikke opgjort.

Potentialerne fordeler sig mellem
- **lavere varmetab fra fjernvarmenettet - kan relativt let beregnes**
- **øgede virkningsgrader i varmeproduktionen - afhænger af aktuel produktionsapparat**
- **bedre muligheder for opsamling af spildvarme - mangler kortlægning**
-
-
-

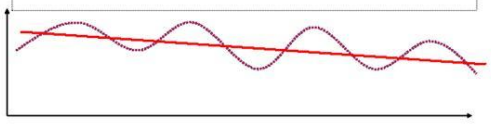
Lavtemperaturfjernvarme

Risici ?

Fjernvarmenettene kan tåle en del temperatursvingninger - 200 fulde cykler fra 110 - 10 - 110.

Logstor oplyser, at når man omregner de små temperaturændringer eks. hver dag ± 10 C giver det 120 fuldlastcykler over 30 år. Så her burde ikke være problemer med nye net.

Det er nok værre med de eksisterende !!



6.2 Lavtemperaturfjernvarme – samlet præsentation af foreløbige resultater v/ Svend Svendsen, DTU

Lavenergifjernvarme
Samlet præsentation af foreløbige resultater

Svend Svendsen
www.byg.dtu.dk

Udvikling og demonstration af lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri

Baggrund

- Klima- og energiproblem løses ved udfasning af fossile brændsler ved brug af energibesparelser og vedvarende energi
- Bygninger som lavenergibygninger
- Varmebehov kan i byer dækkes med fjernvarme fra affaldsvarme, solvarme og geotermisk varme
- Uden for byer anvendes el-varmepumper

Udvikling og demonstration af lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri

Generel orientering om projektet:

- EFP 2007 Projekt
- Formål: Som titlen med vægt på økonomi
- Idé: Samlet udvikling af husinstallation og fjernvarmenet med henblik på at:
  - Udnytte udjævning af spidsbelastninger i bygninger til minimering af medierør og dermed varmetab og pris
  - Udnytte lave frem- og returtemperaturer til minimering af varmetab og forbedre systemvirkningsgrad

Udvikling og demonstration af lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri

Generel orientering om projektet:

- **Deltagere:**
  - **Energitjenesten**
  - **Danfoss District Heating**
  - **Logstor**
  - **Cowi**
  - **Teknologisk Institut**
  - **DTU Byg**

Udvikling af husinstallationer

Rumvarme: Gulvvarme i betondæk

- Opfylder brugerønsker om varme i gulv
- Kan i lavenergihuse benytte temperaturer på 30 -20 C afhængig af udetemperatur
- Kan være selvregulerende med konstant flow med udetemperaturstyret vandtemperatur
- Kan udjævne varmebehov på døgnbasis ved passende styring
- Kan billiggøres uden rumtermostater

Lavenergifjernvarme
Døgnudjævning af rumvarmeforbrug

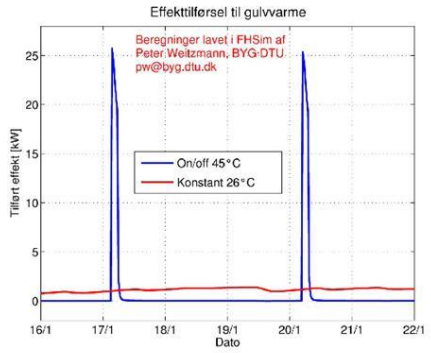
Lavenergihus Klasse 1 på 145 m² med gulvvarme (tung)

Varmebehov ca. 20 kWh/m² pr. år

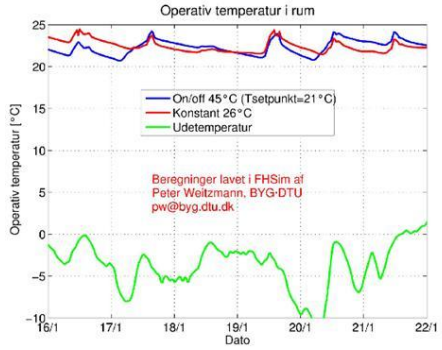
Gulvvarmens fremløbstemperatur og styring:

- **Traditionel gulvvarme on/off med fremløbstemperatur 45°C**
- **Konstant lavtemperaturdrift med fremløbstemperatur beregnet på døgnbasis**

