

SUPER SUPERMARKETS



21-11-2019

Kogebog for genbrug af varme fra kølediske

Kogebog for etablering af anlæg til genanvendelse af varme fra supermarketers køleanlæg til genbrug i fjernvarmesystemet.

Kogebogen kan anvendes af supermarkeder, fjernvarmeselskaber og deres rådgivere til hurtig og effektiv etablering af anlæg for opsamling og genbrug af varme. Projektet er støttet af EUDP og bidrager til opfyldelse af de danske klima- og energipolitiske mål.

SUPER SUPERMARKETS

KOGEBOG FOR GENBRUG AF VARME FRA KØLEDISKE

RESUMÉ AF KOGEBOGEN

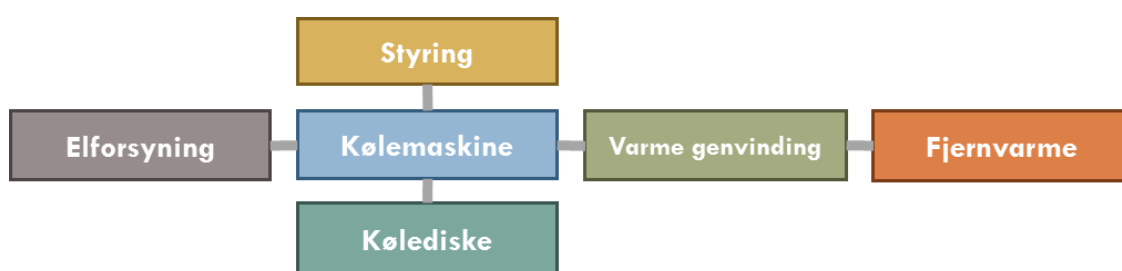
De ambitiøse energi- og klimapolitiske mål om at CO₂ udledningen i 2030 for Danmark skal nedbringes med 70 % i forhold til udledningen i 1990 stiller krav om at alle teknisk og økonomisk realiserbare bidrag bliver aktiveret. Fra energisektoren kan CO₂ udledningen nedbringes gennem tre hovedbidrag.

1. Energieffektivisering – mindre energiforbrug til samme opgave. F.eks. når en 80 Watt glødetråd pære skiftes ud med en 8 Watt LED pære, og der opnås samme mængde lys.
2. Energiproduktion fra vedvarende energikilder med lavere eller ingen udledning af drivhusgasser (CO₂ og CO₂ ækvivalenter).
3. Sektorkobling, hvor energi til overs i en proces kan genbrugs et andet sted, hvorved energien løser flere opgaver.

Danmark er blandt de få lande, hvor fjernvarme er udbredt til over 65 % af ejendommene. Det store fjernvarmesystem kan modtage varme fra mange kilder og derudover også bidrage som energilager for fluktuerende energiproduktion. Geotermi, varme fra datacentre og andre industrier er i en helt anden størrelsesorden end varme fra supermarkeders kølemaskiner. Til gengæld leveres varmen fra supermarkeder lokalt i distributionssystemet for direkte anvendelse med rette temperatur. Med behov for stigende mængder brændselsfri energi skal alle relevante kilder inddrages.

Projektet **Super Supermarkets** har fokus på alle tre bidrag. Supermarkeder udskifter i disse år deres køleudstyr med nye effektive maskiner, der har lavere energiforbrug. Elforbruget kommer i stigende omfang fra vedvarende elproduktion. Kølemaskinerne har varme som biprodukt, der kan genvindes og genbruges i fjernvarmesystemet.

Værdikæden er følgende i forbindelse med genvinding og genbrug af den overskydende varme fra kølemaskiner i supermarkeder.



FIGUR 1 – ELEMENTERNE I LØSNINGER FOR GENBRUG AF VARME FRA SUPERMARKEDERS KØLEMASKINER TIL FJERNVARMEFORMÅL.

I projektet er der blevet undersøgt tekniske, økonomiske, praktiske og reguleringsmæssige forhold omkring genbrug af varme fra supermarkeders kølemaskiner til fjernvarmeformål. I denne kogeboek formidles de oplysninger, som supermarkeder, fjernvarmeselskaber og deres respektive rådgivere og leverandører kan blive inspireret af i relation til konkrete projekter.

SUMMARY OF THE COOKBOOK

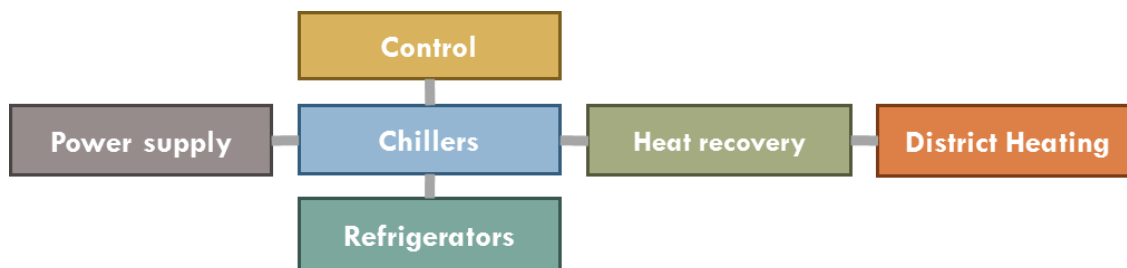
The ambitious political goals about energy- and climate changes towards 2030 with a 70% reduction of CO₂ emissions for Denmark, compared to 1990 emission will require all technical and economical feasible contribution to be activated. From the energy sector is possible to reduce CO₂ emission using three major elements.

1. Energy efficiency – less energy consumption for the same task. Ex when a 80 Watt filament light bulb is replaced by a 8 Watt LED bulb and the same light is achieved.
2. Energy generation from sustainable energy sources with low or no emission of greenhouse gasses (CO₂ and CO₂ equivalents).
3. Sector coupling, where surplus of energy in one process will be recycled in another process – energy will solve more tasks.

Denmark are among the few countries where district heating has a penetration larger than 65% of the buildings. The large and distributed district heating system is ready for absorption of heat from multiple sources and might also be used for thermal storage, helping integration of volatile energy generation. Geothermal heat, heat from datacenters and other industries are at a much higher volume compared with chillers at the supermarket. Supermarkets has the advantage of delivering heat in the local distribution system with the right temperature. With a substantial need for sustainable fuel free energy there are not room for excluding any relevant energy source.

The **Super Supermarkets** project there is focus on all three elements. Supermarkets are exchanging their chillers and refrigerators with new effective machinery having a lower energy demand. Power supply comes from a power system with a increasing amount of renewable power generation. Chillers has heat as surplus of heat ready for recycling in the district heating system.

The value chain is as follows in relation to recycling of surplus heat from chillers in supermarkets.



FIGUR 2 - ELEMENTS IN SOLUTIONS FOR RECYCLING OF HEAT FROM CHILLERS IN SUPERMARKETS TO DISTRICT HEATING.

In the project technical, financial, practical and regulatory aspects has been evaluated regarding the recycling of heat from supermarkets chillers for district heating purposes. In this cookbook relevant information's are being distributed for enhancing innovative investments and projects in supermarkets, district heating companies, consulting engineers and suppliers.

For comparison with opportunities in other countries one should stress, that it is only relevant if there are access to district heating grid close to the supermarket or integration with the heating system in a shopping mall where other shops or businesses need heating. In short, recovery and recycling of heat from the cooling processes is only relevant where there is a demand for heating. Like the tax-system is a major barrier in Denmark, other countries might have local taxation obstacles to resolve before the local business case is relevant.

PARTNERE I PROJEKTET

Partnere i projektet **Super Supermarkets**.

Projektet **Super Supermarkets** har CLEAN som projektleder (CLEAN). Projektdeltagerne er desuden AK-Centralen (AK), COOP A.m.b.a. (COOP), Danfoss A/S (Danfoss), Dansk Fjernvarme (DFJ), Dansk Fjernvarmes Projektselskab A.m.b.a. (DFP), Ivar Lykke Kristensen A/S (IKL), OK A.m.b.a. (OK) og Teknologisk Institut (DTI) med KTH Royal Institute of Technology Stockholm. Der har været deltagelse af COOP supermarkeder i Otterup, Bjerringbro og Kerteminde. Dertil deltagelse fra tre fjernvarmeselskaber, Fjernvarme Fyn, Gudenådalens Energiselskab og Kerteminde Forsyning.

I løbet af projektet har andre COOP supermarkeder og fjernvarmeselskaber, hvor der viste sig vanskeligheder. Alligevel stor tak for bidragene fra COOP supermarkeder i Vejle (Vindinggård) og Bramming, samt fjernvarmeselskaberne Mølholm Varmeværk og Bramming Fjernvarme.

TAK TIL EUDP

Det er det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP) som støtter projektet **Super Supermarkets** med EUDP-nummer 64016-0106. Projektpartnerne modtager DKK 2.881.072 i samlet støtte fra EUDP, og de samlede udgifter beløber sig til DKK 4.908.075.

Fra projektgruppen skal lyde en stor tak for god og professionel sparring igennem projektforløbet til EUDP Sekretariatet.

Projektet **Super Supermarkets** har kun været muligt at gennemføre som følge af EUDP støtten. Der har i projektet vist sig mange barrierer, som der er arbejdet med inden for projektet. I tilfælde af at enkeltstående supermarkeder og fjernvarmeselskaber selv skulle finde ressourcer til sådan et arbejde, da ville de fleste formentlig opgive på vejen.

Der er allerede, og uden kagebog, etableret anlæg for genanvendelse af varme ved ca. 150 butikker og under 100 med levering til fjernvarme – ud af et potentiale på 2.700 supermarkeder. Kravet om additionalitet er klart opfyldt, når denne kagebog bliver grundlag for markant vækst i antallet af projekter mellem supermarkeder og fjernvarmeselskaber, og derved bidrager aktivt til opfyldelse af de energi- og klimapolitiske mål og udvikling af markedet for brændselsfri energi.



INDHOLD

RESUMÉ AF KOGEBOGEN	1
SUMMARY OF THE COOKBOOK	2
PARTNERE I PROJEKTET	3
TAK TIL EUDP	3
INDLEDNING	7
English summary of the project	8
Principper bag genbrug af varme fra køling i supermarkeder til fjernvarme.....	9
Hovedfokus og hovedaktiviteter	10
ANBEFALINGER	13
POTENTIALER	14
Overskudsvarme – det danske potentiale	15
Eksisterende anlæg for genbrug af overskudsvarme	16
Varme fra store eltransmissionsanlæg	19
Supermarkeder leverer allerede varme til genbrug	19
Potentiale for COOP supermarkeder	21
Profilen på varmelivering fra supermarkeder	21
Praktiske løsninger	23
Augustenborg	23
Skjern	24
Kjellerup	24
Danfoss erfaring	24
Potentiale ved eksport af løsninger	25
Danfoss	27
ANALYSER	28
Vurdering af mulighed for varmegenvinding	28
Varmegenvinding	29
Hvad er varmegenvinding?	29
Hvor kan varmegenvinding anvendes?	29
Hvorfor varmegenvinding?	29
Hvornår giver varmegenvinding mening – fra et økonomisk perspektiv?.....	30
Varmeapplikationer	31
Varmekilder	31
Varmegivere	32
Rumopvarmning	32
Køleapplikationer	34
Erfaringer fra tidligere projekter	35
FESABILITY STUDIER	36
Formål med feasibility beregningerne	36
Brugerinput	37
Antagelser/ beregningskerne	37
Modeloutput	40
Test cases	41

ELMARKEDET	42
Elmarkedsdeltagelse for supermarkeder i elsystemet.....	42
Elsystemets tekniske værdikæde.....	42
Balancering af elsystemet	42
Elsystemets markedsmæssige værdikæde	44
Hvad skal der til for at høste gevinsten fra spotmarkedet?.....	47
Salg af el fra ekstra kapacitet kølemaskiner i supermarkeder.....	48
Muligheder for optimeret og ekstra kapacitet fra køleanlæg i supermarkeder	49
Teknisk mulighed for at anvende den ekstra kølekapacitet i spil	50
Muligheder for at udnytte overskydende kompressorkapacitet i elmarkedet.	52
Varmebelastningsprofilen.....	52
Levering af specialydelser til elsystemet.....	56
Levering af daglig elforsyning til COOP supermarkeder	57
Levering og test.....	59
PROJEKTETABLERING.....	60
Beregningsværktøj udviklet i projekt Super Supermarkets.....	61
DE TEKNISKE LØSNINGER.....	62
Fjernkontrol og styring	68
AK Centralens løsning.....	68
Energi Data løsning.....	69
DEMONSTRATIONER	70
Bjerringbro	71
Otterup	73
Kerteminde	75
Projektanalyse	75
TILLADELSER OG AFTALER	79
Aftaler mellem de to hovedparter	79
Beslutningsproces hos fjernvarmeselskabet.....	80
Supermarkedets beslutningsvej	81
Myndighedsforhold.....	82
ØKONOMI	83
Investeringer for fjernvarmeværket	83
Regneark til analyse forud for projektet	83
RAMMEVILKÅR.....	85
Vilkår for virksomhederne – supermarkederne	85
De politiske rammer	86
Afgiftsanalysen.....	86
Politisk aftale om overskudsvarmeafgiften.....	87
Lovforslaget om overskudsvarmeafgift – i høring	88
Skatter og afgifter	88
PSO og Elvarmeafgiften.....	89
Varmedeforsyningslov og andre regler.....	94
Bestemmelser i varmedeforsyningsloven.....	94
Administration og regnskabsregler.....	95
Hvad må overskudsvarme til levering koste?	97

Den omkostningsbestemte pris	97
Indregning af overskud i varmeprisen – varmemforsyningslovens § 20 b.....	98
Substitutionspris.....	98
Regulering af priser.....	99

REFERENCER 102

Kontakt hjemmesider	102
Dokumenter anvendt i projektet og til kogebogen	102
Figur oversigt	102
Tabeloversigt	104
Informationer i øvrigt.....	104
CLEAN.....	104
Coop a.m.b.a.:	105
Danfoss A/S	105
Dansk Fjernvarme (DFJ)	105
Teknologisk Institut (DTI)	105
Royal Institute of Technology (KTH); Stockholm.....	106
AK-Centralen A/S.....	106
OK A.m.b.a.....	106
Ivar Lykke Kristensen A/S (ILK).....	106
Dansk Fjernvarmes Projektselskab A.m.b.a. (DFP)	106
Fjernvarmeselskaber i projektet.....	107

APPENDIKS 108

Bilag	108
Videnskabelige artikler	113
Dataopsamling	114
Varmegenvinding	114
Afgiftsberegning ved forskellige COP-faktorer.....	115
Aftale om køb af overskudsvarme	117

INDLEDNING

I et supermarked går en stor del af butikkens energioptag til køl og frost. Det foregår ved at fjerne omgivelsesvarme for at sikre varernes holdbarhed. Det er store muligheder i at opsamle og genbruge denne varme. Det er nemlig varme, der allerede er betalt for i form af el.

Hovedformålet med projektet **Super Supermarkets** er at evaluere, demonstrere og implementere det fulde potentiale af fjernvarmeproduktionen og systemydelser, der er tilgængeligt, men endnu uudnyttet i danske supermarkeder.

Basal varmegenvinding – også kaldet 'udnyttelse af overskudsvarme' - er gennemført hos cirka 150 supermarkeder i Danmark. **Super Supermarkets**-projektet vil optimere og standardisere denne teknologi, og udvide med to ekstra niveauer af energisystemintegration.

Nærmere beskrevet er hovedformålet med projektet;

1. At optimere og standardisere genanvendelsen af overskudsvarme fra supermarketers kølesystemer til;
 - a. intern brug af varmen til opvarmningsformål i supermarkedet,
 - b. levering af varmen til fjernvarmesystemet.
2. Samt at udvide med to ekstra niveauer af energisystemintegration – sektorkobling;
 - a. første niveau er at anvende uudnyttet kompressoreffekt i supermarkedets kølemaskiner ved hjælp af varmepumpe til direkte fjernvarmeproduktion,
 - b. andet niveau er at anvende mulighederne for fleksibelt elforbrug i supermarkedernes kølesystemer, til i større grupper at melde kapacitet ind i markedet for balancering f.eks. regulerkraftmarkedet, eller systemydelser.

Der opleves desværre stadig en del barrierer, hvilket projektet ligeledes adresserer. Disse er bl.a.;

- manglende strategi for den grønne omstilling, hvilket også har indflydelse på genbrug af overskudsvarme fra supermarkeder,
- utidssvarende regler for investeringer i tekniske løsninger for genbrug af varme,
- usikkerhed om fremtidige vilkår, herunder forsinket omstilling af forældende skatter og afgifter,
- det at være varmeproducent, er ikke en kerneaktivitet for et supermarked (administrativt besvær), samt tvivl om ejerskab. COOP har både A- og B-butikker, med forskellige ejermodeller,
- indpasning af varmeaktiviteten i supermarkedets primære aktiviteter,
- den geografiske placering af supermarkedet i forhold til fjernvarmesystemet,
- usikkerhed om supermarkedets konsolidering og markedsplacering.

Potentialet er stort når disse barrierer er ryddet af vejen. Projekt **Super Supermarkets** og nærværende kagebog vil adressere barriererne.

Fra projektets partnere er der forventning om, at der alene i Danmark er potentiale for at få over 1.000 supermarkeder tilført det nødvendige udstyr for genbrug af den overskydende varme. Det er en skøn for de kommende 3-5 år efter projektets afslutning – og under forudsætning af at barriererne bliver lempet eller helt fjernet. Netop i disse år får mange supermarkeder nye moderne effektive køleanlæg. Det er oplagt at de supplerende investeringer i det tekniske udstyr for levering af varme til genbrug i fjernvarmesystemet foretages samtidig. Alternativt vil supermarkedet fortsætte med at bortkøle varmen til omgivelserne uden nytte, frem for at blive leverandør af varme til genbrug i fjernvarmesystemet.

Der findes allerede anlæg i drift. Netop erfaringer fra etableringen af disse anlæg har understreget behovet for at få barrierer fjernet og standardiseret processerne fra projektering til drift.

Potentialet er meget større, når processer bliver standardiseret. Det samlede antal supermarkeder i Danmark er i alt ca. 2.684, der alle har kølemaskiner og dermed potentiale for at blive varmeleverandør til bl.a. fjernvarmesystemet. Et anlæg vil typisk kunne levere omkring 200 MWh varme om året.

Ud over dette danske potentiale er der store potentialer for både eksport af knowhow, systemeksport og teknologieksport til markeder i Europa og i resten af verden, herunder både til Nordamerika og Kina, og partnere i projektgruppen har stærke incitamenters til at forfølge potentialerne på eksportmarkederne.

Med andre ord er der mange gode årsager til, at der fremadrettet bliver en meget større udnyttelse af overskudsvarmen fra diverse kilder. Det kunne være enten til intern genanvendelse af overskudsvarme til rumvarmeformål eller til genbrug eksternt, hvor overskudsvarmen fra 'kilden' sælges til et fjernvarmeselskab eller anden lokal aftager, f.eks. en anden nærtliggende virksomhed, eller nabobutikker i et center. Denne form for genanvendelse er pålagt afgifter, hvilket kgebogen som nævnt adresserer.

Det giver ingen mening ikke at genbruge de potentialer der ligger lige for. Det er således almindelig sund fornuft, for klimaet, for energiforsyningen og for økonomien, at genbruge overskudsvarmen – uanset om denne er 'produceret' fra et supermarked eller fra andre kilder – hvis en gennemregnet business case for hver enkelt investering falder økonomisk positiv ud.

Der har været tre eksisterende COOP supermarkeder med i projektet.

Parter	Case 1	Case 2	Case 3
Supermarked	SuperBrugsen, Kerteminde	SuperBrugsen, Bjerringbro	SuperBrugsen, Otterup
Fjernvarmeselskab	Kerteminde Forsyning	Gudenådalens Energiselskab	Fjernvarme Fyn
Anlægs-projektering	Danfoss	COOP	COOP/ILK

TABEL 1 - SUPERMARKEDER OG FJERNVARMESELSKABER MED I PROJEKTET

Derudover har der i projektforløbet også været bidrag fra COOP butikker i Vejle og Bramming samt fjernvarmeselskaberne Mølholm Varmeværk og Bramming Fjernvarme, men på grund af vanskeligheder blev disse cases ikke anvendt i projektet.

Som det fremgår herover, er de tre supermarkeder projekteret af tre forskellige partnere, nemlig af Danfoss, COOPs egen løsning samt ILK.

Kvikly Odder, SuperBrugsen Høruphav og SuperBrugsen Gråsten anvendes i projektet til kontrolmålinger, da de alle har etablerede løsninger for genbrug af varme til fjernvarme. De pågældende supermarkeder er dog såkaldte A-butikker i COOP, hvilket betyder at de ejes af en selvstændig lokal brugsforening.

English summary of the project

The focus of the **Super Supermarkets** project is to evaluate, demonstrate and implement the full potential of district heating production and electricity grid system services already available, but unexploited in supermarkets.

Basic recycle heat recovery has been demonstrated and implemented in approximately ten supermarkets in Denmark. The **Super Supermarkets** project will optimize and standardize this technology and expand it with two extra levels of energy system integration – sector coupling. First level is to utilize the auxiliary compressor capacity in the supermarkets. The typical supermarket has a compressor capacity of 150 to 240 kW – where 50 to 100 kW might be used for optimizing purposes during the winter season. The total number of supermarkets in Denmark is some 2,700 stores, allowing for up to 250 MW electric capacity for Demand Response. It could be used as an “additional heat pump capacity” in the district heating networks.

Second level is to aggregate supermarket cooling and heat production systems and activate them as an electricity grid service to help level out the fluctuations of wind power. In the balancing market there is a lower limit of 5 MW. An aggregator or balance responsible can use a sum of supermarkets in the power market as an aggregated capacity.

To reach this ambitious goal the **Super Supermarkets** project has gathered a strong project group. The project group has world-class knowledge of cooling and district heating systems, and the main business actors on supermarkets, cooling system and district heating companies are represented in the project.

The project has gathered key findings and analysis from former and ongoing research projects in the area of optimizing cooling systems in supermarkets, demand side flexibility on the energy consumption in supermarkets and heat pump implementation in the district heating networks. The project partners have been - or are - involved in all relevant research projects in this area, and thereby have access to recent new findings.

Combining this with the key actor in retrofitting supermarkets for heat recovery to district heating and the largest supermarkets owner in Denmark, opens the road for both development of new integrated energy systems and big scale roll out of the technology.

The activities in the **Super Supermarkets** project have been based on three main stages.

1. Pre-studies and 'state of the art' definitions.
2. Demonstration in three existing supermarkets and evaluation of demonstration results.
 - a. SuperBrugsen in Kerteminde in cooperation with Kerteminde Forsyning.
 - b. SuperBrugsen in Bjerringbro in cooperation with Gudenådalens Energiselskab.
 - c. SuperBrugsen in Otterup in cooperation with Fjernvarme Fyn.
3. Book of guidelines called Kogebog (the cookbook) and intensive targeted communication to all interest groups to secure a nationwide roll out and long term follow up on results.

This strategy secures, that important findings disseminate to key interest groups. It is expected, that the **Super Supermarkets** project will ensure some 1,000 retrofitted supermarkets in Denmark in a period of 3-5 years after the project ends. The annual heat generation for the district heating system is 200 MWh from each supermarket.

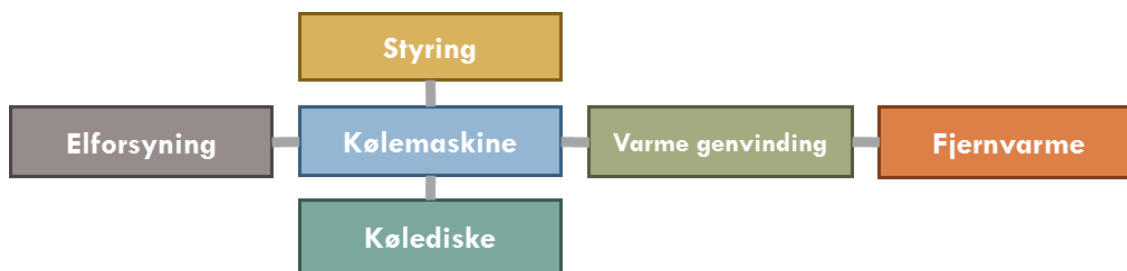
Furthermore, a Danish roll out will open for export of the technology solutions to the rest of Europe, North America and later also China according to Danfoss sales department. Partners in the project group have strong incentives to pursue the export potentials.

Principper bag genbrug af varme fra køling i supermarkeder til fjernvarme

I et supermarked er der behov for køling og frost, således at varerne kan holde sig bedre. I mange år var der tale om enkeltstående åbne kølemøbler, der enten holdt varerne nedkølet f.eks. mælkeprodukter ved +5 °C eller frostvarer ved -18 °C. De nye løsninger har bl.a. tilføjet skabe med låge for at begrænse tabet af kulde til butikken. Desuden er der ofte i dag en central kølemaskine ude i et baglokale. Den nye kølemaskine kan desuden have CO₂ som drivmiddel (ikke til udledning), og kan derved blive meget effektiv. Varmen fra de nye kølemaskiner leveres som 70 °C varmt vand, der umiddelbart kan genanvendes i fjernvarmesystemet.

De centrale elementer ses i illustrationen herunder.

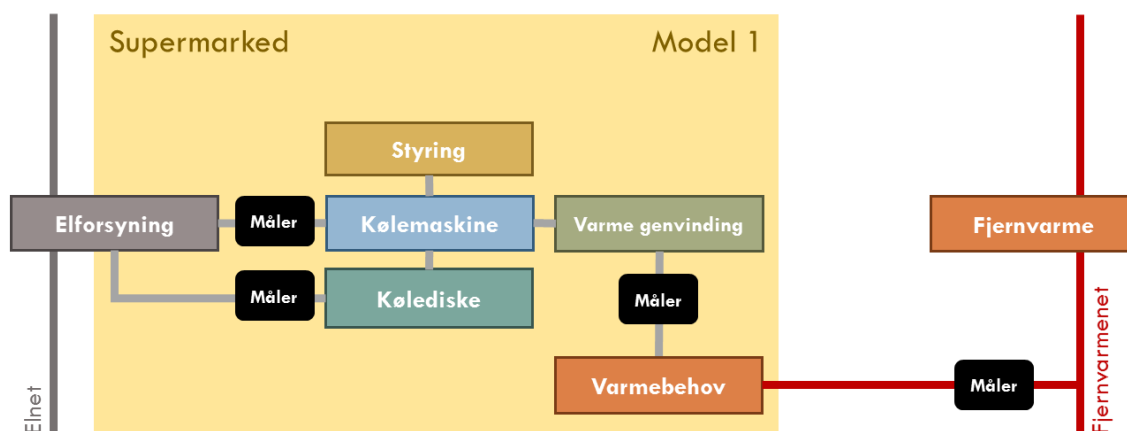
■ Elforsyning til ■ kølemaskine. Fra kølemaskinen leveres køling til ■ kølediskene i butikken. Kølemaskinens varme skal gennem ■ varme genvinding for levering til ■ fjernvarmesystemet. Det hele skal have en styring for kontrol og driftsoptimering.



FIGUR 3 - NØGLEKOMPONENTER I EN KØLELØSNING MED GENBRUG AF OVERSKYDENDE VARME.

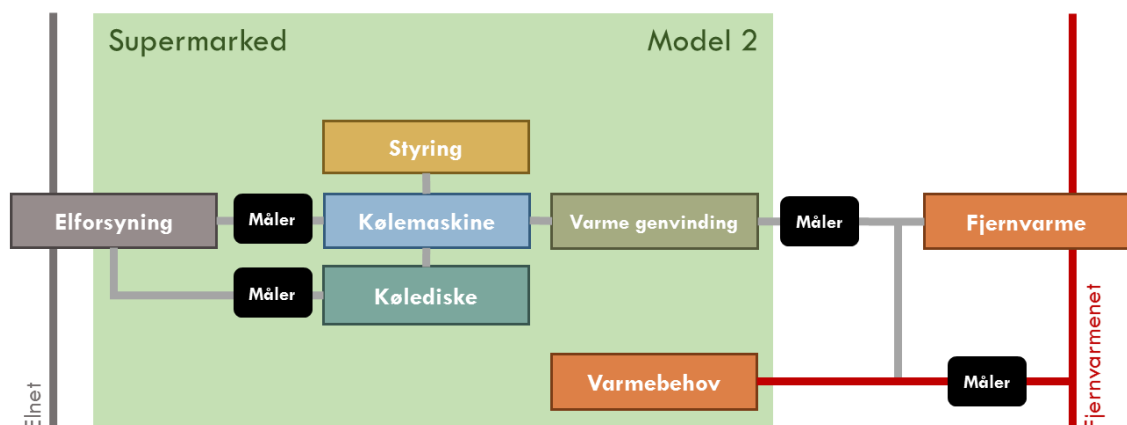
Hovedfokus og hovedaktiviteter

Fokus: Vurdere, demonstrere og implementere det fulde potentiale af udnyttelsen af overskudsvarme fra supermarkeder. Der er en række delmål fra projektet.



DELMÅL 1 – MODEL 1

I delmål 1 – model 1 er der den helt simple løsning, hvor kølemaskinens varme genanvendes til butikkens eget behov for rumopvarmning og varmt brugsvand. Der er ingen leverance til fjernvarmenettet. Derimod kan fjernvarmenettet supplere butikkens varmebehov bl.a. om vinteren. For at kunne dokumentere elforbrug og varmegenvinding til myndigheder, så skal der installeres en række målere i systemet. I model 1 sælges eller leveres varme fra kølemaskinen ikke til fjernvarmesystemet.



DELMÅL 1 – MODEL 2

I delmodel 1 – model 2 er der fjernvarmeforsyning til supermarkedet for dækning af varmebehov. Der er fortsat levering af varme fra kølemaskinen til fjernvarmesystemet, men kun den del af varmeproduktionen,

I delmål 2 – model 3 har kølemaskinen ekstra kompressorkapacitet, der kan fungere som en type varmepumpe og levere ekstra varme til fjernvarmesystemet i de perioder af året, hvor kølebehovet ikke er så stort f.eks. om vinteren.

I delmål 3 – model 4 handler det om at optimere den samlede styring af elforbrug og varmesalg. F.eks. at udnytte timer med lavere elpriser i spotmarkedet Nord Pool Spot, eller gennem en markedsaktør sælge mulighed for op- eller nedregulering af elforbruget og dermed deltage i balancemarkedet. Ultimativt kan køleanlægget også deltage i markedet for systemydelser. Alt sammen kræver mere avancerede styringer, samt samarbejde med elhandler (OK) og/eller andre markedsaktører.

I det opsatte system logges elforbruget til kølemaskinen, og der er samtidig overvågning af spotprisen på el, så man kan udnytte kølemaskinens kapacitet på de tidspunkter, hvor elprisen i spotmarkedet er lavest.

FOKUSOMRÅDER

I projektet var der en række fokusområder;

- opsamling, behandling og analysere data fra supermarkeder,
- beskrive lovgivning, skatter og afgifter,
- ser på hvornår de optimale konditioner forekommer, og hvilke muligheder der er for standardiserede løsninger: Kogebog vil give billigere løsninger,
- generelt afhængighed af temperatursættet på fjernvarmen (frem og retur), samt mængden af varme der ønskes leveret ift. den øjeblikkelige kølebelastning. COP'en (Coefficient Of Performance, eller virkningsgrad) vil typisk ligge på mellem 3 og 5, men kan ligge lavere,
- se på hvornår der er bedst mulighed for, at køleanlægget kan udnytte ekstra kapacitet i vinterhalvåret til ekstra drift i timer med lave elpriser (meget vindkraft),
- undersøge driftsøkonomier, og hvad prisen vil være for at generere varme solgt til fjernvarmenettet,
- undersøge de gunstigste forhold. Afhænger af flere forhold, bl.a. hvad fjernvarmen bliver afregnet med i det lokale net. Tilbagebetalingstiden vil variere fra sted til sted,
- forretningsmodeller, herunder analyse af skatte-scenarier: Allerede på de eksisterende anlæg med varmegenvinding, kan vi se at der anvendes forskellige driftsstrategier for styringen af varmegenvindingen pga. forskellige strategier mht. skat,
- beregne supermarkedernes genvindingspotentiale med PackCalc, Pack Calculation Pro er et simuleringsværktøj til beregning og sammenligning af det årlige energiforbrug for køleanlæg og varmepumper.

BEST PRACTICE ER DEMONSTRERET

Som en del af projektet er der foretaget feasibility-studier. I disse studier er det undersøgt, om det både teknisk og økonomisk kan svare sig for et supermarked at ombygge og optimerer egne anlæg, så det enkelte supermarked og det respektive varmeværk dermed får et beslutningsgrundlag for supermarkedet og det lokale fjernvarmeværk, om der skal investeres i udstyr til genbrug af overskudsvarme samt naturligvis at der samtidig ses nærmere på potentialerne for at drifte det pågældende supermarked mere fleksibelt ift. deres elforbrug. I september 2014 anslog en analyse fra Aalborg Universitet, at der kan hentes nok varme fra køleudstyr i de danske supermarkeder til at opvarme 13.000 standardhuse!

Det enkelte supermarked vil typisk have kompressorkapacitet på termisk 150 til 240 kW. Fra de større anlæg vil der være mulighed for årlig varmeleverance på omkring 200-220 MWh. Et standardhus bruger 18,1 MWh varme om året. Et supermarked kan levere varme til 10-13 standardhuse. Med et potentiale på 2.500 supermarkeder vil der ultimativt kunne leveres varme til 25-30.000 standardhuse. Det er dog næppe realistisk inden for en kort årrække. Skønnet er at der 3-5 år efter denne kogebog er på gaden, og rammevilkårene er tilpasset vil være omkring 1.000 supermarkeder med levering af varme. Analysen fra Aalborg Universitet med 13.000 standardhuse er derfor ikke helt ved siden af.

RESULTATER

De vigtigste resultater fra projekt **Super Supermarkets** og derfor relevant for kogebogen er følgende.

- Potentialet for at levere brændselsfri varme fra supermarkeder til fjernvarmesystemet er til stede.
- De to parter, supermarkedet og fjernvarmeværket vil gerne indgå aftaler.
- Administrative regler er væsentlige brespænd for hensigtsmæssige løsninger.
- Økonomien er udfordret når skatteregler kræver særlig skat af varme, som ellers bortledes.
- Supermarkedernes anlæg kan desuden indgå som balancering af elsystemet ved aggregering.
- Supermarkeder kan levere spidslast til fjernvarmesystemet, netop om vinteren.
- Genanvendelse og levering af varmen bidrager til de energi- klimapolitiske mål.

Super Supermarkets projektet kan ikke være mere relevant!

ANBEFALINGER

Fra projektet **Super Supermarkets** er der en række anbefalinger til rådgivere, supermarkeder og fjernvarmeselskaber når der skal etableres samarbejde og investeres i anlæg, hvorved det er muligt at genanvende varmen fra kølemaskinerne til andre varmeformål.

SUPERMARKEDET

- 1 Beregn potentialet fra butikkens (CO₂) køleanlæg, særligt ved nye investeringer og moderniseringer.
- 2 Køle og varmeanlæg skal optimeres for lavere energiforbrug, herved er stort økonomisk bidrag.
- 3 Genbrug af varmen til egen rumopvarmning og brugsvand, og mindre køb af varme.
- 4 Aftale med fjernvarmeselskabet om en mulig "netto-ordning" eller direkte levering af varme.
- 5 Undersøge mulighed med elhandler om optimering i elmarkedet af elforbruget.
- 6 Dokumentation af driftsforhold gennem målinger og registreringer.

FJERNVARMESELSKABET

- 1 Opsøge supermarkeder i forsyningsområdet for at starte dialog om genanvendelse af varme.
- 2 Undersøge tilslutningsforhold. Er supermarkedet allerede fjernvarmekunde?
- 3 Udarbejdelse af en forventet årlig leveringsprofil. Er en "netto-ordning" en mulighed?
- 4 Beregning af prisen det er muligt at betale for leveret genbrugsvarme til fjernvarme.
- 5 Projektering af tilslutningsanlæg, og fastlæggelse af ejergrænse.
- 6 Indgåelse af kontrakt med supermarkedet om levering af varme.
- 7 Løbende evaluering og dialog om optimering af varmeleveringen f.eks. tidsforskudt drift.

MYNDIGHEDERNE

- 1 Bagatelgrænse for genanvendelses anlæg på 250 – 500 kW varmeeffekt.
- 2 Små anlæg under bagatelgrænsen skal ikke administreres efter varmforsyningsloven.
- 3 Anlæg under bagatelgrænsen skal ikke betale overskudsvarmeafgift.
- 4 Supermarked og fjernvarmeselskab skal have mulighed for at aftale ejergrænser efter lokale forhold.
- 5 Investeringer i det ekstra udstyr for varmegenvinding skal kunne forrentes.

Det er vigtigt at understrege, at aftaler om levering af varme fra supermarkedernes genanvendelse til fjernvarmenettet ofte er en beskeden mængde. Mængden svarer ofte til det årlige forbrug for 15-20 standardhuse (250-360 MWh). Derfor kommer varmen fra supermarkederne til at være et supplement. Det er dog det klimarigtige valg og lokal brændselsfri varme.

Der findes allerede løsninger og velfungerende aftaler. Ofte er supermarkedet og fjernvarmeselskabet enige om aftaler baseret på lokale forhold. Desværre er myndighedernes tilgang, at opfatte disse små varmeleverancer, som værende egentlig varmeproduktion med deraf følgende administrative krav og afgiftsbetaling. Stor udbredelse kræver derfor politisk og administrativ velvilje.

POTENTIALER

Potentialet for levering af varme, fleksibelt elforbrug og andre energiydelser fra køling i supermarkeder har flere dimensioner.

1. Simple varmelevering fra køleanlæg til fjernvarme eller anden rumopvarmning.
2. Brug af ikke-anvendt kølekapacitet om vinteren til ekstra varmelevering.
3. Deltagelse med fleksibelt elforbrug fra kølemaskinerne åbner mulighed for optimering af elforbruget i spotmarkedet for elhandel, også kaldet Demand Response.
4. Deltagelse med MW-kapacitet i balancemarked og levering af systemydelser til elsystemet kræver aggregering og samarbejde med balanceansvarlig.

Fakta om varmelevering

Et standardhus bruger 18.1 MWh varme om året til rumopvarmning og brugsvand.

Et typisk supermarked har køleudstyr, der med varmegenvinding kan levere effekt på 150-240 kW varme. På årsbasis kan der leveres 200-220 MWh varme, eller svarende til 10-13 standardhuses årlige varmebehov.

Der er ca. 2.700 supermarkeder med kølemaskiner og mulighed for at kunne lave varmegenvinding. Inden for 3-5 år, og de rigtige rammevilkår, vil der kunne leveres varme for omkring 1.000 supermarkeder.

Potentialet for varmelevering er op til 230 GWh eller 13.000 standardhuse inden for 5 år.

Antallet af supermarkeder i Danmark er ca. 2.700. som udgangspunkt vil partnergruppen mene, at alle butikker kan gennemføre intern varmegenvinding. Derudover vurderes det, at omkring 75 % af supermarkederne forventes at kunne deltage i udnyttelsen af det fleksible elforbrug (DR).

Mellem omkring 1.000 supermarkeder forventes i løbet af de kommende 3-5 år at kunne levere energi til fjernvarmen afhængig af, hvor det er teknisk og økonomisk relevant, omkring 230 GWh.

De 2.684 supermarkeder i Danmark har en installeret termisk kapacitet på varmepumper/kølesystemer på ca. 400 MW. I gennemsnitlig årlig drift anvendes kun 30 % af kapaciteten. Den anvendte kapacitet er lav, når omgivelsestemperaturen er lav, hvilket betyder, at der i gennemsnit er op imod 250 MW, og endnu mere i varmesæsonen, termisk køling/varmepumpekapacitet til stede - som er ubrugt.

Kølekapaciteten på de termisk 400 MW kan levere 390 MW fjernvarme. Denne ekstrakapacitet har potentiale som decentral fjernvarmeproduktion, når spotprisen på el er lav - med betydelig lavere investeringsomkostninger end ved installation af nye varmepumper. Potentialet for et samarbejde mellem det lokale supermarked og det lokale fjernvarmeselskaber er væsentligt, da der er omkring 400 danske fjernvarmeselskaber placeret over hele landet.

Udnyttelse af genbrugsvarme fra kølesystemer er ikke nyt, men teknologien skal optimeres, og standardisering skal implementeres i et flertal af danske supermarkeder.

Varmegenvinding til fjernvarme er gennemført i et mindre antal supermarkeder, men området er i vækst. Projektet vil være med til at sikre en hurtigere udrulning med en velbeskrevet teknologi. En dansk udrulning af teknologierne vil også åbne op for eksport af teknologiske løsninger til resten af verden.

Så fra at være virksomheder, der blot udleder varme til omgivelserne, der allerede er betalt, bliver supermarkeder til effektive opsamlere af genbrugsvarme, der kan anvendes til fjernvarme.

Potentialet i udlandet for også at genbruge varme fra supermarkeders køleanlæg til fjernvarme er selvsagt til stede de områder, hvor der er adgang til fjernvarmenet.

Danmark er med 65 % blandt den håndfuld lande, hvor fjernvarme har en udbredelse på over 60 % til ejendomme. Varme fra supermarkeder kan dog også genbruges i mindre anlæg. Det kan være etageboliger i nærheden af supermarkedet og med vandbårne varmesystemer. Det kan være i shopping centre, hvor andre butikker, handlende eller erhverv med varmebehov kan opnå en løsning med genbrug af varme fra supermarkedet.

Overskudsvarme – det danske potentiale

Overskudsvarme – eller varme til genbrug. Varmen kommer typisk fra køling, frysning og andre energikrævende processer i virksomheder. I stedet for at bortlede varmen til omgivelserne, så kan varmen genbruges i bl.a. fjernvarmesystemet og dermed reducere behovet for at anvende andre brændsler til produktion af fjernvarmen. Overskudsvarme anses derfor for brændselsfri varme. I Energikommisionens anbefalinger fra april 2017 fremgik følgende.



FIGUR 4 – UDDRAG FRA ENERGIKOMMISSIONENS ANBEFALINGER FRA APRIL 2017, ANGÅENDE OVERSKUDSVARME OG AFGIFTSSYSTEMET

Det var meget klar tale fra Energikommisionen, også om at gennemføre de nødvendige ændringer af vilkårene. Det er desværre ikke fulgt op af politisk handling endnu. Energikommisionen anbefalede stærkt at gå i retning af mere brændselsfri varme, og at overskudsvarme er en helt indlysende mulighed i samarbejde med fjernvarmesystemet. De klare budskaber var bl.a. følgende.

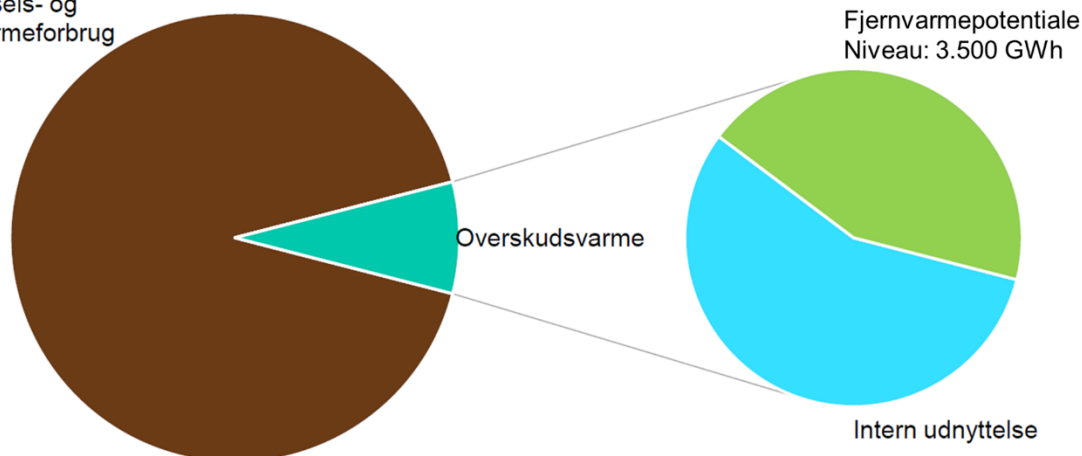
- Fjernvarmesystemet skal løbende omlægges fra brændsler til el via varmepumper og øget udnyttelse af overskudsvarme, i det omfang det er samfundsøkonomisk fornuftigt.
- Overskudsvarme fra industrien og andre lavtemperaturkilder vil kunne udnyttes i varmepumper til produktion af varme. Fjernvarmen skal i den udstrækning, det er samfundsøkonomisk fordelagtigt, udnytte alle affaldsprodukter og varme fra konverteringsprocesser.
- Fjernelse af forvridninger i afgiftsstrukturen, som kan bidrage til at varmepumper og udnyttelse af overskudsvarme bliver mere konkurrencedygtige.

Ingeniørvirksomheden Viegand Maagøe kunne på en Temadag i Dansk Fjernvarme i september 2017 give en god grafisk illustration af, hvor meget overskudsvarme der er at genbruge til fjernvarmeformål. Data for figuren var fra Energistyrelsen i 2013.

ERHVERVSLIVETS OVERSKUDSVARMEPOTENTIALE

TEKNISK & ØKONOMISK POTENTIALE

Erhvervslivets
brændsels- og
fjernvarmeforbrug



FIGUR 5 – VIEGAND MAAGØE ILLUSTRATION FRA SEPTEMBER 2017

Det samlede potentiale for genbrug af varme til fjernvarmeformål blev opgjort til et niveau på 3,5 million MWh eller svarende til 3,5 TWh. Fjernvarmens samlede levering er på 37 TWh om året, altså er potentialet på omkring ca. 10 %. Der er dog et stykke vej, da der i 2015 blev leveret overskudsvarme til fjernvarmesystemet fra 41 virksomheder med en samlet levering på 0,9 TWh eller svarende til 2,7 % af det samlede fjernvarmebehov. 1.000 supermarkeder på 5 år vil bidrage med ca. 230 GWh.

Viegand Maagøe havde en række anbefalinger om, hvorledes der kan komme gang i genbrug af overskudsvarme i fjernvarmesystemet.

- Fjernvarmen skal kende overskudsvarme potentialet i deres forsyningsområde. I Bjerringbro har Gudenådalens Energiforsyning foretaget kortlægningen og identificeret 9 virksomheder der til sammen har teknisk mulighed for at levere 90 % af fjernvarmebehovet. Der skal være lokal erhvervs- og varmeplanlægning, så det vurderes om grundlaget for udnyttelse af overskudsvarmen kan forsvinde igen. Og fjernvarmeselskabet skal tage initiativ, da mange virksomheder ikke har opmærksomhed på at starte dialogen.
- Virksomhederne skal have overblik over, hvad de selv kan genanvende og hvor meget der vil være til levering. Dialog med kommunen om lokale vækstplaner og hvad der skal til før projektforslag kan godkendes.

Eksisterende anlæg for genbrug af overskudsvarme

Der leveres varme fra en række virksomheder, der har varme til overs fra deres primære processer. Varmegenvinding er effektivt og en måde at udvinde den maksimale mængde overskudsvarme fra enhver mulig proces og genanvende denne til intern brug – uden at tilføre ekstra energi til processen, eller levere til fjernvarmesystemet. Således genanvendes varmen der allerede er blevet betalt for, og spildes ej ved at ledes direkte ud i atmosfæren. Et varmegenvindingssystem er forskellig fra et varmesystem forstået på den måde at varmen der produceres igennem varmegenvinding ikke altid er til rådighed i de mængder, som er nødvendige for varmegiverne, typisk rumopvarmning og/eller opvarmning af brugsvand.

Varmen leveres ved en temperatur på mindst 60 °C. Det gør at varmen kan anvendes direkte i fjernvarmesystemet. Led lavere temperaturer f.eks. fra datacentre (25-35 °C) skal der tilknyttes en eldrevne varmepumpe for at hæve temperaturen, hvilket er en ekstra omkostning – både ved investering og ved drift.

Der leveres overskudsvarme i større mængder fra omkring 41 virksomheder. Blandt de største (>10 GWh)

Virksomhed	GWh varmelevering
Aalborg Portland i Aalborg	371
Shell Raffinaderiet i Fredericia	332
Haldor Topsøe i Frederikssund	43
Skjern Papirfabrik i Skjern	32
Nordalim i Aarhus	31
Koppers Denmark i Nyborg	25
Fiskernes Fiskeindustri i Skagen	17
Dupont Nutrition Bioscience i Brabrand	14
Nordic Suggar i Nykøbing F	13
Ardagh Glass Holmegaard i Holmegaard	13
Pandalus Fiskeriindustri i Hanstholm	11

TABEL 2 – LISTE OVER EKSEMPLER PÅ OVERSKUDSVARMELEVERANDØRER, OVER 10 GWH OG MED DATA FRA 2017

De nuværende anlæg leverer overskudsvarme til genbrug og derved ca. 2,9 % af fjernvarmens årlige levering af ca. 36 TWh varme til 1,7 millioner bygninger.

I henhold til regeringens Afgifts- og Tilskudsanalyse 5 om overskudsvarme fra marts 2018 anslår Skatteministeriet at der 2022 er et potentiale på at øge overskudsvarmen fra 0,97 TWh i 2017 til 1,8 TWh i 2022. Når 2022 er valgt som et interessant år skyldes det at udfasningen af PSO er slut i 2021, lige som elvarmeafgiften er sænket til 15,5 øre/kWh i 2021, hvorved varmepumper får en bedre driftsøkonomi. 1.000 supermarkeder vil kunne bidrage med 230 GWh til sammenligning.

Det langsigtede potentiale, før der kommer store datacentre m.v. vil komme helt op på 3,47 TWh, eller svarende til et opvarmningsbehov for en by på størrelse med Aarhus.

Begrænsningerne for at udvikle leveringen af overskudsvarme til fjernvarmeformål er dog hindret af en række rammevilkår. Afgifterne skal reduceres, hvilket i særlig grad gælder overskudsvarmeafgiften og elafgiften. Eltarifferne skal moderniseres. Svingninger i varmeprisen over året skal være muligt. Og endelig skal der være regulering, som understøtter de store investeringer.

For fjernvarmesystemet skal der tages hensyn til at overskydende varme fra industrier til genbrug som fjernvarme ofte leveres hele året og derfor indgår som grundlast, uanset varmebehovet hos fjernvarmekunderne. Der skal således være plads til at aftale varmen hele året, også den varme sommerdag. Det betyder at genbrugsvarmen ikke må udgøre en for stor andel af fjernvarmegrundlaget. De store varmeleverandører f.eks. Aalborg Portland og Shell er da også tilsluttet i henholdsvis det store fjernvarmesystem i Aalborg og TVIS transmissionssystemet i Trekantområdet.

Der er et geografisk hensyn at tage for at fjernvarmesystemet kan aftage varmen fra industrier og erhverv. Sagen om nye store datacentre viste udfordringen, da der var på tale at etablere to store datacentre i den lille by Kassø vest for Aabenraa. Mængden af varme til genbrug ville blive så stor at der skulle etableres transmissionssystemer fra Kassø og ud til større byområder.

Det er ikke nyt, at der er behov for at få rammevilkårene moderniseret. I august 2013 udarbejdede Viegand Maagøe analysen "Analyse af muligheder for bedre udnyttelse af overskudsvarme fra industrien" for Energistyrelsen.

ANALYSE AF MULIGHEDERNE FOR BEDRE UDNYTTELSE AF OVERSKUDSVARME FRA INDUSTRIEN

Afsluttende rapport



August 2013

viegand
maagøe
energy partner

Analysen når frem til, at der i 2013 var et potentiale på 2,5 TWh varme fra industri og erhverv til genanvendelse i fjernvarmesystemet. Forudsætningen var at investeringer kan afskrives over 4 år. Overskudsvarme fra køleanlæg og trykluft blev dengang opgjort til et potentiale på 1,4 TWh.

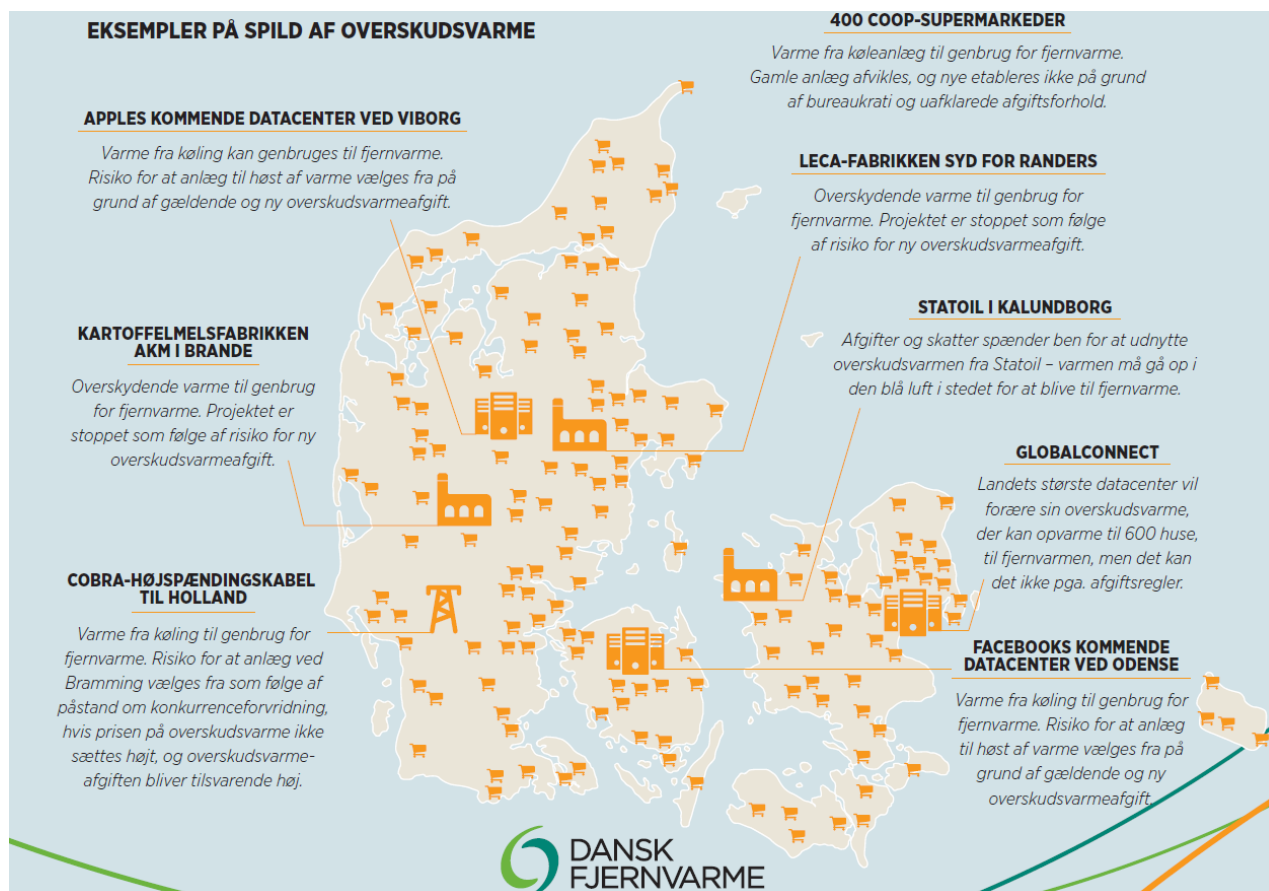
På daværende tidspunkt i 2013 var der levering af overskudsvarme svarende til 1,25 TWh til fjernvarmesystemet – eller svarende til under 4 % af energiforbruget i industri og erhverv.

På daværende tidspunkt kom varmen primært fra virksomheder som; Aalborg Portland (333 GWh), Shell Raffinaderiet (343), Dalum Papir (205 GWh), Kommunekemi (191), Bdr. Hartmann (80 GWh), DAKA (25 GWh), HTH (15 GWh), Fiskernes Fiskeindustri (15 GWh), Dansk Træemballage (10 GWh) og Novopan (8 GWh).

Flere af leverandørerne af overskudsvarme til fjernvarme findes ikke længere, og understreger det forhold at fjernvarmen ikke kan opretholde forsyningssikkerhed kun baseret på overskudsvarme.

Analysen viste også i 2013, at de væsentligste barrierer er rammevilkår og afgiftssystemet.

I 2018 udarbejdede Dansk Fjernvarme en række materialer for at synliggøre, hvor mange projekter for genbrug af overskudsvarme, der potentielt venter på at rammevilkår og/eller myndighedernes vurderinger ændres. Desværre er det ikke sket endnu. Tvært imod vil nyt forslag (oktober 2019) til ændringer af lov om overskudsvarme blive en barriere for en række nye såvel som nuværende projekter.



FIGUR 6 – 2018 KORT OVER MULIGE GENBRUG AF OVERSKUDSVARME TIL FJERNVARME. INDKØBSVOGNE ER SYMBOL PÅ SUPERMARKEDER.

Udover emner på kortet var der et projekt i Lystrup ved Aarhus, hvor Lystrup Fjernvarme kunne hente 12 GWh, svarende til 13 % af varmen til 15.000 borgere hos virksomheden – Elo Pack emballage. SKAT ville dog ikke give forhåndsgodkendelse af projektets økonomi og krævede afgiftsbetaling, hvorefter projektet gik i stå og varmen udledes derfor fortsat til omgivelserne.

I Hedensted arbejder Hedensted Fjernvarme med Air Liquide virksomheden om et projekt for genbrug af overskudsvarme fra produktionen af flydende ilt til sygehusene. Projektet vil kunne levere ca. 75 GWh varme til fjernvarmesystemet. Sammen med overskudsvarme fra DAKA er der mere overskudsvarme til rådighed end både Hedensted og Løsning kan anvende. Der er dog risiko for at projektet stopper, hvis nye regler for beskatning af overskudsvarme vedtages.



Varme fra store eltransmissionsanlæg

Statens systemansvar, Energinet har en række store transformatoranlæg ved udlandsforbindelserne for eltransmissionssystemet. I mange år har det været undersøgt om ikke varmen fra transformerne og andre højspændingsanlæg kunne genbruges til fjernvarme.

