

Udnyttelse af varmeproduktion fra supermarkeders køleanlæg i fjernvarmesystemet



Kandidatprojekt Energiteknologi 2017

Teknisk fakultet

SDU – Odense

Udarbejdet af:
Claus Meineche

Vejleder:
Henrik Wenzel
Lars Yde
Abid Rabbani

22. maj 2017

Abstract

The overall purpose of this master thesis is to investigate the potential of implementing Danish supermarkets' waste heat into the local district heating grids. The thesis applies a convergent mixed methods research design. This approach to inquiry by definition involves collecting both quantitative and qualitative data, integrating the two forms of data. The study is carried out as a quantitative case study in combination with qualitative focus group interviews.

The thesis investigates whether Danish supermarkets generate more heat than they need for space heating purposes. In doing so, the thesis explores the amount of heat generated in Danish supermarkets and the profitability of supermarkets using combined heating and cooling units. Furthermore, the thesis investigates how the application of supermarkets' heat production impacts on the district-heating grid and the heat production sources traditionally used, and the financial effect of the implementation of a combined heating and cooling unit. Moreover, it explores what Danish district heating grids consider a hindrance that might interfere with or prevent them from implementing supermarkets' heat production into their flows.

The case study uses the district-heating grid of Bjerringbro in Denmark and the six supermarkets located in this area as a case in point. Five of the supermarkets are discount supermarkets (Kiwi, Aldi, Netto, Fakta and Meny) with a floor space ranging from 700 to 1,140 m². The last supermarket is a SuperBrugsen with a total floor space of 2,000 m². The local heating grid in Bjerringbro generates in total 87,025 MWh (2,271 heat meters) and applies three different heat production sources: a combined heat and power plant using gas, a natural gas boiler and an integrated heating and refrigeration pump with aquifer thermal energy storage (ATES). The district-heating grid in Bjerringbro was selected as a case in point as it is assumed to constitute an average Danish district-heating grid.

In the focus group investigation, six representatives of Danish district-heating grids were asked to verbalize what they consider problematic when implementing waste heat from supermarkets into their grids. Of the six participants, three represented grids that have already implemented the integrated solution and three represented grids, which are supposed to implement the solution in near future.

The conducted analysis showed, that the six supermarkets in Bjerringbro produce in total 920 MWh heat annually, what is 17% more than they use for internal space heating. Because supermarkets produce more heat during winter time than they actually need for space heating they are forced to sell 204 MWh annually (22.2 percent) of their total heat production (920 MWh/year) to the district-heating grid and buy it back again in the winter. The optimal and realistic way of running a combined heating and cooling unit that takes into account the seasonal differences produces an annual revenue of DKK 187.384. The payback period for the small supermarket is 7 years and for the big supermarket 4.9 years. A sensitivity analysis demonstrated that a reduction of the surplus heat tax to DKK 82 MWh for units that take into account seasonal differences increases the revenue with 31 percent. If the delivery price would change from DKK 200 to DKK 300 the revenue would increase with 18 percent. If the Danish public-service-obligation (PSO) fee is eliminated the revenue would increase with 9 percent.

To test how the Bjerringbro district-heating grid would react to an implementation of the heat production from the six supermarkets located in the area, the thesis used a simulation model that base on the assumption that in order for the system to be able to provide a significant environmental benefit the simulation must use the socio-economic optimal processing mode. The analysis showed that when this processing mode is applied the six supermarkets are able to contribute with 4.7 percent of the annual heating requirement in Bjerringbro. Is this amount of heat integrated into the district-heating grid, it, however, would decrease the usage of the natural gas boiler from 50.2 to 46.1 percent. As for the combined heat and power plant the usage would result

in a reduction from 34.4 to 33.8 percent. Regarding the integrated heating and refrigeration pump the implementation would not cause any changes. For the district -heating grid in Bjerringbro the implementation would result in annual cost savings of DKK 408,702 in total, thereby increasing the profit with 5.3%. If the district-heating grid in Bjerringbro is considered an average district heating grid in Denmark, the Danish supermarkets can be assumed to be able to generate an annual heat production of 1,147,955 MWh what covers the average heat rate of 63,423 households.

The focus group investigation showed that the six representatives from Danish district heating grids reported five different types of hindrances that might interfere or prevent district heating grids to adopt the integrated solution: technical hindrances (mainly related to the acceptable temperature level, seasonal production differences, and potential technical problems in the supermarkets), economic hindrances (pricing, the administrative requirements, and a potential decreased turnover), legal hindrances (in particular the Danish heat supply law (Varmeforsyningsloven), geographical hindrances (energy loss when supermarkets are located in areas with a small heat demand) and role-oriented hindrances (the need for new competences and how to cooperate with each other).

The thesis has generated new knowledge about the usage of supermarkets' heat production in Danish district-heating grids. This knowledge might be useful when deciding whether the usage of the heat production from supermarkets is a beneficial socio-economic alternative to the conventional solutions. The conducted analysis indicate that this type of heat production can contribute with 3.2 percent of the total heat requirements in Denmark, and is thus to be considered an attractive alternative.

Indholdsfortegnelse

1. Introduktion	1
Problemformulering	2
Valg af metode og empiri	2
Valg af teori	2
Afgrænsning.....	3
Rapportstruktur	3
2. Teori	4
Køleanlæg og varmeproduktion	4
Teoretisk opnåelig effektivitet.....	6
Praktisk opnåelig effektivitet i køle- og varmeanlæg	6
Supermarkeders køleanlæg	8
Anvendelsesgrad af supermarkedernes anlægskapacitet.....	8
CO ₂ som nyt kølemiddel til supermarkeder.	10
Kommercielle CO ₂ -køle- og varmeanlæg på markedet	12
Danske fjernvarmenet	14
Bjerringbro fjernvarmenet	14
Bjerringbros supermarkeder	15
Supermarkeder med varmeproduktionspotentialer i Danmark.....	16
Afgifter og subsidier	19
Ægte og falsk overskudsvarme	19
Energispareaftalen.....	19
PSO-afgiften.....	20
Forsyningssikkerhedsafgiften og energiafgiften	20
Overskudsvarmeafgift	20
Varmepumpereglen.....	21
Barrierer.....	22
3. Metode og analyse.....	24
Forskningsspørgsmål 1	25
Dataindsamling og analysemetode	25
Forskningsspørgsmål 2	32
Dataindsamling og analysemetode	32
Forskningsspørgsmål 3	34

Data og dataindsamling	34
Fokusgruppeinterviews	34
Deltagere i fokusgrupperne.....	34
Praktisk afvikling af fokusgruppemøderne	37
Analysemetode.....	39
Transskribering af videooptagelser af fokusgruppemøder	39
Analyse af fokusgruppeinterviews	39
4. Resultater	48
Forskningsspørgsmål 1	48
Spørgsmål 2	50
Forskningsspørgsmål 3	54
5. Diskussion	57
Supermarkeders varmeproduktion og eget varmebehov	57
Fjernvarmenettets reaktion på implementering af varmeproduktion fra supermarkeder	58
Perspektivering.....	60
Diskussion af undersøgelsesdesign	61
6. Konklusion.....	63
7. Referenceliste:	65
8. Bilagsliste	68
Bilag 5 a – udfaset PSO	69
Bilag 5 b – reduceret overskudsvarmeafgift.....	70
Bilag 5 c – reducerede investeringsomkostninger	71

Forord

Nærværende kandidatspeciale er udarbejdet på 10. semester på uddannelsen Energiteknologi ved Syddansk Universitet. Projektet er udarbejdet i perioden 1. februar til 22. maj 2017.

Udarbejdelsen af specialet er sket i samarbejde med EUDP-projektet "Super Supermarkets", hvor jeg gennem min ansættelse i CLEAN har varetaget en række opgaver. De indsamlede data vil således ligeledes indgå i diverse CLEAN-projekter.

Projektet er udarbejdet under vejledning af:

- Henrik Wenzel, SDUs livscykluscenter
- Lars Yde, Energiplan Fyn
- Abid Rabbani, Institut for kemi-, bio-, og miljøteknologi, SDU

En række personer, har bidraget til projektet med relevante oplysninger. Jeg takker følgende for inspiration og information til projektet:

- Lotte Gramkow, Senior Project manager, CLEAN
- Vladyslav Babych, Technical Project manager, Advansor A/S
- Peter Bjerg, konsulent, Danfoss A/S
- Torben Funder Kristensen, Danfoss A/S
- Tom Gøtttsch, direktør, AK-Centralen A/S
- Kurt Mortensen, teknisk konsulent, Dansk Fjernvarme
- Peter Kjærgaard Svendsen, chef for energioptimering, COOP Danmark A/S Ejendomme
- Hans Baden, fjernvarmeingeniør, Ivar Lykke Kristensen A/S Rådgivende Ingeniører
- Kasper Schultz, faglærer i køleteknik, Aarhus Maskinmesterskole

I projektet indgår en fokusgruppeundersøgelse. Jeg takker følgende deltagere for deres tid og interesse for projektet:

- Charles Winther Hansen, driftsleder, Bjerringbro Fjernvarme A.M.B.A
- Steen Thøgersen, driftsleder, Bramming Fjernvarme A.M.B.A
- Steen Erik Hansen, driftsleder, Andelsselskabet Mølholm Varmeværk
- Erik Wolff, direktør, Sønderborg Fjernvarme A.M.B.A.
- Jan Roer, driftsleder, Odder Fjernvarme A.M.B.A.
- Karsten Jørgensen, driftsleder, Skjern Fjernvarme A.M.B.A.

Bilagsliste

Nedenfor er oplistet de bilag, der nævnes i specialet. Bilag er alle vedlagt på CD-Rom. De med (*) markerede er desuden bagest i rapporten

1. Satellitfotos af supermarkeder
2. Tekniske og økonomiske specifikationer for Advansor XS 2x2 VP (800m²) og S 3x3 CU (2000 m²)
3. Eksempel Pack Calculation Pro
4. Selskabs- og samfundsøkonomisk beregning på anvendelser af varmeproduktion fra køleanlæg (*)
5. Følsomhedsberegninger på anvendelser af varmeproduktion fra køleanlæg (*)
 - a. v/ udfaset PSO-afgift (*)
 - b. v/ reduceret overskudsvarmeafgift (*)
 - c. v/ reducerede investeringsomkostninger (*)
6. EnergyPro
 - a. Case Bjerringbro Baseline - årsværdier
 - b. Case Bjerringbro med supermarkeder - årsværdier
 - c. Case Bjerringbro med supermarkeder – månedsværdier
 - d. Case Bjerringbro Baseline - økonomi
 - e. Case Bjerringbro med supermarkeder – økonomi
7. Fokusgruppeinterview 1
 - a. Mailinvitation til fokusgruppeinterview 1 20170316
 - b. Powerpoint Fokusgruppeinterview 1 20170328
 - c. Transskription
 - d. Analysebilag
 - e. Lydfil Fokusgruppeinterview
8. Fokusgruppeinterview 2
 - a. Mailinvitation til fokusgruppeinterview 2 20170403
 - b. Powerpoint Fokusgruppeinterview 1 20170421
 - c. Transskription
 - d. Analysebilag
 - e. Lydfil Fokusgruppeinterview
9. Skjern Fjernvarme referat samt analysebilag
10. Referat Vladyslav Babych, Advansor A/S
11. Referat Hans Baden, ILK A/S
12. Referat Tom Gøttsch, AK-centralen
13. Referat Peter Svendsen, COOP-ejendomme

Introduktion

Der sker i disse år massive forandringer i måden, hvorpå man producerer energi. Årsagen er grundlæggende, at diverse klimamål og energiaftaler bestemmer, at vi i høj grad fremover kommer til at basere energisystemerne på vedvarende energikilder. For Danmarks vedkommende er det et erklæret mål, at energiforbruget i 2050 skal være 100% fossilfrit (Regeringen, 2011). I Energiaftalen 2012-2020 er anvist to vigtige løftestænger til at nå dette mål. Den ene er, at 50% af elproduktionen i 2020 skal komme fra vindenergi. Den anden er, at der skal sikres en effektiv udnyttelse af energien gennem årlige energibesparelser på 1,5% af Danmarks energiforbrug (Regeringen, 2012). For at indfri disse mål er det både vigtigt at elektrificere en stor del af det varmemeforbrug, der historisk set er blevet leveret af fossile energikilder, og samtidig sørge for at reducere energitab gennem mere effektive konverteringsteknologier og i særdeleshed gennem udnyttelse af spildenergi, for eksempel overskudsvarme.

Energisektoren i Danmark har siden oliekrisen arbejdet med at optimere udnyttelsen af kraftværkernes elproduktion, så spildvarmen kunne anvendes til fjernvarme. Allerede fra 1980'erne har kraftværkerne præsteret effektivitetsgrader på over 90 procent ved samproduktion af el og varme.

I dag er el fra vind-og solenergi, som ikke samproducerer varme, billigere end el fra kraftvarmeværkerne. Derfor er den grønne omstilling en udfordring for hele fjernvarmesektorens energigrundlag. Det er således nødvendigt at tilvejebringe nye og gerne grønne varmekilder. Det er derfor bl.a. oplagt at undersøge mulighederne for at nyttiggøre den overskudsvarme, der opstår fra forskellige energikrævende fremstillingsprocesser. Overskudsvarmen herfra har hidtil i høj grad været uudnyttet, og ofte bliver overskudsvarme betragtet som et decideret afkølingsproblem, der har skullet afhjælpes gennem store investeringer.

Udnyttelse af overskudsvarme fra køleanlæg i supermarkeder er en del af denne problemstilling. Køleanlæggenes behov for at komme af med varmen er hidtil blevet anset som et spildproblem, selvom det er relativt simpelt at udnytte denne varme konstruktivt. Dertil kommer, at der er en god synergi mellem køle- og varmeproduktion i supermarkeder, da supermarkeder både har behov for køling af deres varer, men også har et varmebehov i form af rumopvarmning i supermarkedet.

I Danmark er der omkring 3000 supermarkeder (Retail Institute Scandinavia 2016). Umiddelbart lader det formode, at der er relativt store energibesparelser at hente ved at implementere anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i lokale fjernvarmenet. Anvendelsen af overskudsvarme vil nemlig kunne fortrænge den hidtidige varmeproduktion, der for cirka 800 supermarkeders vedkommende er leveret af lokale olie- eller gasfyr, og for de resterende 2200 supermarkeders vedkommende er leveret af fjernvarmenettets varmeproduktionsenheder (Sejbjerg et al 2014).

Det forhold, at køleanlæg med CO₂ i dag kan levere varme ved temperaturer, som er direkte anvendelige til rumopvarmning og på fjernvarmenettet taler yderligere for brugen af overskudsvarme (Reinholdt 2012: 35). Siden 2007 har det nemlig været forbudt at installere nye køleanlæg med såkaldte ozonlagsnedbrydelige kølemidler, også kaldet HCFC-gasser i supermarkeder. Og fra 2015 er det heller ikke tilladt at efterfylde kølemiddel på disse anlæg, hvilket gør det problematisk at drive dem videre, da udslipsraten ligger på 10-15 % pr. år (With 2011: 146). Fremover skal køleanlæg således drives med naturlige kølemidler, og i butikslokaler er CO₂ det eneste tilladte kølemiddel (Reinholdt 2012: 5).

Det estimeres, at et gennemsnitligt, nyere supermarkedskøleanlæg kun anvender cirka 30 % af sin kompressorkapacitet (Kristensen 2017). Forudsat en lille ekstrainvestering er det dog teknisk muligt at anvende den resterende kapacitet som en varmeproduktionsenhed. Denne forøgede anvendelse må antages

at forbedre økonomien i supermarkedernes køleanlæg, og supermarkedernes produktionspris af varme bør derfor kunne være konkurrencedygtig med andre varmeproduktionsenheder.

Skulle det vise sig, at supermarkedernes varmeproduktion er så stor, at den overstiger eget behov til rumopvarmning, bør det ligeledes være muligt for de supermarkeder, der er placeret i et fjernvarmeområde, at afsætte den resterende varmeproduktion til det lokale fjernvarmenet, hvis varmeproduktionen fra køleanlægget også her antages at kunne konkurrere med de øvrige produktionsenheder, som det lokale fjernvarmenet har til rådighed.

På baggrund af ovenstående kan det undre, at denne løsning ikke for længst er implementeret i alle danske supermarkeder. Der findes i dag kun godt 20 supermarkeder, der har et køleanlæg med integreret varmegenindvindingsløsning, der er forbundet til fjernvarmenettet. Der kan være mange årsager til, at supermarkederne ikke i større omfang udbyder deres varmeproduktion til lokale fjernvarmenet, ligesom der formentlig kan være mange grunde til, at fjernvarmenettene ikke i højere grad har efterspurgt denne løsning.

Dette speciale har derfor til formål at generere ny viden om anvendelsen af supermarkeders varmeproduktion fra køleanlæg. Dette belyses gennem simulering af supermarkeders årlige varmeproduktionsmønster sammenholdt med varmekonsumet i det enkelte supermarked. Endvidere simuleres med udgangspunkt i et konkret fjernvarmenet nettets reaktion på den nye kilde og et ændret varmekonsum hos supermarkederne. Desuden undersøges i form af fokusgruppeinterviews, hvilke barrierer fjernvarmenettene ser for anvendelsen af varmeproduktion fra supermarkedskøle i fjernvarmenettene.

Problemformulering

På baggrund af ovenstående ønsker dette studie at besvare følgende tre forskningsspørgsmål:

1. I hvor høj grad kan varmebehovet hos eksisterende supermarkeder dækkes af overskudsvarme fra egne køleanlæg?
2. Hvorledes påvirker anvendelsen af supermarkeders varmeproduktionskapacitet det eksisterende fjernvarmenet teknisk og økonomisk?
3. Hvilke barrierer ser fjernvarmeselskaber i relation til anvendelsen af supermarkeders varmeproduktion i fjernvarmenettet?

Valg af metode og empiri

Studiet gennemføres som et såkaldt mixed method forskningsstudie, der kombinerer kvantitative og kvalitative data. Forskningsspørgsmål 1 og 2 besvares ved hjælp af en simulering af varmeproduktionen fra supermarkeders køleanlæg. Simuleringen baseres på indsamlede kvantitative data for en udvalgt case, der udgøres af Bjerringbro Fjernvarmenet samt de i dette område beliggende supermarkeder. Forskningsspørgsmål 3 besvares gennem fokusgruppeinterviews med repræsentanter fra udvalgte fjernvarmeselskaber i Danmark.

Valg af teori

Studiet gennemføres under inddragelse af relevant teori om køleanlæg og overskudsvarme samt danske fjernvarmenet og danske supermarkeders varme- og kølebehov. I specialet anvendes overskudsvarme fra og varmeproduktion på køleanlæg som synonyme, da varmeproduktionen er en uundgåelig følge af køleprocessen. De respektive to sider behandles dog hver for sig i afsnittet om afgifter, da de udløser forskellig beskatning. Termen samproduktion anvendes kun om den situation, hvor både kulden og varmen fra

køleanlægget nyttiggøres. Termen fjernvarmenet anvendes om den fysiske infrastruktur. Fjernvarmeværk anvendes om organisationen, der driver fjernvarmenettet.

Afgrænsning

Studiet gennemføres som et repræsentativt casestudie, hvor der arbejdes med et fjernvarmenet, der er prototypisk, men resultaterne kan ikke nødvendigvis generaliseres til andre fjernvarmenet og andre supermarkeder. I casestudiet anvendes til formålet valgte køleanlæg, hvilket ligeledes vil indvirke på undersøgelsens resultater og deres repræsentativitet. Disse køleanlæg anvender CO₂ som kølemiddel, da dette er det eneste lovlige kølemiddel i danske supermarkeder. Specialet undersøger ikke anvendelsen af varmelagre, ATES-anlæg eller jordvarme som afsætningsmuligheder for varmeproduktionen fra køleanlæggene. Følsomhedsanalyser behandles ikke i analyseafsnittet, men i inddrages i resultat- og diskussionsafsnittet.

I relation til mulige barrierer for anvendelsen af supermarkeders overskudsvarme fra køleanlæg undersøger specialet alene fjernvarmenettens holdninger og erfaringer, selv om det naturligvis også kunne være interessant at spørge andre interessenter, fx supermarkederne selv.

Rapportstruktur

Specialets teori præsenteres i afsnit 2, hvorefter specialets forskningsdesign og anvendte metoder til besvarelse af forskningsspørgsmålene introduceres i afsnit 3. Resultaterne af de gennemførte analyser præsenteres i afsnit 4 og diskuteres i afsnit 5, som ligeledes indeholder anbefalinger, der kan understøtte en øget implementering af overskudsvarme fra supermarkeder i danske fjernvarmenet. Konklusionen samler op på studiets primære bidrag.

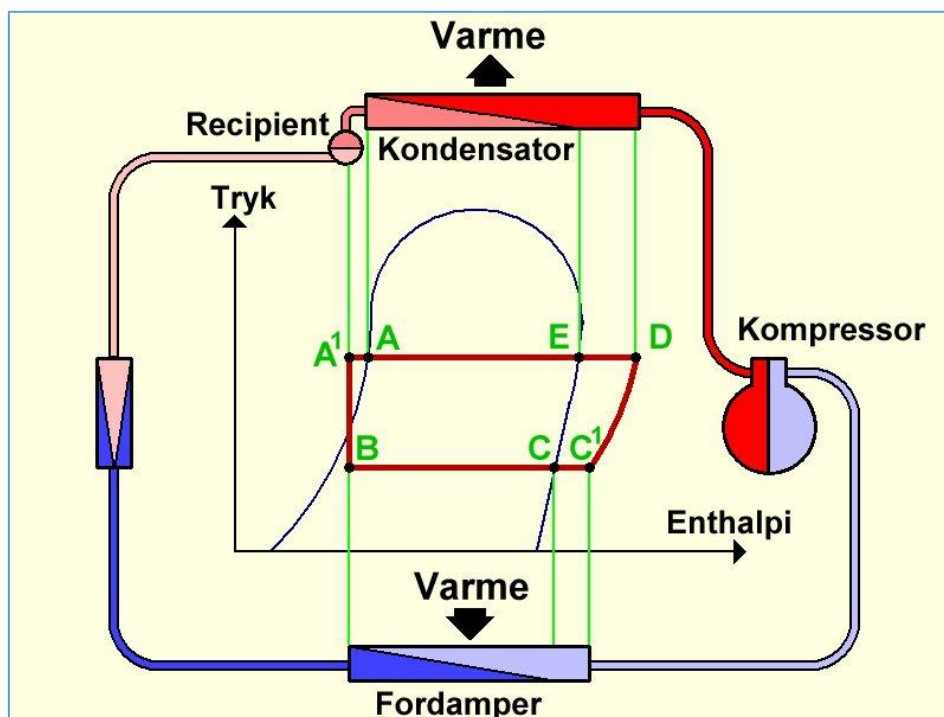
Teori

Dette kapitel har til formål at uddybe den teoretiske ramme, som specialet befinder sig i. De beskrevne teorier bidrager på forskellig vis til, hvordan undersøgelserne er udformet, og de indsamlede data er anvendt og behandlet. Afsnittet indledes med en teknisk beskrivelse af, hvordan varmeproduktion fra et køleanlæg opstår og i hvilke mængder. Derefter beskrives anvendte kølemidler samt specifikke forhold for supermarketers køleanlæg. Dernæst beskrives danske fjernvarmenet samt den økonomiske og lovgivningsmæssige ramme, der kan påvirke udnyttelsen af varmeproduktionen fra supermarketers køleanlæg. Afslutningsvist nævner afsnittet nogle af de barrierer, som er blevet nævnt i samfundsdebatten.

Køleanlæg og varmeproduktion

I dette afsnit redegøres for køleanlæggets funktion for i dette speciale at kunne definere varmegenvindingspotentialet og dets begrænsninger.

Et køleanlægs opgave er grundlæggende at flytte varme væk fra kølemøblet til et andet sted, således at der holdes en konstant, lav temperatur i det rum, der ønskes kølet. Dette er illustreret i *Figur 1*, hvor varme ledes til fordamperen, som netop befinder sig i rummet, der ønskes kølet. For at flytningen kan lykkes, tillader en såkaldt drøvleventil det kølemiddel, der er markeret med lyserød (i figuren fra A1 til B) at udvide sig, hvorved trykket og temperaturen falder. Kølemidlet ledes derpå gennem fordamperen (i figuren fra B til C) i kølemøblet ved en temperatur, der er under den temperatur, man ønsker i kølemøblet. Termodynamikken 0. lov angiver, at der derpå vil ske en udveksling af energi mellem luften i kølemøblet og kølemidlet, indtil der er termisk ligevægt. Det betyder, at kølemidlet modtager varme fra kølemøblet, så længe temperaturen er forskellig de to steder. Kølemidlet fordamper i fordamperen ved en lav temperatur grundet et fastholdt lavt tryk, hvilket udnyttes til at bringe kølemidlet på ren gasform.



Figur 1: Simpelt køleanlæg med de fire vigtigste komponenter: Nederst fordamperen, der sidder i kølemøblet, dernæst kompressoren, der ændrer trykniveau. Øverst ses kondensatoren, hvor varmen afgives, og drøvleventilen, hvor trykket falder til udgangspunktet. I midten er anvist et h-logP-diagram. Kilde: Aarhus Maskinmesterskole.

Det er vigtigt, at alt kølemiddel bliver til gas i fordamperen, inden det ledes videre til kompressoren, da væske ikke er komprimerbar på samme måde som gassen og derfor kan forrette skade på kompressoren. For at sikre, at der ikke kommer væske i kompressoren, dimensioneres fordamperen, således at der sker en såkaldt overhedning, hvor de sidste dråber væske i kølemidlet fordamper inden udgangen (i figuren fra C til C¹). Kompressoren komprimerer gassen til et højere tryk med en højere temperatur til følge (i figuren **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.** fra C til D). Navnet kompressor kan ganske vist godt give en forkert opfattelse af dens formål, som jo faktisk er at transportere energi væk fra fordamperen. Kompressorens styringssignal er at holde øje med et konstant såkaldt sugetryk i fordamperen. Hvis der er behov for mere køling i fordamperen, må kompressoren derfor yde ekstra arbejde ved at flytte energi i form af kølemiddel.

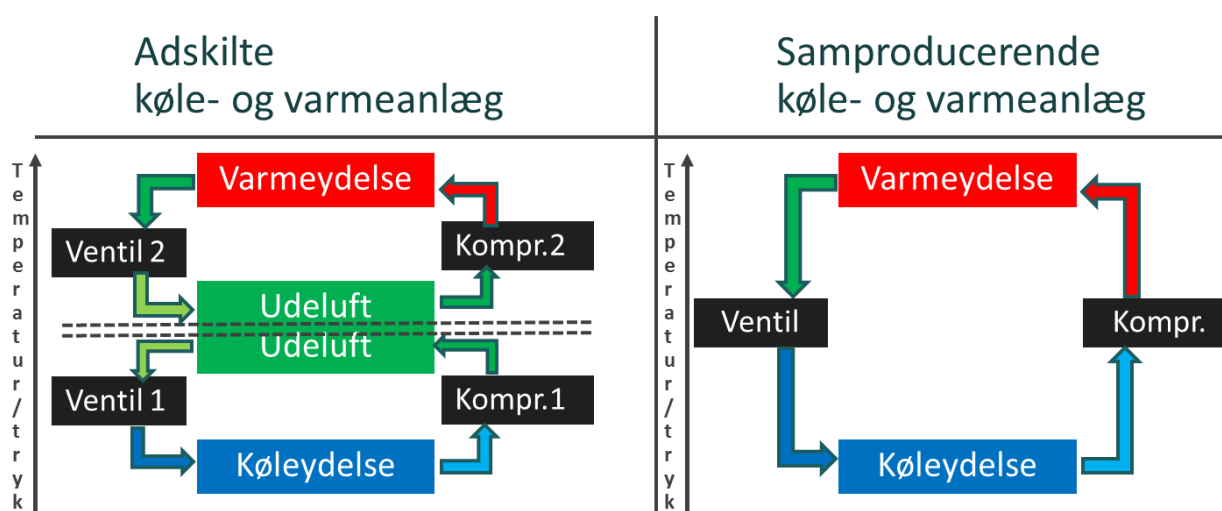
Kompressoren afleverer gassen ved et højere tryk til kondensatoren (i figuren fra E til A). Kondensatoren er kølesystemets flaskehals, da al gas heri skal kondensere til væske. At det sker, sørger drøvleventilen for, da den kun lukker væske igennem. For at kondensatoren lykkes med at kondensere kølemidlet, skal dets temperatur således være højere end omgivelserne. Det påvirker kompressoren til at presse trykket og dermed temperaturen højere op.

Er der tale om, at kondensatoren afleverer varmen til udeluften, er der i sagens natur stor forskel på vinter og sommer. Kompressoren skal således ikke løfte trykket og temperaturen nær så højt om vinteren, hvor udetemperaturen er lav, hvorimod kølemidlet skal løftes højere i tryk og temperatur om sommeren for at komme op over udetemperaturen (Reinholdt 2012). Den varme, der afleveres til udeluften, kan dermed afleveres til anvendelse i radiatorer eller fjernvarmenet, forudsat at gassens temperatur er høj nok.

En varmepumpe leverer varme efter fuldstændig samme princip, som køleanlægget illustrerer i *Figur 1*, blot med den forskel, at der nu ønskes opretholdt konstant temperatur i et rum, der ønskes opvarmet. I et sådant rum placeres kondensatoren (i figuren fra D til A). Fordamperen (i figuren fra B til C), placeres til gengæld i udeluften eller en anden varmekilde, hvorfra der kan udvindes varme og løftes til den ønskede temperatur i rummet.

Dette speciale vil som nævnt i introduktionen undersøge en kombination disse to produktionsformer i et samproducerende anlæg af både køl og varme, da man derved kan nøjes med halvt så mange komponenter.

Dette er illustreret i *Figur 2*:



Figur 2: Illustration af forskellen på adskilte køle- og varmeanlæg og samproducerende køle- og varmeanlæg. Det ses at antallet af komponenter halveres. Til gengæld skal kompressor levere en højere temperaturstigning, hvis der samproduceres. (Egen tilvirkning)

Figuren viser, at de komponenter, som allerede er indkøbt til supermarkedets køleanlæg kan anvendes i et samproducerende anlæg. En ekstra udgift ved at udnytte varmen opstår udelukkende på grund af den varmeveksler og den rørføring, der skal lede det vandbårne varme fra køleanlægget og ud til radiatorerne.

Teoretisk opnåelig effektivitet

Den øvre grænse for den opnåelige effektivitet i køle- eller varmeanlæg, Coefficient of Performance (COP), kaldes Carnoteffektiviteten. Her forudsættes effektiviteten for alle komponenter i anlægget, betegnet η , at være 100%. Carnoteffektiviteten afhænger udelukkende af forholdet mellem temperaturen og temperaturforskellene og kan beskrives således (Moran 2012: 536):

$COP_{carnot} = \eta * \frac{T_{fordamper}}{T_{kondensator} - T_{fordamper}}$	1)
---	----

Denne beregning viser, at den teoretiske effektivitet bliver nøjagtig den samme i de to adskilte anlæg vist til venstre i *Figur 2* og det samproducerende anlæg vist til højre i samme figur, forudsat at de ønskede temperaturer illustreret som henholdsvis køle- og varmeydelse er sammenlignelige. For yderligere informationer om effektivitet henvises til Moran (2012).

Praktisk opnåelig effektivitet i køle- og varmeanlæg

I dette afsnit redegøres for, hvordan man kan opnå den mest effektive varmegenvinding i praksis.