Lavenergifjernvarme - Gulvvarme



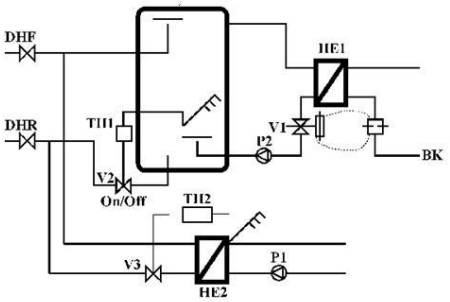
Lavenergifjernvarme - Gulvvarme



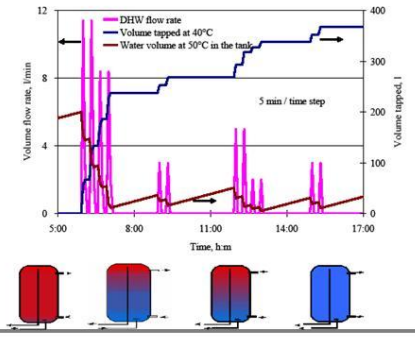
Udvikling af husinstallationer Varmt brugsvand

- Lavtemperatur:
  - Fjernvarmetemperatur på 50C
  - Gennemstrømningsveksler
  - Brugsvandstemperatur på 42C ved veksler
- Udjævning:
  - Buffertank med fjernvarmevand
  - Udjævner varmtvandsforbrug på døgnbasis

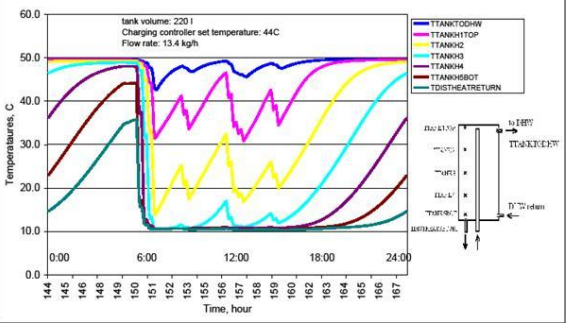
Udvikling af husinstallationer Varmt brugsvand – separat system



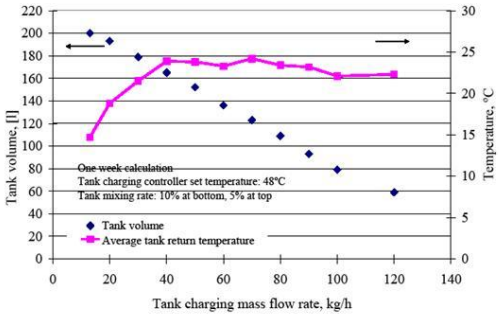
Udjævning af forbrug af varmt brugsvand i fjernvarmebuffertank



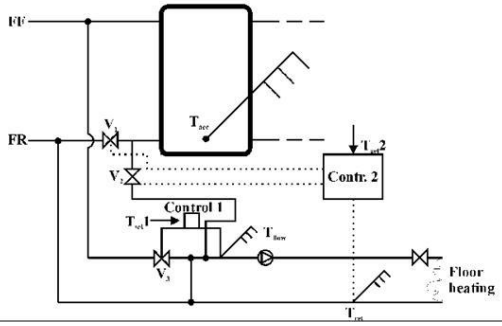
Returtemperatur fra buffertank



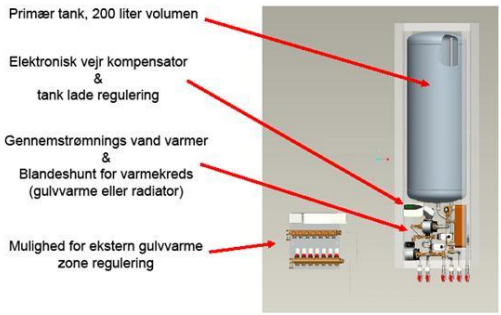
Max flow og returtemperatur som funktion af tankstørrelse