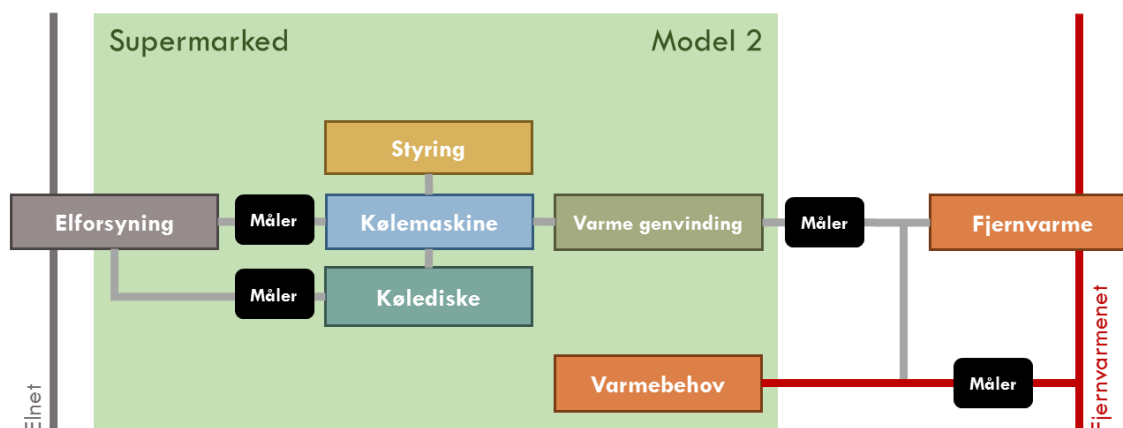
I Tjele ved Viborg er det største anlæg for udlandsforbindelserne mod Norge, men her har en aftale ikke været mulig. I Fraugde ved Odense er der anlægget for Storebæltsforbindelsen, og heller ikke her har aftale været mulig endnu. Ved det nye kabel mod Holland fra Endrup blev dele af de tekniske installationer inkluderet i projektet, men en aftale om varmelevering til Bramming er ikke på plads endnu.

Seneste eksempel er UK forbindelsen fra Revsing. Her vil Varde Varmeværk kunne hente en meget stor andel af fjernvarmen fra de meget store transformere m.v. Igen er der rammevilkår og lovreguleringen af henholdsvis det statslige systemansvar og varmeforsyningslovens regulering af fjernvarmeselskabet, som spænder ben.

Der er tale om store mængder varme fra eltransmissionssystemets store komponenter. Der er ikke udfordringer med overskudsvarmeafgift, da der ikke medgår afgiftsbelagte brændsler. Til gengæld er der udfordringer med hvem af parterne, der skal forestå investeringerne – og har lov til det.

Supermarkeder leverer allerede varme til genbrug

Der er allerede etableret gode løsninger, hvor supermarkeder har etableret anlæg for genanvendelse af varmen fra kølemaskinerne til opvarmningsformål. I tabel herunder er en opstilling af de anlæg, der har været muligt at finde informationer om. Kriteriet er at varme leveres til fjernvarmenettet. Der er formentlig mange supermarkeder og andre butikker med køleudstyr, som uden kobling til fjernvarmenettet selv genanvender varmen til rumopvarmning. Opstillingen begrænser sig derfor til anlæg efter Model 2.



I Model 2 løsningen kan varmen fra kølemaskinerne anvendes til dækning af eget varmebehov. Særligt i sommerperioden vil der netto være levering af varme til fjernvarmenettet og i vinterperioden netto køb af fjernvarme fra fjernvarmenettet. Omkring 150 supermarkeder har kobling til fjernvarmesystemet og mulighed for levering af fjernvarme fra varmegenvindingen på køleanlæggene.

For Salling Group er der varmegenvinding i 101 Føtex supermarkeder, hvoraf 81 har fjernvarmekobling. 17 Bilka supermarkeder, hvoraf 14 har fjernvarmekobling

By	Supermarked	Fjernvarmeselskab	Varme produktion (MWh)	Varme levering (MWh)
Ebeltoft	Kvickly	Ebeltoft Fjernvarme	230	98
Skjern	SuperBrugsen	Skjern Fjernvarme	94	48
Give	SuperBrugsen	Give Fjernvarme	360	125
Odder	Kvickly	Odder Fjernvarme	257	113
Hedensted	SuperBrugsen	Hedensted Fjernvarme	194	59
Løkken	SuperBrugsen	Løkken Varmeværk	128	41
Ryomgård	SuperBrugsen	Ryomgård Fjernvarme	90	43
Terndrup	SuperBrugsen	Terndrup Fjernvarme	99	55
Ølgod	SuperBrugsen	Ølgod Tekniske Værker	182	66
Aalborg	Bilka	Aalborg varme	550	325
Randers	Bilka	Verdo	531	316
Sønderborg	Bilka og Føtex	Sønderborg Fjernvarme	990	580
København	Bilka OneStop	HOFOR	501	295
Vejen	Kvickly	Vejen Varmeværk	263	50
Augustenborg	SuperBrugsen	Sønderborg Fjernvarme	480	272

TABEL 3 – EKSEMPLER PÅ EKSISTERENDE ANLÆG HOS SUPERMARKEDER FOR VARMELEVERING – OKTOBER 2019

Potentiale for COOP supermarkeder

COOP koncernen har en række supermarkeder, Kvickly, SuperBrugsen, Daglig Brugsen, Fakta og Irma. I alle supermarkederne er der behov for køling til kølediske og frost. Der er i COOP en opdeling mellem A-butikker, der er ejet af lokale brugsforeninger, og 548 B-butikker der er ejet af COOP. Særligt i relation til investeringsbeslutninger er der forskel på de to butikstyper.

COOP arbejder med energieffektivisering på mange områder for de 548 B-butikker i planen Energi2020, hvor målsætningen er at reducere energiforbruget med 20 % i 2020. Elforbruget i B-butikkerne er sammenlagt på 14 til 18 GWh pr. måned. Fra 2017 til 2019 er alene elforbruget reduceret med 13 %.



FIGUR 7 - OVERSIGT FRA COOP OM DERES ARBEJDE MED PLAN FOR REDUKTION AF ENERGIFORBRUGET I 2020

660 køleanlæg er automatiseret og styres fra AK Centralen. I ca. 350 supermarkeder er der installeret anlæg til genbrug af overskudsvarme. 50 af butikkerne har levering af overskudsvarme til eget varmebehov og til lokalt fjernvarmeverk. 100 nyere køleanlæg er forberedt til installering af anlæg for genbrug af overskudsvarme. I regi af COOP koster det typisk mellem 150.000 og 250.000 kr. at få installeret anlæg for genbrug af varme fra kølemaskinerne til levering for fjernvarme eller anden rumopvarmning. Et større supermarkeds f.eks. SuperBrugsen, kan årligt levere omkring 200-220 MWh varme, enten til fjernvarmenettet eller til anden rumopvarmning. Et standardhus bruger 18,1 MWh varme om året. Et supermarked kan således levere varme til 10-13 standardhuse om året.

I regi af COOP 548 B-butikkerne er der et samlet potentiale på omkring 100-120 GWh årlig varmelivering, enten for levering til fjernvarmenettet eller til anden rumopvarmning. Hvis varmen leveres til standardhuse med årligt varmebehov på 18,1 MWh vil der være varme nok til 6-7.000 standardhuse.

Profilen på varmelivering fra supermarkeder

Et typisk supermarked har mest brug for køling om sommeren og som følge deraf også mest varme til genanvendelse i sommerhalvåret. Det er præcist modsat behovet for varme til rumopvarmning, mens varme til brugsvand fordeler sig mere jævnt over året. Alle fjernvarmesystemer skal holde varme på nettet, selv den varmeste sommerdag, da kunderne kan have behov for et varmt bad, opvask eller andet varmt brugsvand. Derfor har fjernvarmeselskaberne behov for varmeproduktion hele året.

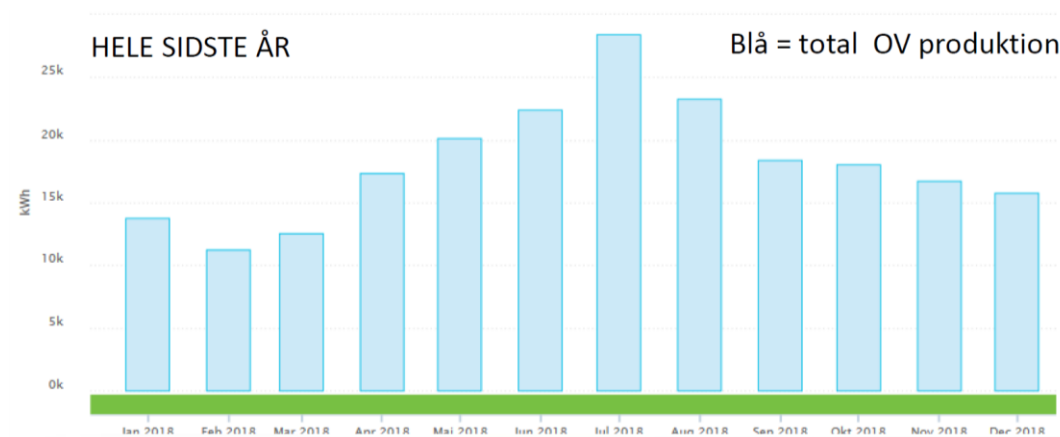
Udfordringen kan blive, hvilken pris der skal afregnes for varmen i tilfælde af genbrug af varme fra f.eks. køleprocesser om sommeren.

Har fjernvarmeselskabet adgang til meget billig varme fra termiske solvarmeanlæg eller affaldskraftvarme kan prisen til afregning til bl.a. supermarkeder være en udfordring. En løsning kan være at prisen for varmen varierer fra måned til måned. Derved kan princippet om substitution gøres gældende. Afregningen kan da være til en pris svarende til alternativ varmeproduktion. Spørgsmålet er om mængden kan retfærdiggøre en kompliceret beregningsmodel, eller om parterne foretrækker noget enkelt.

I de etablerede løsninger er der lokalt aftalt en afregningspris, som ikke kræver alt for meget administration. Nogle steder har supermarkedet besluttet at prisen er 0 kr., da varmeleveringen indgår som en politisk handling. Andre steder er der afregnet til en fast pris med opgørelse af den årlige varmelevering. Udfordringen for supermarkedet kan da være at få forrentet investeringen i det ekstra udstyr inden for de normale tilbagebetalingstider.

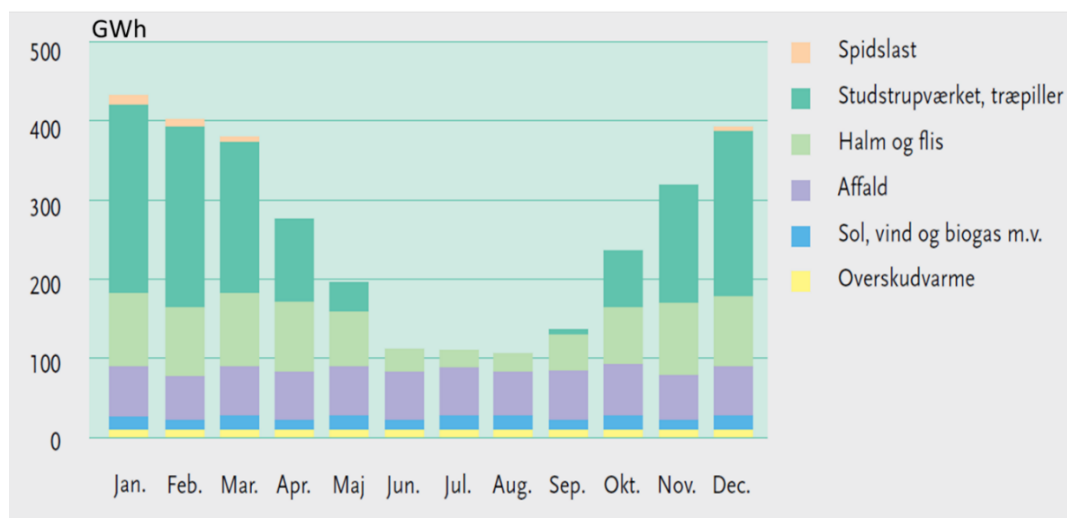
Alternativt kan det aftales, at fjernvarmeselskabets ejerskab går "længere ind" i supermarkedets anlæg. F.eks. i Odense har Facebook og Fjernvarme Fyn aftalt, at anlæg til opsamling af varmen fra datacenteret til genbrug i fjernvarmen er ejet og drevet af fjernvarmeselskabet. Derved skal Facebook ikke have en investering forrentet og har desuden besluttet at levere varmen vederlagsfri.

I figuren herunder ses produktionsprofilen af overskudsvarme (OV) fra et typisk COOP supermarked.



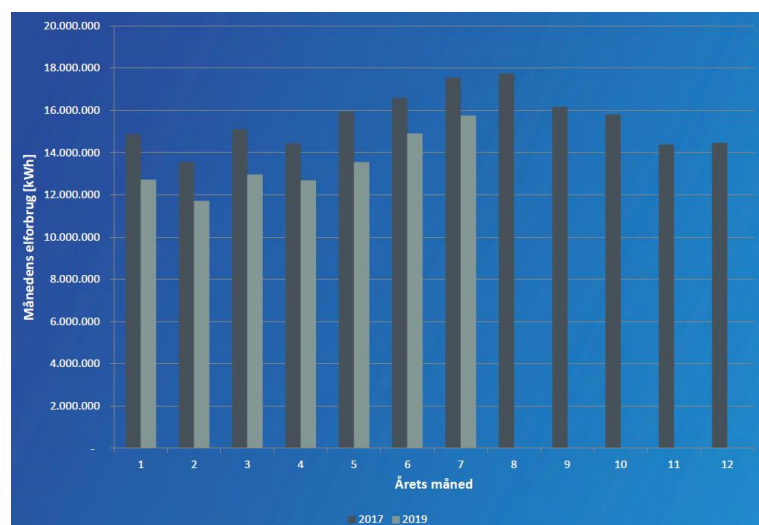
FIGUR 8 - COOP OPGØRELSE AF ET SUPERMARKEDS VARMEPRODUKTION FRA KØLEANLÆG, FORDELT OVER ÅRET

Herunder er der et eksempel fra Affald Varme Aarhus om, hvordan fjernvarmebehovet fordeler sig over årets måneder. Overskudsvarme (gul) lægges i bunden, efterfulgt af sol, vind og biogas samt affaldskraftvarme som de ufleksible grundlast teknologier.



FIGUR 9 – FJERNVARMEBEHOVET I AARHUS, FORDELT PÅ MÅNEDERNE. LÅNT FRA AVA.

Med 150-240 kW varmekapacitet på det typiske supermarkedsanlæg vil det i langt de fleste tilfælde være muligt at absorbere varmen i fjernvarmesystemet, selv på den varme sommerdag.



COOP har selv sagt stor fokus på at nedbringe elforbruget i butikkerne. Fra 2017 til 2019 er elforbruget nedbragt med 13 % og derfor godt på vej til 20 % målet i 2020.

Overskudsvarme er indtil nu stadig et område som alene Coops Tekniskdrift beskæftiger sig med Ad Hoc og i forbindelse med eksempelvis ønsker fra selvstændige brugsforeninger, eller ved udskiftning af konsumkøleanlæg

FIGUR 10 - DATA FRA COOP OM REDUTIONER I ELFORBRUGET I SUPERMARKEDERNE

Systematisk etablering af anlæg for genanvendelse af varme til genbrug i fjernvarmesystemet er ikke en del af COOP Energi2020 program. Om det bliver det afhænger meget af, hvilke positioner der politisk og administrativt tages. Nye regler om afgift på overskudsvarme er ikke optimale, men lidt bedre. Til gengæld er de administrative krav til supermarkederne med til at begrænse interessen.

Praktiske løsninger

Med data fra Danfoss er der her beskrivelse af de praktiske og etablerede løsninger i tre konkrete case. Augustenborg, Skjern og Kjellerup. På landsplan har Danfoss leveret lignende løsninger til ca. 30 supermarkeder. Der er tale om seneste skud på stammen for CO₂-køleanlæg, der er ekstra effektive når CO₂ er drivmiddel (ikke til udledning). Anlæggene er udstyret med Danfoss Heat Recovery unit, et varmegenvindingsanlæg. Tilbagebetalingstiden er 1-3 år. Der er dels tale om energibesparelser og varmelevering til egen rumopvarmning i supermarkedet samt brugsvand, eller levering af varme til naboforretninger eller fjernvarmenettet.

Augustenborg

SuperBrugsen i Augustenborg har i 2015 fået nyt varmegenvindingsanlæg fra Danfoss. Der leveres varme til egen butik, herunder varmt vand til rengøring af butikkens slagter og til fjernvarmenettet svarende til ca. 15 standardhuses varmebehov. Nye kølemøbler gav stor elbesparelse.



Derudover er der en årlig besparelse på el og varmeregningen på 90.000 kr.

På el er besparelsen ca. 50 %, da de nye kølemøbler bruger mindre el. På varmesiden er der tale om en løsning, hvor der primært er fortrængning af tidligere køb af fjernvarme og i mindre grad levering af varme til nettet. Således købes der nu netto 10 % af tidligere fjernvarmelevering.

FIGUR 11 – SUPERBRUGSEN I AUGUSTENBORG, PER BEIERHOLM FORAN SUPERMARKEDET, DER OGSÅ LEVERER VARME TIL 15 HUSE.

Skjern

SuperBrugsen i Skjern har tidligere modtaget Fjernvarmeprisen fra Dansk Fjernvarme for løsningen med varmegenvinding og levering af varme til nettet.



Butikkens eget areal er på 3.400 m² og opvarmes sammen med brugsvand. Erfaringerne over årene er dog at det administrative bøvvl er voldsomt og vokser. Indtjeningen på varmesalg var kun på ca. 30.000 kr. og med 33 % overskudsvarmeafgift og en revisorregning, så hang et ikke sammen. Derfor er der ikke længere betaling for varmeleveringen. Anlægget er på automatisk fjernovervågning fra Danfoss.

FIGUR 12 – SUPERBRUGSEN I SKJERN, HANS JØRGEN ANDERSEN MED VARMEGENVINDINGSANLÆGGET FRA DANFOSS

Kjellerup

SuperBrugsen i Kjellerup har med varmegenvindingsanlægget varme til egen butik på 2.000 m² samt til et fitnesscenter, en blomsterforretning og en bagerbutik.



Projektet blev gennemført i 2017.

Supermarkedet lå i forvejen blandt de 5 mest energieffektive men formåede med den nye løsning at nedbringe energi regningen med yderligere 20 %, eller svarende til 150 – 170.000 kr. årlig besparelse på el, vand og varme.

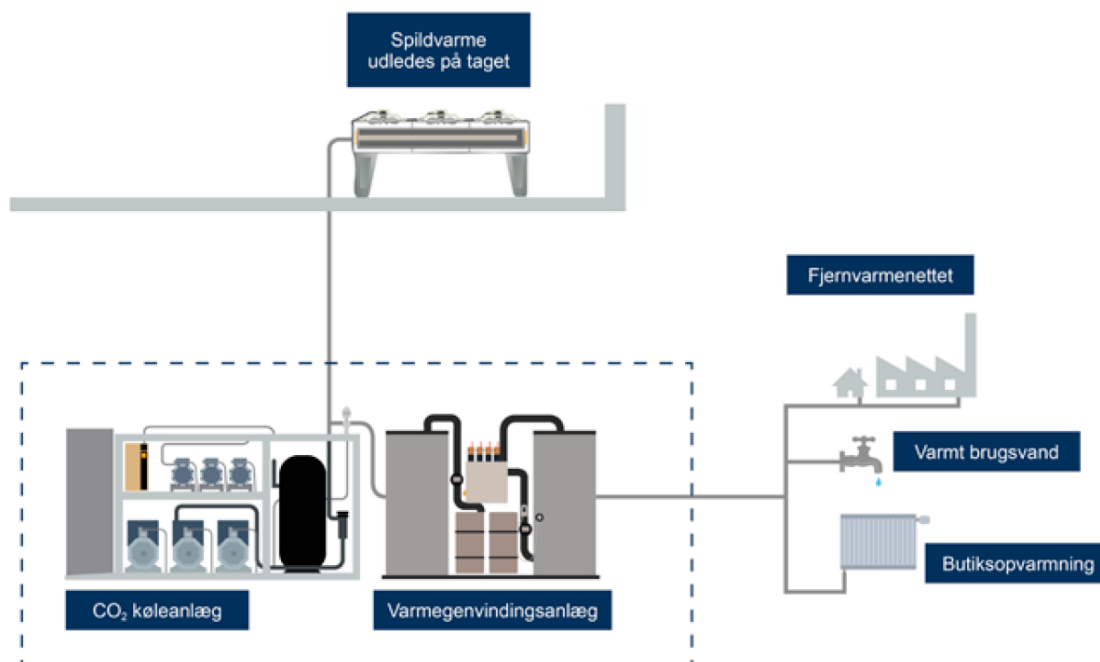
Der er ikke varmelevering til fjernvarmesystemet men til nabobutikker.

FIGUR 13 – SUPERBRUGSEN I KJELLERUP, PETER POULSEN MED VARMESYSTEMET

Danfoss erfaring

Den tekniske løsning fra Danfoss. I supermarkedet genererer køleanlægget overskydende varme, der ellers ville gå til spilde. Den grønne varmegenvindingsløsning fra Danfoss sikrer genanvendelse af varmen fra køleanlægget til opvarmning af butikken, varmt brugsvand og levering til fjernvarmenettet. Der er ingen spild – anlægget genbruger 95 % af den overskydende varme. Køleanlægget reducerer CO₂-udledningen og anvender naturlige kølemidler, der ikke påvirker miljøet.

Supermarkeder skal ikke etablere varmegenvinding for at blive leverandør af fjernvarme. Investeringen skal gøres for at optimere energianlæg, reducere energiforbruget og forbedre økonomien ved at få varmelevering til egne behov. Hvis der derudover er varme til levering er fjernvarmesystemet muligheds.



FIGUR 14 – DANFOSS LØSNING FOR VARMEGENVINDING I SUPERMARKEDER.

Danfoss har fra de leverede løsninger skabt et erfaringsgrundlag.

Som en del af Energiforliget 2018 anbefaler Danfoss følgende:

Generelt set har virksomhederne brug for et enklere regelsæt, specielt i forbindelse med salg til fjernvarme. Det skal være gennemsigtigt og nemt for alle virksomheder at sælge sin overskudsvarme til et fjernvarmesystem. Derfor bør det overvejes, at indføre en bagatelgrænse i reglerne for overskudsvarmeafgiften samt en lempelse af Energitilsynets indrappporteringskrav (priser, budgetter og regnskaber) for mindre leverandører. Det skal understøtte, at mindre anlæg får udnyttet det lokale supermarkeds overskudsvarme til gavn for nærmiljøet.

De tekniske løsninger findes, de er effektive – særligt med moderne køle og frost møbler i supermarkederne og højeffektive kølemaskiner baseret på CO₂ som drivmiddel. Varmegenvinding kan ske med 95 % effektivitet og det samlede energiregnskab er særdeles positivt. Tilbagebetalingen af investeringen er kort 1-3 år og derefter er der løbende besparelser til gavn for økonomien og klimaet.

Gældende regler om afgifter og administrative krav gør at det ofte ikke kan betale sig at levere varme til fjernvarmesystemet, hvis der indgår betaling for varmen. Uden betaling kan man slippe nemmere, men får jo så heller ikke bidrag til afskrivning af den ekstra investering.

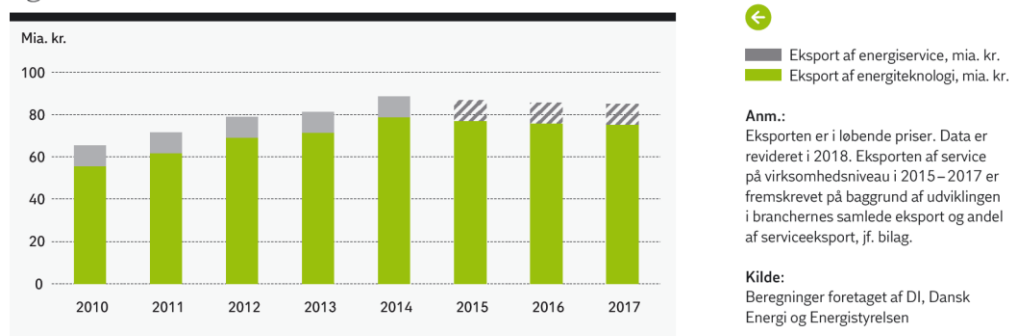
Det er muligt at ændre på disse forhold ved at indføre en bagatelgrænse på 250 - 500 kW for hvornår de administrative krav træder i kraft og hvornår der skal betales afgifter.

Potentiale ved eksport af løsninger

Danmark har en stor eksport af energiteknologier og service (ikke brændstoffer) på omkring 80 milliarder om året i henhold til opgørelse fra DI Energi 2017 i dokumentet "Opgørelse af eksport af energiteknologi og service 2017". I 2016 kom der en analyse fra juni 2016 af COWI om "Branchens forventninger til eksportpotentialet inden for fjernvarme og fjernkøling" hvoraf der opgøres et potentiale for vækst i eksporten fra ca. 8 milliarder kr. i 2019 til 15 milliarder kr. i 2030. Eksport af teknologier for at genvinde varme fra køleanlæg til brug ved anden opvarmning vil også stige i udlandet.

I alle lande, hvor der er et varmebehov til rumopvarmning og/eller varmt brugsvand vil der kunne opnås energieffektivisering ved at genbruge varme fra køleanlæg. Nationale rammevilkår kan både fremme og bremse udviklingen. Umiddelbart vil eksport til traditionelle markeder som Skandinavien, UK, Tyskland, Holland, Belgien og Frankrig være oplagte muligheder. Man må dog ikke overse potentialerne i de Baltiske lande, hvor der også er stor udbredelse af fjernvarmsystemer.

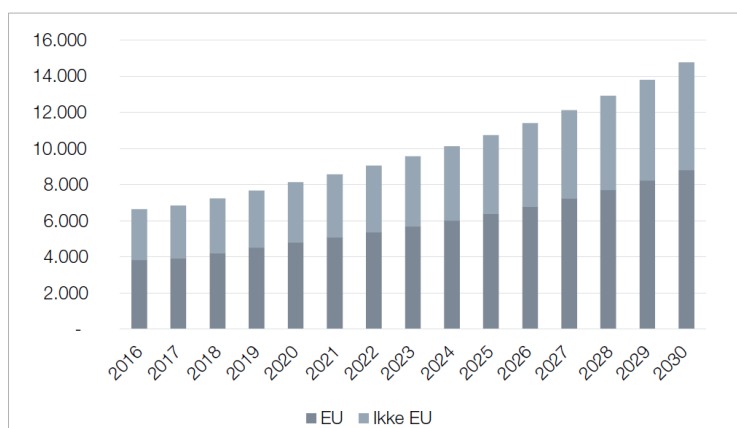
Figur 1: Dansk eksport af energiteknologi og -service, 2010–2017



FIGUR 15 – OPGØRELSE AF EKSPORT AF ENERGITEKNOLOGI OG SERVICES 2017 FRA DI

7.2 UDVIKLING I DEN DANSKE FJERNVARMEEKSPORT FREM MOD 2025

De danske virksomheders vurdering af udviklingen i den danske eksport til hhv. EU28 og ikke-EU28 fra 2016 til 2030 er afbildet i Figur 7-2.



FIGUR 7-2
De danske virksomheders vurdering af udviklingen i den danske eksport til hhv. EU28 og ikke-EU28 fra 2016 til 2030 (mio. kr.)

FIGUR 16 – ANALYSE AF EKSPORTPOTENTIALE FOR FJERNVARMETEKNOLOGI I 2016 FRA COWI

Eksporten af energiteknologier omfatter også løsninger til varmegenvinding fra køleanlæg. Danfoss er blandt hovedaktørerne, men også leverandører af andre komponenter som målere, pumper, veksler osv. er der danske virksomheder bag.

Den store eksportorganisation, State of Green, har med udgangspunkt i aftalerne mellem Salling Groupe, Bilka og Føtex butikkerne i Sønderborg og Sønderborg Fjernvarme, promoveret løsninger for genanvendelse af varme fra køling til andre opvarmningsformål. Projektet har desuden fokus på CO₂-reduktion og dermed en del af Sønderborgs flagskibssatsning Project Zero. Se nærmere på.

<https://stateofgreen.com/en/partners/projectzero/news/surplus-heat-from-danish-supermarkets-utilised-for-district-heating/>

Også eksportorganisationen DBDH har i deres arbejde og magasin HOT-COOL promoveret eksportløsninger inden for genanvendelse af overskudsvarme. Se nærmere på www.DBDK.dk.

Danfoss

Ud fra Danfoss årsrapport 2018 er det muligt at trække viden om udviklingen inden for forretningsområdet køling.



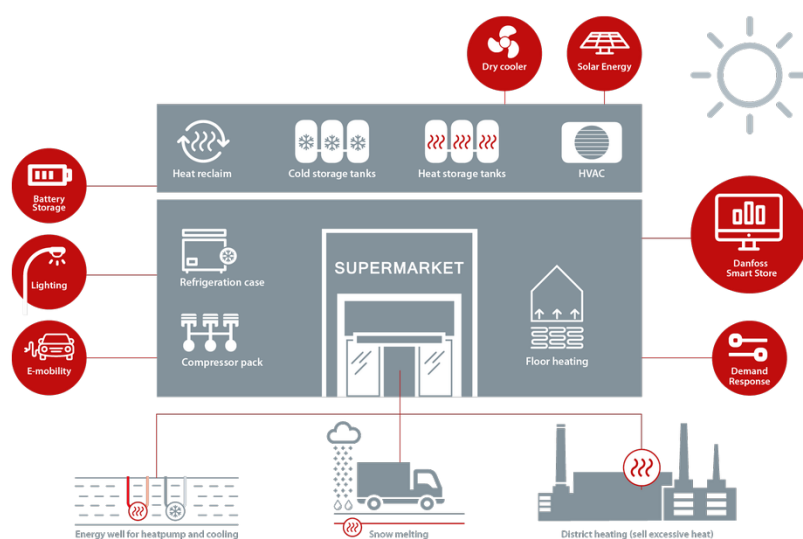
Køleområdet i Danfoss har globalt 6.179 medarbejdere ansat på 15 fabrikker i 10 lande. Der produceres en lang række komponenter for totalløsninger til bl.a. detailhandel og køleanlæg for industrier og kommercielle køleanlæg.

Danfoss sælger for 1.617 millioner Euro i 2018 og har en vækst på 4 % i lokal valuta. Markedet er fortrinsvis Vesteuropa og Fjernøsten.

Danfoss har store forventninger til området med køleløsninger.

Danfoss har i en række projekter demonstreret integration mellem varme, køle og de elektriske systemer (PV installation og batteripakke). Det seneste eksempel herpå er et projekt i Oldenburg, Tyskland med et Aktiv & Irma supermarked. Supermarkedet skal demonstrere køleteknikker og intelligent anvendelse af energi til køling og genanvendelse af varme.

Danfoss har for det nye projekt nedenstående illustration af supermarkedet og dets relationer til andre energisystemer. Film ses på www.youtube.com/watch?v=wtBRN3tKqJs.



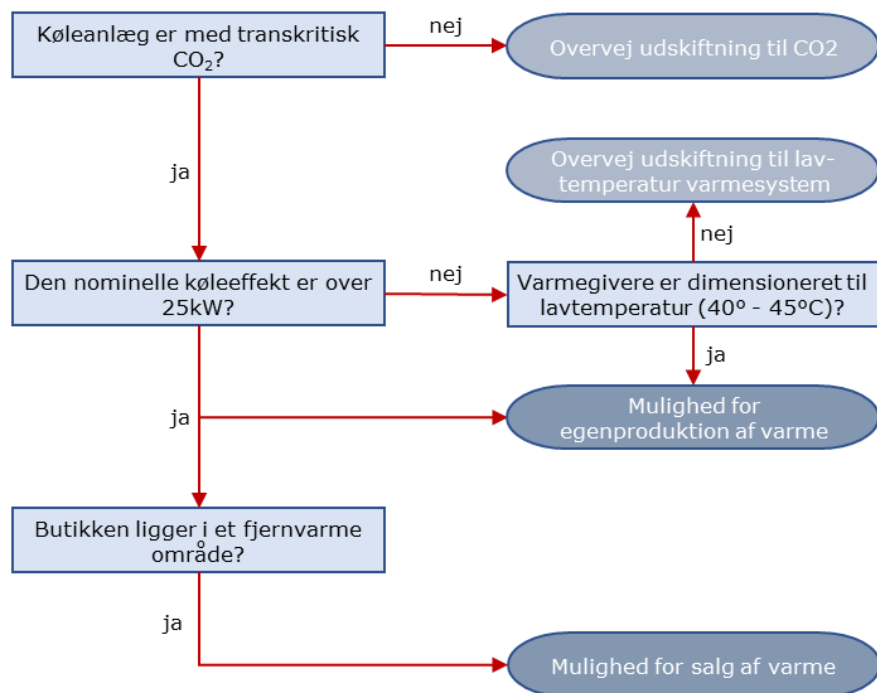
FIGUR 17 – DANFOSS NYE 'FUTURE SUPERMARKETS' I OLDENBURG, TYSKLAND, I SAMARBEJDE MED IRMA

ANALYSER

I dette afsnit indgår de analyser, der er gennemført i projekt **Super Supermarkets** til brug for denne kogebog.

Vurdering af mulighed for varmegenvinding

Inden der igangsættes et projekt er der behov for at gennemføre en vurdering af om der overhovedet er grundlag for varmegenvinding. Herunder en systematisk gennemgang fra Danfoss.



FIGUR 18 - EN SIMPLIFICERET MODEL TIL VURDERING AF EN KØLE-INSTALLATIONS EGNETHED TIL VARMEPRODUKTION FRA DANFOSS

Erfaringer med varmeproduktion fra eksisterende anlæg med varmegenvinding har vist følgende.

- Det er vigtigt at der mellem køleanlægget og bygningens varmeanlæg installeres en stratificeret buffer/varmelagringskank, da behovet for varme og køleanlæggets belastning ikke kan forventes altid at være synkrone.
- En lagringskank er også særlig vigtig set i forhold til varmegenvindingsveksleren på køleanlægget, da ustabilitet omkring temperaturer og tryk, nedsætter levetiden på veksleren betydeligt.
- Jo lavere returtemperatur varmeinstallationen kan levere, jo mere varme kan genvindes, desto bedre forrentning af installationen.
- Det er af stor vigtighed at man gør køleanlægs-leverandøren opmærksom på, at der skal etableres varmegenvinding på køleanlægget således at kompressorer og varmegenindvindingsveksleren bliver dimensioneret på baggrund heraf.
- Isolering af højtemperatur rør på køleanlægget skal udføres. Det har ikke tidligere været standard praksis, da det jo har været betragtet som spildvarme.
- At køleanlægget indreguleres, så det så vidt muligt, aldrig stopper alle kompressorer.
- At køle anlægget dimensioneres til trans-kritisk drift.

Yderligere, ved projektering af genindvinding på eksisterende installationer bør følgende råd følges.

- Det skal sikres at de eksisterende varmegivere er egnet for de fremløbstemperaturer, der i det aktuelle anlæg er muligt at opnå og at de vil kunne levere en fornuftig afkøling. Især i installationer hvor supplement er oliekedel, hvor varmegivere typisk er valgt til høj fremløbs temperatur.
- Indregulering (balancering) af vandkredsen er vigtig for at få et effektivt varmegenvindings system.
- Det skal overvejes om køleanlæggets driftstilstand er tilstrækkelig til at levere varme nok hele året eller om et supplement er nødvendig

Varmegenvinding

Hvad er varmegenvinding?

Varmegenvinding er at genvinde overskydende varme fra procesenergi uden at tilføre ekstra energi til processen. Varmegenvinding er varierende produktion af varme (effekt) ved forskellige temperaturer. Varmeanlæg har et behov der er nogenlunde konstant i løbet af dagen. Der er nogle spidsbelastning i løbet af dagen under f.eks. brugsvandsproduktion. Vi synkroniserer produktion og forbrug – med andre ord reguleringsteknik på højt plan.

I og med vi har med store temperaturforskelle omkring varmegenvindingsveksler har stor betydning for vekslerens levetid. Derfor er regulering kompliceret, men meget vigtigt at have fokus på en stabil temperatur. Buffereffekten ved tankløsninger er med til at stabilisere temperaturen omkring pladevarmeveksler.

Varmegenvinding er effektivt at udvinde den maksimale mængde overskudsvarme fra enhver mulig proces og genanvende denne til intern brug – uden at tilføre ekstra energi til processen. Således genanvendes varmen der allerede er blevet betalt for, og spildes ej ved at ledes direkte ud i atmosfæren. Et varmegenvindingssystem er forskellig fra et varmesystem forstået på den måde at varmen der produceres igennem varmegenvinding ikke altid er til rådighed i de mængder, som er nødvendige for varmegiverne, typisk rumopvarmning og/eller opvarmning af brugsvand.

Hvor kan varmegenvinding anvendes?

Varmegenvinding kan i teorien anvendes alle steder, hvor der er overskudsvarme til rådighed i en kvalitet, der kan bruges til andet formål. Der eksisterer adskillige varmegenvindingsløsninger, som gør dette muligt i forskellige applikationer. Typiske applikationer kan findes indenfor industrielle processer kendetegnet ved højt energiforbrug, opvarmning af kommercielle bygninger, brugs- eller procesvandsopvarmning og fjernvarmenetværk.

Hvorfor varmegenvinding?

Når dagligvarebutikkens kølesystem producerer kulde til køling af fødevarer produceres der overskudsvarme som et biprodukt. I de fleste tilfælde genanvendes overskudsvarmen ikke, men ledes derimod direkte ud i atmosfæren. Med varmegenvinding er det muligt for dagligvarebutikken at genanvende overskudsvarmen til rumopvarmning og/eller opvarmning af brugsvand i butikken. Varme som ikke anvendes hertil kan sælges til fjernvarmenettet. Det er ikke i alle lande muligt at sælge overskydende varme til fjernvarmenettet, da det kræver et veludbygget fjernvarmenetværk.

At genanvende overskudsvarme til rumopvarmning og opvarmning af brugsvand i dagligvarebutikken medfører økonomiske fordele for butikken og miljømæssige fordele for samfundet som helhed. Varmegenvinding er med til at støtte op om regeringens energi- og klimapolitiske målsætning for udfasning af fossile brændsler og brugen af 100 % vedvarende energi i 2050.

Hvornår giver varmegenvinding mening – fra et økonomisk perspektiv?

For dagligvarebutikker er der ved at genanvende overskydende varme potentiale for at erstatte alt eller det meste af den primære energi der er nødvendig for opvarmning af butik og/eller brugsvand. Alt afhængig af hvilken primær energikilde der anvendes varierer de økonomiske og miljømæssige fordele ved varmegenvinding.

Den nødvendige investering må sammenlignes med de fordele der medfølger. I beregningen må der tages højde for installations levetid, så vel renten tilgængelig. Ligeledes må omkostningerne forbundet ved at vedligeholde systemet medregnes. I nogle tilfælde, eksempelvis i en nybygget installation kan investeringen til den alternative primære energikilde undgås eller reduceres. En simpel beregning af tilbagebetalingstiden nedenfor.

Baseret på en estimeret gennemsnitlig omkostning af varmegenvindingsløsning svarende til 120.000 kr. (inkl. installation). Baseret på et estimeret gennemsnit af danske gas, elektricitet og fjernvarmepriser.

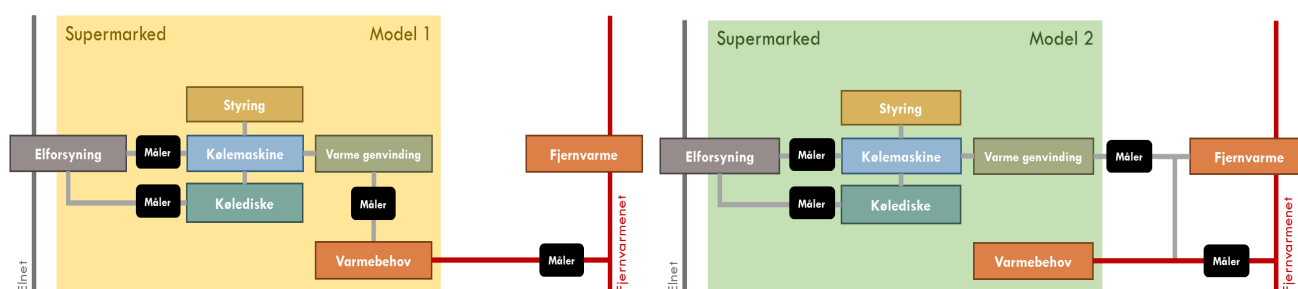
Eksempel; antagelser omkring butik.

- Supermarked størrelse: 1000 m²
- Kølebehov/kapacitet termisk: 100 kW
- Rumopvarmningsbehov: 80 MWh/årlig
- Brugsvandbehov: 25 MWh/årligt

Brændsel	Beregning af årlige varmeomkostninger	Pris pr. år
Naturgas	8.000 Nm ³ /år + 2.500 Nm ³ /år x 6,5 kr./Nm ³	68.000 kr.
Elektricitet	80.000 kWh/år + 25.000 kWh/år x 1 kr./kWh	105.000 kr.
Fjernvarme	80 MWh/år + 25 MWh/år x 450 kr./MWh	47.000 kr.

TABEL 4 – ÅRLIGE VARMEOMKOSTNINGER FOR ET 1.000 M2 SUPERMARKED

Der er to forskellige modeller i spil i disse beregninger. I mange tilfælde vil der være primær fokus på at levere genvunden varme til dækning af butikkens eget behov for varme til rumopvarmning og varmt brugsvand. Vælger man levering til fjernvarmenettet kommer alle de administrative udfordringer.



FIGUR 19 – MODEL 1 = VARMEGENVINDING TIL EGET BEHOV OG MODEL 2 MED MULIGHED FOR SALG TIL FJERNVARMENETTET

Årlig besparelse ved varmegenvindingsløsning

- Varmegenvindingsløsning eliminerer gas, elektricitet og fjernvarmeomkostningerne til opvarmning af butik samt produktion af varmt brugsvand og sparer derved mellem 47.000 – 105.000 kr./årligt.
- Varmegenvindingsløsning muliggør salg af overskydende varme tilbage til fjernvarmenettet og sparer derved ca. 25.000 kr./årligt (100 MWh/årligt x 250 kr./årligt).
- Total besparelse mellem **72.000 – 130.000 kr./årligt**.

Varmegenvinding ved	Tilbagebetalingsperiode (ROI) når varmegenvinding erstatter opvarmningskilden		10 års besparelse med varmegenvinding (DKK)	
	Inkl. salg til fjernvarmenettet	Ekskl. salg til fjernvarmenettet	Inkl. salg til fjernvarmenettet	Ekskl. salg til fjernvarmenettet
Opvarmningskilde				
Gas	15 mdr.	19 mdr.	810.000	560.000
Elektricitet	9 mdr.	13 mdr.	1.180.000	390.000
Fjernvarme	19 mdr.	30 mdr.	600.000	350.000

TABEL 5 - VARMEGENVINDING, ROI OG 10-ÅRS BESPARELSE - UDREGNING BASERET PÅ GENNEMSITLIGE KØB- OG SALGSPRISER

For at godkende en investering forventer supermarkedet typisk en tilbagebetalingstid (ROI) på mindre end 3 år. Tilbagebetalingstiden kan variere alt afhængig af hvor godt varmekilden til varmegenvinding og varmegiverne til varmedistributionen matches hinanden. Des større system og jo højere varmekvalitet (temperatur) tilgængelig til varmegenvinding, des lavere er tilbagebetalingstiden. Andet sted forklares nogle af de varmekilder og varmegivere indenfor detailhandlen samt hvor godt de passer til varmegenvindingsinstallationer.

Varmeapplikationer

Varmekilder og varmegivere der anvendes i supermarkeder har betydelig indflydelse på valg af rette varmegenvindingsløsning og korrekt dimensionering. Følgende beskriver varmekilder og varmegivere indenfor supermarkeder.

Varmekilder

Der findes flere forskellige varmekildetyper. Fjernvarme, gas og olie er vandbårne systemer. Elektricitet er et luftbåret system.

FJERNVARME

Fjernvarme bruges i vid udstrækning i urbane områder i Nord- og Østeuropa og det nordlige Kina. I områder med fjernvarme varierer varmekildens temperatur og trykniveauet. Fremløbstemperaturen varierer typisk i forhold til udendørstemperaturen.

I de seneste år er fremløbstemperaturen blevet sænket og varmegiverne udviklet til at operere ved lavere temperaturniveau med temperatur fra fjernvarmeværket omkring 60°C om vinteren. Temperaturniveauet i Kina og Rusland opererer typisk med en fast, høj temperatur omkring 80°C. Des lavere temperaturniveau jo bedre potentiale for varmegenvinding, da dette kræver at varmeinstallationen er i stand til at virke ved lavere temperaturniveauer.

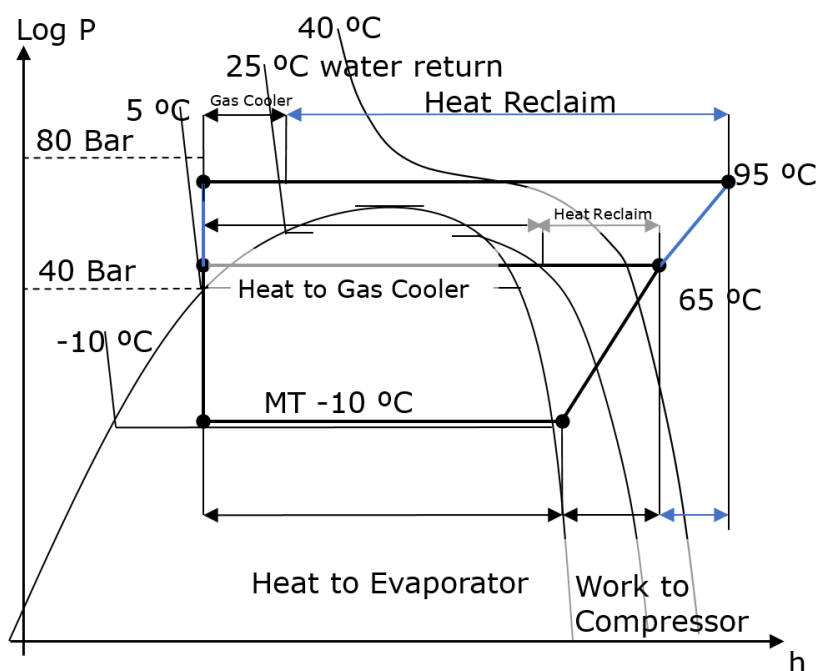
Hvis den pågældende placering der vurderes til varmegenvinding er forbundet med fjernvarme eller er tæt på et fjernvarmenet, da er der mulighed for at sælge overskydende varme til netværket.

I Danmark arbejdes der normalt med 70-80 °C i fremløb og omkring 30-35 °C i returløbet. Med varme fra køleanlæg der har CO₂ som drivmiddel på ca. 70 °C kan der laves teknisk gode løsninger. Har butikken mulighed for selv at genanvende varmen til egen rumopvarmning og varmt brugsvand er det oplagt. Det kan være med supplerende køb af varme fra fjernvarmenettet om vinteren. Det er også muligt at have netto-løsninger, hvor butikken i perioder leverer varme til fjernvarmenettet og i andre perioder køber varme fra fjernvarmen. Sådanne løsninger har dog en begrænsning på at der ikke brutto kontinuerligt må leveres varme til fjernvarmen til forbrugerpris, da skal der være en salgspris og evt. betaling af overskudsvarmeafgift m.v.

Selvom varmebehovet i fjernvarmesystemet er lavest om sommeren kan de fleste fjernvarmenet godt finde plads til genbrug af varmen fra supermarkedet, så længe det er 150-240 kWh kapaciteter.

Varmegivere

Det er særdeles vigtigt at forholde sig til opvarmningsmetoden. Skal hovedparten af tilgængelig varmegenvinding anvendes, bør primær opvarmningsmetode være lav temperaturopvarmning som f.eks. ventilator drevne varmevekslere under loftet (kalorifere) eller gulvvarme.



FIGUR 20 - HER VISES HVOR MEGET VARMGENVINDING DER ER TIL RÅDIGHED VED FØRSKELLIGE TRYK, OG HVORFOR DET ER NØDVENDIGT AT KØLE RETURVANDET SÅ LANGT NED SOM MULIGT

Den mængde varme der er tilgængelig ved højere temperatur er mindre end den mængde varme der er tilgængelig ved lav temperatur. Returvandstemperatur fra opvarmningssteder skal helst være så lav som muligt, og helst ned på et niveau svarende til 25 °C -> max 30 °C målt lige inden varmegenvindingen.

Rumopvarmning

Rumopvarmning er også nødvendig i et supermarked. Både kunder, personale og mange varetyper kræver en rumopvarmning. Butikker er derfor ofte opdelt i zoner. Frugt og grønt er køligere. Frost og direkte køling er i skabe eller kummer. Øvrigt område er med rumopvarmning.

VENTILATION, KALORIFERE, GULVVARME, RADIATORER OG BRUGSVAND.

Ventilationen kan også fungere som rumopvarmning. Det skal kraftigt indskræpes at punktventilation skal undgås. Alt "falsk" ventilation skal undgås idet dette giver anledning til udeluft der unødvendigt skal opvarmes. Alle varmestrømme kan med stor fordel kortlægges for at imødegå unødvendigt varmebehov.

Kalorifere er én effektiv varmekilder, der kan anvende vand ved 40 °C og dermed anvende mest muligt af varmegenvindingen. Kalorifere tilgodeser også supermarkedets mulighed for at ændre indretning, idet man lokalt i butikken kan have forskellige temperaturforhold og indstille luftflow, hvilket er en stor fordel, da mange supermarkeder har behov for zoneopdelinger (grønsager).

Vandbåret gulvvarme er også en effektiv varmekilde, MEN er ikke særlig fleksibel med hensyn til at ændre indretningen i et supermarked, her er det meget vanskelig at etablere zoner med forskellige temperatur zoner. Samtidig er det en dyr etableringsform.

Mange radiatorsystemer er beregnet til 60 °C vand, og det er ikke specielt hensigtsmæssigt til kontinuert varmegenvinding. Samtidig kan det være svært at opnå opvarmning midt i butikken.

En del ældre systemer er lavet med radiatorer ved loft, hvilket kraftigt kan frarådes.

Brugsvand har ofte vist sig at være en udmærket forretning, HVIS forbruget er større end KUN til almindelig håndvask forsyning, ellers er etableringsomkostningerne ofte for høje.

Herunder eksempler på varmeteknologier for butiksopvarmning. **1** er et kaloriferer anlæg, hvor luften opvarmes over varmerør. **2** er et ventilationsanlæg med klimastyring. **3** er gulvvarme. **4** er radiatorer. **5** er styringen til gulvvarme og **6** er brugsvand.



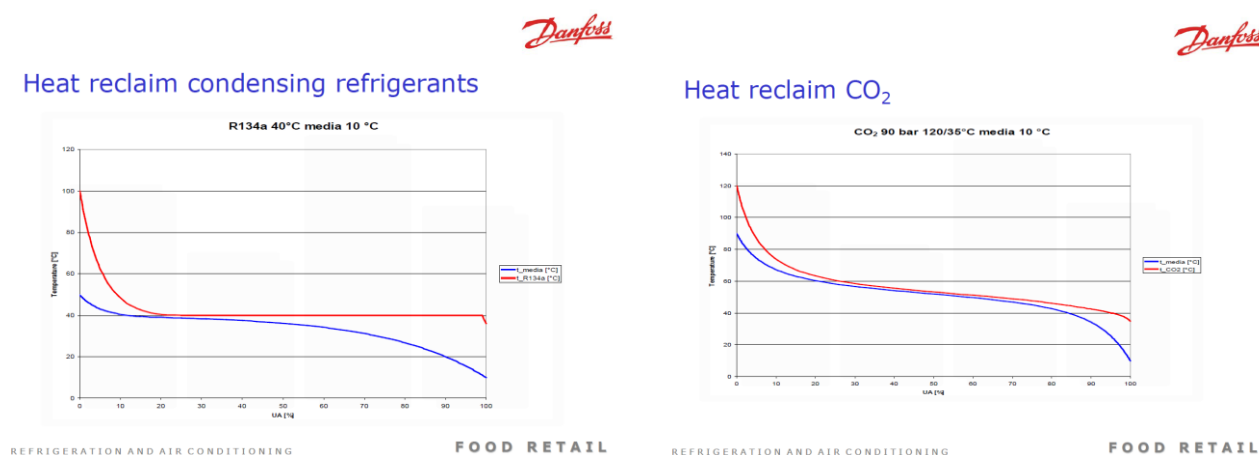
FIGUR 21 – EKSEMPLER PÅ KALORIFERE, VENTILATIONSANLÆG, GULVVARME, RADIATORER, STYRING AF GULVVARME OG BRUGSVAND

Køleapplikationer

Der eksisterer flere kilder til varmegenvinding i dagligvarebutikker. Tilfælles er at varmekilden til varmegenvinding kommer fra dagligvarebutikkens kølesystem. Følgende sektion beskriver de forskellige køleapplikationer for varmegenvinding i dagligvarebutikker.

Der findes bl.a. følgende systemer; Kompressor pack, HCF/HFO varmepumper, CO₂-kølere, Waterloop system med semi plug-in kabinetter, Plug-ins mfl.

På konventionelle kølesystemer er der en praktisk grænse for temperaturen på varmegenvindingen i form af den kondenserende temperatur. Derfor er det også vigtigt at der ved varmegenvinding sker et stort temperaturfald og "retur varmen" er så lav som muligt. Ved superkritiske CO₂-systemer kan output temperaturen komme op på 120 °C. På konventionelle systemer er COP faktoren bestemt af kondenserende temperatur, altså output temperaturen. På superkritiske CO₂-systemer er COP faktoren bestemt af gaskølerens output temperatur, altså maskinens interne temperatur.



FIGUR 22 – ILLUSTRATIONER FRA DANFOSS AF FORSKEL PÅ KONVENTIONELLE KØLEANLÆG OG ANLÆG MED CO₂ SOM DRIVMIDDEL

CO₂-anlæg er i stand til at levere en højere temperatur (100-120 °C). For at fastholde en høj COP på en CO₂-maskine eller varme genvindingssystem skal der være en lav intern temperatur.

Et CO₂-baseret anlæg er en ny effektiv teknologi. Varmen kan anvendes til at drive en absorption-varmepumpe og endda varmesiden på et aircondition system. I forbindelse med supermarkeder og levering til fjernvarme har varmen fra CO₂-baserede kølemaskiner langt større nytte, idet temperaturen kan afleveres direkte til fjernvarmesystemet gennem en veksler uden brug af en varmepumpe.

Erfaringer fra tidligere projekter

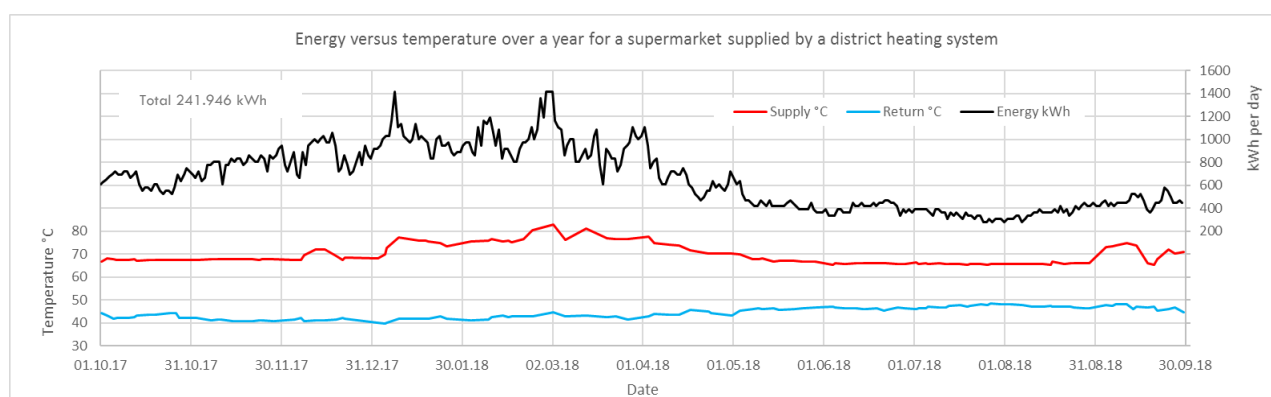
Som en del af de indledende arbejder i projektet er en række tidligere installationer i supermarkeder med varmegenvinding til fjernvarmenettet blevet gennemgået og erfaringerne blevet analyseret. I det omfang det har været muligt er der også gennemført målinger. Resultaterne kan opdeles i følgende områder.

- Design og udvælgelse af komponenter, herunder holdbarhed af vekslere
- Temperaturniveauer og afkølingsforhold, herunder tilstand/ indregulering af varme anlæg
- Styling, regulering og optimeringsmuligheder

Generel beskrivelse af systemtilstande ved varmegenvinding fra CO₂ køleanlæg.

Den optimale måde at opnå en høj effektivitet, når man genvinder varme fra et CO₂-kølesystem, er at bruge mindst to temperaturniveauer, som forsyningstemperatur til varmesystemet – som f.eks. gulvvarme og radiatorer [Funder, 2017 og Mazyar, 2018].

Varmesystemer i eksisterende bygninger, der forsynes fra fjernvarmenettet, er imidlertid designet til en relativt høj forsyningstemperatur. I et fjernvarmeanlæg ligger fremløbstemperaturen ofte mellem 60 og 75 °C med en returtemperatur på mellem 30 og 35 °C. Erfaringer viser imidlertid, at varmesystemer i supermarkedsbygninger ofte returnerer højere temperaturer, mens de lavere temperaturer returneres fra beboelsesejendomme.



FIGUR 23 – FREMLØBS- OG RETURTEMPEARTUR SAMT VARMEBEHOV I ET AF DE UNDERSØGTER SUPERMARKEDER.

Om vinteren øges fremløbstemperaturen for at gøre det muligt for de individuelle varmesystemer at dække de lokale varmebelastninger. Dette gør det muligt for supermarkedets opvarmningssystem at returnere en relativt lav temperatur. Det omvendte forekommer om sommeren, hvor der kun er behov for varmt brugsvand – det vil sige, at fremløbstemperaturen er relativt lav, og returtemperaturen er høj. Dette indikerer, at der er mulighed for at forbedre indreguleringen, hvilket kan resultere i lidt lavere returtemperaturer om sommeren.