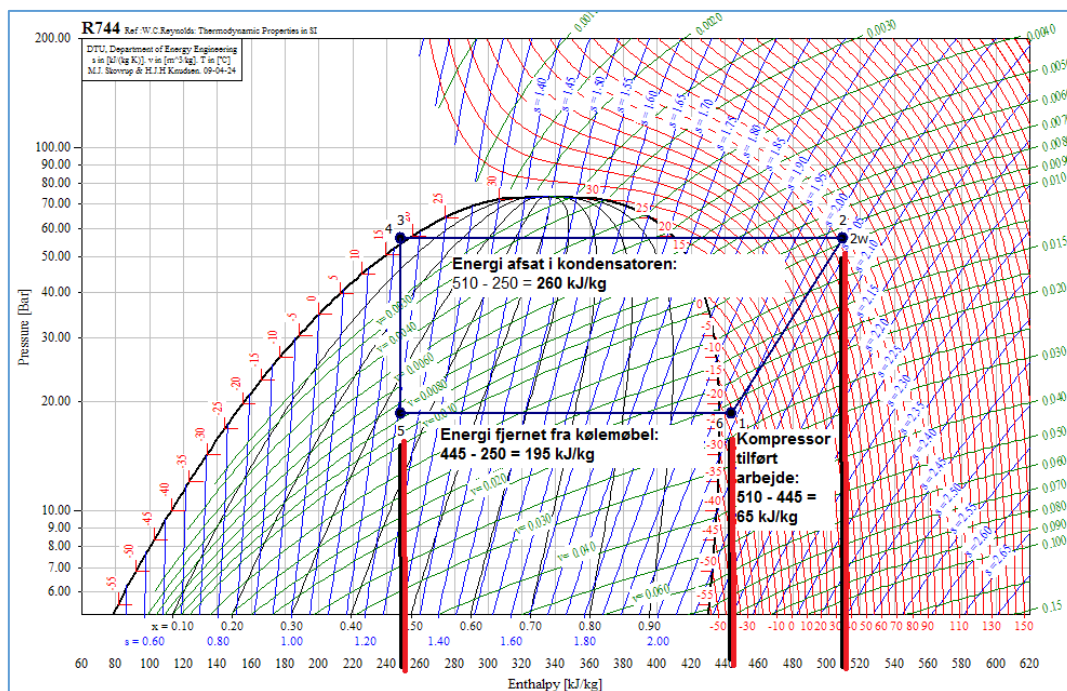
Der er en række omstændigheder, der gør, at Carnot-effektivitetsværdierne aldrig opnås i praksis. For det første overfører kompressoren aldrig 100% af sit arbejde til at løfte trykket. Test af køleanlæg har vist, at alene 45-50% af effekten overføres (Krogboe 2006). Herved halveres den opnåelige COP-værdi. Desuden er det nødvendigt at øge den høje temperatur og sænke den lave temperatur i forhold til den temperatur, der er i henholdsvis kølemøbel og udenfor for at sikre et såkaldt temperaturglid, en tilstrækkelig temperaturforskel, så varmeoverførslen sker hurtigt og nemt. Derved stiger temperaturforskellen mellem fordamper og kondensator yderligere, og den opnåelige COP forringes.

Kompressorens arbejde koster el og dermed også penge. Derfor er det vigtigt at indstille anlægget, så det flytter så meget energi som muligt i forhold til det tilførte arbejde i kompressoren. Derfor defineres *Coefficient of Performance* (COP) i fysiske anlæg således (Moran 2012: 538):

$COP = \frac{Q}{W} = \frac{\text{Varmemængde Transporteret}}{\text{Arbejde udført af kompressoren}}$	2)
--	----

Formlen viser, at jo mere varme der flyttes for samme arbejde, jo større COP-værdi og des mere energieffektivt er et anlæg. Nedenfor illustreres, hvordan dette kan beregnes.

I *Figur 3* ses et detaljeret h-logP-diagram. Enthalpi-indholdet (h) vises ud ad x-aksen, og trykket (logP) vises op ad y-aksen.



Figur 3: h-logP, hvor enthalpiindholdet og tryk er ud af akserne. Med rødt er markeret enthalpi-tilvækster i fordamper, kompressor og kondensator. (Egen tilvirkning)

I det viste eksempel tilføres kølemidlet 195 kJ/kg energi på vejen gennem fordamperen. Kompressoren skal yde 65 kJ/kg for at fjerne kølemidlet, der nu er på ren gasform. Følgelig bliver COP-værdien for køleanlægget:

$$COP_{køl} = \frac{\text{Varmemængde fjernet}}{\text{Arbejde udført af kompressoren}} = \frac{195 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 3 \quad 3)$$

Interesserer man sig for at udnytte varmesiden, altså den energi som afsættes i kondensatoren, kan der ligeledes udregnes en COP-værdi for denne. Med udgangspunkt i illustrationen i Figur 3 afsættes der her 260 kJ/kg i kondensatoren. Kompressorens arbejde er stadig 65 kJ/kg. COP-værdien for denne varmepumpe bliver:

$$COP_{varme} = \frac{\text{Varmemængde afsat}}{\text{Arbejde udført af kompressoren}} = \frac{260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}}{65 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}} = 4 \quad 4)$$

Som det ses, er COP_{varme} -værdien også her højere end $COP_{køl}$. Det skyldes, at en stor del af kompressorens energiforbrug indgår i den varme, som afsættes i kondensatoren. I det viste eksempel svarer de 195 kJ/kg + 65 kJ/kg i henholdsvis fordamper og kompressor til de 260 kJ/kg afsat i kondensatoren.

Anvender man begge sider af anlægget, bliver $COP_{system} = 3 + 4 = 7$, da begge energimængder ($195 + 260$) = 455 kJ/kg flyttes af de tilførte 65 kJ/kg til kompressoren.

Denne viden om forholdet mellem køle- og varmeydelsen og systemets COP kommer i dette speciale til anvendelse i forbindelse med besvarelsen af forskningsspørgsmål 1.

Supermarketers køleanlæg

Dette afsnit redegør for de særlige forhold, som gælder for køle- og varmeanlæg, der anvendes i supermarkeder, hvilket er relevant for besvarelsen af alle tre forskningsspørgsmål.

Den primære funktion af supermarketers køleanlæg er i sagens natur at sikre temperaturkvaliteten for de køle- og frostvarer, som butikken opbevarer med henblik på salg. Især handler temperaturkvalitet om at sikre, at alle hjørner af kølemøblerne holder sig under den krævede temperatur.

Elforbruget til at levere køl og frys i danske supermarkeder estimeres til samlet at være 460 GWh/år (Viegand Maagøe 2015). Dette udgør cirka halvdelen af supermarketers samlede elforbrug (Frederiksen 2010), hvilket er ensbetydende med, at det er en væsentlig driftsomkostning.

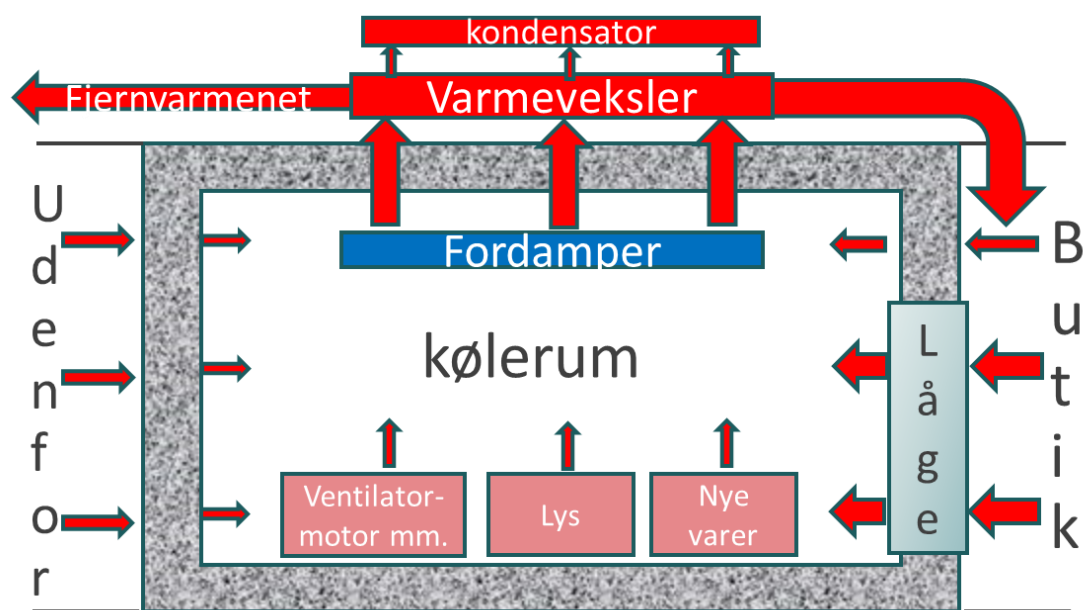
Lovgivning og afgifter på en lang række af de hidtil anvendte kølemidler gør, at der netop i disse år er en investeringsparathed fra supermarketers side i nye køleanlæg, hvilket behandles nedenfor. Erfaringsmæssigt åbner supermarketers nyinvesteringer op for genindvinding af overskudsvarme ud fra en præmis om, at "når vi nu er i gang, så kan vi lige så godt..." (Erhvervsstyrelsen 2016)

Anvendelsesgrad af supermarketers anlægskapacitet

I dette afsnit redegøres for forhold, der har indflydelse på, hvor stor en del af det installerede køleanlægskapacitet i supermarkedet, der rent faktisk anvendes for at levere den nødvendige køleydelse. Dette skal senere anvendes i simuleringen af anlæggets drift til besvarelse af forskningsspørgsmål 1.

"Energy Efficiency is the first fuel" bemærkes det i indledning til IEA 2016 rapport (IEA 2016) ud fra devisen om, at en kilowatt-time sparet er en kilowatt-time tjent. Udviklingen af køleanlæg er gået hurtig, da energiforbruget i små køleanlæg ved oliekrisen i 1973 androg 1800 kWh/år og siden støt er faldet til nu i gennemsnit 400 kWh/år, samtidig med at køleanlæggene er steget 15% i størrelse (IEA 2016). Med andre ord er energiforbruget i disse små køleanlæg i dag kun 20 % af det, det var for godt 40 år siden. Dette understreger, at det giver god mening at energieffektivisere behovet for køleydelse som led i implementeringen af varmegenindvinding, også selv om følgen vil være mindre overskudsvarme.

I relation til opnåelig effektivitet i supermarkeder er der en række faktorer, der har indflydelse på, hvor meget kølekompressorerne skal arbejde. Energiflowet i forbindelse med at sikre en temperaturkvalitet egnet til fødevarer i køle- og frysedisen er illustreret i *Figur 4*:



Figur 4: Illustration af varmestrømmene i kølemontrer og -rum i supermarkedet. Jo mere varme, der tilføres kølerummet, jo mere skal køleanlægget arbejde. (Egen tilvirkning)

Som det fremgår af Figur 4, er der primært tale om, at det, der skal bortkøles, er energi tabt et andet sted. Varme fra butikken gør det endvidere nødvendigt at køle yderligere, hvis der ikke er tilstrækkeligt isoleret mellem de to dele. Dette kredsløb af energi kan for forståelsen skyld betragtes ud fra Ohms 1. lov, hvor $U=R \cdot I$ (Andersen 2015). De tre parametre U, R og I illustreret med udgangspunkt i figuren:

- Energitalet – de røde pile mod fordamperen - svarer til strømmen (I), og dermed til behov for køling.
- "Isoleringskvalitet" - herunder undgået varme fra ventilatorer, lys, varer – svarer til modstanden (R)
- Temperaturforskellen mellem rummet og primært butikken – der svarer til spændingen (U)

Dette betyder, at hvis temperaturforskellen (U) skal holdes konstant, og isoleringskvaliteten (R) er lav, så bliver energitabet (I) højt og dermed tilsvarende behovet for køling. Ved uendelig høj isoleringskvalitet (R) vil energitabet (I) være nul, og køleanlægget derved overflødigt.

Over en årrække er der efterhånden kommet glaslåger eller -låg på en stor del af køle- og frysemøblerne i supermarkederne, der minimerer energitabet, især i perioder uden kunder (Viegand Maagøe 2015). At kunder åbner lågerne for at tage varer fra kølerummet betyder indtrængende varme, hvorfor der typisk er et højere kølebehov i åbningstiden, end når supermarkedet er lukket. Dette løses i praksis ved at sænke temperatursætpunktet om dagen til eksempelvis -12 i stedet for -10, hvilket afføder mere kompressorarbejde (IPU 2017). Ligeledes er temperaturløststanden hos nye varer, der kommer til kølerummet, vigtig for energibehovet såvel som for fødevarerens kvalitet. Er der tale om decideret indfrysning af varer, er energibehovet eksempelvis 50-70 gange højere for kød pr. grad grundet faseskiftet¹. Endvidere er det af betydning, om man har de korrekte temperaturniveauer på begge sider af lågen. For jo større temperaturforskel, der er, desto større er

¹ Oplyst af Kasper Schulz på afholdt kølekursus på Aarhus Maskinmesterskole.

energitabet. Både temperaturen i butikken såvel som i kølerummet bør derfor styres på en måde, så temperaturforskellen bliver mindst mulig (Energistyrelsen 2013).

Det er endvidere værd at bemærke, at der er en række el-forbrugende enheder placeret inde i selve kølerummet, fx motorerne til ventilatorer, der blander luften i rummet. Alt efter type og kvalitet bliver en større eller mindre del af energien omsat til varme i stedet for den ønskede rotation. For at reducere elforbruget kan lys i kølemøblerne udskiftes til lavenergi LED-løsninger. Hyppigheden af afrimning af fordampere og brug af elvarme i lågekanten kan ligeledes reduceres. Forsøg med de to sidstnævnte har vist, at op til 15% af det samlede el-behov til køleinstallationerne kan spares ved at montere adaptiv styring af afrimningen og kantvarmen (Frederiksen 2010). Sådanne energioptimeringer tidligt i processen lønner sig ekstra, når man betragter selve køleanlæggets kompressorarbejde. Da en del af den sparede varme til for eksempel afrimning og kantvarme eller fra den ineffektive ventilatormotor før ovenikøbet skulle fjernes gennem kompressoren, bliver det nu en yderligere besparelse, så der tilsammen estimeres at kunne opnås en energibesparelse på ca. 20% ved disse tiltag (With 2011: 152). Tom Gøtttsch, der er direktør for AK-centralen, har bl.a. udtalt: "Rigtig mange anlæg kører døgnet rundt. Det koster dyrt, og det er slet ikke nødvendigt. Jeg har 12 mand ansat bare til at optimere køleanlæg i supermarkeder" (With 2011).

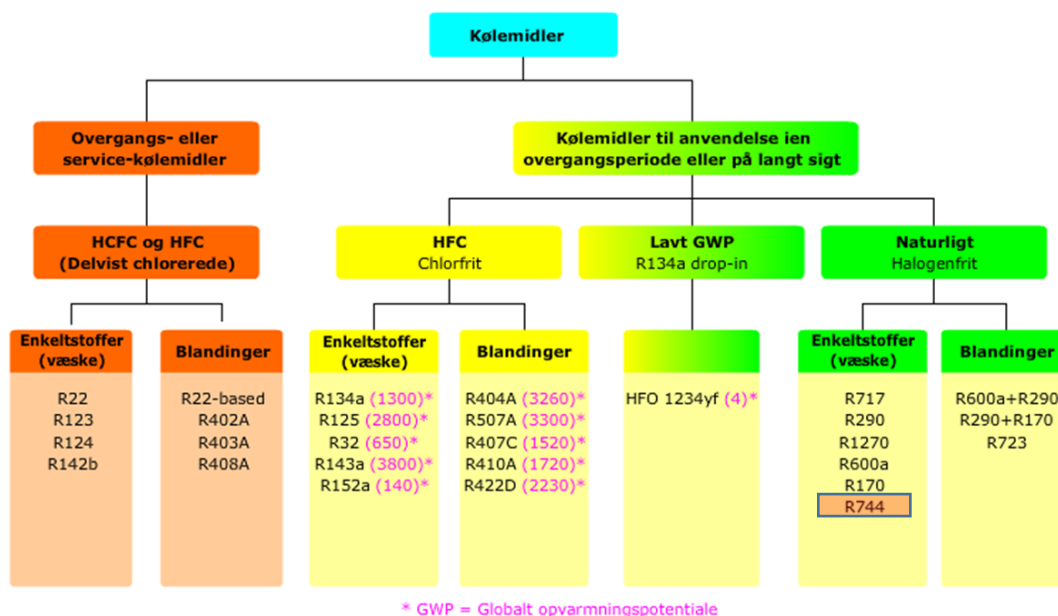
For den samlede effektivitet er ikke mindst effektiviteten af kompressorerne og den øvrige kølekreds vigtig. Tidligere lå en typisk effektivitet på mellem 45 og 50 % (Krogboe 2006). I nyere beregningsværktøjer såsom Coolpack estimeres en kølekompressor til 65 % effektivitet (IPU 2017).

CO₂ som nyt kølemiddel til supermarkeder.

Kølebranchens Miljøordning KMO analyserede i 2011, at der for kølemidler er en lækagerate på cirka 10% årligt (With 2011). Derfor skal kølemidlet helst være billigt og let at skaffe, når der skal efterfyldes. Et optimalt kølemiddel skal endvidere kunne optage mest mulig varme pr. cirkulerende kilo af kølemidlet. Det må endvidere ikke reagere aggressivt over for materialer i køleanlægget, så det eksempelvis korroderer. Det må heller ikke være blandbart med den smøreolie, der forefindes til kompressorens lejer (Videnscenter for klimavenlige kølemidler 2017).

Man anvendte CFC og HCFC-gasserne som kølemidler, også kaldet freon, indtil de blev forbudt via Montrealprotokollen i 1987 og senere af EU og dansk lovgivning. Et nyt krav til kølemidlet blev på denne tid, at det ikke måtte forvolde skade på miljø eller mennesker. Indholdet af klor i CFC og HCFC-gasserne var både miljøskadeligt og ozonlagsnedbrydende. De blev derfor i stor udstrækning i 1980'erne og 1990'erne erstattet af de såkaldte "nye" kølemidler, HFC-gasserne, der udmærkede sig ved at være klorfri. De bidrog ganske vist betragteligt til drivhuseffekten, hvilket et Global Warming Potential (GWP) på 1300 og opefter vidner om. Til sammenligning har CO₂ et GWP på 1. Med lov om afgift af CFC og visse industrielle drivhusgasser i 2007 blev HFC-kølemidlerne pålagt en høj afgift. Det nuværende afgiftsniveau er mellem 165 DKK/kg for R134a op til 588 DKK/kg for det GWP-intense R404a, som er lovligt i små anlæg op til 10 kg kølemiddel. Fra 2007 har der været et forbud mod fyldninger på over 10 kg for HFC-køleanlæg (LKB nr. 9 2016). Derfor er der i dag kun en enkelt gruppe af kølemidler, som supermarkederne i teorien kan anvende, nemlig "de naturlige" kølemidler, der kan inddeles i "brændbare" og "ikke-brændbare". De brændbare er dog ikke tilladt i supermarkeder. Det efterlader derfor supermarkeder med én mulighed blandt de ikke-brændbare, naturlig kølemidler, nemlig CO₂ (R744), da ammoniak (R717) ikke er godkendt i butikkslokalet. CO₂ er indrammet i kølemiddeloversigten i nedenstående

Figur 5

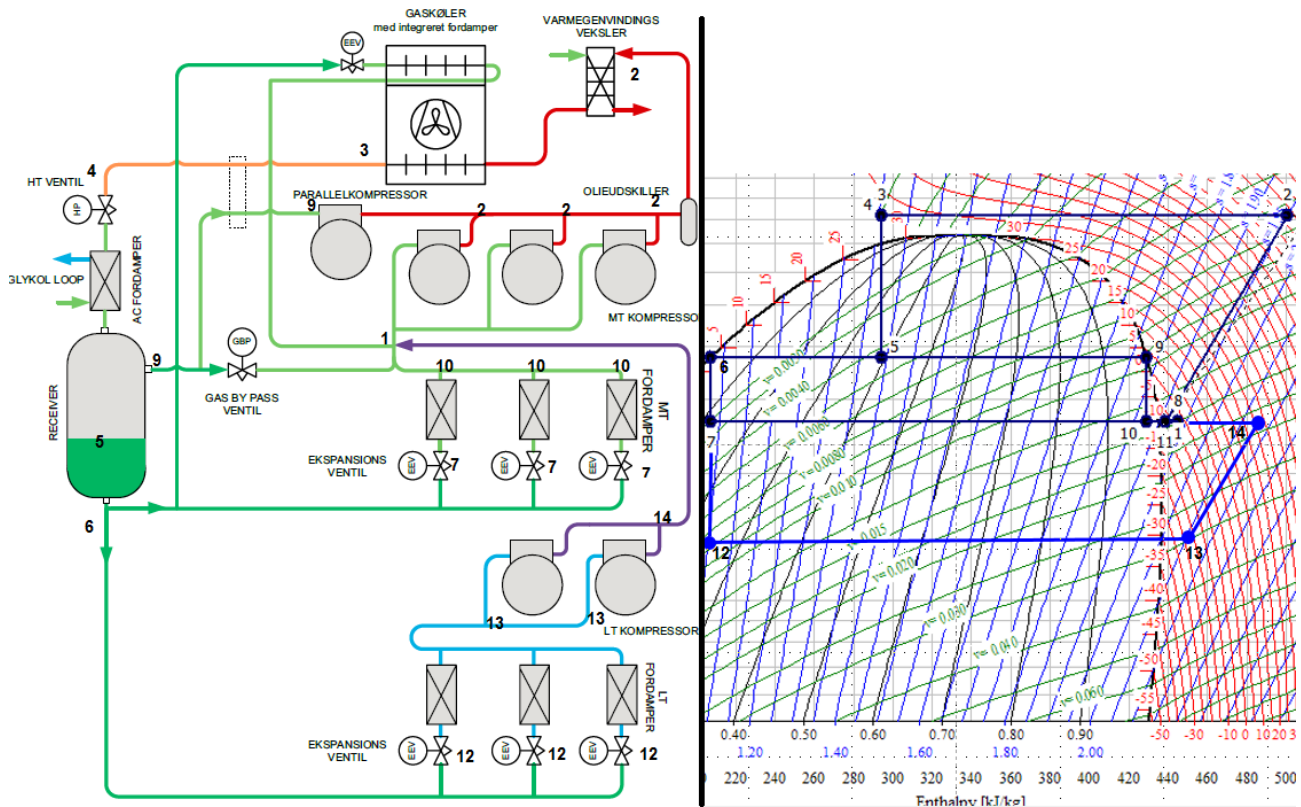


Figur 5: Oversigt over kølemidler - fra venstre de klorholdige og nu forbudte, i midten med gult de tungt afgiftsbelagte HFC-midler, der har højt GWP-potentiale, og til højre de naturlige kølemidler, hvor R744 er CO₂. Egen tilvirkning efter Bitzer (2016).

Udsigterne til at alle på det tidspunkt kendte og anvendte kølemidler var på vej mod udfasning fik gang i en lang række innovationsprojekter i Danmark fra omkring årtusindeskiftet med henblik på at udvikle ny viden og ikke mindst de nødvendige komponenter, der kunne fungere med CO₂ som kølemiddel. Særligt har Teknologisk Instituts Center for Køle- og varmepumpeteknik initieret mange projekter i dette felt.

Det har vist sig, at udfordringen med CO₂ som kølemiddel er temperaturniveauerne, der afgrænser den såkaldte "klokke", der med sort streg er markeret i nedenstående Figur 6. Traditionen for andre kølemidler har været at tilpasse kølemidler og anlægstryk, så de passede ind i "klokken", da store energimængder her kan optages og afgives i forbindelse med faseskiftet fra væske til gas og omvendt. Det CO₂s kritiske punkt i toppen af "klokken", hvorover der intet faseskifte er, ligger ved 31,1°C, hvilket er meget lavt sammenlignet med eksempelvis R22s 96°C.

I branchen opstod der på grund af den lave temperatur i det kritiske punkt ret hurtigt konsensus om at forsøge at lade CO₂ arbejde transkritisk, hvilket vil sige, at energifrigivelsen gennem kondensatoren skal ske ved højere tryk end ved det kritiske punkt. I dette område er der intet faseskifte og højt tryk. De højere tryk, der skulle opereres under, krævede derfor specielle komponenter og rørføringer, der kunne håndtere dette (Reinholdt 2012).



Figur 7: Diagram af køle-, frys-, A/C - og varmeanlæg til supermarkeder. Nederste 3 LT-fordampere leverer frys. De 3 MT-fordampere i midten leverer køl. Varmegenvindingsveksleren øverst afleverer varmen. AC-fordamperen leverer aircondition. (Egen tilvirkning efter diagram fra Advansor A/S).

Receiver (5): Her befinder CO_2 -kølemidlet sig i faseovergangen mellem væske og gas-form. Følges væskeudgangen i bunden (6) hen mod ekspansionsventilerne ved (7), falder trykket og dermed også temperaturen, og en lille del omdannes til gas. Gennem MT-fordamperen (køl) bliver der tilført energi til kølemidlet, der langsomt bliver mere og mere gasformigt. Ved ankomsten til (10) er den sidste dråbe væske fordampet og en lille overhedning finder sted indtil (11) for at forhindre væskeslag i MT-kompressoren (1) til (2), hvor gassen fjernes fra fordampere og komprimeres til højtryk (HT). Øverst oppe afgives der energi fra (2) først til varmegenvindingsveksleren, der anvender så meget som muligt, til gassen er afkølet til mellem 25 og 40°C. Dernæst afkøles resten gennem gaskøleren til (3), hvorefter det møder drøvleventilen (4). Her kan en aircondition-kreds udtage energi med den virkning, at punktet (5) flyttes mere til højre og bliver mere gasformigt. Punktet (9) er den del af receiveren, der er gasformig og derfor ikke er i stand til at ekspandere og gøre gavn i fordamperen, der bliver suget væk af parallelkompressoren, der fra dette højere tryk skal bruge mindre arbejde end de øvrige MT-kompressorer for at løfte gassen til højtryk (2). Parallelkompressoren skal derfor arbejde ekstra, når der udtages energi til AC. Nederst befinder ekspansionsventilerne sig ved (12), hvor trykket falder og en lille del omdannes til gas. Igennem LT-fordamperen (frys) bliver der tilført energi til kølemidlet, der langsomt bliver mere og mere gasformigt. Ved ankomsten til (13) er den sidste dråbe væske fordampet og en lille overhedning finder sted for at forhindre væskeslag i LT kompressorerne fra (13) til (14). Her blandes gassen med den øvrige gas på mellemtrykniveau i (1), klar til at varmen kan ledes videre af MT-kompressorerne til (2).

Disse anlæg er som nævnt på markedet og anvendes i praksis i varierende størrelser alt efter supermarkedets kølebehov. De er modulopbyggede, så det er antallet af kompressorer, størrelsen på varmeveksler, fordamper og receiver samt mængden af kølemiddel, der varierer. Advansor A/S har udviklet en billigserie kaldet Value Pack til især discountsupermarkeder og større anlæg kaldet compSuperSigma til større supermarkeder og såkaldte hypermarkeder som Bilka.

Danske fjernvarmenet

1,7 millioner danske husstande, svarende til 64 %, bliver i dag opvarmet med fjernvarme. Halvdelen af Danmarks varmebehov dækkes af fjernvarme. Halvdelen af fjernvarmen kommer fra vedvarende energikilder som solvarme, biomasse og vindstrøm.

Der findes i Danmark omtrent 400 fjernvarmeværker i lige så mange net, der forsøger på billigst mulige måde at tilbyde de lokale privat- og erhvervskunder rørført varme. Dansk Fjernvarme laver statistik på majoriteten af disse net. De varierer i størrelse fra få hundrede målere til over 62.000 målere og fra et par GWh årligt forbrug i de mindste net op til næsten fem TWh i de største net. Fremløbstemperaturer er mellem 50 og 90 grader. Returtemperaturen er mellem 30 og 60 grader. De kører gas, kul, biomasse, solvarme, affalds- eller overskudsvarme som kilde.

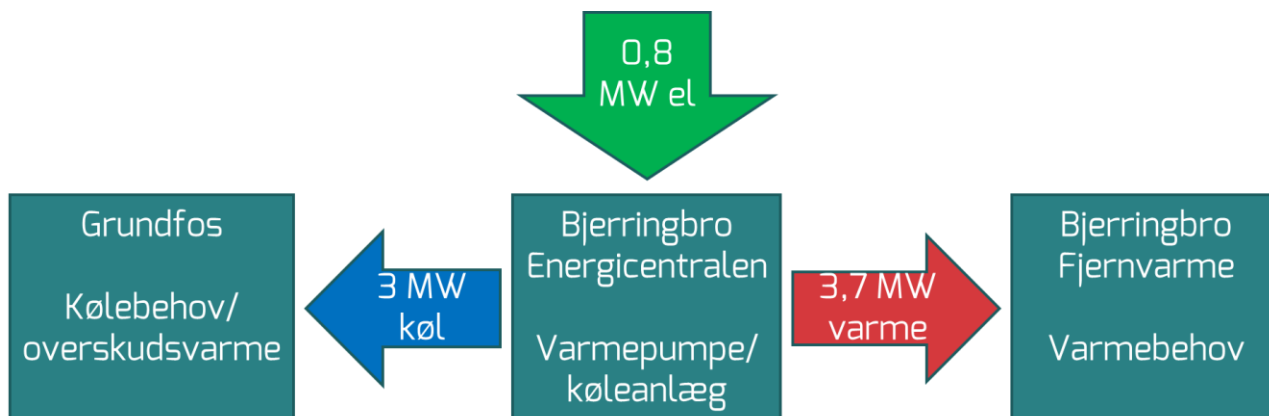
Bjerringbro fjernvarmenet er både med hensyn til varmeproduktionsenheder og antal/størrelser af supermarkederne at betragte som gennemsnitligt og fungerer derfor som case for simuleringerne i dette speciale.

Bjerringbro fjernvarmenet

Bjerringbro fjernvarmenet (Bjerringbro Fjernvarmeværk) er beliggende midt i Jylland, har 2271 målere, en årlig leverance til nettet på 87.025 MWh til nettet, en fremløbstemperatur omkring 70 °C og på 40 °C retur. Også med deres naturgasfyrede kraftvarmeværk og nogle gaskedler gør Bjerringbro som majoriteten af danske fjernvarmeværker. Varmepriisen på 462,5 DKK/MWh er også gennemsnitlig (Energistyrelsen 2015).

En anden årsag for at vælge Bjerringbro som case er, at de i relation til egne bestræbelser på at undersøge nye løsninger til fremtidens fjernvarmenet adskiller sig fra flertallet af fjernvarmenettene. Blandt andet har de eksperimenteret med at lade en del af byen modtage lavtemperaturfjernvarme ved kun 46 °C (Nilsson 2014). Desuden er der opstillet en stor akkumulatortank på 6400 m³ ved kraftvarmeværket, der gør det muligt at køre kraftvarmeværket rentabelt i timer med gode elpriser og samtidig være den eneste varmekilde i nettet om sommeren.

I forhold til implementeringen af supermarkedskøleanlæg som samproducerende enhed udmærker Bjerringbro fjernvarmenet sig på to forhold. For det første har Bjerringbro SuperBrugsen sagt ja til at deltage i Super Supermarkeds-projektet, hvor der inden længe skal installeres et køleanlæg med varmegenvinding. For det andet har Bjerringbro allerede erfaringer med samproducerende anlæg, idet Fjernvarmeværket i samarbejde med byens største varme- og kølmodtager, pumpefabrikken Grundfos, har etableret et samproducerende køle/varmeanlæg kaldet Energicentralen, der leverer proceskøl til Grundfos og varme til byens beboere. Centralen udnytter, som i tilfældet med supermarkedsanlæggene, at der er et kølebehov og et varmebehov i nærheden, og derfor er centralen placeret på skellet til Grundfos' grund af et nyetableret fælles selskab med Grundfos og Bjerringbro Fjernvarme som ejere og Fjernvarmeværket som daglig operatør. Anlægget har en COP_{varme} på 4,6 og en $COP_{køl}$ på 3,6 og kan ved en tilførsel af 0,8 MW el-effekt levere en varmekapacitet på 3,7 MW og en kølekapacitet på 3 MW (Energistyrelsen 2014). Anlægget er illustreret i Figur 8.