Udvikling af husinstallationer Varmt brugsvand – Kombi-system



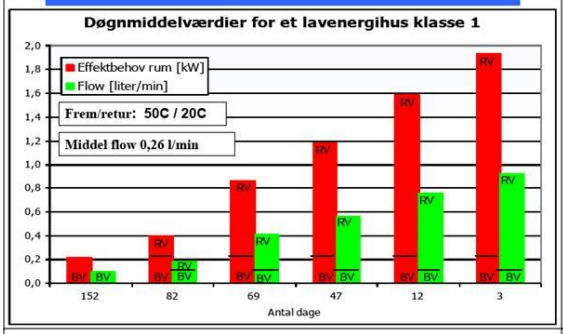
Opbygning af bruger unitten



Effekter af forskellige tankstørrelser

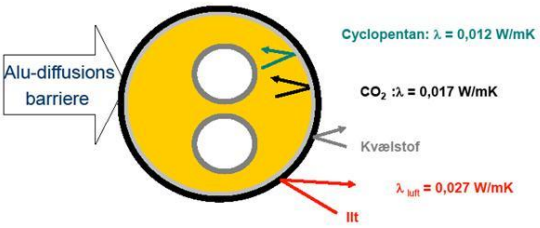
Tank størrelse		liter	0	60	140	200
Flow i fjernvarmenettet (max)		kg/h	680	120	58	14
Tank varmetab		kWh	-	104	181	93
Separat system	Middel returtemperatur	° C	-	22.4	23.3	18.2
Kombi-system	Energi fra tank til gulvvarme	kWh	-	553	660	136
	Middel returtemperatur	° C	-	19.9	20.6	17.0

Lavenergifjernvarme
Effektbehov



Rør med gasdiffusions barriere

- Twin Stål og AluFlex



Varmetab efter multipol

AluFlex

d1/d2	Foreward	Return	Total
mm	W/m	W/m	W/m
14-14	3,02	-0,18	2,84
16-16	3,27	-0,18	3,09
20-20	3,82	-0,16	3,66
26-26	4,31	-0,26	4,05
32-32	5,23	-0,16	5,07

Stål

42-42	5,10	-0,14	4,96
48-48	5,84	-0,03	5,81
60-60	5,96	-0,34	5,62
76-76	6,89	-0,32	6,57
88-88	7,38	-0,04	7,34

Fastlæggelse af gennemsnitligt fjernvarmeforbrug

Varmtvandsforbrug

- Erfaringsmæssigt er varmtvandsforbruget sat til 2300 kWh/år

= 154,3 liter/døgn (45°C varmt vand) ~ konstant effekt på 0,2625 kW

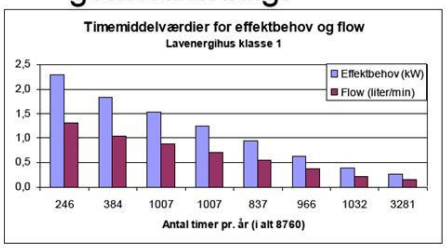
= 9,0 liter/time (fjernvarme 50/25C°)

Samlet varmeforbrug pr. hus

- Varmtvandsforbrug = 2300 kWh/år ~ 34%
- Rumvarmeforbrug = 4450 kWh/år ~ 66%
- Totalt = 6750 kWh/år

03.07.04 Communication & Design 20

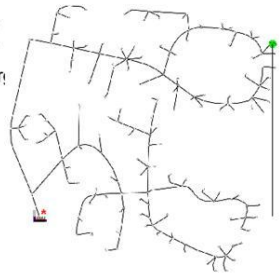
Fastlæggelse af gennemsnitligt



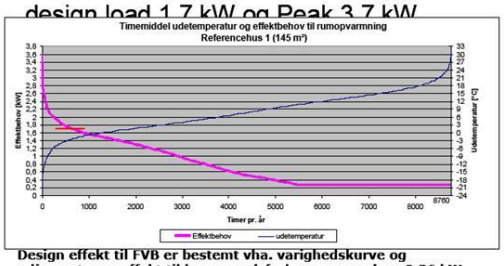
03.07.04 Communication & Design 21

Ledningsberegninger på ca 100 lavenergihuse

- Reduceret ledningsnet
- Nyt FVB scenarie, 1 dim op
- Nye varmetabsberegninger
- Ny beregning af pumpeener



Ledningsberegninger antagelser vedr. design load 1,7 kW og Peak 3,7 kW



Design effekt til FVB er bestemt vha. varighedskurve og udjævnet max effekt til brugsvandsforbrug, som udgør 0,26 kW svarende til 9 liter/time (ved et fjernvarmetemperatursæt på 50/25°C).

Ledningsberegninger resultater SC1, FVB Ledninger

TYPE	Antal	Længde [m]	Pris pr. m tracé [DKK]	Samlet pr. type [DKK]	
Alx 14/14-110	109	1566.2	1199	1877838	
Alx 16/16-110	10	205.0	1199	245741	
Alx 20/20-110	12	241.7	1228	296832	
Alx 26/26-125	17	439.6	1535	674824	
Alx 32/32-125	7	147.4	1562	230208	
Tws-DN32	11	412.1	1778	732705	
Tws-DN40	2	137.2	1822	249988	
Tws-DN50	2	65.0	1982	128830	
	170	3214		**4,436,965**	**DKK**

Resultatoversigt energi

	FVB	FVB, 1dimop	GVV	VVB	
Leveret energi	718,364	732,552	740,954	764,876	kWh
Energi forbrug	621,006	621,006	621,006	621,006	kWh
Varmetab	97,358	111,546	119,948	143,870	kWh
Varmetab	14	15	16	23	%
Pumper (elforbrug)	5,256	5,407	5,256	4,429	kWh

Det større varmetab for GVV og VVB skyldes hhv. større rørdimensioner og højere fjernvarmetemperatur.

