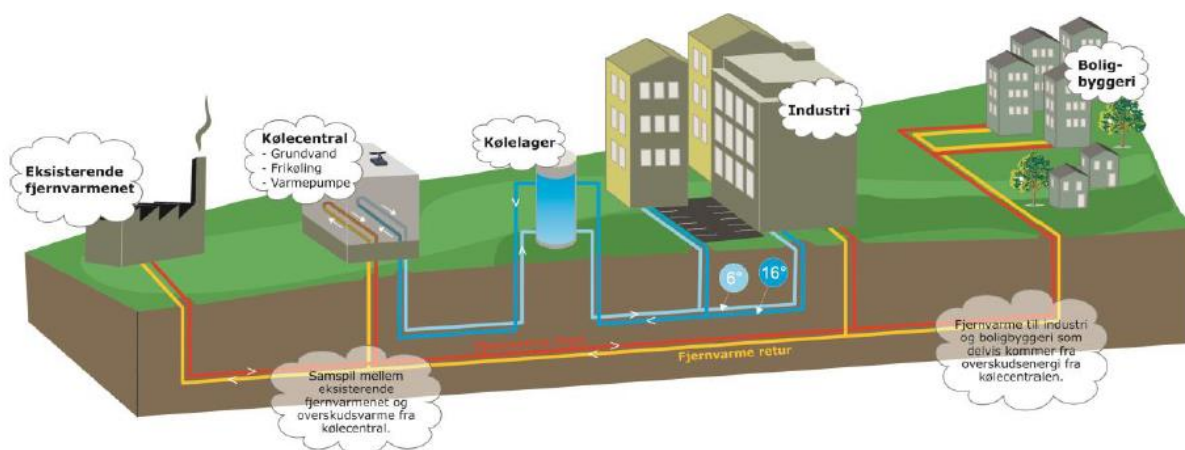


Fjernkøling

En energisystem- og barriereanalyse af
fjernkøling i dansk kontekst

Silas Alvin Petersen

Master Thesis



Spring 2014

Titel: Fjernkøling – En energisystem- og barriereanalyse af fjernkøling i dansk kontekst

Tema:

Speciale

Projektperiode:

1. februar 2014 - 4. juni 2014

Udarbejdet af:

Silas Alvin Petersen

Vejleder:

Henrik Lund

Oplagsantal:

4

Antal sider:

115 inkl. Bilag

Antal Bilag:

6

Synopsis:

I forhold til at opnå den politiske målsætning om at opnå uafhængighed af fossile brændsler i 2050 har der hovedsageligt været fokuseret på el-, varm og transportsektoren, mens kølesektoren er blevet negligeret.

Dette speciale søger at afdække de potentielle energibesparelser og CO₂ reduktioner, som kan opnås ved at udnytte potentialet for fjernkøling i Danmark. På denne baggrund er følgende problemformulering udarbejdet:

Hvor store besparelspotentialer, i bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen, er forbundet med udnyttelsen af potentialet for fjernkøling og hvilke barrierer er forbundet med implementeringen heraf?

Denne problemformulering undersøges på baggrund af den teoretiske forståelsesramme. Derudover anvendes EnergyPLAN til at evaluere de energisystemmæssige konsekvenser. For at identificere barrierer, for udbredelsen af fjernkøling, anvendes kvalitative metoder i form af interviews og litteraturstudier.

Det kan konkluderes, at der kan opnås en energibesparelse på 1,3 TWh og CO₂ udledningen kan reduceres med ca. 445.000 tons ved, at udnytte potentialet for fjernkøling. Der er dog identificeret en række barrierer, som i kombination har negativ indvirkning på attraktiviteten af fjernkølemarkedet. Der er altså ikke identificeret én barriere, som er afgørende for udbredelsen af fjernkøling, men kombinationen af disse vurderes til at begrænse udbredelsen af fjernkøling i Danmark.

Rapportens indhold er frit tilgængeligt, men offentliggørelse (med kildeangivelse) må kun ske efter aftale med forfatteren.

Abstract

In order to fulfil the political goals, as to achieve an energy system which is independent of fossil fuels by 2050, the political agenda has mainly been focusing on the electricity-, heating and transportation sector, while the cooling sector has been overlooked.

In order to investigate this aspect in connection to the conversion of the energy system, this master thesis seeks to analyse and quantify the energy savings and CO₂ reductions. That can be achieved by utilising the potential for district cooling in Denmark, which is found to socioeconomically feasible.

This leads to the following problem formulation:

How large energy savings and reductions in the CO₂ emission can be expected, if utilizing the potential for district cooling and which barriers are associated with the implementation hereof?

This problem formulation is investigated on the basis of the theoretical framework, which is developed for this thesis. Furthermore EnergyPLAN is applied in order to evaluate how the implementation of district cooling affects the dynamics of the existing Danish energy system. In order to identify barriers, which affects the diffusion of district cooling, a more qualitative approach is chosen, which includes literature study and several interviews.

On the basis of this master thesis it is concluded, that energy savings corresponding to 1.3 TWh is to be achieved by utilizing the potential for district cooling. Furthermore the total Danish emission of CO₂ is expected to decrease by approximately 445.000 ton.

However there are some barriers, which are limiting the diffusion of district cooling in Denmark. The combination, of these barriers affects the attractiveness of the market for district cooling. This implies that a single barrier cannot be identified as being the most influential, but the combination reduces the investments in district cooling in Denmark.

Forord

Denne rapport er udarbejdet af specialestuderende Silas Alvin Petersen, som afslutning på kandidatuddannelsen Sustainable Energy Planning and Management ved Aalborg Universitet. Rapporten er udarbejdet i perioden 3. februar til 4. juni 2014.

Problemstillingen for dette speciale udspringer som en konsekvens af, at Danmark i øjeblikket arbejder hen imod en omstilling af energisystemet til 100 % vedvarende energi. I forhold til denne omstilling har der gennem en længere periode været stor fokus på el-, og varme- og transportsektoren, mens kølesektoren fuldstændig er blevet overset. Formålet med dette speciale bliver derved, at belyse dette emne både i forhold til, hvilke påvirkninger implementeringen af fjernkøling kan have på det samlede energisystem, men også hvilke barrierer, som i øjeblikket begrænser udbredelsen heraf.

Under projektperioden er der sket ændringer i forhold til vedtagelsen af lovforslaget som er udformet i forbindelse med implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv (Folketinget, 2014). Dette speciale er udarbejdet på baggrund af de rammebetingelser, som var gældende inden denne lovændring trådte i kraft. Det skal dog pointeres, at de ændringer som lovforslaget medfører, er adresseret i dette speciale, de henvises bare ikke til som værende vedtaget.

Når der gennem denne rapport henvises til selve projektrapporten, benævnes denne "specialet", hvilket sikrer en klar differentiering mellem denne rapport og anden anvendt litteratur.

Referencerne er angivet efter Harvard metoden.

På vedhæftede CD kan Bilag D til F findes. Derudover er input-filerne til EnergyPLAN og udskrifterne på timebasis vedlagt på vedhæftede CD

Gennem processen med at udarbejde dette speciale har flere eksterne personer været involveret i forhold til sparring, vejledning samt som respondenter for den gennemførte interviewundersøgelse. En speciel tak skal gives til Tarek Kim El Barky, Markedsansvarlig Fjernkøling, Rambøll, som gennem projektperioden har fungeret som ekstern vejleder på dette speciale. Derudover skal lyde en stor tak til følgende personer.

Mikkel Willum, Projektleder Fjernkøling, HOFOR

Charles W. Hansen, Driftsleder, Bjerringbro Varmeværk

Søren Højmosen Damgaard, Driftschef, Thisted Varmeforsyning

Niels Peter Heje, Driftsleder, Hjørring Fjernvarme

Henrik Lund, vejleder for specialet, Professor, Aalborg Universitet

Kilde til forsidebillede: (Rambøll, 2014)

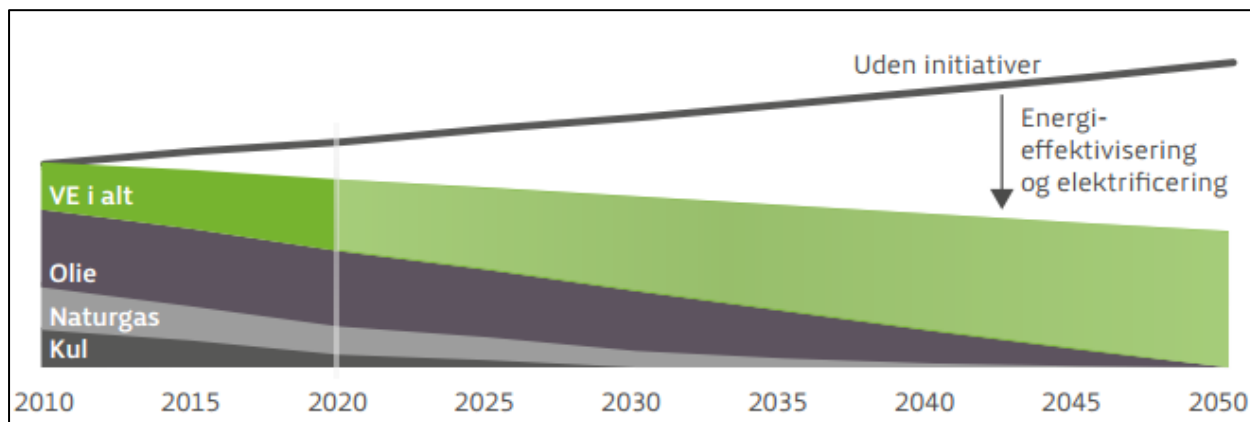
Indholdsfortegnelse

1	Indledning	1
1.1	Kølebehov i Europa.....	1
1.2	Kølebehov i Danmark	2
1.3	Byggetendenser	3
1.4	Alternativer til individuel køling.....	4
1.5	Fordele ved fjernkøling	5
2	Problemformulering og rapportstruktur	9
2.1	Afgrænsninger	9
2.2	Rapportstruktur.....	9
3	Teoretisk og metodisk tilgang	13
3.1	Overordnet forståelsesramme	13
3.2	Litteraturstudie	14
3.3	Del 1: Teknologi.....	14
3.4	Del 2 og 3: Aktører og rammebetingelser	20
4	Konsekvenser af implementeringen af fjernkøling i det nuværende energisystem.....	27
4.1	Modellering af referencescenarie	27
4.2	Modellering af fjernkølescenarie.....	27
4.3	Besparelsespotentialer ved implementering af fjernkøling.....	30
4.4	Samfundsøkonomisk rentabelt potentiale.....	31
4.5	Konsekvenser af implementeringen af fjernkøling	32
4.6	Opsamling	39
5	Identifikation af centrale aktører.....	41
5.1	Fjernkøleselskaber.....	42
5.2	Potentielle kunder.....	43
5.3	Opsamling	44
6	Nuværende rammebetingelser	45
6.1	Lov om kommunal fjernkøling.....	45
6.2	Varmeforsyningsloven	46
6.3	Implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv.....	47
6.4	Lovgivning om ozonnedbrydende stoffer	48
6.5	Opsamling	49
7	Identifikation af barrierer for udbredelsen af fjernkøling.....	51

7.1	Tekniske løsninger.....	53
7.2	Økonomi og finansiering	54
7.3	Skat og afgifter	56
7.4	Kølepotentiale og kundegrundlag.....	58
7.5	Opsamling.....	60
8	Diskussion af attraktiviteten af fjernkølemarkedet.....	63
8.1	Attraktiviteten af fjernkølemarkedet.....	63
8.2	Diskussion af barrierer for dannelsen af kundegrundlag	68
9	Konklusion	81
10	Refleksioner.....	85
11	Referenceliste	87
12	Bilag	97
12.1	Bilag A: Teknologibeskrivelse	97
12.2	Bilag B: Beskrivelse af fjernkøleprojekter i Danmark	101
12.3	Bilag C: EnergyPLAN – Ændringer i forhold til CEESA referencescenariet samt udskrifter	103

1 Indledning

Den danske Regering har et energipolitisk mål, om at opnå uafhængighed af fossile brændsler inden 2050 (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2012). For at dette kan realiseres, anses elektrificering, energibesparelser, samt implementeringen af mere vedvarende energi som forudsætninger for, at denne målsætning kan realiseres (Regeringen, 2011), som illustreret i Figur 1.1.



Figur 1.1: Udviklingen i det danske primærenergiforbrug frem mod 2050 (Regeringen, 2011)

De eksisterende strategier og aftaler fokuserer næsten udelukkende på el, varme og transportsektoren, mens kølesektoren overses på trods af, at der er et betydeligt kølebehov også i Danmark (Martin Hein, 2008; ABB, 2011; Energistyrelsen, 2007; Rambøll, 2014). En medvirkende faktor til dette manglende fokus kan være, at størstedelen af energiforbruget til køling historisk set, har været baseret på el. Dette medfører at det blot er blevet medregnet i bygningens samlede elforbrug (ECOHEATCOOL, 2006 a) og derfor ikke er opgjort separat, som det fx er tilfældet i forhold til varmekonsum. Dette illustrerer en af de centrale problemstillinger omkring køling, nemlig, at der er et meget begrænset antal analyser omkring kølesektoren samt, hvor stort det faktiske kølebehov er. Derudover tages der i mange scenarier og analyser af omstillingen af energisystemet slet ikke højde for køling og udviklingen af behovet for dette.

I dette speciale defineres køling som bestående af:

- Komfortkøling af bygningsmassen, som anvendes til service og handelsmæssige formål.
- Proceskøling, hvilket inkluderer industriel køling, køl af fødevarer osv.
- Serverkøling, som dækker over køling af serverrum og andre IT systemer.

Dette speciale afgrænses derved fra at analysere kølebehovet i boligmæssig bebyggelse, da dette behov vurderes, at være meget begrænset i Danmark (Energistyrelsen, 2007). Denne definition af køling og kølebehov anvendes, hvis ikke andet angives.

1.1 Kølebehov i Europa

I perioden fra 2005 til 2006 blev et EU projekt gennemført, med formålet at analysere bl.a. behovet for komfortkøling i henholdsvis bolig- og service sektoren i Europa. Dette er en af de første undersøgelser, som fokuserer på at kortlægge kølebehovet i Europa (ECOHEATCOOL, 2006 a). Ifølge denne undersøgelse estimeres det europæiske kølebehov til, at være på ca. 1.370 TWh for service- og boligsektoren, som bidrager med henholdsvis 41 %

og 59 % (ECOHEATCOOL, 2006 a). I en undersøgelse fra 2012 konkluderes det dog, at kølebehovet i EU27 landene er betydeligt lavere end ovenstående tal (Pardo, et al., 2012). I denne undersøgelse konkluderes det, at det ”anvendelige kølebehov” er på 1437 PJ, svarende til ca. 400 TWh. Det anvendelige kølebehov beskriver den mængde energi, der er tilgængelig for forbrugeren efter den sidste energikonvertering er gennemført. Der tages altså højde for effektiviteten (Pardo, et al., 2012). Til sammenligning kan det nævnes, at det samlede varmebehov estimeres til, at være omkring 3200 TWh blandt EU27 landene (Connolly, et al., 2012; Pardo, et al., 2012). Så uafhængigt af hvilket kølebehov der tages udgangspunkt i, er dette betydeligt lavere end varmebehovet.

Som beskrevet ovenfor er der stor uenighed om, hvor stort det reelle kølepotentiale i Europa er og definitionen af det undersøgte kølebehov er ligeledes varierende. Der er dog generelt enighed om, at der er et betydeligt behov for køling.

I branchen er der ligeledes en forventning om, at kølebehovet både på globalt og europæisk niveau vil stige i fremtiden. Denne stigning skyldes bl.a., at antallet af service- og kontorbygninger er stigende og, at de interne påvirkninger fra fx computere og andre varmeudledende apparater ligeledes forventes at stige (ABB, 2011; ECOHEATCOOL, 2006 a). En anden medvirkende faktor er den stigende urbanisering, som medfører at effekten af ”Urban heat islands” øges, hvilket reducerer bygningernes mulighed for at komme af med varmen (ABB, 2011).

Derudover medfører en øget levestandard, at en stigende del af befolkningen betragter komfortkøling som en selvfølgelighed/nødvendighed, hvor det før i tiden i højere grad blev betragtet som en luksusgode (ABB, 2011).

1.2 Kølebehov i Danmark

Selvom disse tendenser også gør sig gældende i Danmark, kan de europæiske kølebehov ikke, umiddelbart, nedskalleres til danske forhold. Dette skyldes, at der er en klar korrelation mellem de klimatiske forhold og behovet for køling, hvilket også betragtes som en af grundene til, at det danske kølebehov ofte overses.

Euroheat & Power vurderer det samlede teoretiske kølebehov i Danmark til at være omkring 12 TWh, hvilket både inkluderer køling af bebyggelse, som anvendes til bolig- og servicemæssige formål (ECOHEATCOOL, 2006 b). I Danmark anvendes køling dog hovedsageligt i bygninger, hvor mange mennesker eller varmeafgivende materiel er samlet på et begrænset areal. Dette drejer sig hovedsageligt om bygninger, der anvendes til service og erhvervmæssige formål, såsom detailhandel, indkøbscentre samt kontorbygninger osv. (Energistyrelsen, 2007). I denne bebyggelsestype anslås det samlede teoretiske kølebehov at være ca. 5,5 TWh (ECOHEATCOOL, 2006 b).

En kortlægning af kølebehovet i Danmark estimerer, at der i 2007 var installeret køling, svarende til et forbrug på 1,5 TWh hvilket estimeres ud fra at 27 % af servicearealet i Danmark har installeret køling. Denne andel forventes dog at stige til op mod 60 %, hvilket svarer til et kølebehov på 3,3 TWh (Energistyrelsen, 2007). Dette udgør dog kun køling af bygninger til servicemæssige formål, hvorfor det faktiske kølebehov må forventes at være højere.

Det samlede kølebehov vurderes, ifølge de nyeste analyser til, at udgøre ca. 13 % af det samlede elforbrug i de brancher, som anvender køling, hvilket hovedsageligt udgøres af offentlige bygninger, handel og service, detailhandel, industri og landbrug (Rambøll, 2014; Barky, 2013). Dette svarer til et årligt kølebehov på ca. 9 TWh (Rambøll, 2014).

Som illustreret af de ovenfor nævnte analyser, er der ligeledes stor uenighed og et begrænset andet analyser omkring størrelsen af det danske kølebehov, hvilket indikerer at der er en meget begrænset viden omkring dette. Der er dog enighed om, at der er et betydeligt kølebehov, som i dag hovedsageligt dækkes af individuelle el-drevne køleanlæg, som er forholdsvis ineffektive (ABB, 2011; Barky, 2014; Rambøll, 2014). Derved vil det stigende kølebehov i Danmark medføre, at det samlede elforbrug ligeledes vil øges, hvis ikke denne tendens bremses eller køleforsyningen omlægges. Derfor anses det stigende kølebehov som værende problematisk i forhold til at opnå førnævnte politiske mål.

Generelt er der to muligheder for at ændre denne tendens til stigende kølebehov og derved det stigende elforbrug, enten kan bygningerne designes så kølebehovet reduceres eller køleforsyningen kan effektiviseres. I følgende afsnit beskrives tendenserne i byggeriet, og påvirkningen af kølebehovet diskuteres.

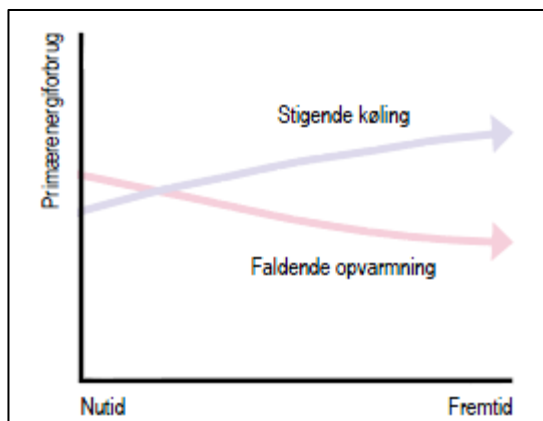
1.3 Byggetendenser

Ifølge gældende bygningsreglement skal bygninger udformes, så energiforbruget reduceres mest muligt (Energistyrelsen, 2014 a). Når det samlede energiforbrug for en bygning skal udregnes, medtages følgende aspekter:

- *”Opvarmning og afkøling af bygningen*
- *Varmt vand (brugsvand)*
- *Ventilation (både opvarmning af kold udeluft og el til mekanisk ventilation)*
- *Belysning” (Energistyrelsen, 2014 a, p. 1)*

Denne definition er dog forholdsvis ny. Historisk har der været stor fokus på at reducere varmekonsumet i bygningsmassen, hvilket ligeledes afspejles i kravene i de forskellige bygningsreglementer, hvor krav til isolering osv. løbende er blevet strammet. Dette har haft den ønskede effekt og der er opnået en reduktion af varmebehovet på omkring 20 %, i perioden fra 1975 til 2005. Dette, på trods af at det samlede etage areal i samme periode er steget med ca. 50 % (Marsh, et al., 2008; Marsh, 2011). Først i bygningsreglementet fra 2006 begyndte der, at komme fokus på andre aspekter af bygningers energiforbrug som fx køling (Marsh, 2011).

En del af førnævnte varmebesparelser er opnået ved, at designe bygningerne med store glaspartier og derved udnytte den passive solvarme (Marsh, 2011). Den manglende fokus på køling og store udnyttelse af passiv solvarme medfører dog nye problemstillinger, som overophedning, hvilket medførte et øget kølebehov i bygningerne. Denne problemstilling er kun blevet intensiveret, da tendensen til at anvende store glaspartier stadig kan identificeres i nye bygninger, som er blevet langt bedre isolerede og generelt har en højere varmetilførsel fra anvendelsen af elektroniske apparater osv. (Marsh, 2011). Denne tendens er illustreret i Figur 1.2.



Figur 1.2: Udviklingen af henholdsvis varme og kølebehovet i Danmark (Marsh, et al., 2008)

En anden faktor, der er medvirkende til denne tendens, er selve bygningsdesignet, hvor specielt mange kontorbygninger osv. er designet meget kompakt med lav loftshøjde, stor dybde og med mange mindre rum og store åbne kontorlandskaber. Dette er ligeledes medvirkende til, at reducere varmekonsumet, da bygningens overfladeareal reduceres. Disse designkoncepter har dog en række uønskede følger, da dagslysindfaldet samt muligheden for naturlig udluftning reduceres betydeligt. Dette er ligeledes medvirkende til at øge kølebehovet, da det begrænsede lysindfald resulterer i et øget behov for kunstig belysning, hvilket er medvirkende til opvarmning af bygningen. Derudover kræver det store glaspartier for at sikre, at dagslysindfaldet opfylder minimumskravene ifølge bygningsreglementet (Marsh, 2011).

Der er altså flere bygningsmæssige tendenser, som taler for at kølebehovet vil stige i fremtiden, og på trods af det øgede fokus på, og det politiske ønske om, at reducere kølebehovet kræver dette flere arkitektoniske ændringer og disse ser ikke ud til for alvor at være slået igennem. I forbindelse med regeringens nye strategi for energirenovierung af bygninger fokuseres der stadig meget på at reducere varmekonsumet, som skal reduceres med ca. 35 % frem mod 2050. Denne målsætning skal bl.a. opnås ved; forbedringer af vinduer, øget isolering samt installation af mere energieffektive installationer (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 a). I denne strategi nævnes der heller ikke nogen konkrete tiltag, som skal bryde tendensen, som er illustreret i Figur 1.2. Derfor antages det i dette speciale, at det fremtidige kølebehov vil være stigende og ikke kan elimineres vha. bygningsmæssige tiltag. Selvom der er tendenser, der taler for at den teknologiske udvikling indenfor bl.a. lavenergibelysning, såsom spare-pærer eller LED belysning samt overgangen fra fysiske til virtuelle servere er medvirkende til at reducere behovet for køling (ABB, 2011), antages dette ikke at være tilstrækkeligt til at modvirke den stigende tendens.

Som tidligere nævnt dækkes det nuværende kølebehov hovedsageligt af ineffektive individuelle køleanlæg, hvorfor følgende afsnit beskriver mere energieffektive alternativer til denne metode, som derved kan være medvirkende til at opfylde de politiske målsætninger om uafhængighed af fossile brændsler.

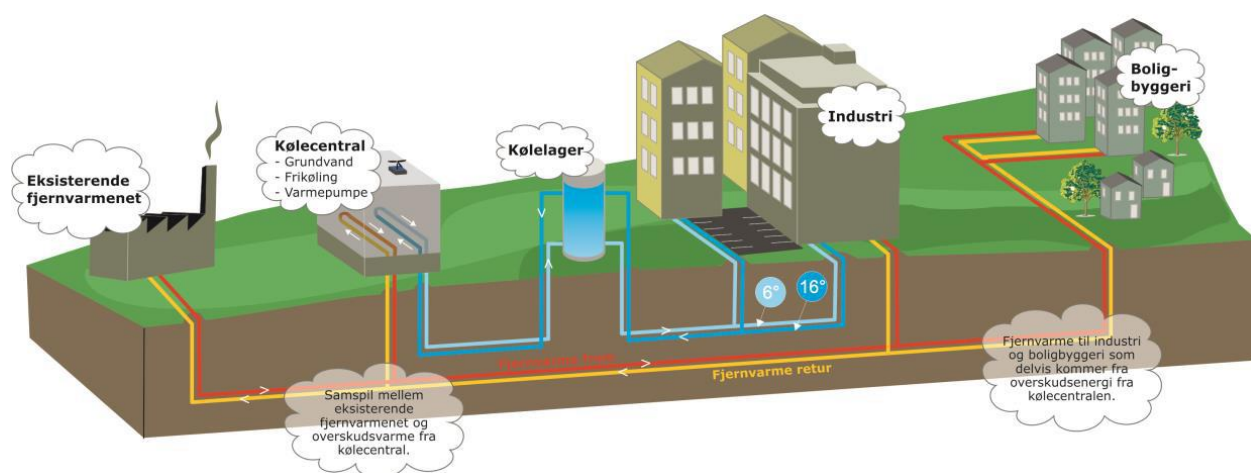
1.4 Alternativer til individuel køling

I forbindelse med det stigende fokus på bæredygtighed, miljømæssige påvirkninger og energieffektivitet begynder flere, at betragte fjernkøling som et mere miljøvenligt og effektivt alternativ til, de nuværende individuelle køleanlæg (ABB, 2011; Barky, 2014). Der er ligeledes ved at opstå en politisk accept af, at kølebehovet er stigende, og at dette kan dække på en mere hensigtsmæssig måde end det er tilfældet i dag. I Regeringens strategi

for smart-grid påpeges det bl.a. at mulighederne for fjernkøling skal undersøges (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a).

Fundamentalt minder principperne bag fjernkøling en del om fjernvarme. Den fulde definition af fjernkøling dækker over centralt produceret kulde, der transporteres ud til kunderne gennem et distributionsnet, som det er tilfældet med fjernvarme. Denne definition af fjernkøling dækker dog også over lokalt produceret køling, som produceres ved at udnytte fjernvarme, til produktionen af køling, hos den enkelte kunde (ECOHEATCOOL, 2006 b). Disse to former for fjernkøling har forskellige fordele og ulemper. Den centralt producerede køling kræver som regel et stort kundegrundlag indenfor et begrænset geografisk område, mens den decentralt producerede køling med fordel kan anvendes i forbindelse med store køleforbrugere som er sporadisk placeret indenfor et fjernvarmenet (Fagligt Fælles Forbund, U.D.). I dette speciale fokuseres der dog hovedsageligt på centralt produceret køling.

I et sådant system kan der ligeledes implementeres et kølelager, som kan give både driftsmæssige og økonomiske fordele samt øge fleksibiliteten i hele energisystemet, og derved være medvirkende til at inkorporere en større mængde fluktuerende energikilder (Wittrup, 2013). I Figur 1.3 illustreres en principtegning af et fjernkølesystem, hvor kølingen produceres centralt.



Figur 1.3: Principtegning af et fjernkølesystem med central køleproduktion (Rambøll, 2014, p. 6)

Hovedideen bag fjernkøling er, at det muliggør udnyttelse af lokale ressourcer, som ellers ville gå til spilde, hvorved en bedre ressourceudnyttelse opnås. Dette kan både inkludere overskudsvarme og frikøling, hvor lokale forhold som tilgængelighed af vandressourcer udnyttes (ECOHEATCOOL, 2006 b).

Helt overordnet findes der tre koncepter indenfor fjernkøling: kompressorkøling, absorptionskøling og frikøling. Disse teknologier samt deres specifikke fordele og ulemper beskrives i Bilag A.

Der er, som det er tilfældet for fjernvarme, en række fordele forbundet med fjernkøling, som alternativ til individuelle køleanlæg. Disse opridses kort herunder.

1.5 Fordele ved fjernkøling

På et samfundsmæssigt niveau kan der først og fremmest opnås en række miljømæssige fordele. Da fjernkøling generelt er mere effektivt end individuelle køleanlæg, og ressourceforbruget derved reduceres, kan fjernkøling være medvirkende til, at reducere emissionen af drivhusgasser (Energistyrelsen, 2007; ECOHEATCOOL, 2006

b; ABB, 2011; Frederiksen & Werner, 2013). På den måde kan en øget andel af fjernkøling bidrage til opfyldelsen af de energipolitiske mål om både at reducere energibehovet samt reducere udledningen af CO₂.

I den forbindelse kan det også nævnes, at implementeringen af fjernkøling kan effektivisere udnyttelsen af kraftvarmeproduktion (Andersen, 2009). Dette skyldes, at der i sommerhalvåret bortkøles en betydelig mængde varme fra disse værker. Denne overskudsvarme kan, ved absorptionskøling, udnyttes til at producere køling (Andersen, 2009). Derved øges varmebehovet i sommerperioden, samtidig med, at elforbruget reduceres i sommerperioden, da en del af kompressorkølingen substitueres med andre former for køling. Derved kan implementeringen af fjernkøling oveordnet give et mere effektivt energisystem, da disse synergieffekter kan udnyttes. Dette anslyses nærmere i Kapitel 4.

Derudover forventes det, at storskala varmepumper, kommer til at spille en betydelig rolle i fremtidens energisystem, da de kan bidrage med den efterspurgte fleksibilitet i et energisystem med en stor andel af fluktuerende produktionsenheder (CEESA, 2011; Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a; Mathiesen, et al., 2011). En varmepumpe producere både varme og køling, jf. Bilag A, hvilket muliggør at denne synergieffekt udnyttes. Der har dog kun været begrænset fokus på denne synergieffekt og, hvordan den kan udnyttes mest hensigtsmæssigt i et fremtidigt energisystem og i forbindelse med det stigende kølebehov. Udnyttelsen af kølesiden kan øge systemets samlede ressourceudnyttelse endnu mere samt formodentlig resultere i økonomiske gevinster (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a).

Derudover anvendes der i traditionelle køleanlæg en række miljøskadelige kølemidler, som bl.a. er ozonnedbrydende. Brugen heraf kan ligeledes reduceres ved implementeringen af et fjernkølesystem, hvilket ligeledes kan give en række miljømæssige fordele. Dette medfører også, at driftsomkostningerne kan reduceres betydeligt, da der i forbindelse med individuelle køleanlæg, løbende skal gennemføres lovpligtige eftersyn pga. den forømtalte kølevæske. Mængden af disse reduceres altså betydeligt eller bortfalder helt, hvilket reducerer driftsomkostningerne (ABB, 2011; COWI, 2012).

Fjernkølekunderne kan opnå en række fordele i og med, at fjernkøling i mange tilfælde, pga. stordriftsfordele, kan produceres billigere end konventionel køling (ECOHEATCOOL, 2006 b; ABB, 2011). Derudover kan den samlede kølekapacitet reduceres, da forskellige kunder har varierende køleprofiler (ABB, 2011; Andersen & Foged, 2004). Dette reducerer investeringsomkostningerne pr. køleenhed.

For den enkelte kunde kan der opnås en støjreduktion, og derved et forbedret lokalmiljøet (Energistyrelsen, 2007). Da kølingen produceres centralt, kan der ligeledes frigives plads hos den enkelte kunde, som kan anvendes til andre formål. Derudover forbedres forsyningssikkerheden da ansvaret for drift og vedligeholdelse af køleenhederne overlades til fagfolk (ABB, 2011; Andersen & Foged, 2004).

Hvis disse fordele skal udnyttes kræver det dog store investeringer i både centrale kølecentraler samt et distributionsnet, hvilket derfor leder til spørgsmålet, om disse midler kunne anvendes mere hensigtsmæssigt i forbindelse med alternative projekter (International District Energy Association, 2008; Rambøll, 2014). Etableringen af distributionsnettet kræver derudover at gaderne opgraves, hvilket både er forbundet med store omkostninger og en række gener for beboerne i området, specielt i tætbefolkede områder kan det være problematisk og muligvis påvirke den generelle holdning til fjernkøling.

Som kort beskrevet ovenfor er der en række fordele ved implementeringen af fjernkøling. I Danmark er udbredelsen dog meget begrænset. Det anslås at kun omkring 1 % af det samlede kølebehov i dag dækkes af fjernkø-

ling (Rambøll, 2014). Dette på trods af, at vi er førende indenfor fjernvarmeteknologi og udbredelsen heraf. Hvis fjernkøling ansues fra et eksportperspektiv, kan det problematiseres, at det danske marked er så begrænset, da danske virksomheder derved risikere at gå glip af store ordre, grundet manglen på referenceprojekter (Dansk Fjernvarme, 2013 a). En af grundene til at den danske fjernvarmebranche har opnået en førerposition indenfor området, er netop et stærkt hjemmemarked (Dansk Fjernvarme, 2013 a). Fjernvarmeindustrien bidrog i 2011 med eksportindtægter på ca. 5 mia. kroner og dette forventes at tredobles frem mod 2020 (COWI, 2013 a).