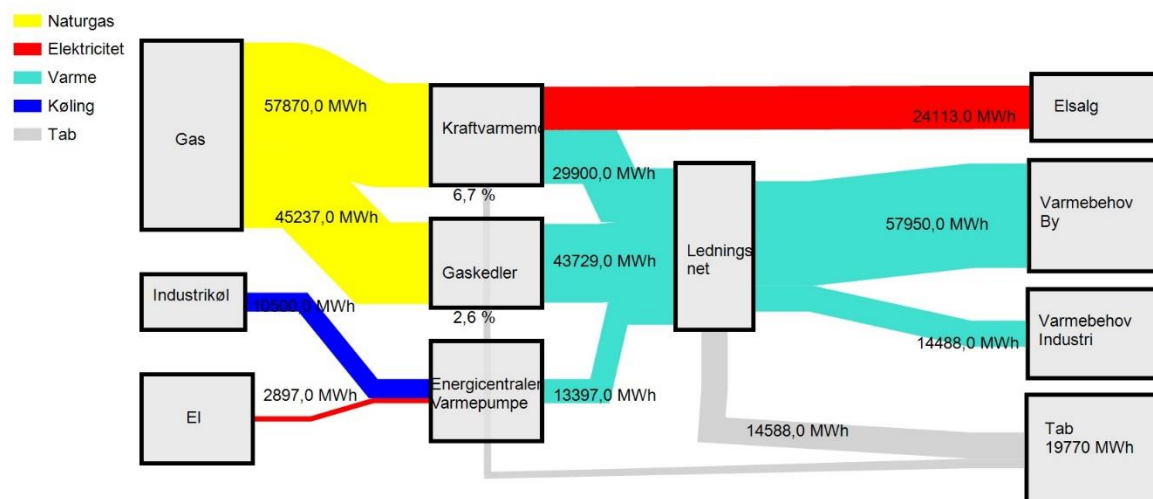


Figur 8: Illustration af den samproducerende køle/varmepumpe kaldet Energicentralen i Bjerringbro. (Egen tilvirkning)

I forbindelse med etableringen af det samproducerende anlæg blev der yderligere tilkoblet et grundvandskølesystem, et såkaldt ATES-anlæg, der kunne sørge for, at kraftvarmeværket fortsat kunne være ene om at klare varmeforsyningen henover sommeren. ATES-anlægget er stort nok til at holde hele Energicentralen lukket i fire sommermåneder fra maj til september, hvor kølingen i stedet leveres fra grundvandet. I løbet af vinteren leveres køling tilbage til grundvandet, således at der årligt er energibalance.

I Figur 9 nedenfor er Bjerringbro fjernvarmenet illustreret med dets energistrømme. Gas udgør 97 % af energitilførslen til konverteringsenhederne og leverer omkring 87 % af outputtet.

Bjerringbro Fjernvarmenet



Figur 9: Bjerringbro fjernvarmenet og de aktuelle årlige energistrømme. (Egen tilvirkning)

Bjerringbros supermarkeder

I Bjerringbro ligger der i alt seks supermarkeder, heraf en SuperBrugsen og fem discountsupermarkeder.

Samlet har de seks supermarkeder et opmålt areal på omkring 6.340 m². Supermarkederne er oplistet i Tabel 1 med angivelse af deres anslåede størrelse:

Butikker i Bjerringbro	Areal/m ²
Superbrugsen	2.000
Netto	700
Fakta	800
Aldi	800
Kiwi	900
Meny	1.140
Total	6.340

Tabel 1: Oversigt over supermarkeder i Bjerringbro fjernvarmenets område samt deres areal. (Egen tilvirkning)

Deres geografiske placering er i bymidten i Bjerringbro inden for få hundrede meters afstand af hinanden. Undtaget er Kiwi, der ligger i den sydlige bydel. I Bilag 1 er vist et oversigtskort, hvor supermarkederne er markeret.

Supermarkeder med varmeproduktionspotentiale i Danmark

Dette afsnit redegør for eksisterende beregninger af varmegenvindingspotentialet fra supermarkeds-køleanlæg i Danmark samlet betragtet.

Der findes i dag knap 3000 supermarkeder i Danmark. Selvom tendensen er, at antallet er svagt nedadgående, er der mere tale om en forandring, hvor små nærbutikker afvikles til fordel for færre, men lidt større discountsupermarkeder, men det samlede areal nogenlunde fastholdes. Denne udvikling fra 2006 til 2015 er illustreret i *Tabel 2* sammen med forudsigelser om antallet indtil 2025.

Type	2006	2010	2015	2020*	2025*
Hypermarkeder (3-20.000 m ²)	98	97	100	107	115
Store supermarkeder (1-3000 m ²)	364	389	368	379	390
Discount supermarkeder 700-1000 m ²	1186	1365	1588	1617	1665
Små supermarkeder (5-700 m ²)	619	586	489	442	398
Nærbutikker (2-400 m ²)	904	669	383	285	177
Total	3171	3106	2928	2830	2745

Tabel 2: Udviklingen i antallet og størrelsen af supermarkeder i Danmark fra 2006 til 2015 samt forudsigelse af fordelingen frem mod 2025. (kilde: Retail Institut Scandinavia)

Som det ses i *Tabel 2*, udgør discountsupermarkederne i dag over halvdelen af det samlede antal butikker. Som det fremgik af *Tabel 1* ovenfor, er antallet af discountsupermarkeder også forholdsvis stort i Bjerringbro-nettet. I tidligere undersøgelser af potentialet for varmegenvinding blev det vurderet, at supermarkederne skulle være mindst 2000 m², for at varmegenvinding kan betale sig (Sejbjerg et al. 2014). Dette speciale vil genberegne økonomien ud fra nye, tekniske forudsætninger for de enkelte anlægs evne til blandt andet at anvende varmen internt ved lav temperatur. Derved undersøges også rentabiliteten af discountbutikkernes varmegenvinding.

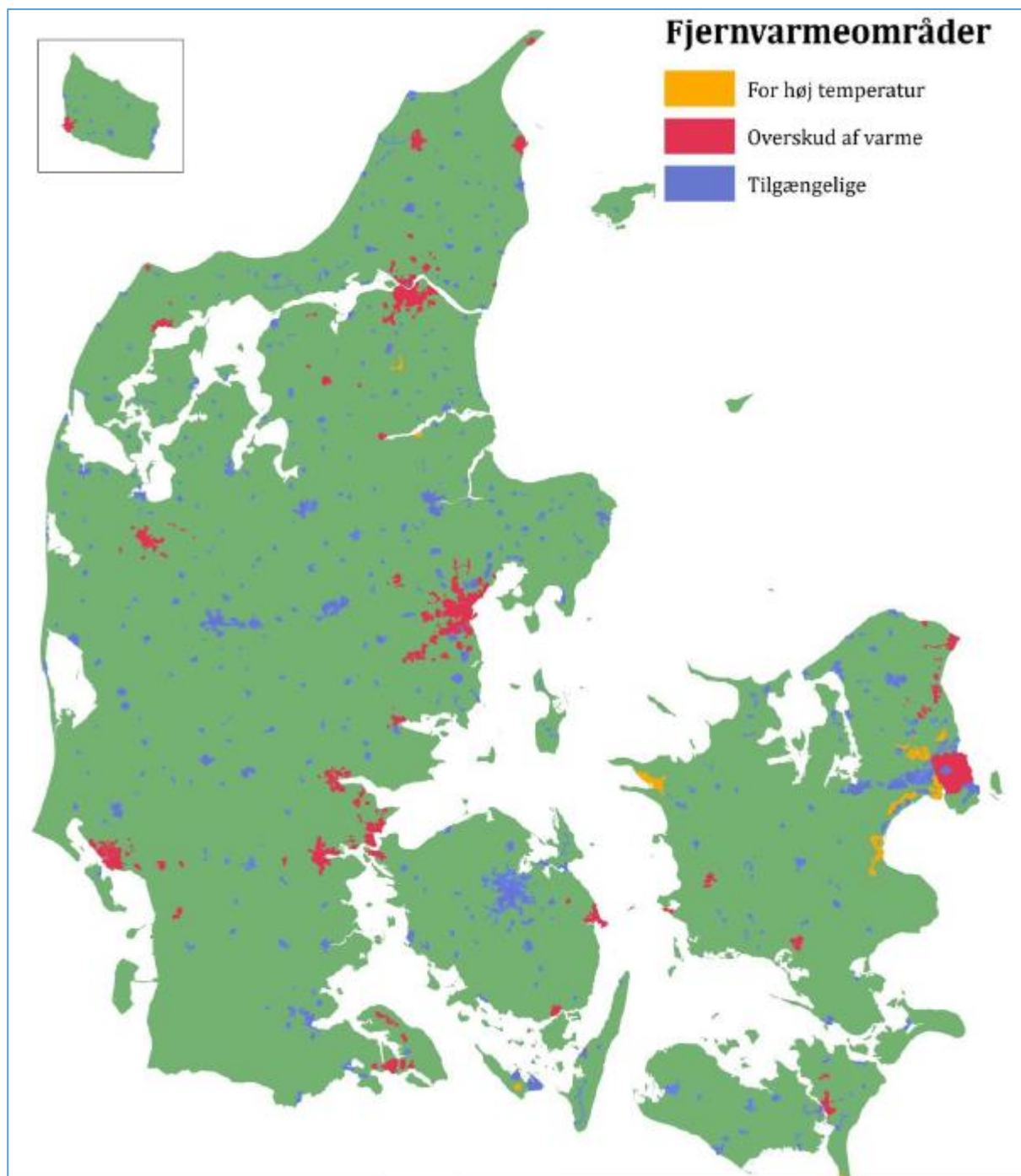
En rapport fra Aalborg Universitet (Sejbjerg et al. 2014) kortlagde i 2014 danske supermarketers beliggenhed og størrelse samt deres varmegenvindingspotentiale beregnet ud fra deres elforbrug til køleanlæg. En yderligere potentialeindsnævring blev gjort på baggrund af supermarketers mulighed for at komme af med varmen - især om sommeren - til et fjernvarmenet, der derfor ikke måtte have sit sommervarmebehov dækket af affaldsforbrænding eller industriel overskudsvarme. Derudover frasorterede man i kortlægningen de i øvrigt få fjernvarmenet, hvor fremløbstemperaturen var højere end 80 °C. Det gav følgende potentiale som vist i *Tabel 3* nedenfor.

	MWh varme/år pr. butik	Supermarkeder i fjv.net. med sommervarme- behov	Potentiale /MWh varme	Antal husstande	Antal butikker udenfor Fjv.net	Totalt Potentiale	Antal husstande
Kat. 4.000-10.000 m²	363	80	29.040	1.604	19	6.897	381
kat. 2.000 m²	207	255	52.785	2.916	103	21.321	1.178
kat. 800-1000 m²	171	696	119.016	6.575	307	52.497	2.900
kat 500-700 m²	151	267	40.317	2.227	369	55.719	3.078
Total		1.298	241.158	13.324	798	136.434	7.538

Tabel 3: Oversigt over supermarkeder, der ligger i fjernvarmenet, der ikke er begrænset af anden varmeproduktion om sommeren, og som har fremløbstemperatur under 80 grader. Til perspektivering af potentialet er til højre vist de butikker, der ligger uden for fjernvarmenet, og som i øjeblikket er opvarmet med individuel opvarmningsanlæg såsom olie eller gasfyr (Kilde: Sejbjerg et al. 2014).

Dette varmegenvindingspotentiale fra 1298 supermarkeder svarerede dengang til cirka 13.000 husstandes varmebehov og blev i Ingeniøren italesat således: "Overskudsvarme fra supermarketers kølediske kan opvarme Albertslund" (Wittrup 2014).

I *Figur 10* er vist med blå, i hvilke fjernvarmenet disse 1298 supermarkeder ligger. De store byers net er i undersøgelsen fra Aalborg Universitet (Sejbjerg et al. 2014) fravalgt på grund af allerede eksisterende affaldsvarme eller industriel overskudsvarme. Enkelte net er fravalgt på grund af for høje temperaturniveauer.



Figur 10: Placeringen af fjernvarmenet, hvor der teknisk set er størst potentiale for at implementere varmeproduktion fra supermarkeder. Det ses, at der primært er tale om net i mindre provinsbyer. (Kilde: Sejbørg et al. 2014).

Denne rapport vil kvalificere varmeproduktionsmængden fra de enkelte supermarkeder yderligere i forskningsspørgsmål 1 og 2. I diskussionsafsnittet vil jeg sammenholde potentialet i de enkelte supermarkeder med antallet af potentielle supermarkeder nævnt i dette afsnit. I diskussionsafsnittet vil jeg ligeledes forholde mig til varmegenvindingsmuligheder i de 798 supermarkeder, der ligger uden for fjernvarmenet.

Afgifter og subsidier

De økonomiske forudsætninger for implementeringen af nye, samproducerende køle/varmeanlæg i supermarkeder kan påvirkes positivt i form af subsidier eller tilskud og negativt i form af afgifter. Afgifterne udgør en del af finansieringen af Danmarks grønne omstilling fastlagt i Energiaftalen (Regeringen 2012).

Dette afsnit redegør for de incitamentstrukturer i lovgivning og afgifter, som har betydning for den endelige prissætning på varmeproduktion fra supermarkedernes køleanlæg.

Ægte og falsk overskudsvarme

Overordnet set opererer myndighederne med en sondring mellem "ægte" og "falsk" overskudsvarme (Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, 2017). Ved "ægte" overskudsvarme forstås den varme, der indvindes, uden at der skal tilføres yderligere brændsel for at frembringe overskudsvarmen. Hvis der således skal tilføres yderligere brændsel for at nyttiggøre varmen, er der tale om "falsk" overskudsvarme. Dog kan man dele energiforbruget til genindvinding af overskudsvarme op i to dele ved at betale afgift efter gældende regler på det brændsel, fx el, der efterfølgende tilføres for at løfte overskudsvarmen yderligere til et anvendeligt temperaturniveau og friholde den del for afgifter, som kan udvindes uden ekstra energitilførsel. Dette uddybes i afsnittet om overskudsvarmeafgift på side 20.

Energispareaftalen

For at sikre operationaliseringen af Energiaftalens energieffektiviseringer på omkring 1,5% årligt er der blevet indgået aftale mellem Energi-, Forsynings- og Klimaministeren og net- og distributionsselskaberne for el, naturgas og fjernvarme om at levere energibesparelserne svarende til 10,1 PJ per år i perioden 2016-2020 (Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet 2016:13).

Udgangspunktet er, at net- og distributionsselskaberne leverer besparelser i forhold til den mængde energi, de historisk har leveret til slutkunderne i deres net. Det betyder fordelingsmæssigt, at fjernvarmeselskaberne skal levere 4,1 PJ besparelser årligt, svarende til cirka 40 % af de samlede leverede besparelser. Elselskaberne står for 3,62 PJ, gasselskaberne for 2,0 PJ og olieselskaberne for 0,3 PJ. Som økonomisk middel til at operationalisere disse besparelser er indført en forhøjelse af tariffbetalingen på henholdsvis el, gas og fjernvarme svarende til cirka 2 mia. DKK årligt. Omregnet svarer det til omkring 500 DKK pr. MWh af første års energibesparelse² inklusiv administration.

Energiprojekternes tilskud beregnes på baggrund af størrelsen af første års energibesparelser. For at sikre en økonomisk hensigtsmæssig investering i energibesparelserne, foregår det på markedsvilkår, så projekter med kortest tilbagebetalingstid vælges på tværs af forsyningsart. Projekter med tilbagebetalingstid på under 1 år kan dog ikke få tilskud, da man mener, at de er realisérbare uden tilskud.

Hvis de billigste besparelser eksempelvis alle ligger i fjernvarmesektoren, vil forsyningsselskaber fra el, gas og olie også kunne købe dem. Det bemærkes, at der i øjeblikket er sat en undersøgelse i gang på baggrund af, at der er konstateret snyd med ordningen, hvor fastsættelsen af baseline (før-situationen) er blevet kunstigt forringet og den opnåelige besparelse dermed pustet op (Rigsrevisionen 2016).

Energispareaftalens punkt 10.5 specificerer betingelserne for at opnå tilskud i forbindelse med udnyttelse af overskudsvarme. Der skelnes man mellem tre forskellige kategorier:

1. Intern udnyttelse af overskudsvarme
2. Overskudsvarme leveret direkte til fjernvarmenettet
3. Overskudsvarme leveret til varmepumpe hos tredjepart

² <https://ens.dk/ansvarsomraader/energibesparelser/energiselskabers-energispareindsats/aftalegrundlag-kontrol-og>

Formålet med denne opdeling er primært at klarlægge, hvilken aktør i det konkrete overskudsvarmeprojekt, der er berettiget til at modtage tilskuddet. Energibesparelserprojekter i forbindelse med udnyttelse af overskudsvarmen i supermarkeder falder ind under både kategori 1 og 2, hvor besparelsetilskuddet i begge tilfælde tildeles virksomheden, altså supermarkedet.

For at sikre at der vitterlig er tale om energibesparelser og ikke etablering af energiproduktion, understreges det i Energispareaftalen, at hvis elforbruget i baseline bliver et forøget elforbrug til at nyttiggøre varmen, så skal dette energiforbrug fratrækkes i besparelsesberegningen, da der her er tale om "falsk" besparelse jævnfør afsnittet om ægte og falsk overskudsvarme. For så vidt angår supermarkeder svarer baseline til, at anlægget kører som et optimeret køleanlæg.

PSO-afgiften

Formålet med PSO-afgiften var fra dens indførelse i 1998 at understøtte miljøvenlig elproduktion. Den blev pålagt alt elforbrug, også industrielle processer, herunder supermarkedskø. Industrielle el-storforbrugere har problematiseret dette med henvisning til en mulig svækkelse af danske virksomheders konkurrenceevne. Blandt andet har formanden for Foreningen af Slutbrugere af Energi, Steen Volander, udtalt: "Det er sørgeligt, fordi afgiften ødelægger mange virksomheders konkurrenceevne. I udlandet kender man jo ikke til PSO-afgift" (Hansen 2013).

I november 2016 blev forligskredsen bag Energiaftalen enige om at flytte PSO-afgiften fra elforbruget til finansloven gennem en hævelse af bundskatten for privatpersoner. På den måde friholdt man erhvervslivet fra at betale for Energiaftalens omkostninger. PSO-afgiften er med andre ord blevet afkoblet elforbruget, da fordelingsnøglen til regningen fremover beror på personindtægt.

PSO-afgiften udgør primo 2017 170 DKK/MWh gradvist aftagende frem mod udfasningen i 2022 (Regeringen 2016)

Forsyningssikkerhedsafgiften og energiafgiften

Forsyningssikkerhedsafgiften (FSA) blev implementeret ved at afgiftsbelægge alt brændsel, der anvendes til rumvarme. Praktisk skete dette ved at forhøje energiafgifterne i henholdsvis kulafgiftsloven, mineralolieafgiftsloven, gasafgiftsloven og elafgiftsloven (Skat 2013). Imidlertid skabte det store politiske problemer, da man med et års forskydning i 2014 skulle implementere forsyningssikkerhedsafgiften på biomasse. Problemerne skyldtes biomasses forskellige fremtoninger som brænde, flis, sanketræ fra skoven og hegnsplæ. Det lykkedes ikke at finde nogen måde at differentiere brændsel fra øvrig brug af biomasse, så biomassen endte med ikke at blive pålagt afgifter (Regeringen, 2014).

På grund af lempelsen på Energiafgiften for erhvervslivet opstod ligeledes den problemstilling, at brændsel anvendt til proces i en virksomhed er afgiftsfritaget (bortset fra EU's minimumsafgift). Afgiften pålægges derfor først, når energien efterfølgende bliver genanvendt til rumvarmeformål. For grundreglen er, at rumvarme kun skal afgiftsbelægges én gang. Der gælder dog særregler for biomasse, der altid er afgiftsfritaget.

Overskudsvarmeafgift

Overskudsvarme kan i afgiftsmæssig forstand defineres som

"... afgift ved nyttiggørelse af varme, varmt brugsvand og varm luft, der ved hjælp af særlige installationer er udnyttet fra en produktionsproces, hvortil der anvendes afgiftspligtig elektricitet eller afgiftspligtige brændsler." (SKAT 2017)

Centralt i denne definition er tre begreber, nemlig særlige installationer, produktionsproces og endelig afgiftspligtig. Hvis ikke disse tre betingelser er opfyldt, er udnyttelsen af overskudsvarme SKAT uvedkommende. For at forstå sondringen skal der ses på, om der allerede er betalt energiafgift af den primære anvendelse. Hvis dette er tilfældet, kan energien efterfølgende genanvendes uden afgift.

Produktionsprocesser kan som sagt få refunderet afgifter på el og brændsler grundet konkurrencedygtighedshensyn. Hvis energien efterfølgende anvendes til ikke-procesformål, f.eks. rumvarme, tillægges en tilsvarende overskudsvarmeafgift på den energimængde, der anvendes hertil. Derved undgås at give et konkurrenceforvridende incitament til ineffektive industriprocesser, hvor et stort varmespild kunne ende med at være en profitable skjult varmeproduktion uden afgift sammenlignet med anden rumvarme, der er afgiftsbelagt. Energi- og overskudsvarmeafgifterne er samlet i *Tabel 4* sammen med gældende brændselspriser pr. 1. april 2017.

Brændsel	Brændselspris an værk DKK/MWh	Energiafgift			Overskudsvarme- afgift DKK/MWh
		El – (undtaget rumvarme og proces DKK/MWh	Rumvarme DKK/MWh	Til proces DKK/ MWh	
Olie	406 *	-	199	16,2	182 eller 33% af salg
Kul	76 *				
Naturgas	224 *				
Biomasse	248 *	-	0	0	0
El	486 *	910/MWh el + PSO***	405/MWh el + PSO***	4/MWh el + PSO***	Varmepumperegulering: Elafgift for første 3MWh, dernæst 182 pr. MWh eller 33% af salg Ren el: 182/MWh
* Kilde: Energistyrelsens fremskrivning af brændselspriser					
** Pris for indeholder: Elkøb, transmissions- og distributionsafgift					
*** 171 DKK/MWh i 1. kvartal 2017					

Tabel 4: Energi- og overskudsvarmeafgifter. For sammenlignelighedens skyld er brændselspriserne medtaget. Elafgiften er højere end afgiften på rumvarme. Denne pålægges al el, der ikke anvendes til rumvarme eller proces.

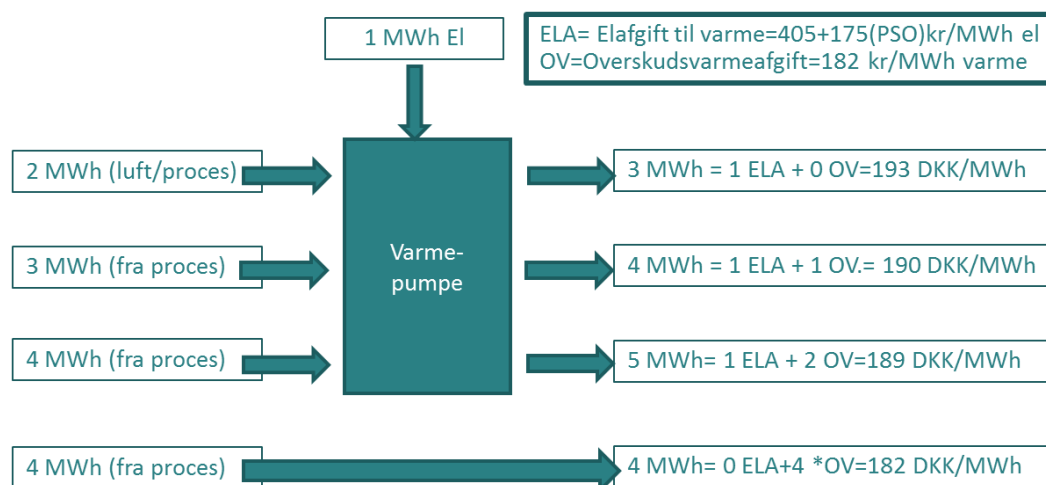
For supermarkedernes køleanlæg er det særligt den såkaldte varmepumperegulering, der kommer i spil. Derfor beskrives denne i næste afsnit.

Varmepumperegulering

I mange tilfælde har overskudsvarmen fra en proces en så lav temperatur, at det er nødvendigt at løfte temperaturen gennem en varmepumpeproces. I lovgivningen (SKAT 2017) beskriver denne varmepumpeafgift således:

” Hvis nyttiggørelsen sker ved eldrevne varmepumper, der er omfattet af ELAL § 11, stk. 3, 7. pkt., nedsættes godtgørelsen kun for den del af den nyttiggjorte varme, der overstiger 3 gange elforbruget i varmepumpen.”

Denne regel tager udgangspunkt i, at den allerede pålagte el-og PSO-afgift til rumvarme omtrentlig svarer til overskudsvarmen for tre MWh varme som vist i *Figur 11*. Denne viser, at der betales samme afgift, uanset om kilden til varmepumpens kolde side er luft, jord, vand eller afgiftspligtig procesenergi, når COP-værdien er 3. Stiger COP-værdien til 4 eller mere, hvilket ofte skyldes en varmekilde af højere temperatur, bliver der pålagt overskudsvarmeafgift, hvis kilden er afgiftspligtig procesenergi.



Figur 11: Varmepumperegulering for håndtering af overskudsvarme opgraderet gennem eldrevne varmepumpe med 2017-tal. PSO-afgiften udfases over 5 år, så priserne er i 2018 de samme uanset effektivitet. (egen tilvirkning)

Overskudsvarmeafgiften pålagt gennem elafgiften til varme honorerer således ikke en høj COP-værdi, men antager udelukkende at en COP-værdi på over 3 må formodes at komme fra den overskudsvarmekilde, som derved afgiftsbelægges.

En anden mulighed for beregning af overskudsvarmeafgift ved varmepumpedrift er udelukkende at pålægge afgiften på varmeforbruget. Det kan lade sig gøre ved at køre køle/varmeanlægget i supermarkedet som optimeret procesanlæg og derefter betale 182 DKK/MWh for varme anvendt til rumvarme internt i supermarkedet. Der er afgiftsfritagelse i sommermånederne maj til august.

I forhold til salg til fjernvarmenettet er der følgende tre valgmuligheder for afgiftspålæggelse:

1. 182 DKK/MWh varme solgt til fjernvarmenet. Pålægges hele året.
2. 33 % af salgsprisen til fjernvarmenettet. Pålægges hele året.
3. 33% på investeringen af varmegenvindingsanlægget. Pålægges ved vederlagsfrit salg til fjernvarmenettet.

I en nyligt offentliggjorte analyserapport om afgifter på overskudsvarme foreslås en forenkling af ovenstående salgspriser til fast pris på 82,1 DKK/MWh (Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, 2017), men denne forenkling er pt. ikke gennemført.

Barrierer

Dette speciale undersøger i forskningsspørgsmål 3 potentielle barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra køleanlæg i supermarkeder. Dette afsnit redegør for barrierer italesat af aktører, der er centrale for implementeringen af overskudsvarme fra supermarkeds-køleanlæg. Her følger et antal citater fra medierne i 2017.

”For eksempel kan COOP opvarme alle sine butikker med overskudsvarme. Men så skal de betale så meget i skatter og afgifter, at det er billigere at slippe varmen ud end at genanvende den[....] ”Vi bliver udsat for absurd indviklet bureaukrati, som dagligvarebutikker slet ikke kan håndtere,” siger COOPs energichef Peter Kjærgaard Svendsen. Energitilsynet kræver, at butikkerne skal indberette og kontrolleres på samme måde som de store fjernvarmeværker”. (Berlingske Business, 2017)

”Hvis det blotte faktum, at man skal anmelde sine priser og omkostninger til os (Energistyrelsen, red), er en barriere, som gør, at man ikke kan lave fjernvarme, så må man jo træffe den beslutning”, siger kontorchef i Energitilsynet Martin Windelin [...] Det svarer til at man bruger lovgivningen fra 70’erne til at regulere internettet. ”Problemet er, at hvis jeg skal udnytte overskudsvarmen effektivt og gøre den brugbar i fjernvarmesystemet, så skal vi justere på køleanlægget. Det betyder ifølge skat, at jeg ikke længere driver et køleanlæg, men derimod er blevet varmeproducent, udtaler Peter Kjærgaard Svendsen, Energichef hos COOP”. (Andersen 2017)

”Det ligger regeringen meget på sinde at der i forbindelsen med afgifts- og tilskudsanalysen om overskudsvarme er fokus på at fjerne barrierer, så blandt andet overskudsvarme fra små leverandører, for eksempel supermarkeder bliver gjort enkelt. Jeg glæder mig over, at der både er blevet tænkt på forenklinger, men også på at gøre det attraktivt for små leverandører”, udtaler Lars Christian Lilleholt. (Energi-, Klima- og Forsyningsministeriet 2017)

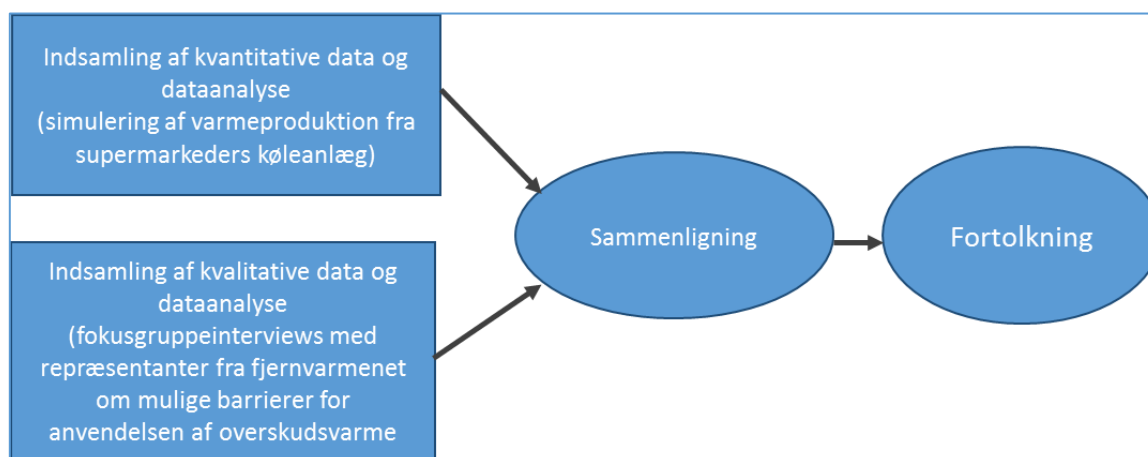
Metode og analyse

I dette afsnit redegør jeg for specialets videnskabsteoretiske positionering samt forskningsdesign, herunder specialets forskningsmetoder.

Specialet placerer sig inden for det pragmatiske paradigme, som argumenterer for, at valg af forskningsmetoder til produktion af ny viden bør tage udgangspunkt i den konkrete situation og de til formålet mest egnede forskningsmetoder. I dette paradigme er man samtidig af den opfattelse, at kvantitative data ikke kan stå alene i et forsøg på at forstå og beskrive verden og virkeligheden. I pragmatiske studier bør man derfor kombinere kvantitative og kvalitative data (Creswell 2014: 6-11). Den virkelighed, som dette speciale ønsker at undersøge, er relateret til brugen af overskudsvarmeproduktion fra danske supermarketers køleanlæg i danske fjernvarmenet.

Specialet anvender et *mixed method research design*. Denne forskningstradition benævnes synonymt *integrating synthesis*, *quantitative and qualitative methods*, *multimethod* og *mixed methodology* (Creswell 2014: 217). I dette speciale anvender jeg benævnelsen mixed forskningsdesign, der defineres som "an approach to inquiry involving collecting both quantitative and qualitative data, integrating the two forms of data" (Creswell 2014: 4). Dette forskningsdesign er en forholdsvis ny forskningstradition, som gjorde sit indtog i forskningsverdenen, primært inden for humaniora og samfundsvidenskaberne, i slutningen af 1980'erne. Fordelen ved denne tradition er, at kombinationen af kvantitative og kvalitative data kan være med til at reducere svaghederne ved de respektive enkeltmetoder. Ved at kombinere en simulering af et køleanlæg baseret på kvantitative data med viden genereret i form af kvalitative fokusgruppeinterviews med centrale aktører fra danske fjernvarmenet giver dette speciale således et mere komplekst billede af den undersøgte virkelighed. Ulempen ved et mixed forskningsdesign er, at dataindsamlingen og dataanalysen er tidskrævende og omfattende. Ligeledes forudsætter det, at forskeren sætter sig grundigt ind i forskningsmetoden og dens detaljeringsgrad.