Driftstilstandene skal således beregnes for de højere returtemperaturer for at kunne vurdere business casen. Derudover kræver en ombygning, der giver mulighed for varmegenvinding, ofte, at tilbagebetalingstiden er så kort som mulig. Dette betyder, at investeringen ikke vil omfatte en større ombygning af varmesystemet, men blot tilslutning og automatik for styling af varmegenvindingsveksleren (HRX – Heat Recovery Xchange). I denne artikel undersøges økonomien for en planlagt installation baseret den på information, som var tilgængelig forud for ombygningen med en HRX-varmeveksler.

FEASIBILITY STUDIER

Otte supermarkeder blev i samarbejde med deres respektive fjernvarmeværker inviteret til at rekvirere et feasibility estimat, således at de efterfølgende ville stå med et økonomisk beslutningsgrundlag for, om de skulle arbejde videre med at optimere og ombygge egne CO₂-anlæg. Feasibility beregningerne skulle tjene som en accelerator sammen med de tre supermarkeder, der deltog i projektet, til at fremme udnyttelsen af genbrugsvarme, og dermed til etablering af anlæg til genanvendelse af varme fra supermarkedets eget køleanlæg til genbrug i fjernvarmesystemet og naturligvis internt i supermarkedet.

Formålet med feasibility beregningerne var, at potentielle interessenter derved fik mulighed for at få et 'overslag' på mulighederne for lokalt at udnytte overskudsvarmen fra et specifikt supermarked i nærområdet. Således var den overordnede hensigt, at langt flere fik mulighed for at få kendskab til potentialerne beregnet med den udviklede beregningsmodel, der er udviklet i projektet. Yderligere vil det – såfremt der etableres flere anlæg i supermarkederne – også medføre en forøgelse i antallet af varmepumper i de danske fjernvarmenet. Derudover vil det medføre en forbedring af effektiviteten i supermarkeders kølesystemer, og feasibility beregningerne vil være med til at øge efterspørgselssiden.

Beregningsmodellen er baseret på erfaringsopsamlinger fra de tre installationer i supermarkederne i hhv. Bjerringbro, Otterup og Kerteminde. Det overordnede formål med at anvende beregningsmodellen er netop – som hovedformålet med projektet – at sikre, at der kommer gode løsninger ud for både kulde- og varme siden.

Formål med feasibility beregningerne

I projektet **Super Supermarkets** er der udviklet en beregningsmodel til estimering af potentialerne for varmegenvinding for det enkelte supermarked. Se omtale andet sted.

Formålet med modellen er at gøre det enkelt for supermarkeder over hele landet at få et estimat på økonomien ved varmegenvinding i netop deres supermarked. Beregningsmodellen er ikke detaljeret nok til et egentligt investeringsgrundlag, men kan derimod danne baggrund for en beslutning om at sætte et projekteringsarbejde i gang.

Rentabiliteten af varmegenvinding afhænger af nogle generelle rammevilkår men i høj grad også af en lang række lokale forhold som supermarkedets kølesystem, nuværende varmesystem i butikken, fjernvarmenettes fremløbstemperaturer og produktionsenheder etc. Det gør det vanskeligt at gennemskue for selv en erfaren supermarkedsejer eller fjernvarmemester, om der er økonomisk basis for varmegenvinding.

Den udviklede model tager alle disse både generelle og lokale betingelser med i beregningen og kan derfor give et overblik.

Beregningsmodellen vil være tilgængelig for alle interesserede på **Super Supermarkets** hjemmeside: www.supersupermarkets.dk i perioden 2020-2022 og kan herefter rekvireres ved henvendelse til CLEAN.

Som det fremgår af denne kagebog, så er de nuværende (2019) afgiftsmæssige og lovgivningsmæssige rammer for varmegenvinding meget komplicerede. Der forventes en række ændringer på området, så varmegenvinding gøres mere afgifts- og reguleringslet. Disse ændringer er endnu ikke gennemført, men der ligger udkast til ændringer.

Pga. denne usikkerhed på afgifts- og lovområdet er beregningsmodellen gjort uafhængig af nuværende rammebetingelser. Det er derimod muligt at vælge mellem en række afgiftsmuligheder, som gerne skulle dække, hvad end der kommer af lovgivning de kommende år.

Brugerinput

Rentabiliteten af varmegenvinding afhænger af nogle generelle vilkår og en helt masse lokale vilkår. Det er derfor nødvendigt for brugerne af modellen at skaffe en række data for det givne supermarked og det tilhørende fjernvarmenet for at kunne gennemføre en ordentlig screening af potentialet.

Beregningsmodellen tager udgangspunkt i tre koncepter for varmegenvinding. Koncepterne bygger oven på hinanden, så koncept 1 er det helt basale, mens koncept 2 og 3 bygger oven på koncept 1.

KONCEPT 1: Der etableres varmegenvinding til dækning af eget behov for opvarmning og varmt vand. Driftstryk på køleanlæg kan justeres, så den ønskede temperatur og varmemængde opnås.

KONCEPT 2: Varmegenvinding til eget forbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk på køleanlæg kan justeres, så den ønske temperatur og varmemængde opnås

KONCEPT 3: Varmegenvinding til eget forbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk på køleanlæg kan justeres, så den ønskede temperatur og varmemængde opnås. Ledig kompressorkapacitet kan benyttes til produktion og salg af FV, her er det forudsat at kondensatoren benyttes som fordamper i varmepumpedrift. Herved kan varmeproduktionen øges indtil at kompressorerne er 100 % belastede.

I beregningsmodellen estimeres økonomien for Koncept 1 først, hvorefter det vurderes, om der kan være potentiale i at udvide med Koncept 2 og Koncept 3.

For at kunne gennemføre disse beregninger skal brugeren (supermarkedsejer og/eller fjernvarmemester skaffe en række inputdata. For en række af disse data giver modellen bud på værdier baseret på arbejdet udført i **Super Supermarkets** og projektpartneres generelle erfaring.

Inputværdierne kan deles op i følgende grupper:

- Supermarkedets køleanlæg
- Supermarkedets varmesystem
- Fjernvarmekobling
- Investeringer i varmegenvinding og fjernvarmekobling
- Priser på eksisterende varmekilde og salg til fjernvarme
- Afgiftsmodel og satser.

Den fulde liste af nødvendige inputdata samt forslag til værdier er vist i Bilag 1.

Antagelser/ beregningskerne

PERFORMANCEDATA

Som beskrevet ovenfor er økonomien i varmegenvinding afhængig af en række lokale forhold. Disse forhold har en signifikant indflydelse på driften og effektiviteten af køleanlægget. En præcis beregning af potentialet for varmegenvinding vil derfor i princippet inkludere en fuld simulering af køleanlægget time for time over et år med de lokale driftsbetingelser. Det er ikke muligt at lægge dette ind i en generel beregningsmodel, der skal være tilgængelig for alle. Derfor er der i den udviklede beregningsmodel gjort en række antagelser og forenklinger, der reducerer præcisionen, men til gengæld gør modellen tilgængelig og brugbar for en lang række brugere.

For et optimalt drevet CO₂ køleanlæg er det begrænset, hvad der kan hentes ud af varme om vinteren ved en rimelig temperatur uden at øge driftstrykket. Derfor er udfordringen hvor meget driftstrykket skal hæves, for at dække det ønskede varmebehov og hvad det har af indflydelse på elforbrug og køleydelse. Disse beregninger kan ikke udføres i et Excelark, men skal foretages i et simuleringsprogram for køleanlæg. I dette projekt er der udviklet en model i programmeringssproget EES (Engineering Equation Solver) til at simulere driftsdata for et standardiseret køleanlæg ved varmegenvinding.

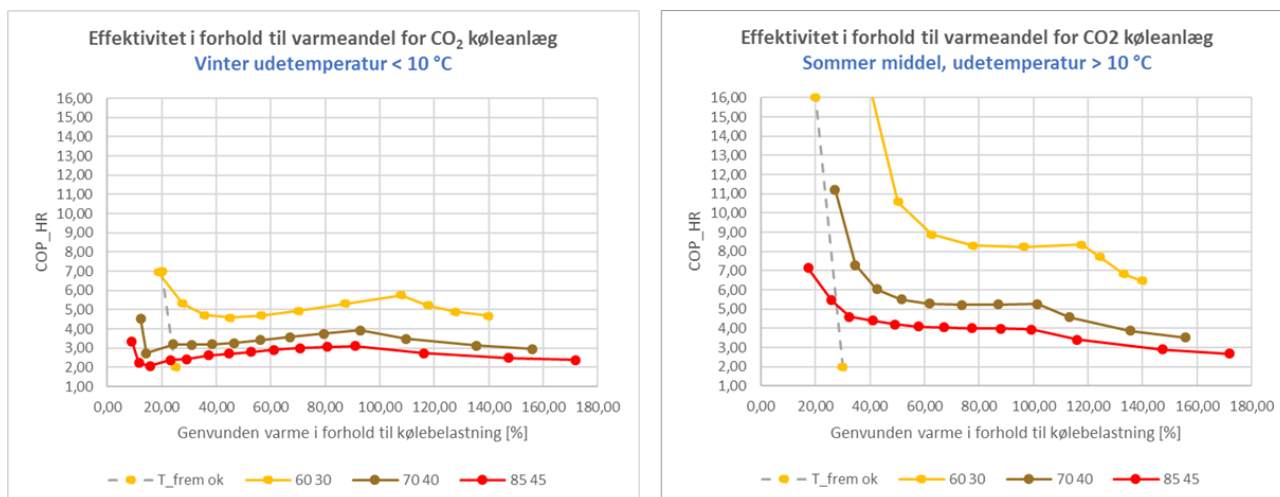
Data fra modellen er så bearbejdet og lagt over i Excel modellen. Denne metode kræver en række forenklinger af inputdata. Følgende forenklinger er valgt:

- Der er prædefineret et standardiseret kølesystem (køleanlæg og kølemøbler). Kølesystemet er opsat med forudindtastede værdier, så det bedst muligt repræsenterer et gennemsnitligt supermarked. Se **Bilag 2** og **Bilag 3**. Størrelsen af kompressorernes kølekapacitet skal indtastes og størrelsen af den gennemsnitlige belastning sommer og vinter beregnes. Ved at justere på procenterne for størrelsen og arten af udvalgte typer af kølebelastninger samt åbningstiden kan beregningen tilpasses det aktuelle anlæg.
- Det er valgt at dele året op i et sommerhalvår (april-september) med en gennemsnitlig udetemperatur på 15,4°C og et vinterhalvår (oktober-marts) med en gennemsnitlig udetemperatur på 10°C og derunder. Beregningerne foretages altså som gennemsnitsberegninger på køleydelse og udetemperaturer. Udetemperaturerne er baseret på DRY (Danish Design Reference Year 1995). Det forudsættes at referenceanlægget uden varmegenvinding om vinteren kører med minimum kondenserings temperatur på 15 °C (2 K underkøling og 13 °C udløbstemperatur fra kondensator).
- Der regnes ikke på spidsbelastninger hverken sommer eller vinter, men der gives mulighed for at angive størrelsen på varmegenvindingsanlægget med en overkapacitet i forhold til gennemsnitsbelastning svarende til spidsbelastning.
- Der gives mulighed for tre prædefinerede sæt af fremløbs- og returtemperaturer på varmeproduktionen: 60/30 °C, 70/40 °C, 85/45 °C. Temperatursættene kan vælges separat for sommer- og vinterhalvår.
- Salg af fjernvarme til fjernvarmenet skal følge de valgte temperatursæt for varmeproduktion til egetforbrug.
- For koncept 1 regnes der kun på fuld dækning af egetforbrug af varme.

Baseret på disse antagelser er der herefter gennemført en lang række simuleringer i EES med det formål at beregne en række virkningsgrader for køleanlægget som funktion af varmeproduktionen set i forhold til køleydelsen.

Simuleringerne er foretaget med en intern temperaturdifferens i varmegenvindingsveksleren på 1 °C mellem temperaturprofilen for CO₂ og vandtemperaturen. Med normal dimensionering svarer dette til en vinterdag med fuld udnyttelse af varmen. Hvis der anvendes en ekstra vandkreds samt varmeveksler (skilleveksler) bliver den samlede interne temperaturdifferens ca. 1 °C højere. Dette svarer til at COP_{HR} (Heat Recovery) falder med knapt 3 %.

Ved meget høje belastninger med fuld kompressorkapacitet (KONCEPT 3) skal der forventes et fald i COP_{HR} på 3 % og yderligere 5 % hvis der anvendes skilleveksler. For sidstnævnte ekstreme tilfælde kan det også udtrykkes som at temperatursættet skal være 3 til 4 °C lavere for at opnå samme virkningsgrad. For samme pris på varmeveksleren kan dette tab reduceres til under det halve ved at benytte varmevekslere med flere løb.



FIGUR 24 – SAMMENHÆNG MELLEM VIRKNINGSGRAD FOR VARMEPRODUKTION COP_{HR} OG VARMEYDELSE FOR HENHOLDSVIS VINTER- OG SOMMER CASES.

Graferne på Figur 23 skal læses sådan: Hvis supermarkedet om vinteren har behov for en varmeydelse svarende til fx 70% af køleydelsen ved temperatursæt på 60/ 30 °C, så kan denne varmeydelse leveres med en COP_{HR} på 5. Det betyder, at for hver kWh varme ved 60°C skal der bruges 0,2 kWh ekstra strøm.

Der er genereret grafer og regressioner for alle temperatursæt både vinter og sommer for følgende virkningsgrader:

- COP_{HR}: Samlet varmeproduktion / ekstra strømforbrug ift. ren køledrift (hvad koster det i ekstra strøm at producere den angivne mængde varme)
- COP_{margin}: Marginal varmeproduktion / marginalt ekstra varmekonsum (Hvad koster det i ekstra strøm at producere en kW varme mere)
- COP_{kun varme}: Samlet varmeproduktion / totalt strømforbrug MT kompressor. (Hvad koster det i strøm at producere den angivne mængde varme, hvis alt strømforbrug tillægges varmeproduktionen). Denne værdi benyttes til afgiftsberegning på elforbrug.

Regressionerne for alle disse datasæt er lagt ind i Excel modellen, så brugerens input i form af køleydelse, varmeydelse og temperatursæt kan omregnes til relaterede virkningsgrader for varmeproduktion.

LOVGIVNING OG AFGIFTER

Som lovgivningen er i dag, må et supermarked ikke tjene penge på salg af varme til fjernvarmenettet. Dvs. at salgsprisen skal sættes efter omkostningerne til produktionen. Dette er en kompliceret beregning, hvor der ikke er fuld enighed om, hvad der må medgå i omkostningerne. I denne beregningsmodel er der valgt en mere simpel tilgang, hvor brugeren indtaster en salgspris på fjernvarme, hvilket typisk vil være fjernvarmeselskabets substitutionspris. Ud fra denne pris beregnes så, med de valgte afgifter, om der er forretning i at producere og sælge fjernvarme til nettet.

Hvis der er en økonomisk gevinst ved dette, er det så op til gældende lovgivning/retningslinjer samt aftale mellem supermarked og fjernvarmeselskab(forbrugerne) at fordele denne gevinst mellem sig. I denne beregningsmodel beregnes gevinsten, men der tages ikke stilling til fordelingen mellem de to aktører.

Afgiftssiden er meget afgørende for rentabiliteten ved varmegenvinding. Som nævnt tidligere er afgiftsmodellen under kraftig ændring og der er stadig uvis, hvordan det kommer til at se ud fremover.

I beregningsmodellen er det derfor lagt op til at brugene via vejledning kan vælge mellem forskellige afgiftsmodeller, der tilsammen dækker både dagens situation (2019) samt udkast til fremtidige afgiftsmodeller.

Som udgangspunkt regnes elforbrug til køling belagt med 0,4 øre/kWh i afgift (procesenergi). Derudover kan brugeren pålægge en afgift på el til varmeproduktion (elvarmeafgift) på enten:

- Det ekstra elforbrug til varmeproduktion
- Det samlede elforbrug til køleanlægget
- Varmeproduktionen/ $COP_{afg.}$ dog højst det samlede forbrug.

Det er pt foreslået, at $COP_{afg.}$ skal være 3, men brugeren kan indtaste den værdi, der nu endeligt vedtages. Derudover kan brugeren indtaste en overskudsvarmeafgift på overskudsvarmeproduktion til egetforbrug og til overskudsvarmeproduktion til salg. Begge dele opdelt på hhv. sommer- og vinterhalvår.

Modeloutput

KONCEPT 1

Med de givne input regnes først driftsudgifter for varmegenvinding til dækning af eget forbrug og sammenlignes med nuværende driftsudgifter. Herefter beregnes investering og faste omkostninger til varmegenvinding og en simpel tilbagebetalingstid beregnes.

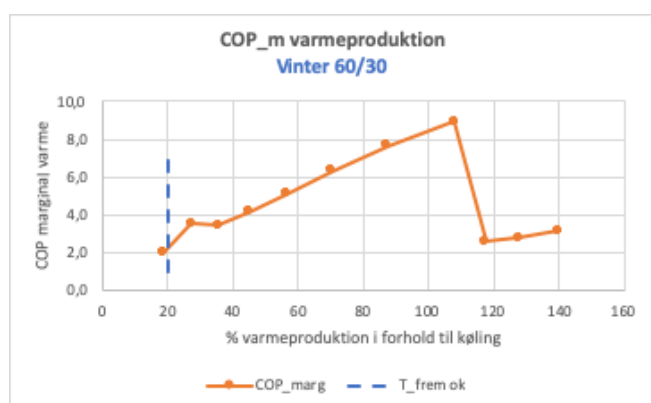
KONCEPT 2

Hvis der er mulighed for kobling til fjernvarmenettet beregnes, hvor meget ekstra varme supermarkedet kan producere til salg med en rimelig virkningsgrad. Den marginale virkningsgrad ved at øge varmeproduktionen vil i de fleste scenarier falde markant over en vis varmeproduktion (Se Figur 25). Dette "knæk" udgør den i modellen maksimale produktion/potentiale til salg.

Herefter beregnes drifts- og anlægsbudget ved udnyttelse af hhv. en tredjedel, to tredjedele og fuld udnyttelse af dette potentiale.

KONCEPT 3

Koncept 3 dækker brug af ekstra kompressorkapacitet til produktion af ekstra fjernvarme i forhold til Koncept 2. Dette er formentlig ikke relevant som en kontinuerlig leverance men interessant under gunstige forhold (elpriser, spidslastvarmepriser). Det giver derfor ikke mening at beregne en årlig gennemsnitlig økonomi ved dette, da det er uvist, hvor mange timer, denne produktion er relevant.



FIGUR 25 – MARGINAL VIRKNINGSGRAD FOR VARMEPRODUKTION SOM FUNKTION AF VARMEPRODUKTION VED TEMPERATURSÆT; 60°C OG 30 °C VINTER.

I stedet regnes det potentielle ekstra varmeproduktionspotentiale, og den marginale produktionsomkostning for supermarkedet samt merinvesteringen i udstyr. Det er så op til supermarkedet og fjernvarmeselskabet, om det kan være interessant at forfølge videre.

Resultater af beregningerne er vis i næste afsnit, hvor en række konkrete supermarkedscases er gennemregnet.

Test cases

Here følger beskrivelse af de gennemførte test cases

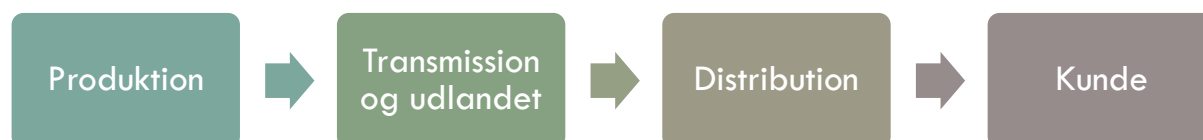
ELMARKEDET

Elmarkedsdeltagelse for supermarkeder i elsystemet

Det danske elsystem har siden 2003 været liberaliseret på den måde, at alle elkunder frit kan vælge mellem ca. 70 elhandlere – www.elpris.dk, hvor erhverv eller privat vil købe el. Alt elproduktion i Danmark har siden 1999 været solgt via den fællesnordiske elbørs Nord Pool Spot, uanset om det er vindkraft eller fra et stort termisk kraftværk. Og alt elforbrug købes via samme elbørs. Muligheden for at handle med et fleksibelt elforbrug er derfor til stede.

Elsystemets tekniske værdikæde

Elsystemet består af et eltransmissionssystem på spænding over 100 kV, der ejes og drives af statens systemansvar Energinet. Fra transmissionssystemet er der forbindelser mod nabolandene Sverige, Norge, Holland og Tyskland – om nogle år også UK. Elsystemet er markedsmæssigt og teknisk opdelt i et DK1, Vestdanmark bestående af Jylland og Fyn, samt et DK2, Sjælland og Lolland Falster. Bornholm er med i DK2 markedsmæssigt men elteknisk tilsluttet Sverige. DK1 hænger elteknisk sammen med resten af Europa i et fælles synkront område. DK2 er elteknisk forbundet med Sverige, Norge og Finland. DK1 og DK2 er derfor forbundet via en jævnstrømsforbindelse ved Storebælt og således ikke synkrone. Markedsmæssigt har det ingen betydning da el kan handles i og mellem systemerne.



Produktionen af el i Danmark kommer fra centrale kraftvarmeværker, decentrale kraftvarmeværker, havvindmølleparker, landvindmøller, solcelleanlæg m.v. Alt produktionen er i fri konkurrence via elbørsen. Det statsejede Ørsted ejer og driver en række af de store centrale kraftvarmeværker. Resten af de centrale og størsteparten af de decentrale værker ejes og drives af fjernvarmeselskaber. Der er dog en gruppe af mindre decentrale kraftvarmeværker, der ejes og drives af industrier, gartnerier, mejerier og malterier. Økonomien ved elproduktionen afhænger meget af brændsler, afgifter og vilkår.

Transmissionssystemet og udlandsforbindelserne ejes og drives af det statsejede Energinet som en monopolaktivitet. Distributionsnettene ejes og drives som monopolaktivitet af netvirksomheder, der enten er andelsselskaber, fondsejede eller kommunalt ejede. Kunderne er alle forbrugere af el, store og små private og industri – og derfor også supermarkeder.

Elsystemet er et vekselstrømssystem og derfor er der behov for en række tekniske ydelser for at opretholde forsyningssikkerheden på det verdensrekord høje 99,996 %. Ansvar for at der er balance 50 gange i sekundet (50 Hz system) er hos Energinet. Der findes tekniske vilkår for både tilslutning af produktion og forbrug. Til levering af de tekniske ydelser (frekvensstabilisering, inert, kortslutningseffekt, spændingsregulering, reaktiv effekt m.v.) har Energinet aftaler med bl.a. produktionsanlæg og egne tekniske anlæg. Alle de tekniske ydelser er nødvendige, men fremgår ikke af kundernes elregninger.

Balancering af elsystemet

På elregningen betaler kunderne for effekt (kW) og energi (kWh). I mange år har det primære elproduktionsapparat været termiske værker med synkrone generatorer. Derved fulgte de tekniske ydelser automatisk med. Men ved gradvis overgang til vindkraft, solceller og anden elproduktion, da følger alle disse ydelser ikke længere med i samme grad. Derfor må Energinet købe flere ydelser hos aktører. Som noget relativt nyt er der mulighed for at også forbrug kan bidrage til de tekniske ydelser.

EKSEMPEL 1: Har elsystemet brug for hurtigt at få tilført mere effekt, så kan det ske ved at et termisk værk øger produktionen, og genskabe balance. Balancen kan dog også genskabes ved at reducere forbruget. Hvis supermarkedernes køleanlæg kan slukkes i nogle minutter eller en time, da kan de hjælpe med balanceringen, det har en værdi for elsystemet, uden at de frosne varer lider ved det.

EKSEMPEL 2: Er der større elproduktion end der er behov for f.eks. fra vindkraften, så kan Energinet skabe balance ved at betale et termisk værk for at reducere produktionen. Men balancen kan også opnås ved at forbruget øges, f.eks. ved at kølemaskinerne i et supermarked tænder og køler ekstra.

Energinet kan ikke ringe til alle supermarkeder og spørge om de kan hjælpe. Der skal automatiseres. Der er også krav til mængderne. Energinet skal f.eks. bruge portioner af mindst 5 MW (5.000 kW), hvilket kan kræve op til 50 supermarkeder med hver 100 kW eleffekt. Til at forvalte dette kræver et automatiserede systemer og at en aggregator som aktør får samlet de mange supermarkeder og regnet statistik på om der skal 55, 60 eller flere til for at have sikkerhed for at nå de 5 MW.



Der er gennemført et stort antal forsknings og demonstrationsprojekter i Danmark inden for fleksibelt forbrug (Demand Response), inden for de tekniske løsninger, kommunikationsbehov, styringsstrategier osv. Se bl.a. link: www.energiforskning.dk Det kan teknisk lade sig gøre. Spørgsmålet er bare om der er penge nok til at det kan betale sig. Nogle ydelser er mere værd end andre.

Almindelig effektbalancering ved **mangel** på produktion (opregulering) kan koste op omkring 1.200 DKK/MWh. Afbrydelse af forbrug kan være konkurrencedygtigt op mod øget produktion med udgifter til bl.a. brændselsforbrug. Med et vundet bud på 5 MW vil der blive betaling på 6.000 kr. for en time. Disse 6.000 kr. skal derefter fordeles til 50 aggregerede supermarkeder, som for et anlæg med 100 kW eleffekt hver vil modtage **120 kr.** for at slukke køleanlægget i en time. Det vil næppe mange supermarkeder deltage med.

Der er også effektbalancering ved **overskud** af produktion (nedregulering). Her er der mange flere kraftvarmeværker, som deltager, da de blot skal slukke og har derfor ikke brændselsudgifter. Prisen er derfor ikke så høj som for opregulering, typisk på omkring 200 DKK/MWh. At tænde for ekstra forbrug betyder således at man modtager betaling for at bruge el. Vindes bud på 5 MW vil betalingen blive på 1.000 kr. for en time. De skal deles med 50 supermarkeder og hver vil modtage **20 kr.** for at bruge ekstra el til kølemaskinen i timen. Dertil kommer selvfølgelig værdien af den ekstra varme som produceres.

TYSK SPECIALREGULERING

Tyskland har for meget vindkraft etableret i Nordtyskland og har ikke intern transmissionskapacitet ned mod syd. Derfor er der mange timer, hvor det tyske elsystem betaler danske elkunder for at have ekstra elforbrug, det kaldes Tysk specialregulering.

Behovet er stort og svinger mellem 50.000 og 200.000 MWh hver måned. Særligt kraftvarmeværker med elkedler er til rådighed for at deltage i dette marked. Der kan deltages med både op og nedregulering. Budstørrelsen er også her 5 MW, så supermarkeder skal aggregeres med f.eks. 50 i en pulje, eller bydes ind sammen med større elkedler for at nå de 5 MW elkapacitet.

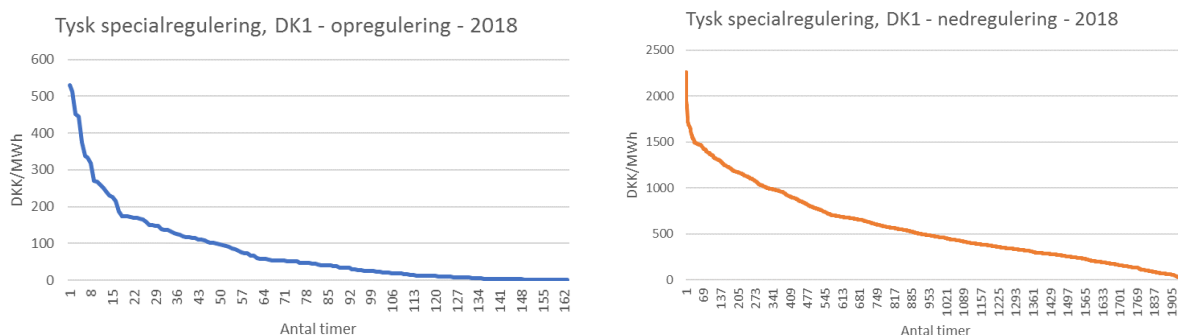
Der gælder særlige afregningsregler efter Pay-as-Bid princippet. En balanceansvarlig kan beskrive det nærmere. Der er både mulighed for opregulering (mindre elforbrug) og i særdeleshed nedregulering (mere elforbrug).

Der er forskellige priser for de danske prisområder DK1 og DK2, men da de største udfordringer for Tyskland er i Nordslesvig er mulighederne størst i DK1, hvorfor primært data herfra i 2018 er gengivet i Kogebogen.

OPREGULERING: I 2018 var gennemsnitsprisen for Tysk specialregulering i form af opregulering på 80 DKK/MWh i DK1 og 78 DKK/MWh i DK2. Tysk specialregulering i form af opregulering er mindst attraktiv, både i pris og antal timer. Der var i 2018 176 timer med priser op til 520 DKK/MWh i DK1 og 232 timer med op til 320 DKK/MWh i DK2.

NEDREGULERING: I 2018 var den tilsvarende gennemsnitsprisen for Tysk specialregulering i form af nedregulering på DK1 569 DKK/MWh og 38 DKK/MWh i DK2. Tysk specialregulering i form af nedregulering er klart det mest attraktive, hvor prisen i 2018 var helt oppe på 2.200 DKK/MWh og der var i alt 1.964 timer. For DK2 var det tilsvarende 576 timer op til 230 DKK/MWh.

Fra Systemansvaret Energinet kan man på www.energinet.dk lave udtræk af markedsdata, herunder for Tysk specialregulering. For DK1 er det interessant at se den markante forskel i både pris og antal timer mellem op- og nedregulering. Muligheden for at tjene penge er langt størst ved at bruge mere el, end ved at afbryde forbrug for f.eks. supermarkeder og andre. Og der er mange andre klar med bud. Særligt de ca. 800 MW elkedler der er installeret på kraftvarmeverkerne er aktive i dette marked gennem deres balanceansvarlige.

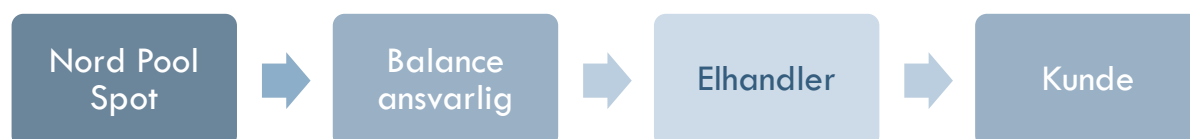


FIGUR 26 TYSK SPECIALREGULERING I 2018, TIME OG PRISER FOR OP- OG NEDREGULERING I PRISOMRÅDE DK1

Figureerne herover kan bruges til at få en indikation om prisniveau og antal timer med Tysk specialregulering. Der kan dog ikke bygges en forretningsmodel, idet der er tale om priser opnået ud fra bud. Der er ingen garanti for at vinde bud. Mange er interesseret i at deltage, og har man som AVA en 80 MW elkedel på Studstrupværket og i 2018 formået at vinde bud til gennemsnitsprisen for DK1 i 2018 nedregulering på ca. 560 DKK/MW, har det givet mulighed for indtjening på over 40.000 kr. i timen. Et supermarked på 100 kW eleffekt vil i samme time skulle aggregere med andre og indtjeningen fra timen vil være på **56 kr.** Dertil skal så lægges nytteværdien af køling og værdien af varmen. Den Tyske specialregulering forventes at være tilgængelig frem til 2025.

Elsystemets markedsmæssige værdikæde

Elsystemet har sin egen værdikæde for markedsdeltagelse. Når man tænder for elforbruget og modtager en elregning tænker de færreste på, at der er et komplekst markedssystem, som gør det hele muligt.



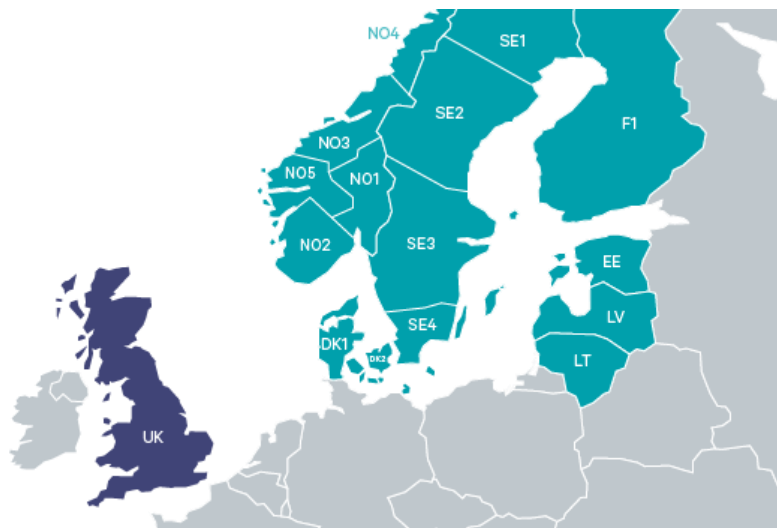
Den fælles elbørs Nord Pool Spot i Oslo har fungeret siden 1992 og Danmark kom med i 1999. På børsen er der et Day Ahead marked, hvor producenter af el og kunder til el handler hver dag og opnår priskryds på mængde og pris for hver time i det efterfølgende døgn.

Prisen sættes ud fra forventninger til forbrug og hvilken produktion der er til rådighed. Vindkraft og vandkraft er billigst, mens gaskraft er dyrest. Med regn (vandkraft) og blæst (vindkraft) som styrende gælder det om at holde øje med vejrudsigterne.

DKK/MWh

20-10-2019	DK1	DK2
00 - 01	224,03	224,03
01 - 02	194,30	194,30
02 - 03	201,77	201,77
03 - 04	200,95	200,95
04 - 05	198,04	198,04
05 - 06	196,47	196,47
06 - 07	201,92	201,92
07 - 08	223,66	223,66
08 - 09	237,10	258,24
09 - 10	271,69	271,69
10 - 11	279,91	279,91
11 - 12	286,26	286,26
12 - 13	283,12	283,12
13 - 14	261,61	272,14
14 - 15	231,88	271,39
15 - 16	245,02	271,84
16 - 17	266,91	275,80
17 - 18	301,65	301,65
18 - 19	364,17	364,17
19 - 20	381,43	381,43
20 - 21	351,85	351,85
21 - 22	295,97	295,97
22 - 23	284,54	284,39
23 - 00	268,93	269,08
Min	194,30	194,30
Max	381,43	381,43
Average	260,55	265,00
Peak	284,23	293,14
Off-peak 1	205,14	205,14
Off-peak 2	300,32	300,32
20-10-2019	DK1	DK2

På Nord Pool Spot børsen er det markedsaktører, som handler med hinanden. Dagen før kl. 13 sættes der priser og mængder for hver time. Det sker for hvert prisområde. Danmark er omdelt i to prisområder DK1 og DK2, mens f.eks. Norge er opdelt i fem prisområder.



Der kan handles mellem prisområderne. Derved er der mulighed for at den billigste el kan købes af alle. Er der f.eks. mere vindkraft i DK1 end forbruget kan der sælges op imod 600 MW pr. time til DK2, men også mod Norge eller Sverige. Markedskoblingen er også mod Tyskland og Holland og snart mod UK. De danske kraftvarmeværker, store og små, skal således kunne konkurrere med indenlandsk vindkraft, norsk vandkraft, svensk atomkraft eller tysk kulkraft. Elkunderne har den fordel, at de altid kan købe el billigst muligt – så længe overføringskapaciteten kan rumme det.

FIGUR 27 – SPOTPRISUDTRÆK FOR 20. OKTOBER 2019 OG OVERSIGTSKORT FRA WWW.NORDPOOLGROUP.COM/

For Danmark med stor andel vindkraft er fordelene, at salget til nabolandene kan sikre at al vindkraften bliver brugt og at møllerne ikke skal lukke midt i en blæsevej. Markedet handler i EUR pr. 1 MWh. Der sker derefter omregning til DKK/MWh.

For en spotpris på 250 DKK/MWh er det det samme som 25 øre/kWh. Det er dog ikke den pris kunderne ser på elregningen, da der skal tillægges afgifter til staten, transmissionstariffer til Energinet, distributionstariffer til elnetvirksomheden og abonnement, samt til sidst moms på det hele for private kunder, men ikke for erhverv. Prisen for Spotmarkedet og de andre elmarkeder er således at betragte som en grossistpris.

Til opnåelse af balance i elsystemet har Energinet det fulde ansvar. Produktion og forbrug kan derfor bydes ind til Energinet dagen før frem til kl. 16, hvis man har mulighed for at bidrage i balancemarkedet med op eller nedregulering.

Prisen og mængden kan via balanceansvarlige ændret indtil 45 minutter før driftstimen. Energinet køber da disse værker eller forbrug til at producere mere/mindre eller forbruge mindre/mere. Der er en særskilt pris for regulerkraftmarkedet. Leverandører får derfor en bedre pris end i spotmarkedet.

For spotmarkedet er der ingen nedre grænse for, hvor lidt man vil købe. Elkundens behov bliver vurderet af elhandleren. Elhandleren kan selv som handelsbalanceansvarlig eller gennem en forbrugsbalanceansvarlig købe på børsen. Hvis købstilbuddet viser sig at være forkert udregnet, da på den balanceansvarlige betale Energinet for at opnå balancen.

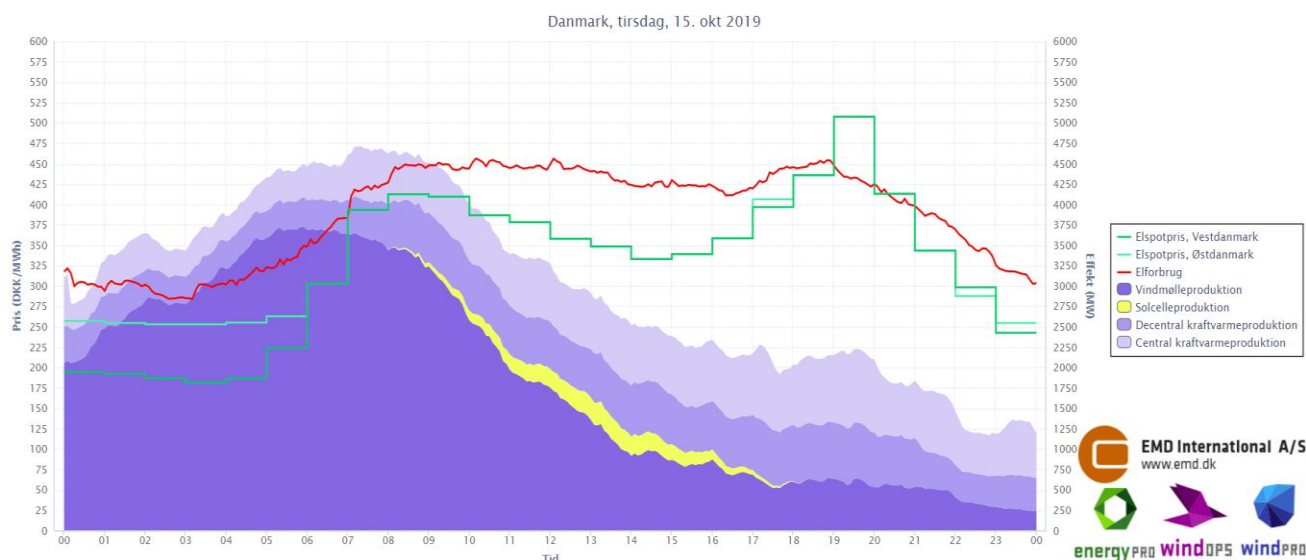
Producenter af el handler på børsen via en produktionsbalanceansvarlig. Igen er det sådan, at hvis produktionen ikke kommer f.eks. havari på produktionsanlæg, da må der afregnes til Energinet for ubalancen. Det sker hele tiden. Derfor har Energinet behov for at have adgang til både produktion og forbrug, som mod ekstra betaling er klar til inden for maksimalt 15 minutter at hjælpe med balancering.

Når det er forbrug, som hjælper kaldes det fleksibelt forbrug eller Demand Response. Forbrug har en konkurrencefordel f.eks. ved salg af opregulering. Her skal et værk bruge brændsel, mens forbrug blot skal slukke. Et køleanlæg med mulighed for at flytte elforbrug i tid er en god Demand Response.

Af nedenstående udtræk, med tak til EMD International, ses forbrug, produktion og priser i Danmark den 15. oktober 2019. Udtræk for DK1 eller DK2 alene gør det muligt også at se regulerkraftpriserne.

Den **røde kurve** er elforbruget på denne tirsdag for hele Danmark, altså med en "kogespids" kl. 19 på ca. 4.500 MW. Det mørkeblå område er elproduktionen fra vindkraften, som inden for samme døgn varierer mellem 3.800 MW og 240 MW. Det gule områder er el fra solceller. Den mellembå er decentrale kraftvarmeverker med op til 690 MW og centrale kraftværker med 900 MW.

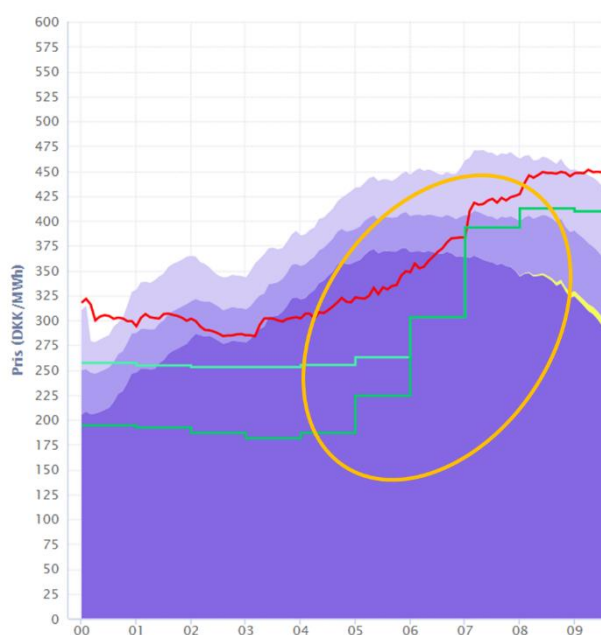
I timerne 01 til 09 er der "overskud" og eksport til nabolandene. I timerne 09 til 00 er der "underskud" og import fra nabolandene. Prisen den **grønne kurve**, varierer 15. oktober 2019 fra 180 til 508 DKK/MWh. Altså ikke en dag med negative priser, som kan forekomme. Dagen før den 14. oktober var der time med el spotpris på -50 DKK/MWh. Det vil sige at man fik penge for elforbrug. Det var timer om natten (lavt elforbrug) og vindkraft produktion på op til 5.000 MW i timen.



FIGUR 28 – UDTRÆK FRA WWW.EMD.DK/EL - AF ELSYSTEMDATA FOR 15. OKTOBER 2019

For elforbruget til supermarkeder er der en anden interessant læring af billedet fra den 15. oktober 2019, og som kan inspirere til at overveje omlæsninger i driften af køleanlæggene. Ikke mere eller mindre elforbrug, men flytning af elforbrug til timer med lavere elpriser i spotmarkedet. Det kræver selvsagt at

der aftales afregning efter spotprisen med supermarkedets elhandler. Foretrækker man fastprisaftaler og lignende uflexible produkter er der ingen læring af udtrækket fra 15. oktober 2019.



Som det ses sker der en stigning i spotprisen fra 186 DKK/MWh kl. 04-05 op til 412 DKK/MWh kl. 08-09. Altså en prisforskel på hele 226 DKK/MWh.

Hvis et supermarked med elforbrug til kølemaskinerne på 200 kW/h har behov for at køre i 2 time for at være klar til åbningen kl. 9.00, da kan der være penge at tjene ved at lade kølemaskinerne køre ekstra fra 04-06 og ikke fra 07-09. I dette simple regneeksempel vil gevinsten være på ca. **80 kr.** eller tæt på halv pris.

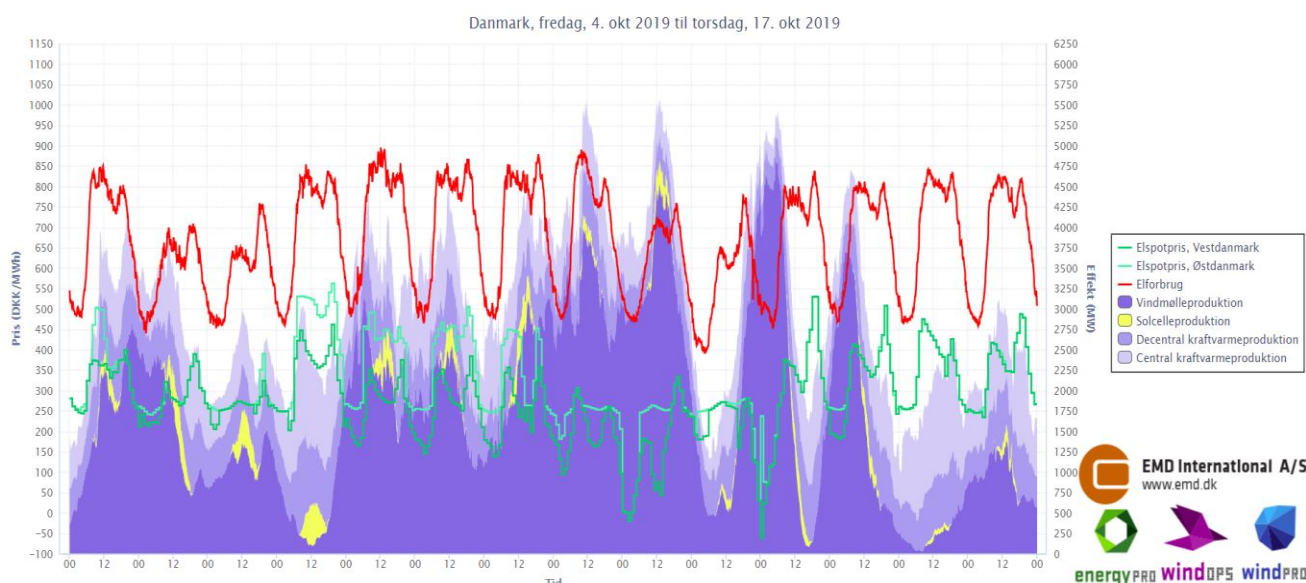
Kølemaskinerne kan så køre igen efter 10, hvor spotprisen falder frem mod kl. 15.

Næste situation er "kogspidsen" kl. 18-20. Hvis elforbruget da kan udskydes til kl. 20-22 er der en gevinst på ca. **33 kr.**

Sådanne situationer er der ofte i elmarkedet.

FIGUR 29 – UDTRÆK FRA WWW.EMD.DK/EL - DEN 15. OKTOBER 2019 OM MORGENEN.

Hvis man tager en 14 dages periode i oktober 2019 bliver det meget tydeligt, at der næsten hver dag er perioder, hvor der er penge at spare ved at flytte elforbruget frem eller tilbage i timer. Og de ses tydeligt, hvor stor indflydelse vindkraften har på elprisen. Der er også timer med negative priser.

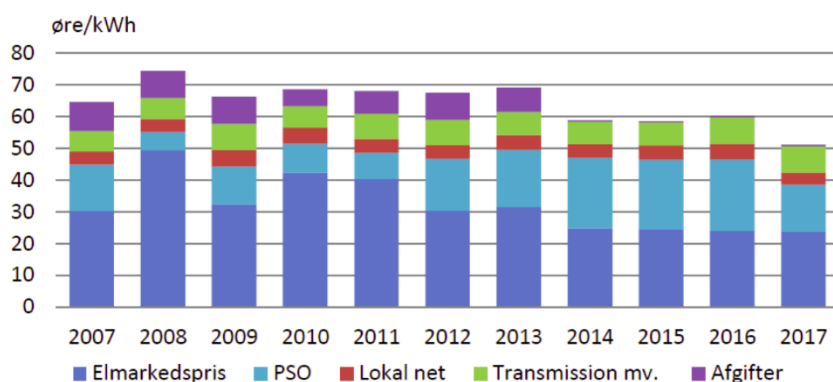


FIGUR 30 – UDTSÆK AF ELSYSTEM DATA FRA WWW.EMD.DK/EL - PERIODEN 4. TIL 17. OKTOBER 2019

Hvad skal der til for at høste gevinsten fra spotmarkedet?

Den typiske elkunde køber el til en gennemsnitspris, eller til en aftalt fast pris. Elmåleren tæller antal forbrugte kWh og der betales for forbrugt. Elprisen til slutforbrug for erhverv er sammensat af selve markedsprisen (spotprisen), en PSO (som forsvinder helt i 2021) en tarif til distributionsnettet, en tarif til transmissionsnettet og en meget beskedne afgift (0,4 øre/kWh) til staten. Butikker og erhverv betaler desuden ikke moms.

De seneste 10 år har markedsprisen på el haft en klar tendens til at være faldende for erhverv efter de opgørelser Energistyrelsen udarbejder.



Tariffer og afgifter skal betales uanset hvad markedsprisen er. Det betyder også, at selvom spotprisen i visse timer er negativ skal tariffer og afgift fortsat betales.

Særligt integrationen af stigende mængder vindkraft presser elprisen som gennemsnit.

FIGUR 31 – ELPRISSTATISTIK FOR ERHVERV MED 20-70 GWH FORBRUG, FRA ENERGISTYRELSEN, WWW.ENS.DK

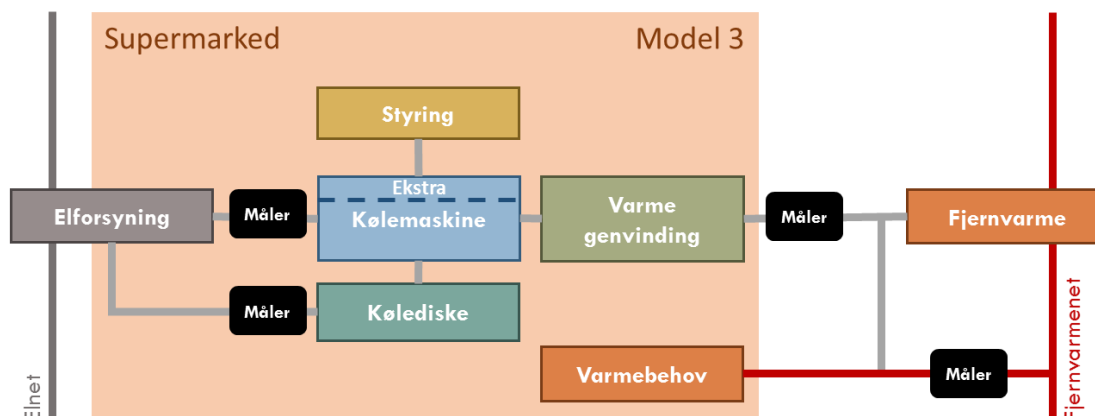
Et supermarked, som ønsker at drage nytte af de svingende priser i spotmarkedet f.eks. ved at flytte forbrug nogle timer frem om morgenen skal have en anden aftale med sin elhandler. Fastprisaftale eller gennemsnitspris skal afløses af en aftale om spotafregning. Fjernafmålte digitale elmålere med timeværdier er ikke nok. Der skal også aftales afregning efter spotprisen.

Elhandlerne har forskellige produkter og forskellige krav for at kunne afregne kunden ud fra spotpriserne. Hvis supermarkedet også vil deltage med balancering f.eks. at tilbyde øget forbrug i en eller flere timer, så skal der ske aggregering med andre elkunder hos en forbrugsbalanceansvarlig. Alle elhandlere har en balanceansvarlig, så det er et godt sted at starte. Det skal dog bemærkes, at et køleanlæg med 100 kW eleffekt ikke i sig selv er interessant i markedet. Hvis f.eks. 100 supermarkeder bliver aggregeret, så er der 10 MW til rådighed, og så stiger interessen. Aggregeringen kræver dog investeringer i teknisk udstyr.

Salg af el fra ekstra kapacitet kølemaskiner i supermarkeder

Et supermarked får som udgangspunkt køleanlægget dimensioneret ud fra butikkens kølebehov i forhold til maksimal belastning. Som det fremgår af COOP data andet sted, så har et typisk supermarked op til faktor 3 større elforbrug til kølemaskinerne i juli måned end i februar måned. I COOP eksemplet er elforbruget i februar på ca. 10.000 kWh og i juli måned 2018 på 30.000 kWh til køling. Det vidner om at der er en ekstra kapacitet i vintermånederne.

Netop i vinterperioden har fjernvarmen brug for ekstra varme, og supermarkedet brug for mindre køling. Muligheden er at supermarkedet udnytter muligheden for at lave termisk energilagring.



FIGUR 32 – SUPERMARKEDS MODEL 3, HVOR DER ER EKSTRA KØLEKAPACITET OG MERE VARME TIL FJERNVARMEN

I projektet **Super Supermarkets** er potentialerne for sådan forceret drift blevet undersøgt. Det skal dog understreges at hele kølemaskinens elkapacitet ikke er til rådighed måske kun halvdelen.

Elspotpriserne kan være særligt lave, måske endda negative, midt på natten. Kølemaskinernes ekstra kapacitet, som følge af vinter, sættes i drift. Den ekstra køling "lagres" ved at underkøle i frost og kølediskene. Kølemaskinerne leverer derved ekstra varme til varmegenvinding og levering til fjernvarmsystemet. For fjernvarmen kommer leverancen helt perfekt, da spidslasten i fjernvarmen netop er den tidlige morgen, hvor mange skal have varmt bad.

Muligheder for optimeret og ekstra kapacitet fra køleanlæg i supermarkeder

EKSEMPEL 1: Teknologisk Institut har med støtte fra ELFORSK programmet (345-028) gennemført projektet "Energilager til supermarkedeskøleanlæg (ELIS)" i perioden 2013 til 2016. Deltagerne var desuden Advansor A/S, Danfoss A/S, Super Køl A/S og DTU Mekanik. Projektets overordnede mål var at spare energi ved drift af køleanlæg ved at flytte forbruget fra dag til nat. Dette opnås ved at oplagre energi i form af is og sænke energiforbruget den efterfølgende dag ved at udnytte den lagrede kulde.

Den lagrede køleenergi kan produceres med en energibesparelse på op til 50 % i de døgn, hvor temperaturforskellen mellem nat og dag er størst. Kompressorens energiforbrug kan en stor del af dagen reduceres med 50 %. Effekten af varmegenvinding kan tilpasses efter varmebehovet. Det er muligt at bestykke anlæg med mindre kompressor anlæg (down sizing) og nok så vigtigt kan køleanlæg deltage med fleksibelt elforbrug (Demand Response). Se nærmere på www.energiforskning.dk

EKSEMPEL 2: Teknologisk Institut har med støtte fra EUDP programmet (64010-0055) gennemført projektet "Optimering af køleanlæg til supermarkeder" sammen med Advansor A/S, Danfoss A/S, DTU, Fakta A/S, IPU, Super Køl A/S og Supergros A/S. projektet forløb i perioden 2010-2014.

Projektet har anvist en vej til bedre kontrol og overvågning af supermarketers kølesystemer. Via målinger på et konkret CO₂-køleanlæg i Otterup på Fyn og simuleringer er det lykkedes påvise, at en såkaldt Model Predictive Controller kan reducere energiforbruget ved at koordinere kølestedernes behov for køling med kompressorens kapacitet.

Det er dog fortsat en udfordring at foretage denne beregning løbende for mere end tre kølesteder på en gang. Danfoss A/S er derfor i gang med at udvikle en ny styringsalgoritme, der vil kunne reducere antallet af start/stop for kompressoren. Derved reduceres energiforbruget og sliddet på udstyret. Den nye algoritme forventes implementeret i Danfoss' standardsoftware, og vil efter afprøvning i 2014 blive markedsført i 2015. Løsningen vil blive solgt som en opgradering af den eksisterende softwareløsning til optimal drift af kølemøbler i supermarkeder.

Den nye styring forventes at føre til energibesparelser på 10-20 % i gennemsnit, så hvis Danfoss kan fastholde/erobre 1/3 af verdensmarkedet, kan det potentielt medføre energibesparelser i størrelsesordenen 250-500 GWh årligt. Derudover har projektet identificeret yderligere besparelspotentialer i størrelsesordenen 10 % af det nuværende elforbrug til køl og frys i supermarkeder via forskellige adaptive løsninger. Danfoss vurderer, at eksportværdien af den nye softwareløsning alene vil ligge i størrelsesordenen 2 millioner kr. i 2015. Se nærmere på www.energiforskning.dk

EKSEMPEL 3: Teknologisk Institut har med bevilling fra EUDP programmet (63011-0116) og i samarbejde med Advansor A/S, COOP Danmark A/S og Super Køl A/S gennemført projektet "Varmegenvinding på køleanlæg til supermarkeder" i perioden 2018-2012.

Ved projektets start var transkritiske (dvs. ved højt tryk over 100 bar) CO₂-køleanlæg en ny, men lovende teknologi i forhold til den lovbestemte overgang til køleanlæg med naturlige kølemidler i f.eks. supermarkeder.

Gennem, projektets løbetid er teknologien modnet, og der findes således i dag et komplet komponentsortiment til CO₂-anlæg - inklusiv dedikerede regulatorer. I dag dækker transkritiske CO₂-anlæg reelt hele markedet for nyinstallationer i supermarkeder i Danmark, og i udlandet (især i de nordiske lande og i England) har teknologien også godt fodfæste.

Forskellige anvendelser for den genvundne varme er undersøgt (varmt vand samt varmedrevne køleprocesser), hvilket har ledt til projektets fokus på genvinding til varmt brugsvand og rumvarme. Udviklingen af metoder til varmegenvinding på disse anlæg var ikke i fokus i starten, men ikke mindst dette projekt har støttet udviklingen og demonstrationen, således at det i dag næsten mere er reglen end undtagelsen, at der monteres udstyr til varmegenvinding på nye installationer. På mange anlæg til især Norge er varmegenvinding på køleanlægget den eneste opvarmningskilde. Det har ikke vist sig rentabelt at eftermontere varmegenvinding på eksisterende anlæg. Med indførelsen af varmegenvinding er grænserne mellem to og i nogle tilfælde tre entrepriser blevet meget mindre skarpe, nemlig: - Køle-entreprisen - VVS-entreprisen - Ventilations-entreprisen.

Dette gælder ikke kun på installationssiden, men især inden for styring og dermed også design af det samlede system. Der er identificeret et behov for efteruddannelse inden for især VVS-, men også inden for ventilationsbranchen, således at der opbygges viden omkring sammenspil og løsninger, når køleanlægget og varmesystemet sammenbygges. Projektpartneren Advansor A/S har i løbet af projektet udviklet sig til verdens største leverandør af kommercielle CO₂-køleanlæg, og fra at have leveret mere end 80 anlæg med varmegenvinding i 2010 (hvilket samlet set udgør næsten 10 % af det samlede antal anlæg Advansor har leveret), er varmegenvinding i dag mere reglen end undtagelsen. Alle køleanlæg, der i dag leveres til projektpartneren COOP, har varmegenvinding. Således dækkes ca. 15 % af COOP's totale varmeforbrug i dag af varmegenvinding. Forudsættes varmegenvindingen etableret på nye anlæg, vil tilbagebetalingstiden være under et år. Se nærmere på www.energiforskning.dk

Teknisk mulighed for at anvende den ekstra kølekapacitet i spil

På et køleanlæg kan der være ekstra kapacitet, særligt om vinteren, hvor kølebehovet er mindre. Den ekstra kølekapacitet kan sættes i spil i forhold til elmarkedet som beskrevet tidligere. Men hvad er de tekniske muligheder? Et opmærksomhedspunkt er at ikke hele kapaciteten kan forventes at være til rådighed, måske halvdelen, da den grundlæggende køleaktivitet fortsat skal fungere.