Lavere varmetab i FVB-løsningen vil betyde **lavere driftsomkostninger**!

Resultateroversigt - økonomi

Økonomi (Anlægspriser pr. forbruger)

	Scenarie 1, FVB	Scenarie 1.1, FVB	Scenarie 2, GVV	Scenarie 3, VVB	
Ledningsnet	48.228	50.061	50.532	50.176	DKK
Hovedpumper	1.141	1.141	1.141	1.141	DKK
Stik installationer	4.256	4.256	4.256	4.256	DKK
Unit	27.600	27.600	19.440	20.400	DKK
I alt	**81.225**	**83.059**	**75.369**	**75.973**	**DKK**

Bruger økonomi - overslag

Lavenergifjernvarme

- Varmeforbrug pr. år = 6750 kWh
- Hvis varmeprisen er 0,50 kr/kWh er den årlige variable udgift ca. 3400 kr

Varmepumpe, jordvarme

- Varmeforbrug pr. år = 6750 kWh
- SPF = 3,1
- Elforbrug = 2177 kWh
- Hvis elprisen er 2 kr/kWh er den årlige variable udgift ca. 4350 kr

Varmepumpe, luft-til-lvand

- Varmeforbrug pr. år = 6750 kWh
- SPF = 2,5
- Elforbrug = 2700 kWh
- Hvis elprisen er 2 kr/kWh er den årlige variable udgift 5400 kr

7 Opsamling og deltagerliste

Opsamling fra workshop om lavtemperatur-fjernvarme den 10. juni 2008 i projektet ”Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem”

Tid: Tirsdag den 10. juni 2008 kl. 10.00 - 12.00
Sted: Ea Energianalyse
Til stede: Svend Svendsen (DTU-Byg), Henning Lambertsen (COWI), Carl Hellmers (Fredericia Fjernvarme), Magnus Foged (Københavns Energi), Nick Bjørn Andersen (Københavns Energi), John Tang (Dansk Fjernvarme), Mads Keller (Dansk Fjernvarme), Marie Münster (Risø), Kenneth Karlsson (Risø), Hans Henrik Lindboe (Ea) og Jesper Werling (Ea).
Afbud: Inga Thorup Madsen (CTR), Jesper Skovhus Andersen (Ringkøbing Fjernvarme), Torkild Kjærsgaard (Skanderborg Fjernvarme), Hans Ravn (RAM-løse EDB), Poul Erik Morthorst (Risø), Helge Larsen (Risø), Lars Bregnbæk (Ea) og Mikael Togeby (Ea).

Dagsorden

1. Orientering om lavtemperaturfjernvarme i EFP projektet Effektiv fjernvarme (Carl Hellmers)
2. Status for projekt om lavtemperaturfjernvarme (Svend Svendsen).
3. Drøftelse af andre erfaringer/projekter samt hvilke koncepter og data vi kan anvende i projektet
4. Afslutning af workshop samt frokost

Som en del af det igangværende EFP projekt ”Effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem” drøftes lavtemperaturfjernvarme som en løsning, der kan være med til at forbedre fjernvarmens effektivitet i fremtiden. Som led i projektet var det derfor besluttet at afholde nærværende workshop for at udvide vidensgrundlaget om lavtemperaturfjernvarme og drøfte udviklingspotentialet.

1. Orientering om lavtemperaturfjernvarme i EFP projektet Effektiv fjernvarme (Carl Hellmers)

Carl Hellmers gav en introduktion til lavtemperaturfjernvarme og gav et rids over den historiske udvikling. Han fortalte, at lavtemperaturfjernvarme normalt dækker over systemer med omtrent 60 C i fremløb og 40 C i retur. I dag tales endvidere også om ”kold” fjernvarme, hvor fremløbstemperaturen kan være helt ned til 40-45 C. Dansk Fjernvarme støtter et projekt i Tullebølle på Langeland gennem F&U kontoen.