Konkret vælger jeg at anvende et såkaldt *convergent parallel mixed methods design* (Creswell 2014: 219), som i dette speciale betegnes som et parallelt mixed method forskningsdesign, hvor forskeren parallelt indsamler kvantitative og kvalitative data, som analyseres og fortolkes hver for sig. Analyseresultaterne fra de to analyser sammenlignes eller relateres dernæst til hinanden. Som følge heraf anvendes typisk data, der skal bidrage med viden om det samme fænomen. I dette speciale belyses anvendelsen af supermarketers varmeproduktion således både kvantitativt i form af beregnede ydelser og priser og kvalitativt i form af potentielle aftageres holdninger og erfaringer. Metoden er illustreret i Figur 12



Figur 12: Parallelt mixed method forskningsdesign (Creswell 2014: 220; egen tilvirkning)

I et parallelt mixed method forskningstudie indsamles typisk flere kvantitative data end kvalitative data, da formålet med de kvalitative analyser er at få dyb indsigt i et fænomen, mens de kvantitative analyser primært skal levere statistiske resultater, der kan generaliseres. Det valgte forskningsdesign kan derfor siges at levere ny viden, som både er bredt funderet og går i dybden med det undersøgte fænomen. Dataanalysen sker i form af en såkaldt side-by-side sammenligning, hvor forskeren – i dette speciale - først analyserer og afrapporterer de kvantitative data og derefter de kvalitative data. Sammenligningen af de respektive analyseresultater sker i diskussionsafsnittet (Creswell 2014: 219-223).

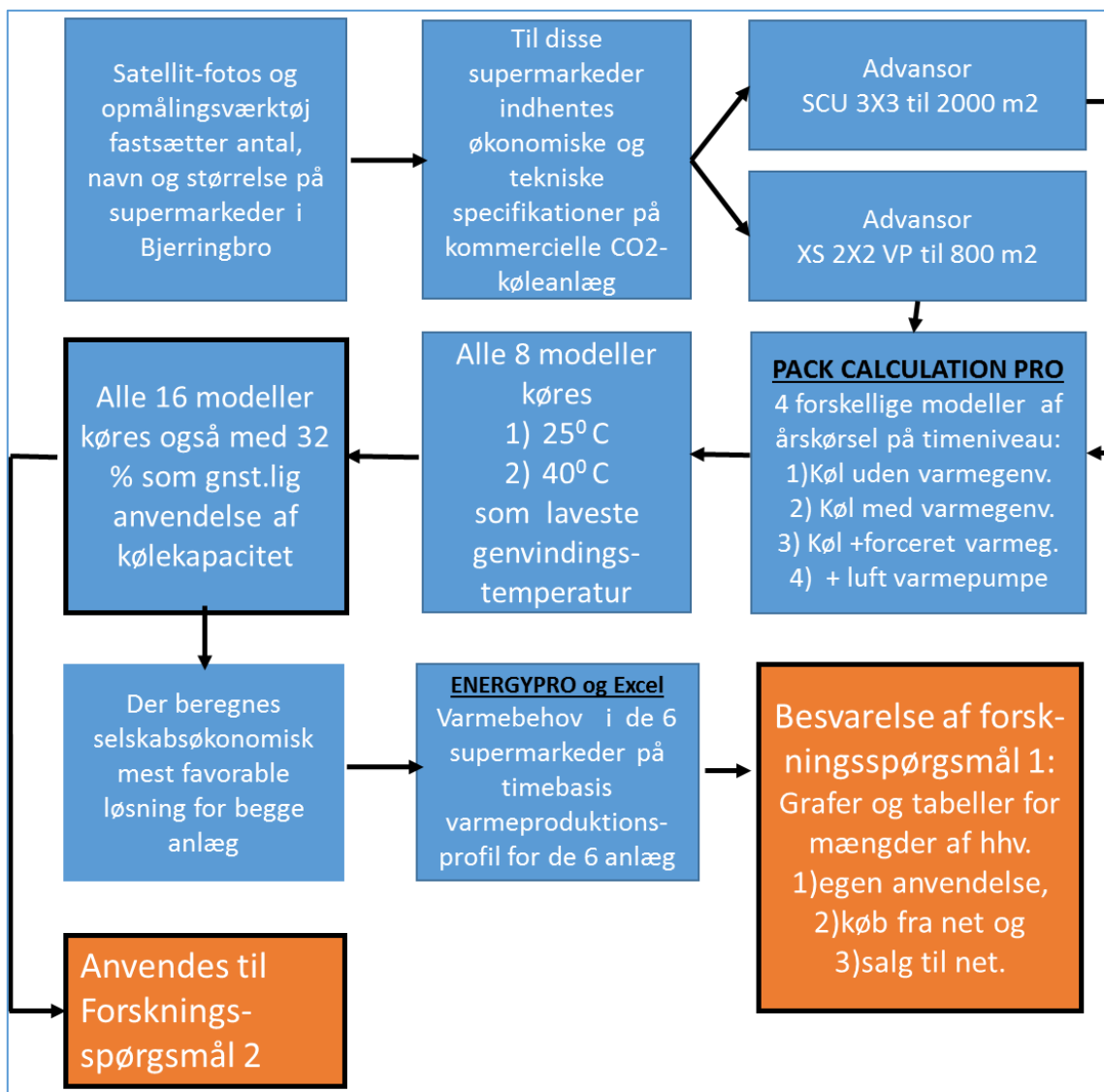
For at sikre et læsbart flow og undgå for mange gentagelser, vil jeg i de følgende afsnit for hvert af de tre forskningsspørgsmål først præsentere dataindsamlingsmetoder, dernæst illustrere analysemetoden gennem et workflow for derefter til sidst samlet at beskrive analysemetode og selve analysen skridt for skridt. Forskningsspørgsmål 1 og 2 besvares i form af et casestudie, der tager udgangspunkt i Bjerringbro fjernvarmenet og de i Bjerringbro beliggende supermarkeder. Forskningsspørgsmål 1 og 2 besvares konkret gennem en simulering af de i Bjerringbro beliggende seks supermarkeders årlige, potentielle produktion af varme fra deres køleanlæg. Begrundelsen for at vælge Bjerringbro som case samt anvendte data fremgår af teoriafsnittet. Forskningsspørgsmål 3 besvares ved at analysere data indsamlet i fokusgruppeinterviews med repræsentanter for danske fjernvarmenet.

Forskningsspørgsmål 1

Som nævnt i introduktionsafsnittet lyder specialets forskningsspørgsmål 1 således: *I hvor høj grad kan varmebehovet hos de eksisterende supermarkeder dækkes af overskudsvarme fra egne køleanlæg?* Dette spørgsmål besvares gennem en simulering ved hjælp af programmerne Pack Calculation Pro, EnergyPro samt Excel. I det følgende beskrives de anvendte dataindsamlings- og analysemetoder anvendt til besvarelse af spørgsmål 1.

Dataindsamling og analysemetode

I dette afsnit redegør jeg for de forskellige data, der ligger til grund for simuleringen, samt dataindsamling-, analysemetode og analysen under ét i form af en analyseworkflow. Workflowet er grafisk vist i **Figur 13**



Figur 13: Workflow over forskningsmetode ift. forskningsspørgsmål 1. Desuden er vist, hvilke data der anvendes videre til besvarelse af forskningsspørgsmål 2. (Egen tilvirkning)

Workflowet indledes med en bestemmelse af størrelsen på de køleanlæg i supermarkederne i Bjerringbro, som i givet fald vil blive anvendt ved en fremtidig implementering af overskudsvarmeproduktion. Til dette formål anvendes Google Earth og det indbyggede opmålingsværktøj. Denne opmåling viste, at de fire discountbutikker (Netto, Fakta, Aldi, Kiwi) har et areal på mellem 700 og 900 m². Supermarkeds kæden Menu har en butik på 1.140 m². SuperBrugsen har et areal på 2.000 m².

Med udgangspunkt i dialog og virksomhedsbesøg hos køleanægslieferandøren Advansor A/S, Vladyslav Babych, vil supermarkeder af ovenstående størrelser typisk anvende en af to standardmodeller. SuperBrugsen vil antageligt implementere modellen SCU S 3x3 CU med en kølekapacitet på 125 kW og en frysekapacitet på 30 kW (herefter kaldet det store anlæg), mens de fem øvrige supermarkeder vil anvende den mindre – og billigere model - VP XS 2x2 VP med en kølekapacitet på 40 kW og en frysekapacitet på 10 kW (herefter kaldt det lille anlæg). Følgelig tager simuleringen udgangspunkt i en implementering af disse anlæg. Vladyslav Babych gav under besøget endvidere oplysninger om de to modellers pris og tekniske specifikationer (se Bilag 2).

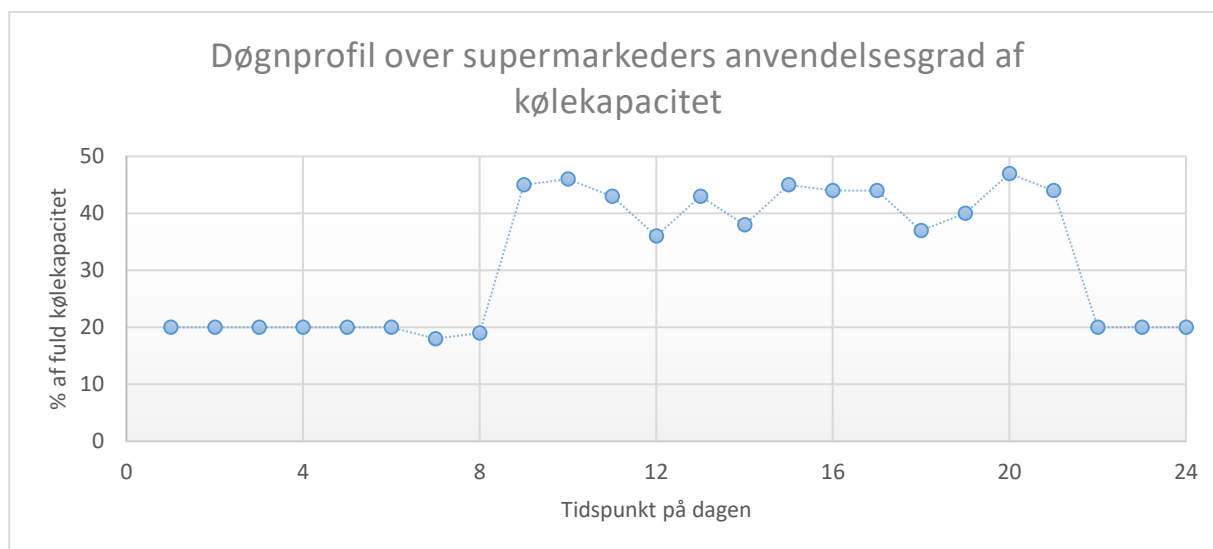
Specifikationer indeholdt i Tabel 5 blev efterfølgende indtastet i programmet Pack Calculation Pro, som er et simuleringsværktøj, der med udgangspunkt i det respektive anlægs komponenter, vejrforhold (standardberegning for Midtjylland) og supermarkedernes åbningstid kan generere en årstidsbestemt profil for anlæggets elforbrug. Denne beregning foretages i casen henholdsvis en gang for det store anlæg SCU 3x3 CU og fem gange det lille anlæg VP XS 2x2 VP. Programmet udregner samtidig anlæggets samlede varmeproduktion på årsbasis. Denne omregnes til time- og årsværdier. Formålet med denne beregning er at fastslå den varmemængde, der potentielt er til rådighed for genanvendelse samt dens årsprofil.

Tekniske specifikationer	VP XS 2x2	SCU S 3x3	Enhed
Kølekapacitet (fordamper)	40	125	kW
Fordamper-temperatur (køl)	-8	-8	°C
Frysekapacitet (fordampere)	10	30	kW
Fordamper-temperatur (frys)	-32	-32	°C
Kondensatorkapacitet	83	254	kW
Varmegenindvindingsveksler	65	178	kW
v/temperaturer	25/70	25/70 C	°C
Andel af varme til genv.	78%	70%	%
Max udetemperatur	32	32	°C
Kompressor-elforbrug ved max belastning	27,03	90,29	kW
COP udnyttet	4,25	3,69	
COP køl/frys	1,85	1,72	

Tabel 5: Udvalgte parametre for de to anvendte køleanlæg fra Advansor A/S, der anvendes i simuleringerne i Pack Calculation Pro (Egen tilvirkning)

På baggrund af oplysninger fra Tom Gøtttsch, der er direktør i AK-centralen (se Bilag 12) og data fra Torben Funder-Kristensen³, der er chef for køling i Danfoss, anvender simuleringen data fra et unavngivent supermarked i Danmark, som efter deres mening er repræsentativt. Som følge heraf sættes anvendelsen til gennemsnitlig 32 % af anlæggenes kølekapacitet med døgnmæssige variationer fra 20% til 46%, hvilket er illustreret i Figur 14. Dette indikerer, at danske supermarkedskøleanlæg er overdimensionerede.

³ Fremsat på møde om overskudsvarme d. 24/3/2017



Figur 14: Danfoss' resultat af undersøgelser af supermarketers køleanlæg på baggrund af et stort antal målinger på virkningsgrad og elforbrug. Egen tilvirkning efter forlæg fra Torben Funder-Kristensen, Danfoss.

Simuleringerne i Pack Calculation Pro understøtter døgnudsvingene ved at køre på indstillingen "dag/nat". Denne indstilling gør, at set-punktet veksler mellem -8°C i lukketiden og -12°C i åbningstiden, da det antages at belastningen er mindre om natten end om dagen, hvor låger åbnes, og der fyldes op med nye kølevarer, hvorfor anlægget skal køle ekstra meget i åbningstiden.

Der undersøges nedenfor fire driftsmåder benævnt A, B, C og D, som alle simuleres for anlæg til 800 m^2 og 2000 m^2 . Kølebehovet, der ønskes dækket, er tilpasset fordamperstørrelser og den nævnte udnyttelsesgrad på 32 %. Kølebehovet antager 407 MWh/år for det store anlæg og 131 MWh/år for det lille anlæg.

For driftsmåderne B, C og D indstilles simuleringens laveste varmegenvindningstemperatur til henholdsvis 25°C og 40°C . De fire driftsmåder er:

- Anlægget producerer kun køl. Dette bruges til at lave en baseline og til at generere en pris på køleenergi, som anvendes i de andre scenarier. Elafgiften er sat til EU's minimumstakst, da der er tale om anvendelse til proces. Dette er illustreret som simulering nr. 1 og 2 i Tabel 7 længere nede.
- Anlægget kører som i A, men varmen genvindes. Derved anses el til anlægget stadig at være fritaget for elafgift til rumvarme, da der fortsat er tale om procesanlæg. Til gengæld betales overskudsvarmeafgift om vinteren af det interne forbrug og 33% af salgsprisen til fjernvarmenettet. Dette er illustreret som simulering nr. 3, 4, 5 og 6 i Tabel 7
- Anlægget kører forceret, og varmen genvindes. Det betyder, at anlægget presses til at levere varme ved et højere tryk og temperatur. Derved anses el til anlægget at være afgiftspligtig, da der afgiftsmæssigt ikke længere er tale om et procesanlæg. Dette er illustreret som simulering nr. 7, 8, 9 og 10 i Tabel 7.
- Anlægget kører 32 % af kapaciteten på anlægget forceret (som C). De resterende 68 % af kapaciteten kører som varmepumpe med en ekstern fordamper monteret i udeluft. Dette er illustreret som simulering 11, 12, 13 og 14 i Tabel 7.

Oplysningerne samles i et af mig tilpasset Excel-beregningsark med navnet "Data anlæg 800 og 2000m^2 - samlet oversigt" (Bilag 5) med tekniske resultater for hver kørsel vist Tabel 7. Nedenfor er vist Excel-linjerne, der refereres til i Tabel 7 samt beregningerne, der ligger bag:

- Elforbrug ved fuld anvendelse: Der er indtastet ekstra forbrug i forhold til baseline, hvor varmegenvinding ikke finder sted. Det betyder, at køleanlægget i alle kørsler tilskrives det samme elforbrug.
- COP-varmegenv.: omhandler kun varmegenvindingen på baggrund af ekstraforbruget. Det giver høje værdier på bekostning af en lavere COP-køl i forhold til normal samproduktion. Baseline tager hele elforbruget på kølesiden.
- Elforbrug ved drift: Her nedskaleres kapacitetsanvendelsen til 32%.
- Varmeproduktion: beregnes ved to ovennævnte, altså som elforbrug ved drift gange COP-varmegenv.
- Varmebehov: Beregnes på baggrund af supermarkedets størrelse ganget med 0,124 MWh/m² på baggrund af statistiske tal fra COOP ejendomme, som beskrives i det følgende.
- Varme til salg: varmeproduktion fratrukket varmebehov. Denne beregning forudsætter, at der er sammenfald mellem de to, således at fjernvarmenettet ikke skal anvendes som lager. Hvis tallet er negativ, opfylder varmegenvindingen ikke hele det interne behov.

Hver kørsel genererer ligeledes en levetidsomkostning på baggrund af indtastede indkøbs-, D&V- (drift- og vedligehold) og installationspris, levetid på 10 år og det valgte driftsmønster, som overføres til beregningsarket for hver kørsel. Der udføres en komparativ beregning på en central elektrisk varmepumpe, der for at sammenligne den samfundsøkonomiske enhedspris på varme fra henholdsvis supermarkedernes samproducerende anlæg og en central varmepumpe.

Økonomiske data fremgår af Tabel 6. Indkøbspriser er markedspriser indhentet fra Advansor A/S og ligeledes vedlagt som Bilag 2.

Supermarkedsstørrelse/ m2	2000	800
Anlægsinvesteringer	DKK	DKK
A.Køleanlæg	415.200	240.000
B. m/varmeg. +	160.000	120.000
C. m/ext. fordamper til VP fuld anvendelse	230.000	170.000
Installationsomkostning/%	20%	20%
Levetid /år/NPV-vægt v 3%	10	0,94
	20	0,9
	30	0,85
Energisparetilskud 1. år/MWh	350	350
Drift & Vedligehold	DKK/år	DKK/år
A: Køl	10.000	5.000
B. m/ varmeg.	15.000	7.500
C. m/ ext. Varmepumpe	18.000	9.000
Elomkostninger	DKK/MWh	
Elpris samf.øk. an virksomhed	486	
PSO	171	
Elafgift proces	4	
Elafgift rumvarme	405	
Anvendelsesgrad køleanlæg	32%	32%
Anvendelsesgrad varmepumpe	68%	68%

Laveste genvindingstemperatur/ °C	40/25	40/25
Central varmepumpe/MW	1	
Anlægsinvestering/DKK	5.250.000	
Årlige Drift og vedligehold/DKK	250.000	
COP	3,5	
Gennemsnitligt varmebehov i supermarked- MWh/m ²	0,124	
Varmepriser	DKK/MWh	
Køb fjernvarmenet	-500	
Overskudsvarmeafgift	-182	
Salg internt	318	
Salg til fjernvarmenet (nettopris efter afgift på 33 %)	200	

Tabel 6: Værdier, der indgår i Excel-modellen til beregningen af selskabsøkonomien og samfundsøkonomien. (Egen tilvirkning)

Selskabsøkonomien i de forskellige måder at køre anlæggene på beregnes. Metoden følger de enkelte linjer i beregningsarket vist i Tabel 7.

- Anlægsinvesteringer: Den konkrete pris for anskaffelsen pålagt 20%, som Advansor A/S og Hans Baden, ingeniør hos Ivar Lykke Kristensen A/S, estimerer installationsomkostningen til.
- Drift og vedligehold: Det er her tale om et skøn fra Advansor. Det antages, at A-køleanlægget har en D&V-omkostning på henholdsvis 10.000 og 7000 DKK/år for de to anlægstyper. Der lægges 50 % til B-anlægget med varmegenvinding. C-anlægget tillægges 100% pga. flere driftstimer, servicering af en ekstern fordampner og det øvrige varmegenvindingsudstyr. Udgifterne tilbagediskonteres til nutidsværdi (NPV) efter 3 % rente.
- El-omkostninger: reglerne om overskudsvarmeafgift er her fortolket således, at der ikke tillægges el-afgift, men overskudsvarmeafgift i den almindelige varmegenvindingskørsel. Det vil sige, at elafgiften er EU's minimums-afgift på 4 DKK/MWh. I de andre kørsler, forceret eller varmpumpedrift, betales der elafgift til rumvarme af elforbruget til varmegenvindingen på 405 DKK/MWh. Omkostningerne tilbagediskonteres til NPV.
- Salg varme internt: Der sælges til 500 DKK/MWh i sommerperioden. Der betales overskudsvarmeafgift på 182 DKK/MWh i vinterperioden, så prisen er 318 DKK/MWh i vinterperioden. Indtægten tilbagediskonteres til NPV.
- Salg af overskudsvarme beregnes efter metoden 33% overskudsvarmeafgift (se side 20), der tilbagediskonteres til NPV.
- Resultat Selskabsøkonomiske er tilbagediskonterede indtægter fratrasket udgifter.
- Tilbagebetalingstid: Udgifterne divideret med gennemsnitlige, tilbagediskonterede indtægter. Denne tilbagebetalingstid tager ikke højde for, at der er en eventuel tidsforskydning mellem varmeproduktion og varmeforbrug.

På baggrund af tilbagebetalingstiden på investeringen vælges den kørsel, der giver den korteste tilbagebetalingstid for hver af de to typer anlæg.

Som det ses nedenfor i Tabel 7, har den uforcerede varmegenvinding (fremhævet med grønt) den korteste tilbagebetalingstid på henholdsvis 4,4 år for det store anlæg og 6,3 år på det lille anlæg. Det betyder altså, at det selskabsøkonomisk bedst kan betale sig at drive anlægget uden at forcere varmeproduktionen ved at øge elforbruget. På denne baggrund anvendes simulering 4 og 6 til videre beregning.

		Central varmepumpe /MW	A. Køleanlæg u/varmeg.		B. + m/varmeg.			
Simulering/kørsel nr.			1	2	3	4	5	6
m2 supermarked		0	2000	800	2000	2000	800	800
Laveste varmeg. temp		-	-	-	40	25	40	25
/år	Elforbrug v/fuld anv. *	2.500	353	119	120	120	38	38
	Køleproduktion		1358	438				
	Varmeproduktion *	8.760			556	1000	169	354
COP varme gnst.		3,50	3,85	3,68	4,63	8,33	4,45	9,32
/år	Elforbrug ved drift	2.500	112,96	38,08	38,4	38,4	12,16	12,16
	Varmeproduktion	8.760	0	0	177,92	320	54,08	113,28
	Varmebehov	0	248	99	248	248	99	99
SP.1	Varme til salg **	8760	-		-70	72	-45	14
Selskabs- økonomi udgift	Anlægsinvesteringer	5.250.000	498.240	288.000	192.000	192.000	144.000	144.000
	Energisparetilskud***		-	-	-48.832	-98.560	-14.672	-35.392
	Drift & Vedligehold	2.350.000	94.000	47.000	141.000	141.000	70.500	70.500
	Elomkostninger	24.957.000	701.866	236.606	238.595	238.595	75.555	75.555
	Totalomkost	32.557.000	1.294.106	571.606	522.763	473.035	275.383	254.663
Selskabs- økonomi indtægt	Salg varme internt	-	-		633.300	881.392	192.496	352.557
	Salg varme Fjernvarme	16.468.800	-			136.076		26.757
	Total indtægt	16.468.800	-		633.300	1.017.468	192.496	379.314
Total Resultat		-16.088.200			110.538	544.433	-82.887	124.651
SP.1	Tilbagebetalingstid/år	18,6			7,8	4,4	13,4	6,3
Samfunds- økonomisk beregning	Samlede samfundsøk. elomkostni	11.421.000			175.427	175.427	55.552	55.552
	Anlægsinv./MWh Varme	60			108	60	266	127
	D & V /MWh Varme	27			57	57	71	71
	Elomkostn. /MWh varme	130			99	55	103	49
SP.2	Samfundsøkonomisk DKK/MWh	217			263	172	440	247

		C. + m/varmeg.i forceret drift				D. som C + m/ext.fordamper til VP fuld drift			
Simulering/kørsel nr.		7	8	9	10	11	12	13	14
m2 supermarked		2000	2000	800	800	2000	2000	800	800
Laveste varmeg. temp		40	25	40	25	40	25	40	25
/år	Elforbrug v/fuld anv. *	220	220	80	80	240,4	240,4	92,92	92,92
	Køleproduktion								
	Varmeproduktion *	1155	1534	419	542	1153	1544	385	505
COP varme gnst.		5,25	6,97	5,24	6,78	4,80	6,42	4,14	5,43
/år	Elforbrug ved drift	70,4	70,4	25,6	25,6	240,4	240,4	92,92	92,92
	Varmeproduktion	369,6	490,88	134,08	173,44	1152,96	1544,2	385	505
	Varmebehov	248	248	99	99	248	248	99	99
SP.1	Varme til salg **	122	243	35	74	905	1297	286	406
Selskabs- økonomi udgift	Anlægsinvesteringer	192.000	192.000	144.000	144.000	276.000	276.000	204.000	144.000
	Energisparetilskud***	-104.720	-147.168	-37.968	-51.744	-319.396	-456.330	-102.228	-144.228
	Drift & Vedligehold	141.000	141.000	70.500	70.500	169.200	169.200	84.600	84.600
	Elomkostninger	702.789	702.789	255.560	255.560	2.399.865	2.399.865	927.602	927.602
	Totalomkost	931.069	888.621	432.092	418.316	2.525.669	2.388.735	1.113.974	1.011.974
Selskabs- økonomi indtægt	Salg varme internt	881.392	881.392	352.557	352.557	881.392	881.392	352.557	352.557
	Salg varme Fjernvarme	229.324	457.331	65.861	139.858	1.702.041	2.437.572	537.590	763.190
	Total indtægt	1.110.716	1.338.722	418.418	492.414	2.583.433	3.318.964	890.147	1.115.747
Total Resultat		179.647	450.101	-13.674	74.099	57.764	930.229	-223.827	103.773
SP.1	Tilbagebetalingstid/år	7,9	6,2	9,7	8,0	9,2	6,8	11,8	8,5
Samfunds- økonomisk beregning	Samlede samfundsøk. elomkostni	321.615	321.615	116.951	116.951	1.098.243	1.098.243	424.496	424.496
	Anlægsinv./MWh Varme	52	39	107	83	24	18	53	29
	D & V /MWh Varme	57	57	71	71	68	68	85	85
	Elomkostn. /MWh varme	87	66	87	67	95	71	110	84
SP.2	Samfundsøkonomisk DKK/MWh	196	162	266	222	188	157	249	198

Tabel 7: Selskabsøkonomiske beregninger på forskellige anvendelser af køle- og varmeanlægget. Det ses i figuren, at den korteste tilbagebetalingstid er simulering nr. 4 og 6. Begge anlæg anvender uforceret varmegenvinding fra 25 C. (Egen tilvirkning)

Varmeproduktionsprofilen bestemmes dernæst ud fra den fordelingsnøgle, som Pack Calculation Pro genererer for månedsværdierne for elforbrug samt døgnproduktionsprofilen vist i Figur 14. Det årlige elforbrug ganges med COP-værdien for derved at ramme den årlige varmeproduktion. Resultatet samles som en samlet produktionsenhed bestående af hhv. et stort og fem små anlægs drift, der indsættes i et Excel-beregningsark, der anvendes til at sammenholde med de seks supermarkeders interne varmebehov.

For at fastlægge Bjerringbro supermarkedernes årlige varmebehov anvendes data fra COOPs i alt 714 supermarked beliggende i fjernvarmeområder i Danmark. Peter Svendsen, der er energichef i Coop Ejendomme, har i et interview oplyst, at disse supermarkeder på i alt 1.050.000 m² opvarmes for samlet 65 mio. kr. årligt til en gennemsnitspris på kr. 500,00 pr MWh (se Bilag 13). Det svarer til 0,124 MWh/m², som fremgår af Tabel 7. Resultatet skales op til arealet på de seks supermarkeder i Bjerringbro på i alt 6.340 m² svarende til 785 MWh/år.

Dernæst beregnes en timeprofil af det beregnede varmebehov på årsniveau i simuleringssværtøjet EnergyPro. EnergyPro har en indbygget funktion, som kan fordele det årlige varmebehov i forhold til temperaturforhold (graddagsafhængigt forbrug (GAF) og graddagsuafhængigt forbrug (GUF). Hvor en normal husholdning har en sammensætning af cirka 70 % GAF og 30 % GUF, er det på baggrund af interviews med Peter Svendsen fra COOP (Bilag 13) og Tom Gøtttsch (Bilag 12) besluttet at fastsætte mængden af GUF til 10% i stedet for 30 %, forstået således, at kun 10% af supermarkedernes varmekonsum er konstant - også henover sommeren. Det skal dog bemærkes, at der kan være individuelle forskelle mellem supermarkeder, idet nogen fx har et stort varmtvandsforbrug til rengøring i en eventuel slagterafdeling. Det er antaget i denne beregning, at der i Bjerringbro kun er et øget varmtvandsbehov i det store supermarked (SuperBrugsen).

For at besvare forskningsspørgsmål 1 udtrækkes timeprofilen på supermarkedernes varmebehov og indsættes i modellen i Excel, der i rækker på timeniveau efterprøver samtidigheden af de seks supermarkeders varmeproduktion og -behov. Resultatet af denne simulering angiver de perioder (timer), hvor varmebehovet ikke mængdemæssigt kan dækkes af egen varmeproduktion. Denne simulering generer ligeledes et årsresultat, som viser, hvor meget varme, der kan leveres til det lokale fjernvarmenet.

På baggrund af den overfor beskrevne simulering udarbejdes en graf for henholdsvis produktionen af overskudsvarme til fjernvarmenettet og det varmebehov, der skal dækkes fra fjernvarmenettet. Forskellen på disse udgør første del af svaret på forskningsspørgsmål 1. Anden del besvarer spørgsmålsålet i form af en selskabsøkonomisk beregning af indtægtsmuligheden samt følsomhedsanalyser på udvalgte parametre.

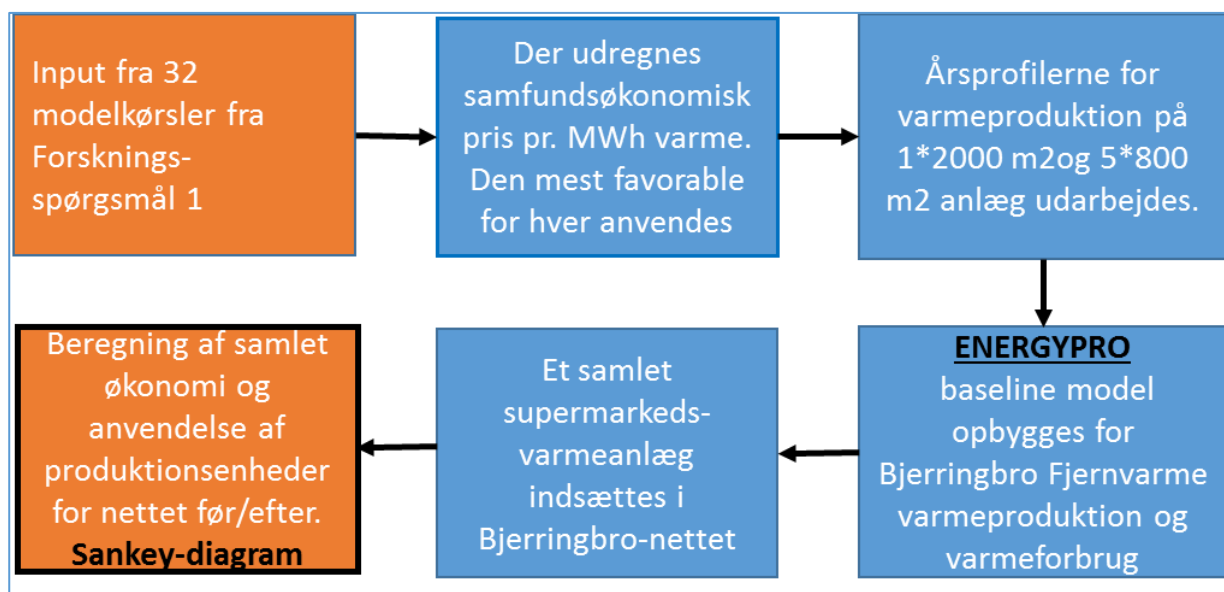
Forskningsspørgsmål 2

Forskningsspørgsmål 2 lyder: Hvordan indvirker anvendelsen af supermarkedernes varmeproduktionskapacitet på det eksisterende fjernvarmenet teknisk og økonomisk?

Dette spørgsmål besvares gennem komparative økonomiske beregninger af enhedsprisen for varmeproduktion med efterfølgende simulering af Bjerringbro fjernvarmenet i programmet EnergyPro. I det følgende beskrives de anvendte dataindsamlings- og analysemetoder.