Da værdien fra den ekstra kapacitet i relation til elmarkedet ikke er prangende, skal der være meget opmærksomhed på at varmeleveringen skal have en værdi. Varme til egen rumopvarmning, brugsvand eller levering til fjernvarmenettet skal have en værdi. Hvis varmen bortkøles skal den ekstra kølekapacitet ikke aktiveres.

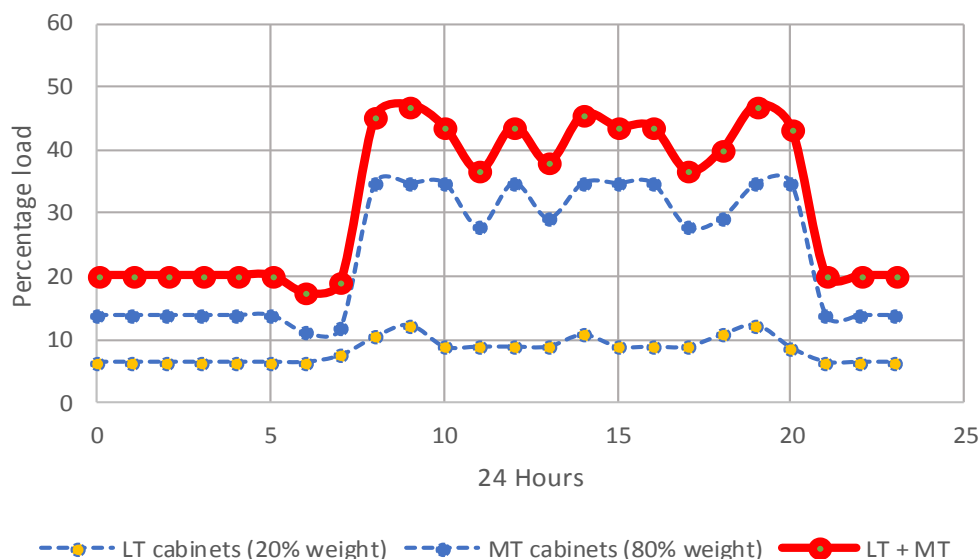
Supermarkeder har gennemsnitligt en lav udnyttelse af deres kapacitet. Dette skyldes den dimensionerende beregningsmetode hvor man skal tage hensyn til kuldeydelsen under varme sommervilkår.

Figur 33 herunder viser den årlige gennemsnitlige kapacitetsudnyttelse hen over 24 timer. Det ses at omkring 70 % af kapaciteten ikke udnyttes som gennemsnit over et døgn.

Dette giver naturligvis en mulighed for at lave varme til eksterne forbrugere. Såfremt man har en fjernvarmeopkobling skal man blot sikre sig de regulatoriske forhold er i orden, det vil sige supermarkedet skal have en aftale med det lokale fjernvarmeselskab, sikre sig at prisreguleringen ikke skal eftervises – eller at man får en ordning hvor priseftervisningen bliver efterkommet.

Forhåbentligt vil dette lovgivningsmæssigt snart vise sig overflødigt da supermarkeder er små varmeproducenter.

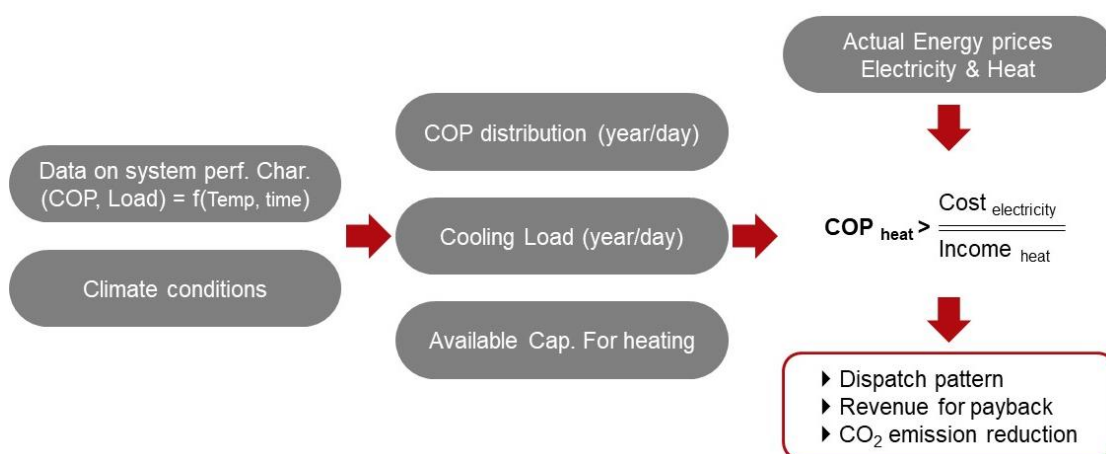
Såfremt man beslutter sig for at udnytte den fri kompressorkapacitet skal man sikre sig at der også er økonomi i at levere varmen. Elprisen, varmeprisen og anlæggets COP er hovedparametre for at sikre en god driftsøkonomi.



FIGUR 33 - VISER DEN ÅRLIGE GENNEMSITLIGE KAPACITETSUDNYTTELSE OVER ET ÅR – KILDE DANFOSS

Varmemængden som produceres er COP gange el-energi. Omkostningen for at producere varmen er elprisen og den skal være mindre end det man får for varmen, dvs. $COP > \text{Elpris} / \text{varmepris}$. Hertil bør lægges en sikkerhedsfaktor som indbefatter slid, vedligehold og usikkerhed omkring COP på anlægget. Det kan anbefales at have en online COP måling på anlægget, hvilket i øvrigt altid vil være en god ide for at sikre sig at anlægget kører som det skal. Det siger næsten sig selv at det er afgørende at levere varme ved så lav temperatur som muligt da det vil øge COP.

I perioder med meget lave elpriser kan denne ordning være meget attraktiv for alle parter. Som eksempel kan nævnes at et anlæg med 200 kW termisk kapacitet teoretisk vil kunne 70 % varme. Antages det at $COP = 3$ og at $COP > \text{elpris} / \text{varmepris}$ i halvdelen af tiden vil man kunne levere ca. 800 MWh på et år eller ca. varme til omkring 45 parcelhuse.



FIGUR 34 - VISER EN ALGORITME TIL BEREKNING AF INDKOMST VED VARMEPUMPEPRODUKTION FRA DANFOSS

For at anvende algoritmen skal man kende sit anlægs COP og kapacitetsudnyttelse (load). COP vil være udetemperatur afhængig, så man skal kende temperaturkurven for året. Man beregner derpå COP henover året og døgnet. Desuden kan man estimere kølebelastningen og dermed også varmekapaciteten over året og døgnet.

Elprisen og varmeprisen anslås som gennemsnitlige erfaringsværdier og man kan derpå anslå sit forventede åbne vinduer for varmepumpedrift. I disse åben vinduer beregnes den solgte varmemængde og forbrugte strøm.

Muligheder for at udnytte overskydende kompressorkapacitet i elmarkedet.

Som anført i ovenstående afsnit vil det være formålstjenligt at producere varme såfremt $COP > \text{elpris}/\text{varmepris}$. Man kan således udnytte perioder med lav elpris til at producere varme. Man skal være opmærksom på at der er fremtiden vil være et mere åbent og modent marked for regulerkraft og andre fleksible ydelser.

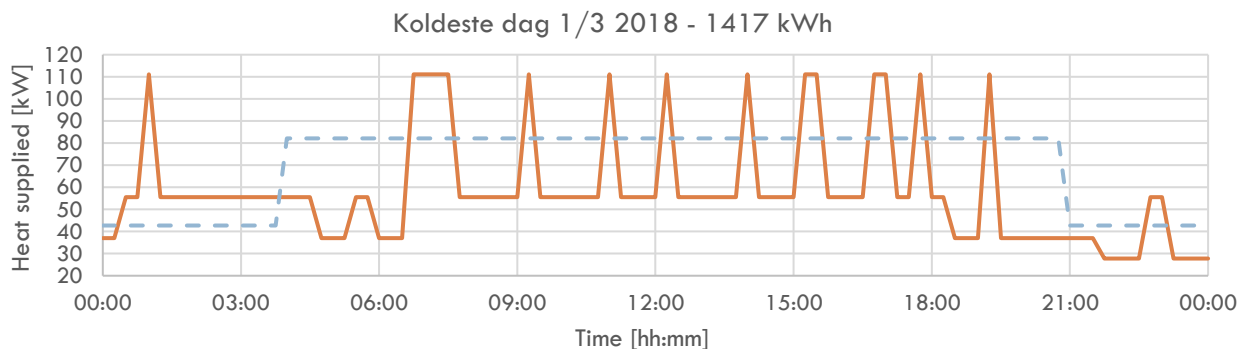
Mange tænker kun på at kunne regulere ned i strømforbrug når frekvensen i nettet falder – men det modsatte kan sagtens også være tilfældet og det er her at varmepumpedriften kommer ind i billedet. Det anbefales at følge udviklingen i markedet for regulerkraft og andre elmarkedsydelser og desuden indrette sit system så man hurtigt kan regulere sit system op i varmeproduktion hvis dette kræves. Man kan lave nogle estimater for indtjening på basis af salg af regulerkraft og andre ydelser via elhandeler og balanceansvarlig jf. andet kapitel. Hovedparameteren vil være den kapacitet som kan aktiveres. Såfremt man samtidigt leverer varmepumpedrift er kapacitet til opregulering jo opbrugt – så i dette tilfælde være det perioderne hvor man ikke har aktiveret varmepumpedrift man kan sælge.

Det skal understreges, at udnyttelsen af ekstra kompressorkapacitet for indtjening i elmarkedet skal sammenholdes med om der samtidig er mulighed for at afsætte den ekstra varme. Særligt hvis varmegenvindingen fortrinsvis går til dækning af egne behov for rumopvarmning og brugsvand kan der være begrænsninger. Derved kan en del af den økonomiske gevinst falde bort, hvis varme må bortkøles.

Varmebelastningsprofilen

Nedenstående Figur 35 viser dagen med den højeste leverede mængde fjernvarme i 2018.

Varmespidserne er ikke et nøjagtigt billede af ændringerne i varmebehovet, men snarere en konsekvens af, at måleren leverer dataene i (store) kWh-intervaller. Behovet udgøres af både rumopvarmning og varmt brugsvand.



FIGUR 35 – VARMEBEHOV OG VARMEGENVINDINGSPROFIL FOR DEN KOLDESTE DAG 2018

I det meste af vinterperioden er omgivelsestemperaturen lav, så køleanlæg uden varmegenvinding kører ved minimum kondenseringstemperatur. For det aktuelle anlæg svarer dette til en gennemsnitlig indkoblet kompressor kapacitet på 21 % baseret på data fra december 2018 og januar 2019. Dette svarer til en gennemsnitlig kølebelastning på 41 kW på MT-kompressorerne. Potentialet for varmegenvinding ved denne kølebelastning ved 105 bar og en vandtemperatur på 40/70 °C er 69 kW, svarende til driftstilstand C. Variationen fra dag til dag er lille og varierer mellem +/- 1 %, mens variationen fra dag til nat er større. Både nat og dag ses der fra 0 % til 40 % indkoblet kapacitet med hyppigere stop om natten.

Den gennemsnitlige belastning om dagen fra kl. 04:00 til 20:59 er op til 25 %, og om natten fra kl. 21:00 til 3:59 er den nede på 13 %. Varmegenvindingspotentialet, som er baseret på denne kølebelastning og disse temperaturer, vises med den stiplede blå linje i Figur 35.

Bemærk, at belastningsprofilerne ikke er baseret på data fra samme dag, og at de sandsynligvis repræsenterer et ekstremt tilfælde. Alligevel udgør de varmespidser, som ikke dækkes, kun 5 % af varmebehovet. For vinteren som helhed er det kun 4 % (8200 kWh), der ikke kan dækkes af driftstilstand B og C, (Figur 42) og alle varmebehov dækkes med varmegenvinding om sommeren med flydende kondenseringstryk, det vil sige uden at det er nødvendigt at trykket hæves. Dette betyder, at de investeringer, der er nødvendige for at muliggøre driftsform D, ikke kan retfærdiggøres, medmindre at der er en business case, der understøtter salg af varme til fjernvarmenettet.

En stor del af belastningen på varmesystemet stammer fra døråbninger og isoleringstab fra rum og kabinetter. En grov vurdering er at det svarer til 80 % af kølebehovet ca. 787 kWh (41x24x0,8). Dette er mere end halvdelen af varmebelastningen på dagen med det største varmebehov. De resterende 20 % af kølebehovet udgøres af interne elektriske belastninger i kabinetterne fra lys, blæsere og afrymningsvarmere (i denne undersøgelse er der p.t. ingen tilgængelige data).

Antallet af timer og det opvarmningsbehov, der er vist i Tabel 6, svarer til det viste i Figur 35. Den genvundne varme (HR – Heat Recovery) og elforbruget (P_{tot}) er beregnet baseret på fremløbs- og returtemperaturer, der er tæt på de målte værdier i Figur 23. Situationen er driftstilstand B med kun en begrænset underkøling i gaskøleren, som kan opnås ved at reducere hastigheden på gaskølerblæsere. På denne måde respekteres anvendelsesbegrænsningerne for kompressorerne (oplyst af producenten) og samtidigt udnyttes så stor en del af varmegenvindingspotentialet, som muligt.

P_{ref} er den strøm, som anlægget ville have brugt i ren køledrift. P_{net} er forskellen mellem P_{tot} og P_{ref} og dermed den ekstra strøm, der bruges til at muliggøre varmegenvinding. COPHR er forholdet mellem HR (Heat Recovery) og P_{net} . Når trykket og dermed energiforbruget øges for at muliggøre varmegenvinding, betragtes kompressoren som en varmepumpe (i henhold til SKAT), og der skal betales afgifter baseret på P_{tot} . Prisen på el er inklusive obligatoriske udgifter til afgifter, distribution og produktion. Bemærk, at elprisen på det danske spotmarked er steget fra 0,224 kr./kWh som gennemsnitspris i 2017 til 0,376 kr./kWh, hvilken er den gennemsnitlige pris fra januar 2019, som er anvendt i denne beregning.

Specifik varmepris er den pris, der betales pr. kWh, og Pris er den samlede pris i intervallet. FJV-pris er prisen, hvis den samme mængde varme skulle have været leveret fra fjernvarmenettet. Besparselsen for den specifikke dag ville være blevet øget fra 104,69 kr. til 207,29 kr., hvis fremløbs- og returtemperaturerne kunne sænkes til henholdsvis 75 °C og 35 °C. For sommerdriften er beregningen mere gunstig, da den varme, der er nødvendig for at lave varmt brugsvand, kan leveres uden at øge trykket eller temperaturen, eftersom kølebelastningen er højere, og prisen for fjernvarmen også er højere (0,47 kr./kWh) på grund af prisstrukturen for dette fjernvarmenet.

Den mængde overskudsvarme, der kan sælges til fjernvarmeværket om sommeren, er dog meget begrænset, og den pris, som værket betaler, er i dette tilfælde kun 0,15 kr./kWh, og den lidt højere pris, der betales i tilbagebetalingsperioden (0,20 kr./kWh), kan ikke retfærdiggøre øgede udgifter. Den samlede indtægt beregnes til 51.896 kr. (vinter 16.330 kr., sommer 32.938 kr. og salg af overskydende varme 2.628 kr.). Disse beregninger er baseret på vinterens og sommerens gennemsnitlige forhold. Da variationerne i sommerbelastningen er højere og endnu ikke målt, forventes det at være et konservativt skøn, hvilket betyder, at mængden af overskydende varme kan være større.

Hvis varmesystemet kan optimeres til at kunne klare en lavere fremløbstemperatur på 70 °C og også reducere returtemperaturen til 35 °C, kan indtægterne øges til ca. 70.000 kr.

Den nuværende relativt høje elpris skyldes delvist de lave mængder vand i vandkraftreservoirerne i Norge og Sverige samt mindre vind til de danske vindmøller. I runde tal vil indtægten stige med yderligere 10.000 kr., hvis disse forhold ændrer sig, og elprisen falder til niveauet i 2017.

		Vinter max last Frem - Retur 85 °C - 45 °C							
	Enhed	Nat				Dag			Totaler
Antal timer	h	1,75	1,25	3,75	0,25	3,75	9,75	3,50	24
Kølebehov	kW	25	25	25	25	49	49	49	
Varmebehov	kW	28	37	56	111	37	56	111	(1.417)
HR (Heat Recovery)	kW	28	37	45	45	37	56	111	
Ptot	kW	13,8	17,7	23,0	23,0	20,9	27,1	56,6	
Pref	kW	5,4	5,4	5,4	5,4	10,4	10,4	10,4	
Pnet	kW	8,4	12,3	17,6	17,6	10,5	16,7	46,2	
COP _{HR}		3.3	3.0	2.6	2.6	3.5	3.4	2.4	
Afgift 0,15 kr./kWh	DKK/h	2,07	2,66	3,45	3,45	3,14	4,07	8,49	
Elpris 0,63 kr./kWh	DKK/h	5,29	7,75	11,09	11,09	6,62	10,52	29,11	
Samlet pris	DKK/h	7,36	10,40	14,54	14,54	9,75	14,59	37,60	
Specifik varmepris	DKK/kWh	0,26	0,28	0,32	0,32	0,26	0,26	0,34	
Varme genvunden	kWh	49	46	169	11	139	546	389	1.349
Pris	DKK	12,88	13,01	54,52	3,63	36,56	142,21	131,59	394,40
FJV pris 0,37 kr./kWh	DKK	18,13	17,11	62,58	4,17	51,34	202,02	143,75	499,09
Samlet besparelse	DKK								104,69

TABEL 6 – BEREGNING AF VARMEPRIS OG EFFEKTIVITET FOR DET KOLDESTE DØGN I 2018

På grund af prisforskellen mellem salg af genvunden varme og købt af varme i den konkrete sag, vil den mest gunstige drift være, at udgifterne til varme flyttes fra fjernvarmenettet og over til driften af kølesystemet – snarere end at sælge varme til fjernvarmenettet. Resultatet er, at det meste af belastningen fra supermarkedsbygningen løftes væk fra fjernvarmenettet. Analysen viser, at det ikke vil give mening at øge salget til nettet ved at booste den mængde energi, der produceres med den ekstra kølebelastning, f.eks. gaskøleren i driftstilstand D, undtagen når den variable pris på el er negativ.

Hvis supermarkedsbygningen imidlertid ikke er tilsluttet fjernvarmenettet, ville det give rigtig god mening, da varmen vil kunne produceres til praktisk talt samme pris som den, der leveres fra fjernvarmeværket.

De rapporterede priser for ombygning af eksisterende kølesystemer med mulighed for varmegenvinding ligger i området 200.000 kr. til 300.000 kr. I den konkrete sag vil dette give en direkte tilbagebetalingstid på mellem tre til seks år. For mindre supermarkeder vil tilbagebetalingstiden sandsynligvis være længere, medmindre løsningen leveres som en integreret del af en ny installation. Da indtægterne er begrænsede, er det meget vigtigt, at ejeren af kølesystemet ikke pålægges ekstraomkostninger, som skyldes vedligeholdelse og reparationer. Systemets design og drift skal således sikre systemets længst mulige levetid.

De karakteristiske svingninger, der sædvanligvis ses i forbindelse med indkobling og udkobling af kompressor kapacitet, er ikke gunstige for en optimal styring af et varmegenvindingssystem. De dynamiske forhold, som varmegenvindingsveksleren udsættes for, øger den termiske stress og gør det vanskeligt at nå det ønskede sætpunkt for fremløbstemperaturen. I dag opleves der svingninger i de fleste supermarkedskontrolsystemer, når de idriftsættes, og det er nødvendigt at gøre en betydelig indsats for at identificere optimale driftsparametre og sætpunkter med henblik på at opnå en mere stabil drift. Dette vil reducere termisk stress og dermed øge installationens levetid. Derudover vil det gøre varmegenvindingen mere effektiv og sandsynligvis også forbedre kølesystemets effektivitet.

Et sekundært styringsproblem er de fluktuerende priser på elmarkedet. Når tidspunktet for maksimal varmebelastning falder sammen med, at spotpriserne topper, er prisen for HR (Heat Recovery) højere end prisen for fjernvarme.

En enkel løsning er at begrænse HR på de tidspunkter på dagen, hvor priserne normalt er højest. En anden mulighed er at modtage prissignaler fra elselskabet. Enten for hele den kommende dag eller time for time – afhængigt af de tilgængelige tjenester. Derudover skal man passe på med at fremstille varmt brugsvand i kritiske perioder. Derfor er en anden simpel foranstaltning en buffer/lagertank til varmt vand, som er tilstrækkelig stor til, at det er muligt at producere varmt vand om natten, hvor de andre varmebelastninger samt elprisen ofte er lavere.

Det er således muligt at opnå rimelige effektiviteter, når der anvendes varmegenvinding på kølesystemer med CO₂. Også selvom forholdene ofte er ugunstige, da disse defineres ud fra designet af det eksisterende varmesystem, hvad angår den nødvendige høje fremløbstemperaturer og den dårlige afkøling på returvandet.

På trods af de relativt høje nødvendige investeringer opnås der en moderat tilbagebetalingstid på mellem tre til seks år. Både for supermarkedsbygninger, der er forbundet til fjernvarmenettet, og for mere fjerntliggende bygninger, hvor den genvundne varme kan erstatte olie- og gasbrændere og forbedre både driftsomkostninger og CO₂-fodaftrykket.

Tidligere tilfælde af varmegenvindingsinstallationer viser imidlertid, at der er plads til forbedring i forhold til at etablere god praksis for installation af kritiske komponenter såsom varmevekslere samt i forhold til at udvikle fornuftige styringssystemer og retningslinjer for idriftsættelse af installationen med henblik på at sikre en lang levetid og en høj effektivitet.

Levring af specialydelser til elsystemet

Energinet køber en række specielle ydelser til elnettet (Ancillary Services). Ydelserne købes som udgangspunkt ved udbud. De senere år har der i EU været pres på at få mange af disse ydelser markesgjort ud fra ønsket om at billiggøre købene til elsystemet og for at åbne for at flere kan komme i betragtning med leverancer. Reglerne for leverancerne bliver samtidig harmoniseret i Europa gennem samarbejdsorganisationen for alle systemansvarlige og transmissionsselskaber, ENTSO-E. Der er derfor grund til at følge med på <https://energinet.dk/EI/Systemydelser/Nyheder-om-systemydelser> om den seneste udvikling i muligheder og krav.



FIGUR 36 – ENERGINET ÅRSRAPPORT 2018, TEMAARTIKEL OM FLEKSIBELT FORBRUG OG SUPERMARKEDER

Energinet har i årsrapporten 2018 ”Sikker Forsyning bliver delt forsyning” en temaartikel om Fleksibelt Forbrug, og supermarkeder. Her fremgår følgende.

”Line Kamp Bräuner er markedsudvikler i Energinet Elsystemansvarsafdeling for systemydelser. Sammen med kollegaen, Henning Parbo, har hun løbende kontakt med Coops chef for energi og grøn omstilling, Peter Kjærgaard Svendsen, for at hjælpe Coop med at udforske, hvordan de 1.100 køleanlæg i Coops danske butikker kan komme til at levere systemydelser, dvs. justere deres energiforbrug ud fra elsystemets løbende behov.”

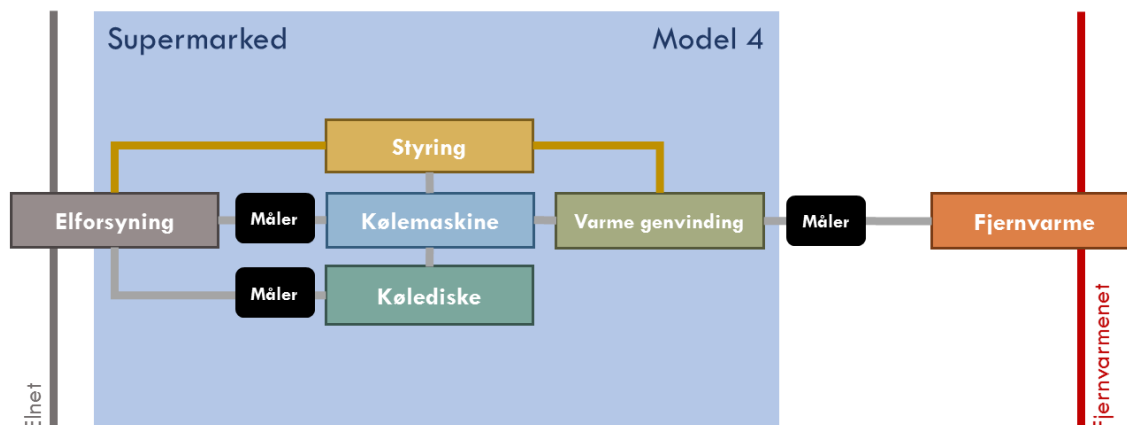
CITAT FRA RAPPORTEN: Energinet oplever en stigning i henvendelser fra markedsaktører som Coop, der på én gang ønsker at gøre en god forretning og bidrage til den grønne omstilling ved at styre deres energiforbrug sådan, at de kan levere systemydelser. Sådan har det ikke altid været, for især den del af markedet for systemydelser, hvor ydelsen er styring af energiforbruget, er ikke specielt intuitiv og stadig et ukendt land for de fleste. ”Når vi så oplever, at flere begynder at henvende sig og er nysgerrige på systemydelser og forbrugsfleksibilitet, så giver det en tro på, at der faktisk er en konstruktiv udvikling i gang”, siger Line Kamp Bräuner og fortsætter med at pointere Energinets rolle: ”Vi skal være sparringspartnere som dem, der har viden om elsystemet. Vi skal være med til at så frø og sprede ringe i vandet, sådan at forbrugsfleksibilitet stille og roligt kan vokse og bidrage til den grønne omstilling”.

Fleksibelt forbrug har forretningspotentiale Peter Kjærgaard Svendsen, chef for energi og grøn omstilling i Coop, beskriver sig selv som en ikke-tekniker, der jagter pengestrømme ved hjælp af tekniske anlæg. Han har selv taget initiativ til pilotprojektet med Coops køleanlæg for et par år siden, fordi han med deres tekniske setup kunne se oplagte potentialer: ”Vi har 1.100 køleanlæg i vores danske butikker, som næsten alle er drevet af en central aktør, og de kan potentielt både slukkes og øge ydelsen hurtigt og i kortere perioder. Jeg mente, at det måtte være en god basis for at kunne levere systemydelser, og derfor gik vi i gang med at undersøge mulighederne”.

De nuværende barrierer for, at Coop kan bruge butikernes køleanlæg til at levere systemydelser i form af fleksibelt forbrug, er primært tekniske, men Peter Kjærgaard Svendsen tror på, det er barrierer, som er relativt simple at komme henover: ”Det er teknisk muligt at slukke og tænde for vores køleanlæg lynhurtigt, men det har ikke været nødvendigt før nu, og derfor er den controller, som centralt styrer driften af anlæggene, simpelthen ikke bygget til det. Men jeg tror kun, det handler om, at der i den type anlæg ikke har været efterspørgsel efter så hurtig reaktion”.

Derfor er Peter Kjærgaard Svendsen også gået i dialog med de aktører, som leverer og drifter køleanlæggenes centrale styring med henblik på at få dem med på at udvikle teknologi, der kan imødekomme hurtigere reaktion. Dermed er Coops køleanlæg også et eksempel på, at elsystemets øgede behov for fleksibelt forbrug under den grønne omstilling kan skubbe til innovative processer, der i sig selv fremmer den grønne omstilling. Men det er også en forretningsmæssig gevinst for Coop, hvis de kan lykkes med at levere systemydelser i form af fleksibelt forbrug. Peter Kjærgaard Svendsen har på baggrund af en potentiale vurdering af 379 køleanlæg i det vestlige Danmark beregnet, at Coop med disse anlæg vil kunne omsætte for et større millionbeløb årligt i systemydelser. Skaleret op til alle relevante køleanlæg betyder det en forretning, som for Coop har en værdi af et tocifret millionbeløb om året.

For at det skal være muligt at levere systemydelser til Energinet kræver det at supermarkedets køleanlæg og varmegenvindingsanlæg udstyres med ekstra styring, kommunikation og kontrolstruktur. Fordelen for de mange COOP butikker er at de i forvejen har fjernkontrol fra AK-Centralen og derfor allerede en del af det nødvendige kommunikations og styringsudstyr. Supermarkeder Model 4 vil være påkrævet.



COOP har i dialog med Energinet kortlagt mulighederne for at butikkernes kølemaskiner og varmegenvindingsanlæg kan bidrage med systemydelser. Et af produkterne er frekvensydelse. Det er et behov på ca. 30 MW Energinet har. Det gode er at ydelsen udbydes og alle har mulighed for at indgå aftale med Energinet. Det udfordrende er at mange andre anlæg – og med større kapacitet – også byder. Det gælder bl.a. elkedler på kraftvarmeværker. I 2018 var gennemsnitsprisen på ca. 180.000 kr./MW/md. Der er hele tiden aktivering, da ydelsen er at stabilisere frekvensen i elsystemet (50 Hz).

Til gengæld er aktiveringstiden ofte kun få minutter. Det er godt for kølemaskinerne og behovet for køling. Til gengæld kan det være en udfordring at kølemaskinerne kræver omkring 15 minutter pause mellem aktiveringerne. Det kan løses ved at opdele de mange supermarkeder i grupper, som på skift aktiveres. En anden udfordring kan være at der fra 2020 er krav om at kunne levere ydelsen symmetrisk, det vil sige både at kunne øge forbruget og kunne sænke forbruget. Igen vil det kræve opdeling af supermarkeder i grupper.

COOP arbejder på at få etableret en fuldskala test i DK1 med 30-50 butikker og levering af 300 kW kapacitet til frekvensydelsen. Der er behov for at få kortlagt de tekniske muligheder, og derefter hvorledes f.eks. AK-Centralen kan styre butikkerne på fjernkontrol. Kan supermarkeder bidrage med frekvensydelser (som er det hurtigste produkt) da åbner der sig muligheder for også at deltage med andre elmarkedsydelser via elhandleren OK og deres balanceansvarlige Markedskraft.

Levering af daglig elforsyning til COOP supermarkeder

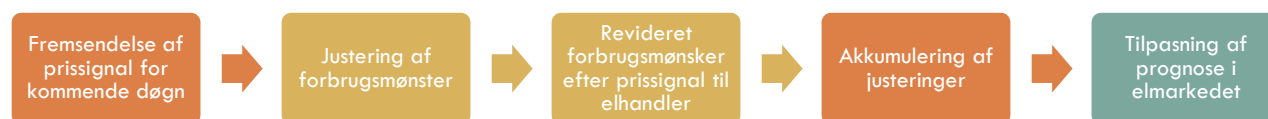
COOP anvender i stor udstrækning OK som elleverandør www.ok.dk/erhverv og OK har Markedskraft som balanceansvarlig www.markedskraft.com

Modsat levering af special-ydelser til systemansvaret Energinet, hvor der oftest ikke flyttes energimængder fra time til time, så vil et supermarked, der kontinuerligt tilpasser sit forbrug efter spotpriserne reelt flytte energimængder fra den ene time til den anden.

Derfor vil en sådan ageren kræve en tæt dialog med elhandleren, der ellers vil blive pålagt ekstra omkostninger til balancekraft da de fremsendte prognoser til elmarkedet ikke vil være i balance i driftsdøgnet. En sådan dialog kan automatiseres, og der kan ved hjælp af teknologiske løsninger (automatik, målinger, SRO-anlæg, kommunikation og styring) også udvikles services' der i samspil med både kundens input og forventninger optimerer samarbejdet fra den balanceansvarlige der i dagligdagen udarbejder prognoserne via elhandleren til kunden.

ET KOMMUNIKATIONS-SETUP VIL SE UD SOM NEDENSTÅENDE.

■ Elleverandørens ansvar ■ Elkundens ansvar ■ Balanceansvarliges ansvar

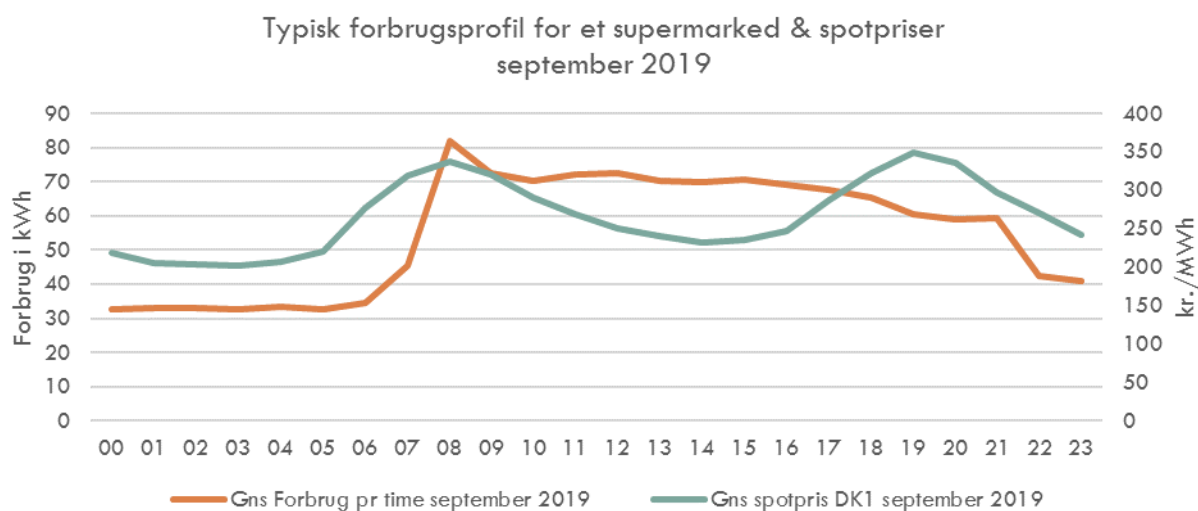


FIGUR 37 - HANDLINGER, ANSVAR OG KOMMUNIKATIONSBEHOV FOR FLEKSIBELT ELFORBRUG I SPOTMARKEDET

Disse forhold er dog ikke taget med i nedenstående kalkulationer på potentialer med udgangspunkt i et gennemsnitligt supermarket – svarende til en SuperBrugsen.

Et typisk supermarket bruger samlet ca. 500.000 kWh/år, hvoraf ca. 24 % bruges i tidsrummet 22-07.

Supermarkedets forbrug peaker fra kl. 08-09 – hvor der samtidigt er også er peak i spotpriserne i el-markedet. Se nedenstående figur, hvor det gennemsnitlige forbrug pr. time for september 2019 er sammenholdt med de gennemsnitlige spotpriser i DK1 i september 2019.



FIGUR 38 – SUPERMARKEDS FORBRUGSPROFIL OG SPOTPRISER I SEPTEMBER 2019

Dermed bør der også være et optimeringspotentiale på elregningen såfremt det er muligt at flytte dele af køleforbruget fra time 08-09 til time 05-06 som tidligere beskrevet.

Med udgangspunkt i de gennemsnitlige priser for september 2019 er potentialet for en enkelt kilowatt-time forbrug 11,74 øre/kWh svarende til en besparelse på den enkelte kWh på 35 %.

El-markedet svinger dog fra dag til dag, og som illustreret i tabel herunder kan det også være behæftet med tab, at flytte energiforbruget – såfremt det ikke gøres intelligent i forhold til prisudsving.

Disse potentialer kan realiseres ved hjælp alle forbrugsenheder inden for kundens måler.

Det er som tidligere nævnt en betingelse at supermarketet køber ind med et spot-produkt ved sin elhandler for at få økonomisk gevinst fra elmarkedet ved at flytte sit elforbrug.

Ændrer supermarkedet derimod permanent på sin forbrugsprofil vil det oftest også afspejle sig i de fastpristilbud som der vil være tilgængelige fra elmarkedet.

Dog skal der flyttes på betydelige mængder før effekten vil være mærkbar, i og med supermarkedets åbningstider ligger inden for høj-last perioder på elmarkedet og der bruges ca. 60 % af det samlede forbrug fra 08-21.

Kilder: www.nordpoolgroup.com/Market-data1/Dayahead/Area-Prices/

Udsving i potentiale september 2019	Gennemsnit september 2019	Maks. 9.9.2019	Min. 22.9.2019
Pris time 05-06 kr./MWh	219,11	254,87	217,59
Pris time 08-09 kr./MWh	336,41	532,42	207,89
Besparesespotentiale pr. kWh i øre/kWh	11,73	27,76	-0,97
Besparelse i % på elspotprisen ved 1 kWh flyttet	35 %	52 %	-5 %

TABEL 7 – UDSVING I POTENTIALE VED FLYTNING AF ELFORBRUG I SEPTEMBER 2019. KILDE NORD POOL SPOT DK1

Levering og test

COOP ønsker at fokusere på at kunne levere systemydelser til den systemansvarlige, hvorfor COOP har fokus på at få testet udstyr og opbygget performancetests til dette.

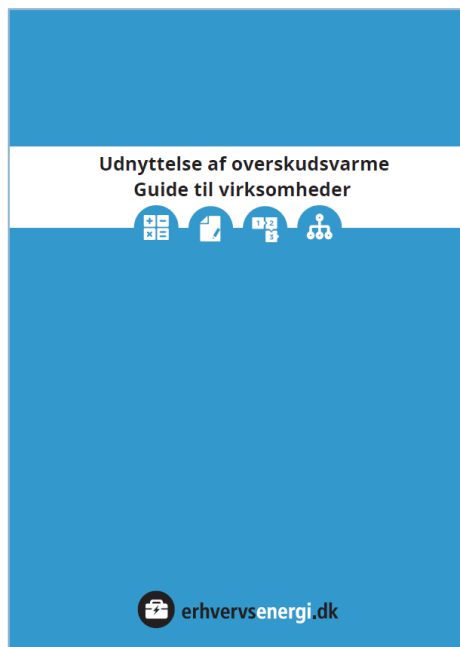
Potentialet ved reelt at flytte energimængder baseret på spotprisens udvikling er for nuværende ikke blevet vurderet tilpas attraktivt ved COOP til at det kan drive en case alene. Dette skyldes bl.a. at supermarkederne i forvejen er optimeret i forhold til at brug af energi, men ikke mindst de forretningsmæssige risici der kan komme i spil i forhold til fødevarer sikkerhed med videre når der afbrydes over længere perioder for køleenheder, som i vid udstrækning rummer det fleksible potentiale i et supermarked.

Såfremt disse forhold ændrer sig vil der skulle udarbejdes nye grænseflader som understøtter de nye kommunikationsbehov mellem supermarked, elleverandør og balanceansvarlig.

PROJEKTETABLERING

Et projekt om etablering af et anlæg for genbrug af varme til fjernvarmeformål skal etableres på en systematisk måde, hvor der arbejdes systematisk. Denne kagebog er et bidrag til dette arbejde med projektetablering. Kagebogen har fokus på supermarkeder.

Der er dog værdifuld læring fra arbejde med genbrug af andre typer overskudsvarme.



I maj 2015 udgav Erhvervsenergi.dk i Energiklynge Sjælland dokumentet "udnyttelse af overskudsvarme Guide til virksomheder".

Guiden har primært fokus på virksomhederne og deres mulighed for selv at genanvende den overskydende varme, og i mindre grad beskrivelse af og kobling til fjernvarmesystemet. Det konkluderes desværre at der skal betales overskudsvarmeafgift ved levering af varme til fjernvarmesystemet, hvilket ikke altid er tilfældet.

Der gøres til gengæld relevant opmærksomt på muligheder for at opnå støtte via energispareordningen (der dog udløber med 2020) og støtteordningen VE-til proces.

Guiden omtaler et enkelt supermarkedsprojekt. Kvickly i Ebeltøft der har en årlig varmemængde på 430 MWh. Investeringen var på 200.000 kr. Der blev solgt energibesparelser og tilbagebetalingstiden var på 2-3 år.

Der gøres korrekt opmærksom på at mængden af varme primært gik til egen rumopvarmning om at varme til levering for fjernvarmesystemet blev mindre end forventet. Der er en step-by-step guide, som har glimrende punkter der kan være til nytte ved alle typer projekter. Bemærk dog at lovgivningen og vilkår ofte ændres, hvorfor tilskudsmuligheder og lignende skal vurderes ud fra aktuelle regler.

Energistyrelsen har udarbejdet et temahæfte, der er relevant at stifte bekendtskab med i forbindelse med etablering af projekter. Temahæftet "Varmegenvinding og udnyttelse af overskudsvarme, Erfaringer og best practices fra dansk erhvervsliv" og er fra 2017.



I temahæftet har Energistyrelsen opgjort potentialet for genanvendelse af overskudsvarme fra alle erhverv til 3,5 TWh om året, eller svarende til lidt under 10 % af energiforbruget i virksomhederne i 2016.

Temahæftet indeholder en række case beskrivelser, men har alt for svag beskrivelse af leveringen af varme til genbrug i fjernvarmesystemet. Bl.a. er der case fra Rødkærsbro med varmegenvinding fra Arla Foods. Her forbigås det at Rødkærsbro aftager al varmen, og har fået SKAT godkendelse af at der ikke skal betales overskudsvarmeafgift bl.a. fordi brændslet hos Arla Foods er biogas.

Temahæftet anbefaler at virksomhederne benytter en 5 punktplan forud for etablering af projekter.

Først skal virksomheden søge at reducere deres energiforbrug; derefter skal overskydende varme kortlægges og begrænses; derefter skal man undersøge om varmen kan genanvendes på egen

virksomhed; derefter kontakte nabovirksomheder om de har varmebehov; og først som sidste punkt kontakte det lokale fjernvarmeværk.

De fem punkter er relevante. Men det må anbefales at virksomheder kontakter fjernvarmeværket på et langt tidligere tidspunkt i overvejelserne om genanvendelse af fjernvarme. F.eks. kan det vise sig at det er bedre med en kombi-løsning, hvor virksomheden tilsluttes fjernvarmenettet og i perioder køber fjernvarme og i andre perioder leverer til fjernvarmenettet.

Beregningsværktøj udviklet i projekt Super Supermarkets

I projekt **Super Supermarkets** er der udviklet et beregningsværktøj, der kan anvendes som et beslutningsværktøj, når et supermarked, et fjernvarmeselskab og deres rådgivere skal beslutte om de vil igangsætte et fælles projekt.

Super Supermarkets WP4

Screening af potetiale og koncept for varmegenvinding fra supermarked_v2.0

Denne beregningsmodel er udarbejdet under det EUDP-støttede projekt: Super Supermarkets

Formål:

Formålet med beregningsmodellen er at screene konkrete supermarkeder for potentielle gevinster ved at investere i varmegenvinding fra deres køleanlæg. Modellen giver ikke et endegyldigt svar på potentiale og tilbagebetalingstid, men er ment som værktøj til vurdering af, om det er rimeligt at arbejde videre med en egentlig businesscase.

De regulative og afgiftsmæssige rammebetingelser er på udviklingstidspunktet uklare, da Energiaftalen fra 2018 endnu ikke er udmøntet i konkrete direktiver. Værktøjet giver derfor IKKE nødvendigvis et billede af, hvordan økonomien kommer til at se ud fremadrettet, men giver derimod nogle nøgletal, som kan benyttes til fremadrettet at beregne nye/ændrede afgifter.

Koncepter for varmegenvinding:

I dette evalueringsværktøj arbejdes med tre varmegenvindingskoncepter. Ved hjælp af input fra det enkelte supermarked vil værktøjet anbefale, hvilken koncept for varmegenvinding, der ser ud til at være mest fordelagtigt for den givne lokation. De tre koncepter er beskrevet herunder:

- | | |
|-------------------|---|
| Koncept 1: | Der etableres varmegenvinding til dækning af eget behov for opvarmning og varmtvand. Driftstryk på køleanlæg justeres, så den ønske temperatur og varmemængde opnås. |
| Koncept 2: | Varmegenvinding til egetforbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk kan justeres så varmeproduktion tilpasses behov og salgsøkonomi |
| Koncept 3: | Varmegenvinding til egetforbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk kan justeres så varmeproduktion tilpasses behov og salgsøkonomi. Ledig kompressorkapacitet kan benyttes til produktion og salg af FV, her benyttes kondensatoren som |

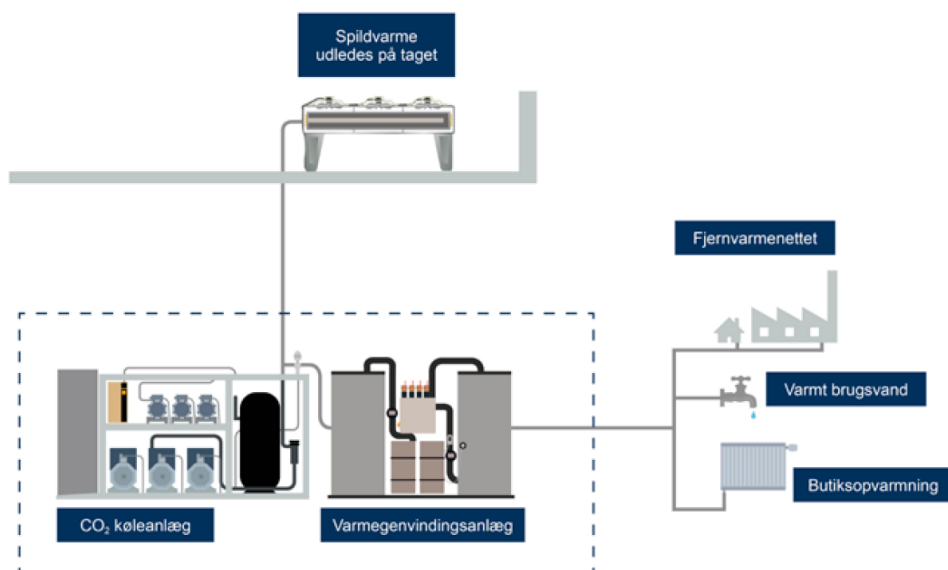
FIGUR 39 – UDDRAG AF BESLUTNINGSVÆRKTØJ UDVIKLET I PROJEKT SUPER SUPERMARKETS I EXCEL

Beregnings-, evaluerings- og beslutningsværktøjet bliver gjort frit tilgængeligt for alle via projektets hjemmeside <http://supersupermarkets.dk>. Af værktøjet er det værd at fremhæve, at forhold omkring skatter og afgifter er under løbende tilpasning. Det gode er at man i Excel kun behøver at opdatere nye værdier for fortsat at kunne foretage analyser forud for beslutninger om projekter. Projektet er begrænset til tre koncepter.

1. Der etableres varmegenvinding til dækning af eget behov for opvarmning og varmtvand. Driftstryk på køleanlæg justeres, så den ønske temperatur og varmemængde opnås.
2. Varmegenvinding til egetforbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk kan justeres så varmeproduktion tilpasses behov og salgsøkonomi.
3. Varmegenvinding til egetforbrug i butikken + salg til FV-net. Driftstryk kan justeres så varmeproduktion tilpasses behov og salgsøkonomi. Ledig kompressorkapacitet kan benyttes til produktion og salg af FV, her benyttes kondensatoren som fordampere i varmepumpedrift.

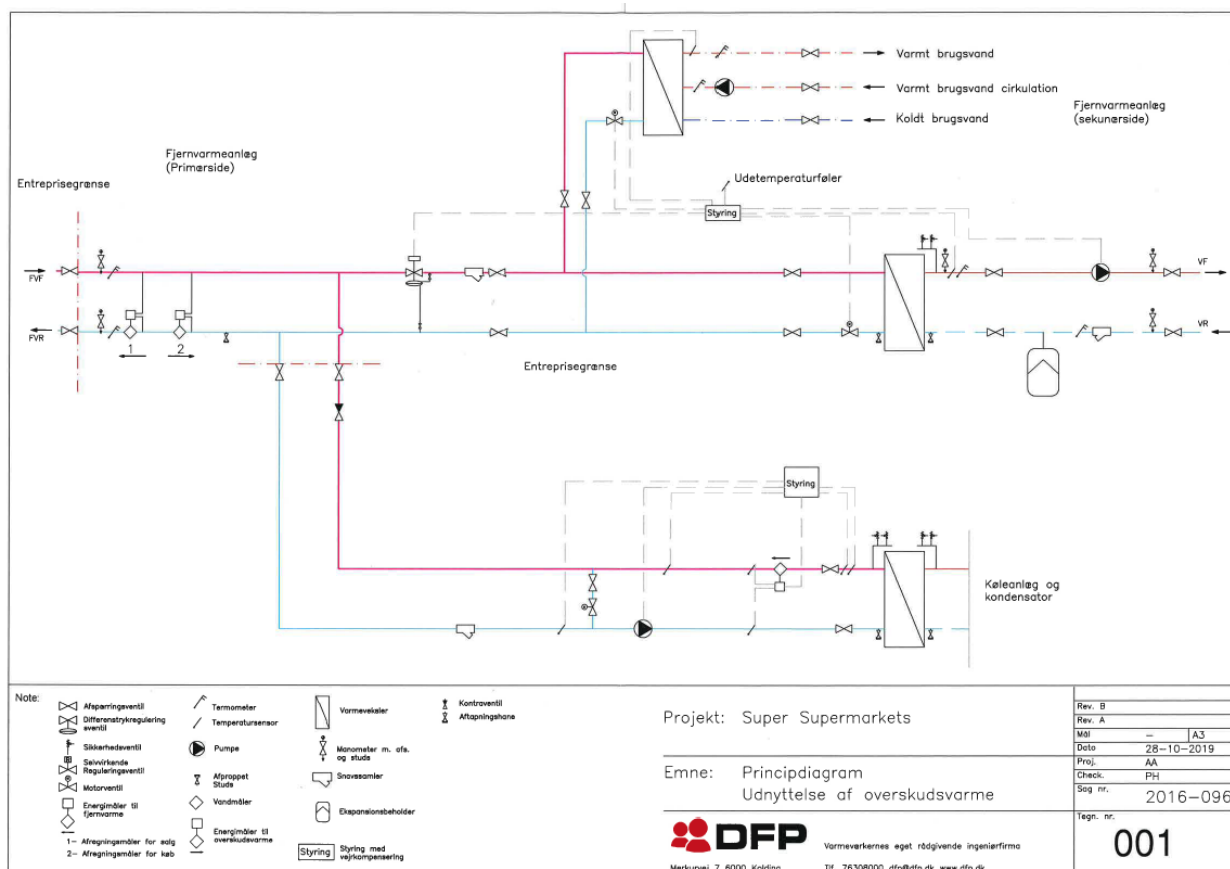
DE TEKNISKE LØSNINGER

I dette afsnit tages der udgangspunkt i en Danfoss illustration til de vigtigste elementer der indgår i de tekniske løsninger. CO₂-baseret køleanlæg, varmegenvindingsanlæg, friskøler, genvunden varme til rumopvarmning i butikken, varme til brugsvand eller varme til levering for fjernvarmesystemet.



FIGUR 40 – DANFOSS ILLUSTRATION AF DE OVERORDNEDE ELEMENTER AF ET KØLESYSTEM MED VARMEGENVINDING

FJERNVARMEKOBLINGEN er vist herunder i et principdiagram for anlægget til varmegenvinding.



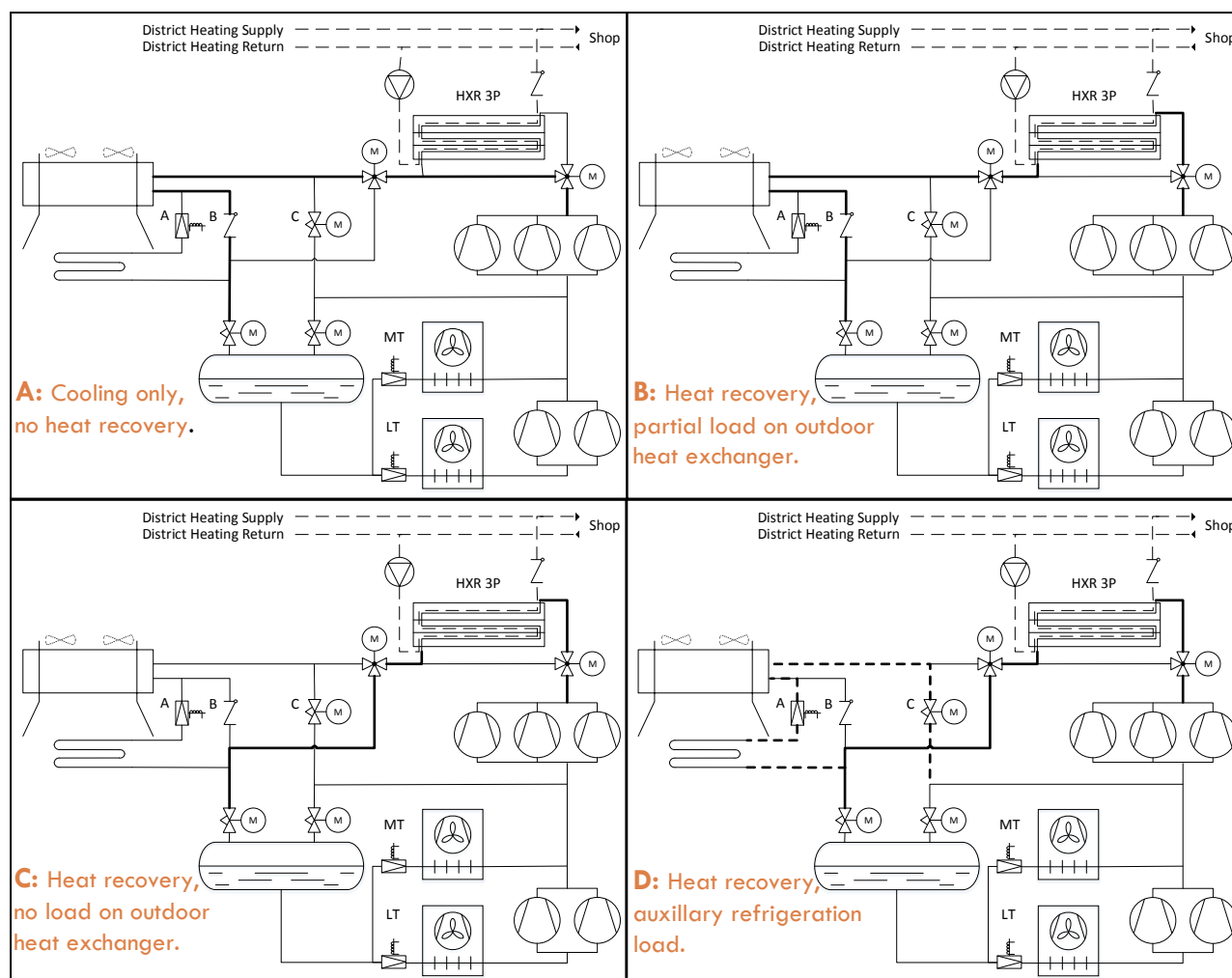
FIGUR 41 – DFP PRINCIPSKITSE FOR KOBLING AF VARMEGENVINDING TIL GENBRUG I FJERNVARMEN. STOR TEGNING I APENDIKS.

Som vist på PI diagrammet herover i Figur 41 er der indsat veksler før kondensator, veksleren vil overføre varmen til fjernvarmenettet, som ellers ville gå tabt i kondensator og afledt til omgivelserne. Ladepumpen på fjernvarmesiden trykker overskudsvarmen fra veksleren ind på fjernvarmens fremløbsledning. Pumpen bliver styret efter et angivet sætpunkt, som bestemmes efter den ønskede fremløbstemperatur til fjernvarmenettet.

Shunt er ladepumpens sugeside styres efter en ønsket indgangstemperatur til veksler. Dette for at differensstemperaturen over veksleren ikke bliver for stor. Ligeledes for at give en konstant temperatur til veksleren.

Anlægget er designet med to afregningsmålere, for at registrere køb og salg af varme. De to målere er monteret med gennemstrømsretningen i hver sin retning. Måleren kan da kun tælle i pilens retning (Kamstrup type). Ud over de to afregningsmålere er der monteret en produktionsmåler ved veksler. Det åbner mulighed for at trække salgsmåler fra produktionsmåler og man har opgørelsen af overskudsvarme til eget forbrug for rumopvarmning og brugsvand.

KØLEANLÆGGETS design er illustreret herunder i fire forskellige kredsløb (A, B, C og D) for genanvendelse af varmen til eget forbrug eller levering til fjernvarmenettet.



FIGUR 42 – DE FIRE GRUNDLÆGGENDE DRIFTSTILSTANDE FOR KØLESYSTEM MED VARMEGENVINDING.

I Figur 42 Viser et simpelt PI-diagram samt driftstilstande. Afbildningen af vandsiden af systemet er vist så simpel som muligt. Når mængden af genvunden varme er højere end den efterspurgt mængde varme i bygningen, kan overskudsvarmen leveres til fjernvarmenettet i stedet. På den anden side, hvis mængden af genvunden varme er lavere end efterspørgslen, vil fjernvarmenettet kompensere for forskellen.

Energimålerne for forbrugt og produceret varme vises ikke. Normalt vil der være tre målere: Den første måler den mængde varme, der leveres fra nettet, den anden måler den mængde varme, der leveres til nettet, og den tredje måler mængden af genvundet varme. Ofte vil der også være behov for en fjerde måler, der måler den elektricitet, der forbruges af MT-kompressorerne. Dette vil være tilfældet i Danmark på grund af afgiftsforhold.

Pumpen er hastighedsstyret for at kunne opretholde et givet sætpunkt for det vand, der forlader HXR-varmeveksleren. Således reduceres pumpehastigheden, hvis afgangstemperaturen er under sætpunktet – og omvendt. Pumpen skal kunne klare både forsyningstrykket fra fjernvarmeanlægget og trykfaldet i HXR-varmeveksleren og de tilhørende komponenter. Pumpens ydelsesområde skal derfor være meget stort for at kunne imødekomme alle driftsbetingelser. Hvis minimum flowet ikke matcher de lave belastningsforhold på køleanlægget, vil afgangstemperaturen være for lav til at kunne opfylde kravene fra varmesystemet eller fra fjernvarmenettet. Hvis vandflowet er for lavt ved høje belastninger på kølesystemet, vil opvarmningskapaciteten ikke opfylde potentialet ved den givne tilstand, selvom afgangstemperaturen stiger. I de fleste tilfælde er tilstanden med lav belastning mest kritisk, da denne vil være dominerende i løbet af vinteren, hvor varmebehovet er højest, og hvor kølebelastningen samtidig er på sit laveste.