Den begrænsede udbredelse kan formodentlig til dels skyldes, at den manglende viden omkring det egentlige kølebehov og en tro på, at det kølige klima i Danmark leder til et begrænset kølebehov.

Flere af vores nabolande er betydeligt længere fremme i forhold til at implementere fjernkøling, selvom klimaet er sammenligneligt. I flere storbyer i både Sverige, Norge og Finland er der implementeret fjernkøling. I Sverige var der i 2007 fx installeret en fjernkølekapacitet på ca. 650 MW, svarende til et salg på ca. 718.000 MWh, hvilket i 2011 var steget til ca. 900.000 MWh (Euroheat & power, U.D. a). Samme tendens kan også påvises i Norge og Finland, dog er den installerede kapacitet mindre, begge lande havde i 2011 en produktion på ca. 125.000 MWh (Euroheat & power, U.D. b; Euroheat & power, U.D. c). Til sammenligning er der i Danmark installeret omkring 40 MW på nuværende tidspunkt, mens der er planlagt yderligere 30 MW (Rambøll, 2014).

På trods af de fordele som er forbundet med fjernkøling og den danske førerposition indenfor fjernvarmesektoren, er udbredelsen af fjernkøling i Danmark stærkt begrænset. Dette rejser spørgsmålet om, hvorfor udbredelsen af fjernkøling er så begrænset i Danmark, i forhold til vores nabolande?

2 Problemformulering og rapportstruktur

I Danmark har folketinget defineret et politisk mål om, at både el- og varmemforsyningen skal være uafhængig af fossile brændsler i 2020 og på længere sigt skal transportsektoren ligeledes konverteres til vedvarende energi. I 2050 er målsætningen, at det danske energisystem som helhed skal være baseret på 100 % vedvarende energi. For at dette er muligt anses elektrificering, energieffektiviseringer samt implementeringen af en større mængde vedvarende energi alle som afgørende for, at denne udfasning af fossile brændsler kan lykkedes.

Indenfor el- og varmesektoren er der i dag stort fokus på effektiviseringer for at opnå førømtalte energibesparelser, dog overses kølesektoren. Dette på trods af at flere tendenser indikerer, at kølebehovet er stigende og i høj grad, dækkes af ineffektive individuelle køleløsninger. Dette kan vise sig problematisk i forhold til, at nå de politiske målsætninger og derved reducere Danmarks afhængighed af fossile brændsler samt at reducere den klimatiske påvirkning i form af udledning af CO₂. Derudover kan der ved implementeringen af fjernkøling, i kombination med kraftvarme, opnås en række synergieffekter i det samlede energisystem.

Dette speciale undersøger derfor, hvor store besparelspotentialer, der er forbundet med implementeringen af fjernkøling i det danske energisystem, samt hvilke konsekvenser udnyttelsen af dette potentiale vil have for det samlede energisystem. Derudover identificeres barrierer for implementeringen af fjernkøling i Danmark. På denne baggrund er følgende problemformulering udformet.

Hvor store besparelspotentialer, i bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen, er forbundet med udnyttelsen af potentialet for fjernkøling og hvilke barrierer er forbundet med implementeringen heraf?

- *Hvor stort er besparelspotentialet ved implementering af fjernkøling?*
- *Hvilke barrierer for implementeringen af fjernkøling kan identificeres i Danmark?*
- *Hvordan påvirker barriererne attraktiviteten af fjernkølemarkedet?*

Denne problemformulering er besvaret ved at lave en energisystemanalyse for at belyse, hvordan fjernkøling påvirker det eksisterende energisystem. Dette analyseres ved at anvende EnergyPLAN. Derudover anvendes kvalitative metoder til at belyse hvilke barrierer, som er forbundet med udbredelsen af fjernkøling i en dansk kontekst, og analysere hvordan dette påvirker attraktiviteten af fjernkølemarkedet. Kombinationen af disse analyser danner grundlag for besvarelsen af denne problemformulering.

2.1 Afgrænsninger

Dette afsnit har til formål at afgrænse dette speciales fokus.

Den mest afgørende afgrænsning er, at hverken bruger-, selskabs- eller samfundsøkonomien undersøges i denne rapport. Dog tages der indirekte hensyn til samfundsøkonomien, da konklusionerne i dette speciale er lavet på baggrund af det potentiale for fjernkøling, som er fundet samfundsøkonomisk rentabelt i (Rambøll, 2014).

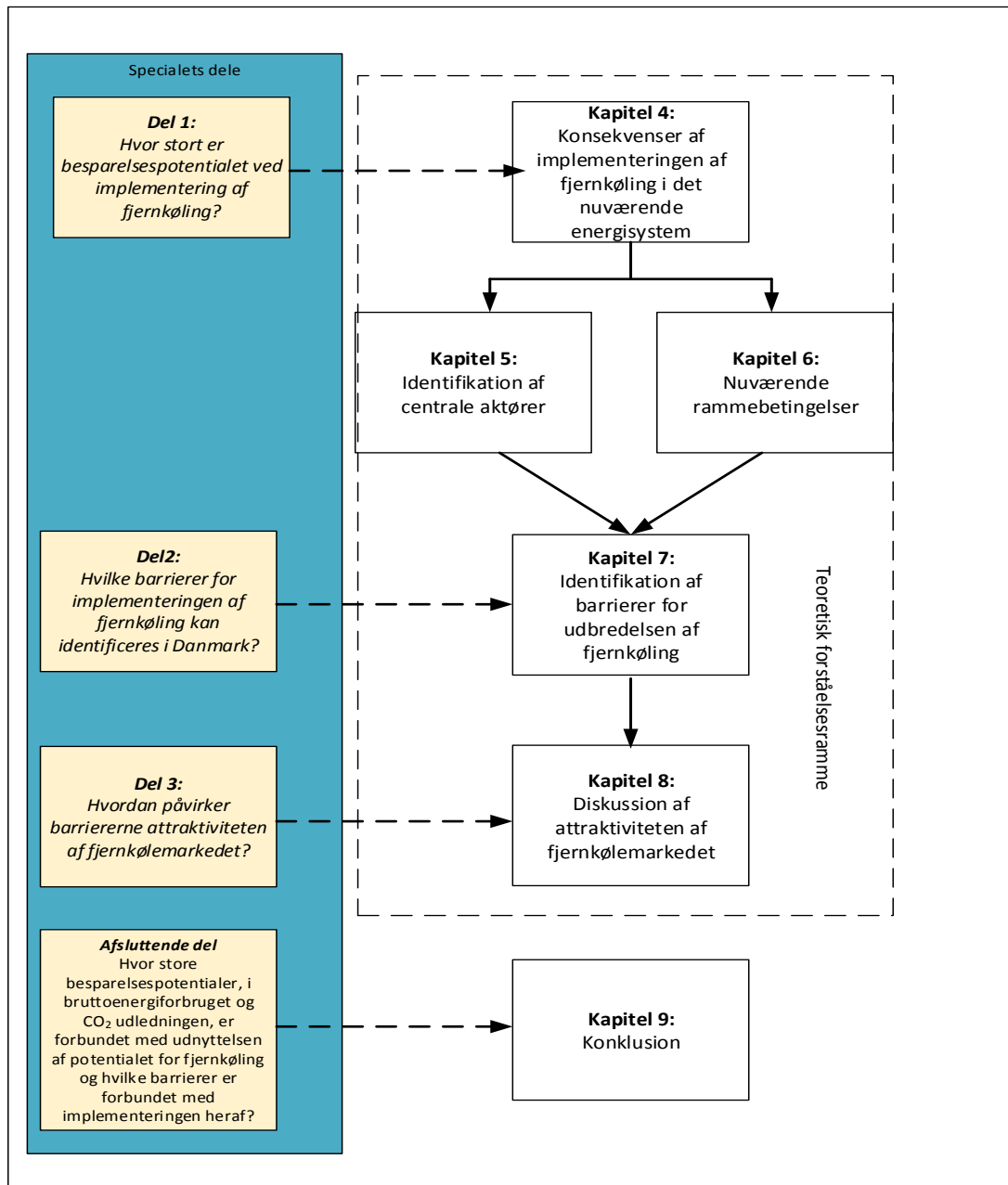
Derudover afgrænses den kvalitative interviewundersøgelse til udelukkende at fokusere på de eksisterende fjernkøleselskaber.

2.2 Rapportstruktur

Formålet med dette afsnit er, at præsentere den overordnede rapportstruktur samt beskrive kapitlernes indbyrdes forhold.

Dette speciale er opdelt i tre dele, som besvarer hvert af de opstillede underspørgsmål. Disse tre dele danner i kombination grundlaget for besvarelsen af den overordnede problemformulering.

Den overordnede rapportstruktur, samt hvilke kapitler, som relateres til hvilket underspørgsmål er illustreret i Figur 2.1.



Figur 2.1: Strukturdiagram over opbygningen af dette speciale

I følgende afsnit gennemgås de enkelte kapitler, samt deres indbyrdes sammenhæng.

Kapitel 4: Konsekvenser af implementeringen af fjernkøling i det nuværende energisystem

I dette kapitel identificeres besparelspotentialerne i henholdsvis bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen, der kan opnås ved at udnytte hele potentialet for fjernkøling. Da størrelsen af denne besparelse afhænger af det samlede kølebehov, analyseres tre forskellige behovsstørrelser. Derudover estimeres den del af potentialet, som vurderes at være samfundsøkonomisk rentabelt at konvertere til fjernkøling. Hvis denne del udnyttes vil det påvirke det nuværende energisystem, hvorfor disse konsekvenser ligeledes analyseres. På baggrund af denne del af specialet konkluderes det, at der kan opnås besparelser i bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen samt at implementeringen af fjernkøling har positive indvirkninger på det samlede energisystem.

Anden del af specialet omhandler barriererne for implementeringen af fjernkøling og besvarer andet underspørgsmål. Herunder beskrives de enkelte kapitler, samt hvordan de bidrager til denne besvarelse.

Kapitel 5: Identifikation af centrale aktører

I Kapitel 5 identificeres de centrale aktører, som kan have indvirkning på udbredelsen af fjernkøling i Danmark. Dette danner baggrunden for udvælgelsen af hvilke aktører som har størst indvirkning og derfor undersøges nærmere. Identifikationen af disse aktører danner baggrund for, hvilke perspektiver barriererne skal analyseres fra. Derudover anvendes analysen til at bestemme, hvilke aktørgrupper, der er centrale at prioritere i forhold til de gennemførte interviews.

Kapitel 6: Nuværende rammebetingelser

I dette kapitel undersøges de nuværende rammebetingelser samt lovforslag, hvis de kan have en indvirkning på udbredelsen af fjernkøling. Gennem dette kapitel opnås en forståelse af, hvilke rammebetingelser, som påvirker fjernkølebranchens aktører. På baggrund af disse to kapitler identificeres en række barrierer i Kapitel 7.

Kapitel 7: Identifikation af barrierer for udbredelsen af fjernkøling

Dette kapitel konkluderer på specialets anden del og besvarer derved andet underspørgsmål. Det gøres ved, på baggrund af den baggrundsviden, der er opnået gennem Kapitel 5 og 6, samt interview undersøgelsen, at identificere en række barrierer, som i større eller mindre grad påvirker udbredelsen af fjernkøling. Betydningen af barriererne diskuteres i specialets tredje del.

Kapitel 8: Diskussion af attraktiviteten af fjernkølemarkedet

I dette kapitel diskuteres attraktiviteten af fjernkølemarkedet, fra en investors synspunkt, og hvordan denne påvirkes af de identificerede barrierer. Derudover går der i dybden med hvilke barrierer som påvirker kundetilslutningen og hvordan deres betydning kan reduceres. Dette bygger i høj grad på teoretiske forståelse som er opbygget gennem dette speciale. Dette kapitel udgør specialets tredje del og tredje underspørgsmål besvares herigen-

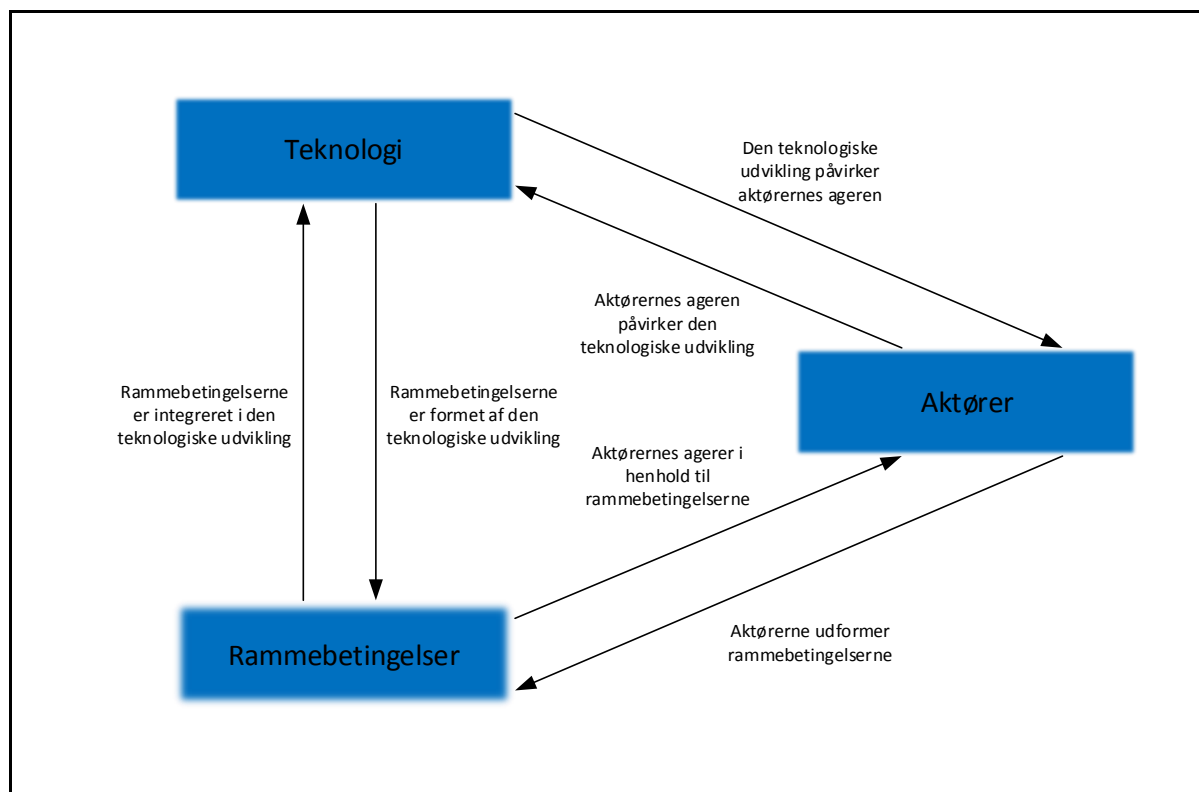
På baggrund disse kapitler besvares problemformuleringen i Kapitel 9.

3 Teoretisk og metodisk tilgang

Dette kapitel har til formål at beskrive den overordnede teoretiske forståelsesramme for dette speciale, samt at beskrive de teoretiske og metodiske overvejelser, som anvendes i forbindelse med specialets delelementer og de konkrete analyser. For hver del af specialet beskrives de relevante teoretiske og metodiske overvejelser. Grundet forskellen mellem delene vil forholdet mellem metodiske og mere teoretiske overvejelser variere.

3.1 Overordnet forståelsesramme

Et energisystem er et komplekst system, som både består af teknologiske og mere sociologiske/samfundsmæssige dele, hvoraf benævnelsen ”Socio-Technical System” (STS) er opstået, som beskrevet af Patil & Herder (U.D.). Dette medfører, at udviklingen af en ny teknologi ikke nødvendigvis er nok til, at medføre ændringer i det eksisterende energisystem, men at de rette rammebetingelser og aktører ligeledes skal være til stede før, at dette sker (Patil & Herder, U.D.). Ifølge Patil & Herder (U.D.) kan interaktionerne i et STS illustreres som i Figur 3.1.



Figur 3.1: Gensidigt afhængige aspekter, som til sammen danner et Socio-Technical System. Egen illustration, baseret på (Patil & Herder, U.D.)

Som illustreret i Figur 3.1 består et STS af tre gensidigt afhængige aspekter, en teknologi, en række aktører samt rammebetingelserne. For at påvirke det nuværende STS, i retning af implementeringen af den ønskede teknologi, er det ikke tilstrækkeligt at teknologien er til stede. Implementeringen er ligeledes afhængig af en række aktører, som understøtter dette. Derudover er det vigtigt at forstå de nuværende rammebetingelser, for på den måde at kunne identificere om de udgør en barriere for udbredelsen af teknologien.

Som supplement til denne teori, beskrives det i Hvelplund (1996), hvordan der er en lang række forudsætninger, som skal være til stede før en teknologi for alvor spredes (Hvelplund, 1996). Dette beskrives på baggrund af et

casestudie af udbredelsen af decentrale kraftvarmeværker i Danmark, som for alvor tog fart i perioden fra 1990 til 1995. Dette skete ifølge Hvelplund (1996) som konsekvens af, at der i perioden op til 1990 var blevet opfyldt en række forudsætninger, som bl.a. inkludere muligheden for, at kommunerne kunne stille garanti og en fordelagtig finansiering derved kunne opnås, derudover blev en del markedsspecifikke aspekter afklaret, herunder støttere reglerne omkring disse anlæg. De enkelte aspekter der identificeres, som værende vigtige for udbredelsen af decentrale kraftvarmeværker kan formodentlig ikke overføres direkte til fjernkøling, da der er tale om en radikal anderledes teknologi. Det er derfor andre faktorer, som kan influere udbredelsen, men princippet om at udbredelsen først accelerere, når alle de identificerede barrierer er overkommet anses ligeledes at være gældende for fjernkøling og implementeringen heraf. Derfor identificeres disse barrierer og deres betydning diskuteres, med henblik på at reducere deres betydning mest muligt.

I forbindelse med fjernkøling, kan dette benyttes til at påvise, at det ikke er nok, at ét af aspekterne i et STS er til stede, før en teknologi kan spredes, men derimod kræves det, at alle tre aspekter faciliterer udbredelsen heraf, samt at en række andre barrierer fjernes.

Med udgangspunkt i den ovenfor beskrevne teori vurderes det at være nødvendigt at analysere både de teknologiske og aktørrelaterede aspekter samt rammebetingelserne, som er forbundet med implementeringen af fjernkøling. Det ud fra, at der kun ved at analysere alle tre aspekter kan gives et kvalificeret svar på, hvorfor fjernkøling ikke for alvor er udbredt i Danmark. De teoretiske og metodiske overvejelser, som er forbundet med disse tre delelementer behandles separat i de følgende afsnit. Analysen af de aktørmæssige aspekter og rammebetingelserne, har dog visse fællestræk, hvorfor de teoretiske og metodiske overvejelser behandles samlet.

Fælles for specialets dele er dog, at de bygger på en baggrundsforståelse som er opnået gennem et omfattende litteraturstudie. De metodiske overvejelser som er forbundet hermed beskrives herunder.

3.2 Litteraturstudie

Litteraturstudie, med skiftende fokus, har været anvendt gennem hele specialet. Først og fremmest har det været anvendt til, at opnå den fornødne generelle baggrundsviden omkring fjernkøling. Mængden af litteratur omhandlende fjernkøling er forholdsvis begrænset, specielt under danske forhold. Dette kan gøre det svært at finde tilpas mange uafhængige kilder, som omhandler emnet. Det har medført, at flere delkonklusioner er baseret på en forholdsvis begrænset mængde litteratur, hvilket kan være problematisk, da der er mulighed for, at den mængde litteratur, som findes, påvirkes af forfatternes specifikke interesser indenfor emnet. Dette nødvendiggør en kildekritisk tilgang til den anvendte litteratur.

Derudover har litteraturstudiet hovedsageligt været anvendt til at opnå viden omkring de nuværende rammebetingelser for på den baggrund, at kunne analysere, hvilke barrierer der er forbundet hermed. Analysen af rammebetingelserne er hovedsageligt baseret på lovtekster, samt supplerende materiale som fx indsigelser og kommentarer til disse love.

3.3 Del 1: Teknologi

Som beskrevet i Afsnit 1.5 er der en række fordele ved fjernkøling, som teknologi, men disse afhænger dog i høj grad af, hvilket energisystem det indgår i. Dette nødvendiggør en holistisk tilgang, hvor den enkelte teknologi ikke analyseres som en enkeltstående isoleret enhed, men derimod som en del af det samlede energisystem. I Lund (2010) beskrives vigtigheden af, at tage denne analytiske tilgang, hvor forståelsen af energisystemet bliver lige så vigtig som forståelsen af den teknologi der undersøges (Lund, 2010).

Som beskrevet i Kapitel 1 har der ikke været fokus på fjernkøling, i forbindelse med gennemførelsen af analyser af det danske energisystem og udviklingen heraf. Dette har medført, at den tilgængelige viden omkring de energisystemmæssige konsekvenser af en storskala implementering af fjernkøling i det danske energisystem er begrænset. Formålet med energisystemanalysen er derfor, at påvise og kvantificere fordelene ved at implementere fjernkøling i det danske energisystem. Til dette formål anvendes modellen EnergyPLAN. I følgende afsnit gennemgås modellen, samt den metodiske tilgang der er anvendt til at modellere fjernkøling heri.

3.3.1 EnergyPLAN

For at evaluere de energisystemmæssige konsekvenser anvendes modellen EnergyPLAN, som er udviklet på Aalborg Universitet, med formålet at designe nationale strategier, for planlægningen af energisystemet (Lund, 2013). En af fordelene ved EnergyPLAN er, at analyserne kan laves på tværs af forskellige energisektorer, såsom el-, varme- og transportsektoren (Lund, 2010). Dette gør det muligt at tage en holistisk tilgang, da påvirkningerne af og samspillet mellem de forskellige sektorer kan analyseres.

EnergyPLAN er en deterministisk input/output model. En deterministisk model vil altid give identiske resultater, forudsat at der anvendes identiske inputs. Disse outputs udregnes på baggrund af timebaserede exogene distributionsfiler, som anvendes til at fordele de årlige behov og produktioner i de enkelte timer. Dette gøres på baggrund af produktions- og behovsprofiler, som tager højde for variationer, både henover hvert enkelt døgn og over længere perioder, som fx sommer og vinterperioder. I Afsnit 3.3.2 uddybes det, hvordan denne distributionsfil for kølebehovet er udarbejdet.

På baggrund af distributionsfilerne og inputs som årlige forbrug, installerede kapaciteter og virkningsgrader udregner EnergyPLAN output som bruttoenergiforbruget, CO₂ emissioner, omkostninger samt produktionen og andelen af vedvarende energi.

EnergyPLAN er en aggregeret model, hvilket betyder, at de forskellige typer af produktionsenheder modelleres som én enhed. Den eneste undtagelse er fjernvarmeproduktionen, som inddeles i tre grupper.

- Gruppe 1: Denne gruppe indeholder fjernvarmeværker, uden el-produktion.
- Gruppe 2: Denne gruppe indeholder decentrale kraftvarmeværker, hvor el-produktionen er afhængig af varmeproduktionen, da disse værkers hovedformål er, at producere varme til deres forsyningsområde.
- Gruppe 3: Denne gruppe indeholder de centrale kraftvarmeværker, som har el-produktion som hovedformål, hvorfor varmeproduktionen bliver et biprodukt, som bortkøles om nødvendigt (David Connolly, 2010).

Som beskrevet i Afsnit 4.4 er langt størstedelen af områderne, hvor fjernkøling er rentabelt, placeret i de større danske byer, hvor størstedelen af varmen bliver produceret på centrale kraftvarmeværker. Derved antages det, at den del af fjernkølebehovet, som dækkes af absorptionskøling skal modelleres i gruppe 3. Disse værkers elproduktion er uafhængigt af varmebehovet, hvorfor det også er i forbindelse med disse, at en overskudsproduktion af varme om sommeren kan forventes. Denne vil jf. Bilag A kunne anvendes som drivmiddel for absorptionsvarmepumper og derved anvendes til at producere køling. Derved kommer opdelingen af fjernvarmeproduktionen til at kunne øge præcisionen af energisystemanalysen og derved styrke konklusionerne, som kan drages på baggrund af denne.

Modellens aggregerede opbygning er forbundet med både fordele og ulemper. Den største fordel er, at der relativt hurtigt kan opbygges forskellige scenarier på nationalt eller regionalt niveau. Derudover medfører det, at

udregningerne kan udføres hurtigt og at konsekvenserne af ændrede parametre derved hurtigt kan påvises. Dog reduceres detaljeringsgraden, da det ikke er muligt at modellere fx regionale forskelle i kølebehovet eller variationer i produktionsmetoderne. I forbindelse med dette speciale vurderes muligheden for hurtigt, at opbygge scenarier og analysere konsekvenser af ændringer i de relevante parametre dog som værende vigtigere også selvom dette sker på bekostning af detaljeringsgraden.

Alternativt ville en mere detaljeret model, som fx EnergyPRO kunne være anvendt. Denne model er dog hovedsageligt beregnet til at lave udregninger på projektniveau (EMD, 2013). Dette muliggør en daglig optimering af driften af det analyserede anlæg (EMD, 2013). Detaljegraden i EnergyPRO gør det dog alt for tidskrævende at opbygge et referencescenarie for hele Danmarks energiforsyning, da dette ville kræve at hvert enkelt produktionsanlæg skulle modelleres individuelt, og selve beregningerne ville derudover være utroligt tidskrævende. På baggrund af dette vurderes det, at anvendelsen af EnergyPRO eller lignende modeller ville være for tidskrævende at anvende i dette speciale.

Derudover udvikles og analyseres der scenarier for hele Danmark, hvilket medfører at både udbredelsen af fjernkøling, sammensætningen af køletyper osv. er forbundet med forholdsvis store usikkerheder. Derfor vil anvendelsen af en mere detaljeret model ikke nødvendigvis resultere i et mere detaljeret og validt resultat. Derfor er EnergyPLAN anvendt til at estimere konsekvenserne af implementeringen af fjernkøling i det nuværende energisystem.

En anden væsentlig begrænsning ved den anvendte model er, at den ikke kan simulere, at en varmepumpe, som beskrevet i Bilag A, både producerer varme og køling. Derved vil den modellerede andel af kompressorkøling ligeledes producere varme, som i realiteten kan substituere fjernvarme. Dette anses som en væsentlig begrænsning ved modellen, da det fulde billede af de synergieffekter som kan opnås derved ikke kan analyseres.

Som tidligere nævnt, er EnergyPLAN en deterministisk model. Alternativt kunne en stokastisk model være anvendt, en stokastisk model bygger, i modsætning til EnergyPLAN, på sandsynligheder (Glynn, U.D.). Dette medfører, at identiske inputs kan give forskellige resultater. En sådan model kan med fordel anvendes til, at påvise robustheden af forskellige scenarier, da ændringerne af de forskellige parametre kan påvise en spredning hvor virkeligheden forventes at ramme indenfor. Derudover kan en stokastisk model give et bedre beslutningsgrundlag, hvis der foretages tilsvarende mange gennemberegninger. Derimod kan det være svært at påvise hvad ændringerne i resultatet reelt skyldes. I forbindelse med dette speciale ville det være umuligt, at sige om fx den reducerede CO₂ udledning var en konsekvens af implementeringen af fjernkøling eller en statistisk ændring i fx vindhastighederne, hvilket er en klar ulempe ved at vælge en stokastisk model. Dette er også grunden til at en deterministisk model er anvendt, hvilket dog øger nødvendigheden af at forholde sig kritisk til resultaterne.

Generelt er der mulighed for, at optimere de analyserede energisystemer ud fra to forskellige parametre i EnergyPLAN.

- En teknisk optimering af energisystemet, hvor hovedformålet er at minimere anvendelsen af fossile brændsler.
- En markedsøkonomisk optimering, hvor modellen søger, at reducere omkostningerne forbundet driften af energisystemet (Lund, 2013).

Da formålet med energisystemanalysen er, at vise de systemmæssige konsekvenser af implementeringen af fjernkøling er den tekniske optimering valgt. Det ønskes altså ikke, at analysere den samfundsøkonomiske rente-

bilitet af konvertering til fjernkøling. Dette er der til dels allerede taget højde for denne, ved kun at modellere den del af kølebehovet, som er fundet samfundsøkonomisk rentabelt, som fjernkøling. Dette beskrives i Afsnit 4.4.

Udover optimeringsstrategien er der mulighed for, at vælge en mellem fire reguleringsstrategier

1. *”Balancing Heat Demands”*
2. *”Balancing Both Heat and Electricity Demands”*
3. *”Balancing both heat and electricity demands (Reducing CHP also when needed partly for grid stabilisation)”*
4. *”Balancing heat demands using triple tariff” (Lund, 2013, p. 85)*

Da implementeringen af fjernkøling både påvirker el- og varmesektoren, er det nødvendigt, at analysere konsekvenserne i forhold til begge disse. Dette medfører, at reguleringsstrategi 2 eller 3 skal anvendes.

Disse to strategier minder meget om hinanden, dog adskiller reguleringsstrategi 3 sig ved, at kraftvarmeproduktionen reduceres, selvom den er nødvendigt for at sikre stabiliteten i el-nettet. I disse tilfælde erstattes el-produktionen af konventionelle kraftværker (Lund, 2013). Da formålet med dette speciale ikke er, at undersøge påvirkningen af stabiliteten i el-nettet anvendes optimeringsstrategi 3.

Der er som tidligere beskrevet udarbejdet en distributionsfil, som afspejler variationerne i kølebehovet i hver time, henover året. Den anvendte metode gennemgås herunder.

3.3.2 Udarbejdelse af distributionsfil

Som beskrevet i Kapitel 1 består det analyserede kølebehov af forskellige former for køling. Dette medfører, at en del af kølebehovet er temperaturafhængigt, mens det resterende antages at være nogenlunde konstant fordelt herover året og døgnet.

Da det ikke har været muligt at fremskaffe data, omhandlende års og dagsvariationer i kølebehovet, udregnes dette ud fra antallet af kølegraddage samt en antagelse om andelen af grundlast.

En graddag defineres som den positive forskel mellem en basistemperatur, der skal ses som en konstant indendørstemperatur, og den gennemsnitlige udendørs temperatur over et døgn. I Danmark og Sverige er basistemperaturen fastsat til 17 grader, som er den temperatur som anlægget skal levere nok energi til at opretholde. Resten af energien, der er nødvendig for at opretholde en komfortabel temperatur antages, at blive leveret af eksterne påvirkninger, såsom personer, belysning og andre apparater som udleder varme (DMI, U.d.). Denne basistemperatur er dog fastsat i forhold til at udregne varmeprofiler og kan derfor ikke umiddelbart anvendes til at udregne en køleprofil.

Bedre isoleringsforhold og høj intern varmeudledning vil resultere i, at der opstår et kølebehov allerede ved en udendørstemperatur på 10 – 12 grader (COWI, 2010; International Energy Agency, 2002). Bygninger med en lavere intern varmeudledning eller dårligere isoleringsforhold kan forventes, at have en basistemperatur på mellem 15 og 17 grader. Dog antages det, at de fleste bygninger, hvor fjernkøling er relevant har en høj intern varmeudledning, hvorfor en basistemperatur på 12 grader antages i dette projekt.

Den mest matematiske præcise og retvisende metode til at udregne antallet af graddage er ved, at summere de temperaturforskelle, som ligger over basistemperaturen og derefter dele dem med 24 (timer) (CIBSE, 2006). Antal graddage kan udregnes efter følgende formel:

$$D_d = \frac{\sum_{j=1}^{24} (\theta_{o,j} - \theta_b)_{((\theta_b - \theta_{o,j}) > 0)}}{24}$$

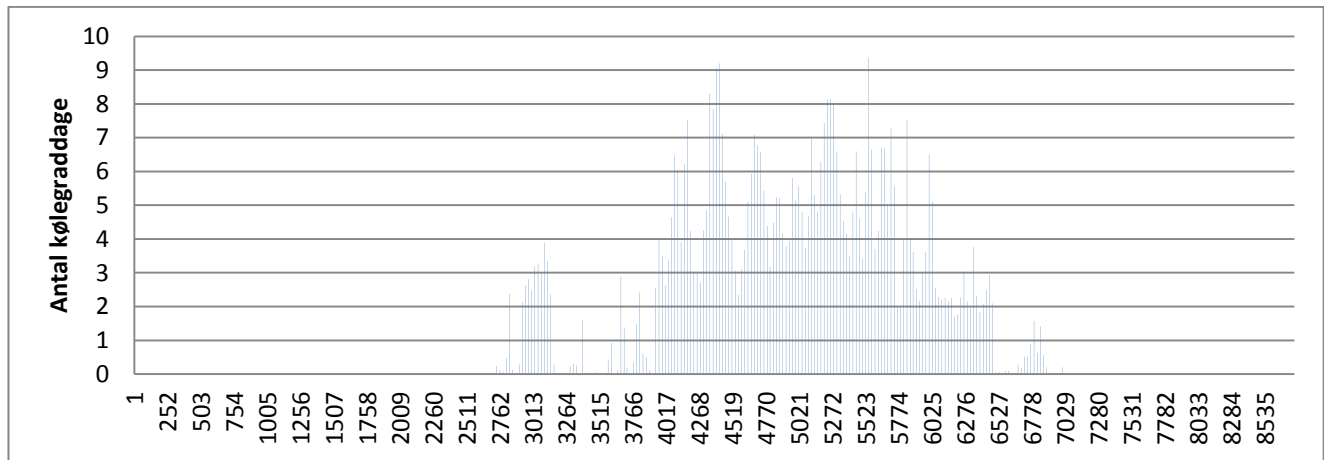
Hvor:

D_d = antal graddage på et døgn

θ_b = basistemperatur

$\theta_{o,j}$ = Udendørs temperatur time j

Antallet af graddage er udregnet på baggrund af udendørstemperaturer, hvorfor disse potentielt kan påvirke resultaterne af analysen. Derfor anvendes et datasæt, der beskriver et såkaldt Danish Design Reference Year (DRY). Disse datasæt er udarbejdet af DMI, til anvendelse ved teknisk dimensionering (EMD, U.D.; DMI, 2012). For at sikre repræsentativiteten af datasættet anvendes målinger, som er indsamlet i perioden fra 2001 til 2010 og derved antages, at beskrive den typiske danske klimatologi (DMI, 2012). For at forbedre datakvaliteten yderligere, er Danmark opdelt i seks zoner, som har tilnærmelsesvis sammenlignelig klimatologi (DMI, 2012). Der tages dog ikke højde for regionale forskelle og derfor anvendes gennemsnitlige værdier for alle zoner. Antallet af kølegraddage i Danmark, ifølge DRY datasættet, er illustreret i Figur 3.2.