Dataindsamling og analysemetode

I dette afsnit redegør jeg for de forskellige data, der ligger til grund for simuleringen samt dataindsamling- og analysemetoden under ét i form af en analyseworkflow. Workflowet er grafisk vist i Figur 15.



Figur 15: Workflow for besvarelse af forskningsspørgsmål 2. (Egen tilvirkning)

Med baggrund i beregningerne på de 32 forskellige simuleringer af varmeproduktion udført i forbindelse med forskningsspørgsmål 1 foretaget i tilrettet Excel-model laves en samfundsøkonomisk, komparativ beregning på frembringelsesprisen af varme i hver enkelt kørsel (Energistyrelsen, Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet, 2007). Der sammenlignes med alternativ samfundsmæssig investering i én central varmepumpe jfr. oplysninger fra teknologikataloget (Energistyrelsen 2016).

Den mest fordelagtige anvendelse af anlæggene for de seks supermarkeder sammenregnes i Excel til en årlig produktionsprofil på timeniveau. Det viser sig at være kørslen, hvor kapaciteten udnyttes fuldt ud, først som forceret køleanlæg, resten som varmepumpe, hvor enhedsprisen er mellem 157 og 198 DKK/MWh. Det er mere samfundsøkonomisk end den centrale varmepumpe, hvor prisen er 217 DKK/MWh. Profil for de 6 fuldt anvendte anlæg indsættes efterfølgende i modellen af Bjerringbro fjernvarmenet.

Med udgangspunkt i statistiske data fra Bjerringbro Fjernvarmeværk (Energistyrelsen 2014) samt oplysninger fra Charles W. Hansen, der er driftsleder i Bjerringbro Fjernvarme, udarbejdes en simuleringsmodel af det samlede Bjerringbro fjernvarmenet i EnergyPro, som det aktuelt ser ud. EnergyPro beregner den optimale kørsel og omfanget af anvendte varmekilder (kraftvarmeværk, gaskedler og et samproducerende køle-/varmeanlæg) på årsbasis (2015-tal).

Dernæst foretages den samme beregning, hvor de seks supermarketers køleanlæg (se ovenfor) er indsat som varmeproduktionsenheder i modellen. EnergyPro genererer en rapport af simuleringens resultater både før og efter implementeringen af varmeproduktionen fra supermarkedsanlæggene.

Forskningsspørgsmål 2 om, hvorledes anvendelsen af supermarkedernes varmeproduktionskapacitet indvirker på fjernvarmenettet i Bjerringsbro, besvares for det første ved at sammenligne størrelserne på fjernvarmenettets samlede varmebehov og supermarkedernes varmeleverance til nettet. For det andet besvares spørgsmålet ved at undersøge, hvordan supermarkedernes leverance påvirker de eksisterende produktionsenheders (kraftvarmeværk, gaskedler og samproducerende køle-/varmeanlæg) leverancer til fjernvarmenettet. I denne sammenhæng illustreres differencen i leverede mængder fra de enkelte forsyningsenheder samt samlet varmeproduktionspris før og efter i en tabel. De samlede energistrømme efter implementeringen af varmeproduktion fra køleanlæggene vises et E-sankey-diagram. Der foretages en

økonomisk beregning af anvendelsen af varmeproduktionen fra supermarkederne i Bjerringbro fjernvarmenet i forhold til eksisterende produktionsanlæg og anden mulig investering i central varmepumpe. Der gennemføres ligeledes følsomhedsanalyser på udvalgte parametre.

Forskningsspørgsmål 3

Forskningsspørgsmål 3 lyder: *Hvilke barrierer ser fjernvarmeselskaber i relation til anvendelsen af supermarketers varmeproduktion i fjernvarmenettet?*

Data og dataindsamling

Dette spørgsmål besvares ved at afholde fokusgruppeinterviews med repræsentanter fra udvalgte fjernvarmenet i Danmark. Forskningsspørgsmål 3 besvares konkret gennem en kvalitativ analyse af verbale data indsamlet fra i alt to fokusgruppeinterviews, som fandt sted i henholdsvis marts og april måned 2017.

Fokusgruppeinterviews

Fokusgruppemetoden blev valgt, fordi den kan bidrage med kvalitativ viden om, hvilke erfaringer og holdninger fokusgruppedeltagerne har til det diskuterende fænomen, her anvendelse af supermarketers overskudsvarme i fjernvarmenet. Metoden blev valgt frem for fx at gennemføre en spørgeskemaundersøgelse, som i sagens natur ville kunne omfatte flere deltagere end en fokusgruppeundersøgelse. Fokusgruppemetoden blev dog valgt, fordi specialet ønsker at bidrage med dybdegående viden om det undersøgte fænomen. Samtidig har fokusgruppemetoden den fordel, at deltagerne forud for møderne har givet tilsagn om at ville deltage, hvorfor man må formode, at de er motiverede for at diskutere de spørgsmål, som de får stillet. Som anført af Edley (2010:172) bør man dog være opmærksom på, at der kan forekomme falsk konsensus, hvis nogle deltagere dominerer samtalen eller gruppen, mens andre holder sig tilbage eller forholder sig tavs. Dette kan medføre en form for gruppepolarisering, hvor gruppen som enhed udtrykker sig anderledes, end de enkelte deltagere ville udtrykke sig, hvis de blev bedt om at udtale sig individuelt. Samtidig er det værd at bemærke, at deltageres diskurs kan påvirkes af den sociale kontekst, som fokusgruppemødet foregår i, fx deltageres interne relationer til hinanden (Saldanha 2013: 169), hvilket man bør tage højde for ved analysen og fortolkningen af de indsamlede data. En yderligere fordel er, at deltagerne i et fokusgruppemøde implicit eller eksplicit bliver opfordret til at forklare egne holdninger og stiller spørgsmål samt kommenterer på de øvrige deltagers bidrag til samtalen. På den måde understøtter fokusgruppemøder i høj grad tilblivelsen af dybdegående viden.

Dörnyei (2007: 145) anbefaler, at man gennemfører mindst fire til seks fokusgruppemøder for at opnå en tilstrækkelig stor bredde og dybde i besvarelserne. Et fokusgruppeinterview består som regel af seks til ti personer, som diskuterer det emne, der er i fokus i gruppen, og gennemføres af en såkaldt moderator (Saldanha 2013: 182). Moderatorens opgave er at stille en række åbne spørgsmål, som fokusgruppedeltagerne kan diskutere med hinanden. Moderatoren bør bestrebe sig på ikke at stille ledende spørgsmål, da fokusgruppeinterviews har til formål at indfange deltageres syn på verden og det undersøgte fænomen i stedet for at bekræfte eller afkræfte interviewerens forhåndsopfattelse.

Deltagere i fokusgrupperne

Jeg ønskede at lade fokusgrupperne bestå af såkaldte elitepersoner (Kvale 2009: 167), som er eksperter inden for det fjernvarmetekniske område, hvilket i denne undersøgelse er driftsledere og/eller direktører for danske fjernvarmenet. Kvale (2009: 167) anfører, at det kan være meget svært at få adgang til denne population, men at fordelene ved at vælge denne er, at elitepersoner med en vis ekspertise er vant til at verbalisere deres holdninger og meninger og er interessante samtalepartnere, hvilket må antages at være forudsætningen for,

at fokusgruppemøder kan gennemføres på en konstruktiv og hensigtsmæssig måde og endvidere resultere i valide resultater.

Fokusgrupper bestående af ovennævnte elitepersoner udgør antageligt en forholdsvis homogen gruppe i kraft af deltagernes fælles uddannelses- og arbejdsprofil. I henhold til Saldanha (2013: 183) er det sandsynligt, at diskussionen i sådanne homogene grupper i højere grad vil flyde uforstyrret, fordi gruppen ikke er kendetegnet ved asymmetriske strukturer. Som anført af Saldanha (2013: 169) er det dog ofte svært at rekruttere sådanne deltagere til fokusgruppemøderne, som er villige til at afsætte den fornødne tid.

Af logiske årsager besluttede jeg mig for alene at gennemføre to fokusgruppeinterviews. Jeg ønskede at sammensætte to grupper af repræsentanter for danske fjernvarmenet, som befinder sig forskellige steder i implementeringsprocessen. Jeg valgte konkret, at den ene fokusgruppe skulle bestå af repræsentanter fra fjernvarmenet, der allerede har implementeret overskudsvarme fra supermarketers køleanlæg i deres lokale fjernvarmenet, mens den anden gruppe skulle bestå af repræsentanter fra fjernvarmenet, som endnu ikke har implementeret varme fra supermarkeds-køleanlæg i deres net. I det af Energistyrelsen initierede projekt *Super Supermarkets*⁴ medvirker tre fjernvarmenet, som ønsker at implementere anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder (i første omgang det lokale supermarked, som er blevet udpeget som deltager i projektet og derfor betegnes som områdets SuperBrugsen), men stadig venter på, at deres lokale supermarkeder bliver klar til at levere overskudsvarme til fjernvarmenettet. De tre fjernvarmenet er Bramming, Bjerringbro og Mølholm, som alle er mellemstore net, der betjener ca. 2.500 husstande. Driftslederne fra disse tre fjernvarmenet udgør undersøgelsens **fokusgruppe 1**.

For at skabe så vidt muligt samme rammebetingelser for de to fokusgruppemøder valgte jeg ligeledes at lade **fokusgruppe 2** bestå af tre deltagere. Med henblik på at udvælge deltagerne valgte jeg de tre fjernvarmenet af de i alt ca. 15 danske fjernvarmenet⁵, der har længst erfaring med at anvende overskudsvarme fra supermarkeder i deres respektive net. De tre net er henholdsvis Skjern (2.000 husstande), Odder (3.500 husstande) og Sønderborg (10.000 husstande), som alle har været aktive aftagere af overskudsvarme fra supermarkeder siden 2013/2014. Sønderborg har pt. tre supermarkeder tilknyttet, der leverer overskudsvarme til fjernvarmenettet, men de to øvrige kun har tilknyttet et enkelt supermarked, henholdsvis en SuperBrugsen i Skjern og en Kvickly i Odder. Som følge af de tre nets forskellige størrelser og varierende antal omfattede supermarkeder, vil deltagernes sammenligningsgrundlag ikke være helt identisk, hvilket kan påvirke fokusgruppemødet. Dette forhold bør der tages højde for i analysen af dataene. Fokusgruppe 2 består af to driftsledere (Skjern og Odder) samt en direktør (Sønderborg). Umiddelbart forud for afholdelse af fokusgruppe 2 meldte driftslederen fra Skjern dog afbud, hvorfor dette møde alene bestod af to deltagere. I stedet afholdt jeg telefoninterview med driftslederen fra Skjern, som indgår i analysen af forskningsspørgsmål 3 på linje med fokusgruppe 2.

Jeg rekvirerede deltagerne på følgende måde:

Fokusgruppe 1

1. Jeg kontaktede min kollega i CLEAN, Lotte Gramkow, der er Senior Project manager og projektleder på Super Supermarket-projektet, som gav mig navnene på de tre fjernvarmenet, der er med i projektet (Bramming, Bjerringbro og Mølholm).

⁴ www.energiforskning.dk/da/program/eudp?page=3

⁵ Oplyst den 19/4/2017 af Hans Baden, som er rådgivende ingeniør og deltager i Super Supermarkeds-projektet.

2. Hun sendte en mail til driftslederne for de tre fjernvarmenet, hvori hun informerede dem om, at jeg ville kontakte dem telefonisk om deltagelse i et fokusgruppemøde. De gav hende alle tre tilsagn om at ville medvirke.
3. Jeg udsendte en Doodle med forslag til mødedatoer til de tre deltagere.
4. Jeg udsendte mødeindkaldelse (vedlagt som Bilag 7a) til fokusgruppe 1 via Outlook med mødedato den 28. marts 2017. Mødeindkaldelsen informerede om, at fokusgruppemødet ville blive anvendt både i dette speciale og i Super Supermarket-projektet samt indeholdt dagsorden for interviewet samt den powerpoint-præsentation (vedlagt som Bilag 7b), som jeg anvender som interviewguide under fokusgruppemødet. Jeg bad i indkaldelsen deltagerne om at læse præsentationen på i alt 12 slides igennem inden mødet samt forholde sig til og eventuelt korrigere deri anførte oplysninger om eget net og deres lokale supermarkeder.
5. Samme dag sendte jeg ligeledes mødeindkaldelsen til de tre deltagere per mail med link til GoToMeeting-softwaren samt en brugsanvisning.
6. Få dage før afholdelse af fokusgruppemødet udsendte jeg en erindringsmail, hvori jeg gav udtryk for, at jeg så frem til fokusgruppemødet, og oplyste deltagerne om, at de kunne kontakte mig, hvis de havde spørgsmål eller problemer med at få GoToMeeting-softwaren til at fungere på deres computer. En enkelt deltager reagerede på denne mail, fordi Citrix-opsætningen (firewall-system udviklet af Dansk Fjernvarme til de danske fjernvarmeværker) på hans computer ikke ville tillade download af GoToMeeting-softwaren. Problemet blev løst under telefonsamtalen.
7. Fokusgruppemøde 1 fandt sted den 28. marts 2017 ved hjælp af online-plattformen GoToMeeting. Mødet varede ca. 1 time. Mødet blev lydoptaget. Lydoptagelsen er vedlagt som Bilag 7e.

Fokusgruppe 2

1. Jeg kontaktede driftslederne fra Skjern og Odder samt direktøren for Sønderborg telefonisk. De gav alle tilsagn om at ville medvirke.
2. Jeg udsendte en Doodle med forslag til mødedatoer til de tre deltagere.
3. Jeg udsendte mødeindkaldelse til fokusgruppe 2 via Outlook med mødedato den 21. april 2017. Mødeindkaldelsen informerede om, at fokusgruppemødet ville blive anvendt både i dette speciale og i Super Supermarket-projektet samt indeholdt dagsorden for interviewet samt den powerpoint-præsentation, som jeg anvender som interviewguide under fokusgruppemødet. Jeg bad i indkaldelsen deltagerne om præsentationen på i alt 12 slides igennem inden mødet samt forholde sig til og eventuelt korrigere deri anførte oplysninger om eget net og deres lokale supermarkeder.
4. Samme dag sendte jeg ligeledes mødeindkaldelsen til de tre deltagere per mail med link til GoToMeeting-softwaren samt en brugsanvisning.
5. Få dage før afholdelse af fokusgruppemødet udsendte jeg en erindringsmail, hvori jeg gav udtryk for, at jeg så frem til fokusgruppemødet, og oplyste deltagerne om, at de kunne kontakte mig, hvis de havde spørgsmål eller problemer med at få GoToMeeting-softwaren til at fungere på deres computer.
6. Få dage efter denne mail skrev driftslederen fra Skjern, at han ikke mente, at han kunne bidrage konstruktivt til undersøgelsen, da hans erfaringer med implementeringen af overskudsvarme fra de lokale supermarkeder efter hans mening lå langt tilbage i tiden, ligesom han gav udtryk for, at han ikke kunne bidrage med positive erfaringer. Jeg kontaktede ham derefter telefonisk og sagde, at jeg meget gerne ville høre om hans erfaringer og holdninger uagtet ovenstående forhold. Dette indvilligede han i, hvorefter jeg i direkte forlængelse gennemførte telefoninterview med ham, som jeg efterfølgende udarbejdede et referat af, som jeg sendte til hans godkendelse. Referatet er vedlagt som Bilag 9. Dette referat indgår i analysen af data indsamlet under fokusgruppemøde 2.

8. Fokusgruppemøde 2 med deltagerne fra Odder og Sønderborg fandt sted den 21. april 2017 ved hjælp af online-plattformen GoToMeeting. Mødet varede ca. 1 time. Mødet blev lydoptaget. Lydoptagelsen er vedlagt som Bilag 8e.

Praktisk afvikling af fokusgruppemøderne

For at gøre det så nemt som muligt for alle deltagere at medvirke i denne undersøgelse valgte jeg at gennemføre møderne på platformen GoToMeeting. Dette er et online værktøj til afholdelse af møder, hvor mødedeltagerne kan se et billede af hinanden på skærmen, samtidig med at en præsentation kan vises. Værktøjet gør det muligt at generere en lydfil af mødet. Begrundelsen for at anvende dette værktøj er, at jeg i mit virke som projektleder hos CLEAN har gode erfaringer med dette værktøj, som vi ofte anvender.

I kraft af et antal på kun tre/to mødedeltagere plus moderatoren i hvert fokusgruppemøde håbede jeg, at alle deltagere ville få tilstrækkelig taletid under møderne, som jeg ønskede at kunne afvikle på højst 45 minutter for ikke at tage for meget af deltagernes tid og samtidig kunne bevare deltagernes koncentration under hele mødet.

De to fokusgruppemøder foregik på den måde, at alle deltagere samt moderatoren loggede på GoMeeting-plattformen på det aftalte tidspunkt. Under begge møder var der for enkelte af deltagerne problemer med at logge på og få teknikken til at virke. Efterhånden som de fik logget på, bød jeg dem velkommen. På skærmen kunne deltagerne se et billede af moderatoren (mig) og hver af de øvrige deltagere samt den første slide af den powerpointpræsentation (se Bilag 7b og 8b), som jeg havde sendt dem sammen med mødeindkaldelsen. Præsentationen blev anvendt som interviewguide under møderne. Derefter introducerede jeg deltagerne i hvert møde (navne på deltagerne blev vist på slide 2). Som en slags briefing om afvikling af og formålet med fokusgruppemødet informerede jeg dem dernæst om mødets agenda (slide 3), som lød som følger:

1. Kort introduktion om Super Supermarkets (3 minutter)
2. Præsenter kort dig selv og "dit" fjernvarmenet ift. vedsendte tabel (cirka 3 minutter pr. person)
3. Barrierer for supermarkedsoverskudsvarme i fjernvarmenettet (dit): teknisk, temperatur, lovgivning, økonomi (15 minutter i alt)
4. Muligheder for supermarkedsoverskudsvarme i fjernvarmenettet (10 minutter i alt)
5. Dit ønskescenarie i fremtiden i forhold til supermarkedsoverskudsvarme i dit net (10 minutter i alt)

Punkt 1 er en introduktion til Super Supermarkets-projektet. Punkt 2-5 er de punkter, som deltagerne blev bedt om at bidrage til under fokusgruppemødet.

Slide 4 i præsentationen leverede de grundlæggende informationer om Super Supermarkets-projektet, som har til formål at ombygge 500-1000 supermarkeder til køle-/varmeproducerende enheder inden år 2019, heraf mange tilknyttet lokale fjernvarmenet. Jeg informerede deltagerne om, at de i forbindelse med fokusgruppemødet indsamlede data skal levere input til to projekter, nemlig både dette speciale samt Super Supermarkets-projektet. Deltagerne blev i den forbindelse oplyst om, at formålet med fokusgruppemødet derfor både var at indsamle informationer om mulige barrierer og muligheder for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i fjernvarmenet. I møderne pointerede jeg, at deltagerne blev bedt om at forholde sig subjektivt til spørgsmålene og dermed give udtryk for deres egne erfaringer og opfattelser. Slide 5 og 6 viste henholdsvis en model af supermarkeders køle-/varmeanlæg uden (slide 5) og med anvendelse af

overskudsvarme i fjernvarmenet (slide 6), som jeg forklarede i grove træk. Slide 7 viste eksempler med tal på supermarkeder, der allerede har implementeret genbrug af overskudsvarme. Konkret fik deltagerne vist disse supermarkeds produktion, eget forbrug, salg og antal husstande, der kan forsynes. Efter denne introduktion ved moderator, fik deltagerne vist slide 8, som præsenterer centrale tal for deltagernes respektive fjernvarmenet. Deltagerne blev derpå bedt om kort at præsentere eget net med udgangspunkt i de viste tal og om nødvendigt korrigerer disse, som moderatoren havde indsamlet fra diverse, tilgængelige kilder. Derefter informerede moderatoren deltagerne om, at man nu gik over til det egentlige fokusgruppemøde, hvor de blev bedt om at bidrage med egne erfaringer og holdninger til de tre spørgsmål, som er indeholdt i slide 9-11. Præsentationens sidste slide 12 sagde tak til deltagerne for deres deltagelse og informerede dem om, at deltagerne får tilsendte Super Supermarkeds-rapporten samt dette speciale som tak for deres deltagelse.

I det følgende reflekterer jeg kort over formuleringen af spørgsmål 9-11, da det er den kvalitative undersøgelses centrale del. Slide 9-11 beder deltagerne beskrive henholdsvis barrierer for anvendelsen af supermarkeds overskudsvarme i deres respektive fjernvarmenet (slide 9), muligheder for anvendelse af supermarkeds overskudsvarme i deres respektive fjernvarmenet (slide 10) og deres individuelle drømmescenarier for fremtidig anvendelse af supermarkeds overskudsvarme i deres fjernvarmenet (slide 11). Da jeg har valgt at anvende fokusgruppemetoden, som lægger op til, at man arbejder induktivt og lader deltagerne fremkomme med egne holdninger og erfaringer for at få et indblik i deres måde at anskue virkeligheden på, var jeg opmærksom på, at spørgsmålene bør formuleres som åbne spørgsmål. Som anført af Kvale (2009: 201) bør man dog i forbindelse med eliteinterviews være opmærksom på, at man som moderator bedst opnår en symmetri i interviewrelationen, hvis deltagerne fornemmer, at moderatoren er velinformeret om emnet, behersker fagsproget og er fortrolig med deltagernes individuelle kontekster. Jeg valgte derfor for hvert af de tre spørgsmål at opliste en række stikord på slidesene, som jeg havde afledt af teori, den aktuelle samfundsdebat om emnet samt en række informanter (køleekspert Peter Bjerg fra Danfoss, energichef hos COOP Peter Svendsen og Tom Gøtttsch, der er direktør for AK-centralen og opsamler data for en lang række COOP-supermarkeder). Stikordene var følgende: *beliggenhed i net, varmemængder, teknik, temperatur, økonomi, lovgivning, andre varmeenheder, mindre varmesalg, andre?* Formålet med stikordene var at kvalificere diskussionen. Jeg er dog bevidst om, at jeg ved at anføre disse stikord risikerer at påvirke deltagernes diskussion. Forud for hvert af de tre spørgsmål understregede jeg derfor, at formålet var, at deltagerne skulle give udtryk for egne erfaringer og holdninger. For at understøtte dette, forsøgte jeg at skabe en atmosfære, hvor deltagerne følte, at de kunne udtrykke personlige og modstridende synspunkter i den kollektive ordveksling (Kvale 2009: 170). I praksis viste det sig, at nogle af deltagerne til tider foregreb et af de efterfølgende spørgsmål, fx allerede nævne drømmescenarier i forbindelse med diskussionen af barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder. Som det vil fremgå af analyseresultaterne (side 48) fremkom deltagerne også med betragtninger, som reflekterede over andre faktorer end de anførte stikord, hvilket lader formode, at deltagerne ikke umiddelbart oplevede stikordene som begrænsende. I fokusgruppemøde 2, hvor deltagerne repræsenterede fjernvarmenet, der allerede har høstet erfaringer med supermarkedsvarme i fjernvarmenettet af varierende størrelse, viste det sig endvidere, at dette forhold ikke vanskeliggjorde diskussionen i særlig grad.

For at begrænse risikoen for gruppepolarisering og falsk konsensus bestræbte jeg mig under afviklingen af interviewene så vidt muligt at tildele alle deltagere taletid ved hvert spørgsmål. Under møderne bidrog alle deltagerne aktivt og konstruktivt til diskussionen, selv om der under begge møder dog var en af deltagerne, der var mere dominerende og talende end de øvrige. Dette skyldtes efter min vurdering primært, at disse deltagere havde mere erfaring med eller personlig interesse for anvendelsen af supermarkeds overskudsvarme i fjernvarmenet. For at sikre at alle følte sig hørt, spurgte jeg derfor ved hvert af de tre spørgsmål deltagerne, om der var nogen, som havde noget at tilføje. For at højne kvaliteten af den

efterfølgende dataanalyse bestræbte jeg mig endvidere gennemgående på at stille betydningsopklarende spørgsmål til interviewdeltagernes verbale bidrag til diskussionen for løbende at kontrollere reliabiliteten af de interviewedes svar og for at verificere egne fortolkninger (Kvale 2009: 186, 195; Saldanha 2013: 171). Alle fokusgruppemøder blev afsluttet med en debriefing, hvor jeg bl.a. informerede deltagerne om det kommende analysearbejde og forventet publikation af henholdsvis Super Supermarket- og specialet. Begge fokusgruppemøder tog ca. 1 time imod forventet 45 minutter, hvilket primært skyldtes tekniske vanskeligheder i starten af møderne.

Analysemetode

Formålet med fokusgruppeinterviewsene var overordnet at indsamle viden om mulige barrierer for anvendelsen af supermarkeders overskudsvarme i et fjernvarmenet. I analysen anvendes derfor kun de dele af dataene fra fokusgruppemøderne og interviewet med direktøren for Skjern Fjernvarmeværk, som hidrører fra spørgsmålet om barrierer. De øvrige spørgsmål fra fokusgruppeinterviewene om muligheder og drømmescenarier vil indgå i den afsluttende rapport om Super Supermarket-projektet.

Det er vigtigt at understrege, at de afholdte fokusgrupper som følge af det lille deltagerantal i udgangspunktet ikke er en repræsentativ del af undersøgelsens totalpopulation (samtlige fjernvarmenet). Som følge heraf er det ikke muligt at generalisere undersøgelsens resultater, hvilket dog som beskrevet ovenfor ikke er formålet med kvalitative undersøgelser. Sådanne undersøgelser ønsker at blive klogere på og gå i dybden med få subjektive opfattelser på virkeligheden, som i denne undersøgelses kontekst kan perspektivere undersøgelsens kvantitative resultater.

Transskribering af videooptagelser af fokusgruppemøder

I dette afsnit redegøres først for den anvendte transskriberingsmetode og dernæst for analysemetoden.

Videooptagelserne af de to afholdte fokusgruppeinterviews blev transskriberede med fokus på indhold frem for form, da formålet med transskriptionen er at få adgang til den indholdsmæssige betydning af interviewdeltagernes ytringer. Transskriberingen skete derfor som en tilstræbt naturaliseret transskription (Saldanha 2013: 128), som tilstræber en skriftsproglig stil.

I forbindelse med transskriberingen blev følgende transskriptionskonventioner anvendt:

1. Indledningsvist anføres for hvert fokusgruppemøde formålet med mødet, en liste med interviewdeltagernes navne og anvendte forkortelser (initialer) samt organisering af mødet. Derefter anføres agendaen for mødet.
2. For hvert af punkterne 2-5 i agendaen er indført et screenshot fra Powerpoint-præsentationen samt deltagerens dialogbidrag.
3. Interviewdeltagernes ytringer er noteret ord for ord i den rækkefølge, de forekommer. Derudover er der foran hver ytring anført starttidspunkt. Foran hver ytring anføres ligeledes talerens initialer. En ytring defineres her som en taleenhed, der begynder, når en person starter med at tale, og slutter, når en anden person overtager ordet.
4. Interviewdeltagernes ytringer noteres i udgangspunktet uden angivelse af diskursmarkører, gestik, mimik, kropsbevægelser, blikkontakt, talepauser og lignende formrelaterede elementer.

Analyse af fokusgruppeinterviews

Med henblik på at undersøge, hvilke barrierer danske fjernvarmenet ser i forbindelse med en implementering af supermarkeders overskudsvarmeproduktion i fjernvarmenettet foretages en tematisk analyse af

transskriptionerne af de to fokusgruppemøder. I analysen inddrages ligeledes referatet af telefoninterviewet med driftslederen fra Skjern Fjernvarmeværk.

I dette speciale forstås en barriere som et forhold, der efter fokusgruppedeltagernes opfattelse kan stå i vejen for eller direkte umuliggøre anvendelsen af supermarkeds overskudsvarme i fjernvarmenettet. Konkret operationaliseres en barriere som tekstpassager, hvor deltagerne eksplicit problematiserer et forhold eller giver udtryk for, hvilke forudsætninger, der skal være opfyldt, for at en implementering af overskudsvarme fra supermarkeder i deres øjne er meningsfuld. Det betragtes ligeledes som udtryk for en barriere, hvis deltagerne eksplicit eller implicit specificerer krav til en overskudsvarmeløsning. Endvidere analyseres de eksplicit eller implicit udtrykte bagvedliggende årsager til deltageres ønsker til mulige løsningsmodeller som en barriere.

De to transskriptioner samt referatet analyseres så vidt muligt induktivt, hvilket vil sige, at de tematiske analysekategorier fastlægges i en looping-proces frem for at tage udgangspunkt i prædefinerede underkategorier. Den induktive analyse mandede ud i følgende kategorier af barrieretyper:

1. Tekniske barrierer
2. Økonomiske barrierer
3. Lovgivningsmæssig barriere
4. Beliggenhedsmæssige barrierer
5. Barrierer i relation til fjernvarmenettets og/eller supermarkedernes rolle

Resultatet af den induktive analyse fremgår af Bilag 7c og 8c. Det bemærkes, at analysen ikke som sådan har til formål at kvantificere forekomsten af de enkelte barrieretyper i transskriptionerne og referatet, da analysens formål er eksplorativ i den forstand, at den ønsker at afdække alle de barrierer, som fjernvarmenettene opfatter som problematiske. Formålet med analysen er således primært at bidrage med kvalitativ viden om fjernvarmenettens holdning til anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkederne. Undersøgelsen har altså primært som sigte at se den undersøgte virkelighed med fjernvarmenettens briller og således forstå deres forståelse af fænomenet overskudsvarme i stedet for at be- eller afkræfte forekomsten af bestemte forventede opfattelser. Denne viden forventes at være vigtig for en konstruktiv videreførelse af dialogen med danske fjernvarmenet om implementering af overskudsvarme fra supermarkeder. Den er samtidig relevant for fx supermarkederne, som med fordel kan tilpasse deres køleanlæg og overskudsvarmeproduktion til fjernvarmenettens behov og ønsker.

I nedenstående Figur 16 til Figur 20 præsenteres illustrative eksempler på deltageres italesættelse af de fem barrieretyper. For hvert af de udvalgte eksempler er anført kilde (FG1 og FG2 for henholdsvis fokusgruppe 1 og 2 samt R for referat), fjernvarmenet (tre første bogstaver af navnet) samt for de to førstnævnte kilder en tidsangivelse. For hver barrieretype præsenteres min fortolkning af eksemplerne i form af afledte pointer. Det er vigtigt at understrege, at resultaterne af den kvalitative analyse således i høj grad er udtryk for min subjektive fortolkning af deltageres ytringer. De fem barrieretyper relateres i opgavens diskussionsafsnit til resultaterne af de kvantitative undersøgelser.

Barrieretype	Eksempler med kilde, navn på fjernvarmenet og tidsangivelse
Teknisk	Eks. 1 ..det næste er temperatur. Vi kan næsten ikke håndtere det, hvis ikke det kommer med en ordentlig fremløbstemperatur især om sommeren. Så en barriere kan i hvert fald være, at varmen fra supermarkedet skal leveres på minimum vores fremløbstemperatur (70 grader), ellers kan det være svært for os at være interesseret. Som jeg er orienteret,

	så kan CO2-anlæg levere ved forholdsvis høje temperaturer, som kan matche vores ønske. [FG 1, BJE, 12:00] Eks 2: Jeg lytter og tilslutter mig Steens forslag til at aftage ved lavere temperaturer om vinteren. Vi vil kunne komme helt ned på 50 grader i december/januar. [FG 1, BJE, 26:00] Eks 3: Med hensyn til de små mængder så er det fortsat fint nok, også ved en lavere temperatur om vinteren, men hvis vi får store mængder kan vi godt risikere at få koldpropper i systemet, hvis det leveres ind for koldt. Om vinteren kan det være helt fint at have en lille decentral produktion, der mindsker ledningstab. [FG1, BRA, 31:00] Eks 4: I dette net kan vi ikke nyttiggøre overskudsvarme om sommeren, da vi skal aftage affald først. [FG 2, SØN 31:20]. Eks. 5 Supermarkederne har ingen leveringsforpligtelse, så vi bliver nødt til at have supplerende kapacitet stående. Hvis der var tale om større mængder, så er det en udfordring. Så vil de også helst komme med det ved lave temperaturer for at få højere COP-værdier. Fordi mængden er så lille og placeringen i nettet er så fin, så mærker vi ikke noget til det. [FG 2, SØN, 41:20] Eks 6: Senere har der så været teknisk problemer på varmegenindvindingen fra køleanlægget, og det er ikke kommet op at køre igen. Så der leveres ikke noget ind på fjernvarmenettet for tiden. Brugsuddeleren overvejer for tiden om det kan betale sig at genetablere det. [R SKJ s. 1] Eks 7: (om at levere fjernkøl, red.) Du kan sagtens prissætte køl. Du ved hvad køl koster i dag på dit eksisterende anlæg. Den prissætning kan man føre over i et samproducerende anlæg. Det giver dig som virksomhed desuden mulighed for at spare nogle kvadratmeter på kondensatorer osv og spare dig for noget larm og støj og servicemontører, der skal tilse dit anlæg. Du kan spare på din el-regning. Så der er mange fordele. Det kræver blot at man vil tænke køling på en helt ny måde. Og her kommer så udfordringen i forhold til producenter af kølemøbler til supermarkeder, for det bliver nok svært at få nogen til at lave kølemøblerne om, så der får vi nok modstand. Så ender vi nok i et eller andet, hvor det ikke bliver til noget. Men det kunne være smadderinteressant, og jeg nægter at tro at der ikke kan laves økonomi i et sådan anlæg. [FG 1, BJE, 47:00]
--	--

Figur 16: Eksempler på tekniske barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i danske fjernvarmenet.