Ud af de første ni installationer i Danmark med varmegenvinding til fjernvarme har tre installationer haft fejl i varmevekslerne på grund af revner, der er forårsaget af termisk stress. Det har betydet udslip af CO₂ i fjernvarmefløden og stop på køleanlægget, med store omkostninger til reparation og afhjælpning til følge. Disse problemer er velkendte hos producenter af pladevarmevekslere, og de kan primært afhjælpes ved hjælp af tre foranstaltninger (Alfa Laval, 2017): Den første foranstaltning er at stoppe både det primære og det sekundære flow ved kompressorstop, eller når der ikke længere er brug for opvarmning. Dette vil forhindre en høj temperaturforskelle over den fulde pladelængde ved opstart. Forøgelsen af levetiden estimeres i teorien til at være 120 gange så lang sammenlignet med, hvis man stopper vandflowet først, og 16 gange så lang sammenlignet med, hvis man stopper CO₂-flowet først.

Den anden foranstaltning er at bruge lange plader i varmeveksleren, hvilket i praksis betyder, at man anvender en 'multi-pass' HXR-varmeveksler – eller to eller flere varmevekslere monteret i serie eller samlet i en enkelt veksler med flere løb (multi pass). Dette vil også minimere temperaturforskellen og forøge ydelsen. Beregninger foretaget ved hjælp af et beregningsværktøj fra en pladevekslerproducent (SWEP, 2019) viser, at effektiviteten blev øget med mellem 5 og 10 % på både COP og kapacitet for et givet temperatursæt med en veksler med tre løb sammenlignet med en med et løb – begge med samme varmevekslingsoverflade og pris.

I Figur 42 er HXR-varmeveksleren vist med tre løb med pladerne i vandret position. Dette er helt bevidst, selvom det adskiller sig fra den opretstående position med lodrette plader, der normalt bruges til fordampere og kondensatorer. Disse har normalt kun et løb, hvor pladerne arbejder med kølemediet i to-fase-området. En HXR-varmeveksler med CO₂ arbejder normalt kun i en-fase-området. Pladernes vandrette placering muliggør stadig olietransport og dræning af evt. CO₂-væske under subkritiske forhold. På vandsiden vil det muliggøre udluftning af varmeveksleren, når systemet sættes i drift.

Den tredje foranstaltning er at undgå belastning på tilslutningsstudsene –som følge af både termisk ekspansion af de tilsluttede rørforbindelser og andre mekaniske belastninger. En væsentlig belastningsreduktion på studsene kan opnås ved at montere varmeveksleren på et beslag med et elastisk materiale såsom gummi, i stedet for at foretage en hård montering direkte på kompressorstativet?

CO₂-diagrammet, der er vist i Figur 42, repræsenterer et booster-system med MT- og LT-kompressorer og fordampere. Sammenlignet med et standardssystem er der tilføjet komponenter til varmegenvinding (HR): motordrevne on-off trevejsreguleringsventiler til isolering af HXR-varmeveksleren og gaskøleren samt ventilerne A, B og C til styring af gaskøleren når den fungerer som en ekstra kølebelastning (ekstern fordamper).

Driftstilstandene A, B og C (Figur 42) svarer til henholdsvis ingen HR (Heat Recovery), delvis HR og fuld HR. I driftstilstand D anvendes den ledige kompressorkapacitet til at øge varmeeffekten svarende til en ekstra luft til vand-varmepumpe. Den ekstra kølebelastning via udeluften og gaskøleren kunne erstattes af andre varmekilder, som f.eks. et borehul eller havvand, men for at minimere investeringen foreslås denne konstruktion, eftersom det er en billig løsning, hvor man anvender de komponenter, der allerede er til rådighed.

OVERGANGEN FRA TILSTAND C TIL D ER SOM FØLGER.

Ventil C åbner og doserer CO₂-gas til sugeledningen, hvilket øger belastningen og gør det muligt for kompressorerne at dække det aktuelle varmebehov. Trykket i gaskøleren falder, hvilket sænker den mættede temperatur til et par grader under udetemperaturen.

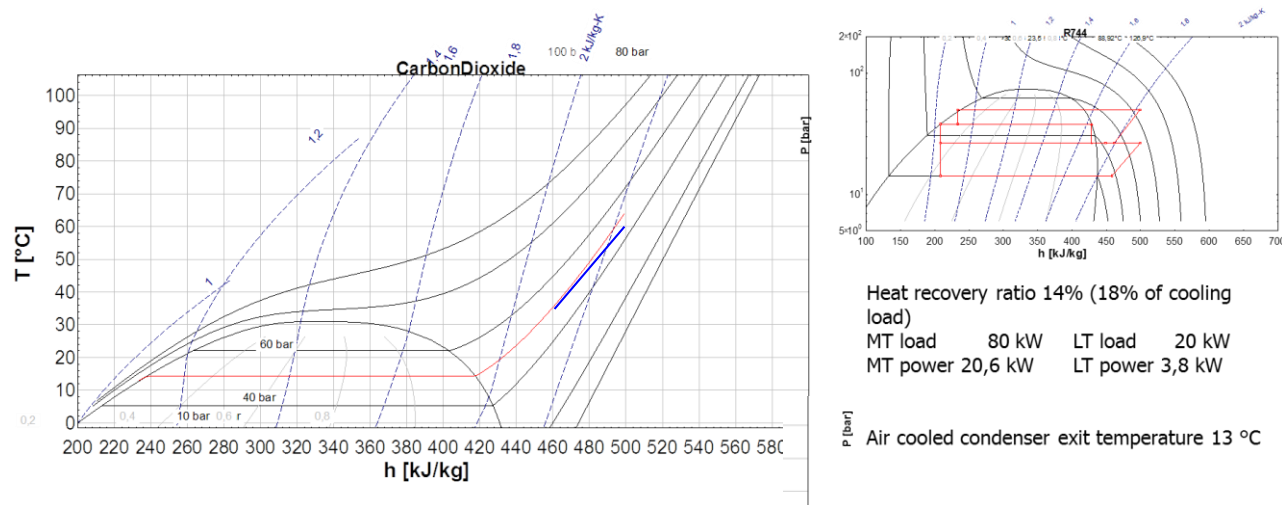
For at opretholde trykket og for at sikre et tilstrækkeligt gasflow åbnes ekspansionsventilen A for at tilføre væske til varmeveksleren, idet den styres af overhedningen i sugeledningen (= trykrøret under normal drift). Veksleren fødes i bunden for at sikre tør gas ved udløbet. Standard ventilatordrift vil resultere i modstrøm (mellem luft og kølemiddel), men dette kan imødegås ved at vende omløbsretningen på ventilatoren, når varmepumpefunktionen er i drift. Dette vil også medvirke til at få vanddråber, der hænger ved finnekanten til at slippe efter afrimning. Rørledningen, der føder ekspansionsventilen A, har et serpentinlignende forløb fordelt på overfladen under gaskøleren. Dette vil forhindre isopbygning ved omgivelsestemperaturer under nul efter afrimning, og det sikrer, at afrimningsvandet kan løbe væk.

Afrimning vil være nødvendig med regelmæssige intervaller under langvarig drift. Det anslås, at afrimning vil være nødvendig fire til otte gange om dagen. Det forventes, at den energi, der er nødvendig til afrimning, vil reducere den leverede varme med 20 %. Afrimningen initieres af en timer, og den finder sted ved at vende tilbage til driftstilstand B. Den stoppes af en afrimningssensor (er ikke vist).

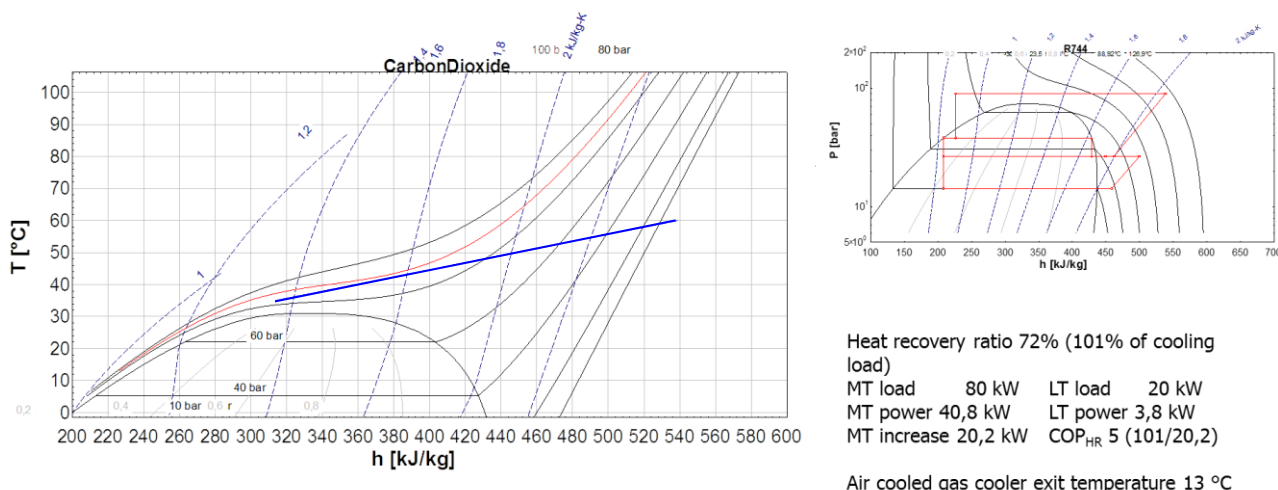
Beregninger af vekslergeometrien viser, at der ville opnås tilstrækkelig kapacitet ved en temperaturforskel over varmeveksleren på mellem 2 og 3 K – måske lidt højere alt afhængigt af stabiliteten af overhedningssignalet. Ved mættede sugegastemperaturer på MT-kompressorerne i området fra -8 til -10 °C vil det kun være meget få timer i løbet af vinteren, at varmepumpedriften vil kræve en lavere fordampningstemperatur, eller at pumpen skal stoppes.

Ifølge det danske referenceår *Danish Design Reference Year (DRY)* er det kun 280 timer om året, hvor temperaturen er lavere end -5 °C. Spørgsmålet er dog stadig, om varmepumpedriften kan betale sig i kombination med fjernvarmenettet. Dette undersøges i det følgende afsnit, men først ses der på, hvor stor en effekt der kan opnås.

BESKRIVELSE AF UDVALGTE DRIFTSTILSTANDE MED SKIFTENDE TRYK OG TEMPERATUR.



FIGUR 43 – DRIFTSTILSTAND B. FLYDENDE ELLER MIN. HOVEDTRYK. I DENNE KONFIGURATION 50 BAR ($T_{SAT} = 15\text{ °C}$).



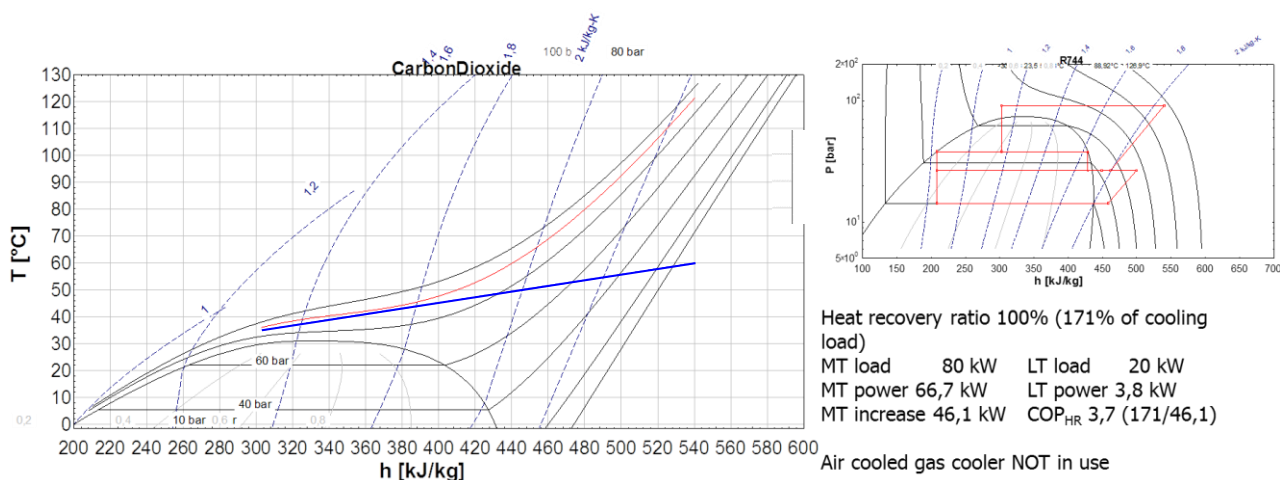
FIGUR 44 – DRIFTSTILSTAND B. ØGET HOVEDTRYK, 90 BAR. VANDTEMPERATUR 35/60 °C

I Figur 43 til Figur 47 er driftstilstandene vist i h-T-diagrammer og som reference også i h-log(p)-diagrammer.

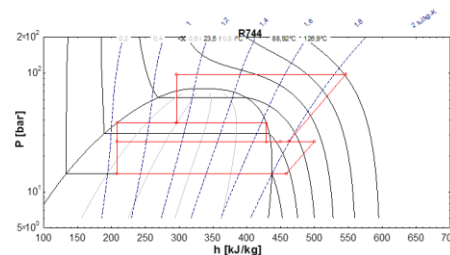
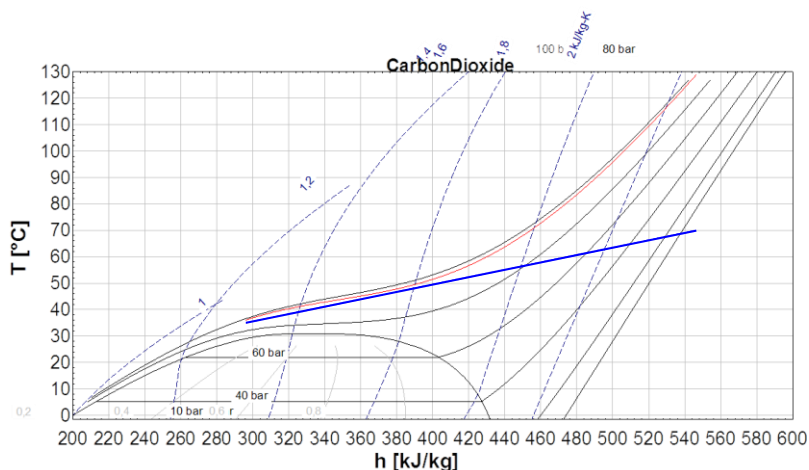
I h-T-diagrammerne er vandtemperaturen gennem en HXR-varmeveksler vist som en fuldtoptrukket **blå linje**, og CO₂-temperaturen er vist som en fuldtoptrukket **rød linje**, der falder sammen med en isobarlinje (der ses bort fra trykfald). På denne måde kan temperaturdifferensen i en HXR-varmeveksler visualiseres.

Alle grafer er beregnet med en temperaturdifferens på 1 K for pinch point, hvilket er økonomisk muligt at opnå i en pladevarmeveksler. I alle tilfælde er den samlede belastning på MT- og LT-kabinetter 100 kW med fordampningstemperaturer på henholdsvis -10 °C og -35 °C. Figur 43 er vinterreferencesituationen, da anlægget for det meste vil køre ved den minimale kondenseringstemperatur. Det er muligt at genvinde varme uden et ekstra energiforbrug, men kun en meget begrænset mængde.

Ved at øge trykket er det muligt at genvinde mere varme, men dette sker på bekostning af et højere energiforbrug. Hver gang der opnås højere temperaturer eller en højere opvarmningskapacitet sammenlignet med referencetilstanden, reduceres den tilsvarende COP_{HR}.



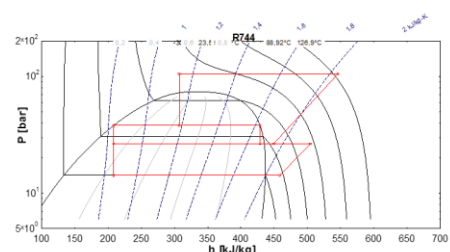
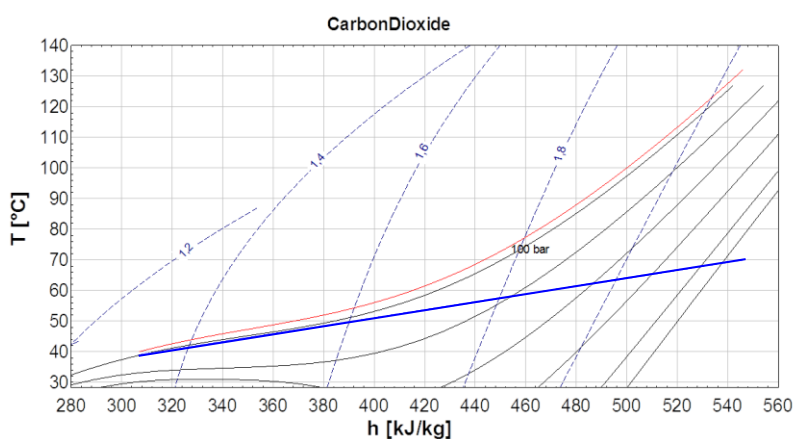
FIGUR 45- DRIFTSTILSTAND C. ØGET HOVEDTRYK 91,4 BAR. VANDTEMPERATUR 35/60 °C



Heat recovery ratio 100% (171% of cooling load)
 MT load 80 kW LT load 20 kW
 MT power 68,1 kW LT power 3,8 kW
 MT increase 47,5 kW COP_{HR} 3,6 (171/47,5)

Air cooled gas cooler NOT in use

FIGUR 46 – DRIFTSTILSTAND C. ØGET HOVEDTRYK, 97,3 BAR. VANDTEMPERATUR 35/70 °C



Heat recovery ratio 100% (322 % of cooling load from cabinets)
 MT load 80 + 80 kW LT load 20 kW
 MT power 137,4 kW LT power 3,8 kW
 MT increase 116,8 kW COP_{HR} 2,76 (322/116,8)

Air cooled gas cooler in use as evaporator

FIGUR 47 – DRIFTSTILSTAND D. ØGET HOVEDTRYK, 105 BAR. VANDTEMPERATUR 39/70 °C

Den øvre grænse for opvarmningskapaciteten er den installerede kompressorkapacitet, når der også anvendes en ekstra kølebelastning.

Bemærk, at det optimale tryk for en given tilstand kan være højere end det optimale tryk uden varmegenvinding på grund af de begrænsninger, der er givet af temperaturprofilerne som eksemplificeret i Figur 46 [Christensen, R., 2018].

Fjernkontrol og styring

Lederen af et supermarked har mange vigtige opgaver for optimal drift af selve butikken og sikring af indtjening, leverandøraftaler, personalepleje og mange andre vigtige primære funktioner. Supermarkedet har ikke køleanlæg for at producere varme, eller hjælpe med balancering af elsystemet. Køleanlæg er til dækning af behov for frost og køling af varerne, så de kan holde sig.

Et anlæg til genanvendelse af varme kan have en vis opmærksomhed, hvis varmen går til rumopvarmning af egne arealer eller bygninger, da der er en økonomisk og miljømæssig fordel. Levering af varme til eksternt modtager, måske endda kun til en symbolsk afregning har ikke høj prioritet. Særligt hvis der følger et omfattende bureaukrati vil mange supermarkedsledere vælge at koncentrere sig om den primære forretning. Derfor er der behov for hjælpeudstyr og assistance fra eksterne leverandører.

Supermarkedernes meget tekniske udstyr, anlæg og apparater skal helst fungere hele tiden og holde forretningen åben. Derfor investeres der i overvågningsudstyr i form af sensorer, automatisk styring og kontrol samt alarmer, helst med early-warning, så service kan tilkaldes i god tid og begrænse nedbrud.

Digitalt hjælpeudstyr til styring og regulering (SRO-anlæg) kan enten være for supermarkedets egne medarbejdere til handling, eller være opkoblet med fjernkontrol fra en leverandør af denne type service. Når data, målinger og kontrolsignaler samles og indgår i f.eks. i statistikprogrammer i IT systemer, så kan der trækkes ekstra værdi ud af de mange data. Afvigelser i temperaturmålinger fra f.eks. en kølekompressor kan være tegn på snarligt nedbrud og giver i god tid en alarm, så servicemontør kan tilkaldes og forebygge nedbrud – det giver værdi for butikken.

Med adgang til de mange måledata er der også muligt at gøre leveringen af varme f.eks. til fjernvarme nemmere og optimeret. Derudover kan der automatisk trækkes rapporter når myndigheder skal have indberetninger. For løsninger med høst af overskudsvarme til genanvendelse i egne lokaler eller levering til fjernvarmesystemet er der en nemmere vej, hvis supermarkedet i forvejen har etableret SRO anlæg, med eller uden fjernkontrol.

AK Centralens løsning

AK Centralen i Odense - se www.ak-centralen.dk for yderligere information - har overvågning, alarmer og styring af 1.600 butikker i Norden. Der er overvågning af 180.000 ventilatorer, 51.000 fordampere, 24.000 kompressorer og 27.000 køle/frys møbler. COP anvender AK-Centralen. For at optimere driften af butikkernes udstyr har AK-Centralen et tæt samarbejde med Danfoss. Der er tale om overvågning og styring af butikkernes køleanlæg med 206.000 sensorer, lige som der er overvågning af alarmer og andre driftsdata fra butikkerne. I 2018 håndterede AK-Centralen 3.821 alarmer, og det udløste 12.214 servicekald, mens 321.607 alarmer kunne afhjælpes uden servicekald. Det skyldes at der i AK centralen er adgang til fjernkontrol og styring. I overvågningen hjemtages temperaturdata fra kølemaskiner og udstyr i det konkrete supermarked, med henblik på analyse og optimering.



AK-Centralens operatører forsøger at afhjælpe årsagen til alarmen og i de tilfælde, hvor det er nødvendigt med servicebestilling til butikken, varetages dette af AK-Centralen med alle nødvendige data til servicepartneren. Herved videreføres ansvar for vareskader til servicepartneren, som jf. sin aftale med butikken udfører service i den pågældende butik.



Ude i hver butik er der opsat udstyr til kommunikation og overvågning. Ud imod AK-Centralen i Odense og ind imod butikkens udstyr og anlæg.

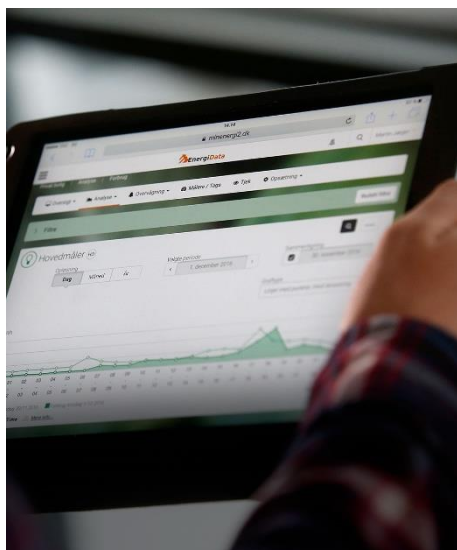
Butikkens forskellige anlæg skal således være udstyret med, eller have eftermonteret kommunikations- og reguleringsudstyr. Det primære formål er at få alarmer i tide når udstyr har tekniske svigt og få disse fejl afhjulpnet hurtigt, så f.eks. frostvarer ikke lider skade. Det næste formål er at nedbringe energiforbruget og optimere driften. AK-Centralen har formået at nedbringe energiforbruget i tilsluttede butikker på 15-30 % om året.

Et nyt mål kan være at optimere elforbruget op imod elmarkedet og f.eks. køle i timer med lavere elpriser og slukke i timer med høje elpriser. Når butikkerne har teknisk udstyr for overvågning og fjernkontrol vil dette være muligt.

Løsning med levering af varme fra genanvendelse og løbende optimering vil være muligt fra AK-Centralen fra de tilknyttede supermarkeder. Der kan leveres historiske varmedata til brug for prognoser og dermed styrke samarbejdet med fjernvarmesystemet.

Energi Data løsning

I Købe findes firmaet Energi Data, der er ejet af OK a.m.b.a. Se www.energidata.dk for nærmere information. Energi Data har overvågning og styring af energianlæg i shopping centre, butikskæder, større butikker, offentlige bygninger, uddannelsesinstitutioner, administrationsbygninger, erhverv og industri. Energi Data indsamler på fjernkontrol data fra alle de sensorer, målere og følere, der allerede er etableret i bygninger og på anlæg. De mange data bliver omsat i Energi Data til brug for overvågning, early-warning, optimering og styring. Kunden får de behandlede data præsenteret på egne systemer for handling, eller med aftale om at Energi Data har kontrollen.



Energi Data har overvågning af omkring 6.000 bygninger og deres forbrug af vand, varme, el og gas. Den aktive styring nedbringer energiforbruget på 30-40 % hos kunderne, lige som der er besparelser når udstyr repareres eller udskiftes rettidigt.

Data til grønne regnskaber kan automatisk genereres. Data bruges til fejl og vedligeholdelsesplaner.

Ved deltagelse i f.eks. markedet for fleksibelt elforbrug kan data bruges til at identificere muligheder og overvåge driften.

Løsninger kan også overvåge og styre enkelte køretøjer eller flåder af elbiler.

Energi Data har bl.a. nogle af de største shopping centre som deres kunder. Det åbner mulighed for at lave samlede løsninger, hvor varmen fra supermarkedernes køleanlæg kan genanvendes til rumvarme for andre butikker og fælles områder. Med en opkobling til fjernvarmenettet kan varmen til genanvendelse indirekte være leveret til fjernvarmesystemet ved at reducere netto købet fra fjernvarmen.

DEMONSTRATIONER

Dette kapitel beskriver de gennemførte demonstrationsaktiviteter i projektet **Super Supermarkets**, og den opnåede viden til brug for kogebogen. Der har i projektet været forskellige supermarkeder og fjernvarmeselskaber inde i billedet, men hvor forskellige tekniske eller praktiske forhold har medført at demonstrationsaktiviteterne måtte opgives og erstattes af andre lokationer.

De otte forskellige feasibility studier – som alle er CO₂ køleanlæg - har altså været igennem beregningsmodellen – se andet sted, således at det sikres optimale løsninger. Der er tale om forskellige supermarkedsoperatører, som eksempelvis Salling Group, Lidl, REMA1000, ALDI, Meny, m.fl.

Desuden har der været lavet modellering på supermarkeder, der både er fysisk placeret i større byer, samt supermarkeder der er placeret udenfor de store fjernvarmenetværk; altså anlæg i mindre byer med barmarksanlæg eller lignende.

Vi har desuden annonceret og 'efterlyst' cases via Energy Supplys nyhedsbrev, hvor projektet i november 2019 skrev, at vi efterlyste varmegærker, samt hvilken beregning de efterfølgende ville få udleveret. Desuden fik varmegærket naturligvis også besked om, at et tilhørende lokalt supermarked skulle være med, og at de skulle leverer data til casen.

Følgende otte supermarkeder og respektive fjernvarmeselskaber har fået udarbejdet et feasibility studie beregnet via det udviklede beregningsmodel i projektet:

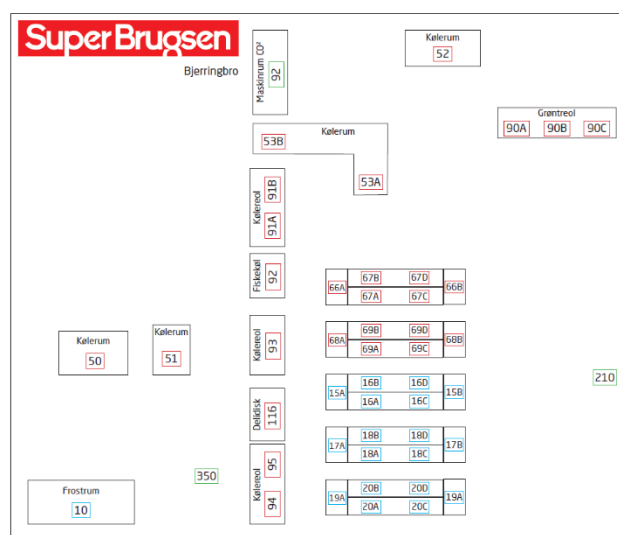
Here følger beskrivelse af de udvalgte test cases

Bjerringbro

SuperBrugsen i Bjerringbro er fra 2001. Der var i 2018 en bruttoomsætning på 35,5 mio. kr. og et resultat på 0,5 mio. kr. Gudenådalens Energiselskab er et nyt fusioneret fjernvarmeselskab, tidligere var det Bjerringbro Varmeværk.



SuperBrugsen i Bjerringbro er indrettet meget klassisk med køle- og frysemøbler i butikken.



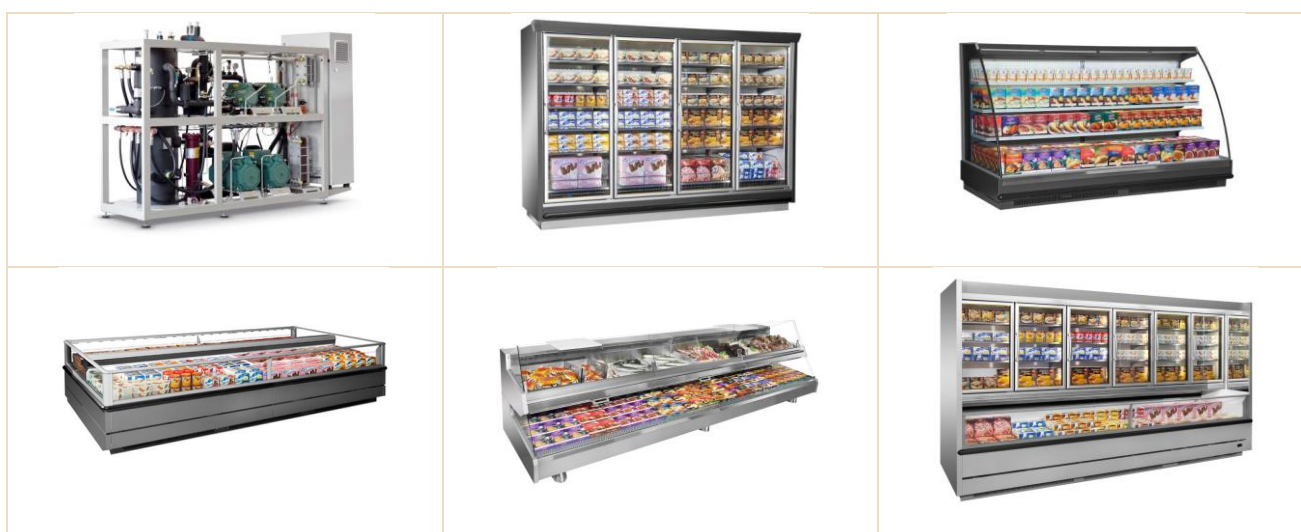
FIGUR 48 – INDRETNINGEN AF SUPERBRUGSEN I BJERRINGBRO MED KØLE OG FRYSEMØBLER.

Køleudstyret i SuperBrugsen Bjerringbro er leveret af firmaet ViboCold.

Kølemaskinerne er baseret på CO₂ og findes i et maskinrum – nummer 92. Der er lagerrum for køling – nummer 52, der er lagerrum for frost – nummer 10. Og så er der ude i kundeområdet af butikken både møbler til frost og køling. Der er reoler og gondoler m.v.

VIBOCOLD
Livøvej 22
DK-8800 Viborg
Tlf. 8661 3411
Fax 8661 3754
mail@vibocold.dk
www.vibocold.dk

Herunder eksempler på køle- og frostmøbler samt CO₂-kølemaskinen fra www.ViboCold.dk.

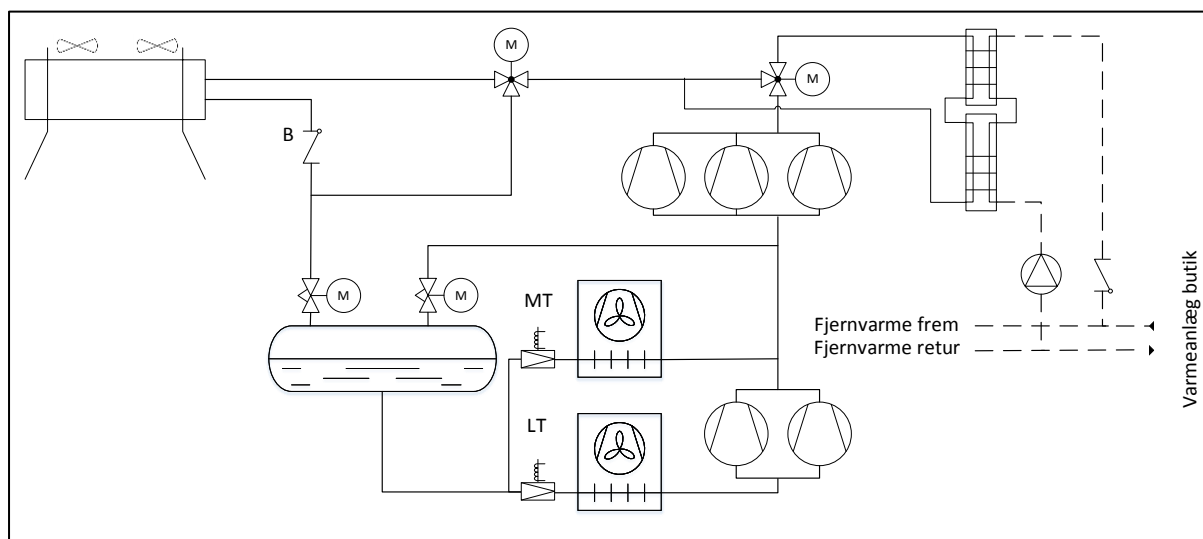


Anlægget for varmegenvinding i SuperBrugsen Bjerringbro er næsten det simplest mulige. Maskinanlægget var fra producenten forsynet med to vekslere, en mindre til produktion af varmt brugsvand og en større til rumvarme.

Da butikken forsynes fra fjernvarmenettet, er det imidlertid ikke praktisk at forsyne fra to separate vekslere og de blev derfor koblet samme. Det betyder derfor at returvandet først ledes gennem den større veksler og derefter (i serie) til den mindre veksler. Dermed bliver temperaturspændet på hver veksler mindre og det er godt for holdbarheden. Vandet cirkuleres gennem vekslerne gennem en højtrykspumpe, der kan overvinde driftstrykket på fjernvarmeforsyningen og dermed levere varme til butikkens varmesystem eller, hvis der er overskud af varme, ud på fjernvarmenettet.

Et simplificeret diagram vises i Figur 49 nedenfor.

Anlægget har været i drift siden efteråret 2018, men er ikke blevet særskilt optimeret i forhold til salg og generelt højere varmeproduktion på grund af uafklarede afgiftsforhold og senest problematikken omkring den manglende lovliggørelse af salg af varme fra supermarkeder ifølge forsyningsstilsynet.



FIGUR 49 – SKITSE OVER KØLE- OG VARMEANLÆG I SUPERBRUGSEN BJERRINGBRO

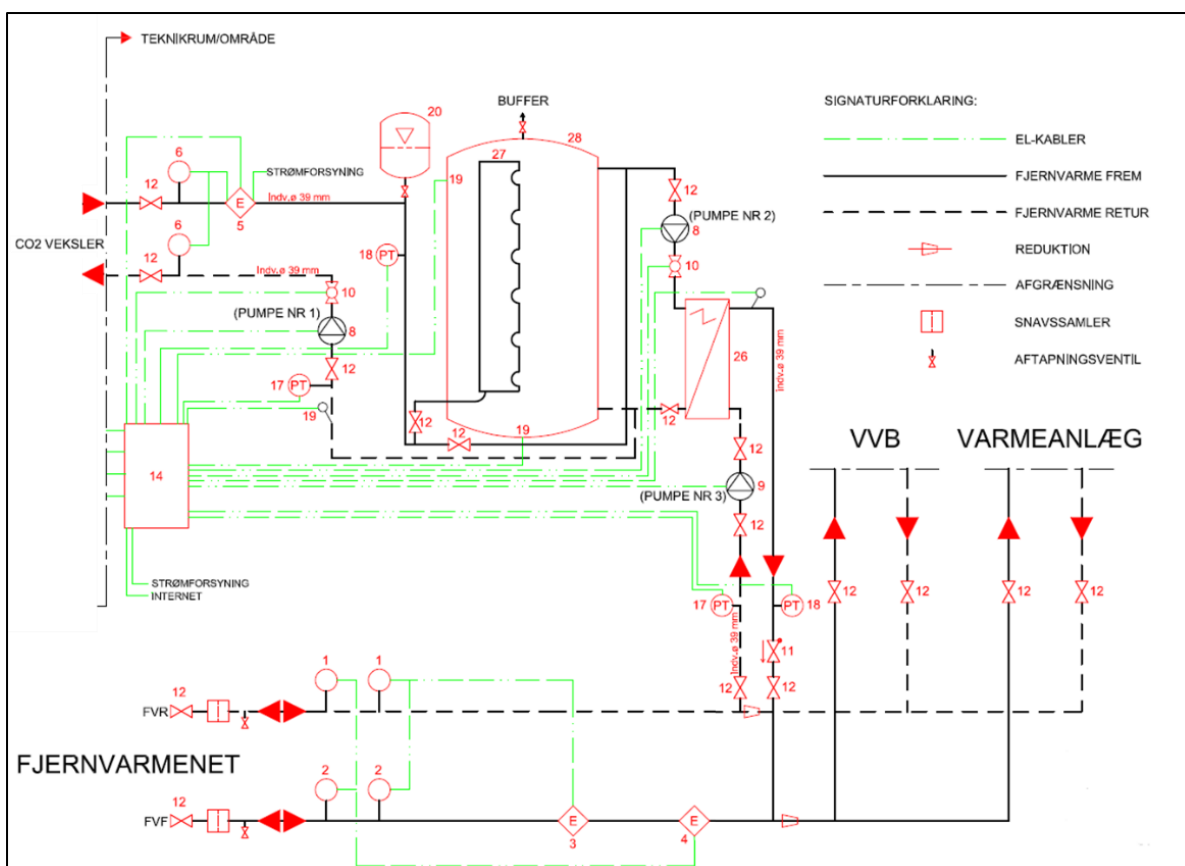
Otterup

SuperBrugsen i Otterup var tidligere Kvikly i Otterup, men er moderniseret og nu SuperBrugsen. Fjernvarmen kommer fra Fjernvarme Fyn og deres Varmecentral Otterup.



Maskinanlægget blev udskiftet i forbindelse med moderniseringen og består af et CO₂ booster-anlæg med en dimensionerende kapacitet på 82 kW køl og 23 kW frost.

Anlægget blev leveret med en traditionel pladevarmeveksler med ét løb for varmegenvinding, mens selve varmegenvindingsanlægget bliver udført efter oplæg fra Ivar Lykke Kristensen A/S. Opbygningen af varmegenvindingsanlægget forventes afsluttet med udgangen af 2019. Et udsnit af diagrammet for anlægget ses i [Figur 50](#), det fulde diagram kan findes under bilag.



FIGUR 50 – UDSNIT AF DIAGRAM FOR VARMEGENVINDINGSANLÆGGET I SUPERBRUGSEN OTTERUP

Anlægget i SuperBrugsen Otterup er udført med en bufferbeholder på 1000 l og en skilleveksler (26) til fjernvarmesystemet. Skilleveksleren fungerer som sikkerhed mod at et eventuelt brud og intern lækage på CO₂ veksleren vil føre til at CO₂ bliver opløst i fjernvarmevandet og dermed medfører en forsurening af dette. Dette jævnføres med tidligere erfaringer, hvor CO₂ vekslere med et løb er mere sårbare overfor termiske spændinger, som kan medføre brud.

Bufferbeholderen kompenserer for forskelle mellem belastningen på kølesiden (mængden af genvunden varme) og varmebehovet ved at akkumulere mere eller mindre varmt vand i tanken i takt med udjævningen af kapacitetsforskellene. For at sikre mod opblanding af lunkent vand i toppen af tanken er den forsynet med en stratificeringsstrømpe StratiFlex fra firmaet Eyecular. Dette betyder at ved opstart eller andre forhold hvor afgangstemperaturen er lavere end temperaturen i tanken vil vandet blive ledt til et lavere niveau i tanken og først til det øverste niveau når vandet er varmt nok. På denne måde er det hele tiden det varmest mulige vand der bliver pumpet til skilleveksleren og herfra til varmemeforbrugerne eller fjernvarmenettet.

Ved at undgå opblanding sikres det også at returvandet er koldest muligt frem til varmegenvindingsveksleren, hvilket har stor betydning for effektiviteten. Ved meget store (og sjældne) varmegenvindingsydelse på op imod 170 kW og dermed høje flow kan stratificeringsstrømpen ikke regulere flowet (da det er højere end det, den er designet for), men vil levere vandet i toppen af tanken. Det vil ikke være noget problem, da temperaturen i disse tilfælde altid vil være tilstrækkeligt høj.

For at få den mest nøjagtige styring af flowet, og dermed den mest nøjagtige styring af temperaturen på vandet, er pumperne forsynet med en reguleringsventil i serie med pumpen. Dette er nødvendigt fordi en reguleret pumpe, selvom den er hastighedsreguleret, kun kan reguleres ned til det halve flow for en given anlægskarakteristik. Ved at anvende en kugleventil med lineær karakteristik, beregnet til regulering, sikres der et tilstrækkeligt stort reguleringsområde, som sammen med hastighedsreguleringen af pumpen, sikrer det lavest mulige energiforbrug.

CO₂ anlæggets driftstryk justeres efter behovet for varme og pumpe 1 styrer efter at opnå den ønskede fremløbstemperatur. Hvis temperaturfølerne på tanken registrerer at tanken er fuld af varmt vand, sænkes anlægstrykket og varmegenvindingen minimeres. Hvis temperaturen når stop temperaturen stoppes varmegenvindingen helt ved at stoppe pumpe 1 og afspærre CO₂ veksleren (på CO₂ siden, ventilen er ikke vist på diagrammet). På denne måde forebygges der termiske spændinger (og dermed skader) når varmegenvindingen skal starte op igen. På forbrugssiden vil pumpe 2 og pumpe 3 køre med samme flow (men meget forskellig trykdifferens) for at tilfredsstille varmebehovet i anlægget. Det er vigtigt at temperaturdifferensen for pumperne 2 og 3 er den samme for at få den bedst mulige opvarmning og afkøling i skilleveksleren (igen af hensyn til effektiviteten). Selve veksleren er udlagt så temperaturtabet over veksleren i størstedelen af tiden er under 1 K.

Kerteminde

SuperBrugsen i Kerteminde er fra 1919 og således 100 års jubilæum i 2019. Økonomien er således at der i 2018 var en bruttofortjeneste på 27,5 mio. kr. og et resultat på 1,3 mio. kr.

Kerteminde varme A/S er en del af Kerteminde Forsyning A/S. Selskabet er etableret i 2009. Omsætningen i 2018 var på 81 mio. kr. Resultatet var 0, jf. Varmeforsyningsloven.

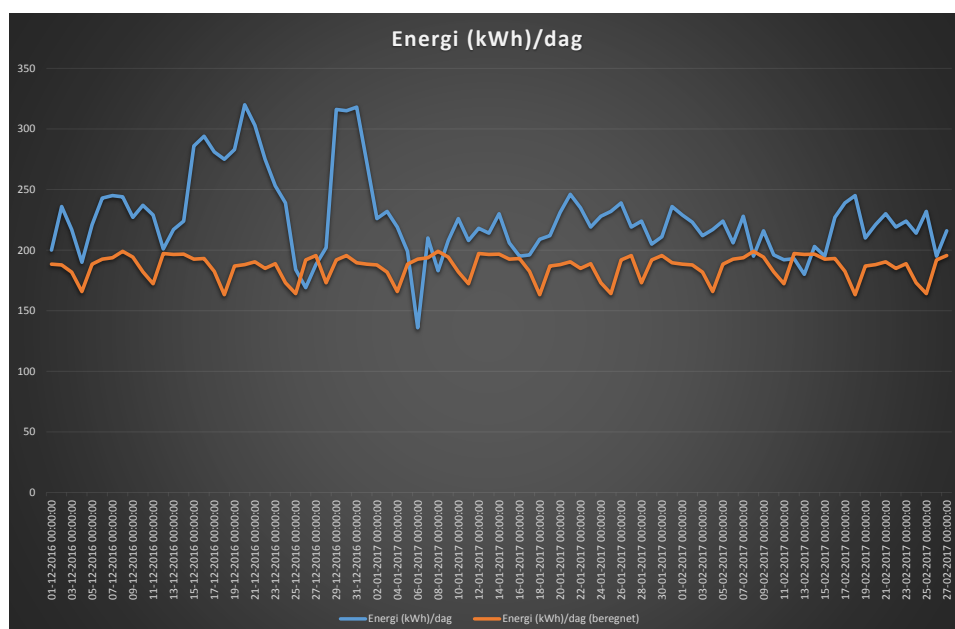


Projektanalyse

ANALYSE AF KØLESYSTEM FOR DEMONSTRATION

Foruden dataopsamling er simuleringsværktøjet, PackCalc (freeware) benyttet til simulering af driftssituationen. PackCalc er et værktøj til sammenligning af forskellige løsninger mht. kølesystemvalg, kompressorvalg med mere. Programmet var ikke oprindeligt lavet til analyse af varmegenvinding, men kan med fordel bruges. PackCalc udmærker sig ved, at beregninger og aktuelle resultater går hånd i hånd. Foruden aktuel kompressordata har PackCalc en stor vejrdatabase med time for time data for et gennemsnitsår for hundredvis af lokationer verden rundt.

Eksempel på simulering og aktuel ydelse.



Hvor den blå kurve er aktuel ydelse og den orange kurve er beregnet med PackCalc.

Kerteminde SuperBrugsen aktuelle bestyknings af kompressorer og aktuelle driftskonditioner blev benyttet som input i PackCalc.

FIGUR 51 – MODELBEREGNING AF ELFORBRUG TIL KØLING FOR SUPER BRUGSEN KERTEMINDE FRA DANFOSS

Beregningsresultater blev brugt til at estimere varmeproduktion og i sidste ende som dimensioneringsgrundlag for det valgte varmegenvindingssystem.

RESULTAT

- Besparelse på 165 MWh varme i perioden januar til oktober 2018
- Tilbagebetalingstid på ca. 2 år efter energitilskud

HVAD KOSTEDE DET

Samlet investering på 180.000 kr. plus interne timer til forhandling med fjernvarmeselskabet

HVORFOR BLEV PROJEKTET GENNEMFØRT

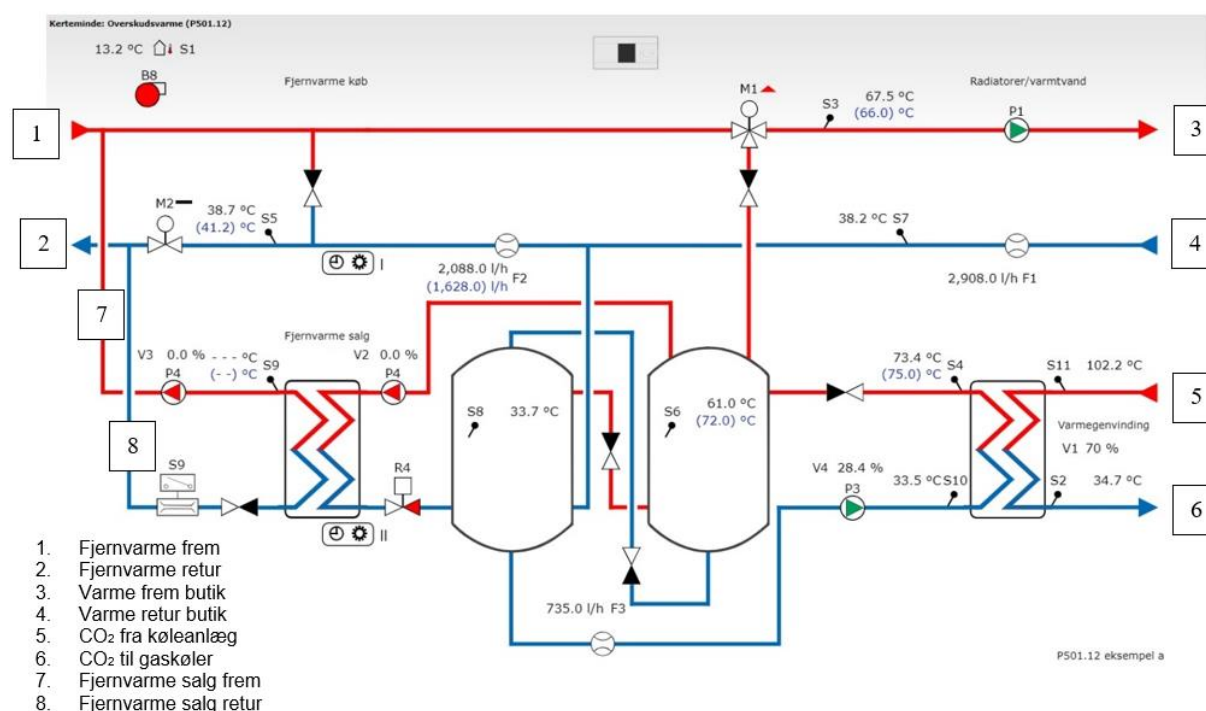
SuperBrugsen i Kerteminde har et butiksareal på 3.500 m², og butikkens køleanlæg producerer en stor mængde varme, som før installationen af varmegenvinding gik til spilde. Sammen med Danfoss installerede butikken derfor et varmegenvindingsanlæg med en estimeret besparelse på 165 MWh varme i testperioden fra januar til oktober 2018. Det svarer til mere end en halvering af varmeforbruget.

Projektet omfattede også en aftale med det lokale fjernvarmeselskab om at aftage varme i det omfang butikken ikke selv kan udnytte den.

HVORDAN BLEV PROJEKTET GREBET AN

Formålet med projektet er at udnytte varmen før gaskøleren i butikkens CO₂-køleanlæg. CO₂-køleanlæg kører med høje temperaturer på kompressorens afgangside, og derfor er det ideelt til varmegenvinding.

Varmegenvindingsanlægget kan producere varmt vand på ca. 75 °C, som enten kan anvendes direkte i butikken eller sælges til fjernvarmenettet. Anlægget kræver kun meget begrænsede installationer i forhold til det eksisterende køle- og varmeanlæg. I løsningen indgår en balancemekanisme i form af to tanke samt mulighed for tilkøb og salg af fjernvarme. Figur 52 viser opbygningen af løsningen.



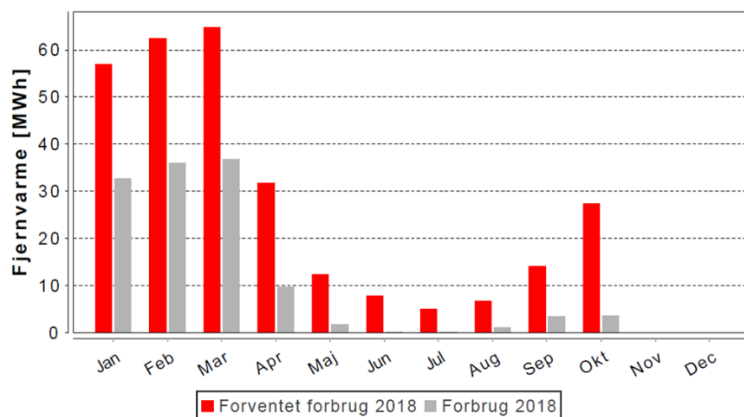
FIGUR 52 - OPBYGNING AF VARMEGENVINDINGSSYSTEMET, SUPERBRUGSEN, KERTEMINDE – FRA DANFOSS

HVILKE RESULTATER ER DER KOMMET UD AF DET

Testperioden løber fra januar 2018 til oktober 2018. Før installationen forventede butikken at skulle bruge 290 MWh varme i testperioden. Resultaterne viser nu, at den estimerede besparelse holder.

Det faktiske energiforbrug til opvarmning, købt og leveret af fjernvarmenettet, er landet på ca. 125 MWh. Det giver en besparelse på 165 MWh i testperioden, eller hvad der svarer til en reduktion på næsten 60 %.

I de varme måneder, hvor forbruget er lavt, kan SuperBrugsen ikke udnytte al varmen, og derfor sælges resten til fjernvarmenettet. I de kolde måneder dækker varmeproduktionen ikke hele butikens varmekonsum. De gældende skatteregler for varmegenvinding gør det til en dårlig forretning at indregulere køleanlægget, så der kan produceres ekstra varme i perioder. Derfor vil der være et behov for at tilkøbe varme, som skal fratrækkes produktionsbesparelsen.



FIGUR 53 - FORVENTET OG MÅLT VARMEFORBRUG I SUPERBRUGSEN, KERTEMINDE JANUAR TIL OKTOBER 2018 FRA DANFOSS.

Den samlede investering var på 180.000 kr. Hele processen tog ca. 3 måneder fra den indledende gennemgang af det eksisterende køle- og varmeanlæg til den endelige idriftsætning af varmegenvindingen. Efter energitilskud giver det en tilbagebetalingstid på ca. 2 år.

Den samlede investering dækker følgende aktiviteter:

- Gennemgang af eksisterende køle- og varmeanlæg i butikken
- Dimensionering af varmegenvindingsanlægget
- Budget, inkl. beregning af tilbagebetalingstid og energitilskud
- Installation
- Idriftsætning
- 1 års EnergyTrim abonnement, der sikrer løbende opfølgning på energibesparelse og yderligere energioptimering af anlægget. Denne aktivitet har blandt andet medført et nyt ventilationsprojekt i butikken.

Yderligere omkostninger omfatter interne timer til at få en kontrakt på plads med Kerteminde Forsyning om salgspriser for den varme, som sælges til fjernvarmenettet.

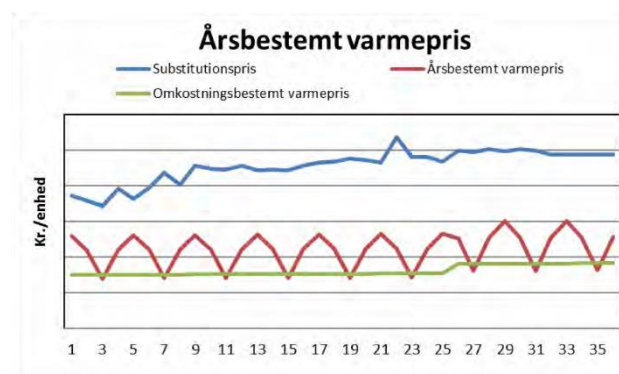
*Here følger gennemgang af performance fra
demonstrationsprojekterne*

TILLADELSER OG AFTALER

Aftaler mellem de to hovedparter

Første skridt inden der skal indgås en aftale er at supermarkedet får undersøgt, hvilken mængde varme der er tale om og fordelingen over året. Supermarkedet skal også tage stilling til om de vil bortgive varmen til 0 kr. det fjerner ikke alt papirarbejdet, men kan være en løsning, hvis mængden af varme er beskeden. Beslutes det at der skal ske levering af varme til en pris må denne fastsættes.

Dernæst kan fjernvarmeværket oplyse, hvad deres varmepris er efter priseftersvisningen (forbrugerprisen) og substitutionsprisen (hvad koster det at lave varmen på andet anlæg). Hvis supermarkedet ikke ser mulighed for at få investeringen forrentet ved disse priser, så skal der ikke laves et projekt. Er der mulighed for en netto-løsning, hvor supermarkedet leverer varme om sommeren og køber varme om vinteren, da kan en netto-ordning måske komme på tale og her vil levering af varme fungere som "fortrængning af køb" og derved er værdien (ikke prisen) på varmen lig med priseftersvisningen. Det er ikke tilladt med en brutto-ordning til forbrugerprisen. Hvis man vil være helt sikker på prisniveauet, så er det et prisniveau lig med fjernvarmeværkets substitutionspris, eller lige under den.



I figuren er en model på forskellige priser. ■ Den lave omkostningsbestemte pris kan sjældent dække supermarkedets ønske om pris til afregning.

■ Substitutionsprisen er den pris værket skal betale ved at få varmen produceret på anden enhed eller kilde. En aftalt pris på eller under substitutionsprisen kan være en fordel i forhold til Forsyningstilsynets krav. ■ Prisen kan være årstidsbestemt – sommer lav, vinter høj.

FIGUR 54 – EKSEMPEL PÅ, HVORDAN PROFILEN KAN VÆRE PÅ FØRSKELLEGE PRISMODELLER.

Derefter skal det aftales om prisen for varmen skal være den samme om sommeren som om vinteren? Substitutionsprisen kan være meget forskellig over året. Det kan betyde at aftalen skal tage højde for forskellige priser over årets måneder.

Befinder supermarkedet sig i et lille eller stort center, hvor varmen kan genbruges i nabobutikker og er det teknisk muligt for fjernvarmeselskabet.