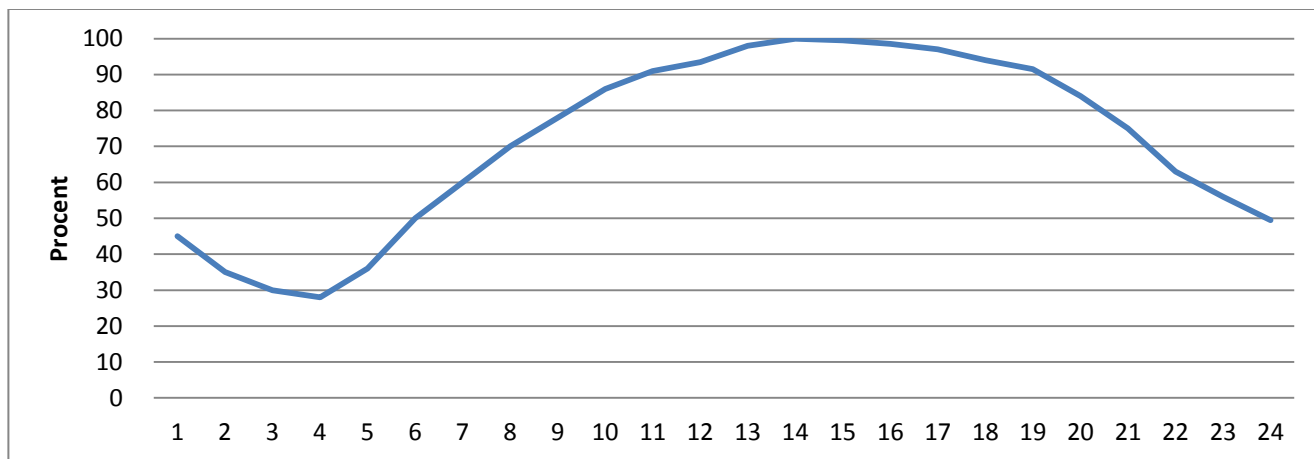


Figur 3.2: Fordelingen af kølegraddage henover året. Den anvendte model kan findes i Bilag D.

Som illustreret i Figur 3.2 er antallet af kølegraddag højest i sommerperioden, da temperaturene naturligt er højere. I vinterperioden er der derimod ingen kølegraddage. Dette betyder dog ikke nødvendigvis, at der ikke er noget kølebehov. De identificerede kølegraddage er efterfølgende normaliseret og korrigeret for både døgnvariationer samt grundlast. Den anvendte metode til dette beskrives i følgende afsnit.

Døgnvariationer

Den temperaturafhængige andel af kølebehovet, er ikke konstant hele døgnet, da antallet af personer, samt varmeudledningen fra lys og andre apparater er lavere om aftenen og natten, hvilket afspejles i kølebehovet. Som beskrevet i Kapitel 1 er kølebehovet ikke opgjort separat, som det er tilfældet for varmekonsumet, hvilket reducerer mængden af tilgængeligt data betydeligt. Derfor anvendes en døgnkøleprofil, som er udregnet på baggrund af temperature i Stockholm (International Energy Agency, 2002). Køleprofilen er illustreret i Figur 3.3:



Figur 3.3: Døgnvariation for den temperaturafhængige del af kølebehovet

Denne kurve er sammenlignet med faktiske køleprofiler fra kunder i henholdsvis to svenske og en amerikansk by og der er konstateret en god korrelation mellem profilerne (International Energy Agency, 2002). På den baggrund antages denne køleprofil, at være tilstrækkelig retvisende.

Udover den temperaturafhængige andel, består det samlede kølebehov af en grundlast, som hovedsageligt består af server og proceskøling. Denne grundlast adresseres i følgende afsnit.

Grundlast

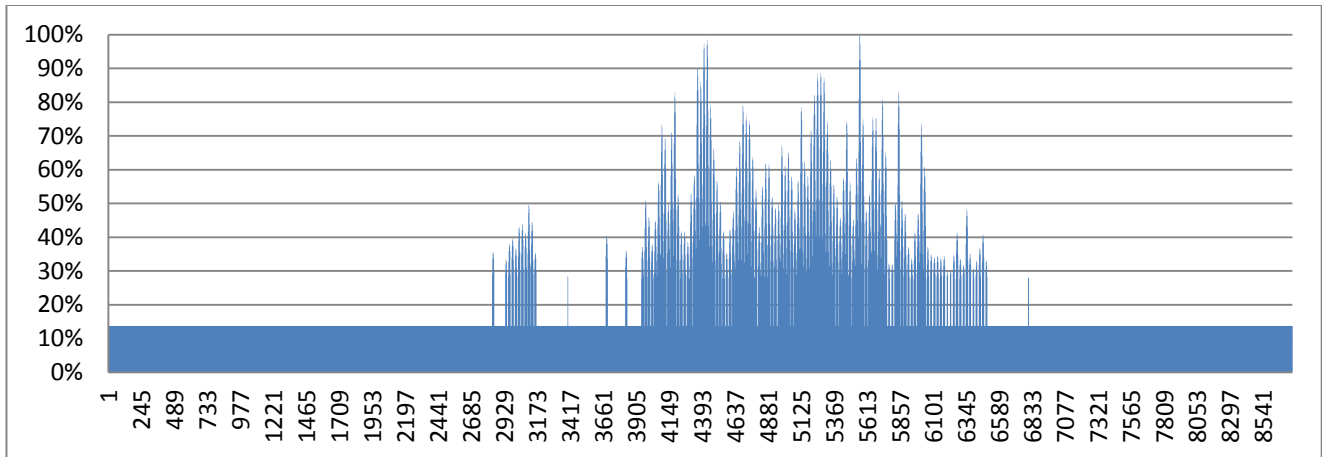
Størrelsen af grundlasten afhænger i høj grad af, hvilket formål kølingen skal anvendes til, hvis der er tale om proceskøling eller serverkøling vil grundlasten være forholdsvis høj. Køleprofilen vil derfor variere meget alt efter hvilke, kunder der tilsluttes, men da dette er projektspecifikt, og formålet med denne analyse er, at påvise konsekvenserne af en storskala implementering af fjernkøling anvendes gennemsnitlige værdier.

Gennemsnitligt estimeres det årlige danske kølebehov til at bestå af 26 % komfortkøling, mens 74 % består af proces- og serverkøling (Rambøll, 2014). Størstedelen af komfortkølingen er dog koncentreret i relativt få timer i løbet af sommeren, hvilket medfører, at der skal installeres en langt større kapacitet for at dække dette end for at dække grundlasten. Som en konsekvens heraf vil ca. 84 % af den installerede kapacitet kun være nødvendig til at dække de spidsbelastninger, som opstår på grund af behovet for komfortkøling, mens kun 16 % af den dimensionerende effekt vil være som en konsekvens af grundlasten.

Derfor antages grundlasten, at udgøre 16 %. I dette speciale antages proces- og serverkølebehovet at være konstant henover året og derfor uafhængigt af både udendørstemperaturen og døgnvariationerne.

Køleprofil

Ved først at udregne variationerne af komfortkølingen og derefter addere grundlasten kan en samlede gennemsnitlig køleprofil findes. Den gennemsnitlige køleprofil er illustreret i Figur 3.4.



Figur 3.4: Fordelingen af det samlede kølebehov henover året

For at afspejle denne fordeling af kølebehovet, udarbejdes en distributionsfil som EnergyPLAN anvender til at fordele de årlige behov, som indtastes i modellen. Som konsekvens af opbygningen distributionsfilen, har det været nødvendigt, at tilføje et ekstra døgn til denne køleprofil, da der tages højde for skudår. Dette ekstra døgn er antaget udelukkende at have et kølebehov svarende til grundbelastningen, da dette vil forekomme i februar.

Konsekvenserne for det danske energisystem analyseres på dette teoretiske og metodiske grundlag, men som beskrevet i Afsnit 3.1 påvirkes udviklingen af en teknologi af mere sociologiske aspekter, som ikke kan analyseres ud fra samme metoder og teorier, som beskrevet ovenfor. De metodiske og teoretiske overvejelser, der er forbundet med analyserne af de mere sociologiske aspekter er beskrevet i Afsnit 3.4.

3.4 Del 2 og 3: Aktører og rammebetingelser

Som beskrevet i Afsnit 3.1 er en forståelse af aktørerne og rammebetingelserne, som påvirker fjernkølig, nødvendig for at forstå visse aspekter af, hvorfor udbredelsen heraf ikke er større i Danmark. For at analysere dette er det dog nødvendigt at anvende en anden teoretisk forståelse og mere kvalitative metoder. Disse beskrives herunder.

3.4.1 Kvalitativ barriereundersøgelse

Den primære metode, som anvendes i denne analyse er interviews med relevante aktører indenfor fjernkølebranchen. I dette speciale er de gennemførte interviews designet, som semistrukturerede interviews. Denne interviewform er kendetegnet ved, at en interviewguide er udarbejdet forud for interviewet, som danner rammerne for interviewet og sikre, at de vigtigste elementer berøres (Brinkmann & Tanggaard, 2010). Semistrukturerede interviews efterlader dog plads til at tilpasse interviewguiden undervejs. Dette betyder at, hvis interessante eller uforudsete oplysninger fremkommer, kan interviewet drejes til, at fokusere mere på disse. Fordelene ved denne form for interviews er, at det forholdsvis løse design tillader, at der kan foregå en større interaktion og diskussion mellem respondenter og interviewer, hvilket dog kan ske på bekostning af den umiddelbare sammenlignelighed mellem de gennemførte interviews (Brinkmann & Tanggaard, 2010). Muligheden for at få uddybet uforudsete aspekter anses dog, som mere væsentligt i denne sammenhæng. Den udarbejdede interviewguide, samt transskriberinger af de gennemførte interviews kan findes i Bilag F.

I denne analyse har der hovedsageligt været lagt vægt på, at undersøge de erfaringer, der er opnået i forbindelse med de allerede eksisterende fjernkøleprojekter og de barrierer, som de implicerede aktører har oplevet i forbindelse med implementeringen af fjernkøling.

I forhold til de gennemførte interviews har interviewguiden ikke været fremsendt til respondenterne forud for mødet. Dette kunne med fordel være gjort, da det havde givet respondenterne mulighed for, at forberede sig mere på de enkelte spørgsmål. Denne fremgangsmåde blev dog bevist fravalgt da der blev lagt vægt på, at nogle af svarene gerne skulle afspejle respondenternes spontane tanker omkring de oplevede barrierer. I forbindelse med de mere tekniske aspekter af interviewguiden kunne det have været en fordel, at respondenterne havde haft mulighed for, at forberede sig mere. Men hovedformålet med de gennemførte interviews, var at opsamle erfaringer, hvorfor det blev fravalgt at fremsende interviewguiden.

I dette speciale er der gennemført interviews med kontaktpersoner fra følgende fjernkøleselskaber, mens en mere fyldestgørende beskrivelse af projekterne kan findes i Bilag B.

- HOFOR
- Thisted Varmeforsyning
- Hjørring Varmeforsyning
- Bjerringbro Varmeværk

Begrundelserne for udvælgelsen af de kontaktede respondenter er beskrevet herunder.

HOFOR er forsyningsselskabet i hovedstadsområdet (HOFOR, U.D. a) og ejer i dag Danmarks største fjernkøleanlæg. HOFOR er kommunalt ejet (HOFOR, U.D. b), hvilket gør det interessant, at undersøge om dette ejerforhold har medført implikationer, specielt i forhold til den nuværende lovgivning. Derudover består deres køleproduktion af både kompressor- absorptions- og frikøling vha. havvand.

Fjernkøleprojektet i Thisted vælges, da denne kølecentral for det første er placeret i en meget mindre by, hvorfor kundepotentialet naturligt er lavere, dog har varmeselskabet i øjeblikket ni forholdsvis store kunder. Derudover er selskabet et andelsselskab (Thisted Varmeforsyning, 2013). Derved kan det forventes at de identificerede barrierer variere mellem de to, både grundet forskellen i størrelsen og ejer formen.

På trods af, at fjernkøleanlægget i Hjørring minder lidt om anlægget i Thisted, er dette taget med, da der ifølge driftslederen har været et problem med at tiltrække nye kunder, selvom de er lokaliseret i umiddelbar nærhed af anlægget.

Forhåbentligt kan sammenligningen af erfaringerne fra disse to værker påvise en række forskelle, som kan indikere grundene til denne forskel i kundeopbakningen.

Hvor initiativtageren i de tre ovennævnte projekter har været enten et forsyningsselskab (HOFOR) eller eksisterende fjernvarmeselskaber, adskiller selskabsstrukturen sig betydeligt i forbindelse med samarbejdet mellem Bjerringbro Varmeværk og Grundfos. Dette gør det interessant, at undersøge dette projekt, da det forhåbentlig kan vise nogle synergieffekter i kraft af dette samarbejde.

Ved at undersøge disse projekter vurderes det, at der kan opnås et tilfredsstillende datagrundlag, da projekterne som tidligere beskrevet adskiller sig fra hinanden. Håbet er derfor, at påvise forskellighederne af de komplikationer og barrierer, der er oplevet i forbindelse med implementeringen af disse projekter. Det skal dog bemærkes,

at fjernkøling er en forholdsvis ny teknologi i en dansk kontekst, og at der derfor ikke er ret mange aktører, som reelt har erfaringer med implementeringen og driften af fjernkøling.

Denne kvalitative barriereundersøgelse suppleres med en teoretisk forståelse af, hvordan potentielle kunder agerer, som beskrives herunder.

3.4.2 Teoretisk forståelse af kundernes ageren

Som det konkluderes i Kapitel 7 er dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag en betydelig barriere for udbredelsen af fjernkøling, hvilket nødvendiggør en forståelse af hvordan disse potentielle kunder agerer og hvad de lægger vægt på i forhold til at investere i en ny teknologi.

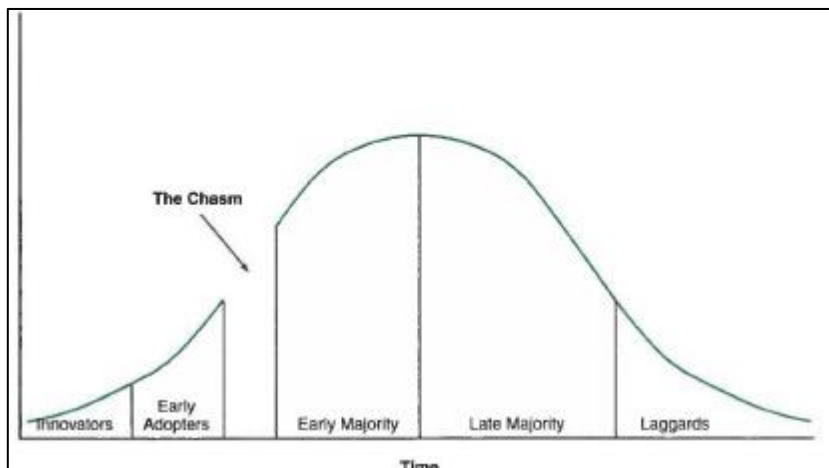
For at opnå en tilstrækkelig forståelse af dette, gives der først en beskrivelse af en teori, som omhandler hvordan en ny teknologi udbredes, samt hvilke aspekter ved teknologien som forskellige kundesegmenter prioritere højest. For at give et mere nuanceret billede af, hvilke forhold der er vigtige i forhold til udbredelsen af fjernkøling, suppleres denne teori af Kano's teori omkring kundetilfredshed og hvilke aspekter som påvirker denne.

Udbredelse af innovationer (Diffusion of Innovations)

For at opnå en forståelse af, hvorfor fjernkøling ikke, for alvor, har vundet indpas i Danmark kan teorien omkring udbredelsen af nye teknologier, som beskrevet i (Shane, 2008) være behjælpelig til at belyse de forskellige faser, som en teknologi eller et produkt skal igennem for at opnå en hvis markedsandel.

Denne teori omhandler hovedsageligt, hvordan de forskellige kunder tager en ny teknologi til sig og hvilke aspekter de lægger vægt på. På trods af, at denne teori hovedsageligt omhandler aspektet med, at opnå et tilstrækkeligt kundegrundlag, kan der indirekte også anvendes til at analysere, hvilke aspekter udbyderne af fjernkøling skal tage højde for, i deres strategi for markedsudviklingen. Derfor vurderes denne teori, som værende relevant for dette speciale, da netop kundegrundlaget er identificeret som en væsentlig barriere for udbredelsen af fjernkøling, jf. Afsnit 7.4. I dette afsnit defineres fjernkøling som en ny teknologi, da den ikke har opnået væsentlig udbredelse på det danske marked, selvom selve teknologien har været kendt i en længere periode.

Ifølge (Shane, 2008) kan forbrugerne på hvilket som helst marked opdeles i fem grupper med forskellige krav til teknologien og villighed til, at skifte til ny teknologi. Disse fem kundegrupperinger er illustreret i Figur 3.5.



Figur 3.5: Spredningshastighed for nye teknologier, opdelt i forhold til kundesegmenter (Shane, 2008)

Det første kundesegment, som tager imod en ny teknologi henvises ofte til, som ”innovators”. Disse forbrugere er ofte meget optagede af ny teknologi og ønsker at afprøve det så snart det bliver kommercielt tilgængeligt – eller før. Denne gruppe er ikke ret prisfølsomme og behøver ikke meget information omkring et produkt eller en teknologi inden de investerer. Denne forbrugergruppe udgør, som regel en lille del i forhold til det samlede marked. Dog er den utrolig vigtig for udbredelsen af en ny teknologi, hvilket skyldes, at der genereres konkret viden samt erfaringer omkring nye teknologier (Shane, 2008).

Disse erfaringer er vittige for den næste gruppe af forbrugere, kaldet ”early adopters”, som udgør en væsentlig større andel af det samlede marked end ”innovators”. Denne gruppe er mere afhængig af, at der er tilstrækkelig tilgængelig information, omkring den nye teknologi. Derudover er denne gruppering mere fokuserede på værdien af teknologien og, at viden herom er tilgængelig. Denne gruppering har dog stadig en del fokus på de tekniske aspekter af teknologien.

I forbindelse med denne gruppe forbrugere genereres der ofte værdifuld viden omkring marketingsstrategier, som kan anvendes i forbindelse med videre ekspansion af markedet (Shane, 2008).

Den næste forbrugergruppe dækker over den tidlige del af flertallet og det er her markedet for alvor begynder, at ekspandere. Dette kræver dog, at markedsføringsstrategien tilpasses denne forbrugergruppe. Forbrugergruppen går ikke så meget op i de teknologiske aspekter af produktet, men i langt højere grad hvordan det kan gøre deres hverdag lettere. Derudover fokuserer de på at der at tale om et ”komplet” produkt (Shane, 2008).

Den fjerde forbruger gruppe betegnes ”the late majority” og denne gruppe er som regel skeptisk overfor ny teknologi og derved mere tilbageholdne. For at udbrede teknologien blandt denne gruppe kræver det, at der er mange erfaringer som viser, at værdien af en ny teknologi, er højere end omkostningerne og, at andre forbrugere har haft anvendt teknologien med succes. Det sene flertal kræver et produkt som er pålideligt og til en lav pris. Dette er dog ikke altid nok og denne gruppe har en tendens til først at skifte, når brugen af den gamle teknologi besværliggøres (Shane, 2008).

Den sidste forbrugergruppe, kaldet ”laggards” foretrækker, at bibeholde den gamle teknologi så længe som muligt. Ofte skifter denne gruppe først, når den gamle teknologi ikke længere er tilgængelig på markedet (Shane, 2008).

Denne teori er relevant for dette speciale, da den kan give en indsigt i, hvilke forskellige værdier, som præger de forskellige kundesegmenters valg om, at tage en ny teknologi til sig. Denne viden kan derfor være relevant, i forbindelse med udarbejdelsen af informations- og markedsføringsmateriale, da denne ikke nødvendigvis skal formuleres ens, for at ramme ”early adopters” som hvis man ønsker at ramme ”the late majority”.

Der er generelt enighed om, at markedet for fjernkøling i Danmark ikke har nået størstedelen af kundepotentiale på nuværende tidspunkt. I Danmark kan de få fjernkøleprojekter, som er gennemført i dag anses som pionerprojekter. Derfor bliver transitionen fra ”innovators” til ”early adopters” og derefter til ”the early majority” særligt vigtigt for udbredelsen af fjernkøling. Som tidligere nævnt er viden og erfaringer vigtig for ”early adopter”, hvorfor det er vigtigt at disse erfaringer opsamles og analyseres, for på den måde at kunne udnyttes til at fremme markedet for fjernkøling. Det kan dog problematiseres, at der er så få af disse pionerprojekter i Danmark, hvilket begrænser markedsudviklingen (Wittrup, 2013).

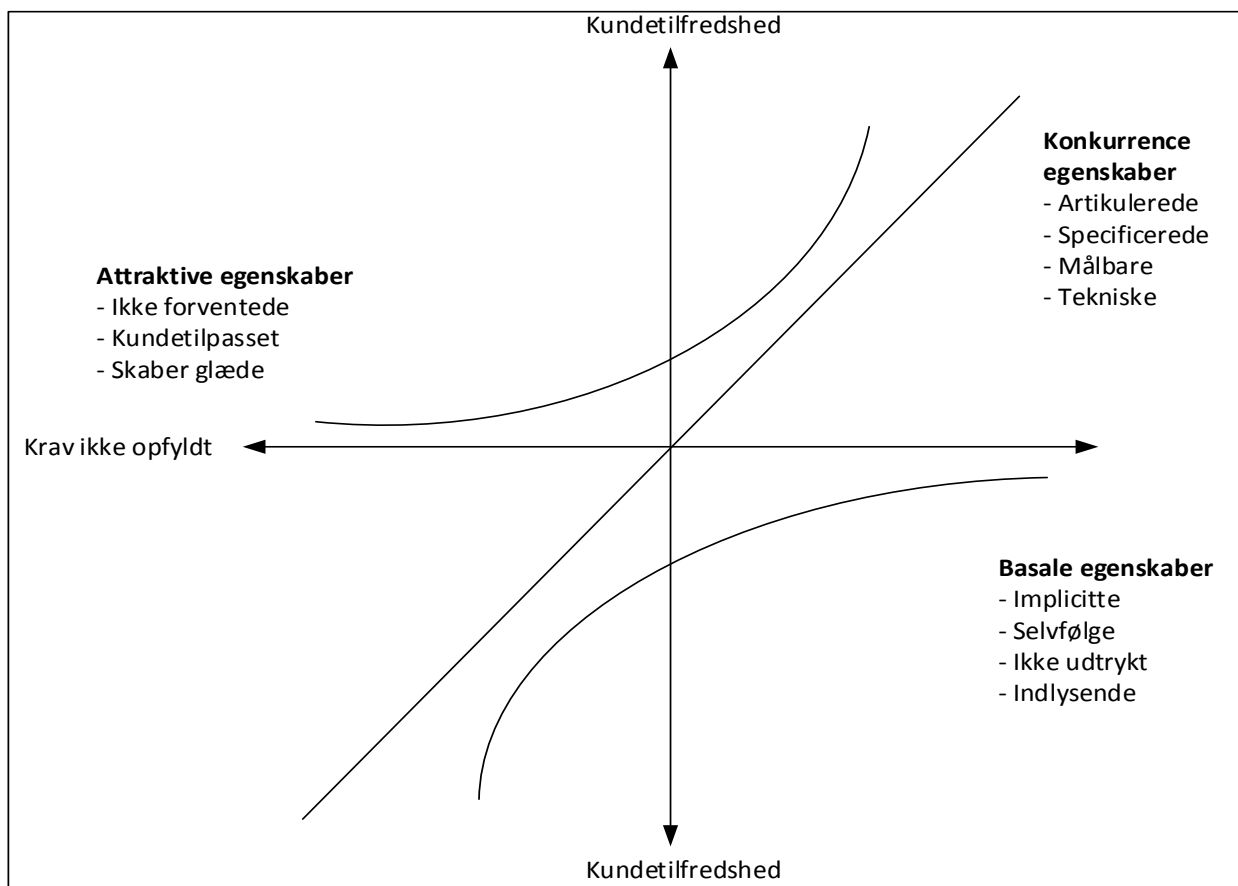
På trods af de sparsomme erfaringer med fjernkøleprojekter er der dog en stigende interesse for feltet, hvilket kan tyde på, at teknologien og informationen herom er ved, at have nået et niveau, hvor ”early adopters” er klar

til at tage teknologien til sig. Som illustreret i Figur 3.5 er der dog en ”kløft” mellem ”early adopters” og ”the early majority”. At krydse denne er essentielt for, at markedet for alvor kan ekspandere og opnå en udbredelse på massemarkedet. Dette kræver, at informations- og markedsføringen tilpasses denne gruppe, som fokuserer på andre aspekter end de foregående kundesegmenter (Shane, 2008).

Som supplement til denne teoretiske forståelse af, hvordan potentielle kunder agerer inkluderes Kano’s teori omkring kundetilfredshed, som beskrives i følgende afsnit.

Kano-modellen

I Kano’s model defineres en række egenskaber, som influerer den kundetilfredshed, som produktet er i stand til at give (Sauerwein, et al., 1996; Walden, 1993). Ofte ses kundetilfredshed som en funktion af kvaliteten af produktet (Sauerwein, et al., 1996; Walden, 1993). Kano påpeger, at der er andre egenskaber ved et produkt, som har en indflydelse og derfor er det ikke nødvendigvis nok at have et produkt af høj kvalitet, da dette ikke nødvendigvis øger kundetilfredsheden (Sauerwein, et al., 1996; Walden, 1993). På den baggrund er Kano-modellen udviklet. Hovedprincipperne i denne teori er illustreret i Figur 3.6.



Figur 3.6: Sammenhæng mellem produktegenskaber og kundetilfredshed. Egen illustration, baseret på: (Sauerwein, et al., 1996; Walden, 1993).

Som illustreret i Figur 3.6 er der en sammenhæng mellem behovsopfyldelsen, som en specifik teknologi kan tilbyde, og hvor stor kundetilfredshed der kan opnås. Denne lineære sammenhæng er dog ikke tilstrækkelig til at belyse, hvilke egenskaber ved en teknologi, der kan resultere i den højeste kundetilfredshed. For at analysere

denne sammenhæng, opdeles en teknologis egenskaber i basale-, konkurrence- og attraktive egenskaber (Sauerwein, et al., 1996; Walden, 1993).

Disse tre grupper af egenskaber har vidt forskellige karakteristika, som beskrives herunder:

- Basale egenskaber beskriver de egenskaber, som er selvfølgelige og tit implicitte og åbenlyse. Derfor vil forbedringer af disse ikke nødvendigvis medføre en øget kundetilfredshed, men manglen herpå vil skabe stor kundetilfredshed (Walden, 1993). Et eksempel kunne være bremserne i en bil, som kan skabe stor utilfredshed, hvis de ikke fungerer korrekt, mens velfungerende bremses er en selvfølge og derfor ikke vil øge kundens tilfredshed.
- Konkurrence egenskaberne er oftest dem som kunderne reelt vurderer og træffer en investeringsbeslutning ud fra. I den forbindelse kan der påvises en lineær sammenhæng mellem specifikationer og kundetilfredshed, så jo bedre konkurrence egenskaber et produkt har jo højere kundetilfredshed (Walden, 1993). Et eksempel på sådanne egenskaber kunne være benzinøkonomien for en bil, som kan influere kundernes tilfredshed.
- Attraktive egenskaber kan øge kundetilfredsheden betydeligt, da disse er uventede og anderledes. Manglen på disse egenskaber vil dog ikke decideret skabe utilfredshed (Walden, 1993). Et eksempel herpå kunne være indbygget GPS og navigationssystem i biler.

Det skal dog pointeres at disse egenskaber er dynamiske og ændres over tid, som det fx har været tilfældet med aircondition i biler, som for nogle år siden blev betragtet, som en attraktiv egenskab, mens det i dag nærmere betragtes som en basal egenskab i nye biler.

I forhold til fjernkøling kan denne teori anvendes til at give en mere nuanceret billede af, hvilke egenskaber ved fjernkøling, som kan påvirke kundernes interesse. Når denne teori sammenholdes med teorien omkring spredning af innovationer giver dette et billede af, hvilke aspekter og fordele ved fjernkøling, som kan pointeres overfor kunderne i forbindelse med informations- og markedsføringsmateriale for, at øge interessen og derved investeringslysten blandt de potentielle kunder. Dette diskuteres i Kapitel 8.

4 Konsekvenser af implementeringen af fjernkøling i det nuværende energisystem

Formålet med dette kapitel er, at kvantificere konsekvenserne af en storskala implementering af fjernkøling i det danske energisystem. Dette gøres for at verificere, at de beskrevne fordele i forhold til at opnå de politiske mål kan identificeres i det nuværende energisystem samt bestemme størrelsen af de energi- og CO₂ besparelser, som kan opnås ved at udnytte potentialet for fjernkøling. Først beskrives modelleringen af referencescenariet og fjernkølescenariet, hvorefter konsekvenserne for det danske energisystem analyseres.

4.1 Modellering af referencescenarie

Som beskrevet i Afsnit 3.3 tages der i dette speciale en holistisk tilgang til implementeringen af fjernkøling i det danske energisystem. Dette kræver at hele det nuværende energisystem analyseres. For at have et sammenligningsgrundlag anvendes et referencescenarie, hvor kølebehovet er dækket som det er tilfældet i dag, hvilket jf. Kapitel 1 primært er af elektricitet.

I stedet for, at modellere det danske energisystem fra bunden, tages der udgangspunkt i et referencescenarie, som er udviklet i forbindelse med CEESA projektet. CEESA projektet har som hovedformål, at undersøge og udvikle strategier for omstillingen til et energisystem, som er baseret på 100 % vedvarende energikilder (CEESA, 2011). CEESA har dog ikke fokus på køling, som hverken nævnes i slutrapport eller er inkluderet i de modellerede scenarier. Dette skyldes formodentlig, at kølebehovet traditionelt er medregnet i det samlede elforbrug, hvilket medfører at det elforbrug der er allokeret til køling, indirekte er medregnet i distributionsfilen for elbehovet, da denne er baseret på faktiske målinger (Mathiesen, 2014).

Da CEESA referencescenariet er udarbejdet før år 2010 og derfor er baseret på fremskrivninger af de forskellige inputs og dermed ikke faktiske værdier (Lund, 2014), kan en perfekt korrelation med virkeligheden ikke forventes, men til formålet med dette speciale vurderes det til at være tilstrækkeligt præcist. Dette skyldes, at formålet med analysen er, at påvise relative ændringer mellem et scenarie med og uden fjernkøling. Derved bliver de relative forskelle mere relevante end de faktiske værdier, hvilket bevirker at det vurderes at referencescenariet er tilstrækkeligt præcist til formålet med dette speciale.

4.2 Modellering af fjernkølescenario

For at kunne modellere et scenarie, som simulerer en storskala implementering af fjernkøling i det danske energisystem er det nødvendigt, at tage en række forudsætninger og antagelser.

Som beskrevet i Afsnit 1.2 er der stor uenighed omkring størrelsen af det faktiske kølebehov i Danmark. Derfor udregnes besparelspotentialerne for scenarier med henholdsvis et lavt (3,3 TWh), middel (5,5 TWh) og højt kølebehov (9 TWh), hvilket svarer til de tre estimerede behov, jf. Afsnit 1.2.

4.2.1 Elforbrug til køling

Som beskrevet i Afsnit 4.1 er distributionsfilen for elforbruget, som anvendes i CEESA scenariet baseret på faktiske målinger og inkluderer derved elforbruget til køling. For at modellere fjernkølescenarioerne, er det nødvendigt at subtrahere den del af elforbruget, som erstattes af fjernkøling, fra det samlede elforbrug. Dette kan dog ikke gøres ved blot, at ændre på det samlede behov, da dette vil medføre at elforbruget reduceres ligeligt i alle timer (efter samme distributionsfil som elforbruget er modelleret efter), hvilket ikke er retvisende da det udelukkende er elbehovet til køling som reduceres. Dette medfører, at den reducerede mængde el skal subtraheres efter fordelingen af kølebehovet, som beskrevet i Afsnit 3.3.2. For at tage højde for dette anvendes en funkti-

on i EnergyPLAN, som er beregnet til netop, at subtrahere den del af elforbruget, som kan allokere til køling fra det samlede elbehov. Dette kræver dog at del af elforbruget, som kan allokere til køling identificeres.