Carl Hellmers nævnte, at der er 3 vigtige grunde til at arbejde med fjernvarme med lavere temperaturer:

- Lavere varmetab fra fjernvarmenettet
- Øgede virkningsgrader i varmeproduktionen - afhænger af aktuelt produktionsapparat
- Bedre muligheder for opsamling af spildvarme

Endelig nævnte Carl Hellmers, at der kan være visse risici ved indførelse af lavtemperaturdrift, specielt i eksisterende systemer. Lavere temperaturer i nettet betyder, at kapaciteten for varmetransport nedsættes. Der kan derfor være behov for at hæve temperaturen i perioder med stor varmebelastning. Dette kan medføre større svingninger i temperaturniveauet i nettet og kan derfor udsætte fjernvarmerørene for større termiske belastninger.

Carl Hellmers præsentation er vedlagt denne opsamling.

2. Status for projekt om lavtemperaturfjernvarme (Svend Svendsen)

Svend Svendsen fortalte om projektet ”Udvikling og demonstration af lavenergifjernvarme til lavenergibyggeri”, som gennemføres under EFP 2007. Deltagere i projektet har været Energitjenesten, Danfoss District Heating, Logstor, Cowi, Teknologisk Institut og DTU Byg. Henning Lambertsen fra COWI deltog også på workshop’en og bidrog bl.a. med detaljer om netberegningerne i projektet. Projektet omfatter såvel udvikling af husinstallationer som fjernvarmenet.

Svend Svendsen ser lavtemperaturfjernvarme som en vigtig løsning for fremtidens opvarmningssystem og mener, at det vil spille en væsentlig rolle i energisystemet fremover, også i en fremtid, hvor energiforbruget til opvarmning er reduceret betydeligt. Projektets foreløbige konklusioner understøtter, at fjernvarme også i fremtiden vil kunne konkurrere med individuelle løsninger.

Svend Svendsen gennemgik forskellige beregninger, der er gennemført for husinstallationer og for fjernvarmenettet. Han viste bl.a. eksempler på, hvordan udjævning af døgnvariationer kan klares i nettet i stedet for hos den enkelte bruger ved at anvende gennemstrømningsvarmevekslere i stedet for varmtvandsbeholdere.

Aktuelt diskuteres det flere steder om fjernvarme fortsat kan være et fornuftigt opvarmningsalternativ, når der indføres flere og flere varmebesparelser og mængden af lavenergibyggeri stiger. De foreløbige konklusioner fra projektet viser, at fjernvarme kan være en både teknisk og økonomisk fornuftig løsning, også i lavenergibyggeri. Ved at gå ned i både temperatur og dimensioner i fjernvarmenettet og ved at drive det mere intelligent kan fortsat være en løsning, der kan konkurrere med andre opvarmningsalternativer, både privatøkonomisk og samfundsøkonomisk.

Yderligere resultater kan ses i præsentationen, som er vedlagt denne opsamling.

3. Drøftelse af andre erfaringer/projekter samt hvilke koncepter og data vi kan anvende i projektet

Det blev drøftet, hvordan resultaterne fra projektet om lavtemperaturfjernvarme kan anvendes i det igangværende projekt om effektiv fjernvarme i fremtidens energisystem. Svend Svendsen og Henning Lambertsen indvilgede i, at vi godt kan

udveksle data og modelresultater i de to projekter, og at det vil være en dog ide fortsat at bevare kontakten.

I slutningen af workshop'en var der en diskussion af problemer med Legionella i forbindelse med lavtemperaturfjernvarme. Legionella er en bakterie, der kan give alvorlige luftvejssygdomme, og den formerer sig bedst i temperaturområdet mellem 25 C og 45 C. Ved opvarmning til temperaturer på 60 C eller over, kan bakterien slås ihjel. Legionella findes i alt brugsvand, også koldt vand, og legionellabakterier kan udvikle sig i alle dele af et varmtvandsanlæg, vandvarmer, ledningsnet, cirkulationsstreng, armaturer og bruseslanger. Ofte er det i de ydre dele af brugsvandssystemet (bruseslange mv.), at der kan være de værste problemer. Ved brug af gennemstrømningsvarmevekslere frem for varmtvandsbeholdere i brugsvandsystemer kan problemerne begrænses betydeligt eller helt elimineres. Det blev dog konstateret, at Legionella er et område, hvor der fortsat er relativt begrænset viden og mange myter, og at det bl.a. derfor kan være en barriere for udbredelse af lavtemperaturfjernvarme.

4. Afslutning af workshop

Hans Henrik Lindboe takkede for gode indlæg og en god diskussion og afsluttede workshop'en. Vi ser frem til fortsat samarbejde med workshopdeltagerne omkring lavtemperaturfjernvarme.