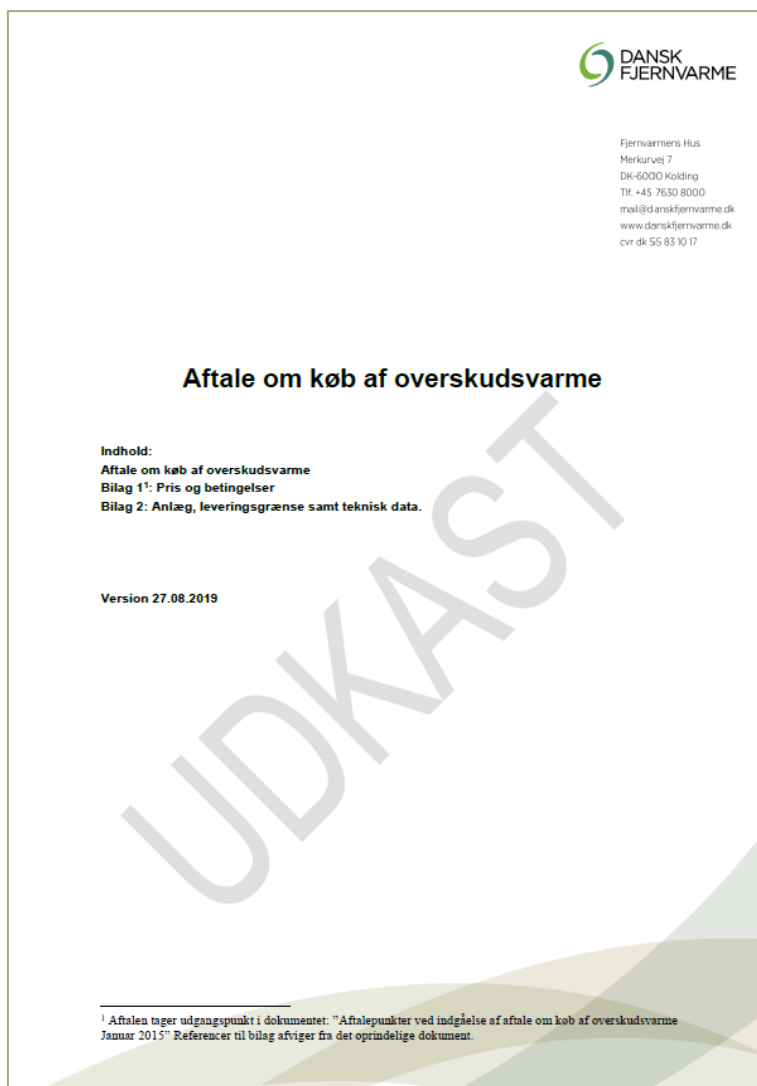
Hvem skal stå for investeringerne? Hvor meget sørger supermarkedet for og hvor meget laver fjernvarmeselskabet. Disse forhold skal drøftes og aftales inden et projekt startes op. Det er bedre at et projekt ikke bliver til noget end at afholde omkostninger og så senere måtte opgive.

Der skal undersøges, hvilke temperatur og tryk der kan leveres varme til. Der skal installeres en varmeveksler, så vandsystemerne ikke blandes. Er der plads til de tekniske installationer?

Det er under alle omstændigheder en god idé at have en rådgiver tilknyttet projektet. Men inden omkostningerne begynder at melde sig er det fornuftigt at supermarkedet og fjernvarmeselskabet tager en dialog om muligheder og forventninger inden det store projekt sættes i gang.

Afhængig af hvor stort projektet bliver kan det være nødvendigt for fjernvarmeværket at skulle søge om godkendelse af et projekt efter projektbekendtgørelsen, det gør det mere besværligt og tager ekstra tid.

Der er andet sted i kagebogen en gennemgang af det arbejde og papir, som har været nødvendigt ved gennemførte projekter.



FIGUR 55 – DANSK FJERNVARMES TEMPLATE FOR AFTALE OM LEVERING AF OVERSKUDSVARME, OGSÅ FRA SUPERMARKEDER

Dansk Fjernvarme har udarbejdet en template for en aftale angående levering af overskudsvarme.

Templaten er på bare 7 sider og søger at gøre det meget enkelt for f.eks. et supermarked og et fjernvarmeselskab at indgå en aftale. Findes i appendiks.

Der skal være stor velvilje fra begge parter for at få disse aftaler på plads, særligt risikoen for at Forsyningstilsynet eller SKAT går ind og kræver en anden økonomi er en stor usikkerhed.

For en del af de anlæg, der er etableret har man fra supermarkedet udvist velvilje og foretrukket en miljøvenlig løsning og afstået fra at få betaling for den leverede varme. Det er dog utilfredsstillende at der ikke kan laves enkle aftaler baseret på lokale vilkår.

Indførelse af en bagatelgrænse på f.eks. 250 – 500 kW i relation til om der skal ske fuld administration og fuld afgiftsbetaling vil være et godt sted at starte.

COOP og Salling Group har lige som Dansk Fjernvarme rejst sagen politisk.

Beslutningsproces hos fjernvarmeselskabet

Beslutningsproces før igangsætning af projekt ved fjernvarmeselskabet. Et fjernvarmeselskab er et hvile-i-sig-selv selskab, og driver derfor ikke en kommerciel forretning hvor der skal skabes et overskud.

Værkets beslutningsproces omkring aftag af overskudsvarme fra en dagligvarebutik tager udgangspunkt i bestemmelserne i Varmeforsyningsloven og Projektbekendtgørelsen. Det betyder, at det ikke må koste de øvrige forbrugere penge, hvis en dagligvarebutik skal afsætte varme til fjernvarmenettet.

Der er to modeller for beregning af den pris som værket kan betale for varmen. Enten er det fjernvarmeselskabets substitutionspris som er den pris som værket selv kan producere varmen til, og den anden pris er den omkostningsbestemte pris der er butikkens dokumenterede pris for produktion af varmen.

Fjernvarmeselskabet må efter reglerne i Varmeforsyningsloven kun betale den laveste af de to priser. I praksis vil det ikke betyde det helt stor for de fleste af butikkerne, idet det er forholdsvis små varme mængder der er tale om.

Fjernvarmeselskabets beslutningsproces kan i overskrifter opstilles således:

- Indledende drøftelser med supermarkedet
- Opstilling af de økonomiske rammer
- Drøftelser og tilpasning af de økonomiske rammer
- Godkendelse af rammerne ved parternes bestyrelser
- Afklaring af eventuelle myndighedsforhold
- Indgåelse af aftale om levering af varme til fjernvarmenettet – se template.

Der vil altid være en forskellighed i processen for de enkelte projekter, og der kan således let være flere punkter end de nævnte.

Supermarkedets beslutningsvej

Here følger beskrivelse af COOP beslutningsproces

Myndighedsforhold

Produktionsanlæg der tilsluttes et kollektivt forsyningsanlæg er omfattet af det regelsæt der findes i Bekendtgørelse om godkendelse af projekter for kollektive varmforsyningsanlæg, i daglig tale kaldet Projektbekendtgørelsen.

Et projektforslag skal indsendes og myndighedsbehandles af kommunen, og projektforslaget skal indeholde en kort beskrivelse af anlægget, men de centrale punkter i et projektforslag er beregninger der viser brugerøkonomi, selskabsøkonomi og samfundsøkonomi.

Der er forskellige holdninger til om anlæg af denne størrelse, der stort set alle er under 250 kW, er omfattet af Projektbekendtgørelsen.

Til de anlæg som ILK hidtil har været med til at etablere, er der ikke søgt projektgodkendelse idet opfattelsen hidtil har været, at til anlæg under 250 kW skal der ikke søges projektgodkendelse.

Efterfølgende har ILK/DFP i forbindelse med et andet projekt under 250 kW været i dialog med Energistyrelsen. I den forbindelse er det erfaret, at det kun er i de tilfælde hvor anlægget er isoleret fra andre varmeproduktionsanlæg der ikke skal søges projektgodkendelse. Når der er en fysisk forbindelse til fjernvarmenettet, og der til dette net er tilsluttet andre produktionsanlæg og disse anlæg tilsammen har en kapacitet på mere end 250 kW, er anlægget omfattet af Projektbekendtgørelsen og der skal således søges en kommunal godkendelse.

Varmeproducerende anlæg er ligeledes omfattet af Bekendtgørelse af lov om miljøvurdering af planer og programmer og af konkrete projekter (VVM).

Almindeligvis skal der for varmeproducerende anlæg laves en VVM-screening, men det bør i hvert enkelt tilfælde aftales med den lokale myndighed.

ØKONOMI

Før det er muligt at etablere et anlæg, hvor varmen fra supermarkedet kommer til genbrug hos fjernvarmeselskabet skal der være en fornuftig økonomi for begge parter.

Investeringer for fjernvarmeværket

Ved levering af overskudsvarme fra en dagligvarebutik, vil der være to scenarier. SCENARIO 1 beskriver investeringer ved en dagligvarebutik der allerede er tilsluttet fjernvarme, og SCENARIO 2 beskriver investeringer ved en butik hvor der skal etableres nyt fjernvarmestik.

SCENARIO 1

Butikker er allerede tilsluttet fjernvarme, og der er ført fjernvarmestik ind i huset. Størrelsen på det eksisterende stik kan almindeligvis håndtere både den energimængde som butikken skal købe, og den energimængde som butikken skal sælge.

De eksisterende hovedhaner, der er entreprisegrænse mellem forsyningsselskabet og forbrugeren, kan bevares. Den eneste nye fjernvarmeinstallation der skal til i forbindelse med start på varmesalg er etablering af en ekstra måler, der registrerer den energimængde butikken leverer ud på fjernvarmenettet. Måleren og dermed omkostningen til denne leveres af fjernvarmeværket, men monteres af VVS-installatøren.

SCENARIO 2

Butikker der ikke er tilsluttet fjernvarme skal have etableret et nyt stik. Denne situation vil optræde hvor der etableres en ny butik eller hvor en eksisterende butik konverterer fra en anden type brændsel til fjernvarme.

Det nye stik dimensioneres efter butikkens kommende energiforbrug og spidslasteffekt. Når stikket dimensioneres efter disse forudsætninger, vil det også kunne håndtere den energimængde som butikken skal sælge.

Fjernvarmeværkets omkostninger vil i dette scenarie udgøre omkostningen til etablering af stik inklusiv 2 hovedhaner, samt levering af 2 målere.

Entreprisegrænsen for varmeværket slutter efter hovedhanerne, og VVS-installatøren monterer de 2 leverede målere.

Regneark til analyse forud for projektet

Regnearket er et eksempel på hvorledes en økonomiopstilling kan se ud, når der skal foretages en vurdering af økonomien ved udnyttelse af overskudsvarme fra en dagligvarebutik.

Økonomiopstillingen danner grundlag for den videre forhandling mellem værket og butikken, og er således en del af beslutningsgrundlaget for at gå videre med projektet.

Forudsætninger		Alle priser er ekskl. moms.											
Kunde	Super-Brugsen XX-købing												
Fjernvarmeværk	XX-købing Varmeværk											87.010	kr.
Årsforbrug fjernvarme	-	MWh										190.000	kr.
Installeret kondensatorydelse max		kW										-	kr.
Forventet dækning af eget varmeforbrug internt	65%											33%	
Forventet installeret varmeveksler		kW										1,8%	
Forventet årlig overskudsvarmeproduktion	249	MWh										350	kr/MWh
Forventet dækning af internt varmeforbrug og varmt vand	95	MWh										200	kr/MWh
Forventet årlig driftstid med max levering	2.160	timer										300	kr/MWh
Variabler:													
	år	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	
Fjernvarme købspris	kr./MWh	300	305	311	316	322	328	334	340	346	352	359	
Overskudsvarme salgspris	kr./MWh	200	204	204	207	211	215	219	223	227	231	235	
Forventet køb af fjernvarme ved 100% fjernvarme	kr.		72.380	73.683	75.009	76.359	77.734	79.133	80.557	82.007	83.483	84.986	
Algift til staten for nyttiggjort overskudsvarme internt	kr./MWh	221,8	225,7	229,8	233,9	238,1	242,4	246,8	251,2	255,7	260,3	265,0	
Besparelse i vinterhalvåret på internt varmeforbrug	kr./MWh	78	80	81	83	84	86	87	89	90	92	94	
Besparelse i sommerhalvåret på internt varmeforbrug	kr./MWh	300	305	311	316	322	328	334	340	346	352	359	
Driftsregskab med de givne forudsætninger:													
Værdi af egenproduktion	kr.	28.500	29.013	29.535	30.067	30.608	31.159	31.720	32.291	32.872	33.464	34.066	
Salg af overskudsvarme	kr.	30.800	31.354	31.354	31.919	32.493	33.078	33.674	34.280	34.897	35.525	36.164	
Algift til staten på salg af overskudsvarme	kr.	-10.164	-10.347	-10.347	-10.533	-10.723	-10.916	-11.112	-11.312	-11.516	-11.723	-11.934	
Algift til staten på internt varmeforbrug	kr.	-10.534	-10.722	-10.915	-11.111	-11.311	-11.515	-11.722	-11.933	-12.148	-12.366	-12.589	
Driftudgift på produktionsanlæg	kr.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Samlet årlig indtjening/Super-Brugsen	kr.	38.602	39.299	39.628	40.341	41.067	41.807	42.559	43.325	44.105	44.899	45.707	
Akkumuleret indtjening over en 10 års periode	kr.	38.602	77.901	117.529	157.870	198.938	240.745	283.304	326.629	370.734	415.633	461.340	
Forudsat fordeling af varmeproduktionen fra veksleren													
Fordeling af produktionen i MWh i de efterfølgende år med egenproduktion hele året ind på fjernvarmenettet	Nuværende fjernvarme-forbrug MWh	Forventet produktion af overskuds-varme MWh	Forventet levering til fjernvarme-værk MWh	Dækning af eget forbrug via overskuds-varme MWh	Dækning af eget forbrug i vintermåne dervia overskuds-varme MWh	Fremtidigt køb af fjernvarme							
	237	249	154	95	48	142							
Budget	skitseprojekt	Tilbud	Projektets simple tilbagebetalingstid (investering fratrukket tilskud divideret med værdien af første års energibesparelse).										
Veksler	-												
Etablering af anlæg VVS	70.000,00							kr.	102.990				
Effortrædning	50.000,00												
Programering PLC og indkøring ILK	30.000,00												
Uforudsete udgifter													
Anslået projektering DFP													
Projektsøgning anslået	40.000,00												
I alt	190.000,00												
Indtægt ved salg af energibesparelse	-87.010,00												
Rest anlægssum	102.990												

FIGUR 56 – REGNEARK TIL BEREGNING AF OMKOSTNINGER VED TILSLUTNING AF SUPERMARKED TIL FJERNVARMENETTET

I opstillingen indtastes kendte værdier omkring varmeforbrug, varmesalg, anlægsinvesteringer m.v., og arket beregner herefter det årlige og akkumulerede overskud samt den simple tilbagebetalingstid beregnet som anlægsinvesteringen divideret med første års besparelse.

RAMMEVILKÅR

Rammevilkår er lovgivning, der regulerer området. Fjernvarmeselskaber er reguleret af Varmeforsyningsloven og en række bekendtgørelser. Således reguleres fjernvarmeselskabernes investeringer gennem en særlig Projektbekendtgørelse og beregningsforudsætninger udmeldes fra Energistyrelsen. Rammevilkår er også Overskudsvarmelovgivningen, elvarmeafgift, PSO tariffer, eltariffer, afgifter på andre brændsler (f.eks. gas og olie). Dertil kommer de konflikter, som kan opstå når supermarkedet er reguleret af Årsregnskabsloven, mens varmekædet reguleres af varmforsyningsloven.

For at det skal lykkes at indgå aftaler mellem et supermarked skal der være rammevilkår, som gerne fremmer, men i det mindste ikke spænder ben for aftalerne. Derudover skal der være forholdsmæssighed i reglernes anvendelse. Regler, der kan være fornuftige for et 240 MW varmeanlæg giver ikke nødvendigvis fornuft for et lille 240 kW anlæg. Særligt i relation til rapporteringer, anmeldelser og andet bureaukrati burde der være en bagatelgrænse. Grænsen kan f.eks. være 250 – 500 kW termisk.

250 kW er ikke et tilfældigt tal men er fra Varmeforsyningslovens LBK nr. 64 af 21/01/2019 § 2 stk. 2.

§ 2. Ved kollektive varmforsyningsanlæg forstås virksomhed, der driver følgende anlæg med det formål at levere energi til bygningers opvarmning og forsyning med varmt vand, jf. dog stk. 2.

Stk. 2. Kollektive varmforsyningsanlæg som nævnt i stk. 1 omfatter ikke anlæg til produktion af opvarmet vand, damp eller gas, der har en varmekapacitet på under 0,25 MW, eller anlæg til fremføring af opvarmet vand, damp eller gas, hvor de produktionsanlæg, der leverer til anlægget, sammenlagt har en varmekapacitet på under 0,25 MW.

Energistyrelsen og Ministeren kan med en ny fortolkning af §2 stk. 2 sikre, at små anlæg f.eks. i supermarkeder for levering af varme til kollektive varmforsyningsanlæg ikke er omfattet af loven og dermed kan slippe for alle lovens administrative regler, og udstede ny bekendtgørelse.

Den 14. december 2018 har COOP fået svar fra daværende Minister om, at han ikke mener gældende regler giver hjemmel til en ny fortolkning af 250 kW bestemmelsen, da bestemmelsen begrænses til kollektive forsyningsanlæg – og det er et supermarked jo ikke. Uanset om det er i en bekendtgørelse, eller i selve varmforsyningsloven der skal foretages en ændring, så må det være muligt, hvis viljen er til stede. Varmeforsyningsloven er årligt til justering, så ændringen kan tages med ved førstkomende revision og dermed indføre en bagatelgrænse på 250 – 500 kW termisk effekt.

Vilkår for virksomhederne – supermarkederne

COOP har i deres arbejde med etablering af anlæg for genanvendelse af varme gjort en række iagttagelser, som vil påvirke driften af anlæg.

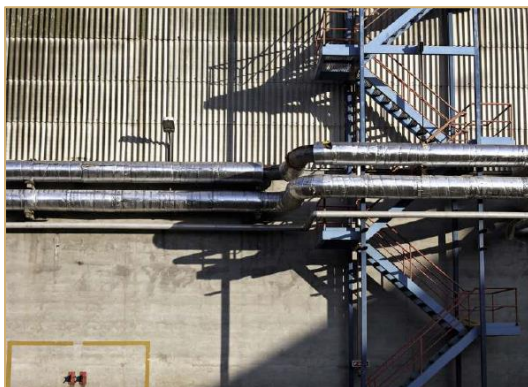
- Varmeinstallationen afkøler for dårligt. Særligt når varmen anvendes til rumopvarmning i supermarkedet kan det være vanskeligt at opnå tilstrækkelig afkøling af returvandet. Men også i relation til levering til fjernvarmesystemet skal der være opmærksomhed på at opnå god afkøling, ellers vil anlæggets drift være mindre effektivt.
- For mange start/stop på køleanlægget forstyrrer og foringer varmeproduktionen. Her er der behov for opmærksomhed på optimering af styringsstrategien og programmeringen af styringsanlæg.
- Meget opmærksomhed på at vekslerne på køleanlæggene skal være dimensioneret korrekt.
- Behov for at der f.eks. via Teknologisk Institut sker opsamling af driftserfaringer og sker vidensdeling.

De to største inden for dagligvarehandel, og dermed supermarkeder, Salling Group og COOP har i april 2019 rettet henvendelse til Ministeren med følgende budskaber.

At der i lovgivningen indføres en generel bagatelgrænse på mindst 250 – 500 kW termisk effekt for at fritage små køleanlæg. Og at der sker vedtagelse af Skatteministeriets model fra september 2018 med en COP faktor på over 3.

”Desuden er aftalepartierne enige om, at den afgiftsmæssige fordeling af el til varme og el til køling for maskiner, der samtidig køler og varmer, fordeles mere hensigtsmæssigt. Det vil give større klarhed om afgiftsbetalingen for særligt varme produceret ifm. supermarkeders kølediske mv. Det forventes, at det for langt størstedelen af anlæg vil medføre, at der ikke vil skulle betales overskudsvarmeafgift.”

Der er både i politiske aftaler og politiske udmeldinger stor velvilje til at få rammevilkårene tilpasset så grøn omstilling, energibesparelser, genbrug af varme, omstilling til brændselsfri varme, lokale energiløsninger og fravalg af fossile brændsler kan gennemføres. Megen lovgivning er fra en anden tid. Og særligt er der altid bekymring for om Statskassen fortsat kan have indtægter fra afgifter på brændsler. Derfor er der fortsat udfordringer med rammevilkårene.



December 2018

Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet

► Samme regler for nye og gamle anlæg, hvilket vil blive en skærpelse for gamle anlæg. ► Gennemsnit for betalt afgift ændres fra ca. 36 kr./GJ til 22,5 kr./GJ. ► Afskaffelse af mulighed for vederlagsregel [33 %] for eksterne overskudsvarme, hvilket vil blive en skærpelse for de billige og en lempelse for de dyre. ► Nedsættelse af satsen for ekstern overskudsvarme til 2,5 kr./GJ, hvis prisregulering. Afgift på 52 kr./GJ, hvis ikke særlig prisregulering. ► Prisregulering af ekstern overskudsvarme; lempelse i forhold til opfattelsen;

lempelse i forhold til faktisk afregning. ► Et kraftvarmeanlæg bør betale det samme uanset ejer.

► Køle/varme anlæg. Objektive regler, f.eks. el til varmesats hvor varmen delt med faktor 3 og resten afregnes som el til procesvarme.

Desuden blev påpeget at afskaffelsen af PSO tariffen og nedsættelse af elvarme afgiften i 2021 vil være en generel fordel for mange projekter med lavtemperatur overskudsvarme, da der er behov for en eldreven varmepumpe med forbedret driftsøkonomi.

Politisk aftale om overskudsvarmeafgiften

Folketingets partier indgik i marts 2019 en politisk aftale om ændringer i overskudsvarmeafgiften. Se link. www.skm.dk/media/1869379/Aftaletekst-fremme-af-overskudsvarme.pdf

Aftale om øget udnyttelse af overskudsvarme

Regeringen (Venstre, Liberal Alliance og Det Konservative Folkeparti) samt Dansk Folkeparti, Socialdemokratiet, Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti, Enhedslisten og Alternativet er enige om at omlægge reglerne for overskudsvarme.

PSO-afgiften er afskaffet, og elvarmeafgiften er lempet både i forbindelse med Erhvervs- og Iværksætteraftalen fra efteråret 2017 og i forbindelse med Energifafore fra juni 2018. Samlet set giver disse tiltag et væsentligt bidrag til fremme af eldrevne varmepumper, herunder til udnyttelse af overskudsvarme.

Med Energifafore af 29. juni 2018 blev det desuden aftalt at afsætte 100 mio. kr. årligt fra 2020 (2018-niveau), som skal bidrage til at fremme udnyttelsen af overskudsvarme yderligere. På baggrund heraf er aftalepartierne enige om følgende initiativer, som vil øge udnyttelsen af overskudsvarme.

Med aftalen øges den forventede udnyttelse af overskudsvarmen med ca. 35 pct. i forhold til i dag. Aftalen indebærer desuden væsentlige forenklinger og lempelser.

Omlæggelse af afgiftssatsen for overskudsvarme

De nugældende regler for overskudsvarme giver anledning til usikkerhed i relation til, hvilke omkostninger, der skal medregnes i vederlagsreglen. Usikkerheder knyttet til vederlagets størrelse, og dermed overskudsvarmeafgiften, gør afgiften vanskelig at administrere og giver usikre rammevilkår i forhold til at investere i udnyttelsen af overskudsvarme.

Aftalepartierne er på den baggrund enige om, at værdiafgiften på 33 pct. knyttet til vederlaget afskaffes. Aftalepartierne ønsker at forenkle reglerne for overskudsvarme, så de bedre kan administreres og kontrolleres. Afgiften omlægges i stedet til en fast afgift pr. GJ, hvilket reducerer usikkerhed om afgiftens størrelse.

Aftalepartierne er således enige om en afgift på 25 kr./GJ (2018-priser) for både ekstern og intern overskudsvarme.

Med initiativet reduceres overskudsvarmeafgiften for intern overskudsvarme i gennemsnit fra 35 kr./GJ til 25 kr./GJ (2018-priser).

Aftalepartierne er desuden enige om, at der skal være en afgift på 10 kr./GJ (2018-priser) for ekstern certificeret overskudsvarme, såfremt virksomheden vælger at indgå i en aftaleordning i form af certificering af virksomhedens energiledelsessystem.

En aftaleordning inkl. en lempet overskudsvarmeafgift vil gøre overskudsvarme mere konkurrencedygtig, hvilket kan fremme udnyttelsen af overskudsvarme. Desuden kan en aftaleordning reducere energiforbruget ved, at virksomheden forpligter sig til, at:

- Implementere og vedligeholde et energiledelsessystem efter den internationale standard ISO 50001.
- Virksomhedens energiledelsessystem skal certificeres af et uafhængigt, eksternt certificeringsorgan.
- Virksomheden skal som led i ISO 50001 foretage årlige energigennemgange af virksomhedens energiforbrugende anlæg med henblik på løbende at identificere energieffektiviseringsprojekter.
- Gennemførelse af et antal særlige undersøgelser af virksomhedens samlede energiforhold for at identificere yderligere potentiale for energieffektiviseringsinitiativer. Disse skal som minimum dække overskudsvarmeproducerende processer.

For etablering af varmegenvindingsanlæg i supermarkeder til fjernvarme er der nogle nøglepunkter.

► Der afsættes 100 mio. kr. årligt fra 2020 til fremme udnyttelsen af overskudsvarme.

► Aftalen har som mål at øge udnyttelsen af overskudsvarme med ca. 35 % i forhold til 2018. ► Værdiafgiften på 33 % afskaffes.

► Energifaforen (kr./GJ) sænkes til 25 kr./GJ for både ekstern og intern overskudsvarme. ► Afgiften kan sænkes yderligere til 10 kr./GJ hvis anlæg certificeres (ISO 50001) og virksomheden foretager energieffektiviseringer med under 5 år tilbagebetalingstid.

► For eksisterende anlæg fra før 1995 gives 15 år overgangsperiode.

► Overskudsvarmeregler kan ikke anvendes ved egentlig varmeproduktion f.eks. fra kraftvarmeanlæg. ► Hvis overskudsvarme foræres bort kan afgiftspligten overgå til varmeselskabet. ► Reglerne skal træde i kraft i 2020. ► Det skal afklares, hvordan reglerne hænger sammen med ordningen for energisyn. ► Endelige prisregulering skal først aftales med lovgivningen. ► Faktor 3 virkningsgrad for varmepumper skal evalueres i efteråret 2019. ► En bagatelgrænse skal først aftales senere.

Set fra perspektivet for supermarkeder og varmeganvendelse er der et centralt afsnit i den politiske aftale, som bør iagttages.

”Desuden er aftalepartierne enige om, at den afgiftsmæssige fordeling af el til varme og el til

køling for maskiner, der samtidig køler og varmer, fordeles mere hensigtsmæssigt. Det vil give større klarhed om afgiftsbetalingen for særligt varme produceret ifm. supermarketers kølediske mv. Det forventes, at det for langt størstedelen af anlæg vil medføre, at der ikke vil skulle betales overskudsvarmeafgift.”

Lovforslaget om overskudsvarmeafgift – i høring

Der er i oktober 2019 et lovforslag i høring fra Skatteministeriet til opfyldelse af den politiske aftale. I henhold til Regeringens Lovprogram fra primo oktober 2019 fremgår følgende.



”Ændring af lov om afgift af elektricitet, lov om afgift af naturgas og bygas m.v., lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v. og lov om energiafgift af mineralolieprodukter m.v. (Omlægning af beskatningen af overskudsvarme m.v.) (Nov. II)

Formålet med lovforslaget er at omlægge reglerne for beskatning af overskudsvarme, så udnyttelsen af overskudsvarme øges. Lovforslaget udmønter dele af aftalen om øget udnyttelse af overskudsvarme mellem alle Folketingets partier fra marts 2019”.

Lovforslag vil efter høring skulle fremlægges i Folketinget i slutningen af november 2019. Der er mange ændringer, men set i forhold til supermarkeder og genvinding af varme, så er den politiske aftale om forbedring af vilkår ikke opfyldt endnu. Løfterne i den politiske aftale om at en række emner skulle afklares nærmere i efteråret 2019 er ikke sket endnu og har derfor ikke fundet vej til lovforslaget. Det gælder bl.a. bagatelgrænsen på 250 – 500 kW og varmepumpernes virkningsgrad på faktor >3.

Dansk Fjernvarme og mange andre har leveret høringsbidrag til lovforslaget. Se bl.a. link www.danskfjernvarme.dk/vi-mener/hoeringssvar/191014-oml%C3%A6gning-af-beskatning-af-overskudsvarme Lovforslaget skal ændres på en lang række punkter før der kan forventes vækst i nye projekter for genanvendelse af overskudsvarme. Det gælder i særlig grad forslaget til afgift, og fjernelse af mulighed for at varme kan leveres vederlagsfrit – nu skal alt beskattes.

Skatter og afgifter

Den 8. oktober 2019 har BDO på konference i Fjernvarmens Hus fremlagt en fin analyse af overskudsvarmespørgsmålet. Bemærk, at indtil der indføres en bagatelgrænse på f.eks. 250 – 500 kW elvarmekapacitet vil supermarkedsprojekter også blive omfattet. Det skal derudover bemærkes, at de fremadrettede satser er ud fra Skatteministeriets lovforslag i høring oktober 2019.

Overskudsvarme	I dag (2019)	Forslag
Overskudsvarmeafgift	51,6 kr./GJ	25 kr./GJ
Overskudsvarmeafgift med særlig satser, hvis varmekilden er CHP	43,0 kr./GJ	25 kr./GJ
Intern brug sommerhalvåret	0 kr./GJ	25 kr./GJ
Gamle anlæg med dispensation 1995 (afgift om 15 år)	0 kr./GJ	25 kr./GJ
Øvrige anlæg – energiafgift	51,6 kr./GJ	25 kr./GJ
Øvrige anlæg – værdiafgift maksimalt	33 %	-
Varme fra ISO certificerede anlæg	-	10 kr./GJ

TABEL 8 – ÆNDRINGER I OVERSKUDSVARMEAFGIFTEN UD FRA LOVFORSLAG OKTOBER 2019 TAK TIL BDO

Fra lovforslaget er der følgende opmærksomhedspunkter. ► 15-års reglen for gamle anlæg er en overgangsbestemmelse, der giver anlæg fra 1995 mulighed for fritagelse fra de nye afgifter i en periode. ► Aftaler om levering af overskudsvarme skal være igangsat inden 31. december 2019. ► Mængden af varme (GJ) skal være fastlåst ud fra en basisperiode. ► Basisperioden er 1. januar 2019 til 30. juni 2019, eller 1. juli 2019 til 31. december 2019.

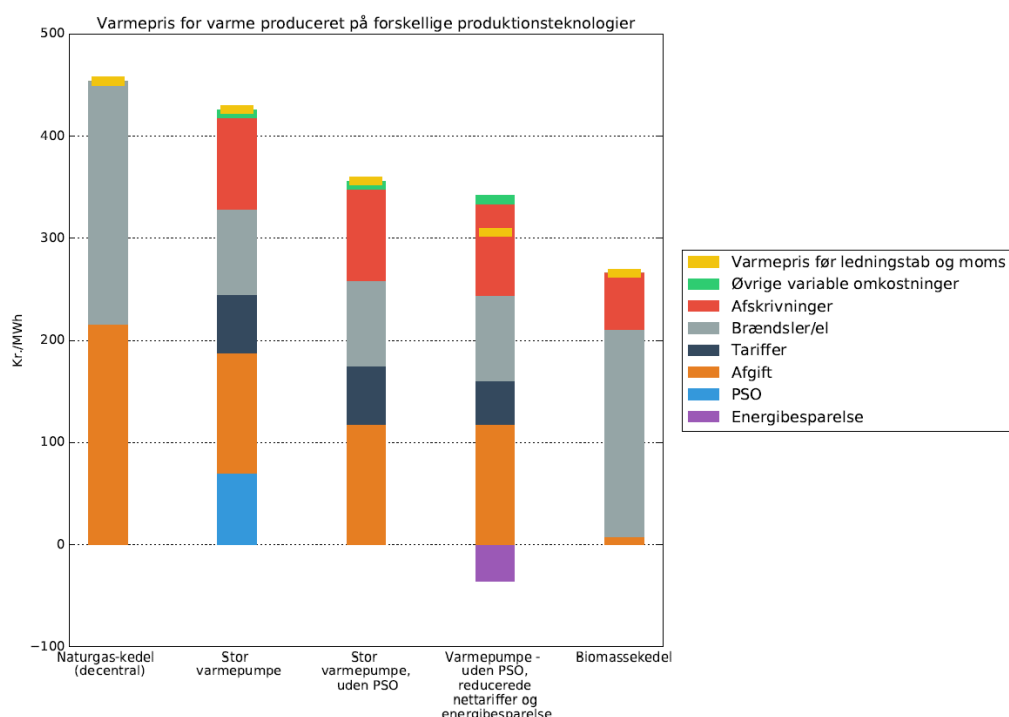
► Virksomhederne skal kunne dokumentere deres betaling af afgiften, ud fra en gennemsnitlig varmelivering (GJ). ► Virksomheden skal anmelde, hvilken afgiftsmetode de påtænker senest 31. december 2020, og vil gælde for hele kalenderåret.

► Forsyningselskabet (fjernvarmeselskabet) kan påtage sig at afregne overskudsvarmeafgiften i stedet for virksomheden, hvis der mellem parterne er en aftale om, at leverancen udelukkende består af overskudsvarme, at varmen leveres vederlagsfrit og at fjernvarmeselskabet i stedet indbetaler og indberetter overskudsvarmeafgiften.

► Der indføres en registreringspligt hos Skattestyrelsen og der er regnskabspligt. Hvis der mangler måling af mængden af overskudsvarme og måling af den primære varmeproduktion, da vil konsekvensen blive at den samlede varmeproduktion beskattes som rumvarme.

PSO og Elvarmeafgiften

Siden 2004 er der blevet betalt en særlig PSO tarif (Public Service Obligation) af alt elforbrug, altså en kWh tarif. Det har været en særlig dansk ordning og derfor udsat for kritik fra virksomheder i konkurrence med udenlandske firmaer, der ikke betaler PSO. Penge er gået til bl.a. at støtte afregningen af vedvarende energi, udligning af nettab som følge af vindkraft, grundbeløb for kraftvarmeverker for at være til rådighed i elsystemet og en række andre forhold for elsystemet. Da PSO var på sit højeste blev der opkrævet 16-17 øre/kWh. I 2016 var belastningen faldet til 7 øre/kWh, eller ca. 17 % af prisen på el til f.eks. varmepumpeformål. Nu er ordningen ophævet, og de fortsatte støtteelementer er overført til Finansloven. Fra 2021 er PSO helt væk for alt elforbrug. I maj 2016 analyserede Grøn Energi, hvilken betydning de forskellige afgifter og PSO have på driftsøkonomien for varmepumper.



FIGUR 57 - VAMEPRISEN INKLUSIV AFSKRIVNINGER FOR VARME PRODUCERET PÅ EN VARMEPUMPE NUVÆRENDE AFGIFTER OG TARIER SOM FØLGE AF GRØN ENERGI'S FORSLAG TIL ÆNDRERE AFGIFTER OG TARIER, NATURGASKEDEL OG BIOMASSEKEDEL TIL SAMMENLIGNING

PSO tariffen var med til begrænse udbredelsen af eldrevne varmepumper, da de var mindre konkurrencedygtige med gas- eller biokedler. PSO tariffen justeres kvartalsvis. I 2019 var PSO sat til 4,0 øre/kWh, men er endt på 0,0 øre/kWh som følge af mindre vindkraft. PSO tariffen afskaffes helt fra 2021, hvilket er en fordel for alle typer elforbrug, både til køleanlæg og evt. varmepumpe til genbrug af overskudsvarme med lavere temperatur end kravet for fjernvarmelevering.

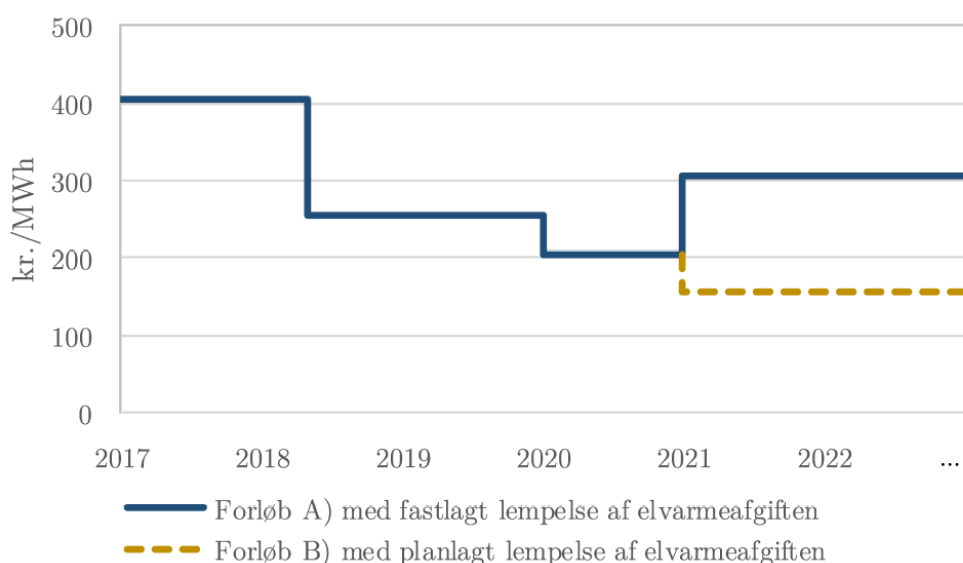
ELVARMEAFGIFTEN

Elvarmeafgiften skal ikke sammenblandes med den almindelige elafgift på forbrug af elektricitet. Der er tale om en lavere elafgift for el til varmemål. For private individuelle kunder er der også adgang til den lavere elafgift, hvis der f.eks. er elvarme eller en varmepumpe. Da beregnes den lavere afgift af elforbrug over 4.000 kWh/år. For erhverv gælder andre regler. Industrier og andre med processer der kræver elforsyning er elafgiften på 0,4 øre/kWh. Derimod er el til f.eks. kontorhold og andet med en højere elafgift. Og endelig er der elvarmeafgiften for el anvendt til varmemål, herunder også på fjernvarmeværker med varmepumper. Nogle fjernvarmeselskaber har også kraftvarmeanlæg, og her gælder en særlig elafgift efter elpatronloven. Samlet oversigt er herunder efter energiaftalen juni 2018.

Elafgifter og PSO	2019 – øre/kWh	2021 – øre/kWh
PSO tarif – justeres kvartalsvis	0,0	0,0
Almindelig elafgift	88,4	84,4
Afgiftsrefusion momsregistrerede	-62,5	-58,5
El til rumopvarmning	25,9	15,5
El til proces	0,4	0,4
El til liberale erhverv	88,4	0,4
El til elpatroner (kraftvarme)	21,9	22,5

TABEL 9 – OVERSIGT OVER FORSKELLIGE ELAFGIFTER I 2019 OG 2021 I HENHOLD TIL ENERGIAFTALEN JUNI 2018

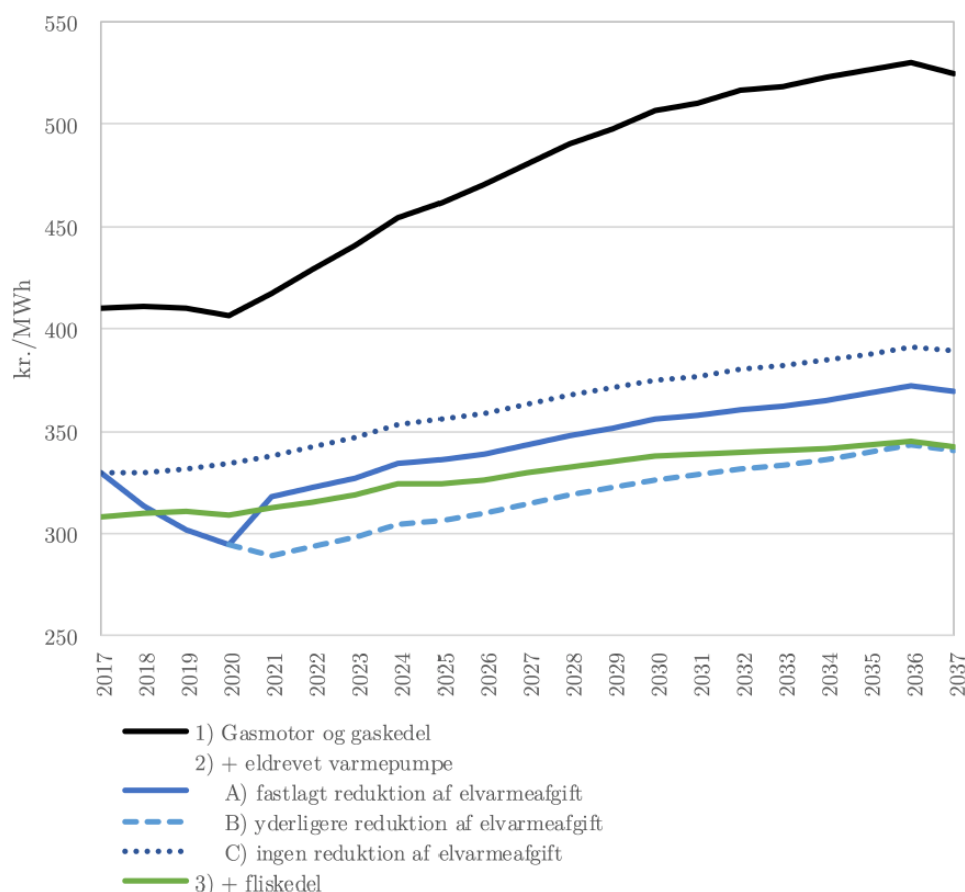
I marts 2018 udgav Grøn Energi en analyse af virkningerne ved at sænke elvarmeafgiften. Den planlagte varige lempelse i 2021 og fremefter, hvor elvarmeafgiften efter politisk ønske sænkes til 15,5 øre/kWh, er nødvendig for at gøre elvarmepumpen konkurrencedygtig over for biomassekedler i fremtiden.



FIGUR 58 – ELVARMEAFGIFT FRA 2017 OG FREM I KR./MWH. FIGUREN VISER DE PLANLAGTE REDUKTIONER (BLÅ, FORLØB A) OG DEN YDERLIGERE REDUKTION FRA 2021 (STIPELET GUL, FORLØB B). FORLØB B ER VEDTAGET FRA 2021.

Derefter har grøn Energi i analysen set på, hvorledes den resulterende varmepris bliver fra forskellige teknologier, som kr./MWh varme. Det skal bemærkes, at den permanente sænkning af elvarmeafgiften til 15,5 øre/kWh fra 2021 (blå stiplede) er forudsætningen for at eldrevne varmepumper er konkurrencedygtige med biomassekedler.

Anvendelse af gas til kedler er et relativt dyrt brændsel og med en afgift til staten på 222,5 øre/Nm³, CO₂ afgift på 39 øre/Nm³, og NO_x afgift på 0,8 øre/Nm³. Sammenlagt 262,9 øre/Nm³.



FIGUR 59 - VARMEPRODUKTIONSPRISER FOR SCENARIER I PERIDEN 2017 TIL 2037

For projekter angående varmegenvinding i supermarkeder og for levering til fjernvarmesystemet er det klart positivt at PSO tariffen er væk og elafgifterne sænkes. Det havner både økonomien i køleudstyret hos supermarkederne og driften af eventuelle varmepumper ud mod fjernvarmenettet.

Der er dog stadig udfordringer ved overskudsvarmeafgiften og 'faktor 3 modellen'.

FAKTOR 3 MODELLEN OG FORSLAG TIL OVERSKUDSVARMELOVEN

I 2019 henregnes elafgiften ved en varmepumpe til varmepumpens hovedformål. For mange overskudsvarmeprojekter er varmepumpens hovedformål at levere køling til en virksomheds processer, hvilket medfører en procesgodtgørelse af elafgiften til 0,4 øre/kWh.

I lovforslaget lægges der op til, at ved anlæg (varmepumper), der både varmer og køler, skal andelen af elektricitetsforbruget, der anvendes til opvarmning, beregnes som en tredjedel af den producerede mængde varme, dog højst det faktiske målte elforbrug, mens det resterende elektricitetsforbrug henregnes til køling.

Det vil sige, at en varmepumpe med en COP på 3, der med 1 MWh elektricitet producerer 3 MWh varme, vil andelen af el, der skal henregnes til opvarmning, udgøre 100 % ($(3/3) \times 100$). Det betyder, at der skal betales elvarmeafgift (25,9 øre/kWh) af 100 % af varmepumpens elforbrug.

Ved en varmepumpe med en COP-værdi på 3,5 vil andelen af el opvarmning være $((3,5/3) \times 100) = 134$ %. Pga. af maksgrænsen på det faktisk målte elforbrug vil elforbruget, der skal henregnes til opvarmning være 100 %.

Ved en varmepumpe med en COP-værdi på 2,5 vil andelen af el til opvarmning være $((2,5/3) \times 100) = 83$ %. 17 % vil således skulle henregnes til køling.

Da langt de fleste kommende overskudsvarmeprojekter vil være baseret på en varme-pumpe med en COP-værdi på over 3, betyder lovforslagets fordeling af elafgiften, at der vil være en øget udgift i forbindelse med proceskøling, hvor man efterfølgende udnytter overskudsvarmen. Fordelingen skal dog ses i forlængelse af den faldende elafgift, der falder til 15,5 øre/kWh i 2021.

Men dette punkt vil medføre en stigning omkostningerne fra 0,4 øre/kWh til 15,5 øre/kWh, for projekter, hvor hovedformålet egentlig er proceskøling, hvilket vil forringe økonomien væsentlig i flere overskudsvarmeprojekter. Men lovforslaget sendt i høring til fordeling af elafgiften vil betyde følgende;

- For en stor del af kølingsprojekterne, hvor man samtidig med en varmepumpe udnytter varmen, vil varmepumpen have en COP på 3 eller mere. Dermed vil varmesiden (fjernvarmebrugere) alene betale den høje elafgift, selvom hovedproduktet egentlig er køling til proces.
- Lovforslagets fordeling af elafgiften støtter ikke en større energieffektivitet i varmepumperne i form af bedre udnyttelse af overskudsvarmen via en højere COP-faktor.
- Der vil blive dårlige økonomi i at forsøge at udnytte overskudsvarme, hvor overskudsvarmen ikke har høje temperaturer, da disse projekter vil kræve en varmepumpe med en høj COP-faktor.

Dansk Fjernvarme vil derfor i stedet foreslå en anden fordeling af elafgiften mellem køling og varme, som er med til at tilskynde projekterne til at bruge en varmepumpe med en så høj COP-faktor som mulig. Se beregningseksempler i appendiks.

HVORFOR BETALE OVERSKUDSVARMEAFGIFT?

Overskudsvarmeafgiften er en afledt konsekvens af at der er afgifter på forskellige brændsler, og at der er forskellige principper for afgiftsberegning og fradrag i afgiftsbetalingerne. Eksempelvis er der ikke afgift på brændsler til elproduktion, da afgiften betales efter slutforbruget af elektricitet. Afgiften på fjernvarme er derimod lagt på de brændsler, som medgår. I mange år har der været samproduktion af el og varme på et kraftvarmeværk.

Anvendes der f.eks. naturgas til et kraftvarmeværk, så vil et motoranlæg drive en generator og producere el, mens fjernvarmen kommer fra den varme røggas. Hvor meget af naturgassen er da gået til el henholdsvis fjernvarme? Gas til el skal der ikke være afgift på, da afgiften opkræves ude hos forbrugeren, gas til fjernvarme skal derimod betales af den medgået gas. Disse forhold har medført mange specielle måle, opgørelses og afregningsregler. Er brændslet derimod biomasse for kraftvarme, da er der tale om et afgiftsfrit brændsel. Altså ingen afgift for varmedelen men fortsat afgift på elforbruget.

Anvendes der brændselsfri energi er der også forskel. El fra solceller eller vindmøller har uændret afgift fra elforbruget. Varme fra termiske solpaneler eller geotermi er brændselsfri og uden afgift. Men hvad nu, hvis varmen kommer fra en eldrevne varmepumpe? El er ikke et brændsel, men er afgiftsbelagt som følge af den asymmetriske afgiftsberegning. Derfor har varmesektoren ikke investeret så meget i eldrevne varmepumper og foretrukket biomassekedler. Dette forhold ændre sig når elvarmeafgiften sænkes til 15,5 øre/kWh i 2021 og PSO tariffen er væk.

Inden for elforbruget skelnes der afgiftsmæssigt også mellem forskellige anvendelser. Afgiften på el til proces er på EU minimum 0,4 øre/kWh for at fastholde dansk konkurrencekraft. Derimod er afgiften på el til rumopvarmning markant højere. Det har givet anledning til masser af krav om målinger, beregninger og kontrol for måske kan en produktionsvirksomhed jo "holde døren åben" ude fra produktionen og ind på kontoret og derved slippe billigere i elafgift, fra 2021 ændres dette.

Helt galt går det, hvis en maskine både kan levere kulde og varme. Der er nemlig forskellige afgifter på el til produkterne. Derfor foretrækker skattemyndighederne at der købes to maskiner en til kulde og en til varme. Termodynamikken fortæller imidlertid at den energieffektive løsning er at samme maskine udnytter både sin "kolde side" og sin "varme side" til samproduktion.

Supermarkeder falder ned i den kategori, idet netop kølemaskinerne har varme som naturligt biprodukt. Hvis varmen bortkøles til omgivelserne giver det skattemæssig klarhed, men energi- og klimamæssig absurd drift. Sendes varmen derimod ind i til rumopvarmning, eller levering til fjernvarmesystemet opstår de afgiftsmæssige udfordringer. Det har man søgt løst ved at opfinde en overskudsvarmeafgift.

Afgiften er så ydermere fra en tid, hvor stor andel af elproduktionen kom fra fossile brændsler, hvorved den gamle afgiftslogik blev opretholdt. Men med stigende andel el fra vedvarende energikilder stiger det ulogiske tilsvarende. Overskudsvarmeafgiften kan af SKAT defineres som;

- Ved overskudsvarme forstås, varme fra fossile brændsler som har været anvendt i en produktionsproces, og hvor virksomheden har fået procesgodtgørelse på brændslerne anvendt i processen, og hvor varmen fra produktionsprocessen i ikke længere udnytte processen, men indvindes gennem særlige installationer, uden yderlig forbrug af brændsler og elektricitet, fremfor at udlede varmen til omgivelserne.

Det handler således om, hvorvidt der er medgået fossile brændsler. Det betyder, at hvis et fjernvarmeværk opstiller en varmepumpe og henter den termiske energi fra luften, fra en sø, fra grundvand eller fra et havnebassin, da er der ingen afgift. Ulempen er dog at disse anlæg ikke har så høj COP faktor og derfor skal anvende mere afgiftsbelagt el. Vælges derimod at varmepumpen modtager sin termiske energi fra bedre kilder som udblæsning af varm luft eller vand fra en virksomhed, da skal der betales afgift. Og dog, der er andre undtagelser.

Medgår der vedvarende energi ved den primære produktion, skal der ikke betales afgift af den overskydende varme. Det er f.eks. tilfældet i Rødkærsbro, hvor Arla Food bruger biogas, og Rødkærsbro Fjernvarme må modtage kølevandet afgiftsfrit. For transformeranlæg og andre højspændingskomponenter kan varmen bruges afgiftsfrit. Her er argumentet at elnettet ikke betaler afgift af deres elforbrug.

De gældende regler (2019 omkring overskudsvarmeafgift er opdelt efter to forskellige principper.

- En energiafgift på ca. 50 kr./GJ. Den metode har den ulempe, at alle typer varme beskattes ens. Der er forskel på om varmen findes f.eks. som 90 °C varmt vand, eller som 20 °C lunken luft. Investeringerne i at gøre lunken luft til fjernvarme er en del større end det varme vand, som kan anvendes direkte.
- En værdiafgift på ca. 33 %. Den metode er mere fair, da der skal foretages en vurdering af værdien af den overskydende varme. I sagen fra Facebook i Odense har SKAT accepteret at værdien er sat til 0 kr. og derfor ingen afgiftsbetaling. Der er også eksempler på at SKAT har underkendt vurderingen og fastlagt at varmen skal prissættes til en "markedsværdi", som så pålægges 33 % afgift. Det betyder som regel at projektet ikke gennemføres.

Mange sager har gennem årene været forelagt SKAT til vurdering efter værdiafgiften i håbet om at få godkendt en lav eller ingen pris på overskudsvarmen. Det har belastet SKAT med de mange projekter. Derfor har det længe været et ønske fra SKAT at få "afbureaukratiseret" og "forenklet" om rådet ved helt at fjerne muligheden for en beregnet værdiafgift. De nye regler vil således kun have en energiafgift – forventeligt med en del lavere sats – men uden løsning af de energimæssige uhensigtsmæssigheder.

De nye regler for overskudsvarmeafgift kan f.eks. betyde at der for en varmepumpe, som køler en proces, og som **ideelt** udnytter alt varmen til fjernvarme, skal betale elafgift på 25,9 øre/kWh (2019).

I den **ikke ideelle** drift hvor varmepumpen kun køler den halve tid og i den andel halvdel af tiden både køler og leverer varme, skal der betales to forskellige afgiftssatser. Det kræver dog to elmålere. En elmåler ved "kun køling" drift og en anden elmåler ved "køling og varme" drift. Når der kun køles betales el til proces afgift på 0,4 øre/kWh, når der er varmelevering betales elafgift på 25,9 øre/kWh (2019). Med de nye regler skal der betales 25,9 øre/kWh af alt elforbruget – noget af en stigning.

Varmeforsyningslov og andre regler

Fjernvarmeselskaber er reguleret af varmforsyningsloven og en lang række andre love, bekendtgørelser osv. Energistyrelsen kan give tilladelser til både at etablere og at fjerne anlæg til kollektiv varmforsyning. Der er tale om meget og tung regulering. Lidt eftertænksomt kan man sige, at hvis en ejendom ønsker en individuel løsning med f.eks. et træpillefyr kræver det kun en godkendelse fra en skorstensfejer. Der er hverken tilsyn med brændsler eller røg, ingen prisregulering eller anmeldelsespligter. Hvis derimod 100 ejendomme går sammen om et fælles træpillefyr, så er det kollektiv varmforsyning og alle bestemmelserne træder i kraft. Arbejdet med **Super Supermarkets** har dog blotlagt at også meget små leveringer af varme til fjernvarmesystemet f.eks. fra et supermarked medfører at det store regelsystem bliver aktiveret. Hvis supermarkedet nøjes med at bruge varmen til f.eks. rumopvarmning eller brugsvand kan bureaukratisk begrænses, men leveres der varme til fjernvarme, så starter papirmøllen.

Energistyrelsen er her bekendtgørelser udarbejdes før Ministerunderskrift. Energistyrelsen er også godkendelsesmyndighed. Skattemyndighederne sørger for at der bliver betalt alle de forskellige afgifter og anmeldelser, mens Forsyningstilsynet primært skal holde øje med at lovene overholdes og alle rapporteringer og anmeldelser foregår korrekt. Ingen bagatelgrænser, alt skal dokumenteres.

Bestemmelser i varmforsyningsloven

I varmforsyningsloven er der flere paragraffer, som angår forhold vedrørende genbrug af overskudsvarme og de vilkår henholdsvis supermarkedet og fjernvarmeselskabet skal overholde.

I varmforsyningslovens § 20 b står det nævnt at der kan indkalkuleres et overskud i prisen på den leverende varme. Særligt i de tilfælde, hvor der f.eks. i supermarkedet skal investeres i ekstra udstyr for at kunne genanvende varmen, er der behov for at få sådanne investeringer forrentet.

§ 20 b. Geotermiske anlæg, solvarmeanlæg og biogas- eller biomassebaserede varme- eller kraft-varmeværker, som leverer opvarmet vand, damp eller gas bortset fra naturgas til et kollektivt varmforsyningsanlæg, kan i prisen for de i § 20, stk. 1, nævnte ydelser indkalkulere et overskud. Ligeledes kan eldrevne varmepumper, der leverer varme til et kollektivt varmforsyningsanlæg, og industrivirksomheder, der leverer overskudsvarme til et kollektivt varmforsyningsanlæg, indkalkulere et overskud.

Stk. 2. Energi-, forsynings- og klimaministeren kan bestemme, at andre end de i stk. 1 nævnte anlæg kan indkalkulere et overskud i prisen for de i § 20, stk. 1, nævnte ydelser, såfremt disse er baserede på vedvarende energi og indgår i tilsvarende leveranceforhold som nævnt i stk. 1.

COOP har i dialog med Forsyningstilsynet fået tilkendegivet at de ikke må indregne et overskud i prisen. Hovedargumentet er at supermarkeder ikke er en industri, og at bestemmelsen er møntet på industrier.

Det fremgår imidlertid i § 20 b, stk. 2, at Ministeren kan bestemme at andre end de nævnte anlæg kan indkalkulere et overskud. Der er således hjemmel i lovgivningen til at Ministeren bestemmer at også supermarkeder må indregne beløb til forrentning af investeringen. Ministeren kan bestemme, ved at udstede en bekendtgørelse.

§ 21. Tariffer, omkostningsfordeling på anlæg med forenet produktion og andre betingelser for ydelser omfattet af §§ 20 eller 20 b skal anmeldes til et tilsyn, der er nedsat af energi-, forsynings- og klimaministeren (Forsyningstilsynet), med angivelse af grundlaget herfor efter regler fastsat af tilsynet. Forsyningstilsynet kan fastsætte regler om formen for anmeldelse og om, at anmeldelse skal foretages elektronisk. Forsyningstilsynet kan fastsætte regler om, at anmeldelse skal ledsages af erklæring afgivet af en registreret revisor, statsautoriseret revisor eller kommunens revisor. Forsyningstilsynet kan give pålæg om anmeldelse.

Stk. 2. Energi-, forsynings- og klimaministeren kan bestemme, at visse sager ikke skal anmeldes.

I varmemforsyningslovens § 21 er der angivet, hvorledes Forsyningstilsynet kan kræve dokumentationer, anmeldelser osv. fra producenter og forsyningselskaber. Det er her de bureaukratiske forpligtelser får supermarkeder til at takke nej til at deltage med varmelevering. Forsyningstilsynet har over for COOP oplyst at de ikke har hjemmel til at fravige fra disse bestemmelser og krav. Der er imidlertid også en § 21 stk. 2, hvoraf det fremgår at Ministeren har hjemmel til at bestemme, at visse sager ikke skal anmeldes. Her kan Ministeren udstede en bekendtgørelse og friholde bl.a. supermarkeder for alt bureaukratiet f.eks. når anlæg har mindre end 250 – 500 kW varmeeffekt.

COOP har gennem dialog med Forsyningstilsynet gjort en række iagttagelser i forhold til myndighedens forvaltning af lovgivningen.