For de nuværende køleanlæg antages en gennemsnitlig COP på 3,7 (Rambøll, 2014), hvilket medfører at henholdsvis 0,89; 1,49 og 2,43 TWh af det samlede elforbrug kan allokere til at dække kølebehovet, afhængigt af behovsstørrelsen.

4.2.2 COP faktor

Da der er stor forskel på effektiviteten af de forskellige køleteknologier, estimeres disse i dette afsnit. COP faktoren, variere både mellem de forskellige køleteknologier, jf. Bilag A og alt efter hvilken type køling der leveres.

Modelleringen af frikøling adskiller sig fra både kompressor og absorptionskøling. Dette skyldes, at der, i EnergyPLAN, ikke angives en COP-faktor for frikøling, men at den tilgængelige mængde fratrækkes kølebehovet, inden den øvrige køleproduktion udregnes (Lund, 2013). Dette medfører, at frikøling i princippet bliver betragtet som gratis køling, hvorfor der ikke tages højde for el forbruget til pumper osv. For de resterende produktionsenheder skal en COP faktor defineres.

Kompressorkøling kan, jf. Bilag A generelt opnå en COP på mellem 2 og 8, alt afhængigt af anlægstypen. For absorptionskøleanlæg kan der kun opnås en relativ lav COP, på mellem 0,5 og 1,2 (Rambøll, 2014). Det er dog en smule misvisende at sammenligne disse to COP faktorer, da en absorptionsvarmepumpe hovedsageligt anvender varme, som ellers var gået til spilde.

Teknologi	COP	Anvendt COP
Kompressorkøling	2-8	5
Absorptionskøling	0,5-1.2	0,85

Tabel 4.2: Intervaller for COP faktorer for kompressor- og absorptionskøling (Rambøll, 2014), samt den gennemsnitlige værdi som anvendes i dette speciale.

Da der anvendes en aggregeret model, kan variationer mellem COP faktoren for de individuelle fjernkøleanlæg ikke modelleres, hvorfor der benyttes gennemsnitlige værdier for henholdsvis kompressor- og absorptionskøling, som illustreret i Tabel 4.2.

Den samlede effektivitet af det aggregerede fjernkølesystem kommer derved til at afhænge af fordelingen mellem de tre ovenfor beskrevne køleteknologier. Fordelingen mellem køletyperne beskrives herunder.

4.2.3 Fordeling af køletyper

Som beskrevet i Bilag A har de forskellige køleteknologier forskellige karakteristika, hvilket bevirker, at et konkret fjernkøleprojekt med stor sandsynlighed vil blive baseret på en kombination af disse. De specifikke fordele afhænger dog af lokale forhold, som ikke kan modelleres i den anvendte model.

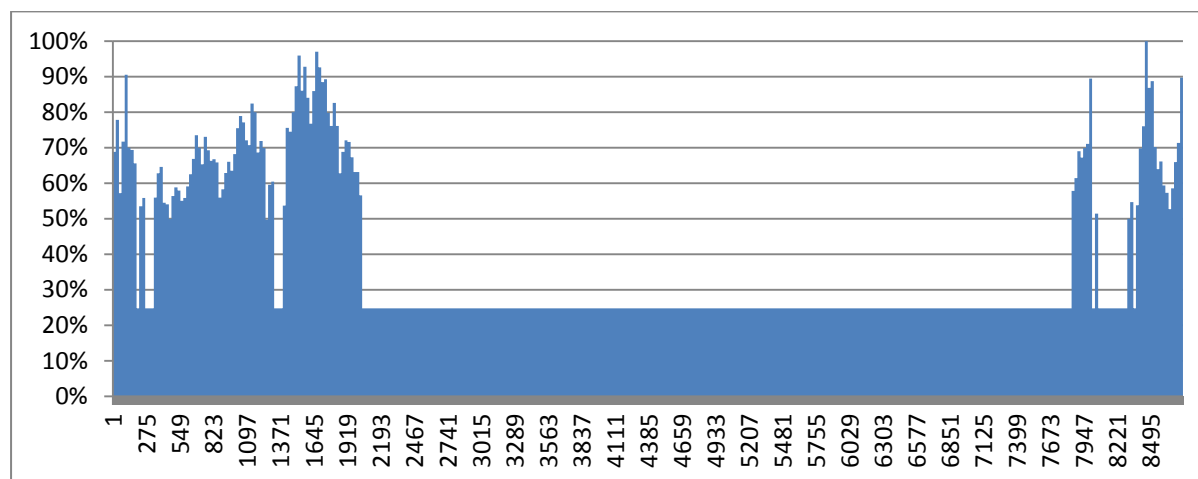
På denne baggrund antages det, at den installerede fjernkølekapacitet fordeles ligeligt mellem kompressor-, absorptions-, frikøling. Som det beskrives i Bilag A er profitabiliteten af absorptionskøling afhængig af varmepriisen, som skal være lav før absorptionskøling er rentabelt. Derfor kan antagelsen omkring andelen af absorptionskøling diskuteres, men denne er taget ud fra en forudsætning om, at der for det første er tilgængelig overskudsvarme i langt størstedelen af de perioder, hvor absorptionskøling anvendes og for det andet, at denne kan erhverves forholdsvis billigt. Derudover er formålet med dette kapitel ikke, at analysere den mest økonomisk fordelagtige fordeling mellem disse køleteknologier, men derimod at påvise de energisystemmæssige konse-

kvenser og i den forbindelse de synergieffekter, der kan opnås ved at samtænke fjernkøle- og fjernvarmeproduktionen, hvorfor 1/3 absorptionskøling er medtaget i dette speciale. Denne ligelige fordeling af kapaciteten afspejler dog ikke nødvendigvis en ligelig fordeling af produktionen, da teknologierne har forskellige begrænsninger. Specielt produktionsprofilen for frikøleanlæg er svær at forudsige, da denne er afhængig af henholdsvis tilgængeligheden af grundvandsressourcer eller hav- og lufttemperaturen. Grundet manglende data er samme metode, som beskrevet i Afsnit 3.3.2 anvendt til, at estimere produktionsprofilen for frikøling. Fordelingen mellem luft-, hav- og grundvandskøling antages, at være ligelig.

For at udregne denne fordeling antages det, at fremløbstemperaturen for fjernkølesystemet er 6°C , hvilket vurderes at være realistisk i forhold til erfaringer fra eksisterende fjernkøleprojekter (Barky, 2014). Derved bliver basistemperaturen 6°C , og havvands- og luftkøling antages derved kun at være tilgængelig, når henholdsvis hav- og luft temperaturen er under denne temperatur.

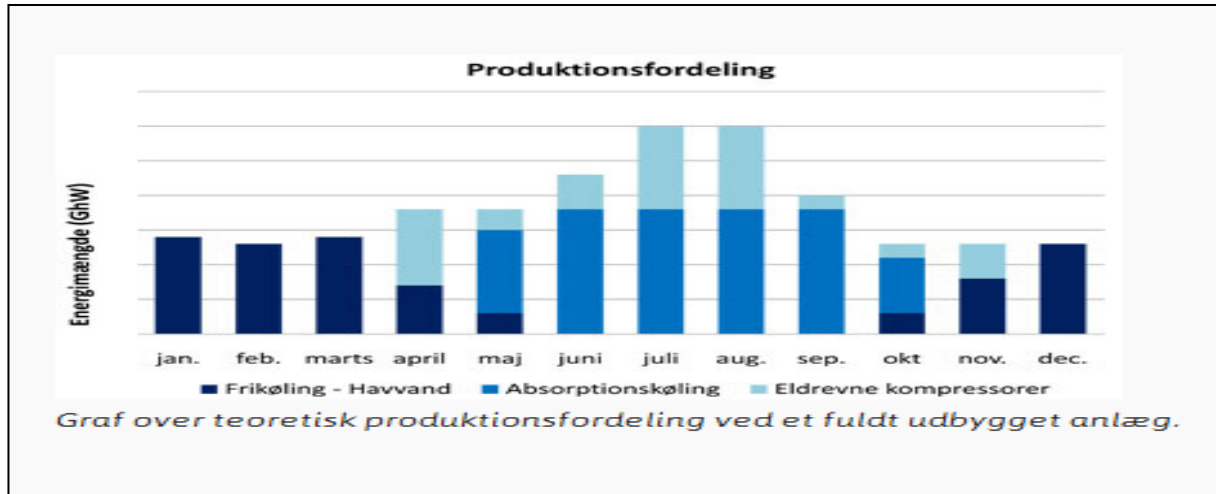
Derudover antages temperaturen af grundvandet at være nogenlunde konstant, hvilket medfører at grundvandskøling principielt er tilgængelig året rundt (Rambøll, 2014), hvorfor produktionsprofilen bliver konstant og derfor er modelleret som ”grundlast”. Der er dog en række tekniske og lovgivningsmæssige forhold, som begrænser anvendelsen af grundvandskøling, fx skal der være termisk ligevægt (Rambøll, 2014), men dette analyseres ikke nærmere i dette speciale.

Den identificerede fordeling af produktionen fra frikøling er illustreret i Figur 4.1, mens de faktiske beregninger kan findes i Bilag E.



Figur 4.1: Den årlige fordeling af tilgængeligheden for frikøling. De faktiske beregninger kan findes i Bilag E

Som illustreret i Figur 4.1 er potentialet for frikøling størst i vinterhalvåret, da det er i denne periode, at både hav- og lufttemperaturen oftest er under de 6°C . Derudover afspejles den konstante tilgængelighed af grundvandskøling. Der er forholdsvis store usikkerheder forbundet med estimatet af denne fordeling, men hvis Figur 4.1 sammenlignes med den faktiske produktion af frikøling, fra HOFOS's anlæg i det indre København, som illustreret i Figur 4.2 kan det ses, at der er en nogenlunde korrelation mellem de to, med undtagelse af den konstante andel af grundvandskøling, hvilket skyldes, at denne form for frikøling ikke anvendes i forbindelse med deres fjernkøleanlæg.



Figur 4.2: Teoretisk produktionsfordeling for det fuldt udbyggede fjernkøleanlæg i indre København (HOFOR, U.D. c)

På denne baggrund vurderes den estimerede produktionsprofil for frikøling, at være tilstrækkelig præcis til formålet med denne analyse. På baggrund af ovenfor beskrevne antagelser og forudsætninger kan konsekvenserne af en storskala implementering af fjernkøling analyseres.

4.3 Besparelspotentiale ved implementering af fjernkøling

For at beregne besparelspotentialerne ved implementeringen af fjernkøling, modelleres en situation hvor hele kølebehovet dækkes af fjernkøling. Der er dog store usikkerheder forbundet med størrelsen af det samlede kølebehov, hvorfor besparelspotentialerne undersøges for henholdsvis et højt (9 TWh), et middel (5,5 TWh) og et lavt (3,3 TWh) kølebehov. Besparelspotentialerne i bruttoenergiforbruget og CO₂ emissionen er illustreret i Tabel 4.3, hvis hele kølebehovet dækkes af fjernkøling.

Kølebehov [TWh]	Allokeret elforbrug [TWh]	Bruttoenergibesparelse, korrigeret [TWh]	CO ₂ reduktion, korrigeret [ton]
3,3	0,89	1,13	384.000
5,5	1,49	1,73	596.000
9	2,43	2,52	891.000

Tabel 4.3: Besparelspotentialerne i primærenergi og CO₂ udledning ved tre forskellige behovsstørrelser Reduktionen er udregnet i forhold til referencescenariet

Som illustreret i Tabel 4.3 kan der opnås besparelser ved, at implementere fjernkøling uanset, hvor stort det reelle kølebehov er. Besparelspotentialerne stiger dog jo højere behovet er, hvilket er et resultat af at en større del af det samlede elforbrug bliver substitueret med absorptions- og frikøling, hvor specielt andelen af frikøling er medvirkende til, at reducere brændselsforbruget og CO₂ udledningen. Som det illustreres i Tabel 4.3 varierer energibesparelserne mellem 1,13 og 2,52 TWh, hvis dette korrigeres for import/eksport.

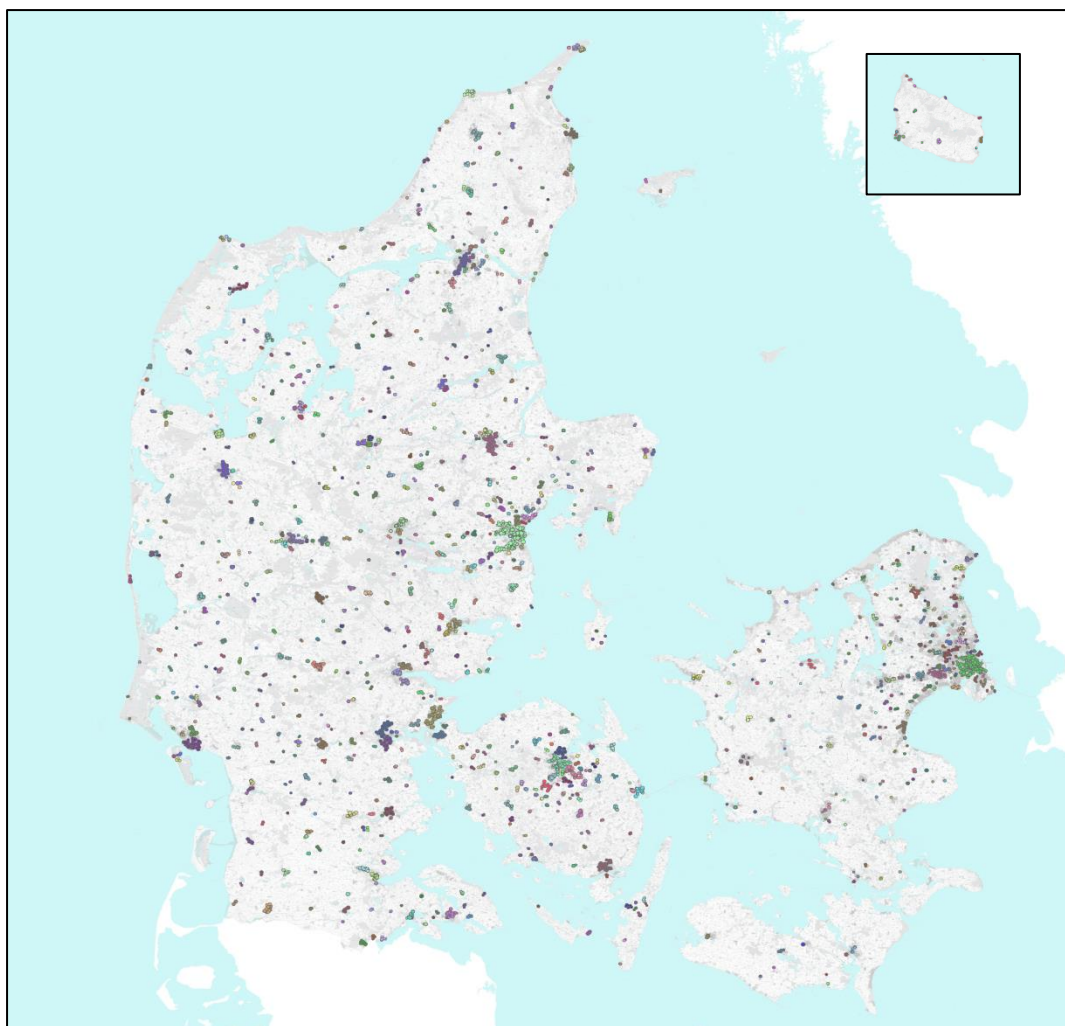
Selvom disse besparelser virker forholdsvis begrænsede, set i forhold til det samlede danske energiforbrug svarer besparelserne i det korrigerede elforbrug til det årlige elforbrug i mellem ca. 217.000 og 585.000 gennemsnitlige parcelhuse (BOLIUS, 2013).

Reduktionerne i forhold til den samlede CO₂ emission er lidt tydeligere, da denne reduceres med mellem ca. 384.000 og 891.000 tons, svarende til henholdsvis 0,72 og 1,7 %, hvis tallene korrigeres for handel med udlandet.

Dette viser, at der kan opnås besparelser i både energiforbruget og udledningen af CO₂ ved at implementere fjernkøling. Størrelserne af disse besparelser er dog afhængige af hvor stort det faktiske kølebehov er. Da behovene på henholdsvis 3,3 og 5,5 TWh begge stammer fra ældre undersøgelser anvendes behovet på 9 TWh, i følgende analyse af de energisystemmæssige konsekvenser af, at implementere fjernkøling. Det er dog ikke realistisk, at hele det danske kølebehov kan dækkes af fjernkøling, hvorfor det tekniske og samfundsøkonomiske potentiale for fjernkøling adresseres i følgende afsnit.

4.4 Samfundsøkonomisk rentabelt potentiale

Som beskrevet i Kapitel 1 er det ikke hele det danske kølebehov, som der realistisk set kan konverteres til fjernkøling. Ifølge nyeste kostlægning af potentialet for fjernkøling konkluderes det, at det tekniske potentiale for fjernkøling svarer til ca. 56 % af det samlede kølebehov i Danmark (Rambøll, 2014). Det tekniske potentiale er kortlagt i Figur 4.3:



Figur 4.3: Potentielle fjernkøleområder i Danmark, de grønne områder illustrerer områderne med det højeste potentiale (Rambøll, 2014)

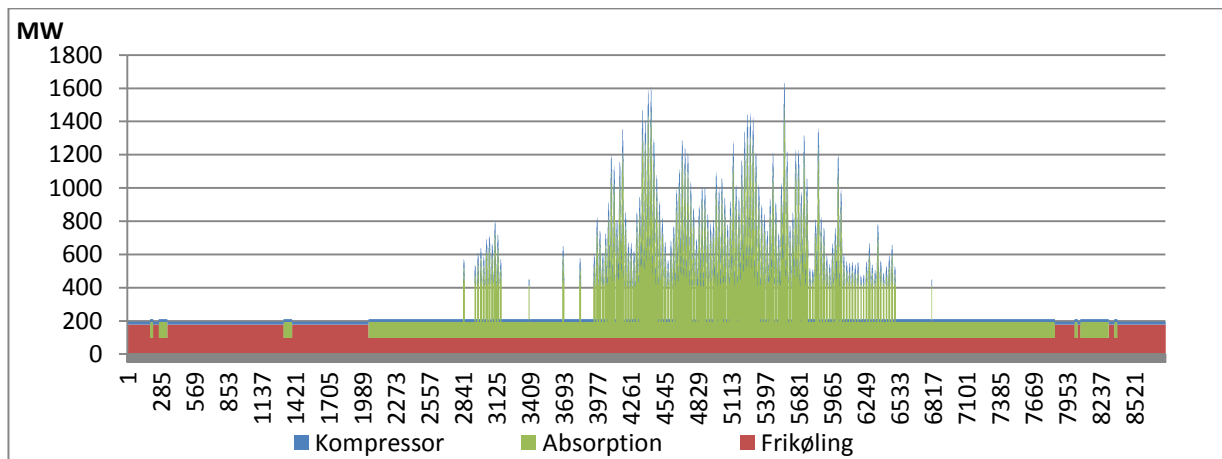
Som illustreret i Figur 4.3 er langt størstedelen af de potentielle fjernkøleområder koncentreret omkring de større byer i Danmark. Dette medfører ligeledes at havvandskøling vil være en reel mulighed i langt de fleste tilfælde, da størstedelen af de relevante byer er lokaliseret i umiddelbar nærhed af enten et hav eller en fjord.

Det er dog ikke hele det tekniske potentiale, som vurderes, at være samfundsøkonomisk rentabelt at udnytte. Hvis der tages højde for den samfundsøkonomiske rentabilitet estimeres potentialet, at svare til 43 % af det samlede danske kølebehov (Rambøll, 2014). Det er dette potentiale der forudsættes udnyttet i forbindelse med implementeringen af fjernkøling. Da formålet med analysen er, at kvantificere konsekvenserne af konverteringen til fjernkøling, antages det at, hele dette potentiale udnyttes, der tages altså ikke højde for tidsaspektet i forhold til konverteringen til fjernkøling.

Dette svarer til, at et kølebehov på 3,87 TWh modelleres som fjernkøling i den følgende analyse, mens den resterende del af behovet modelleres som en del af det samlede elforbrug. Dette medfører at et elforbrug på 1,05 TWh substitueres af fjernkøling, mens den resterende del af kølebehovet stadig inkluderes i det samlede elforbrug.

4.5 Konsekvenser af implementeringen af fjernkøling

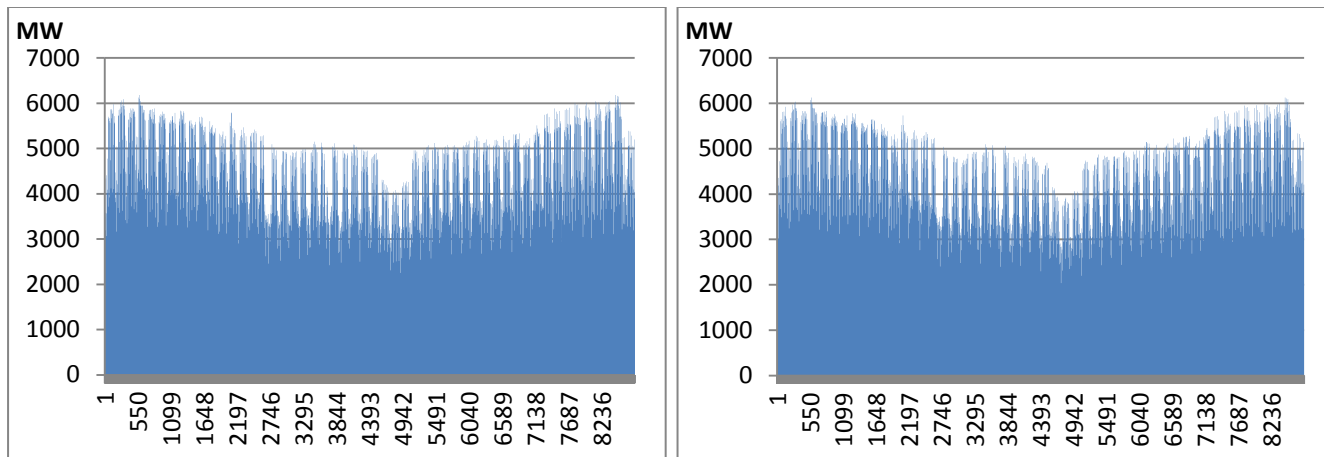
Som beskrevet i Afsnit 4.2 antages det i denne analyse, at fordelingen mellem kompressor, absorptions- og frikøling er ligelig. Dette betyder dog ikke, at produktionsfordelingen er ligelig, hvilket er illustreret i Figur 4.4.



Figur 4.4: Fordelingen af fjernkøleproduktionen mellem de forskellige køleteknologier

Som illustreret i Figur 4.4 produceres størstedelen af grundlasten, i vintermånederne af frikøling, mens produktionen heraf reduceres betydeligt i sommermånederne, da hav- og luft temperaturen bliver for høj. Dette er ligeledes afspejlet i Figur 4.4 hvor det illustreres, at den mangellende køleproduktion fra frikøling substitueres af absorptionskøling. Derudover ses det, at kompressorkøling hovedsageligt anvendes til, at dække behovet i spidsbelastningsperioder, hovedsageligt i sommermånederne.

Som konsekvens af, at kølebehovet udelukkende dækkes af elektricitet i referencescenariet, medfører dette, at der i sommerhalvåret vil opstå mange spidsbelastningsperioder, i de perioder hvor kølebehovet er højt. Det samlede elforbrug er illustreret i Figur 4.5 og 4.6.

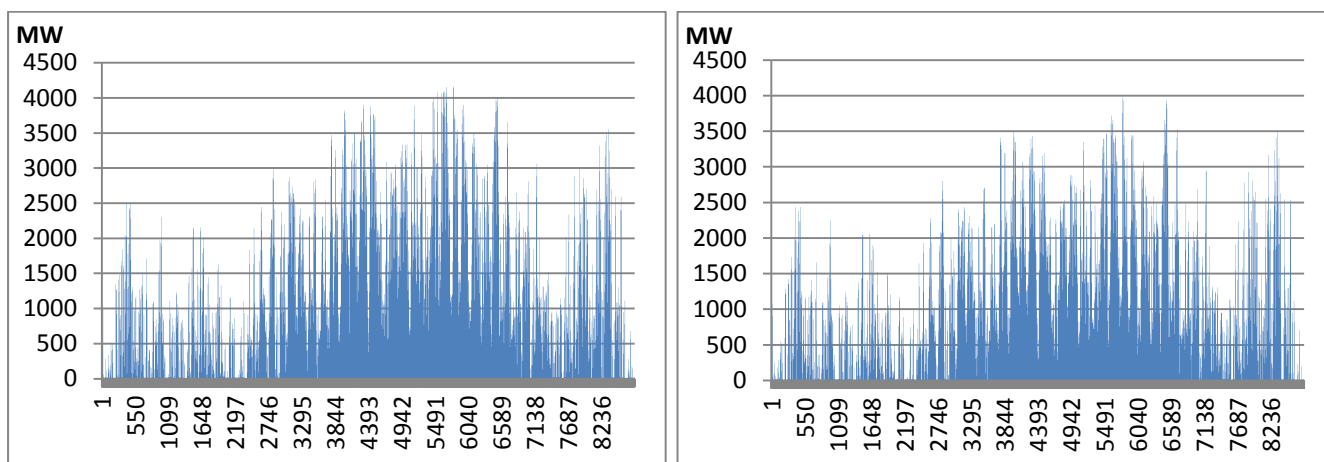


Figur 4.5 og 4.6: Samlet elforbrug i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C.

Sammenlignes Figur 4.5 med Figur 4.6 er det illustreret, at elforbruget generelt reduceres henover året. Den generelle reduktion af elforbruget skyldes, at størstedelen af den konstante andel af kølebehovet dækkes af frikøling i hele vinterperioden. Det højere kølebehov i sommerperioderne dækkes delvist af absorptionskøling, hvilket ligeledes reducerer elforbruget. Dette medfører, at spidsbelastningen reduceres fra 6184 MW til 6111 MW, hvilket svarer til en reduktion på 1,18 %.

I det anvendte referencescenarie er en del af elproduktionen modelleret som produktion fra kondenserende kraftværker (PP). Selvom dette ikke afspejler den reelle situation i Danmark, er dette gjort for, at simulere, at de centrale kraftværker har elproduktion som hovedformål. Derved kan de reguleres, så varmen bortkøles, til fordel for en højere el virkningsgrad.

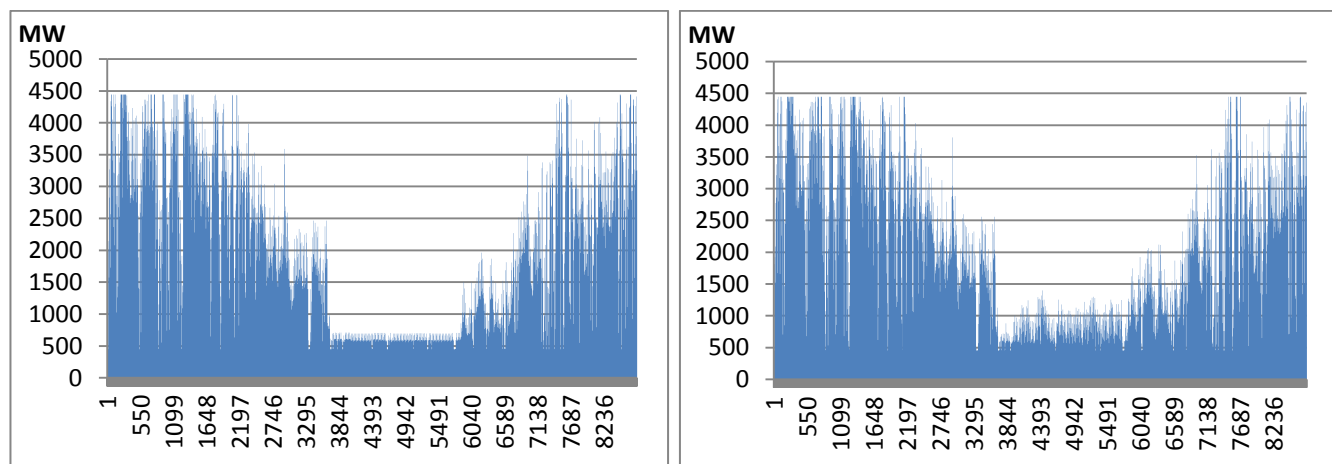
PP produktionen er, i EnergyPLAN, prioriteret lavest af alle elproducerende enheder (Lund, 2013), hvorfor den ønskes reduceret mest muligt. Reduktionen afspejler derfor en øget udnyttelse af overskudsvarmen og derved en bedre samlet energiudnyttelse. Produktionen på de kondenserende kraftværker er illustreret i Figur 4.7 og 4.8.



Figur 4.7 og 4.8: Produktion på kondenserende kraftværker i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C..

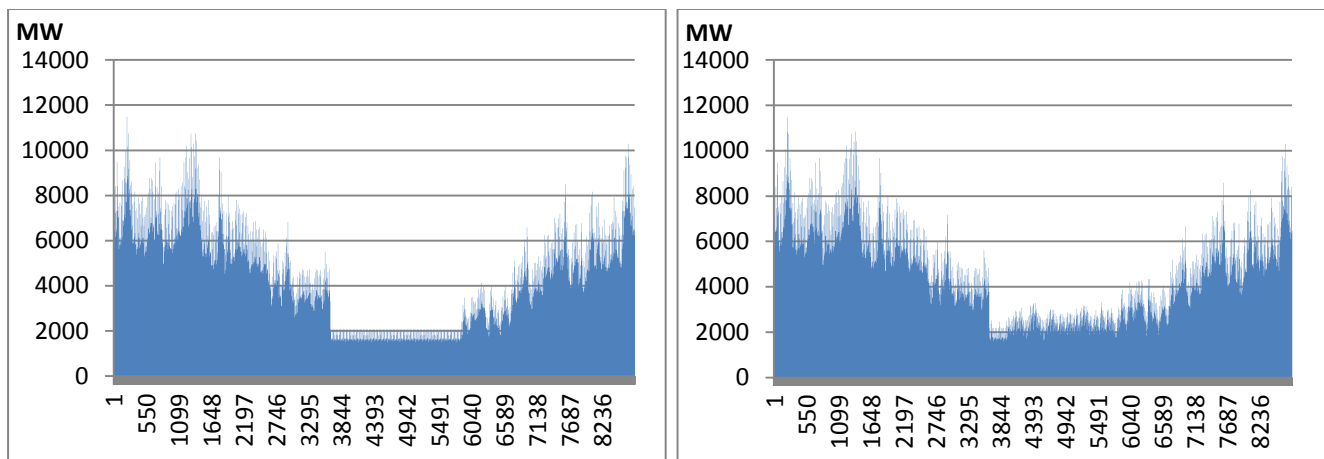
Som illustreret i Figur 4.7 og 4.8 reduceres PP produktionen, specielt i sommermånederne, hvor mange af spidsbelastningsperioderne elimineres eller reduceres betydeligt. Dette er som en direkte konsekvens af implementeringen af fjernkøling og implementeringen af absorptions- og frikøling. Dette medfører, at den årlige produktion på de kondenserende kraftværker reduceres fra 9,46 TWh til 8,26 TWh, svarende til en reduktion på 12,7 %. Denne reduktion er ikke kun et resultat af, at det samlede elforbrug reduceres, men der sker også en omfordeling af produktionen. En del af den reducerede PP produktion substitueres derfor af kraftvarmeenhederne, som prioriteres højere i modellen.

Derudover er der et politisk ønske om, at øge andelen af kraftvarmeproduktion i Danmark (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 b), da dette sikre en højere energieffektivitet og derved et reduceret brændselsbehov (Energistyrelsen, U.D. a). Denne omfordeling medfører, at elproduktionen på kraftvarmeenhederne øges fra 15,46 TWh til 15,94 TWh, svarende til en forøgelse på 3,10 %. Ændringerne i kraftvarmeværkernes produktionsprofil er illustreret i Figur 4.9 og 4.10.



Figur 4.9 og 4.10: Kraftvarmeproduktion i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C.

Som illustreret i ovenstående figurer er det hovedsageligt i sommerperioden hvor kraftvarmeproduktionen øges og derved substituere PP produktionen. Som illustreret i Figur 4.9 er elproduktionen tydeligt begrænset af fjernvarmebehovet, som er lavt gennem hele sommerperioden. Dette er som en konsekvens af modellens opbygning, hvor kraftvarmeproduktionen er afhængig af, at varmen enten kan udnyttes som fjernvarme eller lagres (Lund, 2013). Som beskrevet i Afsnit 4.2 produceres ca. 33 % af fjernkølingen af absorptionsvarmepumper, hvilket er medvirkende til at hæve varmebehovet i sommerperioden. Dette er illustreret i Figur 4.11 og 4.12.