På baggrund af ovenstående ytringer i Figur 16 kan det fastslås, at deltagerne giver udtryk for følgende tekniske barrierer:

- Varmen fra supermarkedet skal leveres ved en temperatur som minimum svarer til fjernvarmenettens fremløbstemperatur på 70 grader (eks. 1)
- Om vinteren skal varmen være minimum 50 grader (eks 2)

- Store mængder varme leveret ved for lav temperatur kan resultere i koldproper i fjernvarmenettene (eks. 3)
- Om sommeren skal fjernvarmenettene anvende affald til opvarmning før eventuel overskudsvarme fra supermarkeder (eks. 4)
- Det er problematisk, at supermarkederne ikke er forpligtede til at levere deres overskudsvarme til fjernvarmenettene, da disse derfor bliver nødt til konstant at kunne dække varmebehov, der ikke dækkes af supermarkedernes varmeproduktion, med en anden varmekilde (eks. 5)
- Supermarkederne kan tænkes at ville spekulere i at levere varme ved lave temperaturer for at opnå højere COP-værdier (eks. 5)
- Tekniske problemer med varmegenindvinding kan forårsage nedbrud (eks. 6)
- De gængse kølemøbler på markedet egner sig ikke til fjernkøling (eks. 7)

Barrieretype	Eksempler med kilde, navn på fjernvarmenet og tidsangivelse
Økonomisk	Eks. 1: Vores største udfordring det er nok sommermånederne, hvor vi forsynes fra Shell-raffinaderiet med overskudsvarme meget billigt. Min kollega fra Hedensted, som er på listen over allerede installerede supermarkedsoverskudsvarme, nævner at afregningsprisen er 300 DKK/MWh, og i den størrelsesorden hverken kan eller vil vi kunne være med. Vi køber om sommeren til priser omkring 100 DKK fra Shell om sommeren, så medmindre man vil se det som en grøn profilering, så er det ikke muligt at afsætte om sommeren. [FG 1, MØL, 16:00] Eks 2: Hvis vi skal modtage varme fra en ekstern producent, så vil vi have en eller anden fee/rabat for at tage imod det. Det behøver ikke at være ret meget, men måske 10 %. Nu er det jo os, der skal håndtere et produkt for den anden. I det øjeblik at vi indgår i et projekt, hvor vi skal aftage overskudsvarme fra en ekstern producent, så vil det jo alt andet lige betyde mindre salg fra os, for denne her butik vil jo først og fremmest levere til sig selv inden de leverer til nettet. Medmindre man skruer en model sammen, hvor man siger at det hele bliver solgt til nettet og derefter købes tilbage. Det bliver en del af afregningsprisen. Så må Brugsen så overveje om det økonomisk bliver interessant. Det ved jeg ikke, men det må alt andet lige være bedre end det, man har i dag. [FG 1, BJE 12:00] Eks 3: Med hensyn til betaling, så er vi ved denne ene butik nok indstillet på at lave et netto-måler-ordning således at vi køber varmen til samme pris som vi sælger den til SuperBrugsen. Men bliver der tale om flere supermarkeder, så vil vi nok skulle revidere den betalingsform. [FG1, BRA, 19:00] Eks 4: I vores aftale med Kvickly står der også at det er substitutionsprisen, der afregnes til. Det er sådan, at AVA Aarhus har en varierende substitutionspris, faktisk på timeniveau. For at undgå administrativt bøvvl for de små mængder har vi dog lavet en gennemsnitlig aftagepris. Men i princippet burde vi lave afregning på varierende timesatser. [FG 2, ODD, 35:309]

	Eks 5: Derfor skal vi bortkøle eventuel overskudsvarme. Derfor har vi været nødsaget til at sige at afregningsprisen fra maj til september er 0 DKK for supermarkedsoverskudsvarmen. Afregningsprisen har vi matchet til flisfyret, som er alternativet, så det er den pris vi har kunnet tilbyde. Her betyder afregningsprisen noget, for Dansk Supermarked laver en benhård kalkulation af om der er økonomi i projektet. [FG 2, SØN, 31:20] Eks 6: Vi har overskud af affaldsvarme om sommeren. Så meget at vi køler noget væk. Derfor kan vi ikke betale for varmen fra supermarkedet. Vi tilbyder at køle det gratis kan man sige. [FG 2, SØN, 41:20] Eks 7: Man mister som fjernvarmenet en god kunde, man har i forvejen. Det bliver en udfordring for os i forhold til sådan et supermarked, der bliver stort set selvforsynende, at de kan blive interesseret i at supplere med noget andet end fjernvarme, da der betales fast bidrag pr. kvadratmeter til fjernvarmeselskabet. Vi skal kigge lidt på afregningsmodellen for kunder, der har et stort areal og et lille fjernvarmeforbrug (nødforsyning), som f.eks. Bilka med 11.500 m². De synes det er lidt træls at skulle betale en fast afgift for en reserve, de kun sjældent har brug for. Det har vi løst ved at de får en lavere abonnement og betaler mere pr. MWh. [FG 2, SØN, 41:20] Eks 8: Der er blevet lavet en servietberegning på et sæsonvarmelager, og umiddelbart er det for dyrt at etablere. Et sæsonvarmelager vil helt klart ændre mulighederne for at aftage supermarkedsoverskudsvarme, da det vil være spidslastkedlerne, som køleanlæggets varmeproduktion skal erstatte. [R, SKJ side 2] Eks 9: Alt det, vi har talt om det synes jeg er meget spændende og rart at få det vendt og jeg synes også at der er noget potentiale i det. Jeg kan høre ud fra mig selv og I andre, at vi er i stand til at frembringe varme billigt, så der skal være noget ved det for at udnytte overskudsvarmen. Det er udfordringen vi har for at få den integreret. Jeg synes at det vil være fantastisk, hvis vi kan gøre verden grønnere og undgå at smide noget energi væk. Så ja, jeg synes det er positivt og siger tak for samtalen – og især til de øvrige kolleger [FG 1, BRA, 48:00] Eks 10: I forbindelse med installeringen af varmegenindvindingsanlægget fik SuperBrugsen også konverteret slagterafdelingens rengøringsvand og varmegardinerne ved indgangsdørene fra el til overskudsvarme. Den bedste varme er den, han bruger selv, for da kan han jo nøjes med at betale overskudsvarmeafgift (i vinterhalvåret, red.) og ikke andet. Det skal han jo sammenligne med at han alternativt skal købe fra fjernvarmenettet til 400 kr/MWh plus moms. [R, SKJ, s. 2]
--	---

Figur 17: Eksempler på økonomiske barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i danske fjernvarmenet.

På baggrund af ovenstående ytringer i Figur 17 kan det fastslås, at deltagerne giver udtryk for følgende økonomiske barrierer:

- I sommermånederne kan Shell-raffinaderiet i Fredericia levere til så lave priser, at det ikke kan svare sig at købe overskudsvarme fra supermarkederne (eks. 1)
- Overskudsvarme fra supermarkederne betyder mindre salg for fjernvarmenettene, da supermarkederne bliver delvist selvforsynende med varme via egenproduktion af overskudsvarme (eks. 2)
- Betalingsformen kan blive en netto-måler-ordning, hvor fjernvarmenettet køber overskudsvarmen fra supermarkederne til samme pris, som de sælger dem varme for. Denne ordning er ikke realistisk, hvis der sælges overskudsvarme fra flere supermarkeder (eks. 3)
- For at simplificere afregningen anvendes i dag en gennemsnitlig pris, men reelt burde der indføres afregning med varierende timesatser, men det er en administrativ udfordring (eks. 4)
- For supermarkederne er det afgørende, om der er økonomi i at afsætte overskudsvarmen (eks. 5)
- Fjernvarmenettene har så stort et overskud af affaldsvarme om sommeren, at en stor del køles væk. Derfor er der ikke økonomi i at købe overskudsvarme fra supermarkederne om sommeren (eks. 6)
- Supermarkederne bliver som følge af egenproduktion af overskudsvarme til dels selvforsynende og kan derfor være motiverede for at supplere med andre varmekilder end fjernvarme, da de skal betale et fast afgift for en varmereserve, som de sjældent bruger (eks 7)
- I udgangspunktet er den en god ide med sæsonvarrelager, hvor man kan lagre overskudsvarme om sommeren, som kan anvendes om vinteren, men etableringsomkostningerne er for dyre (eks 8)
- Øvrige energikilder er så billige, at det er svært for overskudsvarmen fra supermarkederne at konkurrere med disse (eks. 9)
- Fjernvarmenettets pris er ikke konkurrencedygtig i forhold til den pris for varme, som supermarkedet kan producere til eget brug (eks. 10)

Barrieretype	Eksempler med kilde, navn på fjernvarmenet og tidsangivelse
Lovgivning	Eks 1: Jeg deltog for nylig i et møde arrangeret af Dansk Fjernvarme, hvor vicedirektør Kim Behnke fortalte os at der kunne leveres ind op til effekt på 250 kW uden at varmforsyningslovs-bestemmelserne trådte i kraft. Så det størrelsesforhold skal bare holdes øje med, og disse supermarkedsanlæg er mindre, så vidt jeg er orienteret. Det vil give et mindre varmesalg fra vores egne enheder, når supermarkedet byder ind, men det er vi åbne overfor. [FG 1, BRA, 19:00] Eks 2: Der er flere overskudsvarmeprojekter i Aarhusområdet, der er faldet på at der er strenge krav til at overskudsvarmeprojekter skal kunne matche substitutionsprisen til enhver tid og at der skal et beløb til værket for at opretholde produktionskapacitet. [FG 2: ODD, 35:30] Eks 3: Som Hvile-I Sig Selv-selskab, så er vi jo underlagt nogle regler om at vi ikke må vælge en kilde, der er dyrere end en anden. Det giver nogle bryderier i hverdagen, når kommunen, som er varmeplansmyndighed, har en vision om at være CO2-neutrale i 2029. De vil gerne drive politik på det her område. De kan derfor nogen gange ikke forstå, at vi skal holde os til reglerne og drive nettet som en virksomhed. Lavpraktisk giver det en begrænsning i hvad vi kan give for varmen. Højest substitutionsprisen. Vi har sagt til Bilka og Føtex at fra maj til september kan vi ikke betale for varmen, da vi

	har så meget affaldsvarme, at vi køler det væk. Resten af året har vi estimeret en gennemsnitlig substitutionspris, som der afregnes til fra oktober til april. [FG 2, SØN] Eks 4: (INT: Hvorfor kan I ikke bare betale mere for varmen?, red) Så vil vi overtræde varmemforsyningsloven, der kræver at vi skal levere billigst muligt til fjernvarmekunderne. (R, SKJERN)
--	--

Figur 18: Eksempler på lovgivningsmæssige barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i danske fjernvarmenet.

På baggrund af ovenstående ytringer i Figur 18 kan det fastslås, at deltagerne giver udtryk for følgende lovgivningsmæssige barrierer:

- Hvis der leveres overskudsvarme ind med effekt på mere end 250 kW, træder varmemforsyningslovsbestemmelserne i kraft (eks. 1)
- Lovgivningen fastsætter at der ikke kan betales ekstra for "mere grøn" energi, hvorfor overskudsvarmeprojekter ikke må overstige substitutionsprisen (eks. 2)
- Der er fra politisk og kommunal side ikke forståelse for, at fjernvarmenettene er forpligtede til at sælge den billigste varmekilde (eks. 3 og 4)

Barrieretype	Eksempler med kilde, navn på fjernvarmenet og tidsangivelse
Beliggenhed	Eks 1: De nævnte 5 supermarkeder ligger i umiddelbar nærhed (3-400 meter) af fjernvarmeværket. De vil komme til at føde ind på en streng af en vis størrelse, så det vil fint kunne absorberes. Det næste er, at Bjerringbro er fjernvarmemæssigt delt op i 3 dele, hvor alle supermarkederne ligger i den samme del. Det kan selvfølgelig være en udfordring. Især om sommeren, hvor belastningen stort set kun er til ledningstab og lidt til varmt brugsvand. [FG 1, BJE, 12:00] Eks 2: Vi har ikke lagt meget arbejde i at få Kvikly på, de har klaret det meste selv. Vi har kun sat en afregnings-måler op. Hvis nogen af de andre supermarkeder i Odder midtby skal have skiftet køleanlæg, så vil det være rigtig fint at få dem. De ligger fint tæt i bymidten, hvor vi har højt forbrug. [FG 2, ODD, 52:50]

Figur 19: Eksempler på beliggenhedsmæssige barrierer for anvendelsen af overskudsvarme fra supermarkeder i danske fjernvarmenet.

På baggrund af ovenstående ytringer i Figur 19 kan det fastslås, at deltagerne giver udtryk for følgende beliggenhedsmæssige barrierer:

- For at overskudsvarmen ikke skal ende som ledningstab, skal der være et vist flow i ledningsnettet omkring supermarkedet (eks. 1)
- Supermarkederne, der skal levere overskudsvarme til fjernvarmenettet, bør ligge i det område, hvor varmen kan udnyttes (eks. 2)

Barrieretype	Eksempler med kilde, navn på fjernvarmenet og tidsangivelse
Rolle	Eks 1: Jeg støtter op om det foregående, men jeg vil gerne påpege at hvis supermarkedet skal til at være en ekstern, større varmeproducent, så tror jeg at vi kan komme i problemer, hvis de ikke kan levere regelmæssigt fordi brugsuddeleren ikke er ekspert i hvordan anlægget kører, fordi de har jo ikke nogen serviceorganisation til at justere på anlægget. Hvis vi henvender os til brugsuddelerne om fremløbstemperatur og varme, så ved de sikker ikke noget om det, og det vil vi helst ikke hænge vores hat på. Hvis de ikke er i stand til at levere det, vi har brug for, så vil vi nok hellere sige nej tak. Man må også se på, om det er muligt at hente varme ud, når der ikke er de nødvendige kompetencer tilstede. Oftest vil supermarkedet være henvist til et kølefirma, der måske bor langt væk og som ikke kan komme med det samme, når det brænder på, fordi de skal passe andre supermarkeder. [FG 1: BJE, 32:00] Eks 2: Vi skal ikke ud i en situation, hvor vi skal drive supermarkedets køle/varme-anlæg. Når vi har trukket den varme ud af et sådant anlæg, som vi gerne vil have, så er jeg ikke sikker på at kyllingerne og isen i frysedisken har den rette temperatur. [FG 1: BRA, 35:00] Eks 3: For Bjerringbros vedkommende så ligger de fleste af supermarkederne på den samme streng. Det tror jeg sådan set godt at vi kan håndtere, men det jeg ser som ønskescenariet fra vores side vil være at etablere et køle/varme-anlæg på vores central, der så leverer køl til supermarkederne f.eks via en kold brine – ned til 1 °C. Frost kan vi ikke levere, men vi kan være med til at samle varmen op fra frostkompresoren også og sende det ind i vores fjernvarmenet. Det synes vi kunne være interessant, men desværre findes de kølemøbler nok ikke, da supermarkeds-kølemøbler og anlæg er standardvarer. Om ikke andet, så kunne vi bruge brinen til at levere køling til lokalerne, og det vil vi faktisk rigtig gerne. Vi mener at vi er meget bedre til at levere koldt vand end vi er til at servicere andre køleanlæg. Varmesiden af det fællesanlæg vil så blive leveret ud på vores eget fjernvarmenet. Anlægget vil skulle stå i vores eget hus, og ledningsføringen vil vi kunne etablere forholdsvis let, da butikkerne ligger tæt på os. Vi har lidt erfaringer med at drive anlæg af den type, og det vil vi være meget interesseret i, hvis der er nogen, der vil lave et projekt på det. Vi tror på at det kan være den rigtige måde at løse køling på, når butikkerne ligger så tæt på centralen. Derudover vil jeg sige, at vi har vores ATES-anlæg, hvor man vil kunne lagre varmen om sommeren og derved levere køling også som komfortkøling om sommeren. [FG 1, BJE, 39:00] Eks 4: Jeg kunne godt tænke mig at der følger der også en leveringsforpligtelse med når man som supermarked får en leveringsmulighed. Det virker grundlæggende tosset at varme går til spilde. Jeg tror derfor også at vi som fjernvarmeværker bliver nødt til at se vores ledningsnet som noget andet end bare noget, der kan sende varme ud fra vores kedelcentraler. Jeg tror at vi bliver nødt til at tænke kreativt i forhold til hvordan vores net kan gøre gavn i øvrigt. Måske ikke bare som varmeleverandør fra vores egen kedelcentral, men i højere grad som energitransportør fra mange forskellige kilder af forskellig kvalitet. [FG 2, SØN, 58:00]

Figur 20: Eksempler på barrierer i relation til fjernvarmenettets og/eller supermarkedernes rolle.

På baggrund af ovenstående ytringer i Figur 20 kan det fastslås, at deltagerne giver udtryk for følgende barrierer i relation til fjernvarmenettene/supermarkedernes rolle:

- Hvis supermarkederne skal være storleverandør af varme, er det en forudsætning, at de internt råder over de nødvendige kompetencer og dermed eksperter i varmeproduktion (eks. 1)
- Fjernvarmeværkerne ønsker ikke at drive kølesiden af anlæggene med deraf følgende ansvar for køletemperaturer og varenes holdbarhed (eks. 2).
- Fjernvarmenettet fungerer bedst med få, centrale enheder, der leverer ud til brugerne, ligesom fjernvarmenettene foretrækker en varmeproduktion, der er centreret på få enheder i stedet for fx mange små supermarkeder (eks. 3)
- Fjernvarmenettet bør ikke alene have en rolle som varmeleverandør, men fungerer som energitransportør fra mange forskellige kilder (eks. 4)

Resultater

I dette afsnit vil jeg præsentere analysens resultater for hvert af de tre forskningsspørgsmål. Resultaterne for de tre analyser sammenholdes og diskuteres i afsnit 5.

Forskningsspørgsmål 1

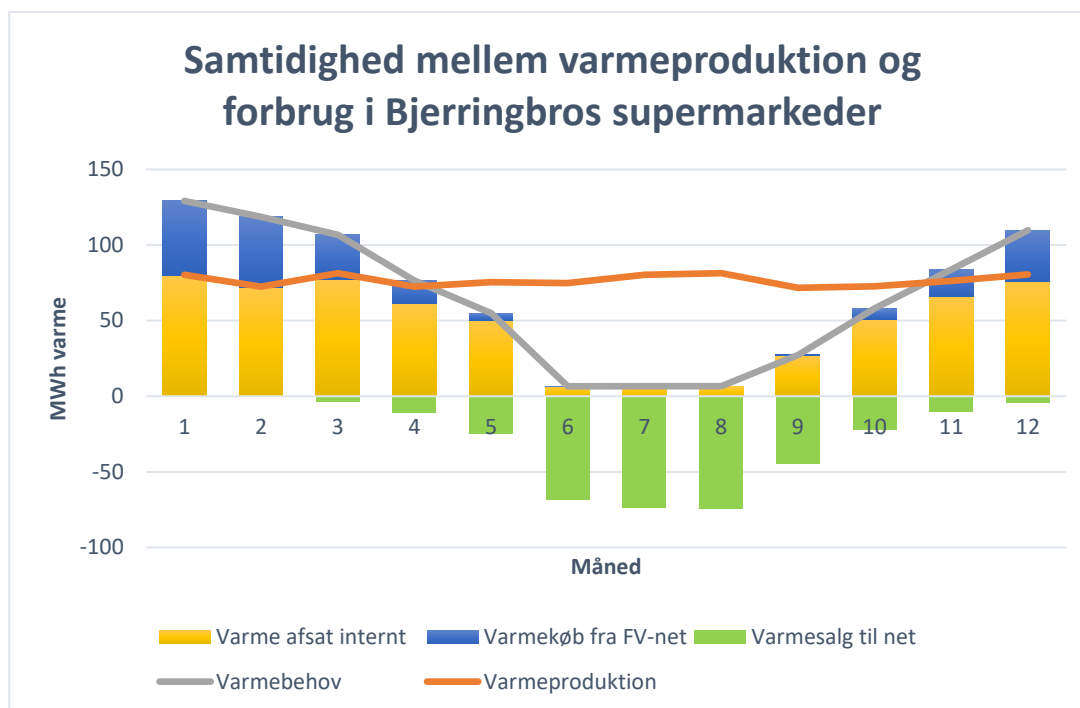
Forskningsspørgsmål 1, der undersøger, i hvor høj grad varmebehovet hos supermarkeder kan dækkes af overskudsvarme fra egne køleanlæg på baggrund af Bjerringbro fjernvarmenet, blev i specialet besvaret ved at foretage en simulering med to udvalgte typer af køleanlæg og forskellige kørselsindstillinger på køleanlæggene samt forskellige temperaturniveauer for varmegenvinding. Beregningerne viste, at det selskabsøkonomisk optimale er at køre både det lille og store anlæg som et uforceret køleanlæg med varmegenvinding fra 25°C. Begge anlæg producerer varme med en afgangstemperatur på 70°C.

Ved en aggregeret beregning på årsniveau uden tidsforskydning mellem produktion og forbrug samt ved ovenstående kørselsindstillinger producerer køleanlæggene i de seks supermarkeder i Bjerringbro 920 MWh varme, hvoraf 785 MWh bruges til at dække eget varmebehov. Differencen på 135 MWh kan sælges til fjernvarmenettet (se Tabel 8).

Input i Bjerringbros net:		
el-forbrug	397	MWh
Køl	1062	MWh
Varme	920	MWh
eget varmeforbrug=	785	MWh
Salg netto til net	135	MWh

Tabel 8: Sammenligning af den årlige produktion af køl, varme og tilsvarende forbrug af el og varme. (Egen tilvirkning)

Nedenstående **Figur 21** viser forskellen mellem varmeproduktion og varmeforbrug i de seks supermarkeder ved en tidsopløsning på timeniveau for årets 12 måneder (2015-tal).



Figur 21: Den timemæssige sammensætning af henholdsvis varmeproduktion og varmeforbrug for de seks supermarkeder i Bjerringbro ved anvendelse af uforceret varmegenvinding. Bemærk at der i månederne 3 til 12 er både salg til net og køb fra net. (Egen tilvirkning)

Ved denne opdeling på timeniveau bliver supermarkederne således nødt til at øge den årlige mængde af salg til nettet med 204 MWh fra 135 MWh til 339 MWh. Behovet for at købe fra nettet bliver tilsvarende 204 MWh, hvor det i beregningen uden tidsforskydning var nul. Supermarkedernes anvendelse af egen varmeproduktion falder derfor fra 785 MWh til 581 MWh.

Nedenstående **Tabel 9** illustrerer supermarkedernes varmeproduktionsindtægt og sammenholder ovennævnte kørsler med og uden tidsforskydning. I tabellen er integreret værdierne for baseline-kørsel uden varmegenvinding. Af tabellen kan aflæses, hvilken af de tre kørselsformer, der selskabsøkonomisk er mest optimal. Ved en baselinekørsel uden varmegenvinding produceres ingen overskudsvarme, hvorfor supermarkederne skal dække hele deres energibehov eksternt. I supermarkeder med produktion af overskudsvarme beregnet uden tidsforskydning i forhold til varmebehovet, vil det årlige resultat blive forbedret med DKK 211.456. Det tilsvarende tal for kørsel med tidsforskydning mellem varmeproduktion og varmebehov er en årligt forbedring på DKK 187.384. Tabellen viser således, at der potentielt er en indtjeningsmulighed ved at genindvinde varme, men tidsforskydningen og dermed den realistiske kørselsform reducerer indtjeningen for supermarkederne med DKK 24.072 (11%) forårsaget af differencen mellem købs- og salgspris.

Forskningsspørgsmål 1		Baseline: Uden varmegenv.			Uden tidsforskydning			Med tidsforskydning		
		mængde	Pris/MWh	Værdi	Mængde	Pris/MWh	Værdi	Mængde	Pris/MWh	Værdi
Varme- produk- tion	Salg internt	0	-	-	785	318	249.630	581	318	184.758
	Salg eksternt	0	200	-	135	200	27.000	339	200	67.800
	el-udgift	-	-657	-	99	-657	-65.174	99	-657	-65.174
	Resultat			0			211.456			187.384
					Forskel i.f.t. resultat			Forskel i.f.t. resultat		
Følsom- hedsbe- regning	#1: Overskudsvarmeafgift 82 DKK			0		37%	78.500		31%	58.100
	#2: Salgspris 300 DKK			0		6%	13.500		18%	33.900
	#3: Ingen PSO-afgift			0		8%	16.963		9%	16.963

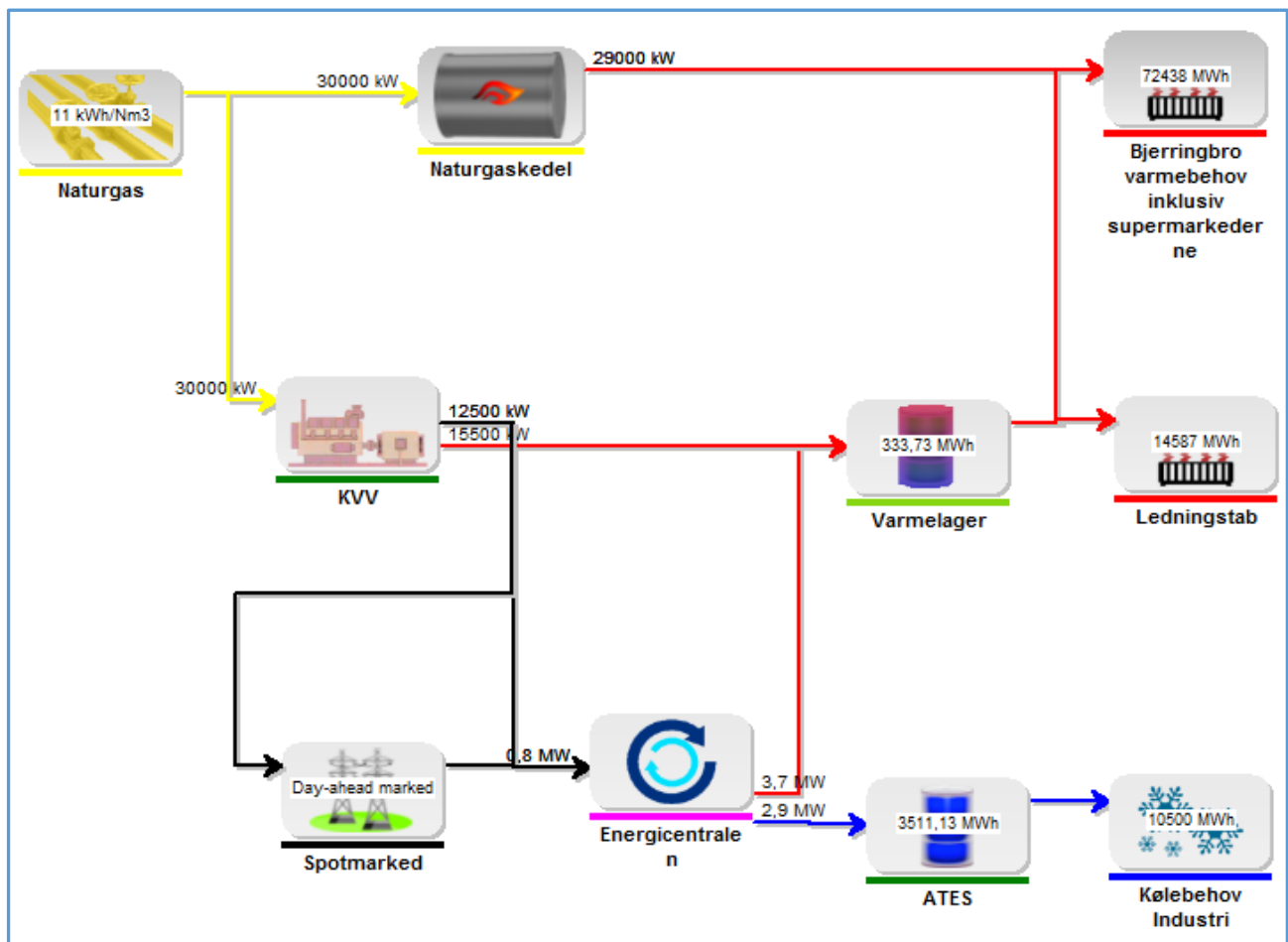
Tabel 9: Sammenligning af supermarkedernes dækning af eget behov fra egen varmegenvinding samt selskabsøkonomi. (Egen tilvirkning)

På baggrund af ovenstående kan forskningsspørgsmål 1 besvares således: Mængdemæssigt betragtet er supermarkedernes varmeproduktion i Bjerringbro 135 MWh (17%) større end deres eget varmebehov. Tidsforskydningen mellem supermarkedernes varmeproduktion og varmekonsum betyder, at 204 MWh/år (22,2%) af den samlede produktion på 920 MWh/år skal sælges til fjernvarmenettet med henblik på senere tilbagekøb. Selskabsøkonomisk betragtet er den optimale og realistiske kørselsform med tidsforskydning forbundet med en samlet årlig indtjening på DKK 187.384. Foretages den selskabsøkonomiske beregning med udgangspunkt i tilbagebetalingstider for de to anlægstyper, forlænges tilbagebetalingstiden for anlæg i SuperBrugsen til en tilbagebetalingstid på 4,9 år, mens anlæggene i de fem mindre supermarkeder har en tilbagebetalingstid på 7,0 år.

Foretages følsomhedsanalyser, hvor overskudsvarmeafgiften reduceret til DKK 82, som er foreslået af Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet, forbedres resultatet for kørsel med tidsforskydning med 31 %. Øger man salgsprisen til fjernvarmenettet fra de nuværende DKK 200 pr MWh til en vilkårlig pris DKK 300, betyder det en forbedring på 18%. Afskaffer man PSO-afgiften, som er fuldt udfaset i 2022, forbedres økonomien med 9%.