- Varmeforsyningslovens prisbestemmelser har ikke fastlagt en bagatelgrænse. Det betyder at alle virksomheder, der leverer opvarmet vand – uanset hvor lille mængde det måtte være, er omfattet af prisreguleringen, og dermed af de administrativt tunge anmeldelsesregler. For COOP vil det betyde omkring 100 årlige indberetninger bare ved 50 anlæg.
- Varmeforsyningslovens anmeldelseskrav af priser og grundlaget herfor samt priseftervisning og ugyldighedsvirkning ved manglende anmeldelser vil være gældende for alle supermarkeder.
- Forsyningstilsynet har ingen hjemmel til at give dispensationer fra varmemforsyningslovens anmeldelseskrav. Det kan Regering og Folketinget. Energistyrelsen kan tage initiativ til en lovfæstelse eller lovfortolkning for at kunne praktisere en bagatelgrænse på 250 – 500 kW.
- Supermarkeder kan ikke indregne et overskud i sine priser for leveret varme til genbrug jf. varmemforsyningslovens § 20b. Det skyldes dels at COOP ikke kan sidestilles med en industrivirksomhed, dels at de enkelte butikker ikke har opsat eldrevne varmepumper for levering af varme til kollektive varmemforsyningsanlæg – men derimod et køleanlæg med varme til levering.

Administration og regnskabsregler

Administrationen på varmeområdet er reguleret i Varmeforsyningsloven og ikke altid i Årsregnskabsloven. Den økonomiske regulering af fjernvarmesektoren er bebudet til at blive ændret. Beskrivelsen her er i henhold til de gældende regler i 2019, og som præsenteret af BDO på konference i Fjernvarmens Hus den 8. oktober 2019. stor tak til BDO for overblik.

PRISEFTERVISNING – HVAD ER DET?

- Virksomheder, der leverer opvarmet vand eller damp til et kollektivt varmemforsyningsnet skal i henhold til varmemforsyningsloven anmelde priser og leveringsbetingelser til Forsyningstilsynet samt grundlaget herfor (budget). *Det er her der savnes en bagatelgrænse. Der bør jo være forskel på om varmen leveres fra et 600 MW kraftvarmeværk eller et 160 kW genvindingsanlæg i et supermarked.*
- Når varmeåret er gået skal disse priser eftervises. Dette sker ved at udarbejde en priseftervisning hvor realiserede omkostninger sammenholdes med prisen. Det vil som udgangspunkt altid give nogle forskelle da prisen er udarbejdet med udgangspunkt i budgettal.
- Forskellen i indtægter og omkostninger skal så indregnes i kommende års priser.
- Både anmeldelse og priseftervisning skal ske elektronisk via indberetningssystemet ENAO
- Der er krav om revisorerklæring i forbindelse med priseftervisning.

NØDVENDIGE OMKOSTNINGER – HVAD DÆKKER DET?

- I varmemforsyningsloven er der krav om, at prisen på leveret varme ikke kan overstige de nødvendige omkostninger, der er forbundet med produktion af varmen.
- Det vil dog være tilladt at indregne et overskud som en del af de nødvendige omkostninger. *Her er der en klar forskel til det Forsyningstilsynet har oplyst COOP angående mulighed for at indregne forrentning af foretagne investeringer i varmegenvindingsudstyr.*

LOVGIVNING VEDRØRENDE PRISER

- Varmeforsyningslovens prisbestemmelser
- Afskrivningsbekendtgørelsen
- Anmeldelsesbekendtgørelsen
- Varmeforsyningsloven er en prisreguleringslov og ikke en regnskabslov.

VARMEFORSYNINGSLovens PRISBESTEMMELSER

- (§20) indberetning af nødvendige udgifter
- Energi, lønninger, andre driftsomkostninger, afgifter, tilskud, administrationsudgifter, omkostninger som følge af pålagte offentlige forpligtelser, finansieringsudgifter og fremmedkapital, underskud, driftsmæssige afskrivninger.

AFSKRIVNINGSBEKENDTGØRELSEN - 1

- Driftsmæssige afskrivninger – indtil 20 % om året
- Anlæg idriftsat efter 1982 – afskrevet over højst 30 år
- Henlæggelser til nyinvesteringer
- Forrentning af indskudskapital ifølge varmemforsyningsloven.

AFSKRIVNINGSBEKENDTGØRELSEN - 2

- Henlæggelser (§5)
- Der kan indregnes henlæggelser til nye anlæg
- Tidligst 5 år før det planlagte idriftsættelsesår
- Maks 30 % pr. år af budgetteret anlægssum
- Maks 75 % af den samlede anlægssum
- Der skal ske anmeldelse af investerings- og henlæggelsesplan.
- Mulighed for at henlæggelsesreglerne ophæves.

ANMELDELSESBEKENDTGØRELSE

- Budgetter og tariffer
- Regnskabsoplysninger til eftervisning af fastsættelsen af tariffer (Priseeftersyn)
- Årsrapport efter Årsregnskabsloven eller årsregnskab
- Afstemning mellem årsrapport/årsregnskab og priseftersyn
- Anmeldelse af produktionsomkostninger
- Leveringsbetingelser for fjernvarme, vedtægter m.v.

REGNSKABSPRINCIPPER

Skema over de forskellige regnskabsprincipper – tak til BDO.

Emne	Årsregnskab	Varmeforsyning	Skatteregler
Afskrivninger	Over forventet brugstid	Mellem 5 og 30 år. Grunde afskrives. Max 20 % årligt	Saldoafskrivninger. Alm. driftsmidler 25 %, Bygninger 4 %. Infrastruktur anlæg 7 %. Faste anlæg mellem 23 og 15 %.
Henlæggelser	Ikke tilladt	5 år forud for idriftsættelse. Max 20 % årligt	Ikke tilladt
Mindre nyanskaffelser	Kan fratrækkes i anskaffelsesåret	Skal afskrives min 5 år	Straks afskrives, hvis beløbet er under grænsen for småanskaffelser.

TABEL 10 – REGNSKABSREGLER, FORSKELLE MELLEM TRE LOVGIVNINGER, TAK TIL BDO

Hvad må overskudsvarme til levering koste?

Kan et supermarked og et fjernvarmeselskab ikke bare lave en aftale om levering af varme og en pris? Nej det er ikke muligt. Der er en række regler og principper, som skal iagttages. Men for at give et hurtigt svar, så vil prisen for levering af varme til fjernvarmesystemet typisk lande på 200-300 kr./MWh eller 20-30 øre/kWh, med lokale variationer og med udsving mellem sommer og vinter.

Varmeforsyningsloven gælder som udgangspunkt alene for kollektive varmforsyningsanlæg. Prisbestemmelserne i varmforsyningsloven gælder imidlertid både for kollektive varmforsyningsanlæg og for industrivirksomheder. Selvom industrivirksomheder ikke er kollektive varmforsyningsanlæg. Industrivirksomheders levering af rumvarme til kollektive varmforsyningsanlæg er således omfattet af varmforsyningslovens prisregulering og anmeldelseskravene til Forsyningstilsynet.

Varmeforsyningslovens § 20 indeholder bestemmelser, der regulerer varmeprisen. Prisbestemmelserne skal ses som forbrugerbeskyttelse mod for høje priser. Parterne kan i en aftale om varmelevering aftale en pris for den leverede varme, men det skal kunne dokumenteres, at den aftalte pris ikke er højere end den laveste af henholdsvis den omkostningsbestemte pris og substitutionsprisen, jf. nærmere gennemgangen nedenfor. Hvis parterne efter indgåelse af aftalen bliver uenige om prisen, og sagen forelægges Forsyningstilsynet, vil Forsyningstilsynet vurdere prisen iht. prisbestemmelserne i varmforsyningsloven og deres praksis.

Hvis der er tvivl om, hvorledes nedenstående lovtekst skal fortolkes, kan det for at undgå tvivl være hensigtsmæssigt at formulere i fællesskab, hvorledes f.eks. omkostninger skal opgøres.

Den omkostningsbestemte pris

Varmeforsyningslovens § 20 indeholder reguleringen af den omkostningsbestemte varmepris. Varmeforsyningslovens § 20, stk. 1 og stk. 2, opregner således udtømmende, hvilke nødvendige omkostninger der kan indregnes i varmeprisen. Varmeforsyningsloven er en maksimalprislov – det vil sige, at der kan aftales lavere priser end den pris, der kan opkræves ifølge varmforsyningsloven.

De omkostningsarter, der ifølge varmforsyningslovens § 20, stk. 1 og stk. 2, kan indregnes i varmeprisen, såfremt de er nødvendige for varmeproduktionen, er listet nedenfor:

- Udgifter til energi
- Lønninger og andre driftsomkostninger
- Administrations- og salgsomkostninger
- Omkostninger som følge af pålagte offentlige forpligtelser, herunder energispareaktiviteter
- Finansieringsudgifter ved fremmedkapital
- Underskud fra tidligere perioder opstået i forbindelse med etablering og væsentlig udbygning af forsyningssystemerne
- Driftsmæssige afskrivninger og henlæggelser til nyinvesteringer
- Forrentning af indskudskapital (kun med Forsyningstilsynets forudgående tiltræden).

For en nærmere beskrivelse af de enkelte omkostningsarter henvises til "Varmeforsyningsloven med kommentarer" fra henholdsvis Jurist- og Økonomforbundets forlag og Forlaget Thomson. I begge kommenterede udgivelser er der knyttet kommentarer til de enkelte omkostningsarter.

Ved opgørelse af den omkostningsbestemte pris indgår varmets andel af fællesomkostninger samt varmets særømkostninger. For overskudsvarmeprojekter kan som fælles- eller særømkostninger indregnes de omkostninger, som er listet ovenfor, såfremt der er tale om nødvendige omkostninger for genindvindingen af overskudsvarmen hos virksomheden. Industrivirksomhedens særømkostninger og særindtægter indgår ikke i opgørelsen af den omkostningsbestemte pris.

FÆLLESOMKOSTNINGER

Omkostninger, der medgår både til virksomhedens processer og til genvinding af overskudsvarme, betragtes som fællesomkostninger og skal fordeles mellem varmen og processen ud fra nogle objektive og rimelige fordelingsprincipper. Omkostninger til overskudsvarmeanlæg, der anvendes til fælles produktion, kan f.eks. være renseudstyr, vand, filter, vekslerarrangement, elforbrug, dvs. driftsomkostninger, samt tillige omkostninger til vedligehold, administration samt afskrivninger og forrentning.

Hvis der indgår støttebrændsler både til processen og til brug for leverancen af overskudsvarme til fjernvarmenettet, vil omkostninger til støttebrændsel være fællesomkostninger, og en rimelig andel af omkostningerne vil kunne indregnes i varmeprisen. Såfremt støttebrændsel i stedet udelukkende kan henføres til overskudsvarmeleverancen til fjernvarmen, vil støttebrændsel i stedet være at kvalificere som særømkostninger for varmen. Endelig kan omkostninger til støttebrændsel være særømkostninger for virksomheden, der ikke kan indregnes i varmeprisen, såfremt der er tale om støttebrændsel til virksomhedens industriproces.

SÆROMKOSTNINGER FOR VARMESIDEN

Er overskudsvarmeanlæg alene etableret med det formål at levere overskudsvarme til fjernvarmevirksomheden, f.eks. en varmepumpe, som skal hæve temperaturen til fjernvarmenettet, vil der være tale om såkaldt rene fjernvarmeanlæg, og omkostningerne hertil, det være sig såvel afskrivninger som drifts- og vedligeholdelsesomkostninger mv., vil indgå i varmeprisen som særømkostninger for varmen. Dette vil tilsvarende gælde f.eks. målerarrangement, som udelukkende benyttes til måling af varmen, der leveres til fjernvarmen. Såfremt virksomheden bliver pålagt overskudsvarmeafgift af vederlag for varmeleverancen til fjernvarmen, vil denne kunne indregnes i varmeprisen som særømkostning for varmen.

Omkostninger til fremføring af varmen - transmissionsledninger fra leveringspunktet til fjernvarmevirksomhedens eksisterende net - må antages at blive etableret af fjernvarmevirksomheden, som tillige ejer, vedligeholder og drifter dette. Omkostningerne hertil vil derfor ikke indgå i varmeprisen fra industrivirksomheden.

SÆROMKOSTNINGER FOR VIRKSOMHEDEN

Virksomhedens energiafgifter og tilskud, der alene er relateret til processen (og ikke til overskudsvarmen), vil være henholdsvis særømkostninger og særindtægter for virksomheden, der ikke indgår i varmeprisen. Eventuelt salg af energibesparelser som følge af overskudsvarmeprojektet er særindtægter for virksomheden, der ikke indgår i opgørelsen af den omkostningsbestemte varmepris. Tilsvarende betragtes CO₂-kvoter tildelt til industrivirksomheder for leverancer af overskudsvarme samt CO₂-kvoter tildelt industriel kraftvarme ikke som varmekvoter. En værdi af overskydende kvoter vil derfor udgøre en særindtægt for virksomheden, der ikke skal indgå til nedsættelse af varmeprisen.

Indregning af overskud i varmeprisen – varmemforsyningslovens § 20 b

Ifølge varmemforsyningslovens § 20 b kan industrivirksomheder, der leverer overskudsvarme til et kollektivt varmemforsyningsanlæg, indkalkulere et overskud. Formålet med bestemmelsen, der blev indsat i loven helt tilbage i år 2000, er at sikre fortsat indpasning af industriel kraftvarme i fjernvarmemforsyningen. Overskuddet kan dog ikke frit fastsættes af parterne, men er underlagt Forsyningstilsynets rimelighedsvurdering.

Substitutionspris

Substitutionsprincippet er udviklet i Forsyningstilsynets praksis og indebærer, at en varmemforsyningsvirksomhed højst kan betale den laveste af enten den omkostningsbestemte pris eller substitutionsprisen, som er den pris, som varmemforsyningsvirksomheden (varmekøber) selv kunne have produceret den samme mængde varme til eller alternativt have købt varme til fra anden side (substitutionsprincippet).

Substitutionsprincippet er udtryk for, at der i varmforsyningslovens prisregulering er indeholdt et omkostningsminimeringsformål, og indebærer, at der ikke kan betales en pris for varmen, der overstiger, hvad forsyningsvirksomheden selv kunne have produceret den samme varmemængde til eller kunne have købt varmen til fra anden side. Afregnes der til en pris, der overstiger dette loft, overtrædes lovens omkostningsminimeringsformål. Sagt på en anden måde betyder dette, at varmekøbet ikke må afregnes med en pris, der overstiger den varmemængde, den erstatter.

Af Forsyningstilsynets praksis kan udledes følgende krav til et alternativt produktionsanlæg, for at en varmekøber kan kræve varmen afregnet til en substitutionspris:

- Eksisterende – der skal være et fysisk anlæg
- Faktisk – der skal være tilstrækkelig kapacitet
- Mulig – der skal være tilladelse til produktion ud over som spids- og reservelast
- Lovligt – anlægget skal lovligt kunne anvendes
- Realistisk – der skal kunne skaffes brændsel

Substitutionsprisen udtrykker således varmekøberens alternative pris ved at fremskaffe den omhandlede varmemængde, enten ved egenproduktion eller ved køb hos tredjemand. Substitutionsprisen skal opgøres konkret, alt efter hvilken varme der erstattes, og afhængigt af de konkrete forhold vedrørende den alternative produktion (substitutionen). Det har bl.a. givet anledning til forskellige afgørelser, i relation til om de faste omkostninger skal indgå i beregningen af substitutionsprisen.

Såfremt varmeprisen skal afregnes til substitutionsprisen, vil virksomheden alene kunne indregne et overskud i varmeprisen, såfremt den omkostningsbestemte varmepris inklusive overskuddet holder sig under substitutionsprisen. Der henvises til gennemgangen af substitutionsprisen nedenfor.

Forsyningstilsynet har i en række sager, hvor varmekøber har påberåbt sig egenproduktion som substitution, fundet, at substitutionsprisen skal opgøres som de samlede gennemsnitlige omkostninger inklusive faste omkostninger ved varmekøbers egenproduktion (substitutionen).

Der er i Forsyningstilsynets praksis tillige eksempler på, at substitutionsprisen kan opgøres ud fra et marginalprincip, i tilfælde hvor den varmemængde, der erstattes (substitutionen), kun udgør en mindre andel af varmekøbers samlede varmeaftag fra varmekøbers varmeleverandør.

Der er med dette gennemgang ikke foretaget en egentlig juridisk analyse af opgørelsen af substitutionsprisen. Hvorledes substitutionsprisen skal opgøres, beror således på en konkret vurdering af varmekøbers alternative egenproduktion eller alternative varmekøb. Det må vurderes, at det indgår i vurderingen af substitutionsprisen, om den alternative varmeproducent (varmeleverandør) allerede leverer langt hovedparten af varmekøbers varmebehov.

Dette vil ofte kunne være tilfældet ved industrioverskudsvarme, som typisk kun udgør en mindre del af varmekøbers samlede varmebehov. I disse tilfælde vil der formentlig ofte kunne argumenteres for, at substitutionsprisen skal opgøres uden indregning af f.eks. de faste omkostninger eller dele heraf, fordi varmekøber allerede betaler disse omkostninger som en del af varmeprisen på den varmemængde, som varmekøber i forvejen får leveret fra sin hovedleverandør.

Regulering af priser

Som tidligere beskrevet er udgangspunktet for fastsættelse af varmeprisen, at kun de nødvendige omkostninger kan indregnes i prisen, og samtidig må prisen ikke overstige købers til enhver tid gældende substitutionspris. Det forudsætter alt andet lige, at der foretages dels en konkret omkostningsopgørelse, dels en fastlæggelse af substitutionsprisen, så det kan konstateres, hvilken af de to priser, der er lavest, og dermed bliver den aktuelle maksimale afregningspris.

En varmepris kan altid aftales til at være lavere end den maksimale pris. Ud fra praktiske hensyn kan der være et ønske om, at det ved indgåelse af en aftale om varmekøb kan aftales, hvorledes varmeprisen skal reguleres i den aftalte periode, f.eks. i form af en hel eller delvis fiksering af varmeprisen med en regulering med udviklingen i nettoprisindekset eller en udvidet model heraf, hvor de enkelte omkostningselementer – brændsel, lønninger og øvrige variable omkostninger – fikseres og prisreguleres i forhold til udviklingen i tilhørende indeks. Det er dog en forudsætning for en sådan prismodel, at den samlede varmepris ikke på noget tidspunkt overstiger den laveste af henholdsvis den omkostningsbestemte pris og substitutionsprisen, og det skal kontrolleres, at den indekserede pris ikke overstiger den faktiske kostpris (eller substitutionspris, hvis denne er lavest).

Forsyningstilsynet har i forbindelse med vurdering af en standardaftale forelagt af NESAs i 2004 udtalt, at prisformler skal tage højde for, at der i et omkostningsbudget indgår både variable og faste omkostninger. Dette betyder, at en prisaftale, som indeholder betaling af både variable omkostninger og faste omkostninger, ikke må indeholde prisindeksering af de faste omkostninger, som er inflationsuafhængige. Det kan f.eks. være afskrivninger.

Hvor parterne har aftalt en varmepris, der består af en fiksering af de variable omkostninger med indeksering, skal det sikres, at det løbende kan dokumenteres, at varmeprisen ikke er i strid med prisbestemmelserne i varmemforsyningsloven, herunder substitutionsprincippet.

Tilsvarende gælder for andre prismodeller, som ses benyttet i praksis, f.eks. afregning til substitutionsprisen (varmekøbers alternative leverandør eller produktion) eller til substitutionsprisen med fradrag af en given rabat. Lovligheden af sådanne modeller vil afhænge af, om parterne kontrollerer og kan dokumentere, at varmeprisen ikke overstiger den laveste af henholdsvis den omkostningsbestemte pris og substitutionsprisen.

Virksomheden er forpligtet til at opgøre den omkostningsbestemte varmepris, som skal anmeldes til Forsyningsenergitilsynet iht. varmemforsyningsloven, herunder anmeldelsesbekendtgørelsen, og parterne skal samtidig sikre, at varmeprisen ikke overstiger købers substitutionspris.

Substitutionsprisen kan ændre sig i løbet af en aftaleperiode. Der kan f.eks. opstå en substitutionsmulighed i aftaleperioden, som ikke forelå ved aftalens indgåelse. Forsyningstilsynet har i en tilkendegivelse fra 2004 vedtaget, at en "aftale vil kunne anfægtes i aftalens løbetid for så vidt angår pris, leveringsomfang og løbetid, hvis aftalen fører til priser, som er i strid med varmemforsyningsloven". Varmesælger havde i sagen ønsket sikkerhed for, at et nyt biomassefyret værk, som varmekøber ville bygge i aftaleperioden, ikke kunne få betydning for en allerede aftalt varmepris. Forsyningstilsynet afviste dette.

En nemmere og hurtig løsning

Når et fjernvarmeselskab og et supermarked skal starte en mulig aftale om levering af varme vil et godt udgangspunkt for en prisvurdering være fjernvarmeselskabets anmeldte priseftersvisning fra året før. Hvis den pris ikke er inden for rammen af, hvad det vil koste for supermarkedet at levere varme skal der ikke indgås en aftale.

Det kan vurderes om der kan etableres en netto-løsning, hvor butikken køber fjernvarme om vinteren og leverer varme om sommeren. En brutto-løsning, hvor der kontinuerligt leveres varme til forbrugerprisen er ikke tilladt. Pris på eller lige under substitutionsprisen er lovlig.

Den gennemgående procedure for prisaftaler kan forekomme uoverstigelig og voldsom for en beskeden mængde varme. Andet sted i denne kagebog ses, at leverancen for et typisk supermarked er på 50 – 100 GWh om året. Arbejde og økonomi må vurderes realistisk.

REFERENCER

Kontakt hjemmesider

- Projektet **Super Supermarkets** - <http://supersupermarkets.dk/>
- CLEAN Cluster - www.cleancluster.dk/project/supersup/
- Dansk Fjernvarme - www.danskfjernvarme.dk/nyheder/presseklip/arkiv/2016/161013-1000-supermarkeder-skal-levere-til-fjernvarmen
- Danfoss – www.danfoss.com/en/service-and-support/case-studies/?sort=startDate_desc
- COOP – <https://ansvarlighed.coop.dk/vores-fodaftryk/energi/>
- Teknologisk Institut – www.teknologisk.dk/projekter/super-supermarkets/38449
- DFP – www.dfp.dk/
- Ivar Lykke Kristensen – www.ilk.dk/
- OK – www.ok.dk/privat/produkter/el
- AK Centralen - <https://ak-centralen.dk/>

Dokumenter anvendt i projektet og til kagebogen

- AAU analyse om potentiale for varme fra supermarkeder, 30. september 2014.
www.danskfjernvarme.dk/nyheder/nyt-fra-dansk-fjernvarme/arkiv/2014/140930mere-end-13000-husstande-kan-opvarmes-med-spildvarme-fra-supermarkeder-koeleanlaeg
- Energikommisionens rapport fra april 2017, "Energikommisionens anbefalinger til fremtidens energipolitik. https://efkm.dk/media/8275/energikommisionens-anbefalinger_opslag.pdf
- Viegand Maagøe analyse om potentiale for overskudsvarme, 2013.
https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Energibesparelser/analyse_af_mulighederne_for_bedre_udnyttelse_af_overskudsvarme_fra_industrien.pdf
- Brochure fra Danfoss, maj 2018 om case gennemgang af tre COOP supermarkeder.
- Præsentation fra COOP, oktober 2019 om erfaringer med genbrug af overskudsvarme.
- Præsentation fra BDO, oktober 2019 om omlægning af overskudsvarme
- Præsentation fra BDO, oktober 2019 om prisbestemmelser
- Energistyrelsens hæfte om overskudsvarme fra erhverv
- Dansk Fjernvarme, overskudsvarme overblik
- Erhvervsenergi.dk, udnyttelse af overskudsvarme
- Varmeforsyningsloven
- Salling og COOP henvendelse til minister Lars Chr. Lilleholt
- Svar til COOP fra minister Lars Chr. Lilleholt
- Politisk aftale om fremme af overskudsvarme
- Energinet, årsrapport 2018

Figur oversigt

Figur 1 – Elementerne i løsninger for genbrug af varme fra supermarkederes kølemaskiner til fjernvarmeformål.....	1
Figur 2 - Elements in solutions for recycling of heat from chillers in supermarkets to district heating.....	2
Figur 3 - Nøglekomponenter i en køleløsning med genbrug af overskydende varme.....	10
Figur 4 – Uddrag fra Energikommisionens anbefalinger fra april 2017, angående overskudsvarme og afgiftssystemet	15
Figur 5 – Viegand Maagøe illustration fra september 2017	16
Figur 6 – 2018 Kort over mulige genbrug af overskudsvarme til fjernvarme. Indkøbsvogne er symbol på supermarkeder.	18

Figur 7 - Oversigt fra COOP om deres arbejde med plan for reduktion af energiforbruget i 2020.....	21
Figur 8 - COOP opgørelse af et supermarkeds varmeproduktion fra køleanlæg, fordelt over året.....	22
Figur 9 – Fjernvarmebehovet i aarhus, fordelt på månederne. Lånt fra AVA.....	22
Figur 10 - data fra COOP om reduktioner i elforbruget i supermarkederne.....	23
Figur 11 – SuperBrugsen i Augustenborg, Per Beierholm foran supermarkedet, der også leverer varme til 15 huse.....	23
Figur 12 – SuperBrugsen i Skjern, Hans Jørgen Andersen med varmegenvindingsanlægget fra Danfoss ...	24
Figur 13 – Superbrugsen i Kjellerup, Peter Poulsen med varmesystemet	24
Figur 14 – Danfoss løsning for varmegenvinding i supermarkeder.....	25
Figur 15 – Opgørelse af eksport af energiteknologi og services 2017 fra DI.....	26
Figur 16 – Analyse af eksportpotentiale for fjernvarmeteknologi i 2016 fra COWI	26
Figur 17 – Danfoss nye 'Future Supermarkets' i Oldenborg, Tyskland, i samarbejde med Irma.....	27
Figur 18 - En simplificeret model til vurdering af en køle-installations egnethed til varmeproduktion fra danfoss.....	28
Figur 19 – Model 1 = varmegenvinding til eget behov og model 2 med mulighed for salg til fjernvarmenettet.....	30
Figur 20 - Her vises hvor meget varmgenvinding der er til rådighed ved forskellige tryk, og hvorfor det er nødvendigt at køle returvandet så langt ned som muligt.....	32
Figur 21 – Eksempler på Kalorifere, ventilationsanlæg, gulvvarme, radiatorer, styring af gulvvarme og brugsvand.....	33
Figur 22 – Illustrationer fra Danfoss af forskel på konventionelle køleanlæg og anlæg med CO2 som drivmiddel	34
Figur 23 – Fremløbs- og returtempeartur samt varmebehov i et af de undersøgte supermarkeder.	35
Figur 24 – Sammenhæng mellem virkningsgrad for varmeproduktion COP_HR og varmeydelse for henholdsvis vinter- og sommer cases.....	39
Figur 25 – Marginal virkningsgrad for varmeproduktion som funktion af varmeproduktion ved temperatursæt; 60°C og 30 °C vinter.	40
Figur 26 Tysk specialregulering i 2018, time ro og priser for op- og nedregulering i prisområde DK1	44
Figur 27 – SpotPrisudtræk for 20. oktober 2019 og oversigtskort fra www.nordpoolgroup.com/	45
Figur 28 – Udtræk fra www.emd.dk/el - af elsystemdata for 15. oktober 2019	46
Figur 29 – Udtræk fra www.emd.dk/el - den 15. oktober 2019 om morgenen.....	47
Figur 30 – Udsæk af elsystem data fra www.emd.dk/el - Perioden 4. til 17. oktober 2019	47
Figur 31 – Elprisstatistik for erhverv med 20-70 GWh forbrug, fra Energistyrelsen, www.ens.dk	48
Figur 32 – Supermarkeds model 3, hvor der er ekstra kølekapacitet og mere varme til fjernvarmen.....	48
Figur 33 - viser den årlige gennemsnitlige kapacitetsudnyttelse over et år – Kilde Danfoss.....	51
Figur 34 - viser en algoritme til beregning af indkomst ved varmepumpeproduktion fra Danfoss.....	51
Figur 35 – Varmebehov og varmegenvindingsprofil for den koldeste dag 2018	52
Figur 36 – Energinet årsrapport 2018, temaartikel om fleksibelt forbrug og supermarkeder.....	56
Figur 37 - handlinger, ansvar og kommunikationsbehov for fleksibelt elforbrug i spotmarkedet	58
Figur 38 – Supermarkeds forbrugsprofil og spotpriser i september 2019.....	58
Figur 39 – Uddrag af beslutningsværktøj udviklet i projekt super supermarkets i excel	61
Figur 40 – danfoss illustration af de overordnede elementer af et kølesystem med varmegenvinding.....	62
Figur 41 – DFP principskitse for kobling af varmegenvinding til genbrug i fjernvarmen. Stor tegning i apendiks.	62
Figur 42 – De fire grundlæggende driftstilstande for kølesystem med varmegenvinding.	63
Figur 43 – Driftstilstand B. Flydende eller min. hovedtryk. I denne konfiguration 50 bar ($t_{\text{sat}} = 15\text{ °C}$).....	65
Figur 44 – Driftstilstand B. Øget hovedtryk, 90 bar. Vandtemperatur 35/60 °C.....	66
Figur 45- Driftstilstand C. Øget hovedtryk 91,4 bar. vandtemperatur 35/60 °C.....	66
Figur 46 – Driftstilstand C. Øget hovedtryk, 97,3 bar. vandtemperatur 35/70 °C.....	67
Figur 47 – Driftstilstand D. Øget hovedtryk, 105 bar. vandtemperatur 39/70 °C.....	67

Figur 48 – Indretningen af SuperBrugsen i Bjerringbro med køle og frysemøbler.....	71
Figur 49 – Skitse over køle- og varmeanlæg i SuperBrugsen Bjerringbro	72
Figur 50 – Udsnit af diagram for varmegenvindingsanlægget i SuperBrugsen Otterup	73
Figur 51 – Modelberegning af elforbrug til køling for Super Brugsen Kerteminde fra danfoss	75
Figur 52 - Opbygning af varmegenvindingssystemet, SuperBrugsen, kerteminde – fra Danfoss.....	76
Figur 53 - Forventet og målt varmemeforbrug i SuperBrugsen, kerteminde januar til oktober 2018 fra danfoss.....	77
Figur 54 – Eksempel på, hvordan profilen kan være på forskellige prismodeller.	79
Figur 55 – dansk Fjernvarmes template for aftale om levering af overskudsvarme, også fra supermarkeder	80
Figur 56 – regneark til beregning af omkostninger ved tilslutning af supermarked til fjernvarmenettet	84
Figur 57 - Vameprisen inklusiv afskrivninger for varme produceret på en varmepumpe nuværende afgifter og tarier som følge af Grøn Energi's forslag til ændrede afgifter og tarier, naturgaskedel og biomassekedel til sammenligning.....	89
Figur 58 – Elvarmeafgift fra 2017 og frem i kr./MWh. Figuren viser de planlagte reduktioner (blå, forløb A) og den yderligere reduktion fra 2021 (stiplet gul, forløb B). Forløb B er vedtaget fra 2021.	90
Figur 59 - Varmeproduktionspriser for scenarier i perioden 2017 til 2037.....	91

Tabeloversigt

Tabel 1 - Supermarkeder og fjernvarmeselskaber med i projektet.....	8
Tabel 2 – Liste over eksempler på overskudsvarmeleverandører, over 10 GWh og med data fra 2017.17	
Tabel 3 – eksempler på eksisterende anlæg hos supermarkeder for varmelevering – oktober 2019	20
Tabel 4 – Årlige varmeomkostninger for et 1.000 m2 supermarked.....	30
Tabel 5 - varmegenvinding, ROI og 10-års besparelse - Udregning baseret på gennemsnitlige køb- og salgspriser	31
Tabel 6 – Beregning af varmepris og effektivitet for det koldeste døgn i 2018.....	54
Tabel 7 – Udsving i potentiale ved flytning af elforbrug i september 2019. Kilde Nord Pool Spot DK1 ...	59
Tabel 8 – Ændringer i overskudsvarmeafgiften ud fra lovforslag oktober 2019 tak til BDO.....	88
Tabel 9 – Oversigt over forskellige elafgifter i 2019 og 2021 i henhold til energiaftalen juni 2018	90
Tabel 10 – Regnskabsregler, forskelle mellem tre lovgivninger, tak til BDO	96

Informationer i øvrigt.

Beskrivelse af projektets partnere og deres kvalifikationer for at bidrage i projektet **Super Supermarkets** og dermed også bidragsydere til kagebogen.

CLEAN

CLEAN har været projektkoordinator på projektet og dermed forestået den løbende fremdrift i projektet, samt været pennefører på ansøgningen. Ikke mindst har CLEAN været med til at udpege det stærke konsortium, så der i projektet har været aktører som repræsenterede hhv. problemsejere, ingeniørfirmaer, forsyningsselskaber - fjernvarme og el handlere, videns partnere og industrien.

Desuden har CLEAN stået for den økonomiske beregningsmodel og udviklingen af denne, som er baseret på data og erfarings-opsamlingen fra installationerne i supermarkederne. Beregningsmodellen er bygget op i Excel, og derfor forholdsvis enkel at anvende.

Desuden har CLEAN stået for udarbejdelsen af feasibility cases, som er en gennemgang af den økonomiske vinkel for de specifikke supermarkeder der har rekvireret en gennemregning. Fra CLEAN har direktør for CLEAN Energi Henrik Bjerregaard, senior teknologiansvarlig Frank Krogh Iversen og senior projektleder Lotte Gramkow deltaget (sidstnævnte som projektkoordinator på projektet).

Coop a.m.b.a.:

Coop er Danmarks største detaljevirkksomhed og ejes af medlemmerne. Coops rolle i **Super Supermarkets** har været at stille 3 supermarkeder – såkaldte B-butikker – til rådighed, om end det er vigtigt for Coop – som de siger - at der er gode løsninger for både A- og B- butikker. Der er i Coop en opdeling mellem A-butikker, der er ejet af lokale brugsforeninger, og 548 B-butikker der er ejet af Coop. Der er ca. 800 A-butikker. Coop har fra start nævnt, at de er med i projektet for at være up-to-date på de tekniske løsninger. Coop har desuden i projektet været med til at projektere to af anlæggene, nemlig SuperBrugsen Bjerringbro og SuperBrugsen Otterup. Til sidstnævnte har ILK været behjælpelig med de indledende analyser. Desuden har Coop haft stor interesse i den del af projektet som omhandler potentiel fleksibilitet i det elektriske forbrug. Fra Coop har chef for Energi og Grøn omstilling Peter Kjærgaard Svendsen og teknisk chef Michael Gram Møller deltaget i projektet.

Danfoss A/S

Danfoss har i projektet arbejdet med dataopsamlingen og – behandlingen, og de har bl.a. været projektledere på den første arbejdsopgave i projektet, der bl.a. omhandlede opsamlingen af data fra supermarkederne. Yderligere har Danfoss været ansvarlig for projekteringen og installationerne i SuperBrugsen Kerteminde. Danfoss' interesse er naturligvis af national karakter, men de vil desuden også overføre den opnåede viden fra de danske supermarkeder til deres internationale interesser grundet de globale forretningsudsigter. Ud over ovennævnte har Danfoss også stor interesse ift. Demand Respons; altså den optimale styring og styringsstrategi af fleksibilitet i et supermarkeds elforbrug. Fra Danfoss har Head of Public and Industry Affairs fra Danfoss Cooling Segment Torben Funder-Kristensen, Global Segment Director fra Food Retail Hans Ole Matthiesen og Preben Bertelsen fra Food Retail været involveret.

Dansk Fjernvarme (DFJ)

Dansk Fjernvarme er brancheorganisation for de knap 400 danske fjernvarmeselskaber fordelt over hele landet. I takt med at de bæredygtige og vedvarende energityper vinder frem på fjernvarmeværkerne, udgør miljøvenlige opvarmningsformer nu over 60 % af produktionen af fjernvarme. I projektet har Dansk Fjernvarme bl.a. haft kontakten med de varmeværker, der har været med i projektet. Derudover har Dansk Fjernvarme været projektledere på arbejdsopgaven omhandlende kommunikation og vidensdeling. Dermed har DFJ været pennefører på den såkaldte KOGEBOG. I projektet har udviklingschef Kim Behnke og teknisk konsulent Jens Christian Nielsen deltaget i projektet.

Teknologisk Institut (DTI)

På DTI er det afdelingen for køleteknik, der har deltaget i projektet. DTI har generelt været involveret i en stor del af de arbejdsopgaver der er i projektet, samtidig med, at de har været med ift. opsamlingen af måledata fra supermarkederne samt analyserne af denne data. DTI har også arbejdet på generiske COP-beregninger ift. den nyudviklede beregningsmodel. Desuden har DTI haft den primære kontakt til universitetet i Sverige, KTH.

DTI har i flere år arbejdet med fordelene ved varme-genvindingsteknologier, og deres incitament for deltagelse i **Super Supermarkets** projektet har netop været for at få en mere organiseret tilgang til at dokumentere resultaterne samt hjælpe med at fortælle fordelene ved varmegenvindingsteknologier til interessenterne.

Uden dette fokus vil det meget lovende forretningspotentiale kun forblive et potentiale og ikke opfylde fordelene for både installatører og kølesystemejere samt samfundet som sådan, har DTI tidligere udtalt. Fra DTI har faglig leder for køleteknik Christian Heerup deltaget.

Royal Institute of Technology (KTH); Stockholm

Forskningsarbejdet vedr. køling i supermarkeder samt varmegenvinding startede hos KTH for ca. 20 år siden. Forskningsarbejdet inkluderer hovedsageligt computersimuleringsmodellering, eksperimentel analyse af systemer i "real scale" i laboratoriet og omfattende feltmålinger. I projektet har KTH behandlet data sammen med TI, samt udarbejdet en beregningsmodel til simulering af et varmegenvindingsanlæg. Dette simuleringsprogram vil blive stillet til rådighed af KTH, og der vil være et link fra **Super Supermarkets** hjemmeside til simuleringen. I projektet har associate professor Samer Sawalha fra Division of Applied Thermodynamics and Refrigeration, Energy Technology Department deltaget sammen med Research Engineer Fabio Giunta.

AK-Centralen A/S

AK-Centralen har adgang til data og driftsoplysninger for ca. 700 Coop butikker. De kan bl.a. følge følgende: temperaturer, kondenseringstemperaturer, suge tryk, energien, m.m. AK-Centralens opgave er bl.a. – ud over opsamlingen af data – at se på fejlmeldinger, vurderer disse efter granskning af fejlene, og derefter sikrer servicering af anlæggene. Derfor er en del data til analyserne kommet fra AK-Centralen. Dette gælder både på køle- og varme siden. Coop har i projektet indført tre markante forløb sammen med AK-Centralen: 1) Statisk regulering af energiparametre og centralisering af set-punkter 2) Integration mellem SAP og kølesystem og 3) Indført en dynamisk optimering – der reguleres kontinuerligt. Fra AK-Centralen har CEO Tom Gøtttsch og afdelingsleder for Energi og data Rasmus Gøtttsch deltaget.

OK A.m.b.a.

OK har bl.a. deltaget i projektet vedr. optimere af strømforbruget ift. Nord Pool Spot markedspriserne som systemtjenester. Dette er smart grid del af projektet. Det har tidligere været undersøgt på relaterede systemer, men ikke påvist som et kommercielt koncept i supermarkeder. Coop har sammen med AK-Centralen og OK arbejdet på frekvensregulering via AK-Centralen på alle køleanlæg der er tilknyttet AK-Centralen. Den store udfordring i dette har været, at der skal kunne fases fuldt på 30 sekunder og startes op efter 2 sekunder. OK skulle administrere ordningen for Coop, og har derfor deltaget i flere møder herom, bl.a. sammen med Energinet. Fra OK har produktchef for El & Naturgas Simon Vestergaard Pedersen deltaget.

Ivar Lykke Kristensen A/S (ILK)

ILK har – som nogle af de første herhjemme – været med til at projektere og installere flere varmegenvindingsanlæg i danske supermarkeder. I projektet har ILK – sammen med Coop – været med til at projektere anlægget i SuperBrugsen i Otterup. Fra ILK's side har medindehaver Bent O. Nielsen og ingeniør Niels Elkjær Nørmølle deltaget.

Dansk Fjernvarmes Projektselskab A.m.b.a. (DFP)

DFP har flere års erfaringer i projektering af anlæg til genanvendelse af varme- og varmepumper i fjernvarmesektoren. I **Super Supermarkets** projektet har DFP bl.a. deltaget i designet af forbindelser til lokale fjernvarmenet med fokus på at vælge generiske løsninger, der kan bruges af supermarkeder generelt. Fra DFP har projektchef Per Hougaard og seniorkonsulent Hans Baden deltaget.

Fjernvarmeselskaber i projektet

Fjernvarmeselskaber er på udkig efter alternativer til de traditionelle fossile brændsler til produktion og produktion af fjernvarmeforsyningen, og her kommer bl.a. supermarkeder ind i billedet. Et typisk supermarked vil måske kun være i stand til at generere et par procent af den nødvendige varme i det lokale distributionssystem for fjernvarme, og derfor er det nødvendigt at udvikle en plug n 'play-løsning, der gør det nemt at indsamle genvindingsvarme fra mange bygninger, industrier og handel, herunder supermarkeder. Projektet er vigtigt for kick-off af en massiv udrulning og implementering af teknisk interaktion mellem supermarkeder og fjernvarmeanlæg. I projektet har følgende fjernvarmeværker deltaget:

Der har været deltagelse af Coop supermarkeder – SuperBrugser - i Otterup, Bjerringbro og Kerteminde. Dertil deltagelse fra tre fjernvarmeselskaber, Fjernvarme Fyn (Otterup), Gudenådalens Energiselskab (Bjerringbro) og Kerteminde Forsyning (Kerteminde).

I selve ansøgningen deltog Bramming Fjernvarme og Mølholm Varmeværk.

Tak for alle for værdifuldt bidrag i projektet!

APPENDIKS

Bilag

BILAG 1

Inputdata til varmegenvindingsberegning

Spørgsmål	Svarmuligheder	Enhed
1 Type af køleanlæg:	Samlet maskinanlæg Køleanlæg i hvert kølemøbel	
2 Type af køleanlæg:	CO ₂ anlæg Ikke-CO ₂ anlæg	
3 Varmekilde i butik i dag:	Fjernvarme Gasfyr Oliefyr Andet	
4 Er butikken tilsluttet fjernvarmenettet i dag?	ja nej	
5 Hvis 'Nej', kan butikken tilsluttes fjernvarmenettet?	ja nej	
6 Hvad er butikkens nuværende varmebehov til opvarmning og varmt vand? Sommerhalvår (April - september) Vinterhalvår (Oktober - marts)	 	MWh MWh
7 Hvad er butikkens nuværende fremløbs- og returløbstemperaturer fra varmekilde? Vælg den kombination, der kommer tættest på: Sommerhalvår (April - september) Vinterhalvår (Oktober - marts)	60°C / 30°C 70°C / 40°C 85°C / 45°C 60°C / 30°C 70°C / 40°C 85°C / 45°C	Info: Ved naturgasfyr regnes varmebehovet som: 0,97 x naturgasforbrug i MWh (ENS). Ved Oliefyr regnes varmebehovet som: 0,92 x olieforbrug i MWh (ENS). Hvis fordelingen mellem sommer og vinter ikke kendes kan standardfordeling, på sommer: XX% og vinter: YY% benyttes Info: Jo lavere fremløbs- og returløbstemperaturer, der kan benyttes jo mere varme kan der genvindes 'gratis' fra køleanlægget. Det anbefales derfor at angive den laveste kombination af temperaturer, som butikken kan opvarmes med.
8 Varmepreiser idag inkl. afgifter Sommerhalvår (April - september) Vinterhalvår (Oktober - marts) Faste omkostninger pr år	 	kr/MWh kr/MWh kr/år
9 Samlet installeret køleeffekt		kW
10 Gennemsnitlig belastningsgrad af køleanlæg Vælg det niveau, der kommer tættest på: Sommerhalvår (April - september) Vinterhalvår (Oktober - marts)	20% / 30% / 40% / 50% 20% / 30% / 40% / 50%	Info: Den typiske gennemsnitlige belastning er: Sommer: XX%, vinter: YY%
11 Er fjernvarmeselskab interesseret i køb af overskudsvarme?	ja/nej	Info: Spørgsmålet er kun relevant, hvis der er svaret 'ja' til enten spg 3 eller spg 4.
12 Kan fjernvarmen afsættes med den i spg. 7 angivne fremløbstemperatur?	ja/nej	Info: Som udgangspunkt skal produktionstemperaturen gerne matche fjernvarmens fremløbstemperatur. Der kan dog sagtens være situationer/placeringer, hvor det kan være acceptabelt at levere med en lavere temperatur end fremløbstemperaturen. Det kan være, hvis supermarkeds varmemængde er meget lille i forhold til flowet i den streng, som den er tilkoblet. Det kan ligeledes være i tilfælde, hvor fremløbstemperaturen i den konkrete fjernvarmestreg er højere end der er behov for i denne streng (temperaturen er sat af en anden streng i fjernvarmenettet). Der vil være stor økonomisk fordel i at kunne afsætte til den i spg. 7 angivne temperatur.

13 Angiv salgspris for varme leveret til fjernvarmenet:

Sommerhalvår (April - september)

Vinterhalvår (Oktober - marts)

	kr/MWh
	kr/MWh

Info: Salgsprisen for fjernvarme skal findes i samarbejde med det lokale fjernvarmeværk. Det antages i denne model, at fjernvarmen må sælges til den aftalte pris.

14 Angiv omkostning for etablering/opgradering af kobling til fjernvarmenet:

	kr/MWh
--	--------

Info: Prisen er i høj grad afhængig af lokale forhold, så det er nødvendigt at få et tilbud for det enkelte supermarked. Det her angivne estimat bygger på et antal faktiske cases. Typisk omkostning for ny kobling (x meter): XX kr. Typisk omkostning for opgradering: YY kr.

15 Pris på strøm

I denne model regnes med en fast pris for el over et år

Markedspris

Netto energiafgift proces

Samlede tariffer

	øre/kWh
	øre/kWh
	øre/kWh

INFO: Gennemsnitspris 2017: 25 øre/kWh, gennemsnitspris 2018: 33,5 øre/kWh (ENS)
 INFO: Hvis el til køleanlæg regnes som procesenergi er nettoafgiften medio 2019: 0,4 øre/kWh
 INFO: DK gennemsnit i 2018: 29,8 øre/kWh for kategori C kunder (DSO+TSO tariff). Der regnes med faste tariffer

16 Afgifter på produktion af overskudsvarme

Default satserne herunder bygger på Skatteministeriets (Jens Holger Helbo Hansen) forventninger pr 8. Okt 2019 til satser for 2020. Der tages forbehold for, at der kan ske ændringer i dette

Ekstra afgift på el til kombineret køle- og varmeproduktion

Sommer

Vinter

	øre/kWh
	øre/kWh

INFO: Elvarmeafgiften i 2019 er 25,7 øre/kWh, 2020: 20,7 øre/kWh og 2021 og frem: 15 øre/kWh.

Afgiften gælder for følgende elforbrug

	Aktuelt merforbrug af el pga VGV
	Alt elforbrug på køleanlæg
	Alt elforbrug dog maks varme/COP_afg
COP_afg:	

INFO: Denne værdi bruges hvis valgmulighed 3 er valgt ovenfor. COP_afg er en skatteteknisk værdi, der generaliserer elforbruget til varmeproduktion. Udkast 2019, COP_afg = 3

Afgift varmeproduktion til intern brug

	øre/kWh
	øre/kWh

INFO: Default: 25,5 kr/GJ = 9,2 øre/kWh
 INFO: Default: 25,5 kr/GJ = 9,2 øre/kWh

Afgift varmeproduktion salg

	øre/kWh
	øre/kWh

INFO: Default: 25,5 kr/GJ = 9,2 øre/kWh
 INFO: Default: 25,5 kr/GJ = 9,2 øre/kWh

17 Fast omkostning varmeproduktionsanlæg

	kr/år
--	-------

INFO: Erfaringsmæssig omkostning til fast service: XX

18 Designstørrelse af varmeproduktionsanlæg ift. gns. (Koncept 1)

	%
--	---

INFO: Typisk vil maksydelsen udgøre XX % af den gennemsnitlige ydelse

19 Muligt etableringstilskud til varmeproduktionsanlæg

	kr
--	----

INFO: 2020 er sidste år, hvor der kan modtages Energisparetilskud til et projekt som dette. Tilskuddet vil typisk kunne udgøre 30% af investeringen. Hvis der efter 2020 gennemføres nye støtteordninger kan beløbet indtastes i dette felt.

20 Estimeret pris på tilpasning af fjernvarmekobling til salg:

	kr
--	----

INFO: Alt efter typen af eksisterende fjernvarmekobling (eller ny standardkobling) skal der investeres i målere og evt. omløb.

21 Designstørrelse på salg af varme ift. gns. (Koncept 2)

	%
--	---

22 Investering i ny fordamperkobling

	kr
--	----

Info: Det vurderes, at ombygning af kondensatoren til at kunne køre som fordampere vil koste ca. : XX kr

BILAG: 2

Eksempel							
Anlægsnummer	Benævnelse Placering	Dimmensioner	Temp./ klassifikation	Møbel typebetegn.	Ford. temp.	Køle kapacitet	
Pos 1	Kølereol i grøntafdelingen åben 10,0 m	Længde	10,0 [m]	M1	Åben	-9 [°C]	14,2 [kW]
Pos 2	Lav Kølereol 150 cm med skydelåger termoglas, 2,5 m	Længde	2,5 [m]	M1	Lukket	-6 [°C]	3,7 [kW]
Pos 3	Kølereol med døre 2,5 m	Længde	2,5 [m]	M1	Lukket	-6 [°C]	1,2 [kW]
Pos 4	Lav Deli Kølereol 150 cm som disk, 5,0 m	Længde	5,0 [m]	M1	Lukket	-9 [°C]	1,5 [kW]
Pos 5	Slagter/Delikatesse disk omskiftbar 6,25 m	Længde	6,3 [m]	M1	Lukket	-7,5 [°C]	1,9 [kW]
Pos 6	Kølereol med døre 8,75 m	Længde	8,8 [m]	M1	Lukket	-6,0 [°C]	4,9 [kW]
Pos 8	Kølereol med døre 7,5 m med 2 stk mellemgavle	Længde	7,5 [m]	M1	Lukket	-6,0 [°C]	4,1 [kW]
Pos 12a	½ Dobbelt kølegondol m. glas og led 5,0 m	Længde	5,0 [m]	L1	Lukket	-9,0 [°C]	1,1 [kW]
Pos 13	Dobbelt kølegondol m. glas og led 5,0 m + 1 ende	Længde	6,0 [m]	M1	Lukket	-9,0 [°C]	2,0 [kW]
Pos 14	Dobbelt kølegondol m. glas og led 3,75 m + 2 ender	Længde	6,0 [m]	M1	Lukket	-9,0 [°C]	1,9 [kW]
Pos 15	Køling i grøntafdelingen	Areal	104,0 [m²]	12 [°C]			20,8 [kW]
Pos 16	Kølerum slagter ombygning til CO2	Areal	22,0 [m²]	2-4°C	0,2 kW/m²	4,4	6,6 [kW]
Pos 17	Kølerum viktualie ombygning til CO2	Areal	13,0 [m²]	2-4°C	0,2 kW/m²	2,6	2,6 [kW]
Pos 18	Kølerum delikatesse ombygning til CO2	Areal	5,8 [m²]	2-4°C	0,3 kW/m²	1,74	1,8 [kW]
Pos 20	Kølerum mejeri ombygning til CO2	Areal	22,6 [m²]	2-4°C	0,3 kW/m²	6,78	6,8 [kW]
Pos 22	Kølerum f/g ombygning til CO2	Areal	9,7 [m²]	2-4°C	0,2 kW/m²	1,94	1,9 [kW]
Pos 23	Kølerum bager ombygning til CO2	Areal	5,2 [m²]	2-4°C	0,2 kW/m²	1,046	1,0 [kW]
	Kølebehov netto						78,0 [kW]
	Kølebehov incl. sikkerhed på 5%			1,05			81,9 [kW]
Pos 9	Dobbelt frostgondol ryg mod ryg m. glas og led 5,0 m +	Længde	6,0 [m]	L1	Lukket	-29,0 [°C]	3,0 [kW]
Pos 10	Dobbelt frostgondol m. glas og led 5,0 m + 1 ende	Længde	6,0 [m]	L1	Lukket	-29,0 [°C]	3,0 [kW]
Pos 11	Dobbelt frostgondol m. glas og led 5,0 m + 1 ende	Længde	6,0 [m]	L1	Lukket	-29,0 [°C]	3,0 [kW]
Pos 12b	½ Dobbelt frostgondol m. glas og led 5,0 m + 1 ende	Længde	6,0 [m]	L1	Lukket	-29,0 [°C]	2,4 [kW]
Pos 19	Frostrum delikatesse ombygning til CO2	Areal	7,8 [m²]	-20 [°C]	0,25 kW/m²	1,95	2,0 [kW]
Pos 21	Frostrum ombygning til CO2	Areal	16,2 [m²]	-20 [°C]	0,25 kW/m²	4,05	4,0 [kW]
Pos 24	Frostrum bager ombygning til CO2	Areal	6,7 [m²]	-20 [°C]	0,35 kW/m²	2,345	2,4 [kW]
Pos 30	Frostrum slagter ombygning til CO2	Areal	5,8 [m²]	-20 [°C]	0,25 kW/m²	1,45	1,5 [kW]
	Kølebehov frost netto						21,3 [kW]
	Kølebehov incl. sikkerhed på 5%			1,05			22,4 [kW]

	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	I alt
Varme-mængde 1													
	GU	42.887	44.005	45.978	12.295	0	0	0	0	0	1.798	27.497	174.459
Varme-mængde 2													
	GU	12	0	163	465	1.291	13	300	572	1.928	4.762	2.344	11.874
I alt	kr.	3.712.075	3.888.380	3.986.924	1.086.106	61.239	611	14.206	27.116	91.448	225.808	2.380.385	15.680.617

	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	I alt
Fjernvarmelevering													
	GU	123	17	271	11.377	10.676	7.636	8.322	7.682	9.547	12.415	24.056	102.573
I alt	kr.	6.449	867	14.185	597.057	566.775	403.696	441.607	406.715	505.298	650.955	1.256.015	5.385.943

Data for år 2018	Januar	Februar	Marts	April	Maj	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	December	I alt
Energikøb i X-købing													
	[GU]	42.887	44.005	45.978	12.295	0	0	0	0	0	1.798	27.497	174.459
Energikøb i X-købing													
	[GU]	12	0	163	465	1.291	13	300	572	1.928	4.762	2.344	11.874
Energikøb i X-købing													
	[GU]	123	17	271	11.377	10.676	7.636	8.322	7.682	9.547	12.415	24.056	102.573
Samlet energikøb i X-købing													
	[GU]	43.022	44.022	46.412	24.136	11.967	7.649	8.621	8.354	11.476	17.177	28.198	268.906
Samlet energikøb i X-købing													
	[MWh]	11.960	12.238	12.903	6.710	3.327	2.126	2.397	2.295	3.190	4.775	7.839	80.316
Varmekøb variable udgifter inkl. afgifter													
	[kr.]	3.718.524	3.809.365	4.001.110	1.633.164	628.014	404.207	455.814	433.831	596.746	876.763	1.522.305	21.046.580
Varmekøb													
	[kr./MWh]	310,9	311,3	310,1	250,8	188,8	190,1	190,2	189,1	187,1	183,6	194,2	276,3
Køb af CO2 kvoter til varmeproduktionen X-købing													
	[kr./MWh]	40,9	41,0	40,9	30,7	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	19,5	21,0	35,1
Maginapris pr. MWh													
	[kr.]	361,8	362,2	351,0	281,5	208,3	209,7	209,7	208,6	206,6	203,1	216,2	261,1
Salg af overskudsvarme 2017 og 2018													
	[MWh]	0,0	0,0	0,0	2,6	12,2	16,7	23,4	19,6	21,7	11,4	1,4	106,1
Procent fordeling af samlet varmesalg pr. måned													
	[%]	0%	0%	0%	2%	11%	15%	21%	18%	20%	10%	1%	1

Beregning af Maginapris fra X-købing		
Maginapris fra X-købing	pr. MWh som et gennemsnit lft. leverede mængder.	209,8

Onkostninger for X-købing		
Investering i tekniske anlæg	[kr.]	0
Levering af overskudsvarme	[MWh]	109,1
Investering af tekniske anlæg afskrives over 5 år	[kr./MWh]	0,0
Drift og vedligehold	[kr./MWh]	0
Administration	[kr./MWh]	-10
Besparelser for X-købing		
Eftorning til pumper pr. MWh varme på højtryksskillet	[kWh/MWh varme]	6,1
Pris pr kWh ekskl. elafgift	[kr./MWh]	0,66
Eludgifter til pumper på højtryksskillet	[kr./MWh]	4,026
Købspris pr. MWh varme	[kr./MWh]	203,86

Samlet købspris ekskl. Moms	[kr.]	22.235,14
-----------------------------	-------	-----------

CO2 udgift pr. produceret energienhed	CO2 kvotespris	150 kr./tons
Blok 7 (kul)		
Udledt CO2 / produceret varme	75,9 kg/GJ	(beregnet værdi)
Udledt CO2 / produceret varme	273,3 kg/MWh	
Udgift	41,0 kr/MWh	
FFA (Afhold)		
Udledt CO2 / produceret varme	36,2 kg/GJ	(beregnet værdi)
Udledt CO2 / produceret varme	130,1 kg/MWh	
Udgift	19,5 kr/MWh	

Videnskabelige artikler

Fra partnerne bag **Super Supermarkeder** er der i projektperioden opnået publicering af fire videnskabelige artikler. De kan ikke bringes fuldt ud af ophavsretlige grunde.



12th IEA Heat Pump Conference 2017



Integration of the hidden refrigeration capacity as heat pump in smart energy systems

Torben Funder-Kristensen¹, Lars Finn Sloth Larsen², Jan Eric Thorsen³

¹ Ph.D. Head of Public & Industry Affairs, Danfoss, Nordborg, 6430, Denmark.
² Ph.D. Director of R&D innovations, Danfoss, Nordborg, 6430, Denmark.
³ M.Sc. Director of District Heating Application Center, Danfoss, Nordborg, 6430, Denmark.

Abstract

This paper describes the potentials of extending the traditional supermarket refrigeration systems to a wider energy context consisting of flexibility enabled electrical and thermal networks. Supermarket systems can become decentral heat producers and export heat to available thermal networks beyond the normal waste heat recovery by utilizing present 70% stand-on capacity in the systems. This capacity can further be utilized to help balance the production load on the electricity grid by an efficient conversion from electricity to heat, when the production from renewable sources like e.g. wind surpasses the immediate consumption. Investigations are based on real supermarket cases and technology choices in the aspect of low GWP refrigerants are evaluated. Barriers like electricity prices versus system COP and financing conditions like thermal network temperature lift is evaluated and a method of optimizing is suggested.