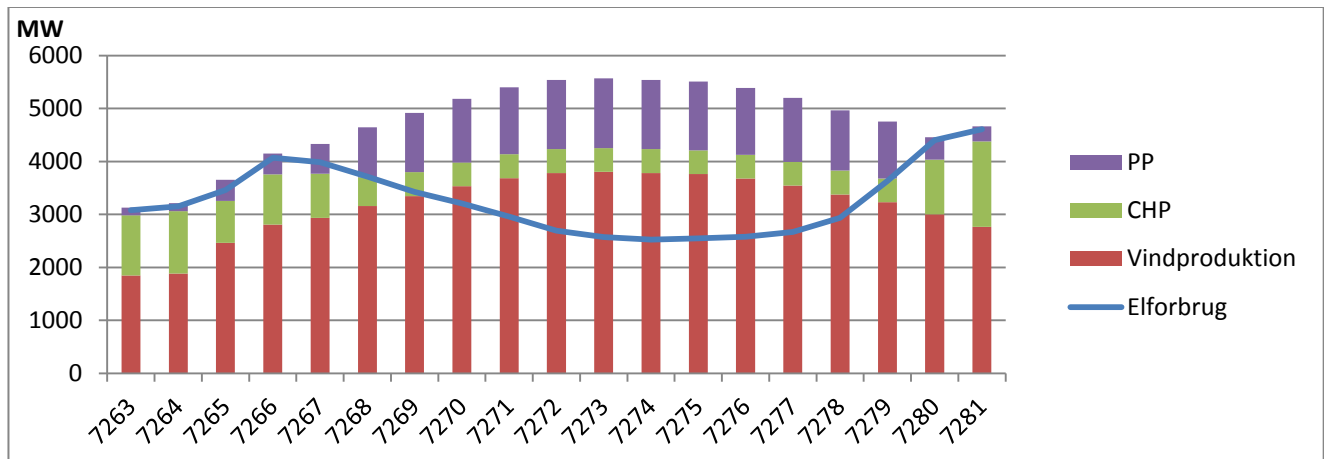
Figur 4.11 og 4.12: Samlet fjernvarmebehov i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C..

Som illustreret er der en klar sammenhæng mellem det øgede fjernvarmebehov i sommerperioden, og den øgede produktion på kraftvarme enhederne. Dette skal dog ikke forstås, som en egentlig merproduktion af varme, men derimod som en omfordeling af produktionsfordelingen mellem el og varme, så en mindre del af den producerede varme bortkøles. Derved skal skiftet fra kondenserende kraftværker til kraftvarme, i modellen, ses som en indikation på, at de centrale kraftvarmewærker udnytter en større del af den varme, som alligevel produceres.

Omfordelingen af elbehovet, som reduceres i vinterperioden, mens varmebehovet er stort set uændret medfører, at en del af produktionen på kraftvarmeenhederne erstattes af kedelproduktion. Dette er som en konsekvens af, at modellen ifølge optimeringsstrategien forsøger, at reducere eksporten af el, ved bl.a. at erstatte kraftvarme- med kedelproduktion, jf. Afsnit 3.3.1. Derved vil reduktionen af elbehovet i kombination med et uændret varmebehov resultere i en øget kedelproduktion, som øges med 11,31 %, svarende til en forøgelse af den årlige produktion fra 1,68 TWh til 1,87 TWh.

På trods af valget af optimeringsstrategi forøges eksporten af el marginalt. Dette er en konsekvens af, at vindmøllerne i visse perioder producerer mere elektricitet end der er behov for, hvilket naturligt vil medføre eksport af el.

I det anvendte scenarie vil denne eksport resultere i ”Critical Excess Electricity Production” (CEEP), da energisystemet er modelleret uden transmissionskapacitet. Hvis der opstår CEEP afspejler det en situation, hvor behovet for eksportkapacitet overskrides og en mængde elektricitet derfor ikke kan eksporteres (Connolly, 2010). En situation hvor dette sker, er illustreret i Figur 4.13.



Figur 4.13: Fordelingen af elproduktionen samt det samlede elforbrug i timerne fra 7263 – 7281, svarende til sidst i oktober måned, i fjernkølescenariet. Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C.

Som illustreret i Figur 4.13, overstiger vindproduktionen i disse timer behovet, hvorfor det virker uhensigtsmæssigt, at både de kondenserende kraftværker og kraftvarmeenhederne producerer el.

Dette bunder dog i en antagelse, i modellen og det anvendte referencescenarie, om at produktionen fra kraftvarmeenhederne i fjernvarmegruppe 3 ikke kan reduceres til under 450 MW. Denne antagelse er implementeret i modellen for at simulere, at store kraftvarmeværker ikke kan reducere deres produktion til under et teknisk minimum (Lund, 2013). I det anvendte referencescenarie er denne grænse sat til 450 MW. Dette skal sammenholdes med en anden antagelse i modellen, som bevirker at 30 % af den samlede elproduktion skal produceres af enheder, som er i stand til, at stabilisere elnettet og derved opretholde den ønskede frekvens på 50 Hz (Connolly, 2010; Lund, 2013). Dette medfører, at kraftvarmeværkerne i gruppe 3 og PP som minimum skal producere 30 % af elektriciteten. Forholdet mellem disse to produktionsenheder afhænger af fjernvarmebehovet, hvorfor kraftvarmeproduktionen substitueres af PP produktion i den illustrerede periode.

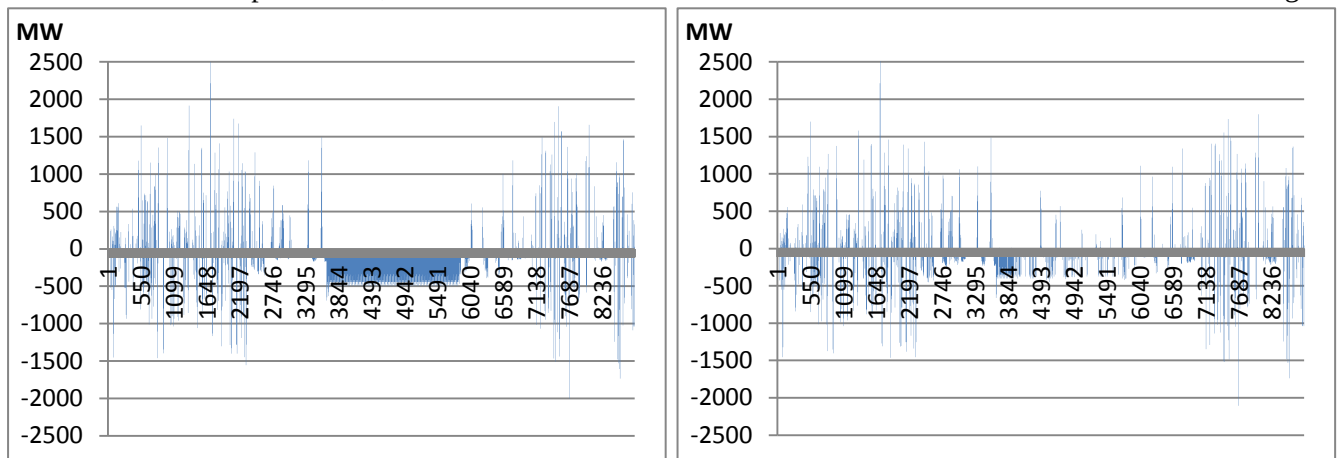
Da det samlede elbehov reduceres uden, at der ændres på kapaciteten af de forskellige produktionsenheder, kan der opstå flere situationer, hvor den samlede produktion overstiger behovet, hvilket medfører en øget eksport af elektricitet.

Et andet aspekt, som har indvirkning på mængden af CEEP er den manglende mulighed for, at modellere kølelagre, hvilket medfører at fleksibiliteten af fjernkølingen reduceres betydeligt. Muligheden for at modellere et kølelager vil kunne få betydning for den del af kølingen der produceres som kompressorkøling, da et lager ville gøre det muligt at flytte køleproduktionen og derved elforbruget til timer, hvor der er overskud af el i systemet, som det fx er muligt i forbindelse med varmepumper i kombination med et varmelager.

En af de centrale antagelser i forhold til fordelene ved absorptionskøling er, at en del af den overskudsvarme, som i dag bortkøles, kan anvendes til køleproduktion. Størstedelen af denne stammer fra industriel produktion eller affaldsforbrændingsanlæg, som specielt i sommerhalvåret bortkøler forholdsvis store varmemængder. For sidstnævnte estimeres det, at flere affaldsforbrændinger bortkøler op mod 5 % af varmeproduktionen (Dansk Fjernvarme, U.D. a). Dette svarer til en samlet bortkøling på ca. 370.000 MWh. Dertil kommer den industrielle overskudsvarme som estimeres til, at udgøre et potentiale på ca. 3.000 TJ (Rasmussen, 2010; Djursing, 2013), svarende til ca. 833.000 MWh. Alene fra disse to kilder er der altså et potentiale på 1,2 TWh. Hvis placeringerne af affaldsforbrændingerne sammenlignes med de potentielle fjernkøleområder, kan det ses, at der er et forholds-

vist stort sammenfald mellem disse (Energistyrelsen, U.D. b). Dertil kommer den del af varmeproduktionen, fra kraftvarmeenhederne som bortkøles. I EnergyPLAN er affaldsforbrændinger og industriel overskudsvarme prioriteret højest, af varmeenhederne, hvilket medfører, at de udnyttes fuldt ud, i alle årets timer. Dette medfører, at der hovedsageligt opstår overskudsvarme i to situationer, som beskrives herunder.

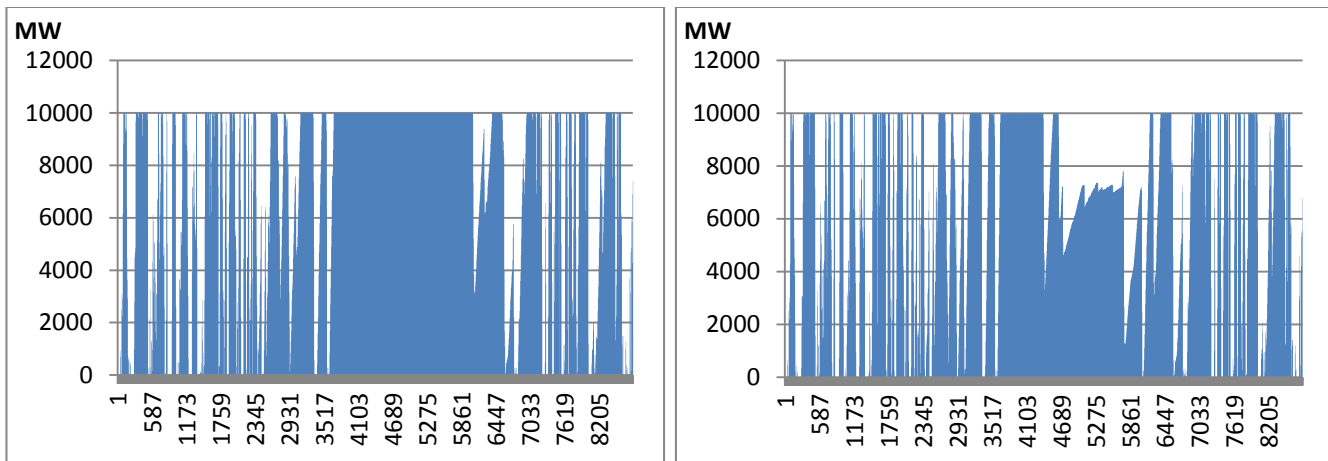
I sommerperioder, hvor elforbruget er forholdsvis højt, mens fjernvarmebehovet er relativt lavt, hvilket medfører at kraftvarmeenhederne producere, for at dække elbehovet, men at varmen ikke kan aftages eller lagres. Dette skyldes hovedsageligt den modellerede industrielle overskudsvarme, samt førømtalte tekniske minimum, som kraftvarmeenhederne er begrænset af. Disse to situationer er illustreret i Figur 4.13 og 4.14, hvor det kan ses, at der i sommermånederne er en sammenhængende periode, hvor der er overskudsvarme i systemet, mens perioderne med overskudsvarme, i vintermånederne, optræder mere sporadisk. Dette medfører, at implementeringen af fjernkøling og derved omfordelingen af fjernvarmebehovet hovedsageligt kan udnytte den del af overskudsvarmen, som produceres i sommerhalvåret, hvilket også illustreres af Figur 4.13 og 4.14. Derimod får implementeringen af fjernkøling ikke ret stor indvirkning på overskudsproduktionen i vintermånederne, da denne i høj grad afhænger af andre faktorer end fjernvarmebehovet, såsom produktionen fra vindmøllerne. I Figur 4.13 og 4.14 svarer negative værdier til at der er overskudsvarme i systemet, mens positive værdier afspejler en situation med for lav varmeproduktion, hvorfor den resterende del af varmebehovet dækkes af varme fra lagret.



Figur 4.13 og 4.14: Varmebalancen i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C.

Den samlede mængde overskudsvarme reduceres fra -0,85 TWh til -0,17 TWh årligt, hvilket svarer til en reduktion på 80 %. Derved kan det konkluderes, at udnyttelsen af overskudsvarme kan forbedres ved, at implementere fjernkøling i det danske energisystem.

En anden indikator på at den overordnede varmeudnyttelse i systemet forbedres, er anvendelsen af varmelagret. I det anvendte scenarie er der installeret en lagerkapacitet på 10 GWh i fjernvarme gruppe 3. udnyttelsen heraf er illustreret i Figur 4.15 og 4.16.



Figur 4.15 og 4.16: Udnyttelsen af varmelager i referencescenariet (venstre) og fjernkølescenariet (højre). Baseret på udtræk fra EnergyPLAN, se Bilag C.

Som illustreret i Figur 4.15 er der i referencescenariet en periode, hvor lagret er fyldt og, hvis figuren sammenlignes med Figur 4.13 kan det ses, at det er i samme periode som, der er overskudsvarme i systemet. Dette samt reduktionen af overskudsvarmen skyldes, som tidligere nævnt, omfordelingen af fjernvarmebehovet, som er en konsekvens af den del af fjernkølingen som produceres af absorptionsvarmepumper. Dette medfører, at fjernvarmebehovet forøges i sommerperioden og en mere effektiv kraftvarmeproduktion derved kan opnås.

Som beskrevet i Afsnit 1.5 er en af fordelene ved fjernkøling, at det er en mere energieffektiv måde at dække kølebehovet på, hvorfor det er relevant at undersøge bruttoenergiforbruget og hvilke konsekvenser implementeringen af fjernkøling har på dette.

Samlet kølebehov [TWh]	Kølebehov, fjernkøling [TWh]	Reduktion i elforbrug [TWh]	Bruttoenergiebesparelse, korregeret [TWh]	CO ₂ reduktion, korregeret [ton]
9	3,87	1,05	1,3	445.000

Tabel 4.4: Besparelspotentiale ved udnyttelse af det samfundsøkonomiske potentiale for fjernkøling i Danmark

Som illustreret i Tabel 4.4 reduceres det korregerede bruttoenergiforbruget med ca. 1,3 TWh, svarende til 0,54 % af det samlede bruttoenergiforbrug. På trods af at denne reduktion virker forholdsvis begrænset svarer det til det årlige elforbrug i ca. 250.000 gennemsnitlige parcelhuse (BOLIUS, 2013). Dog medfører implementeringen af fjernkøling, en omfordeling af brændselsfordelingen, hvor specielt kulforbruget reduceres. Dette skyldes, at elforbruget hovedsageligt reduceres i sommerperioden, hvor varmebehovet er meget begrænset og en stor del af elproduktionen derfor modelleres som værende produceret på kondenserende kraftværker. Derudover øges varmebehovet i sommerperioden. Disse to faktorer medfører at andelen af kraftvarmeproduktion generelt øges, hvilket øger den samlede brændseffektivitet i energisystemet. Dette medfører ligeledes en reduktion af produktionen i gruppe 3, hvilket resulterer i et reduceret kulforbrug, da dette hovedsageligt anvendes som brændsel i gruppe 3.

Til sammenligning vurderes det, i Rambøll (2014), at der kan spares ca. 2 TWh ved at udnytte ca. 87 % af det samlede samfundsøkonomiske rentable potentiale for fjernkøling (Rambøll, 2014). Grunden til, at der i denne undersøgelse opnås en højere bruttoenergiebesparelse, på trods af en lavere andel af fjernkøling er, at der tages højde for at den varme, som produceres ved anvendelsen af kompressorkøling substituerer fjernvarme, hvilket vurderes at være den største grund til disse besparelser (Rambøll, 2014).

Påvirkningen af CO₂ udledningen, er mere tydelig. Den korrigerede CO₂ udledning reduceres med 0,84 %, svarende til ca. 445.000 tons. Grunden til denne reduktion er omfordelingen og reduktionen af brændselsforbruget. Som tidligere nævnt reduceres kulforbruget, som har den højeste CO₂ udledning pr. energienhed, og erstattes af brændsler som har en lavere CO₂ udledning pr. energienhed.

Denne reduktion af CO₂ udledningen stemmer nogenlunde overens med en anden undersøgelse, hvor det konkluderes, at CO₂ emissionerne kan reduceres med op imod 500.000 tons (Energy Supply, 2013). Den ligger dog en smule over estimatet, som er lavet af Rambøll, som konkluderer, at der kan spares 353.000 tons CO₂. Denne besparelse er dog ligeledes hovedsageligt et resultat, af den substituerede varmeproduktion (Rambøll, 2014).

Forskellene mellem besparelspotentialerne i dette speciale og i Rambøll (2014) skal også ses i lyset af, at beregningerne er lavet på baggrund af forskellige forudsætninger, fx antages det i dette speciale at 1/3 af kølekapaciteten består af absorptionskøling, mens Rambøll konkluderer, at denne køleteknologi er urentabel, hvorfor resultaterne ikke direkte kan sammenlignes. Dog varierer resultaterne ikke meget fra hinanden, hvilket indikerer, at de faktiske besparelspotentialer formodentlig er i samme størrelsesorden, som både resultaterne i dette speciale og Rambølls beregninger

4.6 Opsamling

Analyserne i dette kapitel viser, at der kan opnås en besparelse i både bruttoenergiforbruget og CO₂ emissionen ved, at udnytte potentialet for fjernkøling. I forhold til det analyserede referencescenarie kan der opnås en besparelse på mellem 1,13 og 2,52 TWh i det korrigerede bruttoenergiforbrug og en besparelse på mellem 384.000 og 891.000 tons CO₂. Disse besparelser er beregnet på baggrund af en antagelse om, at hele kølebehovet i fremtiden dækkes af fjernkøling, og variationer i besparelserne er som en konsekvens af forskellige antagelser omkring størrelsen af det samlede danske kølebehov.

Dette er dog næppe et realistisk fremtidsscenarie, da det ikke vil være samfundsøkonomisk rentabelt, at udnytte hele dette potentiale. Det estimeres, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt, at konvertere omkring 43 % af det samlede kølebehov til fjernkøling.

De energisystemmæssige konsekvenser af dette scenarie analyseres og på baggrund af denne analyse kan det konkluderes, at der helt overordnet kan opnås en reduktion i elforbruget, specielt i sommerperioden, hvor implementeringen af fjernkøling kan være medvirkende til, at reducere spidsbelastningerne. Dette skal både ses, som en konsekvens af, at kølingen produceres mere effektiv, men ligeledes at produktionen fordeles mellem de tre køleteknologier. Dette medfører at fjernvarmebehovet øges i sommerperioden, da det antages at en del af kølingen produceres som absorptionskøling. Dette forøgede varmebehov i sommerperioden resulterer i en mere effektiv kraftvarmeproduktion, da mængden af bortkølet varme kan reduceres, og denne kan udnyttes til køleproduktion. Generelt kan omfordelingen af varmemeforbruget være medvirkende til en bedre udnyttelse af overskudsvarmen. Derudover kan reduktionen af elforbruget i sommerperioden, ligeledes reducere mængden af bortkølet varme.

Ved implementering af dette scenarie kan der opnås en korrigeret bruttoenergiebesparelse på ca. 1,3 TWh og CO₂ emissionen kan reduceres med ca. 445.000 tons.

Som det er konkluderet i dette kapitel kan der både opnås besparelser i forhold til bruttoenergiforbruget og emissionen af CO₂ ved, at implementere fjernkøling i det danske energisystem. Derudover kan der opnås en række synergieffekter, som medfører en bedre udnyttelse af kraftvarmeproduktionen osv. Der er altså flere fordele for-

bundet med fjernkøling, hvilket rejser spørgsmålet om hvorfor udbredelsen i Danmark ikke er større? Dette undersøges i følgende kapitler.

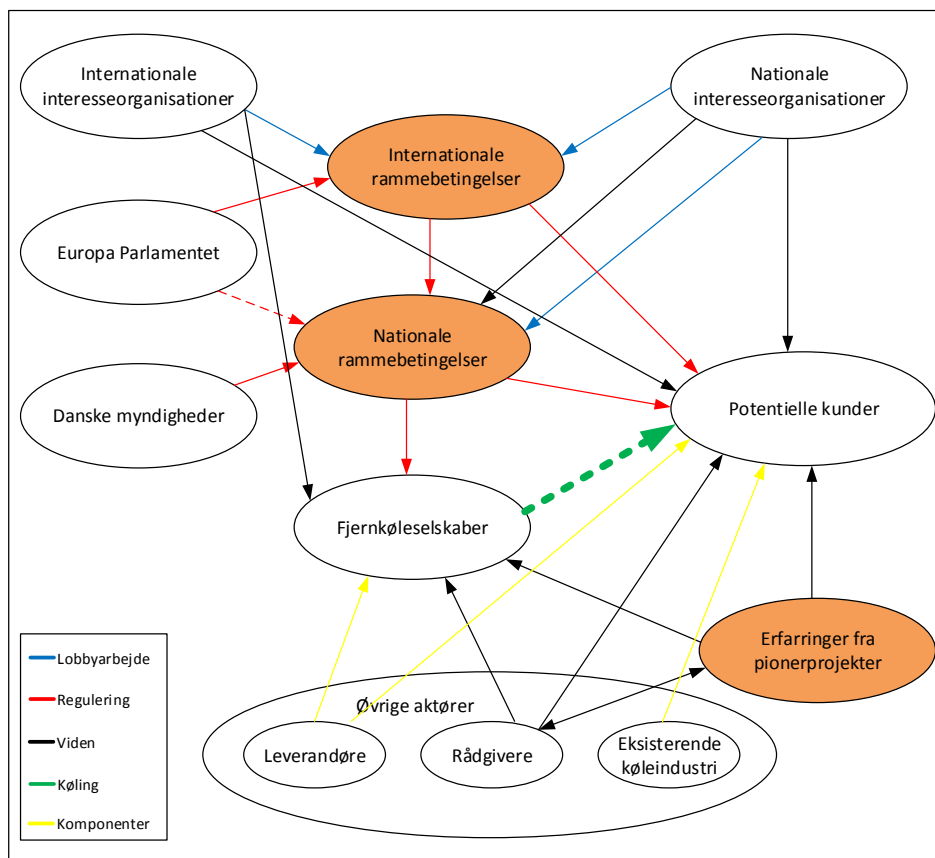
5 Identifikation af centrale aktører

Formålet med dette kapitel er at afklare, hvilke aktører, som er direkte involverede eller indirekte kan påvirke udbredelsen af fjernkøling. Derudover identificeres de aktører, som er centrale for udbredelsen af fjernkøling.

Som beskrevet i Afsnit 3.1 er det nødvendigt, at have en forståelse for både det tekniske, det aktørmæssige og rammebetingelserne for, at opnå en forståelse af, hvilke barrierer, som hindrer udbredelsen af fjernkøling. I følgende kapitel undersøges de aktørmæssige aspekter. En aktør defineres som ”enhver gruppe eller enkeltperson som kan påvirke eller påvirkes af opfyldelsen af en organisations mål” (Freeman, 2010, p. 46).

På baggrund af analysen i Kapitel 4 kan det konkluderes, at der er et besparelspotentiale i bruttoenergiforbruget og udledningen af CO₂ ved, at udnytte potentialet for fjernkøling i Danmark. For at identificere, hvilke barrierer der er til stede for, at dette potentiale kan udnyttes, er det nødvendigt at identificere de centrale aktører, som er essentielle for udbredelsen af fjernkøling.

På baggrund af et gennemgribende litteraturstudie, er der identificeret en række aktørgrupper, som har mulighed for, direkte eller indirekte, at påvirke udbredelsen af fjernkøling i Danmark. Disse aktørgrupper samt deres indbyrdes relationer illustreres i Figur 6.1.



Figur 5.1: Oversigt over de identificerede aktørgrupper, samt deres indbyrdes relationer.

Som illustreret i Figur 5.1 er der mange aktører, som har mulighed for at influere udbredelsen af fjernkøling, men som illustreret kan størstedelen, hovedsageligt påvirke udbredelsen indirekte, enten gennem vedtagelsen af rammebetingelser, lobbyarbejde eller forbedring af vidensniveauet. Dog illustreres det, at hovedsageligt to cen-

trale aktører skiller sig ud, ved i højere grad at blive påvirket af føromtalt aspekter, nemlig fjernkøleselskaberne og de potentielle kunder. Derudover foregår den egentlige udveksling af køling mellem disse to aktører. På den baggrund afgrænses dette speciale, til hovedsageligt at fokusere på disse to centrale aktører, i forhold til at identificere barrierer.

5.1 Fjernkøleselskaber

I det følgende beskrives hvilke aktører, som kan forventes at være involveret i dannelsen af fjernkøleselskaber. Det skal bemærkes, at det ikke nødvendigvis er en af nedenfor beskrevne aktører, som skal påtage sig rollen som leverandør af fjernkøling. Denne rolle kan ligeså godt varetages af andre aktører, som ser et forretningspotentiale i at drive fjernkølevirksomhed. Dog beskrives de eksisterende forsyningsselskaber samt distributions- og transmissionsselskaber herunder, da disse aktører har været involveret i de fjernkøleprojekter, som allerede er implementeret, jf. Bilag B.

5.1.1 Eksisterende fjernvarmeselskaber

Der er flere fællestræk mellem fjernvarme og fjernkøling, hvorfor flere af aktørerne naturligt også er sammenfaldende. I forbindelse med flere af de allerede etablerede fjernkøleselskaber har eksisterende fjernvarmeværker eller forsyningsselskaber fungeret som initiativtagere (ABB, 2011).

Dette bunder formodentlig i et ønske om, at udvide deres forretningsområde, samtidig med at de kan opnå en række driftsmæssige fordele, da sammentænkningen af fjernvarme og fjernkøling kan effektivisere ressourceudnyttelsen ved, at udnytte overskudsvarme til at producere køling eller samproducere fjernvarme og fjernkøling.

I efteråret 2006 gennemførte Energistyrelsen, i samarbejde med Dansk Fjernvarme, en spørgeskemaundersøgelse, med formålet om, at klarlægge de eksisterende fjernvarmeværkers holdninger omkring fjernkøling (Energistyrelsen, 2007). Af undersøgelsen fremgik det, at omkring halvdelen af de adspurgte fjernvarmeselskaber var positive overfor at tage en aktørrolle indenfor fjernkøling. Dog var det på daværende tidspunkt kun fem af de adspurgte selskaber, som reelt havde undersøgt det lokale potentiale indenfor deres forsyningsområde (Energistyrelsen, 2007). Dette indikerer, at der er interesse for fjernkøling hos de eksisterende fjernvarmeselskaber og, at de betragter sig selv som aktører på fjernkølemarkedet. I forbindelse med analysen af det danske kølepotentiale, som er gennemført i 2014, er det dog identificeret at 72 % af forsyningsselskaberne har, ingen eller lille viden omkring fjernkøling (Rambøll, 2014), men at en stor del af dem har en interesse indenfor fjernkøling. Interesse øges generelt jo større viden forsyningsselskaberne har, hvilket uddybes i Kapitel 7.

Distributions- og transmissionsselskaber

Indenfor fjernvarmesektoren, består distributionsselskabernes rolle i at distribuere varmen ud til slutforbrugerne. Disse aktører er mest relevante i forbindelse med større centrale værker, som via transmissionsnettet, får varmen tilført fra de centrale kraftværker, hvorefter de har ansvaret for at distribuere denne mellem slutforbrugerne (Sonlinc, U.D.). Handlen med varme kommer altså til at foregå mellem producent og transmissionsselskab, som derefter distribuere det mellem de forskellige distributionsselskaber. I mindre byområder er producent og distributionsselskab ofte ikke opdelt i separate selskaber (Ea Energianalyse, 2012).

I de fleste tilfælde, hvor fjernkøling er relevant, er distributionsselskaberne der ejer og driver fjernvarmenettene (Ea Energianalyse, 2012), mens transmissionsselskaberne ejer og driver transmissionsnettet. Da distributionsselskaberne ejer størstedelen af fjernvarmenettene, i de større byer, virker det naturligt at disse vil have en interesse i fjernkøling, da de derved kan opnå et større forretningsgrundlag. Derudover vil de kunne tilbyde deres kunder en ekstra ydelse.

Selvom de eksisterende fjernvarmeværker og forsyningsselskaber både har interesse for fjernkøling og har stor erfaring med driften af et fjernvarmeværk og ledningsnet kan den nuværende lovgivning vise sig at blive en barriere for, at denne aktørgruppe påtager sig rollen som leverandør af fjernkøling. Specielt de kommunale fjernvarmeselskaber hæmmes af lovgivningen, se Afsnit 6.1. Dette kan blive problematisk i og med, at mange af de steder, hvor fjernkøling er relevant, er placeret i de større danske byer, hvor hovedparten af fjernvarmeselskaberne er kommunalt ejede (ABB, 2011). Dog ses de eksisterende fjernvarmeværker stadig som en vigtig aktør, når det drejer sig om implementeringen af fjernkøling. Derudover har eksisterende fjernvarmeselskaber været involveret i størstedelen af de fjernkøleanlæg som er installeret i Danmark i dag, hvilket understreger vigtigheden af denne aktørgruppe. Derudover ejer og driver Hovedstadens Forsyningsselskab (HOFOR) i dag Danmarks største fjernkøleanlæg (HOFOR, U.D. d), hvorfor disse også vurderes at være en central aktør i forbindelse med implementeringen af fjernkøling og i særdeleshed dannelsen af fjernkøleselskaber.

5.1.2 Pionerprojekter

Som beskrevet i Afsnit 3.4.2 er det vigtigt for markedsudviklingen, at der er en række pionerprojekter som kan være medvirkende til at generere erfaringer omkring fjernkøling og derved kan være med til at udvikle markedet. Da sådanne projekter både kan være medvirkende til at overbevise potentielle kunder samt beslutningstagere om, at der er et reelt potentiale i teknologien og at de ”teoretiske fordele” ligeledes kan identificeres i praksis. Derudover kan disse projekter fungere som referenceprojekter og derved styrke det danske eksportmarked indenfor fjernkøling.

Dette fremhæver vigtigheden af pionerprojekter i Danmark, dog kræves det at erfaringerne for disse projekter opsamles og formidles videre til aktører på markedet. Derfor vurderes det, at være væsentligt at undersøge, hvilke erfaringer, der er opnået i forbindelse med de allerede implementerede fjernkølesystemer i Danmark.

5.2 Potentielle kunder

Kunderne har naturligvis stor betydning for udbredelsen af fjernkøling. Da fjernkøling i gældende lovgivning er defineret som et udelukkende kommercielt produkt, bliver kundernes tilslutningsvillighed yderst vigtig for implementeringen af fjernkøling i et specifikt område. Denne villighed er langt vigtigere, end når det drejer sig om fjernvarme, da de i den forbindelse kan pålægges tilslutningspligt.

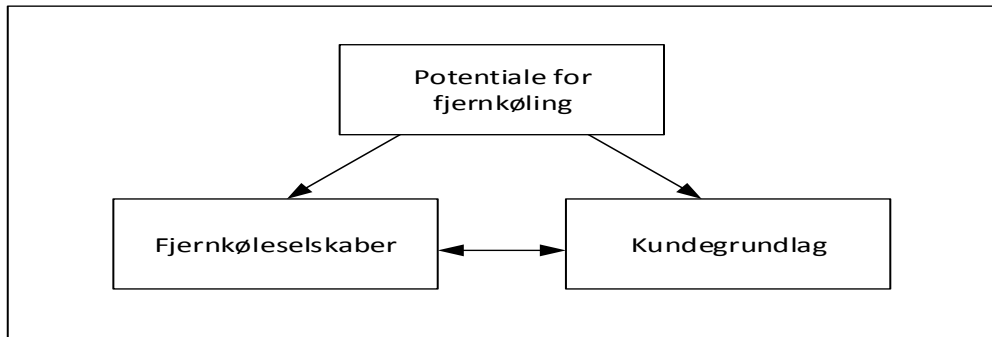
Som beskrevet i Kapitel 1 adskiller kundepotentialet sig ligeledes betydeligt fra fjernvarme. I forbindelse med fjernkøling er der tale om store erhvervskunder, hvilket medfører at hvis en enkelt kunde ændrer holdning og ikke længere er interesseret i tilslutning, kan det få store økonomiske konsekvenser for fjernkøleselskabet.

Blandt flere større erhvervsvirksomheder i Danmark er der ved at opstå en interesse omkring fjernkøling (Hansen, 2014; Barky, 2014). Det kan dog vise sig problematisk, at kunderne allerede har investeret i deres nuværende køleanlæg og, at investeringen i fjernkøling er forholdsvis stor. Dette medfører, at det kan være svært at overtale disse til at tilslutte sig, før deres nuværende køleanlæg enten er afskrevet eller alligevel skal udskiftes. I denne forbindelse kan den gældende lovgivning omkring anvendelsen af kølemidler have en indflydelse, se Afsnit 6.4.

På baggrund af ovenstående kan det konkluderes, at de potentielle kunder bliver en centrale aktører, da der ellers ikke kan opnås et fornuftigt forretningsgrundlag for de etablerede fjernkøleselskaber.