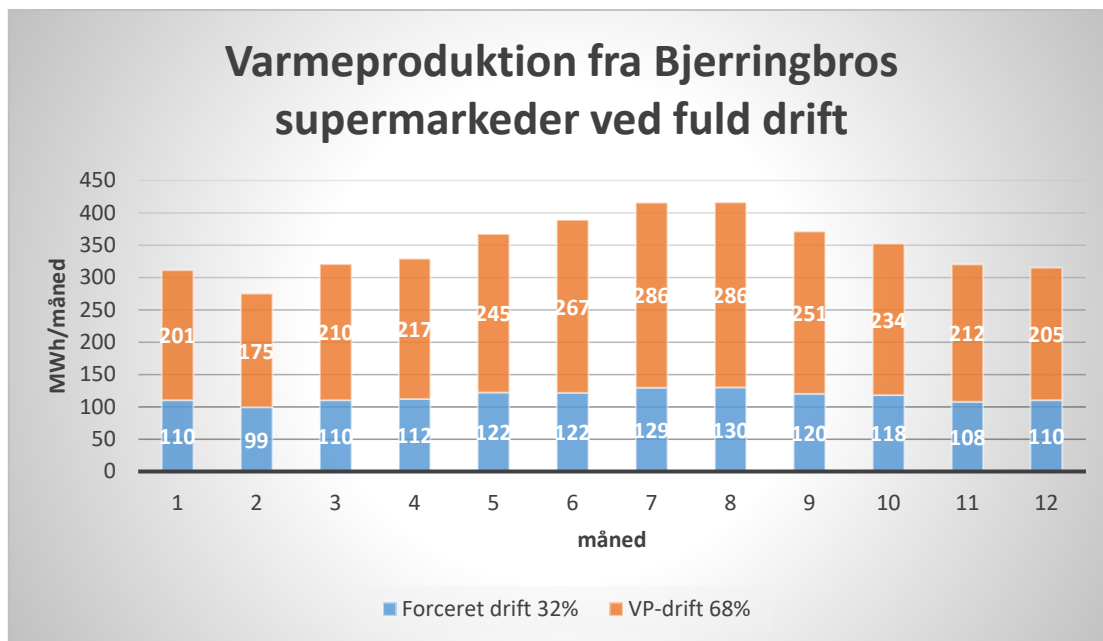
Spørgsmål 2

Forskningsspørgsmål 2, som undersøger, hvorledes anvendelsen af supermarkeders varmeproduktionskapacitet påvirker det eksisterende fjernvarmenet teknisk og økonomisk, blev besvaret i form af en simulering af Bjerringbro fjernvarmenet, som det ser ud i dag (baseline), sammenholdt med en simulering af samme med anvendelse af varmeproduktionskapaciteten fra supermarkedernes køleanlæg. Baseline er illustreret i Figur 22. Den tekniske effekt af at implementere varmeproduktion fra supermarkederne måles ved at undersøge den forholdsmæssige ændring i eksisterende varmeproduktionsenheders anvendelsesgrad, her kraftvarmeverk, varmepumpen på Energicentralen og naturgaskedler.



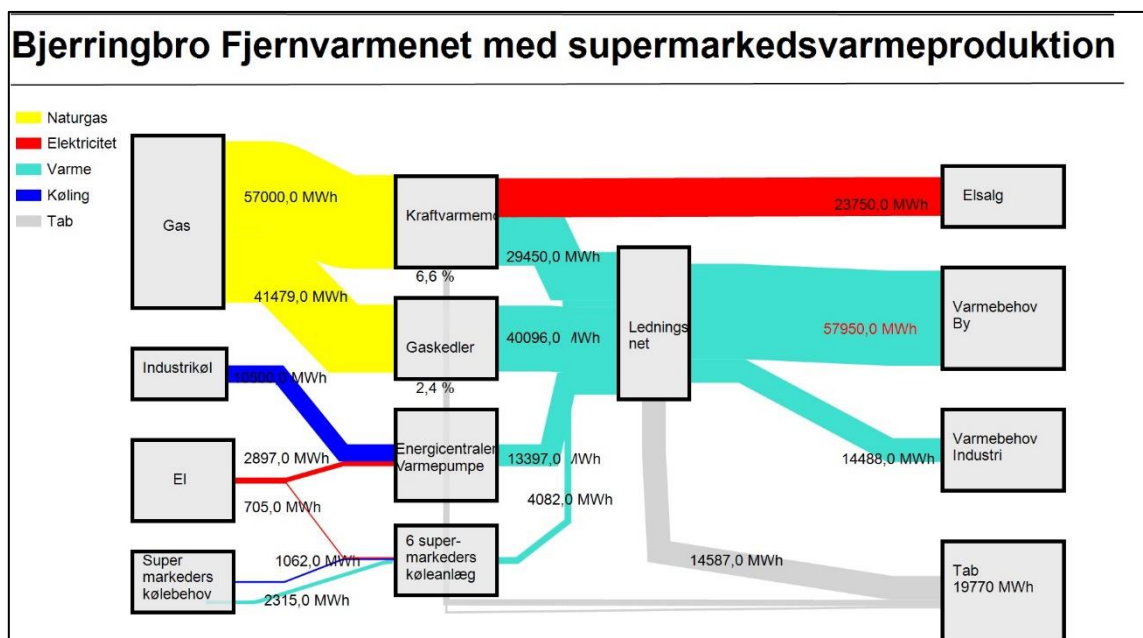
Figur 22: Opbygningen af Bjerringbro fjernvarmenet. Øverst tv. naturgas, der føder både kedlerne og kraftvarmeverket. Tredje og sidste produktionsenhed er Energicentralen, en varmepumpe, der også leverer proceskøl undtagen i sommermånederne, hvor kølingen leveres fra en tidligere grundvandsboring. Kraftvarmeverket er det eneste, der kører om sommeren og leverer varme til varmelageret. (Egen tilvirkning i EnergyPro)

Til simulering af fjernvarmenettet med implementering af overskudsvarme fra supermarkederne blev valgt den samfundsøkonomisk mest optimale kørselsform, hvilket på basis af gennemførte beregninger viste sig at være kørsel med fuld udnyttelse af varmekapaciteten med forceret drift (32% af kapaciteten) og med varmepumpedrift for resten. Som følge af den fulde udnyttelse stiger varmeproduktionen til i alt 4.082 MWh årligt, hvilket svarer til 4,5 gange mere end ved den kørselsform, der viste sig at være den selskabsøkonomiske mest optimale (forskningsspørgsmål 1). Fordelingen af varmeproduktionen ved fuld drift hen over året er illustreret i **Figur 23**



Figur 23: Den månedlige varmeproduktion ved fuld anvendelse af varmeproduktionskapaciteten i Bjerringbro supermarketers køleanlæg. (Egen tilvirkning)

I nedenstående Figur 24 er supermarkedernes årlige varmeproduktion på timeniveau implementeret i Bjerringbro fjernvarmenet. I figuren er indsat de samme enheder som i Figur 23 ovenfor samt de seks varmeproducerende køleanlæg i supermarkederne.



Figur 24: Sankey-diagram over energistrømmene i Bjerringbro Fjernvarmenet efter implementeringen af fuld varmeproduktion fra køleanlæggene i de 6 supermarkeder. (Egen tilvirkning)

Tabel 10 nedenfor viser de tekniske ændringer i varmeproduktion fra henholdsvis kraftvarmeværk, naturgaskedler, varmepumpen fra Energicentralen samt supermarkedernes køleanlæg ved baselinekørsel og fuld, forceret kørsel. Som det fremgår af tabellen, fortrænger supermarkedernes varmeproduktion på 4.082 MWh primært naturgaskedlens produktion, som reduceres med 3633 MWh (89%). Den resterende reduktion på 450 MWh (11%) sker på kraftvarmeværket. Supermarkederne bidrager i alt med 4,7% af fjernvarmenettets samlede varmebehov på 87.025 MWh. Ændringen medfører ligeledes en reduktion i kraftvarmeværkets elproduktion (363 MWh) og et øget elforbrug (705 MWh) hos supermarkederne, hvilket samlet svarer til en forøgelse på 1.068 MWh i netto-elforbruget. Gasforbruget falder som følge af ændringen med 4.628 MWh. Det ses således, at gasforbruget falder med en faktor 4,3 i forhold til stigningen i elforbruget. Tabellen viser endvidere en ændring i konverteringstab, driftstimer og antal af starter.

Varmeproduktion/MWh		Baseline	m/ Køleanlæg	Forskel
Varme- produkti- on	KVV	29.900	29.450	-450
	Naturgaskedel	43.729	40.096	-3.633
	Energicentral	13.397	13.397	-
	Supermarkedsanlæg	-	4.082	4.082
	Total	87.025	87.025	0
El- produk- tion	Elproduktion/MWh			
	KVV	24.113	23.750	-363
	Brændselsforbrug/MWh			
	El	2.897	3.602	705
	Netto-elproduktion	21.216	20.148	-1.068
Gas- forbrug	KVV	57.870	57.000	-870
	Naturgaskedel	45.237	41.479	-3.758
	Total	103.107	98.479	-4.628
Konver- terings- tab	KVV	3.858	3.800	-58
	Naturgaskedel	1.508	1.383	-125
	Total	5.366	5.183	-183
Drifts- timer	KVV	1.929	1.900	-29
	Energicentralen	5.861	5.861	-
	Naturgaskedel	5.036	4.822	-214
	Supermarkedsanlæg	-	8.760	8.760
Starter	KVV	241	241	-
	Naturgaskedler	140	135	-5
	Energicentral	1	1	-
	Supermarkedsanlæg	-	-	-

Tabel 10: Bjerringbro fjernvarme før og efter implementeringen af fuld varmeproduktion fra supermarkedernes køleanlæg. (Egen tilvirkning)

De økonomiske effekter af ændringerne i Bjerringbro fjernvarmenet fremgår af nedenstående **Tabel 11**. På indtægtssiden reduceres fx el-salget med DKK 96.424 årligt som følge af den mindre elproduktion på kraftvarmeværket. Driftsudgifterne til kraftvarmeværket og naturgaskedlen reduceres væsentligt på grund af en mindre udgift til indkøb af gas på DKK 689.982. Ligeledes reduceres energiafgiften på naturgas med DKK 601.568. CO₂-afgiften reduceres med DKK 144.528. Drift og vedligehold af supermarkedernes køleanlæg i fjernvarmenettet er forbundet med en omkostning på DKK 1.051.075, som primært hidrører fra elforbruget.

	Varmeproduktion/DKK	Baseline	m/ Køleanlæg	Forskel
Indtægter	Produktionsuafhængigt tilskud	4.404.095	4.404.095	-
	Salg af el	8.024.513	7.928.089	-96.424
	elproduktionstilskud	640.000	640.000	-
	Salg af varme	33.502.575	33.502.575	-
	I alt indtægter	46.571.183	46.474.759	-96.424
Drifts-udgifter	Indfødningsstarif el	69.941	68.426	1.515
	Gaskøb	15.372.258	14.682.276	689.982
	Gastransport omkostninger	3.497.189	3340218	156.971
Energi-afgift	KVV	11.510.869	11.337.818	173.051
	Refusion af afgifter på motore	-7.158.501	-7.050.882	-107.619
	Naturgaskedel	7.241.476	6.639.908	601.568
	Energicentral-elafgift	849.632	1.077.473	-227.841
	I alt E-afg.	12.443.476	12.004.317	439.159
CO2-afgift	KVV	2.046.494	2.015.727	30.767
	Refusion af afgifter på motore	-1.272.695	-1.253.562	-19.133
	Naturgaskedel	1.599.731	1.466.837	132.894
	I alt CO2	2.373.530	2.229.002	144.528
NOx	KVV	147.305	145.091	2.214
	Naturgaskedel	32.899	30.166	2.733
	I alt Nox	180.204	175.257	4.947
	Methanafgift KVV	352.481	347.182	5.299
Drift og vedligehold	KVV	1.446.750	1.425.000	21.750
	Naturgaskedel	437.287	400.961	36.326
	Energicentral	1.448.760	1.448.760	-
	Superm. Køleanlæg	-	1.051.075	-1.051.075
	I alt D&V	3.332.797	4.325.796	-992.999
	diverse	1.241.503	1.185.779	55.724
	I alt udgifter	38.863.379	38.358.253	-505.126
	Resultat af ordinær drift.	7.707.804	8.116.506	408.702

Tabel 11: Økonomisk oversigt over Bjerringbro fjernvarmenet i henholdsvis nuværende drift og ved drift med fuld supermarkedsvarmeproduktion.

På baggrund af ovenstående blev forskningsspørgsmål 2 besvaret således: Implementeringen af de seks supermarkeds overskudsvarme i Bjerringbro fjernvarmenet bidrager med 4,7% af fjernvarmenettets samlede årlige varmebehov. Teknisk bevirker implementeringen af de seks supermarkeds overskudsvarmeproduktion, at naturgaskedlernes andel af det samlede varmebehov reduceres fra 50,2% til 46,1%. For kraftvarmeverkets vedkommende reduceres andelen fra 34,4% til 33,8%. Energicentralens andel er uændret. Økonomisk betyder implementeringen en nettobesparelse for Bjerringbro fjernvarmenet på DKK 408.702, hvilket øger fjernvarmenettets driftsresultat med 5,3%.

Forskningsspørgsmål 3

Forskningsspørgsmål 3, der undersøger, hvilke barrierer fjernvarmeselskaber ser i relation til anvendelsen af supermarkeds varmeproduktion i fjernvarmenettet blev besvaret ved i afholdte

fokusgruppemøder/telefoninterview at spørge udvalgte repræsentanter fra danske fjernvarmeselskaber om deres holdninger og erfaringer på dette område.

I dette speciale defineredes en barriere som et forhold, der efter fokusgruppedeltagernes opfattelse kan stå i vejen for eller direkte umuliggøre anvendelsen af supermarketers overskudsvarme i fjernvarmenettet. Konkret operationaliseredes en barriere som tekstpassager, hvor deltagerne eksplicit problematiserer et forhold eller giver udtryk for, hvilke forudsætninger, der skal være opfyldt, for at en implementering af overskudsvarme fra supermarkeder i deres øjne er meningsfuld. Det betragtedes ligeledes som udtryk for en barriere, hvis deltagerne eksplicit eller implicit specificerer krav til en overskudsvarmeløsning.

Den induktive analyse af transskriptioner af de gennemførte møder viste, at repræsentanterne italesatte fem barrieretyper: tekniske, økonomiske, lovgivningsmæssige, beliggenhedsmæssige og rollerelaterede barrierer. Nedenfor afledes for hver af de fem barrieretyper en beskrivelse af disse med udgangspunkt i eksemplerne på de forskellige barrieretyper (se side 39 ff.)

For så vidt angår de **tekniske barrierer**, nævner repræsentanterne overordnet betragtet fire problemstillinger. De gør opmærksom på, at den temperatur, som supermarkederne kan levere varme ved, er for lav til at kunne anvendes hensigtsmæssigt i fjernvarmenettene. Incitamentet hos supermarkederne for at levere varmen ved lav temperatur anføres at kunne skyldes, at de derved selv opnår en højere effektivitet på anlæggene. I relation til temperatur nævner de ligeledes, at der er sæsonmæssige udfordringer for fjernvarmenettene, da deres varmebehov (mængde) er mindre om sommeren end om vinteren, mens kravet til temperaturniveauet er større om sommeren, hvor behovet typisk dækkes gennem andre og billigere varmeproduktionsformer, fx affaldsafbrænding og industriel overskudsvarme. I relation til mængde anføres det, at det er problematisk, at supermarkederne ikke er forpligtede til at levere en aftalt mængde, da fjernvarmeværket derved skal opretholde andre reserver. En yderligere teknisk udfordring for fjernvarmeværkerne er, at der kan opstå tekniske problemer og nedbrud hos supermarkederne, som kan gøre varmeleverancen upålidelig. For fjernvarmenettene ville det endvidere være interessant fremadrettet at arbejde i retning af fjernkølsløsninger, hvor et centralt placeret køle/varmeanlæg leverer et koldt medie til videre nedkøling lokalt i supermarkederne. Denne løsning er dog ikke mulig, da de eksisterende køleløsninger på markedet ikke egner sig til dette formål.

I relation til de **økonomiske barrierer** nævner repræsentanterne for fjernvarmenettene overordnet tre typer af problemstillinger. De peger i denne sammenhæng især på spørgsmålet om pris. De giver udtryk for, at supermarkeder generelt er fokuserede på, at salg af overskudsvarme skal være en god forretning. Det nævnes, at det er billigere for supermarkederne selv at producere varme til egen rumopvarmning end at købe det hos fjernvarmeværkerne. For fjernvarmenettene er det omvendt en udfordring, at de allerede eksisterende varmeproduktionsenheder typisk er billigere end supermarkedernes overskudsvarme. For så vidt angår prissætning, problematiseres endvidere, at fjernvarmeværkerne er forpligtede til at anvende den til enhver tid billigste varmeproduktionsenhed, hvilket er en administrativ udfordring set i lyset af den lille mængde overskudsvarme fra supermarkederne, da prisen skal justeres helt ned på timeniveau. I praksis har fjernvarmeværkerne omgået reglerne og lavet nogle administrativt simple afregningsløsninger, hvor de fx har en fast gennemsnitspris eller honorerer køb og salg til samme pris. Fjernvarmeværkerne anfører at disse løsninger ikke er mulige ved større leverancer. Endvidere italesættes det forhold, at fjernvarmeværkerne mister omsætning, fordi supermarkederne bliver mere eller mindre selvforsynende og derfor har mindre varmekov, der hidtil er blevet dækket af fjernvarmeværkerne. Supermarkedernes motivation for at blive helt selvforsynende og kunne koble sig af fjernvarmenettet er begrundet i, at det kan være meget dyrt for supermarkederne at være tilsluttet fjernvarmenettet med de nuværende betalingsstrukturer, som omfatter

en grundbetaling pr. m². Den tredje barriere, som nævnes, er fjernvarmenettets overproduktion af varme i sommermånederne, som betyder lave priser på andre produktionsenheder, som supermarkederne ikke kan konkurrere med. Udfordringen i sommermånederne er dermed, at fjernvarmenettene alene kan tilbyde supermarkederne en meget lav pris. En teknisk løsning kunne være sæsonvarmelagre, men fjernvarmenettene vurderer, at denne løsning er for dyr.

Hvad angår de **lovgivningsmæssige barrierer**, går repræsentanternes kommentarer alle på konsekvenserne af varmforsyningsloven, som forlanger, at fjernvarmeværkerne altid vælger den til enhver tid billigste varme. Fjernvarmenettene oplever fra politisk og kommunal side, at der ikke er kendskab til eller forståelse for, at fjernvarmenettene kun må investere i grønne løsninger, hvis de er billigere end substitutionsprisen. Det nævnes endvidere, at varmforsyningsloven kan opleves som administrationstung af supermarkederne som følge af omfattende dokumentationskrav til varmeproducerende enheder, men at disse regler ikke finder anvendelse på enheder mindre end 250 kW.

I relation til de **beliggenhedsmæssige barrierer** viser undersøgelsen, at det er vigtigt, at supermarkederne ligger i det område, hvor varmen kan finde anvendelse, da ledningstabt ellers bliver for stort.

For så vidt angår **fjernvarmenettenes og supermarkedernes respektive roller** i forbindelse med en implementering af supermarkedernes overskudsvarme i fjernvarmenettene, viser undersøgelsen, at fjernvarmenettene er betænkelige ved, om supermarkederne råder over de nødvendige faglige kompetencer blandt medarbejderne til at sikre en pålidelig leverance til fjernvarmenettene. Omvendt ønsker fjernvarmenettene heller ikke at skulle tage ansvar for at drive køleanlæggene med deraf følgende ansvar for køle kvalitet internt i supermarkederne. Blandt repræsentanterne er der modstridende opfattelser af, hvorvidt fjernvarmenettenes fremtid bør være som i dag, hvor få centrale varmeproduktionsenheder leverer al varme, eller om fjernvarmenettenes rolle i fremtiden vil ændre sig til at være energitransportør af flere, decentrale varmeproduktionsenheder og eventuelt i vekslende varmekvaliteter.

Diskussion

I dette afsnit opsummeres resultaterne for forskningsspørgsmål 1 og 2, som sammenholdes med de af resultaterne for forskningsspørgsmål 3, som er relevante for disse. Diskussionen af resultaterne for forskningsspørgsmål 1 og 2 vil tage udgangspunkt i de tekniske og økonomiske beregninger sammenholdt med de gennemførte følsomhedsanalyser. Resultaterne sammenholdes med resultaterne fra rapporten fra Aalborg Universitet (Sejbjerg et al. 2014) og de i samfundsdebatten fremsatte argumenter. Afsnittet rummer endvidere en perspektivering, hvor der reflekteres over potentialet ved anvendelse af overskudsvarme fra supermarkeder på landsplan samt afledes konkrete anbefalinger, som vil kunne bidrage til øget anvendelse af overskudsvarme fra supermarkeder i fjernvarmenettene. Afslutningsvist diskuteres specialets metode og validiteten af de opnåede resultater.

Supermarketers varmeproduktion og eget varmebehov

Undersøgelsen har dokumenteret, at supermarkederne producerer mere varme, end de selv har behov for. Deres samlede årlige varmeproduktion er 17% større end deres eget varmebehov. De fem små supermarkeder producerer hver 113 MWh årligt, med det store supermarked producerer 320 MWh årligt. Undersøgelsen fra Aalborg Universitet om overskudsvarme fra dagligvarebutik (Sejbjerg et al. 2014) viste, at små supermarkeder producerer 171 MWh årligt, mens de store producerer 207 MWh. De to undersøgelser kommer således frem til forskellige resultater for henholdsvis små og store supermarkeder. Betragtes varmeproduktionen samlet kommer de to undersøgelser dog frem til et næsten identisk resultat. Rapporten fra Aalborg Universitet viste en varmeproduktion på i alt 241.158 MWh i 1.298 potentielle supermarkeder i fjernvarmenet med plads til sommerdrift, mens denne i dette speciale kan opskaleres til i alt 246.532 MWh (se Tabel 12). Det er værd at bemærke, at i alt 798 supermarkeder i Danmark ligger uden for eksisterende fjernvarmenet. Disse udgør et pt. uudnyttet potentiale i to henseender. For det første kan de få gavn af at implementere overskudsvarme fra egne køleanlæg, da disse kan levere den nødvendige varme til egen rumopvarmning. For det andet kan supermarkedernes varmeoverskud skabe motivation for at etablere et lille lokalt fjernvarmenet eller udvide eksisterende fjernvarmenet. Supermarkeder, der ligger i net som har overskud af varmeproduktion i sommerperioden (i alt 839), er ikke medtaget hverken i undersøgelsen fra Aalborg Universitet eller nærværende speciale, men disse kan i udgangspunktet også udnytte køleanlæg til produktion af varme til egen rumopvarmning. Som nævnt i fokusgruppemøderne er dette billigere for supermarkederne end at købe fra fjernvarmenettet, men samtidig vil en øget produktion af overskudsvarme i supermarkederne være ensbetydende med, at disse i højere grad bliver selvforsynende, hvorfor fjernvarmenettene i givet fald mister omsætning. Af deltagerne i fokusgruppeundersøgelsen repræsenterede fire deltagere fjernvarmenet med høj sommervarmeproduktion. I disse fjernvarmenet har man indført en afregningsform, hvor supermarkederne endvidere kan afsætte den resterende varmeproduktion i sommermånederne til en meget lav pris eller en nulberegning.

	Sp. 1. Varmegenvinding v. selskabsøk kørsel/ MWh	Antal butikker i fjv.net. med sommervar- mebehov jfr.	Totalt Potentiale ifølge 1)/MWh	Antal hus- standes forbrug ifølge 1)		Antal butikker UDENFO R Fjv.net	Totalt potentiale ifølge 1) med varmela- ger/MWh	Antal hus- standes forbrug ifølge 1)
Kat. 4.000-10.000	725	80	58.010	3.205		19	13.777	761
kat. 2.000 m2	352	255	89.760	4.959		103	36.256	2.003
kat. 800-1000 m2	113	696	78.648	4.345		307	34.691	1.917
kat 500-700 m2	75	267	20.114	1.111		369	27.798	1.536
Total		1.298	246.532	13.621		798	112.522	6.217

Tabel 12: Dette speciales resultat for forskningsspørgsmål 1 opskaleret til landsplan for potentielle supermarkeder i Danmark

Tidsforskydningen mellem varmeproduktion og varmekonsum i supermarkederne gør, at 26% af deres varmebehov nødvendigvis må lagres på fjernvarmenettet, ved at supermarkederne sælger til fjernvarmenettet om sommeren og køber tilbage i vinterperioden. Denne tidsforskydning koster i Bjerringbro fjernvarmenet DKK 24.072 for alle seks supermarkeder, hvilket forøger tilbagebetalingstiden med 11%. Dette må anses som en billig lagringsmulighed for de supermarkeder, der ligger i fjernvarmeområder, da et tilsvarende varmtvandslager vil koste tre gange så meget og have en tilbagebetalingstid på 31 år (Energistyrelsen 2016). I fokusgruppemøderne kom det ligeledes til udtryk, at løsningen med sæsonlagre er for dyr.

Undersøgelsen viste endvidere, at den optimale og realistiske kørselsform med tidsforskydning er forbundet med en samlet årlig indtjening på DKK 187.384 for supermarkederne i Bjerringbro. Tilbagebetalingstiden på de to typer af køleanlæg undersøgt i dette speciale er dog på henholdsvis 4,9 år og 7,0 år, hvilket er en længere afskrivningsperiode end de fleste supermarkeder opererer med. Følsomhedsanalyserne viste dog, at en afskaffelse af PSO-afgiften vil kunne reducere tilbagebetalingstiden med 9%. Det blev også dokumenteret, at en forhøjet salgspris til fjernvarmenettet fra DKK 200 til DKK 300 vil kunne reducere tilbagebetalingstiden med 18%. Ligeledes blev det dokumenteret, at den foreslåede reduktion af overskudsvarmeafgiften til DKK 82/MWh vil betyde en reduktion af tilbagebetalingstiden med 31%. Vigtigheden af at reducere overskudsvarmeafgiften har været meget diskuteret i samfundsdebatten, og dette speciale dokumenterer, at en reduktion har en stor indvirkning på rentabiliteten, da det reducerer tilbagebetalingstiden væsentligt.

Fjernvarmenettets reaktion på implementering af varmeproduktion fra supermarkeder

Med henblik på at undersøge den samfundsøkonomisk mest rentable anvendelse af køleanlæggene viste beregninger, at anlæggene bør køre forceret drift i det omfang, der er behov for køling i supermarkederne (32% af kapaciteten), og køre varmepumpedrift med den resterende kapacitet (68%). Ved denne form for kørsel dokumenterede undersøgelsen, at supermarkederne i Bjerringbro kan levere 4,7% af fjernvarmenettets samlede årlige varmebehov. Den kørselsform, der er selskabsøkonomisk rentabel og derfor anvendes i supermarkederne pt., bidrager sammenholdt hermed alene med 1,1%. Supermarkedernes lille varmeproduktion er netop et aspekt, som problematiseres i fokusgruppemøderne, fordi de små varmemængder reelt er forbundet med uforholdsmæssigt megen administration. For Bjerringbro fjernvarmenet er konsekvensen af fuld varmeproduktion i supermarkederne, at anvendelsesgraden af hidtil anvendte varmeproduktionsenheder reduceres, fx kunne naturgaskedlernes produktion reduceres med 4.628 MWh/år. Køleanlæggene kan erstatte denne varmemængde ved tilførsel af 1.062 MWh/år ved en beregnet COP-værdi på 4,3. Til sammenligning opererer Teknologikataloget (Energistyrelsen 2016) med en COP-værdi på 3,5 for en central varmepumpeløsninger, som pt. er fjernvarmenettens bedste alternativ.

Som det fremgår af **Tabel 13**, så forøger den fulde anvendelse af køleanlægskapaciteterne hos supermarkederne potentialet væsentligt i forhold til den uforcerede kørsel, som er vis i **Tabel 12**. Således vil de 1298 supermarkeder, der ligger i fjernvarmenet med sommervarmebenhov kunne levere varmeproduktion på 1.147.955 MWh svarende til 63.423 husstandes forbrug svarende til 3,2% af fjernvarmeforbruget i Danmark set i forhold til potentialet på 246.532 MWh eller 13.621 husstandes forbrug ved uforceret kørsel. Ligeledes ses det i **Tabel 13** at potentialet andrager 565.401 MWh eller 31.238 husstandes forbrug udenfor fjernvarmeområder. Her er anvendelsen af det fulde potentiale dog forudsat, at der kan anvendes en lagringsmulighed i lighed med fjernvarmenettets rolle for de førnævnte supermarkeder.

	Sp. 2. Varmegenvinding v. samfundsøk. anv./MWh	Antal butikker i fjv.net. med sommervarmebenhov jfr.	Totalt Potentiale ifølge 2)/MWh	Antal husstandes forbrug ifølge 2)		Antal butikker UDENFOR Fjv.net	Totalt Potentiale ifølge 2) med sæsonlager/ MWh	Antal husstandes forbrug ifølge 2)
Kat. 4.000-10.000	3.247	80	259.760	14.351		19	61.693	3.408
kat. 2.000 m ²	1.576	255	401.880	22.203		103	162.328	8.968
kat. 800-1000 m ²	505	696	351.480	19.419		307	155.035	8.565
kat 500-700 m ²	505	267	134.835	7.449		369	186.345	10.295
Total		1.298	1.147.955	63.423		798	565.401	31.238

Tabel 13: Dette speciales resultat for forskningsspørgsmål 2 opskaleret til landsplan efter tidligere kortlægning af antal af potentielle supermarkeder (Egen tilvirkning)

Det er værd at bemærke, at den samfundsøkonomisk optimale kørsel i udgangspunktet ikke er attraktiv for supermarkederne, da det forøger tilbagebetalingstiden væsentligt. Som det fremgik af fokusgruppemøderne gjorde fjernvarmeværkerne netop opmærksom på, at supermarkederne lader beslutningen om at implementere varmegenvinding afhænge af, hvis dette er økonomisk rentabelt og dermed en god forretning for supermarkederne. Bag den samfundsøkonomisk mest optimale beregning ligger en forudsætning om, at salgsprisen til fjernvarmenettene andrager DKK 300 inkl. afgift. I fokusgruppemøderne blev det nævnt, at de fjernvarmenet, der har for høj sommerproduktion i henhold til reglerne i varmeforsyningsloven, ville være tvunget til at købe fra andre varmeproduktionsenheder, fordi disse er billigere end supermarkedernes varmeproduktion.

I fokusgruppemøderne fremhævede repræsentanterne for fjernvarmenettene, at det er problematisk, hvis supermarkederne ikke kan levere varme på minimum fremløbstemperaturen i fjernvarmenettene. Specifikationerne på de to anlæg, der er anvendt i simuleringerne, leverer dog konstant en tilstrækkelig høj afgangstemperatur, hvorfor dette ikke bør betragtes som en reel barriere. Hvis supermarkederne er placeret decentralt i fjernvarmenettet, kan de faktisk mindske ledningstab, fordi supermarkedernes varmeleverance kan booste fremløbstemperaturen det pågældende sted i fjernvarmenettet. Samtidig er den del af varmeproduktionen, der anvendes internt i supermarkederne, uden ledningstab. Netop reduktion af ledningstab er en problemstilling, som fremhæves under fokusgruppemøderne som meget vigtig.

Man bør ligeledes være opmærksom på, at man ved fuld anvendelse af køleanlæggenes varmekapacitet skaber en situation, hvor supermarkederne bliver en anseelig varmeleverandør. Som problematiseret i fokusgruppemøderne er det vigtigt for fjernvarmenettene, at en sådan varmeleverancemulighed modsvarer af en varmeleveranceforpligtelse, da fjernvarmenettene nødvendigvis skal kunne regne med leverancen, fordi

de ellers er nødsaget til fortsat at råde over og skulle vedligeholde en stor reservekapacitet. En logisk konsekvens af stadigt større leverancer fra supermarkederne og kravet om leveringssikkerhed er, at supermarkederne skal besidde faglig ekspertise inden for varmeproduktion for at undgå tekniske problemer og nedbrud, hvilket blev problematiseret i fokusgruppemøderne. Disse kompetencer er ligeledes påkrævet, fordi fjernvarmenettene som nævnt i fokusgruppemøderne ikke ønsker at komme i en situation, hvor de skal drive og tage ansvar for supermarkedernes køleanlæg.

Perspektivering

I dette afsnit vil jeg perspektivere undersøgelsens resultater i den forstand, at jeg vil fremkomme med mulige tiltag, der kan fremme implementeringen af varmegenvinding fra supermarkederes køleanlæg. Jeg vil alene komme ind på aspekter, som undersøgelsen har tydeliggjort som de mest relevante.

Undersøgelsen har dokumenteret, at det samfundsøkonomisk kan betale sig at arbejde videre med supermarkedernes varmeproduktion i lokale fjernvarmenet. Undersøgelsen indikerer dog samtidigt, at en udvidet anvendelsesgrad kræver en gentænkning af rollefordelingen i samarbejdet. Undersøgelsen indikerer, at der er en kløft mellem de to brugere på hver side af anlægget, nemlig supermarkedet på kølesiden og fjernvarmeværker på varmesiden. Tilsyneladende har ingen af dem kompetencer eller interesse i at have ansvaret for en leveranceforpligtelse på den anden side af anlægget. Dette er sandsynligvis til dels begrundet i, at supermarkederne i udgangspunktet ikke råder over de nødvendige varmetekniske kompetencer, hvorfor der er en øget risiko for tekniske fejl og forsinkelser. Fjernvarmenettene råder over disse kompetencer, men ønsker omvendt ikke at være ansvarlig for kølekvaliteten i supermarkederne. Hvis man ønsker at udnytte supermarkedernes varmeproduktion fuldt ud i fjernvarmenettene bør der derfor findes løsninger på rolle- og ansvarsfordelingen.