© 2017 Seating HPC 2017.

Selection and/or peer-review under responsibility of the organizers of the 12th IEA Heat Pump Conference 2017.

Keywords: Smart energy systems, Thermal storage, District Heating, CO₂ refrigerant, Supermarkets

1. Introduction

Heating and Cooling accounts for more than 50 % of the energy usage in the EU. The heating demand in China is notoriously known as a main contributor to the severe airborne pollution in the big cities and is necessarily looking into a transformation of its energy source. Heat pumps are well acknowledged clean energy providers which fit well many of the new energy paradigms mainly introducing carbon free energy production and increased electrification. It inherently means an increased amount of renewables and consequently also challenges in the management of electricity demand adopting to the supply fluctuations caused by wind and solar plants. Energy storage is a keyword in that context and storage can mainly be divided into electrical, chemical

Manuscript ID: 548
DOI: 10.18462/ijr.2019.548

Operation Costs for Heat Recovery from Supermarkets to District Heating Grids

Christian HEERUP

Danish Technological Institute

Gregersensvej 2, 2630 Taastrup, Denmark, chp@dti.dk

ABSTRACT

The rebuilding of three Danish supermarket CO₂ booster refrigeration plants with heat recovery heat exchangers is in the planning phase. The systems are situated in buildings heated by local district heating grids. The heating and cooling load characteristics have been analysed for one of the installations and control schemes suggested based on the cost profiles for power and heating, including distribution costs and taxes. The sale of excess heat to the grids is evaluated as well as the value of using auxiliary cooling load for maximising the heat produced in heat pump operation mode. The experience from operation of plants with an earlier design is integrated and the payback time for the investments is estimated. The results are analysed considering the state of the heating systems in the building and the local cost structures. The estimated direct payback period varies between three to ten years.

Keywords: Refrigeration, Carbon Dioxide, COP, Energy Efficiency, CO₂, district heating, heat recovery.

1. INTRODUCTION

To conserve energy and save costs and at the same time reduce carbon footprint, heating and cooling needs can be addressed by integrating systems. Furthermore, individual systems can be integrated across building perimeters in areas covered by a district heating grid.

The optimum way to achieve high efficiencies, when recovering heat from a CO₂ refrigeration system, is to use at least two temperature levels as supply temperature for the heating system, e.g. floor heating and radiators (Funder, 2017 and Mazur, 2018). However, heating systems in existing buildings supplied from a district heating network are designed for a relatively high supply temperature. On a district heating grid, the supply temperature is often in range of 60 to 75 °C with a return temperature of 30 to 35 °C. However, it is the experience that heating systems in supermarket buildings often return the higher temperatures, and the lower temperatures are returned by residence housing. See Fig. 1 for the supply and return temperatures as well as the heat demand

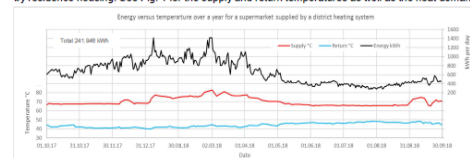


Figure 1. District heating demand and supply and return temperatures for a supermarket building.

PERFORMANCE AND CONTROL STRATEGIES ANALYSIS OF A CO₂ TRANS-CRITICAL BOOSTER SYSTEM

M. KARAMPPOUR, S. SAWALHA

Royal Institute of Technology (KTH), Energy Technology Department
 Banellvägen 68, SE-100 44, Stockholm, Sweden
mazur.karampour@energy.kth.se, samer.sawalha@energy.kth.se

ABSTRACT

This research paper theoretically studies the performance and control strategies of a CO₂ trans-critical booster system. A computer simulation with field measurement-based inputs is used to analyse the performance of the system. Energy usage/efficiency indicators including cooling-heating loads, electricity use and COPs are presented and discussed for an entire year. Subsequently, some of the controlled parameters are varied to evaluate their significance in energy saving.

According to the results, in the warm months, medium temperature cooling demand is 30-35% higher than cold months and the entire heat is rejected in the gas cooler while half of the dissipated heat is recovered in the de-superheater in cold months, following the suggested heat recovery control strategy. Considering the system as a heat pump, a high seasonal performance factor of 4 is achieved. Studying the control parameters shows that lowering the gas cooler approach temperature and increasing evaporation temperature in cabinets and freezers are the most efficient methods for energy saving. CO₂ trans-critical booster system with proper control strategies can provide the entire refrigeration and heating demands with high energy efficiency in relatively cold climates.

1. INTRODUCTION

Supermarkets are the largest consumers of greenhouse gas HFCs in Europe using one third of total EU consumption with high GWP refrigerant R404A as the most utilized cooling fluid (SKM Environs, 2012). On a global basis, supermarket refrigeration is also the refrigeration subsector with largest refrigerant emissions calculated as CO₂ equivalents. Several research studies report 3-22% annual refrigerant leakage rate in supermarket refrigeration systems (IPCC/TEAP, 2005). There is an on-going discussion in European Parliament to phase down HFCs. The suggestion by European Parliament's Environment Committee, with an unofficial agreement, is to ban use of any refrigerant with GWP higher than 150 for centralised systems larger than 40 kW from year 2022, with exception for primary cycle in cascade configurations to use refrigerants with GWP up to 1500 (Everything R744, 2014). As a consequence, the high GWP synthetic refrigerants are not seen as long term solution for supermarket refrigeration industry.

To avoid the damages to the environment, it was proposed to use the natural refrigerants. They exist in nature and thus implies that their usage will not lead to any unforeseen risks. In the supermarket refrigeration field, among the natural refrigerants, CO₂ gains market acceptance due to its good safety characteristics. CO₂ in supermarket refrigeration is the mainstream of new installations in some countries, mainly Scandinavia, due to the strict HFC ban policies and high efficiency in relatively cold climates. The state-of-the-art supermarket refrigeration solution is CO₂ trans-critical booster system, the number of this system solution installations in Europe has exceeded the double from 1331 to 2885 in less than two years (Shocco, 2014).

The trans-critical booster system has been reported to be able to cover the entire cooling and heating demands of an average size supermarket. The integration of refrigeration and heating in this system leads to less annual energy use when compared with a conventional R404A refrigeration system with separate heat pump for heating needs (Sawalha, 2015). The CO₂ system can be controlled to match well the simultaneous cooling and heating needs in the supermarket; however, it has to be controlled properly in order to run with the highest efficiency possible.

There is a considerable amount of commercial product-oriented publications on supermarket refrigeration control, some with focus on CO₂ components (mainly by Danfoss company). However, more academic research publications in this field are required which investigate the control strategies and examine the consequences of

3rd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, London, UK, 2014

International Journal of Refrigeration 86 (2018) 295–297



Contents lists available at ScienceDirect

International Journal of Refrigeration

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ijrefrig

State-of-the-art integrated CO₂ refrigeration system for supermarkets: A comparative analysis

Mazur Karampour, Samer Sawalha

Royal Institute of Technology (KTH), Energy Technology Department, Banellvägen 68, SE-100 44 Stockholm, Sweden

ARTICLE INFO

Article history:
 Received 1 August 2017
 Revised 2 November 2017
 Accepted 3 November 2017
 Available online 10 November 2017

Keywords:
 CO₂ trans-critical booster system
 Supermarket
 State-of-the-art
 System integration

ABSTRACT

This paper investigates the integrated and state-of-the-art features of CO₂ trans-critical booster systems. The main objective is to identify the most promising solutions in terms of energy efficiency impacts. First, the performance of modified features and integrated functions have been compared with the standard CO₂ system and alternative heating and air conditioning solutions. Subsequently, the performance of the defined state-of-the-art CO₂ system is compared to natural refrigerant-based cascade and HFC/HFO-based DX and indirect refrigeration solutions operating in cold and warm climates. The results indicate that two-stage heat recovery, flooded evaporation, parallel compression and integration of air conditioning are the most promising features of the state-of-the-art integrated CO₂ system. This compact and environmentally friendly system is the most energy efficient solution in cold climates, and is also an efficient solution in warm climates, with comparable efficiency to cascade and HFC/HFO DX systems, but with no excess or potential limitations.

© 2017 Elsevier Ltd and IIR. All rights reserved.

1. Introduction

The CO₂ trans-critical booster system has become the standard supermarket refrigeration solution for new installations in some European countries, mainly the Scandinavian countries. This technology acceptance originated from the fact that the system outperforms the conventional synthetic refrigerant-based system in cold climates (Finckh et al., 2011; Sawalha et al., 2017; Karampour and Sawalha, 2017). The heat recovery from this system is an appealing choice to provide the heating demands of supermarket (Reinholt and Madsen, 2010; Sawalha, 2013). Furthermore, it avoids the ever-lasting concerns of following environmental regulations and restrictions. The installation and operating cost of the system has become comparable to conventional solutions (Zetter et al., 2016).

There are two main innovation approaches pushing and spreading the applications of this system further south of Europe and beyond. The first is integration of all thermal functions in one compact unit. Air conditioning and heating integration provides a compact "plug & play" energy system, using electricity as the source energy and CO₂ as an environmentally friendly refrigerant. Compared to a complete stand-alone system, the integrated solution requires fewer components and less refrigerant. This contributes to

a considerable space saving. Furthermore, in larger supermarkets the integrated functions are provided by a set of compressors. This reduces the risk of service interruption in case of one compressor failure (compared to stand-alone systems). Finally, the integration provides better control communications between the HVAC/R systems.

The second approach is to modify the "standard CO₂ system" to increase its energy efficiency, focusing on warm climate operation. Flooded evaporation by ejectors, parallel compression, mechanical sub-cooling and gas cooler evaporative cooling are some of the most recently applied modifications introduced into the supermarket refrigeration sector. Some modification options including mechanical sub-cooling and evaporative cooling improve the gas cooling process and provide higher energy efficiency in warm climates, while features such as flooded evaporation improves the system energy efficiency in any climate.

The energy efficiency impacts of these modified features and integrated functions are presented and discussed by various researchers. The following are samples of the researches which investigate the positive impacts of single modifications; single or multi-ejectors (Häfer et al., 2014; Gullu et al., 2017; Schneberger et al., 2014), parallel compression (Javreshki et al., 2015; Javreshki et al., 2016; Karampour and Sawalha, 2015), flooded evaporation (Mietto et al., 2014a; Tambowise and Quack, 2007), mechanical sub-cooling (Llops et al., 2016a; Bosh et al., 2017), evaporative cooling (Girotto and Minetto, 2008; Iozza et al., 2007), and LT de-superheater (Llops et al., 2016b).

* Corresponding author.

E-mail address: mazur.karampour@energy.kth.se (M. Karampour).

samer.sawalha@energy.kth.se (S. Sawalha).

<https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2017.11.006>

0140-7007/© 2017 Elsevier Ltd and IIR. All rights reserved.

Dataopsamling

Here følger beskrivelse af de gennemførte dataopsamlinger

Varmegenvinding

Danfoss har udviklet en varmegenvindingsenhed (HRU) udgør forbindelsen mellem et køleanlæg og en varmeinstallation. HRU-unitten er udviklet og designet til genvinding af spildvarme fra køleanlæg, hvor der anvendes CO₂ som medie. Den kan bruges i installationer med forskellig ekstern varmforsyning, såsom fjernvarme, kedel eller anden varmekilde. HRU-unitten kan leveres som indirekte tilsluttede units med varmeveksler til varmekreds eller som direkte tilsluttet til et fjernvarmenet.



Specielt til områder, hvor det også er muligt at sælge overskudsvarme til fjernvarmenettet, er der blevet designet to versioner af HRU-unitten med indirekte forbindelse til fjernvarmenettet og direkte forbindelse. Det er en oplagt mulighed for yderligere at reducere varmeomkostningerne.

Alle HRU-units indeholder reguleringsventiler, regulator, pumper, følere, energimålere og varmeakkumuleringsstanke. Den nyudviklede P501 applikationsnøgle til ECL310 giver mulighed for overvågning og visualisering via ECL Portal. Enheden kan bestilles til en række kapaciteter.

Se yderligere omtale i appendiks og dette link.

<https://assets.danfoss.com/documents/DOC250586498730/DOC250586498730.pdf>

Afgiftsberegning ved forskellige COP-faktorer

I Dansk Fjernvarmes høringsbidrag til Skatteministeriets forslag til ny overskudsvarmelov er der følgende beregningseksempler på konsekvensen af forskellige COP faktorer.

I ændring til overskudsvarmeafgiften siger lovforslaget også, at hvis nyttiggørelsen af overskudsvarme finder sted ved varmepumper betales der kun overskudsvarmeafgift for den del af den nyttiggjorte varme, der overstiger 3 gange elforbruget. Dansk Fjernvarme fortolker dette på den måde, at med en varmepumpe på en COP-værdi på 3, hvor 1 del er el og 2 dele er overskudsvarme, skal der ikke betales overskudsvarmeafgift, da overskudsvarmeandelen ikke overstiger 3 gange elforbruget ($2/1=2$).

Ved en COP-værdi på 4,5, hvor 1 del er el og 3,5 dele er overskudsvarme, skal der betales overskudsvarmeafgift da overskudsvarmeandelen er 3,5 gange større end elforbruget ($3,5/1=3,5$). Der skal dog kun betales overskudsvarmeafgift af 0,5 af overskudsvarmen, da denne del er over 3 gange elforbruget.

I nedenstående to eksempler beregnes, hvad den samlede omkostning vil blive ved et overskudsvarmeprojekt baseret på varmepumper ved to forskellige COP-værdier:

- Beløbet beregnes inklusiv den nye fordeling af elafgiften
- Beløbet regnes ud fra den gældende elafgift.
- Det forudsættes at leverandøren laver en aftaleordning med Energistyrelsen

Eksempel 1: Varmepumpens COP sættes til 4.

Omregning mellem GJ og kWh: 278

Elforbrug: 1 GJ - Overskudsvarme: 3 GJ - Varmeproduktion: 4 GJ

Elvarmeafgift: 25,9 øre/kWh - Overskudsvarmeafgift 9,8 kr./GJ (Producent certificeret)

Varmeproduktion i forhold til elforbrug $4/1 = 4$ gange elforbruget.

Da varmeproduktionen ikke er mindre end 3 gange elforbruget skal hele elafgiften betales af fjernvarmeforbrugerne. Elafgiften bliver $25,9 \text{ øre/kWh} \times 278 = 72 \text{ kr.}$

Der skal kun betales overskudsvarmeafgift, hvis mængden af overskudsvarme er større end 3 gange elforbruget i varmepumpen. $3 \text{ GJ} / 1 \text{ GJ} = 3$. Overskudsvarmen er kun 3 gange større end elforbruget, hvorfor der ikke skal betales overskudsvarmeafgift.

Den samlede afgiftsbetaling til fjernvarmeforbrugerne bliver derfor på **72 kr.**

Afgiftsbetaling pr GJ modtaget overskudsvarme: **24 kr./GJ**

Afgiftsbetaling pr GJ produceret varme: **18 kr./GJ**

Som det ses af ovenstående 2 eksempler falder fjernvarmeforbrugernes afgiftsbetaling pr. produceret mængde varme, når COP værdien på varmepumpen bliver bedre. Dette på trods af, at der betales både elafgift og overskudsvarmeafgift ved en køle-/varmepumpe med en COP-værdi på over 4.

Men det vil stadigvæk være Dansk Fjernvarmes vurdering, at afgiftsbelastningen er for høj, for overskudsvarmeprojekter, der er baseret på en varmepumpe. Også med en faldende elafgift.

Hidtil har der ikke været en ordentlig praksis for fordelingen af elafgiften mellem kulde og varme ved varmepumper. Men det nuværende lovforslag til fordeling af elafgiften vil betyde følgende;

- For en stor del af kølingsprojekterne, hvor man samtidig med en varmepumpe udnytter varmen, vil varmepumpen have en COP på 3 eller mere. Dermed vil varmesiden (fjernvarmeforbrugerne) alene betale den høje elafgift, selvom hovedproduktet egentlig er køling til proces.
- Lovforslagets fordeling af elafgiften støtter ikke en større energieffektivitet i varmepumperne i form af bedre udnyttelse af overskudsvarmen via en højere COP-faktor.
- Der vil blive dårlige økonomi i at forsøge at udnytte overskudsvarme, hvor overskudsvarmen ikke har høje temperaturer, da disse projekter vil kræve en varmepumpe med en høj COP-faktor.

Dansk Fjernvarme vil derfor i stedet foreslå en anden fordeling af elafgiften mellem køling og varme, som er med til at tilskynde projekterne til at bruge en varmepumpe med en så høj COP-faktor som mulig:

Eksempel 2: Varmepumpens COP sættes til 4,5.

Omregning mellem GJ og kWh: 278

Elforbrug: 1 GJ - Overskudsvarme: 3,5 GJ - Varmeproduktion: 4,5 GJ

Elvarmeafgift: 25,9 øre/kWh - Overskudsvarmeafgift 9,8 kr./GJ (Producent certificeret)

Varmeproduktion i forhold til elforbrug $4,5/1 = 4,5$ gange elforbruget.

Da varmeproduktionen ikke er mindre end 3 gange elforbruget skal hele elafgiften betales af fjernvarmeforbrugerne. Elafgiften bliver $25,9 \text{ øre/kWh} \times 278 = 72 \text{ kr.}$

Der skal kun betales overskudsvarmeafgift, hvis mængden af overskudsvarme er større end 3 gange elforbruget i varmepumpen. $3,5 \text{ GJ} / 1 \text{ GJ} = 3,5$. Af mængden af overskudsvarme er $(3,5 - 3) 0,5 \text{ GJ}$ større end elforbruget, hvorfor der skal betales overskudsvarmeafgift af den del. Dette bliver $(9,8 \times 0,5) 4,9 \text{ kr.}$

Den samlede afgiftsbetaling til fjernvarmeforbrugerne bliver derfor på **76,9 kr.**

Afgiftsbetaling pr GJ modtaget overskudsvarme: **21,97 kr./GJ**

Afgiftsbetaling pr GJ produceret varme: **17,09 kr./GJ**

- På de anlæg hvor man udnytter varme fra varmesiden og kulde fra kølesiden skal elforbruget fordeles 50/50 eller 60/40. Det begrundes med, at der fremstilles lige så meget varme som kulde.
- 60/40 fordeling kan begrundes med, at der på anlæg med en COP på 3 anvendes 20 enheder elektricitet for at "fremstille" henholdsvis 40 enheder køling og 40 enheder varme. De 20 enheder elektricitet bliver til varme så der samlet bliver 60 enheder varme.

Aftale om køb af overskudsvarme



Aftale om køb af overskudsvarme

Indhold:

Aftale om køb af overskudsvarme

Bilag 1¹: Pris og betingelser

Bilag 2: Anlæg, leveringsgrænse samt teknisk data.

Version 27.08.2019

¹ Aftalen tager udgangspunkt i dokumentet: ”Aftalepunkter ved indgåelse af aftale om køb af overskudsvarme Januar 2015” Referencer til bilag afviger fra det oprindelige dokument.

Aftale om køb af overskudsvarme

1. Generelle bestemmelser²

1.1 Parterne i denne aftale er

Varmeselskab:

Adresse:

Postnr. og by:

CVR-nr.:

Kontaktperson:

Telefon nr.

Mailadresse:

(i det følgende kaldet "Varmekøber")

og

Supermarked

Installationsadresse:

Postnr. og by:

CVR-nr.:

Kontaktperson:

Telefon nr.

Mailadresse:

(i det følgende kaldet "Varmesælger")

("Varmekøber" og "Varmesælger" betegnes i fællesskab som "Parterne")

- 1.2 Aftalens formål er at fastlægge vilkårene for leverance af overskudsvarme fra Varmesælger til Varmekøber.
- 1.3 Parterne er enige om, at aftalens vilkår, herunder pris, til enhver tid skal være i overensstemmelse med ufravigelig lovgivning, herunder varmeforsyningsloven.
- 1.4 Varmesælger sikrer anmeldelse af aftalens vilkår, herunder pris, til Energitilsynet.

2. Etablering og ejerforhold

- 2.1 Varmesælger etablerer, ejer og driver alle anlæg, herunder vekslerarrangement og pumpeeffekt, frem til leveringspunktet, jf. Bilag 2 ("Leveringspunktet"). Varmekøber etablerer, ejer og driver forbindelsesledning fra Leveringspunktet og frem til Varmekøbers fjernvarmenet³.
- 2.2 Forbindelsesledning og øvrige tilslutningsanlæg skal være driftsklar⁴ jf. bilag 1.

² Hvor der er anført bestemmelser i skarp parentes, skal der enten ske konkret udfyldelse eller det forslag, der er indsat, skal konkret overvejes, fx aftalens uopsigelsesperiode i punkt 8.1.

³ Det følger af varmeforsyningslovens § 23 g, at fremføringsnet skal udskilles i et selvstændigt selskab, der ikke varetager anden virksomhed, såfremt anlægget ikke er 100 % forbrugerejet eller kommunalt ejet

⁴ Det kan være relevant at regulere projekterings- og anlægsfasen og parternes forpligtelser, forudsætninger for idriftsættelse, test periode osv. nærmere, afhængigt af størrelsen af projektet, herunder med projekt- og tidsplan for projektgodkendelse, myndighedsgodkendelser mv. Bemærk, at etablering af anlæg med støttebrændsel til overskudsvarmeproduktionen isoleret set som udgangspunkt vil være et kollektivt varmeforsyningsanlæg iht. varmeforsyningsloven og iht. projektbekendtgørelsen.

3. Leverings- og aftageforpligtelser

- 3.1 Varmesælger forpligter sig til at levere al overskudsvarme fra Varmesælgers anlæg, jf. bilag 2, til Varmekøber. Aftale om forventet varmesalg og opstart på leverance jf. bilag 1.
- 3.2 Varmen skal leveres i overensstemmelse med Varmekøbers tekniske krav til leverancen, herunder tryk- og temperaturkrav på både frem- og returløb, som nærmere specificeret i bilag 1.
- 3.3 Varmekøber er forpligtet til at aftage al overskudsvarme fra Varmesælgers anlæg, med mulighed for reduceret aftag i enkelte måneder. jf. bilag 1.
- 3.4 Begge parter skal kunne tåle fuldstændigt udfald af henholdsvis leverance og aftag. Varmekøber har selv ansvaret for reservekapacitet, og Varmesælger har selv ansvaret for bortskaffelse af varmen og kan ikke kræve erstatning for driftstab, medmindre en afbrydelse/reduktion skyldes grov uagtsomhed eller forsæt, jf. tillige punkt 7.3.

4. Drift og vedligeholdelse

- 4.1 Hver part bærer ansvaret og risikoen for egne anlæg, jf. bilag 2, og skal holde disse sædvanligt forsikret⁵. Det påhviler hver part at føre driftstilsyn og forestå drift og vedligeholdelse af egne anlæg⁶.
- 4.2 Parterne skal holde hinanden underrettede om enhver ændring i egne driftsforhold, der kan have indflydelse på den anden parts drift.
- 4.3 Parterne er berettiget til at foretage afbrydelse eller reduktion i leverance eller aftag af overskudsvarme iht. punkt 3.1 og 3.2 ovenfor, der skyldes eftersyn, kontrol eller vedligeholdelse af parternes anlæg, idet tilrettelæggelsen heraf skal ske efter aftale mellem parterne.

5. Måling

- 5.1 Varmemåleren, der bruges som afregningsmåler, leveres og ejes af Varmekøber. Varmemåler placeres som aftegnet på skitse, jf. bilag 2. Varmemåleren skal leve op til de til enhver tid gældende lov- og myndighedsforskrifter samt de krav til kontrol og kalibrering, der fremgår af bilag 1. Varmemåleren kontrolleres én gang årligt.⁷
- 5.3 Den leverede varmemængde [registreres mindst én gang i hver kalendermåned]⁸ på en af parterne nærmere aftalt dato til brug for afregning af den leverede varme. Målerresultatet skal kunne tilføres både Varmesælger og Varmekøber.

6. Pris og betalingsbetingelser samt anmeldelse til Energitilsynet

- 6.1 Varmekøber skal betale den pris for varmen, der er specificeret i bilag 1, det må forventes at prisen kan blive reguleret årligt, jf. priseftersynet.
- 6.2 Den i bilag 2 aftalte varmepris skal altid være i overensstemmelse med varmeprisreguleringen iht. varmemforsyningsloven og Energitilsynets praksis og skal reguleres i overensstemmelse hermed.

⁵ Det er væsentligt, at det klart aftales, hvem der etablerer, ejer og driver de enkelte anlæg. Såfremt varmemforsyningsvirksomheden ejer anlæg på virksomhedens grund, skal forhold omkring forsikring, ejendomsret, adgang til anlæggene, hvem der skal drifte og vedligeholde, samt evt. muligheder for at sikre sig i tilfælde af virksomhedens konkurs, kreditorforfølgning mv. overvejes.

⁶ Det kan særligt ved større projekter være relevant at aftale, at der afholdes regelmæssige driftsmøder, med en nærmere oplysning af, hvad parterne bør samarbejde om, fx revisionsperiode, produktion og aftag, investerings- og driftsplaner mv.

⁷ Yderligere regulering vedrørende målinger, herunder korrektion af afregning ved større afvigelser, hvem der sørger for kontrol og vedligehold kan indsættes, evt. i bilag 1.

⁸ Der vil ved større aftaler evt. være behov for kontinuerlige online målinger, som dels anvendes til varmemafregning, dels anvendes af Varmekøber til egne driftsforhold.

Parterne er forpligtet til at følge pålæg fra Energitilsynet vedrørende ændring af pris eller andre aftalevilkår, jf. tillige punkt 10.2 nedenfor⁹.

6.2 Leverancer af varme faktureres månedsvist bagud på grundlag af de målte mængder, jf. punkt 5.

6.3 Varmen forfalder til betaling [30 dage efter fakturadato]. Ved for sen betaling tillægges renter iht. den til enhver tid gældende rentelov.

7. Misligholdelse, erstatningsansvar, herunder produktansvar, og Force Majeure

7.1 I tilfælde af at en part væsentligt misligholder sine forpligtelser iht. aftalen, kan den anden part ophæve aftalen. Ophævelse forudsætter dog, at den part, der ønsker at ophæve aftalen, skriftligt har stillet krav om, at misligholdelsen bringes til ophør inden for en frist på 30 dage, og den anden part ikke har bragt misligholdelsen til ophør inden for denne frist.

7.2 En part kan endvidere ophæve aftalen i tilfælde af, at den anden part går konkurs, tages under rekonstruktionsbehandling, standser sine betalinger, tvangsopløses, likvideres eller lignende.

7.3 En part, der misligholder sine forpligtelser iht. denne aftale, er erstatningsansvarlig iht. dansk rets almindelige regler. Ingen af parterne kan dog ifalde erstatningsansvar for driftstab eller andre former for indirekte tab, medmindre der er handlet groft uagtsomt eller forsætligt. Omkostninger til reservekapacitet eller bortkøling af varme, jf. punkt 3.4 ovenfor, betragtes som driftstab.

7.4 Den i punkt 7.3 anførte ansvarsbegrænsning gælder tilsvarende produktansvar, medmindre der er tale om personskade eller andre forhold, som ikke lovligt kan fraskrives.

7.5 Ingen af parterne er ansvarlige for afbrydelser eller reduktion i leverance eller aftag, der skyldes fx brand, naturkatastrofer, strejke, lockout, tekniske fejl og nedbrud/havari, svigt af elforsyning, lov- og myndighedsindgreb mv. forudsat, at der er tale om forhold, som er uden for parternes kontrol, og som derfor ikke kan henføres til en parts fejl eller forsømmelse (Force Majeure).

8. Ikrafttræden, løbetid og opsigelse

8.1 Aftalen kan opsiges med et års skriftligt varsel til udgangen af en kalendermåned. Aftalen kan dog tidligst opsiges til ophør 5 år¹⁰ efter aftalens Ikrafttræden¹¹. Opsigelse er præciseret i bilag 1.

9. Genforhandling

9.1 Såfremt en eller flere af aftalens bestemmelser måtte komme i strid med præceptiv lovgivning, herunder varmemforsyningsloven, præceptive administrative forskrifter og pålæg mv., skal der indledes forhandlinger med henblik på at bringe aftalen i overensstemmelse hermed, jf. dog punkt 6.2.

9.2 Enhver af parterne kan endvidere forlange aftalen genforhandlet, hvis forudsætningerne for partens indgåelse af aftalen efterfølgende ændres væsentligt, fx som følge af ændringer i afgifts- og tilskudsforhold, jf. dog punkt 6.2.

⁹ Varmeforsyningen kan ikke lovligt betale en varmepris, der overstiger maksimalprisen iht. varmemforsyningsloven, dvs. den laveste af hhv. den omkostningsbestemte pris og substitutionsprisen. Der er derfor behov for, at det aftales, at prisen iht. aftalen reguleres i overensstemmelse hermed. Opstår der fx en ny substitutionsproduktion i aftalens løbetid, vil det kunne få betydning for varmeprisen. Det kan evt. supplerende aftales, at Varmesælger kan forlænge afskrivningsperioden på anlæggene (og evt. tilsvarende Varmekøber mht. fx transmissionsledningen), såfremt dette er nødvendigt for at sikre en lovlig varmepris, og at uopsigelighedsperioden i punkt 8 evt. ændres tilsvarende).

¹⁰ Aftalens varighed og uopsigelighedsperiode vil skulle afpasses investeringernes størrelse og afskrivningsperioden. Efter varmemforsyningslovgivningen (afskrivningsbekendtgørelsen) skal anlæg, som varmen skal betale til, afskrives over en periode på minimum 5 og maksimum 30 år.

¹¹ Aftalen træder i kraft ved underskrift. Såfremt der går lang tid mellem underskrift og idriftsættelse, bør dette medinddrages ved fastsættelse af aftalens varighed og evt. uopsigelighedsperiode.

- 9.3 Såfremt der ved genforhandling ikke kan opnås enighed mellem parterne, kan hver part vælge at indbringe spørgsmålet eller uoverensstemmelsen for Energitilsynet og/eller Voldgiftsinstituttet, jf. punkt 10. Nærværende aftale er gældende, indtil der foreligger en endelig voldgiftskendelse eller endelig upåklaget og upåanket afgørelse fra Energitilsynet, Energiklagenævnet eller domstolene.

10. Tvister

- 10.1 Enhver tvist, som måtte udspringe af denne aftale, skal i videst muligt omfang søges løst ved gensidige imødekomende forhandlinger. Fører sådanne forhandlinger ikke til en løsning, kan enhver part kræve, at tvisten afgøres endeligt ved voldgift af Voldgiftsinstituttet efter de af Voldgiftsinstituttets til enhver tid vedtagne regler herom.
- 10.2 Såfremt tvisten involverer varmeforsyningslovens prisbestemmelser eller anden regulering, som hører under Energitilsynet med klageadgang til Energiklagenævnet, skal tvisten uanset punkt 10.1 ovenfor afgøres af disse myndigheder efter de til enhver tid gældende regler herom. En afgørelse fra Energiklagenævnet kan indbringes for de almindelige domstole.

11. Ikrafttræden

- 11.1 Aftalen træder i kraft ved parternes underskrift ("Ikrafttræden").

Aftalen underskrives i to enslydende originale eksemplarer, hvoraf hver part beholder et eksemplar.

Dato:

For Varmesælger

For Varmekøber

.....
[Navn, og titel]¹²

.....
[Navn, og titel]

Bilag:

Bilag 1: Pris og betingelser¹³

Bilag 2: Anlæg, leveringsgrænser samt tekniske data¹⁴

¹² Der bør sikres, at underskriver er tegningsberettiget eller har fornøden stillingsfuldmagt til at kunne indgå aftalen.

¹³ I bilaget bør bl.a. indgå beregning af prisen, specificering af omkostningselementer, investeringer og afskrivninger, herunder afskrivningsperiode, afgifter, evt. fordeling af fællesomkostninger, specificering af særømkostninger for varmen, oplysning om substitutionspris, proces for kontrol af, at prisen følger varmeprisreguleringen i varmeforsyningsloven.

¹⁴ I bilaget bør anlæg, ejerforhold og alle tekniske forhold beskrives, herunder bl.a. P&I Diagram, Flow, temperaturer, tryk, anlægsskitse med angivelse af Leveringssted, placering af målere mv.

Bilag 1: Pris og betingelser

Jf. pkt. 2.1: Leveringspunktet er anvist på diagrammet i Bilag 2, samt evt. dokumenteret via foto. Evt. bemærkninger:

Jf. pkt. 2.2: Anlægget skal være driftsklar d. _____

Jf. pkt. 3.1: Varmesælger forventer at levere varme fra d. _____

Jf. pkt. 3.1: Det forventede årlige varmekøb er _____ MWh

Jf. pkt. 3.2: Temperatur frem: _____ °C, tolerance: _____ K

Temperatur retur: _____ °C, tolerance: _____ K

Leveringstryk i fremløbsledning _____ Bar, tolerance: _____ %

Max tryk i fremløbsledning: _____ Bar

Jf. pkt. 3.3 Af hensyn til købers øvrige produktion fordeles varmesalget som følgende: [MWh]

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec

Acceptable tolerancer i varmekøb: _____ %

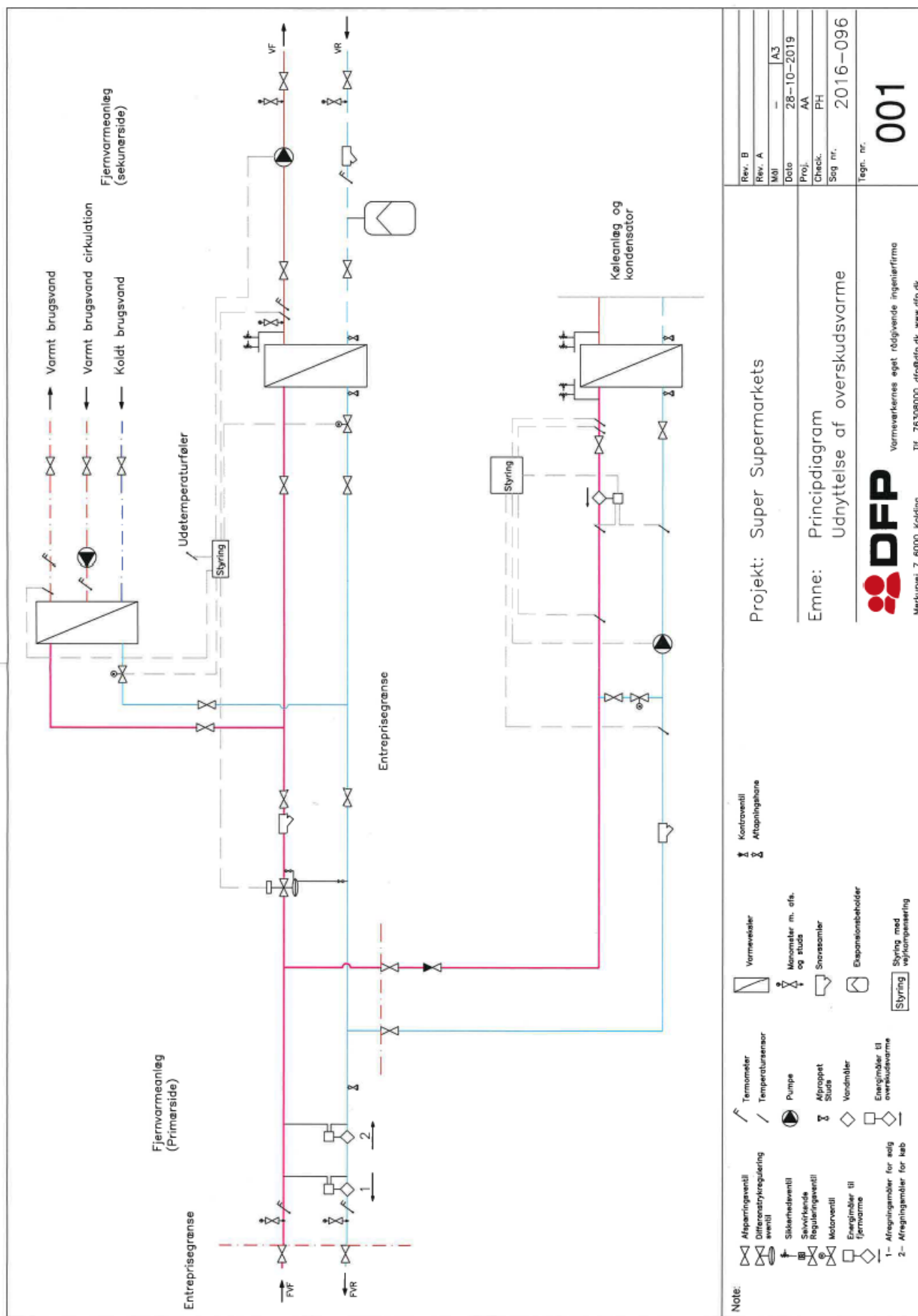
Evt. særlige forhold vedrørende varmeaftaget:

Jf. pkt. 5.1:Evt. Særlige krav til kontrol og kalibrering af målere:

Jf. pkt 6.1: Pris for overskudsvarme [kr./MWh]:

Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec

Jf. pkt. 8.1: Aftalen kan tidligst opsiges til ophøre efter _____ år efter aftalens Ikrafttræden. [5-30 år].



Data sheet

HRU – Heat Recovery Unit

General description and application



Danfoss Heat Recovery Unit provide the link between a Cooling unit and the heating installation. It is developed and designed for recovery of waste heat from refrigeration installations, where CO₂ is used as medium. It can be used in installations with different external heat supply, such as District energy, boiler or other heat source. The HRU units can be delivered as indirect connected substations with heat exchanger for heating circuit (type A2) or as directly connected to a District Heating Utility network (type A4).

Especially for areas where it is possible to return back heat to District Heating Utility network, two versions of the HRU units were designed with indirect connection to DHU network (type A1) and direct connection (type A3). This solution allows to return heat into primary network and sell it. It is a perfect opportunity to reduce heating payments from waste heat.

All HRU include control equipment (regulating valves, controller, pumps), measuring devices (sensors, heat meters) and heat accumulation tanks. The newly developed application key for ECL310 allows monitoring and visualizing via ECL Portal.

Maximum operating parameters

Primary	
Maximum permissible supply temperature, primary*	90 °C
Maximum permissible operating pressure, primary	10 bar
Rated pressure, primary	PN 10
Secondary heating	
Maximum permissible temperature, secondary*	90 °C
Maximum permissible operating pressure, secondary	(A1, A2) – 6 bar, (A3, A4) – 10 bar
Minimum required pressure (static), water supply	1,0 bar
CO₂ heat supply	
Maximum permissible temperature, secondary	90 °C
Maximum permissible operating pressure, secondary	(A1, A2) – 6 bar, (A3, A4) – 10 bar
Minimum required pressure (static), water supply	1,0 bar

* For higher temperatures – contact Danfoss

Materials

Pipes, fittings, flanges, valves (Primary side)	P235GH, EN-GJL-250 (GG25), CuZn36Pb2As
Pipes, fittings, flanges, valves (Heating side)	P235GH, EN-GJL-250 (GG25), CuSn5Pb5Zn5-C (RG-5)
Heat exchanger	1.4404 with Cu solder
Insulation	Elstomeric Foam (Nitrile Rubber) – $\lambda = 0.035$ W/mK (piping) PU foam – $\lambda = 0.029$ W/mK (heat exchanger)

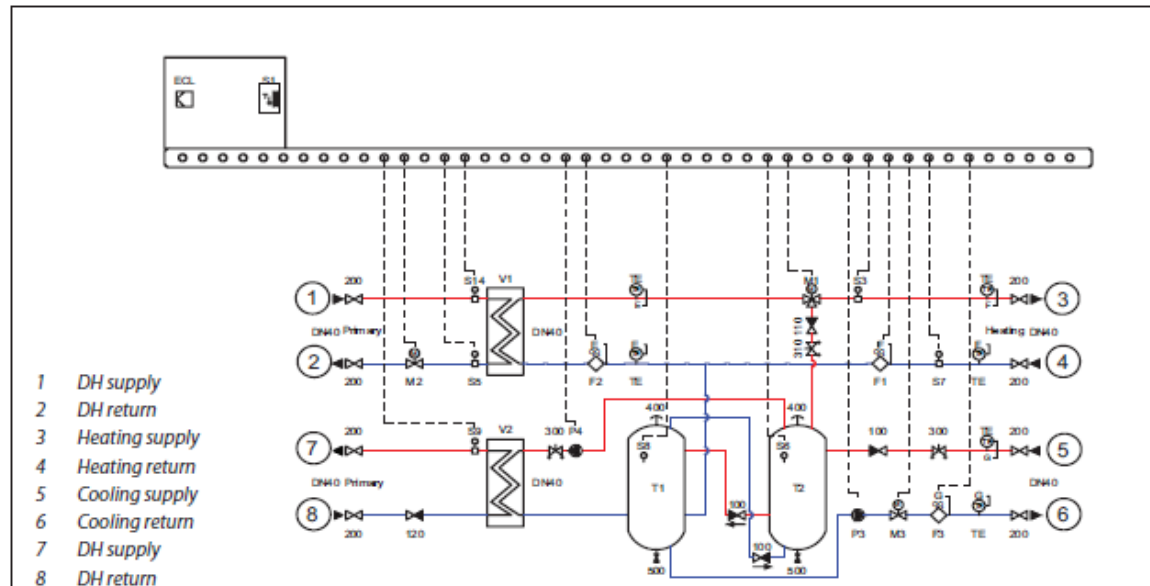


Data sheet

HRU – Heat Recovery Unit

Circuit diagram A1

Indirect connection to DHU network with possibility of transfer heat outside heating system



A1 selection list

		CO ₂ output [kW] (Sales demand)					
		up to 50	up to 75	up to 100	up to 150	up to 300	up to 400
Heating demand [kW]	14	146B8200	146B8201	146B8202	146B8203	146B8204	146B8205
	22	146B8206	146B8207	146B8208	146B8209	146B8210	146B8211
	34	146B8212	146B8213	146B8214	146B8215	146B8216	146B8217
	54	146B8218	146B8219	146B8220	146B8221	146B8222	146B8223
	85	146B8224	146B8225	146B8226	146B8227	146B8228	146B8229
	135	146B8230	146B8231	146B8232	146B8233	146B8234	146B8235
	216	146B8236	146B8237	146B8238	146B8239	146B8240	146B8241
	338	146B8242	146B8243	146B8244	146B8245	146B8246	146B8247
	540	146B8248	146B8249	146B8250	146B8251	146B8252	146B8253

Function

Waste heat is transferred via a heat exchanger (not included in the delivery of HRU) but as part of the cooling unit, with water as medium into supply storage tanks (T2 and T1). The temperature sensor (S6) check the temperature in tank (T2) and send a signal to a 3-way valve (M1), which will open and heat accumulated in tanks will be transferred into the heating circuit. Lower demand for heat will cause closing of the controlling valve (M2) and reduce or cut the need for energy from the external heat source. The temperature sensor (S8) closes the control valve (M3) when the temperature reaches the desired level and no more heat can be accumulated. Secondary heat meters (F1 and F2) are measuring flow and heat meter F3 on the CO₂ circuit calculate the waste energy.

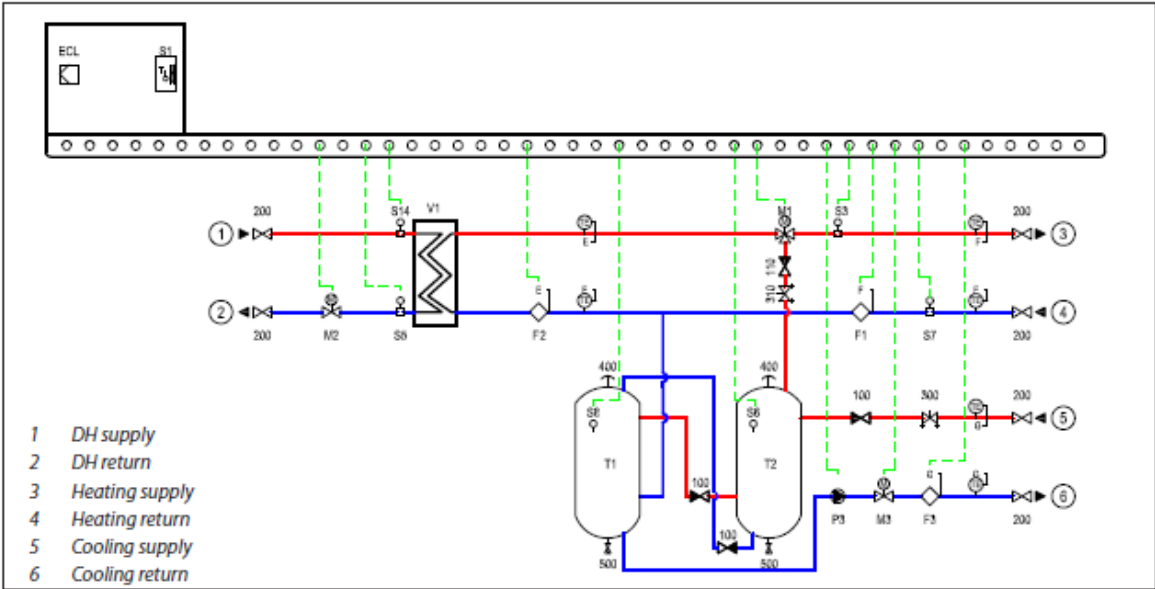
The primary function is to recover as much energy as possible, and secondary as high temperature as possible, we always prioritize usage of heat recovered from cooling unit, before supplying from external heat source.

A1 version offers returning heat back into the district heating network or other heat receiver via heat exchanger V2. If the waste energy is more than we can reuse our self, the pump P4 is activated and we will start selling energy.



Data sheet HRU – Heat Recovery Unit

Circuit diagram A2 Indirect connection to DHU network



A2 selection list

		CO ₂ output [kW]					
		50	75	100	150	300	400
Heating demand [kW]	14	146B8254					
	22	146B8255					
	34	146B8256					
	54	146B8257	146B8258				
	85	146B8259	146B8260	146B8261			
	135	146B8262	146B8263	146B8264	146B8265		
	216	146B8266	146B8267	146B8268	146B8269	146B8270	
	338	146B8271	146B8272	146B8273	146B8274	146B8275	146B8276
	540	146B8277	146B8278	146B8279	146B8280	146B8281	146B8282

Function

Waste heat is transferred via a heat exchanger (not included in the delivery of HRU) but as part of the cooling unit, with water as medium into supply storage tanks (T2 and T1). The temperature sensor (S6) check the temperature in tank (T2) and send a signal to a 3-way valve (M1), which will open and heat accumulated in tanks will be transferred into the heating circuit. Lower demand for heat will cause closing of the controlling valve (M2) and reduce or cut the need for energy from the external heat source. The temperature sensor (S8) closes the control valve (M3) when the temperature reaches the desired level and no more heat can be accumulated. Secondary heat meters (F1 and F2) are measuring flow and heat meter F3 on the CO₂ circuit calculate the waste energy.

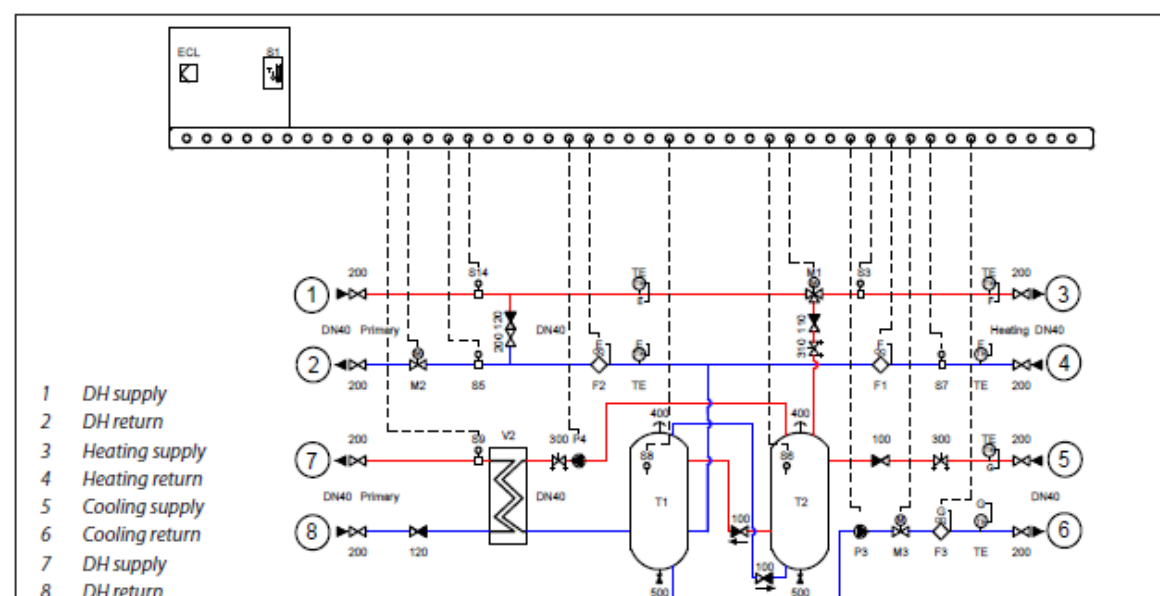
The primary function is to recover as much energy as possible, and secondary as high temperature as possible, we always prioritize usage of heat recovered from cooling unit, before supplying from external heat source.

Data sheet

HRU – Heat Recovery Unit

Circuit diagram A3

Direct connection to DHU network with possibility of transfer heat outside heating system



A3 selection list

		CO ₂ output [kW] (Sales demand)					
		up to 50	up to 75	up to 100	up to 150	up to 300	up to 400
Heating demand [kW]	14	146B8283	146B8284	146B8285	146B8286	146B8287	146B8288
	22	146B8289	146B8290	146B8291	146B8292	146B8293	146B8294
	34	146B8295	146B8296	146B8297	146B8298	146B8299	146B8300
	54	146B8301	146B8302	146B8303	146B8304	146B8305	146B8306
	85	146B8307	146B8308	146B8309	146B8310	146B8311	146B8312
	135	146B8313	146B8314	146B8315	146B8316	146B8317	146B8318
	216	146B8319	146B8320	146B8321	146B8322	146B8323	146B8324
	338	146B8325	146B8326	146B8327	146B8328	146B8329	146B8330
	540	146B8331	146B8332	146B8333	146B8334	146B8335	146B8336

Function

Waste heat is transferred via a heat exchanger (not included in the delivery of HRU) but as part of the cooling unit, with water as medium into supply storage tanks (T2 and T1). The temperature sensor (S6) check the temperature in tank (T2) and send a signal to a 3-way valve (M1), which will open and heat accumulated in tanks will be transferred into the heating circuit. Lower demand for heat will cause closing of the controlling valve (M2) and reduce or cut the need for energy from the external heat source. The temperature sensor (S8) closes the valve (M3) when the temperature reaches the desired level and no more heat can be accumulated. Secondary heat meters (F1 and F2) are measuring flow and heat meter F3 on the CO₂ circuit calculate the waste energy.

The primary function is to recover as much energy as possible, and secondary as high temperature as possible, we always prioritize usage of heat recovered from cooling unit, before supplying from external heat source.

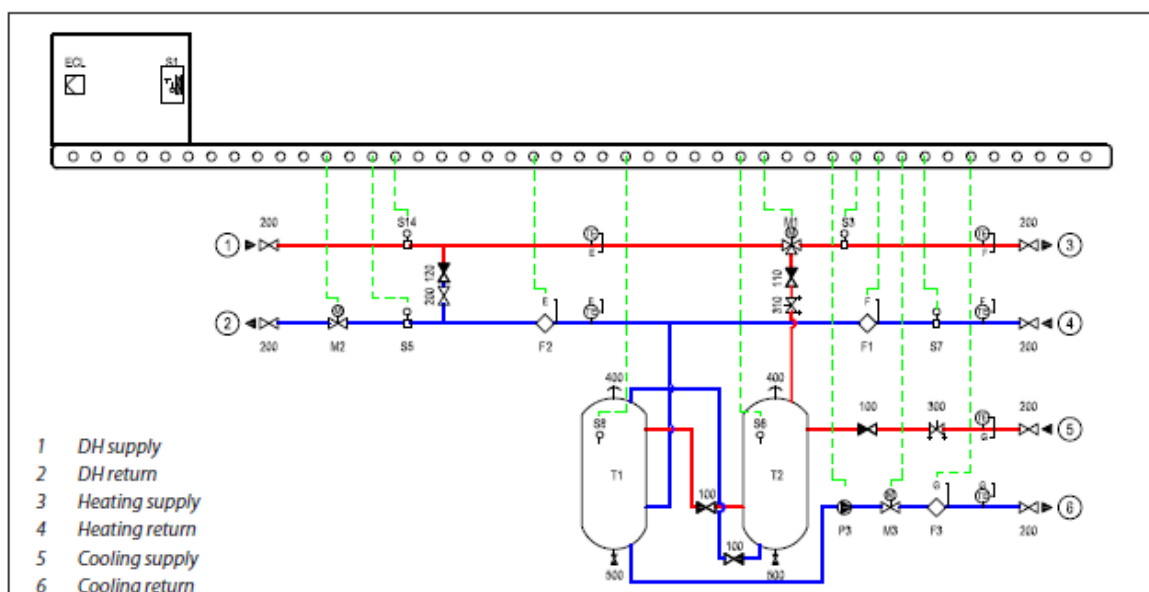
A3 version offers returning heat back into the district heating network or other heat receiver via heat exchanger V2. If the waste energy is more than we can reuse our self, the pump P4 is activated and we will start selling energy.

Data sheet

HRU – Heat Recovery Unit

Circuit diagram A4

Direct connection to DHU network



A4 selection list

		CO ₂ output [kW]					
		50	75	100	150	300	400
Heating demand [kW]	14	146B8337					
	22	146B8338					
	34	146B8339					
	54	146B8340	146B8341				
	85	146B8342	146B8343	146B8344			
	135	146B8345	146B8346	146B8347	146B8348		
	216	146B8349	146B8350	146B8351	146B8352	146B8353	
	338	146B8354	146B8355	146B8356	146B8357	146B8358	146B8359
	540	146B8360	146B8361	146B8362	146B8363	146B8364	146B8365

Function

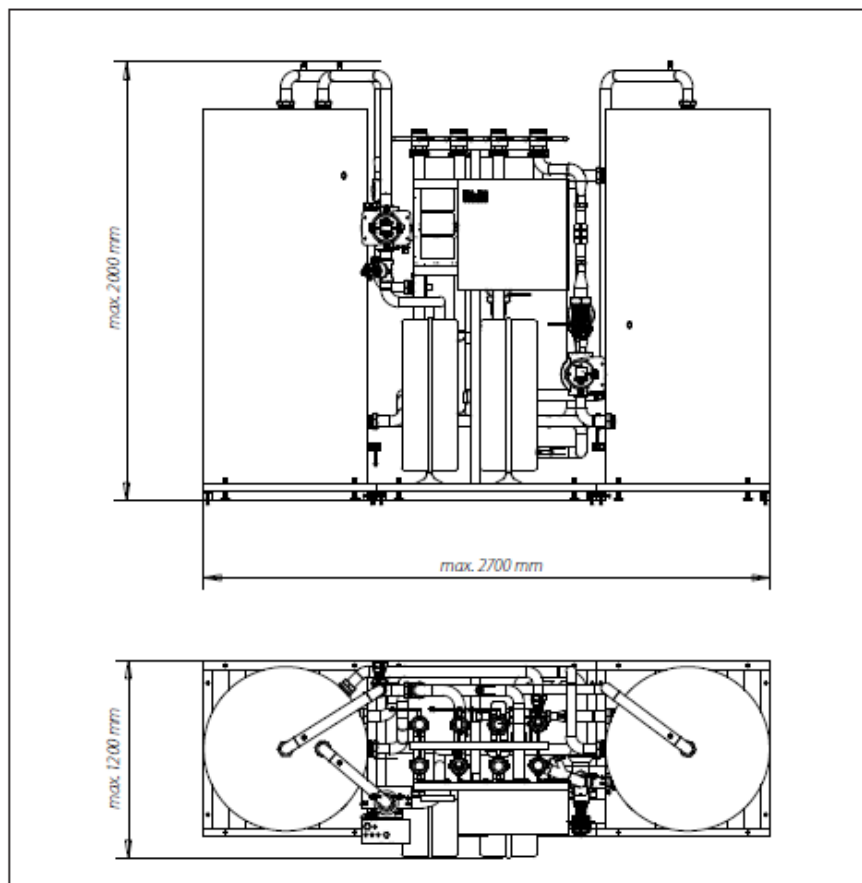
Waste heat is transferred via a heat exchanger (not included in the delivery of HRU) but as part of the cooling unit, with water as medium into supply storage tanks (T2 and T1). The temperature sensor (S6) check the temperature in tank (T2) and send a signal to a 3-way valve (M1), which will open and heat accumulated in tanks will be transferred into the heating circuit. Lower demand for heat will cause closing of the controlling valve (M2) and reduce or cut the need for energy from the external heat source. The temperature sensor (S8) closes the control valve (M3) when the temperature reaches the desired level and no more heat can be accumulated. Secondary heat meters (F1 and F2) are measuring flow and heat meter F3 on the CO₂ circuit calculate the waste energy.

The primary function is to recover as much energy as possible, and secondary as high temperature as possible, we always prioritize usage of heat recovered from cooling unit, before supplying from external heat source.

Data sheet

HRU – Heat Recovery Unit

Dimensions



Component overview

Item	Description
100,110,120	Check valve
200	Shut-off Ball valve
300	Balancing valve MSV-BD (ver. A1, A3)
310	Balancing valve MSV-BD
400	Air vent
500	Drain
F1,F2,F3	Heat meter
M1	Motorized Control valve HE (3-way) VRB3+AMV
M2, M3	Motorized Combi valve AHQM + AMV
P3	Pump
P4	Pump (ver. A1, A3)
S1	Outdoor temperature sensor, ESMT
S3, S5, S7,S9, S14	Surface temperature sensor, ESM-II
S6, S8	Immersion temperature sensor, ESMU 250
T1, T2	Tank 6 bar(ver. A1, A2), Tank 10 bar(ver. A3, A4)
V1	Heat exchanger XB 37/XB 59 (ver. A1, A2)
V2	Heat exchanger XB 37/XB59 (ver. A1, A3)
ECL	Electronic controller+ A501

Danfoss can accept no responsibility for possible errors in catalogues, brochures and other printed material. Danfoss reserves the right to alter its products without notice. This also applies to products already on order provided that such alterations can be made without consequential changes being necessary in specifications already agreed. All trademarks in this material are property of the respective companies. Danfoss and the Danfoss logotype are trademarks of Danfoss A/S. All rights reserved.