5.3 Opsamling

Det konkluderes, at der hovedsageligt er to aktørgrupper, som er essentielle for, at potentialet for fjernkøling i Danmark kan realiseres; fjernkøleselskaberne og de potentielle kunder. Dette er ikke et udtryk for, at disse er de eneste relevante aktører, men i dette speciale er fokus være på disse, selvom det anerkendes at aktørerne, som har indflydelse på udformningen af rammebetingelserne, ligeledes kan vise sig at have stor betydning, afgrænses dette speciale fra, at undersøge deres rolle nærmere. Dette er illustreret i Figur 5.2.



Figur 5.2: Kriterier for en succesfuld implementering af fjernkøling.

I Kapitel 4 er det konkluderet, at der er et betydeligt potentiale for fjernkøling i Danmark og at der kan opnås både energibesparelser og reduktioner af CO₂ udledningen, hvis dette udnyttes. I dette kapitel er det identificeret, at der hovedsageligt er to centrale aktørgrupper, som er kritiske for om fjernkøling opnår en succesfuld implementering, og potentialet derved kan udnyttes. Først og fremmest er det en forudsætning, at der dannes fjernkøleselskaber, som påtager sig rollen med, at udbyde fjernkøling. Udover disse fjernkøleselskaber er det en nødvendighed, at der er et tilstrækkeligt kundegrundlag til, at disse selskaber kan opnå en positiv selskabsøkonomi.

Som beskrevet i Afsnit 3.4 er der dog en række forudsætninger, som skal være til stede før at disse aktørgrupper kan udvikle sig, og potentialet for fjernkøling derved kan udnyttes, men da dette ikke er tilfældet i dag, undersøges det i følgende kapitel, hvordan de nuværende rammebetingelser påvirker mulighederne for, at der kan dannes fjernkøleselskaber.

6 Nuværende rammebetingelser

Følgende kapitel har til formål, at belyse de eksisterende rammebetingelser med henblik på, at analysere om de udgør en barriere for udbredelsen af fjernkøling. Først gennemgås den nuværende lovgivning, hvorefter to lovforslag, som kan forventes at influere fjernkølemarkedet, beskrives.

Som beskrevet i Afsnit 3.1 er et af de tre aspekter, som influerer udviklingen af det eksisterende STS, rammebetingelserne. I forhold til fjernkøling er der generelt en konsensus om, at de nuværende rammebetingelser udgør en barriere for udbredelsen af fjernkøling (Rambøll, 2014; ABB, 2011). Som direktøren for Dansk Fjernvarme, Kim Mortensen, udtrykker det:

”Rammebetingelserne er ikke på plads, og derfor har vi ikke set et gennembrud for fjernkøling i Danmark” (Dansk Fjernvarme, 2013 c, p. 1).

Derfor beskrives de nationale rammebetingelser herunder, med henblik på at analysere, hvilke barrierer for udbredelsen af fjernkøling de udgør. Først og fremmest fokuseres der på lov om kommunal fjernkøling, da det er herigennem fjernkøling er reguleret, men anden lovgivning som kan influere udbredelsen af fjernkøling inkluderes også.

6.1 Lov om kommunal fjernkøling

Den nuværende lovgivning, som regulerer fjernkølesektoren blev vedtaget d. 12. juni 2008 (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Formålet med denne lov var, at regulere et område, som ikke tidligere havde været reguleret (ABB, 2011; Energistyrelsen, 2012 a). I loven, skelnes der mellem kommunale og private fjernkølevirksomheder (Energistyrelsen, 2012 a; ABB, 2011). For private virksomheder er der ikke fastsat restriktioner, da fjernkøling defineres som en kommerciel aktivitet. Dette medfører at en privat virksomhed til hver en tid kan investere i et fjernkøleanlæg, uden at dette skal godkendes. Derudover er et eventuelt privat fjernkøleanlæg ikke underlagt nogen form for prisregulering, og virksomheden kan dermed fastsætte prisen, som de ønsker (Energistyrelsen, 2012 a). Dette medfører at private varmeforsyningsvirksomheder har muligheden for, at investere i fjernkøling. Finansieringen kan dog ikke ske over varmeprisen og derved ikke påvirke denne (Energistyrelsen, 2012 a).

Kommunal fjernkøling er derimod underlagt en række restriktioner, som gennemgås herunder. Først og fremmest stilles der krav til, at kommunerne skal være ejer eller medejer af fjernvarmevirksomheder, før de kan etablere og drive fjernkøleanlæg (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008).

I lovens § 2 defineres kommunal fjernkøling som:

”§ 2. Ved kommunalt fjernkølingsanlæg forstås i denne lov hel eller delvis kommunal virksomhed, der har til formål at levere køling til bygninger, og hvor produktionen af kølet vand primært sker ved brug af fjernvarme og frikøling”. (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008, p. 1)

Kommunerne har altså ikke hjemmel til, at opføre et køleanlæg, hvor kølingen primært produceres vha. kompressor anlæg. Dog kan kompressorer anvendes til, at dække spidsbelastningen så længe hovedparten af kølingen produceres vha. enten frikøling eller absorptionskøling, med fjernvarme som drivvarme.

I lovens definition skelnes der ikke mellem om kølingen produceres centralt eller decentralt, hvor kølingen produceres vha. fjernvarme og en absorptionsvarmepumpe, som er placeret hos den enkelte forbruger. Hvis et de-

centralt anlæg drives og vedligeholdes af en kommunal virksomhed, er dette underlagt lovens retningslinjer, hvorimod et sådan anlæg kan fritages, hvis det drives og vedligeholdes af slutforbrugeren (ABB, 2011; Klima- og Energiministeriet, 2008). Det bliver altså drift og vedligeholdelses forhold, der bliver afgørende for om et sådanne anlæg kan kategoriseres som kommunal fjernkøling, uafhængigt af ejerforholdet.

Derudover skal det påvises, at etableringen af fjernkøling fremmer en energieffektiv køling af bygninger, for, at et projekt kan godkendes (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Dette betyder i praksis, at kommunalbestyrelserne ikke har hjemmel til at godkende fjernkøleprojekter, som leverer andet end komfortkøling (Energistyrelsen, 2014 b). Der er i loven ikke stillet krav om, at projekter skal give positiv samfundsøkonomi, for at kunne godkendes, som det fx kendes fra fjernvarmesektoren.

Det er dog ikke kun i forbindelse med godkendelsesprocessen, at en kommunal fjernvarmevirksomhed er underlagt restriktioner. På finansieringssiden er der også en række begrænsende faktorer, som kan influere kommunernes muligheder for, at investere i fjernkøling.

For at kommunen kan påbegynde et fjernkøleprojekt, skal finansieringen være tilgængelig i kommunens budget, hvorfor fjernkøling kommer til, at konkurrere med andre projekter, såsom børnehaver, ældrepleje og generelle investeringer i infrastruktur (ABB, 2011). Kommunen har ikke mulighed for at låne penge, yde tilskud eller stille garanti i forbindelse med etableringen af fjernkøling (Energistyrelsen, 2012 a; Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Dette medfører, at det for mange kommunale virksomheder kan være svært, at opnå den fornødne finansiering, uden en privat investor (ABB, 2011). Derudover skal kommunal fjernkøling organiseres i separate selskaber, som ikke må levere andre services end fjernkøling (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Disse to faktorer gør det i praksis svært for kommunale selskaber at opnå den fornødne finansiering til at etablere og drive fjernkølingsselskaber.

Baggrunden for den lovgivningsmæssige adskillelse mellem fjernvarme og fjernkøling er, at fjernkøling hovedsageligt er relevant for større erhvervskunder, hvorfor det ikke vurderes at være en almen kommunal opgave, som det er tilfældet med fx fjernvarme (Energistyrelsen, 2012 a). Derfor defineres fjernkøling som en kommerciel ydelse, hvorfor den tidligere regering udformede rammebetingelserne, så der ikke opstod konkurrenceforvridning mellem kommunale og private aktører indenfor kølesektoren. Derved argumenteres der også for, at de nuværende kunder hos de kommunale fjernvarmeværker ikke udsættes for prisstigninger som konsekvens af kommunale køleprojekter. Derudover blev der argumenteret for, at skatteyderne ikke skulle udsættes for en risiko, som konsekvens af at det blev vurderet, som værende fordelagtigt at levere fjernkøling til et begrænset antal store erhvervskunder.

6.2 Varmeforsyningsloven

Som beskrevet i Kapitel 5 vil eksisterende fjernvarmeværker sandsynligvis, i en vis grad, være involverede i etableringen og driften af en del fjernkøleanlæg. Dette medfører at varmforsyningsloven ligeledes kan have indflydelse på udbredelsen af fjernkøling. Formålet med følgende afsnit er ikke, at give en gennemgribende beskrivelse af varmforsyningsloven, men derimod kort, at beskrive de dele, som kan have indvirkning på eksisterende fjernvarmeværkers muligheder indenfor fjernkøling.

I varmforsyningsloven defineres det, at danske fjernvarmeværker er reguleret efter det såkaldte hvile-i-sig-selv princip, hvilket medfører, at der ikke må genereres selskabsøkonomisk overskud. Derudover defineres det, hvilke omkostninger, der må medregnes i varmeprisen. Et fjernvarmeværks udgifter til brændsel, driftsomkostninger, administration, finansieringsomkostninger mm. kan indregnes i varmeprisen (Klima-, Energi- og

Bygningsministeriet, 2011). Derved fremgår det, at det kun er omkostninger, som er direkte forbundet med enten produktion, distribution eller transmission af varme, som må indregnes i prissættelsen af fjernvarme (Energistyrelsen, 2007). Dette medfører, at ingen omkostninger, forbundet med fjernkøling, kan finansieres gennem prisen på fjernvarme. Derudover bevirker det, at mange af de eksisterende fjernvarmeværker ikke har egenkapital til hverken at gennemføre kortlægninger af potentialet for fjernkøling i deres forsyningsområde eller lave investeringer indenfor fjernkøleområdet.

I forbindelse med implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv er der udarbejdet et lovforslag som foreslår ændringer i begge ovenfor beskrevne love. Derfor beskrives dette lovforslag, samt de ændringer som en vedtagelse vil medføre, i følgende afsnit.

6.3 Implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv

Som beskrevet i Kapitel 6 er de lovgivningsmæssige aspekter, en væsentlig barriere, men på dette område er der i forbindelse med implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv foreslået en række ændringer i den nuværende lovgivning. Denne og dens påvirkning af de nuværende rammebetingelser, beskrives herunder.

I juni 2012 blev der indgået en aftale om, at de europæiske medlemslande skulle fremme energieffektiviseringer. Denne aftale har resulteret i vedtagelsen af et direktiv, som indeholder en række konkrete energibesparende tiltag (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 c). Mest relevant er dog formuleringen om, at der skal igangsættes undersøgelser af mulighederne for, at anvende fjernvarme og fjernkøling (Energistyrelsen, 2012 b).

Arbejdet med at implementere dette direktiv i den danske lovgivning, har resulteret i ”Forslag til lov om ændring af lov om fremme af besparelser i energiforbruget, lov om varmforsyning, lov om kommunal fjernkøling og forskellige andre love”, som blev fremsat d. 29. januar 2014 (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b).

Som det fremgår af titlen fremsættes der forslag til ændringer af lovgivningen omkring fjernkøling, hvorfor dette lovforslag kan vise sig relevant for udbredelsen af fjernkøling i Danmark.

Først og fremmest foreslås det, at lovens anvendelsesområde udvides til også at omfatte private fjernkøleanlæg (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). Dette har dog størst indvirkning på større køleanlæg, med en indfyret termisk effekt på over 20 MW, da disse jf. energieffektivitetsdirektivet, skal godkendes af klima-, energi- og bygningsministeren (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). For disse anlæg inkluderer godkendelsesprocessen udarbejdelsen af en cost-benefit analyse.

For anlæg, under 20 MW, vil godkendelsesprocessen differentieres alt efter, om anlægget er kommunalt eller privat ejet. For de kommunalt ejede anlæg gælder det, at disse skal godkendes af kommunalbestyrelsen, mens de privatejede køleanlæg, som det er tilfældet i dag, ikke skal godkendes.

Selve godkendelseskriterierne for kommunale anlæg ændres dog betydeligt. I Lov om kommunal fjernkøling dikteres det, at kun projekter, som fremmer en energieffektiv køling af bygninger kan godkendes. Dette krav ønskes dog ophævet i forbindelse med fremsættelsen af lovforslaget. Derved muliggøres det, at kommunale fjernkøleanlæg ligeledes kan producere køling til andre formål, såsom proceskøling (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). For at et projekt kan godkendes kræves det dog, at det fremmer en energieffektiv køling samt udnytter synergieffekter med fjernvarme (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). Dette medfører, at kommunen stadig skal eje fjernvarmeværker, for at have hjemmel til at eje fjernkøleanlæg. For de mindre anlæg indgår samfundsøkonomiske overvejelser ikke i godkendelsesprocessen.

En anden væsentlig ændring er, at der i forbindelse med lovforslaget åbnes op for, at anlæg til samproduktion af varme og kulde, ikke længe skal adskilles i to separate selskaber. Dette er besluttet på baggrund af faktummet, at varmen og kulden produceres på samme fysiske anlæg, hvorfor selskabsmæssig adskillelse vurderes at være uhensigtsmæssig (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). Det foreslås, at disse anlæg betragtes som kollektive varmeforsyningsanlæg og at de derved reguleres i henhold til varmeforsyningsloven (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). Dette medfører ligeledes, at disse skal godkendes efter kravene i projektbekendtgørelsen, hvilket medfører, at projektet skal være det samfundsøkonomiske mest fordelagtige projekt for, at kommunalbestyrelsen kan godkende det (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013).

Den producerede varme vil stadig skulle prissættes efter hvile-i-sig-selv princippet, mens kølingen vil kunne leveres på markedsvilkår. Baggrunden herfor er, at det kan virke konkurrenceforvridende, hvis kølingen skulle leveres til en omkostningsbestemt pris på et kommercielt marked (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b). Dette kan dog medføre, at der genereres et overskud i forbindelse med køleproduktionen. Kommunen har mulighed for at anvende denne fortjeneste til andre formål. Hvis det anvendes udenfor varme/køle virksomheden vil det dog medføre en modregning i bloktilskuddet, som er et tilskud kommunerne får fra staten (Finansministeriet, 2012). En afledt effekt af dette er, at kommunerne mister muligheden for at yde tilskud og stille garanti for disse anlæg, hvis kølesiden udnyttes (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b).

Selskabsadskillelsen er dog stadig gældende for anlæg, som udelukkende producerer køling, samt for anlæg der anvender frikøling eller varmepumper, som bortkøler varmen (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b).

Lovændringen medfører samtidig, at den førnævnte begrænsning omkring valget af køleproduktionsmetoder ikke længere er gældende, så længe at det samlede kølesystem udnytter synergieffekter med fjernvarmen (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b; Energistyrelsen, 2014 b).

6.4 Lovgivning om ozonnedbrydende stoffer

En anden lov, som ikke direkte er relateret til fjernkøling, men alligevel kan få betydning for udbredelsen heraf er lovgivningen omkring ozonnedbrydende stoffer. Denne lov udgør dog ikke en barriere for udbredelsen af fjernkøling, tværtimod kan den få positiv indvirkning på udbredelsen.

Anvendelsen af disse ozonnedbrydende stoffer, som bl.a. omfatter kølemidlet R22 (freon), er på internationalt niveau reguleret i Montrealprotokollen, som blev vedtaget i 1987 og trådte i kraft i 1989 (UNEP, 1987). Heri forpligter Danmark sig til at udfase brugen af ozonnedbrydende stoffer (UNEP, 1987). Danmark har dog været mere restriktive end dikteret af denne protokol samt efterfølgende EU lovgivning (COWI, 2012). Dette har medført, at udfasningen af bl.a. R22 i Danmark nærmer sig sin afslutning, dog er der stadig en del køleanlæg, der anvender dette kølemiddel både i Danmark og specielt i resten af Europa (COWI, 2012).

I henhold til EU forordning nr. 1005/2009 må der ikke benyttes nyt R22 køleanlæg i EU efter 2010 (Europa Parlamentet, 2009), dette har dog været gældende i Danmark siden 2000. Dog har det været lovligt at genanvende R22 fra nedlagte anlæg til, at servicere eksisterende anlæg (COWI, 2012). Dette forbydes dog ligeledes d. 1. januar 2015. Der er ikke et decideret forbud mod, at fortsætte anvendelsen af de eksisterende anlæg, men eftersom kølevæsken ikke kan skiftes, vil levetiden reduceres betydeligt (COWI, 2012).

Denne stramning af reglerne kan påvirke udbredelsen af fjernkøling, da det formodes at alle eksisterende R22 basserede køleanlæg skal udskiftes i løbet af en forholdsvis kortvarig periode. Selvom det er muligt, at udskifte kølevæsken i mindre anlæg med alternativer, er dette ikke en mulighed for større køleanlæg, som indeholder

over 10 kg kølevæske (COWI, 2012; YIT, U.D.). Derfor må denne stramning ses som en mulighed i forbindelse med fjernkøling, da det som nævnt i Afsnit 5.4 kan være svært at tiltrække kunder, som har et fuldtud fungerende kølesystem.

6.5 Opsamling

Som det er beskrevet i dette kapitel er der en række love, som påvirker aktørerne på forskellig vis. Specielt dannelsen af kommunale fjernkøleselskaber er påvirket heraf, da der opstilles en række restriktioner for disse i lov om kommunal fjernkøling. Dette inkluderer bl.a. restriktioner omkring valg af produktionsmetoder og finansieringsmuligheder. Derudover begrænses finansieringsmulighederne yderligere ved, at de eksisterende fjernvarmewærker, jf. varmeforsyningsloven, er bundet af hvile-i-sig-selv-princippet.

I forbindelse med implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv foreslås der dog ændringer i forhold til den beskrevne lovgivning, som bl.a. muliggør samproduktion af varme og køling, ved anvendelse af en kompressorvarmepumpe.

Føromtalte love regulerer udelukkende dannelsen af fjernkøleselskaber, men forbuddet mod R22, som kølemiddel påvirker i højere grad dannelsen af kundegrundlaget. Vedtagelsen af denne lov bevirker, at en del ældre køleanlæg skal udskiftes i løbet af en kortere periode.

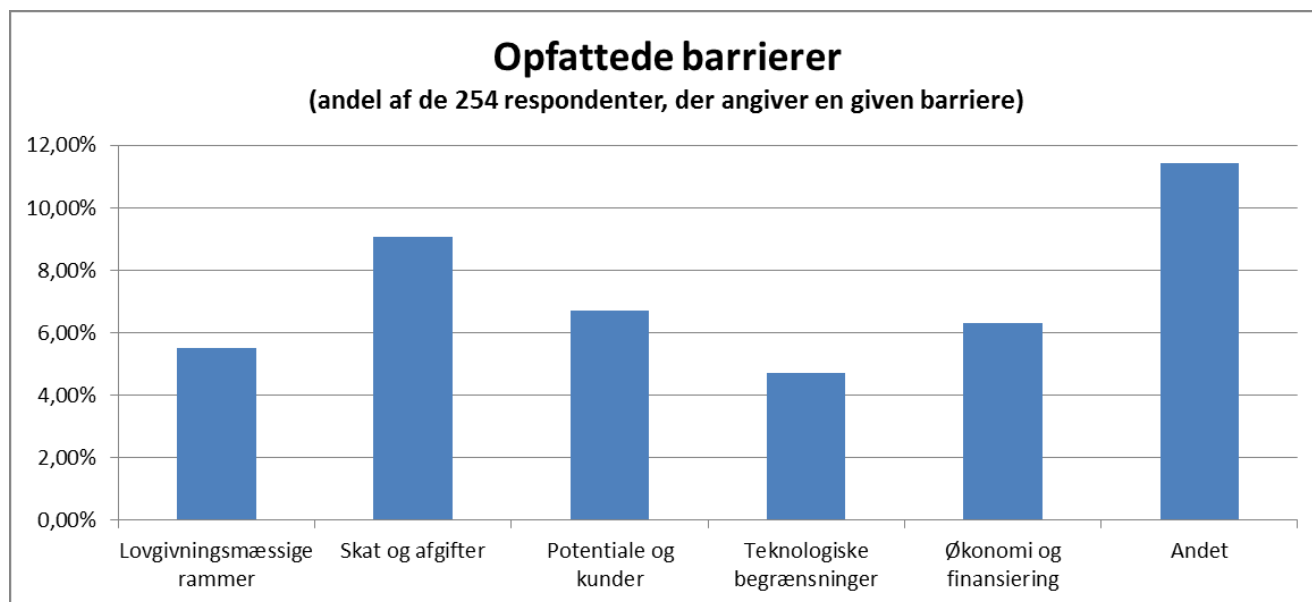
På baggrund af beskrivelsen af rammebetingelserne analyseres det i følgende kapitel hvilke barrierer, som influerer dannelsen af både fjernkøleselskaberne og kundegrundlaget. Dette inkluderer en diskussion af de ovenfor beskrevne rammebetingelser.

7 Identifikation af barrierer for udbredelsen af fjernkøling

Formålet med dette kapitel er at identificere barrierer for udbredelsen af fjernkøling. Som identificeret i Afsnit 5.6 er det en forudsætning for, at potentialet for fjernkøling kan udnyttes, at der dannes en række fjernkøleselskaber, samt at der kan opnås et tilstrækkeligt kundegrundlag for disse selskaber. Det skal bemærkes, at disse to faktorer er gensidigt afhængige og at den ene ikke nødvendigvis opstår, som en konsekvens af den anden. Dog skal begge forudsætninger opfyldes, før fjernkøling bliver en reel mulighed, hvorfor der i følgende kapitel identificeres barrierer, som influerer begge disse aspekter.

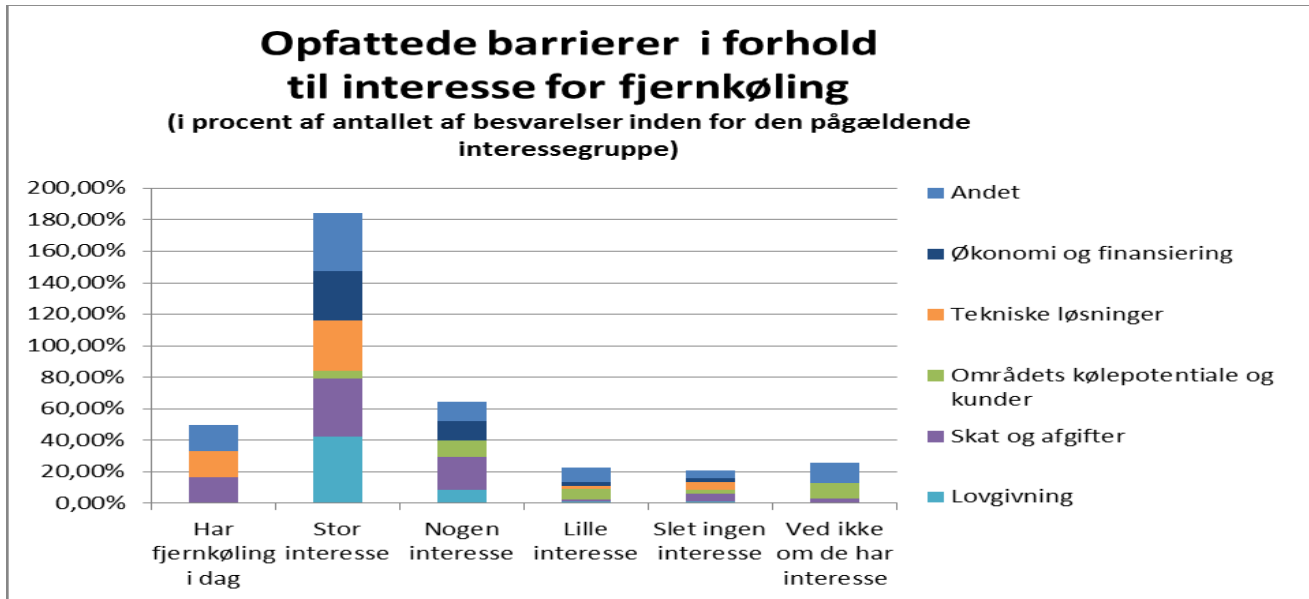
For at opnå en bred forståelse af, hvilke barrierer, som er forbundet med dannelsen af fjernkøleselskaber i Danmark, gennemføres der i dette kapitel et litteraturstudie af allerede eksisterende undersøgelser. Dette gøres for, at opnå viden omkring, hvilke barrierer folk i branchen ser som væsentlige, men ligeledes for at undersøge i hvor høj grad disse stemmer overens med de barrierer, som faktisk er oplevet i forbindelse med etableringen af de eksisterende fjernkøleselskaber. Derfor er der gennemført en række interviews med respondenter herfra. Valget af respondenter er begrundet i Afsnit 3.4, mens de udvalgte projekter er beskrevet i Bilag B.

I en fornyligt gennemført spørgeskemaundersøgelse, gennemført af Rambøll, identificeres de opfattede barrierer for implementeringen af fjernkøling, blandt 394 forsyningsselskaber, hvoraf 254 besvarede hele spørgeskemaet (Rambøll, 2014). Resultatet af denne undersøgelse er illustreret i Figur 7.1.



Figur 7.1: Opfattede barrierer blandt de adspurgte respondenter (Rambøll, 2014, p. 75)

Som illustreret i Figur 7.1 er de opfattede barrierer blandt respondenterne blevet sammenfattet i seks kategorier. Fordelingen af respondenternes svar er dog i stor grad afhængigt af deres interesse for fjernkøling, hvilket er illustreret i Figur 7.2.



Figur 7.2: Sammenhæng mellem interessen for fjernkøling og opfattede barrierer (Rambøll, 2014, p. 75)

På baggrund af Figur 7.2 kan der påvises en generel tendens til, at jo større interesse for fjernkøling respondenterne har, jo flere barrierer anser de som væsentlige. Dog opfatter de forsyningsvirksomheder, der allerede har etableret fjernkøling, væsentligt færre barrierer. Denne tendens kan potentielt have indflydelse på konklusionerne i dette speciale, da de interviewede respondenter allerede har etableret fjernkøling. Derfor kan visse barrierer komme til at fremstå mindre betydningsfulde, end de i realiteten er. Et eksempel på dette er fx de nuværende rammebetingelser, som af de respondenter med stor interesse identificeres som værende en af de væsentligste barrierer, mens den ikke angives som en barriere blandt eksisterende fjernkøleselskaber.

Der kan være flere forklaringer på disse forskelle. Men af undersøgelsen fremgår det, at der ligeledes er en klar korrelation mellem forsyningsvirksomhedernes viden omkring fjernkøling, og hvor stor deres interesse er (Rambøll, 2014). Dette påviser, at vidensniveauet blandt forsyningssselskaberne er betydende for deres interesse, hvorfor dette kan ses som en barriere. Denne barriere går muligvis forud for de andre, da det er en forudsætning, at forsyningssselskaberne kender til mulighederne for fjernkøling for at være interesseret i det. Af undersøgelsen fremgår det ligeledes, at 72 % af de adspurgte forsyningssselskaber har begrænset eller ingen viden omkring fjernkøling (Rambøll, 2014), hvorfor dette må betragtes som en betydningsfuld barriere.

Dette indikerer også, at det manglende kendskab til fjernkøling, som koncept resulterer i en begrænset viden omkring barriererne herfor. Denne tendens kan også identificeres i Figur 7.2, hvor det illustreres, at de forsyningssselskaber med begrænset interesse for fjernkøling angiver meget få barrierer. Store dele af denne respondentgruppe er sammenfaldende med de forsyningsvirksomheder, som har et begrænset kendskab til fjernkøling.

En anden forklaring på den tydelige forskel kan være, at der er en tendens til at de interesserede forsyningsvirksomheder overvurderer barrierernes betydning, da langt færre barrierer er identificeret blandt de etablerede fjernkøleselskaber.

På denne baggrund kan der ikke udelukkende tages udgangspunkt i de gennemførte interviews, da dette ville kunne give et fejlagtigt billede af de reelle barrierer. Derfor indeholder følgende kapitel en beskrivelse af de

barrierer, som er identificeres gennem litteraturstudie og samtaler med aktører i branchen, hvilket suppleres med synspunkter og erfaringer som er indsamlet gennem de gennemførte interviews.

Med udgangspunkt i de barrierer, som identificeres i Rambøll (2014) beskrives og diskuteres følgende grupper af barrierer i følgende afsnit:

- Tekniske løsninger
- Økonomi og finansiering
- Skat og afgifter
- Områdets kølepotentiale og kunder

De nuværende rammebetingelser analyseres ikke, som en særskilt barriere, men en del af barriererne, som beskrives herunder er som en konsekvens af de nuværende rammebetingelser. Udover de rammebetingelser, som beskrevet i Kapitel 6, inddrages også anden lovgivning, som fx selskabsskatteloven, der kan influere udbredelsen af fjernkøling. Som tidligere beskrevet er det hovedsageligt de kommunale fjernkølevirksomheder, som er begrænset af de nuværende rammebetingelser, hvorfor der fokuseres på disse, når de juridiske barrierer diskuteres.

7.1 Tekniske løsninger

På baggrund af Kapitel 4 kan det konkluderes, at fjernkøling har en række positive synergieffekter i forhold til det nuværende energisystem, hvorfor implementeringen af fjernkøling, som teknologi, ikke udgør en teknisk barriere. Indirekte kan de nuværende rammebetingelser dog, indirekte, danne en barriere, som påvirker den tekniske løsning.

Ifølge nuværende lovgivning er kommunale fjernkølevirksomheder, rent teknisk, begrænsede til, at basere deres fjernkøleanlæg på absorptions- eller firkøling (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Dette kan være hæmmende for udbredelsen af kommunalt ejet fjernkøling, da deres handlefrihed begrænses og de ikke nødvendigvis kan tilbyde deres kunder den mest hensigtsmæssige løsning (Rambøll, 2014). Det er nemlig langt fra sikkert, at absorptions- og firkøling er den mest hensigtsmæssige løsning i alle tilfælde, fx i et område hvor varmeprisen er dyr og der ikke er tilgængelig overskudsvarme eller i tilfælde med meget lave elpriser. Dette aspekt foreslås dog, jf. Afsnit 6.3, ændret i forbindelse med førømtalte lovændring, som vil give kommunalt ejede fjernkøleselskaber mulighed for at designe kølesystemet på den mest hensigtsmæssige måde, så længe synergieffekter med fjernvarmen udnyttes. Derved er de samme restriktioner ikke længere til stede, da både absorptions-, fri-, og kompressorkøling og kombinationer heraf kan være medvirkende til at skabe og udnytte synergieffekter med fjernvarmesystemet.

Som beskrevet i Afsnit 6.3 giver førømtalte lovforslag ligeledes mulighed for at kølesiden af storskala varmepumper, kan udnyttes, uden selskabsmæssig adskillelse. Dette medfører, at der kan opnås en højere energieffektivitet samt en forbedret selskabsøkonomi ved at investere i en storskala varmepumpe (Tang, 2013). Derved antages denne ændring ikke kun, at kunne have betydning for udbredelsen af fjernkøling, men ligeledes for udbredelsen af storskala varmepumper, der vurderes som en vigtig komponent i det fremtidige energisystem (CEESA, 2011; Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a; Mathiesen, et al., 2011).

Denne nye mulighed kan også antages, at influere den projektspecifikke risiko, ved at etablere fjernkøling. Dette skyldes, at hovedformålet ved investeringen i en storskala varmepumpe, formodentlig vil være at levere fjernvarme, hvorfor det må antages, at denne investering skulle gennemføres, uafhængigt af om kølesiden udnyttes. Derved kan beslutningen omkring udnyttelsen af kølesiden tages, når/hvis der er opnået et tilstrækkeligt kunde-

grundlag til, at de ekstra investeringer i fx et anlæg til udnyttelse af frikøling og distributionsnet vurderes at være rentable.

I forbindelse med de gennemførte interviews er de tekniske aspekter af fjernkøling heller ikke identificeret som en barriere. Det eneste tekniske aspekt som blev nævnt var i forbindelse med en række enkeltkomponenter, hvor kvaliteten ikke var tilstrækkelig og disse derved skulle udskiftes (Heje, 2014). Dette kan dog ikke betegnes som en barriere for implementeringen af fjernkøling, da det er en generel problemstilling. På den baggrund anses de tekniske aspekter ikke som værende en væsentlig barriere, hvis lovforslaget bliver vedtaget.

7.2 Økonomi og finansiering

Generelt anses manglende finansieringsmuligheder som en barriere for udbredelsen af fjernkøling, uafhængigt af ejerforhold (Rambøll, 2014).

For alle eksisterende varmforsyningsvirksomheder, som er reguleret efter hvile-i-sig-selv princippet, gælder det, at omkostninger der er forbundet med forundersøgelser, som kortlægning af kølebehovet samt driftsunderskuddet som følge af investeringerne i fjernkøling ikke kan finansieres gennem varmeprisen (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011; Rambøll, 2014). Dette medfører, at disse varmeværker, uafhængigt af ejerforhold er afhængige af, at fjernkøleaktiviteten kan finansieres på anden måde. Som beskrevet i Afsnit 6.2, medfører hvile-i-sig-selv princippet, at varmforsyningerne heller ikke må generere overskud, som kunne indgå i finansieringen af fjernkøling.

En måde hvorpå fjernkøleaktivitet kan finansieres er ved, at anvende den såkaldte 1981-indskudskapital, hvilket dækker over en række frie midler (Energitilsynet, 2012), som varmforsyningerne bl.a. kan anvende i forbindelse med etableringen af fjernkøling. Det er dog kun ældre varmeselskaber, som er etableret før 1981, der har denne kapital til rådighed (Rambøll, 2014). Finansieringen af HOFOR's fjernkøleværk, er muliggjort ved et indskudt på ca. 200 millioner fra kommunen, hvoraf 120 millioner blev givet som et lån og de resterende 80 millioner bestod af egenkapital (Willum, 2014 a).