Både supermarkederne og fjernvarmenettene ville kunne investere i de respektive, nødvendige kompetencer, så de i realiteten begge ville kunne udvide deres ansvarsområde. Der synes at ligge et stort potentiale i at opbygge kompetencer, der rækker henover det samlede køle- og varmeproducerende anlæg, hvorved der kan etableres anlæg, som har meget højere effektivitet end adskilte køle- eller varmeanlæg har hver for sig. På Energicentralen i Bjerringbro, som netop er et samproducerende køle- og varmeanlæg, har de to brugere, Grundfos på kølesiden og Bjerringbro Fjernvarme på varmesiden, for at afhjælpe problemet med rollefordelingen etableret et selvstændigt selskab, der ejer og driver det samproducerende anlæg. Supermarkedskøleanlæg ville i teorien kunne have en lignende ejerstruktur. Disse anlæg er naturligvis mindre, men kan til gengæld antalsmæssigt blive mange, så man kunne eventuelt forestille sig en tredjepart, der som forretningsmodel har at garantere sikker levering af både køl til supermarkedet og varme til fjernvarmenettet. Forretningsmodellen kunne for eksempel ligne de leasingordninger, der er introduceret for individuelle varmepumper, hvor brugeren betaler et abonnement og resten pr. leveret enhed varme. Uanset hvilken løsning, der vælges, ville det kræve, at opgaven gøres tilstrækkeligt økonomisk attraktiv til, at der er nogen, der vil investere i den nødvendige ekspertise.

Fjernvarmeværkernes aktuelle rolle som både varmeproducent, netansvarlig og distributør kan gøre det svært for andre aktører såsom supermarkeder at få adgang til at levere varme til fjernvarmenettet, da nye producenter forringer rentabiliteten for fjernvarmeværkernes eksisterende produktionsenheder. Det bør derfor konkret undersøges, om en adskillelse af producent og ledningsnet-ansvaret kan være med til at gøre det nemmere. Fokusgruppemøderne gennemført i nærværende undersøgelse har dokumenteret, at traditionelle rammer såsom ejerforhold og temperaturniveau i nettet vil kunne blive udfordret i fremtiden til fordel for en mere decentral produktion og eventuelt fjernvarmenettet som energitransportør også af lavere temperaturkvaliteter

I forlængelse heraf bemærkes, at undersøgelsen endvidere har vist, at udnyttelsesgraden af varmegenvinding for CO₂-drevne køle-varmeanlæg kan øges væsentligt ved at nyttiggøre lavtemperaturkvaliteten mellem eksempelvis 25°C og 40°C. Derfor er det vigtigt at supermarkederne råder over lavtemperaturvarmesystemer til at opvarme butikken med. Dette er tilfældet for rigtig mange supermarkeder, da butikkerne mange steder opvarmes gennem ventilationsluften, hvor en varmegenvinding finder sted i forbindelse med luftudskiftningen. I dette system kan varmetilførslen fra køleanlægget relativt nemt kobles på. Fjernvarmenettene kan dog i øjeblikket ikke anvende den lave temperaturkvalitet, hvorfor der må findes en teknisk løsning. I takt med at fjernvarmenettene arbejder på at sænke fremløbstemperaturen i fjernvarmenettet kan mere og mere af lavtemperaturvarme nyttiggøres. Hvis en sådan løsning ikke findes, vil supermarkederne fortsat som i dag skulle bortkøle denne del af overskudsvarmen i kondensatoren på supermarkedet, altså fyre for gråspurvne.

Undersøgelsen har endvidere indikeret, at der generelt mangler sæsonlagingsmuligheder i fjernvarmenettene, så supermarkederne kan komme af med den varme, de producerer i sommermånedene og købe den tilbage i vinterperioden. I tilfældet med Energicentralen i Bjerringbro har man løst tidsforskydningsudfordringen mellem kølebehov og varmebehov ved at etablere et ATES-anlæg i en forurennet, tidligere grundvandsboring. Derfor bør der udvikles kommercielle sæsonvarmelagringsløsninger i supermarkedsstørrelse mellem 20 MWh og 200 MWh. I områder uden fjernvarme kan en sådan løsning tænkes ind som del af et nærvarmenet, hvor omkringliggende huse forbindes til supermarkedets køleanlæg, som derved kan agere central varmeproducent.

Undersøgelsen har ikke mindst vist, at det er givtigt at undersøge de enkelte interessentgruppers holdninger og erfaringer, da det derved netop bliver muligt at målrette og optimere den dialog, som nødvendigvis må finde sted mellem de centrale aktører, hvis løsningen med at anvende supermarkedernes varmeproduktion i fjernvarmenettene skal have mulighed for at udfolde sit fulde potentiale til gavn for samfundet.

Diskussion af undersøgelsesdesign

I dette afsnit diskuteres den anvendte metode samt resultaternes validitet og reliabilitet. Ved validitet forstås generelt undersøgelsens gyldighed, altså om undersøgelsen rent faktisk kan svare på det opstillede forskningsspørgsmål. Ved reliabilitet forstås nøjagtighed, det vil sige, om forsøget vil vise det samme, hvis det gentages af en anden. Dette diskuteres ved at redegøre for undersøgelsens svagheder og metodevalg.

Metoden har været en såkaldt parallelt mixed method forskningsdesign, hvor kvantitative simuleringer og kvalitative fokusgruppeinterviews har været anvendt. Formålet med denne kombination af metoder og data er netop at øge graden af undersøgelsens gyldighed og få en dybere indsigt i det undersøgte fænomen.

I relation til reliabiliteten er undersøgelsens svaghed, at de to simuleringer er ført på en række antagelser om en lang række simuleringsparametre. For det første anvender simuleringen en anvendelsesgrad af køleanlægget på 32% på baggrund af statistik udarbejdet af Danfoss. Denne statistik er dog genereret på baggrund af kørsel med anlæg, som ikke nødvendigvis er af helt samme størrelse som anlæggene anvendt i specialets undersøgelser. Hvad angår varmekonsumet i supermarkeder, ligger aggregerede data fra Coop til grund for ansættelsen af supermarketers gennemsnitlige varmekonsum. For så vidt angår elvarmeafgift, baserer specialets kørsler med de anvendte anlæg på en antagelse om, at SKAT ville fritage den uforcerede kørsel for elvarmeafgift, mens de sandsynligvis ville pålægge afgiften på de øvrige anvendte kørselsformer. SKAT godkender nemlig i praksis anlæggene fra sag til sag, hvorfor det ikke kan vides med sikkerhed, om specialets antagelser er i overensstemmelse med deres praksis. Udetemperaturen i simuleringerne er sat til default-værdien indstillet af producenten med udgangspunkt i gennemsnitstemperaturen for Midtjylland. Det

vil i sagens natur kunne forekomme, at default-temperaturen ikke er identisk med de faktiske temperaturer i Bjerringbro. I simuleringerne er ligeledes anvendt anslåede installations- og vedligeholdelsesudgifter, dog baseret på oplysninger fra Advansor A/S og Ivar Lykke Kristensen Rådgivende Ingeniører. Øvrige parametre i simuleringerne, fx elpris, afgifter og anlæggenes pris, er fastsat med udgangspunkt i Energistyrelsens vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet. En yderligere svaghed ved casestudiet er, at det antages, at Bjerringbro fjernvarmenet og områdets supermarkeder er repræsentative for øvrige fjernvarmenet og supermarkeder i Danmark. Der er dog ingen garanti for, at den opskalering, som foretages i undersøgelsen, reelt svarer til virkeligheden. I simuleringen med udgangspunkt i Bjerringbro fjernvarmenet er flest muligt af de anvendte parametre dog forsøgt valideret på forskellig vis for dermed at højne undersøgelsens validitet.

Det bemærkes, at opskaleringen på nationalt niveau baserer på en opgørelse over antal supermarkeder og deres placering og tilknytning til fjernvarmenet fra 2014 (Sejbjerg et. al. 2014). Sidenhen er der forsvundet omkring 100 dagligvarebutikker i Danmark, men disse er medtaget i nærværende undersøgelse i opskaleringsøjemed, fordi der i samme periode er kommet især flere discountbutikker til, hvorfor undersøgelsen antager, at supermarkedernes samlede areal og kølebehov er uændret. Ligeledes anvender denne undersøgelse kun to af de fire kategorier af supermarkedsstørrelser, som blandt andet anvendes i rapporten fra Aalborg Universitet. En mulig fejkilde i forbindelse med opskaleringen er derfor endvidere, at den foretagne ekstrapolering af varmeproduktion for de i undersøgelsen ikke medtagede anlæg og supermarkeder ikke svarer til disses reelle ydelser. Anvendelsen af værktøjerne Pack Calculation Pro og EnergyPro med en række forudindstillede indstillinger er ligeledes en mulig fejkilde, da det ikke kan garanteres, at indstillingerne svarer til faktiske forhold i danske supermarkeder og fjernvarmenet.

Undersøgelsens kvalitative del, der bestod af to fokusgruppemøder, er behæftet med den svaghed, at de seks deltagere for det første har vidt forskelligt erfaringsgrundlag, ligesom det ikke er muligt med sikkerhed at vide, om deltagerne baserer deres udtalelser på gjorde erfaringer eller blot en forventning om, at noget fx vil vise sig problematisk. I relation til valget af de konkrete deltagere i fokusgruppemøderne, er de seks deltagere og deres erfaringsgrundlag ikke nødvendigvis repræsentative for øvrige fjernvarmenet i Danmark, fx repræsenterer alle deltagerne fjernvarmenet beliggende i Jylland. Af de seks deltagere repræsenterer de fire deltagere fjernvarmenet, hvor affaldsvarme eller industriel overskudsvarme opfylder fjernvarmenettets behov om sommeren, og som derfor ikke ifølge rapporten fra Aalborg ikke er egnede fjernvarmenet til at implementere varmeproduktion fra supermarkeder i. Disse forhold kan i sagens natur indvirke på den kvalitative undersøgelses validitet. Fokusgruppeundersøgelsens reliabilitet kan være påvirket af det forhold, at forskeren ubevidst kan have påvirket deltagerne til at svare på en bestemt måde. Endvidere er der ved den kvalitative metode en risiko for, at forskeren kan mistolke deltagernes ytringer, da analysen er udtryk for forskerens subjektive fortolkning. Som følge af det lille deltagerantal kan undersøgelsens kvalitative resultater ikke generaliseres.

I undersøgelsens kvantitative og kvalitative analyser er de inhærente metodesvagheder dog forsøgt begrænset så vidt muligt. Kombinationen af de to former for analyser tjener derfor især formålet om at kunne bidrage til undersøgelsens samlede validitet.

Konklusion

Dette speciale er et parallelt mixed method forskningsstudie, som kombinerer kvantitative og kvalitative analyser med henblik på at undersøge anvendelsen af supermarketers varmeproduktion fra køleanlæg i danske fjernvarmenet. Studiet blev gennemført i form af et kvantitativt casestudie og en kvalitativ fokusgruppeundersøgelse. Formålet med specialet var for det første at undersøge, hvorvidt danske supermarkeder producerer mere varme, end de selv har brug for, og dermed har kapacitet til at sælge internt produceret varme til fjernvarmenettet. Dette besvares ved at undersøge supermarkederne varmeproduktion og varmebehov samt rentabiliteten af anlægget for supermarkederne. For det andet undersøger specialet, hvordan en implementering af supermarketers varmeproduktion påvirker fjernvarmenettet, for så vidt angår volumen af anvendte varmeproduktionsenheder samt fjernvarmenettets samlede økonomi. For det tredje undersøgte specialet, hvilke barrierer forstået som problemer og forudsætninger danske fjernvarmeværker ser i forbindelse med implementeringen af varmeproduktion fra supermarkederne køleanlæg.

Det kvantitative casestudie anvendte Bjerringbro fjernvarmenet med de i dette område beliggende seks supermarkeder. Fem af disse var discountsupermarkeder (Kiwi, Aldi, Netto, Fakta og Meny) på mellem 700 og 1.140 m². Det sjette supermarked var en SuperBrugsen på 2.000 m². Bjerringbro Fjernvarme leverer årligt 87.025 MWh til 2.271 målere og anvender tre forskellige produktionsenheder: et gasfyret kraftvarmeværk, en naturgaskedel og en samproducerende køle-/varmepumpe med tilknyttet grundvandsvarmelager (ATES). Denne case blev valgt, da Bjerringbro fjernvarmenet antages at være et gennemsnitligt dansk fjernvarmenet.

Den kvalitative fokusgruppeundersøgelse interviewede seks repræsentanter fra danske fjernvarmeværker, hvoraf tre havde erfaringer med implementering af varmeproduktion fra supermarkeder, mens de tre øvrige stod over for at skulle implementere denne løsning i nær fremtid.

De gennemførte analyser viste, at mængdemæssigt betragtet er supermarkederne varmeproduktion i Bjerringbro 135 MWh (17%) større end deres eget varmebehov. Tidsforskydningen mellem supermarkederne varmeproduktion og varmekonsum betyder, at 204 MWh/år (22,2%) af den samlede produktion på 920 MWh/år skal sælges til fjernvarmenettet med henblik på senere tilbagekøb. Selskabsøkonomisk betragtet er den optimale og realistiske kørselsform med tidsforskydning forbundet med en samlet årlig indtjening på DKK 187.384. Foretages den selskabsøkonomiske beregning med udgangspunkt i tilbagebetalingstider for de to anlægstyper, forlænges tilbagebetalingstiden for anlæg i SuperBrugsen til en tilbagebetalingstid på 4,9 år, mens anlæggene i de fem mindre supermarkeder har en tilbagebetalingstid på 7,0 år. Følsomhedsanalyser viste, at en reduktion af overskudsvarmeafgiften til DKK 82 pr MWh forbedrede resultatet for kørsel med tidsforskydning med 31 %. Ved en øget salgspris til fjernvarmenettet fra de nuværende DKK 200 pr MWh til DKK 300 forbedres rentabiliteten med 18%. Afskaffes PSO-afgiften, forbedres økonomien med 9%.

Med henblik på at undersøge potentialet ved anvendelse af supermarketers varmeproduktionskapacitet i fjernvarmenet blev der foretaget en analyse af, hvordan varmeproduktionsmængder genereret ved den samfundsøkonomisk optimale anvendelse af anlæggene påvirker fjernvarmenettet, for så vidt angår anvendelsen af eksisterende varmeproduktionsenheder samt fjernvarmenettets samlede økonomi. Ved en sådan kørsel vil supermarkederne i Bjerringbro kunne bidrage med 4,7% af fjernvarmenettets samlede årlige varmebehov. En implementering af disse mængder reducerer naturgaskedlernes andel af det samlede varmebehov fra 50,2% til 46,1%. For kraftvarmeværkets vedkommende reduceres andelen fra 34,4% til 33,8%. Energicentralens andel er uændret. Økonomisk betyder implementeringen en nettobesparelse for Bjerringbro fjernvarmenet på DKK 408.702, hvilket øger fjernvarmenettets driftsresultat med 5,3%. Undersøgelsen viste endvidere, at man ved en opskalering af resultaterne for Bjerringbro fjernvarmenet til landsplan ville kunne

opnå en varmeproduktion fra supermarkedernes køleanlæg på i alt 1.147.955 MWh/årligt svarende til 63.423 husstandes varmemeforbrug.

Fokusgruppeundersøgelsen dokumenterede, at de seks repræsentanter for danske fjernvarmeværker nævnte fem typer af potentielle barrierer for anvendelsen af supermarkedernes varmeproduktion i fjernvarmenettene: tekniske, økonomiske, lovgivningsmæssige, beliggenhedsmæssige og rollerelaterede barrierer. De tekniske barrierer angik krav til temperatur/sæsonforskelle samt udfald i varmeleverancen. De økonomiske barrierer relaterede til prisfastsættelse, tung administration og mistet omsætning. I relation til gældende lovgivning nævntes omfanget af dokumentation samt Varmeforsyningslovens krav om, at fjernvarmeværkerne altid skal vælge den billigste varmeproduktionsenhed. I relation til beliggenhed blev det fremført som et krav, at supermarkederne bør ligge i et område, hvor der er stort varmebehov for undgå ledningstab. I relation til rollerelaterede barrierer nævntes manglende varmefaglig kompetence i supermarkederne samt overvejelser om ansvarsfordeling mellem supermarkeder og fjernvarmeværker.

De gennemførte analyser har bidraget med ny viden om anvendelsen af supermarkedernes varmeproduktion fra køleanlæg i fjernvarmenet, som kan bidrage til diskussionen om, hvorvidt anvendelsen af varmen fra supermarkeder i fjernvarmenet er den rigtige vej at gå for samfundet og de involverede parter i fremtiden. De gennemførte beregninger indikerer, at denne form for varmeproduktion med et samlet potentielt bidrag på 3,2% af Danmarks samlede fjernvarmemeforbrug er en samfundsøkonomisk attraktiv løsning.

Referenceliste:

- Andersen, E. (2015). Behovet for energi. I E. Andersen, *Energiforbrug* (s. Kap 4.). Odense: SDU.
- Andersen, E. (1. Januar 2017). <http://politiken.dk/indland/art5769531/Staten-tvinger-virksomheder-til-at-fyre-for-fuglene>. Hentet fra www.politiken.dk
- Behnke, K. (2016). Super Supermarkets. *Supermarkeder som energiproducenter*. Dansk Fjernvarme.
- Berlingske Business. (22. April 2017). <http://www.business.dk/detailhandel/coop-dropper-groen-indsats-og-sender-varme-op-i-himlen>. Hentet fra <http://www.business.dk>
- Birch & Krogboe. (2006). *Udvikling af værktøj til implementering af energiøkonomiske køleanlæg med naturlig kølemidler*. Elforsk.
- Bitzer. (2016). *Refrigerant Report 19*. Bitzer.
- Chevalier, L. &. (1 2015). Interpreting quality: A case study of spontaneous reactions. *Forum*, s. 1-23.
- COWI. (2012). *Dansk lovgivning for udfasning af det ozonlagnedbrydende kølemiddel R22*. Lyngby.
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design*. Los Angeles: Sage Publications.
- Dansk Fjernvarme. (24. oktober 2013). Superbrugsen i Skjern leverer nu også fjernvarme. *Fjernvarme*.
- Dansk Fjernvarme. (2016). *Statistik 2016 - fjernvarmepriser*. Dansk Fjernvarme.
- Dansk Fjernvarme. (2016). *Årsstatistik 2016*. Dansk Fjernvarme.
- Det Økologiske Råd. (2017). *Regeringen bør fremme brug af overskudsvarme*. Det Økologiske Råd.
- DSK. (2017). *Udviklingen i dansk dagligvarehandel*. København: DSK.
- Dörnyei, Z. (2007). *Research methods in applied linguistics: quantitative, qualitative and mixed methodologies*. Oxford: Oxford University Press.
- Edley, N. &. (2010). *Interviews and Focus Groups*. London: Bloomsbury Publishing.
- Energi- Forsynings- og Klimaministeriet. (2016). *Aftale af 16. december 2016 om Energiselskabernes energispareindsats*. København: Energi- Forsynings- og Klimaministeriet.
- Energi-, F. o. (11. April 2017). *Lilleholt styrker kontrol af energispareindsatsen med 30 mio. kr. årligt*. Hentet fra Energi-, Forsynings- og Klimaministeriet: <http://www.efkm.dk/aktuelt/nyheder/nyheder-2017/april-2017/lilleholt-styrker-kontrol-af-energispareindsatsen-med-30-mio-kr-aarligt/>
- Energi-, F.-, o. (31. marts 2017). <http://efkm.dk/aktuelt/nyheder/nyheder-2017/marts-2017/overskudsvarme/>. Hentet fra <http://efkm.dk>
- Energinet.dk. (14. September 2010). *Forside > El > Værker > Afregning > Spørgsmål og svar > Hvad er PSO tarif?* Hentet fra Energinet.dk: <http://www.energinet.dk/DA/El/Vaerker/Afregning/Spoergsmaal-og-svar/Sider/Hvad-er-PSO-tarif.aspx>
- Energistyrelsen. (2007). *Vejledning i samfundsøkonomiske analyser på energiområdet*. Energistyrelsen.

- Energistyrelsen. (2013). *Tjekliste: Få styr på køling - erhverv*. København: Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2014). *Drejebog til store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet*. November.
- Energistyrelsen. (2014). *Inspirationskatalog for store varmepumpeprojekter i fjernvarmesystemet*. november.
- Energistyrelsen. (2015). *Energistatistik*. Energistyrelsen.
- Energistyrelsen. (2016). *Technology Data for Energy Plants*. Energistyrelsen.
- Erhvervsstyrelsen. (2016). *Grøn omstilling - praktisk læring fra virksomheder*. Grøn Omstilling.
- Ernest & Young. (2014). *Tilbagerulning af forsyningssikkerhedsafgiften*.
- Frederiksen, K. (2010). *Reduktion af den interne elbelastning i kølemøbler til supermarkeder*. Taastrup: Teknologisk Institut.
- Hansen, M. B. (20. februar 2013). Elkunder betaler rekordbeløb til grøn energi. *Ingeniøren*.
- IEA. (2016). *Energy efficiency market report 2016*. Paris: International Energy Agency.
- IPU. (2017). *Pack Calculation Pro Personal guide*. Lyngby.
- Jensen, M. L. (2006). *Udvikling af værktøj til implementering af energiøkonomiske køleanlæg med naturlig kølemidler*. Birch & Krogboe.
- Kristensen, T. F. (2017). Overskudsvarme og -kulde -. *De gode tekniske løsninger*. Danfoss.
- Kvale, S. &. (2009). *Interview. Introduktion til et håndværk*. København: Hans Reitzels Forlag.
- Matthews, B. &. (2010). *Research methods: A practical guide for the social sciences*. Edinburgh: Pearson Education Ltd.
- Moran, M. J. (2012). *Principles of engineering Thermodynamics 7th. edition*. John Wiley & Sons, Inc.
- Nilsson, B. V. (26. august 2014). Er 46 grader varmt vand nok til at varme huset op. *Viborg Folkeblad*.
- Odder Fjernvarmeværk. (2015). *Grønt Regnskab*. Odder Fjernvarmeværk.
- Project Zero. (28. marts 2017). *Projectzero artikler*. Hentet fra <http://www.projectzero.dk/da-DK/Artikler/2017/Marts/Varmen-fosser-ud-af-Bilka-F%C3%B8tex.aspx>
- Project Zero. (28. marts 2017). Varmen fosser ud af Bilka og Føtex.
- Rasmussen, J. E. (1. december 2016). Her er fremtidens vindere og tabere blandt de danske dagligvarekæder. *Finans*.
- Regeringen. (2011). *Energistrategi 2050*. Klima- og Energiministeriet.
- Regeringen. (2012). *Aftale om den danske energipolitik 2012-2020*.
- Regeringen. (2014). *Aftale om tilbagerulning af FSA mv. og lempelser af PSO*.
- Regeringen. (2016). *Afskaffelse af PSO-afgift og omlægning af PSO-udgifter til finansloven*.
- Regeringen. (2016). *Aftale om afskaffelse af PSO-afgiften*.

- Reinholdt, L. (2012). *Varmegenindvinding på CO2-kølesystemer i supermarkeder*. Aarhus: Teknologisk Institut.
- Retail Institute Scandinavia . (2016). *Detailhandel statistik* . København: Retail Institute Scandinavia .
- Rigsrevisionen. (2016). *Tilrettelæggelsen af en større undersøgelse af energiselskabernes energispareindsats*. København: Rigsrevisionen.
- Saldanha, G. &. (2013). *Research Methodologies in Translation Studies*. Manchester: St. Jerome.
- Sejbjerg et al. (2014). *Overskudsvarme fra dagligvarebutikker*. AAU.
- Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet. (2017). *Afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet - Delanalyse 5 - Nyttiggørelse af overskudsvarme*. København: Sekretariatet for afgifts- og tilskudsanalysen på energiområdet.
- SKAT. (2013). *Ændring af afgiftssatserne på fossile brændsler pr. 1. feb 2013*. SKAT.
- SKAT. (2017). *E.A.4.6.10 Overskudsvarme*.
- Sørensen, E. (6.. maj 2014). *Ingeniøren*. Hentet fra <https://ing.dk/artikel/supermarkeder-producerer-fjernvarme-med-nyt-koeleanlaeg-168096>
- Videnscenter for klimavenlige kølemidler. (5. maj 2017). www.koelemidler.dk. Hentet fra Kølemidler: www.koelemidler.dk/om-koelemidler/miljoeffekt-af-koelemidler/
- Viegand Maagøe. (2013). *Analyse af mulighederne for bedre udnyttelse af overskudsvarme fra industrien*. Viegand Maagøe.
- Viegand Maagøe. (2015). *Kortlægning af energiforbrug i virksomheder*. København: Energistyrelsen.
- With, J. (2011). *Grøn Guide til bedre Business*. København: Gyldendal Business.
- Wittrup, S. (29. september 2014). Overskudsvarme fra supermarkedernes kølediske kan opvarme Albertslund. *Ingeniøren*.

Bilag 4

68

Bilag 5 a – udfasetet PSO

Følgesketch beregnet ift. udfaset PSO og sammenlignet med 2017-scenarie																								
Supermarkedsstørrelse/ m2		2000	800																					
Simulering/kørsel nr.				1		2		3		4		5		6		C. + m/varmeg. i foretret drift						D. som C + m/ext. fordamper til VP fuld drift		Central varmepumpe /MW
m2 supermarked				2000	800	800	800	2000	2000	2000	2000	2000	2000	800	800	2000	2000	800	800	2000	800	800	0	
Laveste varme, temp.				-	-	-	40	25	40	25	40	25	40	25	40	25	40	25	40	25	40	25	-	
Erforbrug v/fuld anv. *				353	119	38	28	220	220	220	220	220	80	80	240,4	240,4	92,92	92,92	92,92	92,92	92,92	2.500		
/år				1358	438																			
Varmeproduktion *				556	1000	160	354	1155	1534	419	542	1153	1544	385	505	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760		
COP-varme gigt.				4,63	8,33	4,45	9,32	5,25	6,97	5,24	6,78	4,80	6,42	4,14	5,43	350	350	350	350	350	350	350		
Erforbrug ved drift				38,4	38,4	12,16	12,16	70,4	70,4	25,6	25,6	240,4	240,4	92,92	92,92	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500	2.500		
Varmeproduktion				0	0	54,08	113,28	369,6	490,88	134,08	173,44	1152,96	1544,2	385	505	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760		
Varmebehov				248	248	99	99	248	248	99	99	248	248	99	99	0	0	0	0	0	0	0		
SP-1 Varmer til salg **				-	72	-45	14	122	243	35	74	905	1297	286	406	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760		
Anlægsinvesteringer				498.240	192.000	144.000	144.000	192.000	192.000	144.000	144.000	144.000	144.000	204.000	144.000	5.250.000	5.250.000	5.250.000	5.250.000	5.250.000	5.250.000	5.250.000		
Energisparetskud**				-	-48.832	-98.560	-35.392	-104.720	-147.168	-37.968	-51.744	-315.396	-456.330	-102.288	-144.228	8760	8760	8760	8760	8760	8760	8760		
Drift & vedligehold				94.000	141.000	70.500	70.500	141.000	141.000	70.500	70.500	141.000	141.000	169.200	84.600	2.350.000	2.350.000	2.350.000	2.350.000	2.350.000	2.350.000	2.350.000		
Elomkostninger				520.294	176.870	176.870	56.009	589.628	589.628	214.410	214.410	214.410	214.410	778.242	778.242	20.938.500	20.938.500	20.938.500	20.938.500	20.938.500	20.938.500	20.938.500		
Totalomkost				461.038	41.310	235.117	235.117	817.908	775.460	390.942	377.166	2.139.250	2.002.316	964.614	862.614	28.538.500	28.538.500	28.538.500	28.538.500	28.538.500	28.538.500	28.538.500		
Sejlskabsskud				633.300	881.392	192.496	881.392	881.392	881.392	352.557	352.557	881.392	881.392	352.557	352.557	-	-	-	-	-	-	-		
Salg varme i fjernvarme				136.076	136.076	26.757	229.324	457.331	65.861	138.858	138.858	1.702.041	1.702.041	537.590	763.190	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800		
Total indtægt				633.300	1.017.468	192.496	379.314	1.110.716	1.338.722	418.418	493.414	2.583.433	3.318.964	890.147	1.115.747	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800	16.468.800		
Resultat				172.262	606.158	-63.341	144.197	292.808	563.262	27.075	115.248	444.183	1.316.648	-74.467	253.133	-12.069.700	-	-	-	-	-	-		
SP-1 Tilbagebetalingstid/år				6,8	9,8	12,5	5,5	6,9	5,4	8,8	7,2	7,8	5,7	10,2	7,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3		
Samtids samfundssk. elomkostninger				175.427	175.427	55.552	55.552	321.615	321.615	116.951	116.951	1.098.243	1.098.243	424.496	424.496	11.421.000	11.421.000	11.421.000	11.421.000	11.421.000	11.421.000	11.421.000		
Anlægsinv./MWth Varmer				108	60	266	127	52	39	107	83	24	18	53	29	60	60	60	60	60	60	60		
D & V /MWth Varmer				57	57	71	71	57	57	71	71	68	68	85	85	27	27	27	27	27	27	27		
Elomkostn. /MWth varme				99	55	103	49	87	66	87	67	95	71	110	84	130	130	130	130	130	130	130		
SP-2 Samfundsøkonomisk DKK/MWth				263	172	440	247	196	162	266	222	188	157	249	198	217	217	217	217	217	217	217		
kommentarer																								
* Disse tal indtæres på baggrund af konkret beregning i Pack Calculation Pro med specifikation og opgivet fra leverandøren																								
** I denne oversigt antages 100% samtidighed mellem supermarkedets varmeforbrug og -produktion																								
*** Den antages at der ikke kan bevliges energisparetskud til projekter, der dækker udover eget varmeforbrug																								
Nu																								
Total		Resultat	110.538	544.433	-82.887	124.651	179.647	450.101	-13.674	74.099	57.764	930.229	-223.827	103.773	-16.088.200	-	-	-	-	-	-			
SP-1		Tilbagebetalingstid/år	7,8	4,4	13,4	6,3	7,9	6,2	9,7	8,0	9,2	6,8	11,8	8,5	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6	18,6			
Uden PSO																								
Total		Resultat	172.262	606.158	-63.341	144.197	292.808	563.262	27.475	115.248	444.183	1.316.648	-74.467	253.133	-12.069.700	-	-	-	-	-	-			
SP-1		Tilbagebetalingstid/år	6,8	3,8	12,5	5,8	6,9	5,4	8,8	7,2	7,8	5,7	10,2	7,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3	16,3			
Forskel																								
Total		Resultat	61.742,2	61.742,2	19.546,0	19.546,0	113.161,0	113.161,0	41.149,4	41.149,4	386.419,0	386.419,0	149.359,6	149.359,6	4.018.500,0	4.018.500,0	4.018.500,0	4.018.500,0	4.018.500,0	4.018.500,0	4.018.500,0			
SP-1		Tilbagebetalingstid/år	-0,9	-0,6	-1,1	-0,5	-1,0	-0,8	-1,0	-1,4	-1,4	-1,1	-1,6	-1,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3	-2,3			
I pct.		Tilbagebetalingstid/år	-12%	-13%	-7%	-8%	-12%	-13%	-10%	-10%	-15%	-16%	-13%	-15%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%	-12%			

Bilag 5 b – reduceret overskudsvarmeafgift

Følgeskemaanalyse iht. overskudsvarmeafgift														
Supermarkedtsbetalt/rel. m2														
800														
DKK														
Anlægsinvesteringer														
A. Køleanlæg u/varmeg.														
B. + m/varmeg.														
C. + m/varmeg. forceret drift														
D. som C + m/ext.fordamper til VP fuld drift														
Central varmepumpe /MW														
0														
2.500														
8.760														
3.50														
2.900														
8.760														
0														
8760														
SP.1														
Anlægsinvesteringer														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Selskabs-økonomisk														
SP.1														
Sels														

71