Denne begrænsede finansieringsmulighed medfører at, specielt nyere varmeselskaber, er afhængige af tilførslen af ny indskudskapital eller muligheden for, at finansiere fjernkøleprojekter over varmeprisen, hvilket udgør en barriere for udbredelsen af fjernkøling.

En mulighed, i denne forbindelse, kan være at søge forskellige puljer, som kan være medvirkende til at finansiere fjernkøleprojekter. Der er dog ikke identificeret nogen nationale puljer, som henvender sig til forskning og udvikling indenfor fjernvarme/fjernkølesektoren, som det kendes fra elsektoren, hvor PSO-afgiften allokeres til, at fremme miljøvenlig elproduktion samt forskning og udvikling indenfor denne sektor (Energinet.dk, 2013). Manglen på sådanne puljer påpeges ligeledes af Dansk Fjernvarme, som efterspørger en lignende ordning i forhold til fjernvarme (Dansk Fjernvarme, 2010 a). I den forbindelse har de etableret en pulje, som skal anvendes til forskning og udvikling, men denne har et forholdsvis begrænset budget, på ca. 1 million årligt. Dog fremhæves fjernkøling som et fokuspunkt i forbindelse med denne pulje (Dansk Fjernvarme, 2010 a). På trods af denne pulje, kan den generelle mangel på nationale puljer ligeledes ses som en barriere.

På et europæisk plan kan der dog søges midler til, at analysere forskellige aspekter, i relation til fjernkøling. Der kan bl.a. søges midler til, at undersøge forskellige teknologiske aspekter, samt at analysere barrierer for implementeringen, herunder delelementer som at fjerne markedsbarrierer og reducere kundernes skepsis omkring

fjernkøling. Der kan både søges midler til projekter på et europæisk og et nationalt plan (Europa-Parlamentet, 2014).

Finansieringsmulighederne begrænses yderligere ved, at der ikke kan stilles kommunegaranti eller ydes andet tilskud i forbindelse med etableringen af fjernkøling (Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008). Kommunegarantien medfører, at der kan opnås meget fordelagtige lånebetingelser, da kommunerne har høj kreditværdighed, hvorfor kommunegarantien kommer til at fungere som indirekte støtte (HORTEN, 2011). Forbuddet mod udstedelsen af kommunegaranti kan derved virke hæmmende for udbredelsen af fjernkøling, da omkostningerne forbundet med lånoptagelsen vil stige, grundet den lavere kreditværdighed, hvilket kan være medvirkende til at bremse mange af fjernkøleprojekterne (Sørensen, 2010).

Der kan dog sættes spørgsmål ved, om dette reelt er en barriere, da omkostningerne i forbindelse med optagelsen af kommunekreditlån, som muliggøres af kommunernes garantistillelse, er stigende (Dansk Fjernvarme, 2013 e; Rasmussen, 2013; Dansk Fjernvarme, 2013 d; Damgaard, 2014). Dette skyldes, at kommunerne har mulighed for at opkræve en garantiprovision for denne garanti. Formålet med denne garantiprovision er at undgå, at der ydes indirekte statsstøtte, som derved virker konkurrenceforvridende, hvorfor størrelsen af denne skal afspejle renteforskellen mellem kommunekredit og et lån, som er optaget på det private lånemarked (Dansk Fjernvarme, 2013 d; Rasmussen, 2013).

Dette aspekt påpeges ligeledes af Søren Højmosen Damgaard, driftsleder for Thisted varmforsyning, som i dag driver fjernkølevirksomhed. Han mener ikke, at det reelt er en barriere for udbredelsen af fjernkøling, at der ikke kan stilles kommunegaranti, da garantiprovisionen er blevet så høj, at det er mere fordelagtigt at optage lån på det private marked, som derfor vil overtage store dele af lånene (Damgaard, 2014). Dette skal dog ses i lyset af, at fjernvarmeprojekter generelt er forbundet med meget lav risiko, hvilket burde afspejles i både den private lånerente og størrelsen af garantiprovisionen (Rasmussen, 2013). Der er dog ikke fastsat regler omkring fastsættelse af garantiprovisionen, hvorfor praksis varierer meget, nogle kommuner tager 0,2 % af lånebeløbet som en engangsydelse, mens andre opkræver op mod 1,5 % årligt (Rasmussen, 2013; Dansk Fjernvarme, 2013 d).

Risikoen ved etableringen af fjernkøling er dog betydeligt højere, hvilket skyldes, at det er ret kapitalintensivt, da der både skal investeres i produktionsenheder, distributionsnetværk osv. (International District Energy Association, 2008). Størstedelen af investeringerne skal laves i forbindelse med etableringen af fjernkøleanlægget, selvom dette ligeledes er tilfældet med fjernvarme vurderes risikoen, at være lavere, da der for det første er muligheden for at indføre tilslutnings- eller forblivelsespligt. Derudover består kundegrundlaget af mange mindre kunder, så frafaldet af enkelte kunder har ikke den store påvirkning på den samlede rentabilitet af projektet. Dette er dog ikke tilfældet for fjernkøling, hvor kundegrundlaget består af få store erhvervsbygninger, hvorfor frafaldet af enkelte kunder kan medføre, at selskabsøkonomien ikke hænger sammen, hvilket er uddybet i Afsnit 7.4. Derudover kan der på nuværende tidspunkt ikke anvendes virkemidler såsom tilslutningspligt eller lignende. Derfor antages risikoen, at være højere end det er tilfældet for fjernvarme, hvilket medfører, at lånerenten på det private marked kan forventes at være højere.

På denne baggrund kan det ikke vurderes, om den manglende kommunegaranti er en generel barriere, da den historisk lave rente (Danmarks Nationalbank, 2014; Horn, 2013) og den, i nogle tilfælde, høje garantiprovision medfører, at optagelse af lån på det private lånemarked kan være konkurrencedygtige. Derfor vil der skulle laves en konkret sammenligning af renterne på det private marked og garantiprovision i den enkelte kommune. Den manglende kommunegaranti vurderes dog ikke til, at være en af de mest indflydelsesrige barrierer. Det kan dog

ikke udelukkes, at det har en psykologisk effekt, forstået på den måde, at den manglende kommunegaranti kan skabe større usikkerhed hos de potentielle fjernkøleselskaber.

Varmeforsyningernes begrænsede egenkapital kan dog stadig påvirke udbredelsen af fjernkøling betydeligt, da det kan være problematisk at opnå den kritiske kundetilslutning på én gang. Dette medfører, at driften af et fjernkøleselskab i mange tilfælde vil ske med selskabsøkonomisk underskud, indtil kundetilslutningen er tilstrækkelig. Dette underskud skal finansieres gennem selskabernes egenkapital (Rambøll, 2014). Derved kommer manglende indskudskapital til, at udgøre en barriere, dog kan denne barriere ikke identificeres gennem de kvalitative analyser.

Som tidligere beskrevet medfører førømtalte lovændring, at de kommunale selskaber får mulighed for at samproducere varme og køling, vha. en varmepumpe, som reguleres efter varmeforsyningsloven. Dette medfører at de fjernvarmeværker, som investerer i en kompressorvarmepumpe ligeledes har mulighed for at finansiere investeringerne til et fjernkølenetværk samt en køleakkumuleringstank over varmeprisen (DBDH, 2013).

Derudover skal den producerede køling afsættes på markedsvilkår for, at undgå konkurrenceforvridning, og kommunerne får derved mulighed for at generere overskud. Dette kan påvirke forsyningsvirksomhedernes muligheder for, at opnå den fornødne finansiering til fx kortlægning af kølepotentialer samt udvidelser af kølenettet. Derfor kan denne ændring, på lidt længere sigt være medvirkende til, at udvide markedet for fjernkøling, da det kan gøre det lettere at opnå den fornødne finansiering til fremtidige analyser og udvidelser, indenfor samme selskab og derved reducere betydningen af ovenfor beskrevne barrierer.

7.3 Skat og afgifter

Ifølge selskabsskattelovens § 3, stk. 1, nr. 4 er fjernvarmeværker, som udgangspunkt fritaget for beskatning (Skatteministeriet, 2012). Denne skattefritagelse kan opnås på betingelse af, at alle indenfor forsyningsområdet har mulighed for, at tilslutte sig værket og at værkets udgifter udelukkende stammer fra aktiviteter, som er i overensstemmelse med værkets formål, jf. hvile-i-sig-selv-princippet (Skatteministeriet, 2012). Derved begrænses værkets aktiviteter til, at omfatte produktion og distribution af varme (Dansk Fjernvarme, 2010 b). Dette medfører, at denne skattefritagelse ophører, hvis fjernvarmeselskabet har sideordnede aktiviteter (Dansk Fjernvarme, 2010 b). I forbindelse med vedtagelsen af lovændringen gives der, som tidligere beskrevet, hjemmel til samproduktion af varme og køling, men udnyttelsen af kølesiden vil stadig medføre, at skattefritagelsen frafalder (DBDH, 2013).

Ved ophør af denne skattefritagelse, er det ikke kun indtjeningen fra den sideordnede aktivitet, som påvirkes, men den eksisterende varmeforsyning bliver ligeledes omfattet af skattepligten. Derved bliver det problematisk for allerede eksisterende fjernvarmeværker, at udvide deres forretningsområde til at omfatte fjernkøling. Dette fastslås i et bindende svar fra SKAT, hvori det ligeledes beskrives, at skattefritagelsen frafalder på trods af, at fjernkøleaktiviteten foregår i et separat selskab (Dansk Fjernvarme, 2010 b). Grunden til, at skattefritagelsen frafalder, er at prisen for fjernkøling ikke fastsættes efter hvile-i-sig-selv princippet, hvorfor betingelserne for skattefritagelsen ikke længere kan opfyldes.

Dette er mest problematisk for mindre varmeværker, som ikke producerer elektricitet. Hvis selskabet producere varme og el som samproduktion er både indtægter fra el og varmeproduktionen skattepligten (Skatteministeriet, 2012), hvorfor denne skattefritagelse reelt ikke får nogen betydning for eksisterende varmeforsyningsvirksomheder, som sideordnet producerer el. Derfor er denne barriere heller ikke identificeret gennem de gennemførte interviews, da alle respondenterne både producerer varme og el.

Skattepligten kan dog virke hæmmende på udbredelsen af fjernkøling, da dette udgør en barriere for, at de deciderede fjernvarmeselskaber kan gå ind i fjernkølebranchen, hvilket kan medføre at synergifordelene, såsom en øget energiudnyttelse ikke udnyttes. Derudover udnyttes det ikke, at de eksisterende fjernvarmeværker allerede er vant til at drive en forsyningsvirksomhed og at strukturen og organisationen derfor er til stede (Dansk Fjernvarme, 2013 c). Da dette har hjemmel i selskabsskatteloven, gælder det alle fjernvarmeværker, uafhængigt af ejerforholdene (Skatteministeriet, 2012). Det kan dog diskuteres om dette udgør en reel barriere, da langt størstedelen af forsyningsvirksomhederne, som er lokaliseret i de større byer, hvor potentialet for fjernkøling antages, at være størst, allerede er skattepligtige da deres anlæg producerer elektricitet. Derved vil etableringen af et fjernkøleselskab ikke få betydning herpå.

7.3.1 Afgiftsregler

Som illustreret i Figur 7.1 angives afgiftsreglerne som en væsentlig barriere, blandt de adspurgte forsyningselskaber. Derudover er afgiftsspørgsmål blevet nævnt i samtlige interviews med eksisterende fjernkøleselskaber, hvorfor afgiftsreglerne for fjernkøling beskrives herunder.

I forbindelse med fjernkøling pålægges der både afgifter på det anvendte drivmiddel (el eller varme) og den producerede overskudsvarme, hvis denne udnyttes (Rambøll, 2014 b). I dette afsnit fokuseres der dog udelukkende på afgifter i forhold til drivmidlet.

Da afgiftsreglerne ikke er identiske for fri-, absorptions- og kompressorkøling beskrives disse separat.

Frikøling

Udnyttelsen af frikøling er ikke forbundet med nogen afgifter, bortset fra at der skal betales afgifter til den mængde elektricitet, som anvendes til pumper osv. (ABB, 2011; Rambøll, 2014).

Absorptionskøling

Afgiftsreglerne omkring absorptionskøling er mere komplicerede. Som identificeret i Kapitel 4 er en af fordelene ved at anvende absorptionskøling, at der kan opnås en øget udnyttelsesgrad af overskudsvarme, som til dels produceres ved affaldsforbrænding og i forbindelse med kraftvarmeproduktion om sommeren. Denne varme er belagt med den såkaldte affaldsvarmeafgift (Skatteministeriet, 2010). En del af denne afgift kan dog godtgøres, hvis varmen anvendes til procesformål, som fx anvendelse i en absorptionsvarmepumpe (Skatteministeriet, 2010; ABB, 2011). Derudover er det en forudsætning, at varmen handles mellem to uafhængige virksomheder (ABB, 2011).

Dette medfører, at afgiftsfritagelsen kun kan opnås hvis varmepumperne ikke ejes af samme selskab som ejer den varmeproducerede enhed. Der kan dog sættes spørgsmålstejn ved, om dette udgør en reel barriere, da fjernkølevirksomhed allerede, jf. nuværende lovgivning skal drives i et separat selskab.

Derudover kan kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg fritages for affaldsvarmeafgiften, af den bortkølede overskudsvarme (Skatteministeriet, 2010; ABB, 2011). Derved begrænses incitamentet til udnyttelse af denne overskudsvarme, da det kan være mere rentabelt blot at bortkøle den (Ingeniøren, 2009).

For det første hæmmer dette førnævntes selskabers incitament til, at involvere sig i fjernkøleprojekter, dog vil afgiften stadig kunne godtgøres, hvis varmen afsættes til en uafhængig virksomhed, som anvender varmen til produktion af køling, vha. en absorptionsvarmepumpe.

Kompressorkøling

Køling som produceres af kompressorer er, som det er tilfældet med absorptionskøling, indirekte afgiftsbelagt, da der skal betales afgifter for den forbrugte elektricitet. Tidligere, før 2010, var det muligt at få godtgjort en del af elafgiften, hvis elektriciteten blev anvendt til komfortkøling (ABB, 2011). Denne mulighed blev dog afskaffet i forbindelse med afgiftsomlægningen pr. 1/1 2010 (ABB, 2011).

Denne afgiftsregel er dog ændret igen, og muligheden for afgiftsfritagelse for momsregistrerede virksomheder er igen til stede (SKAT, 2014). Dette kan blive en barriere for udbredelsen af fjernkøling, da det først og fremmest reducerer omkostningerne ved, at bibeholde de individuelle køleanlæg, som hovedsageligt anvender elektricitet. Derudover er kommunale fjernkøleselskaber, ifølge nuværende lovgivning, begrænset i deres valg af kølemetode, da de ikke kan oprette et selskab hvor kølingen hovedsageligt produceres som kompressorkøling, hvorfor denne afgiftslempelse ikke kan forventes at påvirke rentabiliteten af fjernkøleprojekter i samme grad.

De mange ændringer omkring fritagelse fra elafgiften viser med stor tydelighed, hvor usikre afgiftsudviklingen på området er, hvilket medfører en øget usikkerhed i forbindelse med fjernkøleprojekter. Denne usikkerhed kan være medvirkende til at afholde både forsyningsselskaber og potentielle kunder fra at investere i fjernkøling.

Som det fremgår af ovenstående gennemgang af afgiftsreglerne, er disse utroligt komplekse og involvere flere forskellige praksisser og lovtekster, som er varierende alt efter det konkrete projekts udformning. Derudover er der ifølge SKAT ikke endnu opnået en ensartet praksis, for tolkningen af afgiftsreglerne, hvilket ligeledes øger usikkerheden (Rambøll, 2014). Derved kommer komplicerede afgiftsregler til, at udgøre en barriere for udbredelsen af fjernkøleprojekter, da det kan være medvirkende til at afholde mange forsyningsvirksomheder fra at gå ind i fjernkølebranchen. Dette bekræftes ligeledes gennem de gennemførte interviews:

”Som jeg ser det så er den største barriere, at hvis man bliver ved med at sænke elafgiften, som man har gjort. Nu er el jo ligesom inde, for ikke ret lang tid siden var det forbudt at bruge el til boligopvarmning, nu er det nærmest det eneste rigtige, hvis du spørger energistyrelsen og hvis man også ser sådan på køling, og bliver ved med at favorisere og tage af afgiften, så kan vi slet ikke være med til sidst” (Damgaard, 2014).

Dette viser med stor tydelighed, at afgifterne har en stor indvirkning på rentabiliteten af projekterne og der lægges i den forbindelse vægt på, at en investering i et ledningsnet er en langsigtet investering og at usikkerheden omkring afgifternes udvikling formodentlig er en af de største barrierer for udbredelsen af fjernkøling (Damgaard, 2014; Hansen, 2014).

7.4 Kølepotentiale og kundegrundlag

En anden væsentlig barriere er forbundet med kølepotentialet og kundetilslutningen. Som beskrevet i Afsnit 1.5 er fjernkøling hovedsageligt fordelagtigt, i områder hvor flere store erhvervsvirksomheder, med et betydeligt kølepotentiale, er samlet indenfor en begrænset afstand af hinanden. Dette nødvendiggør, at det lokale kølepotentiale kortlægges inden der træffes en beslutning omkring etableringen af fjernkøling. Det kan dog være problematisk at opnå den fornødne finansiering til at igangsætte sådanne undersøgelser, jf. Afsnit 7.2. Som illustreret i Figur 7.1 og 7.2 angiver flere af de adspurgte forsyningsselskaber, denne barriere som værende indflydelsesrig, men af Figur 7.2 kan det ses, at det hovedsageligt er de mindre interesserede forsyningsselskaber, som anser det som en barriere. Der kan dog stille spørgsmålstegn ved, om et manglende kølepotentiale er en reel barriere, for skal der overhovedet etableres fjernkøling, hvis kølepotentialet ikke understøtter det?

Igennem de gennemførte interviews har alle respondenterne dog påpeget, at det har været problematisk at opnå en tilstrækkelig kundetilslutning. I Thisted har det været problematisk, at opnå en tilstrækkelig kundetilslutning, til at projektet kan blive rentabelt. Forud for etableringen af anlægget blev der gennemført en interesseundersøgelse, som viste en betydeligt større interesse, end den tilslutning som er opnået i dag. Dette skyldes, ifølge Søren Højmosen Damgaard, hovedsageligt finanskrisen som indtraf mellem gennemførelsen af undersøgelsen og etableringen af fjernkølingen (Damgaard, 2014). I forbindelse med fjernkøleselskabet i Hjørring er der oplevet identiske problemer, hvor kundetilslutningen ligeledes har været mindre end forventet (Heje, 2014). Dette har medført at begge anlæg er overdimensioneret, hvilket har forøget investeringsomkostningerne og grundet den lavere køleafsætning, er selskabsøkonomien i begge tilfælde presset (Damgaard, 2014; Heje, 2014). I forbindelse med HOFOR's projekt tog det ligeledes et stykke tid, før kundeinteressen begyndte at opstå. Grundene hertil beskrives af Mikkel Willum, som værende forskellige: nogle skulle skaffe pengene, andre skulle koordinere det med ombygninger og flere skulle først opnå et kendskab til teknologien (Willum, 2014 a).

Netop interessen og tilslutningen fra kunder identificeres af alle respondenter, som værende en væsentlig barriere, da rentabiliteten af et fjernkøleprojekt i høj grad er afhængig af denne tilslutning. I Bjerringbro har dette ikke været problematisk, men selskabet adskiller sig også betydeligt fra de andre. Der leveres, jf. Bilag B, hovedsageligt køling til Grundfos. Derfor havde de en meget klar indikation på hvor meget køling der blev efterspurgt og var sikret denne leverance fra dag ét, hvorfor de ikke på samme måde sårbare overfor ændringer i kundeopbakningen.

Det ændrede kundegrundlag kan ligeledes være en barriere, da de eksisterende fjernvarmeværker skal omstille sig til, at interagere med store erhvervsvirksomheder og ikke privatpersoner, som de er vant til (ABB, 2011; Energistyrelsen, 2007; Andersen & Foged, 2004). Dette aspekt påpeges ligeledes af Charles W. Hansen, som nævner, at det kan være problematisk at finde "et fælles sprog" og i den forbindelse nævner han at dette er en vigtig forudsætning for, at der kan opnås succes med at drive fjernkølevirksomhed (Hansen, 2014). Derfor havde Bjerringbro Varmeværk og Grundfos drøftet projektet i omkring fem år, forud for beslutningen om, at etablere fjernkøling blev truffet (Hansen, 2014). Dette understreger vigtigheden af, at have ordentlige aftaler med kunderne, inden projektet påbegyndes.

De identificerede problemer med kundetilslutningen kan indikere, at forsyningsselskaberne skal ændre deres markedsførings- og kommunikationsmetoder, i forhold til denne ændrede kundegruppe. I den forbindelse er det vigtigt at være opmærksom på, hvilke problemstillinger og barrierer der kan påvirke kundernes beslutning omkring tilslutningen til et eventuelt fjernkølenetværk. Derfor beskrives barrierer for kundernes tilslutningsvillighed og derved dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag i følgende afsnit.

7.4.1 Barrierer for dannelse af kundegrundlag

Dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag er en vigtig forudsætning for, at potentialet for fjernkøling kan udnyttes, jf. Kapitel 5. Derfor undersøges det i følgende afsnit hvilke barrierer, der er forbundet med dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag.

En af de helt centrale barrierer, for dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag er den manglende viden og information omkring fjernkøling, hvilket ligeledes bekræftes gennem flere af de gennemførte interviews. Som beskrevet i Kapitel 7 har 72 % af forsyningsselskaberne kun begrænset eller ingen viden omkring fjernkøling. Dette tal kan ikke forventes, at være højere hos potentielle kunder, tværtimod. Dette aspekt har formodentlig forholdsvis stor indflydelse på efterspørgslen for fjernkøling, hvilket også påpeges af Mikkel Willum, fra HOFOR, som påpeger at:

”Der er noget med kendskab til fjernkøling. Det er i hvert fald en væsentlig ting, at hvis ikke folk kender det (jernkøling), så har de ingen ide om, at det vil de gerne have” (Willum, 2014 a).

Et andet aspekt som kan influere kundernes interesse er ejerforholdene omkring erhvervskundernes bygninger, da en del af disse kunder lejer deres bygninger (ABB, 2011). Dette medfører at deres investeringslyst er kraftigt reduceret. Dette skal ses i sammenhæng med at tilbagebetalingstiden for et fjernkølingsprojekt kan være lang (ABB, 2011). Dette øger usikkerheden ved en sådan investering betydeligt, da der kan opstå tvivlsspørgsmål omkring eventuel forlængelse af lejeperiode osv.. På den anden side er investeringslysten, fra bygningsejeren, ligeledes begrænset, da der hovedsageligt opnås besparelser i forbindelse med driften og vedligeholdelsen, som en eventuel bygningsherre ikke vil få del i. Dette paradoks kan problematisere processen med, at opnå en tilstrækkelig kundetilslutning.

Som erfaringerne fra både Thisted og Hjørring viser, er det utroligt vigtigt, at selskaberne er sikret en kølelevance, som nogenlunde stemmer overens med det anlægget er dimensioneret efter, og derved undgår en situation, som fx i Thisted hvor den indkøbte varmepumpe aldrig har været anvendt (Damgaard, 2014). Det er med andre ord vigtigt at sikre sig, at kunderne rent faktisk tilslutter sig og ikke bakker ud i sidste øjeblik, hvilket var tilfældet i Thisted og til dels i Hjørring (Damgaard, 2014; Heje, 2014).

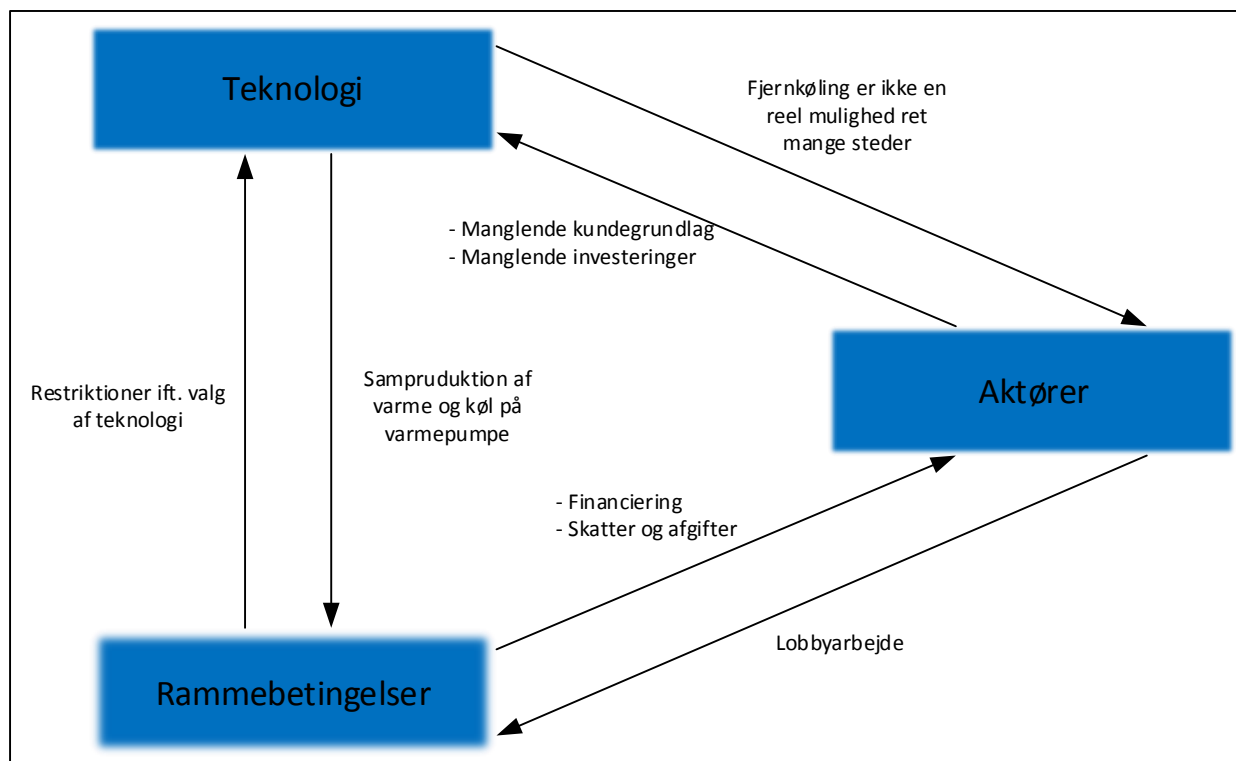
En anden problematik er, at flere store butikskæder allerede kan have indgået aftaler med en leverandør af køleanlæg, som leverer til alle kædens butikker. Dette problem blev pointeret i både Thisted og Hjørring, hvor en butikskæde er lokaliseret i de centre, som forsynes med fjernkøling, men ikke ønskede at tilslutte sig fjernkøle-nettet, da de allerede havde en standartløsning, som de anvendte i alle deres butikker (Damgaard, 2014; Heje, 2014). På trods af, at disse butikker stadig betaler en fast afgift, pr. kvadratmeter (Damgaard, 2014), var dette ikke nok incitament til at udskifte standartløsningen med fjernkøling.

Et andet aspekt i denne sammenhæng er, at en investering i et køleanlæg er en langsigtet investering, hvorfor det kan være problematisk, at få kunderne til at afskaffe deres eksisterende køleanlæg, før levetiden for dette er nået, eller at det som minimum er tilbagebetalt. Dette bevirker, at det kan blive meget svært at opnå en tilstrækkelig tilslutning fra dag et, da det må formodes at de individuelle anlæg vil skulle udskiftes løbende. Dette understreges ligeledes af Charles W. Hansen, som anser netop dette som en barriere for mange projekter (Hansen, 2014).

På baggrund af dette kan det konkluderes, at der er en række problemstillinger omkring at opnå den fornødne kundetilslutning til, at fjernkøleprojekter kan blive rentable, hvilket anses som en væsentlig barriere for at potentialet for fjernkøling i Danmark kan udnyttes.

7.5 Opsamling

På baggrund af dette kapitel kan det konkluderes, at der er en række barrierer, som påvirker udbredelsen af fjernkøling i Danmark. Hvis de identificerede barrierer sættes i forhold til forståelsesrammen for dette speciale kan det påvises, at der er barrierer, som påvirker alle tre aspekter, som illustreret i Figur 7.3.



Figur 7.3: Illustration af hvordan de identificerede barrierer påvirker aspekterne i et STS

Som det illustreres i Figur 7.3 er der identificeret en teknisk barriere omkring begrænsningerne i forhold til valget af produktionsmetoder, som ifølge nuværende lovgivning hovedsageligt skal baseres på absorptions- eller frikøling. Dette anses som en barriere og et eksempel på, at rammebetingelserne påvirker valget af teknologi. Betydningen af denne barriere elimineres dog, i forbindelse med ændringen af loven omkring fjernkøling, som bl.a. medfører, at samproduktion af varme og køling muliggøres. Dette kan ses som et eksempel på, at den teknologiske udvikling, udbredelsen af varmepumper til produktion af fjernvarme, påvirker rammebetingelserne. Teknologien påvirker dog også aktørernes ageren, da den manglende fjernkøling ikke giver kunderne et reelt valg, hvorfor de ikke har anden mulighed end at investere i individuelle køleløsninger.

Derudover har aktørerne mulighed for, at påvirke lovgivningen vha. lobbyarbejde, hvilket også har været tilfældet i forbindelse med udarbejdelsen af lovforslaget.

Der er ligeledes identificeret en række barrierer, som påvirker aktørernes ageren, hvoraf størstedelen er som en konsekvens af de nuværende rammebetingelser. Da fjernkøling er forbundet med store investeringer, er de manglende finansieringsmuligheder en begrænsende faktor for udbredelsen af fjernkøling. Et aspekt, som kan have indflydelse på finansieringsmulighederne er, at der ikke kan gives kommunegaranti til fjernkøleprojekter, hvilket kan ses som en barriere, selvom det i flere af de gennemførte interviews påpeges at denne mangel ikke har den store betydning, da omkostningerne forbundet hermed er blevet for høje. Der er dog en række muligheder, som kan påvirke denne manglende finansiering, da der ved ændringerne af lovgivningen åbnes op for muligheden, at fjernvarmeselskaber kan finansiere investeringen i en varmepumpe samt et køledistributionsnet og en køleakkumuleringsstank over varmeprisen, hvilket kan reducere denne barriers betydning betydeligt.

En anden barriere, som er en konsekvens af de nuværende rammebetingelser, er skatte og afgiftsreglerne. I forhold til skattelovgivningen specificeres det, at fjernvarmeværker mister deres skattefritagelse hvis de driver

fjernkølevirksomhed. Dette antages dog ikke at være en særlig vigtig barriere, da de fleste af forsyningsselskaberne, i de områder hvor fjernkøling er relevant, allerede driver sideløbende aktiviteter som fx elproduktion.

Derudover er de nuværende afgiftsregler identificeret som en barriere, hvilket hovedsageligt skyldes at disse er meget komplekse og at der ikke er opnået en fast praksis for, hvordan disse skal tolkes i forhold til fjernkøling. Der er ligeledes stor usikkerhed omkring den fremtidige udvikling af disse.

Det kan altså konkluderes, at de væsentligste barrierer for dannelsen af fjernkøleselskaber er:

- Manglende viden omkring fjernkøling
- Manglende finansieringsmuligheder
- Skatte- og afgiftsregler

Yderligere er manglende kundegrundlag identificeret, som en væsentlig barriere, udviklingen af kundegrundlaget er begrænset af følgende faktorer:

- Manglende viden omkring fjernkøling
- Bygningernes ejerforhold
- Eksisterende køleanlæg
- Bindende kontrakter

De identificerede barrierer påvirker attraktiviteten af fjernkølemarkedet, set fra en investors synspunkt. Derfor diskuteres dette i følgende kapitel, samt hvilke tiltag der kan være medvirkende til, at forbedre denne attraktivitet og derved fremme udbredelsen af fjernkøling.

8 Diskussion af attraktiviteten af fjernkølemarkedet

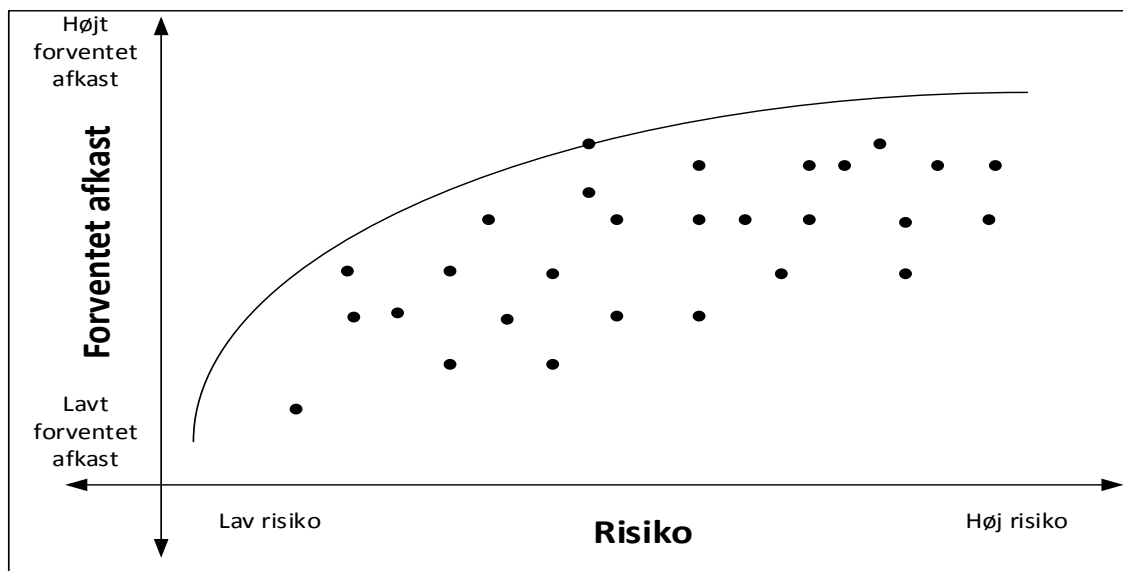
Som beskrevet i Afsnit 1.5 er det i dag meget få forsyningsselskaber, som er gået ind i fjernkølebranchen. For at give et kvalificeret svar på, hvorfor dette er tilfældet, diskuteres fjernkølemarkedets attraktivitet i dette kapitel. Markedets attraktivitet vurderes på baggrund af forholdet mellem det forventede afkast og den risiko, som er forbundet med et fjernkøleprojekt. Risikoen vurderes bl.a. på baggrund af de identificerede barrierer. På den baggrund diskuteres det, hvilke tiltag, der kan være medvirkende til, at påvirke risikoen enten ved, at nedbryde barrierer eller øge det forventede afkast, så investorer accepterer den forholdsvis høje risiko.

8.1 Attraktiviteten af fjernkølemarkedet

Som beskrevet i Afsnit 6.1 er fjernkølemarkedet et udelukkende kommercielt marked, hvorfor aktørerne antages at agere herefter.

Der kan dog sættes spørgsmålstegn ved, om dette er tilfældet, når det drejer sig om varmforsyningsselskaber, da disse er omfattet af hvile-i-sig-selv princippet. Dette medfører, at de ikke er vant til, at agere på et kommercielt marked og derfor ikke har erfaringer hermed. Et aspekt hvor dette fx kan have betydning er, når det drejer sig om forhandlinger af kontrakter med kunder, hvilket er påvist som et problem i forhold til de eksisterende projekter, da investeringsbeslutningen er taget uden, at der er skrevet kontrakt med et tilstrækkeligt kundegrundlag. Dette kan indikere at, disse hvile-i-sig-selv selskaber, skal vænne sig til at agere på et kommercielt marked.

Generelt bygges enhver investeringsbeslutning på en afvejning mellem risiko og forventet afkast (Markowitz, 1991; Markowitz, 1952). Dette medfører, at jo højere risikoen er, jo højere indtjening er nødvendig før investeringen kommer til, at fremstå som attraktiv for en investor. Et eksempel herpå er forskellen mellem obligationer og aktier, hvor afkastet ved, at investere i obligationer ikke er ret høj, men til gengæld er risikoen også meget lav. For aktier kan disse opdeles i risikogrupper, som generelt følger princippet om, at højere risiko medfører højere afkast. Dette princip er illustreret i Figur 8.1.



Figur 8.1: Egen illustration, baseret på principperne som beskrevet i (Markowitz, 1952; Markowitz, 1991).

Som illustreret i Figur 8.1 har Markowitz (1952 og 1991) defineret en optimal kombination mellem risiko og afkast. Derfor vil en investor forsøge at udvælge projekter, som ligger med mindst mulig afstand til denne linje. I

følgende afsnit diskuteres fjernkøleprojekters potentielle afkast og risiko med henblik på, at vurdere attraktiviteten af markedet.

8.1.1 Forventet afkast ved investering i fjernkøling

Det forventede afkast vil i høj grad afhænge af projektspecifikke aspekter, som opbygningen af anlægget, produktionsfordelingen mellem de forskellige teknologier, kundetilslutningen osv., da disse aspekter ikke er kendt på forhånd, vurderes det forventede afkast i dette speciale ud fra de opsamlede erfaringer fra de allerede eksisterende fjernkøleselskaber.

I forbindelse med de allerede eksisterende fjernkøleværker har det, specielt i Thisted og Hjørring, været svært, at opnå en tilstrækkelig kundetilslutning til at forrente den store investering, hvilket har resulteret i enten et meget begrænset overskud eller et decideret underskud. Fjernkøleselskabet i Thisted har en nettoomsætning, som udgør under 1 % af den samlede omsætning (Thisted Varmeforsyning, 2014), hvilket tydeligt viser, at fjernkøling er et meget lille forretningsområde, i forhold til fjernvarmen. Dertil kommer det, at det ikke i øjeblikket er selskabsøkonomisk rentabelt, at drive fjernkøling i Thisted. For, at det bliver rentabelt vurderes det, at der skal opnås en yderligere tilslutning af ca. 7 kunder, som aftager ca. 160 MWh køling. Til sammenligning afsætter de i dag ca. 470 MWh (Damgaard, 2014; Thisted Varmeforsyning, 2014).

De samme tendenser gør sig gældende i Hjørring, hvor det påpeges af Niels Peter Heje, at køleregnskabet udgør et meget begrænset budget, set i forhold til det samlede budget (Heje, 2014). Selskabsøkonomisk er det dog mere rentabelt. I 2013 gav anlægget i Hjørring et overskud på 0,2 millioner kr. (Hjørring Varmeforsyning, 2013).

Som det beskrives i Afsnit 4.4 forventes den største udbredelse af fjernkøling, at ske i de større danske byer, hvorfor HOFOR's fjernkøleselskab muligvis giver en bedre indikation på hvor stort et afkast, der kan forventes i forhold til fremtidige køleprojekter. I 2013 resulterede fjernkøleaktiviteterne i et selskabsøkonomisk overskud på ca. 3,2 millioner kr. og havde en samlet omsætning på ca. 23,6 millioner kr. (HOFOR, 2014). Selvom dette er betydeligt højere end for de førnævnte selskaber udgør omsætningen stadig under 1 % i forhold til omsætning for fjernvarmen (HOFOR, 2014).

Projektet i Bjerringbro adskiller sig væsentligt fra ovenfor beskrevne projekter, jf. Bilag B. Ifølge Charles W. Hansen resulterer projektet i et overskud på ca. 2 millioner, for både varmeværket og Grundfos (Hansen, 2014). Set i forhold til størrelsen af anlægget samt størrelsen af fjernvarmeforretningsområdet, udgør køling en væsentlig større del (Bjerringbro Varmeværk, 2013). Dette inkluderer dog den besparelse, der opstår som en konsekvens af, at en del af den naturgasproducerede fjernvarme substitueres med overskudsvarme fra køleproduktionen (Hansen, 2014). Det påpeges også, at den høje besparelse er som en konsekvens af, at den producerede varme erstatter naturgas, som er et forholdsvis dyrt brændsel, hvis det fx havde erstattet varme, som produceres på flis, havde besparelsen været betydeligt mindre (Hansen, 2014).

På baggrund af ovenstående beskrivelse af de selskabsøkonomiske aspekter, ved de eksisterende fjernkøleselskaber kan det konkluderes, at omsætningen og indtjeningen, som er forbundet fjernkøleaktiviteten er meget begrænset i forhold til fjernvarmen.

Denne diskussion er baseret på et meget begrænset datagrundlag, men kan give en indikation om, at det forventede afkast i forhold til fjernkøling er forholdsvis begrænset. Ifølge Figur 9.1 medfører dette, at projektet ikke kan klare en ret høj risiko, før den ikke er attraktiv for en potentiel investor. Derfor diskuteres risikoen ved en eventuel investering i fjernkøling herunder.

8.1.2 Risiko ved investering i fjernkøling

Som beskrevet i Kapitel 7, er der forholdsvis mange barrierer forbundet med investeringen i fjernkøling set fra forsyningsselskabets synspunkt. Disse barrierer medvirker, i kombination, til at øge risikoen ved en investering i fjernkøling. Formålet med dette afsnit er, at vurdere risikoen, som er forbundet med en fjernkøleinvestering samt hvilke tiltag, som kan reducere denne.

Generelt består den samlede risiko af flere delelementer, som i kombination afgør hvor højt et afkast der er nødvendigt for, at investeringen vurderes som værende attraktiv.

Systematisk risiko

Den systematiske risiko betegner den overordnede markedsrisiko, som derved vil påvirke alle projekter indenfor dette marked. Et eksempel på en faktor, som kan påvirke den systematiske risiko er konjunktursvingninger (EMD International, 2010; Finansministeriet, 1999).

I forhold til kølemarkedet defineres den systematiske risiko, som bestående af de faktorer, der påvirker usikkerheden for hele markedet. Som det er identificeret i Kapitel 7 er der flere barrierer som kan antages at have indvirkning på denne risiko. Flere af disse barrierer udspringer egentlig af et manglende politisk fokus på kølemarkedet som helhed, hvilket medvirker til, at der ikke har været gennemført tilstrækkelige analyser af hverken størrelsen eller udviklingen af kølebehovet. Dette har medført, at vidensgrundlaget er meget begrænset. Den manglende viden og politiske fokus påvirker muligvis ikke markedet for individuelle kølesystemer i så høj grad som markedet for fjernkøling, hvilket skyldes, at de individuelle anlæg ikke inkluderer store investeringer i infrastruktur, som et distributionsnet og bygninger til produktionsenhederne. Derudover dimensioneres de efter den enkelte kundes behov, hvorfor behovsanalyser af et større geografisk område ikke er så nødvendige.

Et andet aspekt som påvirker den systematiske risiko er de skiftende afgifter, i den forbindelse kan specielt forholdet mellem afgiftsbyrderne på henholdsvis overskudsvarme og elektricitet, som anvendes til, at producere varme eller køling fremhæves. Denne fordeling kan have stor indflydelse på hvilke projekter, som er selskabsøkonomiske rentable.

I Rambøll (2014) konkluderes det, at absorptionskøling ikke er rentabelt, med de forudsatte varme- og elpriser. Denne konklusion bygger dog på den nuværende afgiftsstruktur, hvor en del af elafgiften kan godtgøres, men ville denne konklusion stadig være gældende hvis fx elafgiften ikke kunne godtgøres? Derudover kan denne godtgørelse være medvirkende til, at individuelle køleanlæg bliver mere fordelagtige, hvilket kan reducere interessen og tilslutningslysten hos potentielle kunder. Selvom det konkluderes i Afsnit 7.4, at prisen ikke er den mest indflydelsesrige faktor, påpeges det dog, at der stadig skal kunne opnås en besparelse (Damgaard, 2014; Willum, 2014 b).

Sammenholdes dette med den gældende lovgivning, viser dette med stor tydelighed den manglende politiske holdning og de forskelligrettede signaler, som sendes omkring fjernkøling. I nuværende lovgivning begrænses kommunale selskaber i forhold til deres valg af produktionsmetoder netop til, at deres køleforsyning hovedsageligt skal basseres på absorptions- og frikøling. Dette samt føromtalt afgifts godtgørelse medfører, at der politisk på den ene side laves restriktioner for anvendelsen af kompressorkøling til fjernkøling, men på den anden side gør denne produktionsform mere rentabel. Dette vil indirekte reducere den økonomiske fordel for kunderne ved, at vælge fjernkøling, fremfor individuelle løsninger. Påvirkningen af denne forvridning elimineres dog i forbindelse med vedtagelsen af lovændringsforslaget, da dette ophæver føromtalt restriktion omkring valget af produktionsmetode. Det skal dog bemærkes, at denne afgiftsgodtgørelse i høj grad er tiltænkt som en måde at øge

incitamentet til, at investere i varmepumper (Wittrup, 2012), men som beskrevet ovenfor påvirker den ligeledes kølemarkedet.

Helt generelt kan afgifter være et virkemiddel til at give langsigtede signaler, om hvilken retning markedet bevæger sig i, og hvordan centrale parametre, som fx energipriserne vil udvikle sig i fremtiden (Det Økologiske Råd, 2010). Dette kræver dog, at afgifterne er designet med henblik herpå og ikke, som det er tilfældet i dag er præget af ”knopskydninger” (Reiermann, 2013). Ved knopskydning forstås, i denne sammenhæng, at afgifterne er blevet ændret i forhold til, hvilke specifikke problemstillinger der har været i fokus (Reiermann, 2013). Generelt kan en af årsagerne til knopskydning være et ønske om politisk profilering ved at signalere handlekraft, når der opstår et nyt problem i samfundet (Finansministeriet, 2001). Dette kan være problematisk når det overføres til udformningen af afgifter, da markedet derved ikke får de langsigtede signaler, som er nødvendige for at sikre et stabilt marked. Specielt på energiområdet, kan dette vise sig problematisk, da der er tale om investeringer med en lang levetid.

Problematikken omkring afgifterne er, som beskrevet i ovenstående afsnit, todelt. Ét aspekt er afgiftsfordelingen mellem de enkelte produktionsmetoder, som kan have indvirkning på, hvilken metode der er mest rentabel, mens det andet aspekt omhandler de manglende langsigtede signaler. I forhold til udbredelsen af fjernkøling anses begge aspekter som vigtige, men ud fra analyserne og de gennemførte interviews vurderes de manglende langsigtede signaler som værende mest indflydelsesrige. Dette skyldes at fx en godtgørelse af elafgiften selvfølgelig vil påvirke hvilke projekter, som er rentable, men hvis der er kontinuitet i de politiske signaler, kan investorerne forholde sig til det og derfor udforme deres projekter i henhold til dette. Hvis den derimod ændres løbende og uden en fast ”retning” kan det ændre de forudsætninger som investeringen er lavet ud fra fundemnetalt, fra den ene dag til den anden. Dette kan virkelig være medvirkende til, at øge usikkerheden omkring en investering i fjernkøling og andre projekter som påvirkes, at de samme afgifter. Dette beskrives også af Mikkel Willum som udtaler:

”Der har jo været nogle afgiftsændringer her den sidste tid, som har ændret på vilkårene, så det er da noget vi er interesserede i foregår på et eller andet jævnt niveau eller langsigtet niveau” (Willum, 2014 b).

Et eksempel på vigtigheden af denne politiske klare udmelding er investeringerne i havvindmøller, hvor politisk debat og forhandlinger omkring en reduktion af PSO-afgiften, allerede nu får investorer til, at genoverveje om de ønsker at investere i havvindmøller (Pedersen, 2014).

Som det er beskrevet i det ovenstående er der altså flere faktorer som har indflydelse på den systematiske risiko, men fælles for dem alle er, at disse er politisk bestemt. Derved kan den samlede systematiske risiko reduceres betydeligt ved, at der fra politisk side gives en klar udmelding omkring fjernkøling og hvilke retning energisystemet generelt skal bevæge sig i, og at afgiftsstrukturen revideres, så den i højere grad understøtter, at udviklingen går i den ønskede retning. Dette kan medvirke til, at stabilisere markedet og derved tiltrække flere investorer.

Fjernkøleprojekter er dog ikke kun påvirket af den systematiske risiko, men der er også en projektspecifik risiko. Denne diskuteres herunder.

Projektspecifik risiko

Den projektspecifikke risiko antages normalt, at kunne bortdiversificeres for en investor med en stor portefølje, da disse jo varierer fra projekt til projekt (EMD International, 2010; Finansministeriet, 1999). Som identificeret i Kapitel 5 forventes eksisterende forsyningsselskaber, at spille en central rolle i udbredelsen af fjernkøling, hvilket medfører, at denne projektspecifikke risiko kan forventes at have en indflydelse. Dette skyldes at disse forsyningsselskaber formodentlig ikke har en stor portefølje, som de kan diversificere denne risiko ud på, som det ville være tilfældet for et stort investeringsfirma.

Da fjernkøling er en forholdsvis kapitaltung investering (International District Energy Association, 2008), hvor der skal laves store investeringer i forbindelse med etableringen, mens indtjeningen fordeles over en længere periode, er den fremtidige indtjening meget vigtigt for rentabiliteten af projektet. Denne afhænger udelukkende af kundetilslutningen, hvorfor usikkerheder herom vil øge risikoen betydeligt.

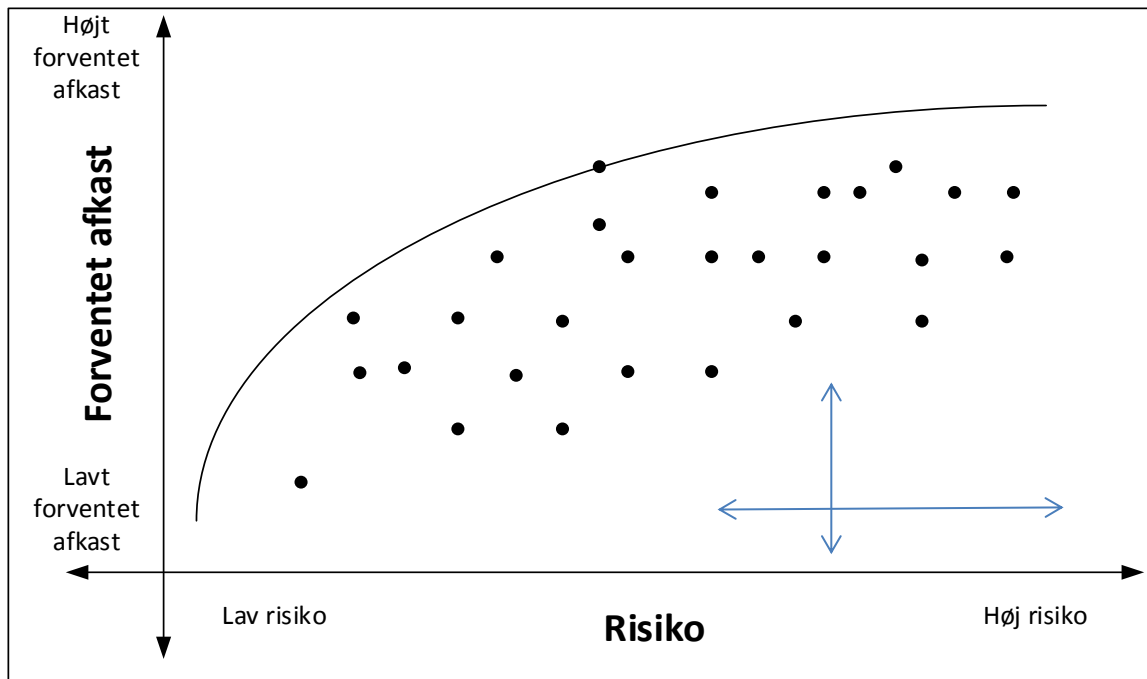
Når der tales om fjernkøling, associeres der, som nævnt ovenfor, ofte til store centrale værker, som leverer køling til et stort antal kunder. Men er dette nødvendigvis den rigtige måde at gøre det på? Som det beskrives af Mikkel Willum kan der være mange måder at udforme et fjernkøleanlæg på:

”Der kan jo være mange måder at indrette sig på, størrelsen er ikke nødvendigvis afgørende for, om man har en fornuftig køleleverance” (Willum, 2014 b).

Hvis der henvises til udviklingen af fjernvarme, er en stor del af fjernvarmeværkerne oprettet som andelsselskaber (Skov & Petersen, 2007). Samme selskabsstruktur kunne måske med fordel anvendes i forhold til fjernkøling, hvor kunderne selv kunne tage initiativ til, at gå sammen og investere i et fjernkølenetværk. Derved opnås fordelene ved fjernkøling, men på grund af størrelsen af anlægget reduceres investeringsomkostningerne og risikoen reduceres. Det skal dog bemærkes, at størstedelen af de andelsejede fjernvarmeværker blev opført i en periode, hvor samfundet oplevede stor vækst og havde gjort den gennem en længere periode (Skov & Petersen, 2007). Men da vi i øjeblikket befinder os i en periode, hvor efterveerne af den økonomiske krise stadig reducere investeringslysten i de fleste brancher, kan der dog sættes spørgsmålstegn ved om denne udvikling kan forventes, at ske i forbindelse med fjernkøling. Dette skyldes, at der ikke er ret stor interesse for køleforsyningen blandt kunderne og derudover er det økonomiske råderum formodentlig ikke så stort efter flere år med økonomisk krise. I forhold til fjernvarme faldt udbredelsen af disse andelsselskaber også betydeligt i forbindelse med de historiske økonomiske kriser (Skov & Petersen, 2007).

Denne tilgang er fx benyttet i Bjerringbro, hvor både Grundfos og Bjerringbro Varmeværk kunne se en række fordele ved, at lave en fælles investering i et fjernkøleanlæg og derved indgik en fælles aftale om, at lave investeringen og derefter dele overskuddet ligeligt (Hansen, 2014). Denne tilgang kan være medvirkende til, at reducere den del af risikoen som skyldes den store investering, da man derved vil være sikker på at opnå den leverance som køleanlægget er dimensioneret efter.

På baggrund af diskussionen af forholdet mellem forventet afkast og risiko kan attraktiviteten af fjernkølemarkedet, set fra en investors synspunkt, estimeres. Dette er illustreret i Figur 8.2.



Figur 8.2: Estimat over fjernkølings placering, ud fra forventet afkast og risiko. Egen illustration.

Som det illustreres i Figur 8.2 er den forventede indtjening ved fjernkøling ikke specielt høj, hvis der tages udgangspunkt i de eksisterende selskabers økonomi. Når dette sammenholdes med den forholdsvis høje risiko, som diskuteres i dette kapitel, kan det konkluderes, at ud fra et almindeligt investeringsteoretisk perspektiv er en investering i fjernkøling ikke ret attraktiv for en investor. Dette kan også indikeres ved, at udbredelsen er så begrænset, som det er tilfældet i dag. Der kan dog identificeres en stigende interesse for fjernkøling (Barky, 2014), hvilket kan indikere at investorerne indenfor fjernkøling ikke nødvendigvis følger de tendenser, som er beskrevet i Figur 8.2. Dette kan være som en konsekvens af, at de ikke er vant til at agere på et kommercielt marked.

Som konkluderet i dette afsnit er en stor del af den systematiske risiko et resultat af manglende politiske signaler og usikkerheder i forbindelse med udviklingen af afgifterne. Da ændringer heraf hovedsageligt kan påvirkes ved lobbyarbejde, fokuseres der i følgende afsnit på, hvilke tiltag der kan være medvirkende til, at nedbryde de identificerede barrierer for dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag, da dette kan reducere den projektspecifikke risiko. En forøgelse af kundegrundlaget kan potentielt både øge det forventede afkast ved, at sikre en tilstrækkelig køleleverance samt reducere risikoen ved, at investere i fjernkøling. Derfor undersøges det i følgende afsnit, hvordan betydningen af de identificerede barrierer for dannelse af kundegrundlaget kan reduceres.

8.2 Diskussion af barrierer for dannelsen af kundegrundlag

Som beskrevet i Kapitel 7 er der en række barrierer for både dannelsen af fjernkøleselskaber og et tilstrækkeligt kundegrundlag. Kundegrundlaget er identificeret som en af de væsentlige barrierer for dannelsen af fjernkøleselskaber og da dette er en barriere som forsyningsselskaberne selv har mulighed for, at påvirke og reducere fokuseres der i dette afsnit på virkemidler og tiltag, som kan være medvirkende til at øge kundegrundlaget og generelt interessen omkring fjernkøling.

Ifølge Afsnit 7.4 er der identificeres følgende barrierer, som påvirker kundernes incitament til at konvertere til fjernkøling.

- Bygningernes ejerforhold
- Eksisterende køleanlæg
- Bindende kontrakter
- Manglende viden omkring fjernkøling

8.2.1 Bygningernes ejerforhold

Som beskrevet i Afsnit 7.4 er det en udfordring, at få defineret, om det er lejereren eller ejeren af en erhvervsbygning, som skal lave investeringen i forbindelse med konverteringen til fjernkøling.

Det er svært at give et entydigt svar herpå, men helt overordnet vurderes denne barrieres betydning, at variere, alt efter om det er i forbindelse med nyetablering af bygninger eller allerede opførte erhvervsbygninger.

I forbindelse med nyetablering af erhvervsbygninger vil det virke mest hensigtsmæssigt, at det er bygherren (ejeren) som udføre investeringen i tilslutningen til et eventuelt fjernkølenet. Hvis tilslutningen til fjernkøling tænkes ind i planlægningen fra starten af, vurderes det at være forbundet med færre udgifter, at tilslutte bygningen til fjernkøling end, at investere i et konventionelt køleanlæg til bygningen (International District Energy Association, 2008).

Derudover kan tilslutningen være medvirkende til, at styrke bygningens grønne profil og på samme tid give en god termisk komfort og en reduktion af støjen fra airconditionanlæggene, hvilket kan forventes at øge bygningens attraktivitet overfor potentielle lejere. I den forbindelse kan det reducerede pladsforbrug medvirke til, at den samlede udnyttelse af bygningens areal øges, hvilket ligeledes vurderes som værende fordelagtigt for ejeren af bygningen, da han får mulighed for en højere lejeindtægt (Heggland, 2014).

På baggrund af dette vurderes det, at det i forbindelse med nyetableringer af erhvervsbygninger er oplagt, at ejeren af bygningen står for tilslutningen til fjernkølenetværket.

Etableringen af fjernkøling i forbindelse med ny udstykkede erhvervsparker/grunde er dog forbundet med en øget risiko for fjernkøleselskabet, da der kan være usikkerheder omkring udbygningshastighed osv. (International District Energy Association, 2008). På den anden side kan rørlægningen dog koordineres med udbygningen af fjernvarmenettet, hvilket kan være medvirkende til at reducere omkostningerne, for begge selskaber. Denne fremgangsmåde anvendes så vidt muligt i forbindelse med udvidelsen af fjernkølenettet i København (HOFOR, 2014).

I forbindelse med allerede etablerede bygninger kan det vise sig mere problematisk, at definere, hvem der skal betale for konverteringsomkostningerne. Ifølge Erhvervslejeloven har ejeren mulighed for at gennemføre forbedringer og at forrente disse gennem en forøgelse af lejen (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2011). I et nyt lovforslag udspecificeres det, at disse forbedringer inkluderer investeringer i bygningens køleforsyning (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014). Ifølge Erhvervslejelovens § 31 stk. 2, skal lejeforhøjelsen fastsættes efter følgende princip:

”Lejeforhøjelsen skal som udgangspunkt kunne give en passende forrentning af den udgift, der med rimelighed er afholdt til forbedringen, samt dække afskrivning og sædvanlige udgifter til vedligeholdelse, administration, forsikring og lignende” (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2011).

I gældende lovgivning er det dog ikke muligt for ejeren, at forlange; at der opsættes individuelle kølemålere i forbindelse med hvert lejemål, hvilket er en forudsætning for en korrekt afregning af forbruget af fjernkøling.

Dette ændres i føromtalt lovforslag på området, hvori det specificeres, at ejeren kan forlange at der opsættes individuelle målere til både varme og køleforbrug (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014). Dette medfører ligeledes, at der kan opstå incitament for at reducere køleforbruget hos den enkelte forbruger (Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014).

På denne baggrund kan det konkluderes, at det ud fra et juridisk synspunkt er bygningens ejer der skal investere i konverteringen til fjernkøling og finansiere denne investering over lejeforhøjelser. Disse lejeforhøjelser kan i sidste ende vise sig at være en økonomisk fordel for kunderne, da de som tidligere nævnt opnår en betydelig driftsbesparelse, som i nogle tilfælde kan overstige lejeforhøjelsen.

I forbindelse med allerede eksisterende bygninger, vil der i mange tilfælde derudover allerede være lavet investeringer i køleanlæg, hvilket adresseres i følgende afsnit.

8.2.2 Eksisterende køleanlæg

En af problemstillingerne, som kan influere kundetilslutningen er, at potentielle kunder ofte ikke er villige til at tilslutte sig et fjernkølenetværk, hvis de allerede har investeret i et konventionelt køleanlæg, jf. Afsnit 7.4. I dette afsnit diskuteres denne barriere samt mulige tiltag, som kan påvirke betydningen af denne.

Transitnetværk

En måde hvorpå påvirkningen af denne barriere kan reduceres, kunne være at oprette et ”transitnetværk”, hvor de allerede eksisterende køleanlæg forbindes i et midlertidigt kølenetværk. På denne måde kan flere af de samme fordele opnås, som hvis der blev etableret et samlet fjernkølenet. Der kan fx opnås en udjævning af køleprofilen, hvilket kan reducere den nødvendige kølekapacitet. Det reducerede behov for kølekapacitet medfører, at de mindst effektive eksisterende køleanlæg kan nedlægges og at den samlede COP faktor for systemet derved antages at kunne øges. Dette muliggør ligeledes en mere effektiv planlægning og etablering af kølenetværket, da det muliggør at etableringen kan påbegyndes, når et tilstrækkeligt kundegrundlag er tilsluttet transitnetværket. I forbindelse med fjernvarme er en effektiv planlægning og etablering vigtig (Fafner, 2012), og grundet de større ledningsdimensioner antages dette at have større betydning for etableringen af fjernkøling.

Derudover kan driften og vedligeholdelsen overlades til det fremtidige fjernkøleselskab, som ligeledes angives som en af fordelene ved fjernkøling, da driften formodentlig kan optimeres.

Etableringen af et transitnetværk har derudover en række andre fordele, såsom at kunderne involveres meget tidligt i processen, hvilket kan være medvirkende til at reducere risikoen for, at de springer fra senere i processen, som i forbindelse med etableringen af de eksisterende fjernkølenetværk, er identificeret som værende et reelt problem. I dette speciale gennemføres der dog ikke beregninger af de økonomiske konsekvenser af etableringen af sådanne transitnetværk, hvorfor det ikke kan konkluderes, om det er en rantabel overgangsløsning.

Generelt gælder det, at jo flere kunder, der kan kobles til fjernkølenetværket umiddelbart efter etableringen, jo bedre driftsøkonomi vil kunne opnås, hvilket kan være medvirkende til at reducere den projektspecifikke risiko for fjernkøleselskaberne og samtidig øge afkastet, hvilket kan gøre markedet mere attraktivt. Som beskrevet i Afsnit 6.4 skal der i forbindelse med forbuddet mod fornyelse af R22 kølemidlet udskiftes en del køleanlæg, hvilket kan vise sig at have indflydelse på dette.

Forbud mod R22 kølemiddel

I forbindelse med forbuddet mod R22, som kølemiddel, har Dansk Køleforening lavet en undersøgelse af hvor mange køleanlæg i Danmark, som anvender dette (Dansk Køleforening, 2014). I undersøgelsen deltog 24 af foreningens medlemmer, hvoraf 15 var udøvende køle- og varmepumpefirmaer, 6 var ejere eller slutbrugere mens 3 var rådgivende ingeniører. På baggrund af disse respondenter er det identificeret, at der i alt er ca. 680 køleanlæg, som anvender R22. Den størrelsesmæssige fordeling af disse er illustreret i Tabel 8.1.

Anlægsstørrelse	Antal anlæg
Små anlæg (0-10 kg)	457
Mellem anlæg (10-100 kg)	191
Store anlæg (Over 100 kg)	32

Tabel 8.1: Identificerede køleanlæg som anvender R22 som kølemiddel (Dansk Køleforening, 2014)

Som beskrevet i Afsnit 6.4 er det ikke tilladt at konvertere anlæg over 10 kg, til at anvende et andet kølemiddel, hvorfor disse anlæg skal udskiftes i løbet af en relativ kort periode. Dette formodes at kunne få en indvirkning på interessen for fjernkøling. Hvis de deltagende respondenter antages at, være repræsentative for de resterende kølefirmaer i Danmark, skønnes det samlede antal R22 køleanlæg at fordele sig, som illustreret i Tabel 8.2.

Anlægsstørrelse	Antal anlæg
Små anlæg (0-10 kg)	7000
Mellem anlæg (10-100 kg)	2483
Store anlæg (Over 100 kg)	316

Tabel 8.2: Estimat af antallet af R22-køleanlæg på landsplan (Dansk Køleforening, 2014)

Tallene i Tabel 8.2 er forbundet med stor usikkerhed og er udelukkende medtaget for at give en indikation om, hvor mange anlæg forbuddet mod R22 kølemiddel vil påvirke. Som illustreret i Tabel 8.2 estimeres det at der er omkring 2800 køleanlæg, som anvender R22 og som er på over 10 kg, hvorfor de ikke kan konverteres.

Kapaciteten af et køleanlæg som indeholder ca. 100 kg kølevæske er mellem 0,5 og 1 MW (Barky, 2014), altså mellem 5 og 10 kW pr. kg kølevæske. Hvis dette estimeres, at være gældende for alle de undersøgte anlæg, betyder dette, at de mellemstore anlæg udgør en kapacitet på mellem 124 og 1241 MW, mens de store anlæg svarer til en kapacitet på mellem 158 og 316 MW. Undersøgelsen inkluderer dog ikke data omkring den geografiske fordeling af disse anlæg, hvorfor det er svært at konkludere, hvor stor en del af disse det er realistisk at konvertere til fjernkøling. Det kan dog give en indikation om, at der er en betydelig mængde køleanlæg, på landsplan, som står overfor en udskiftning.

Erfaringer fra Sverige viser, at sådanne restriktioner på anvendelsen af kølemidler kan påvirke udbredelsen af fjernkøling, og dette kan have haft indvirkning på den positive markedsreaktion i forhold til implementeringen af fjernkøling, i Stockholm (Logstor, U.D.). Derfor ses dette forbud, som en klar fordel for udbredelsen af fjernkøling og kan derved være medvirkende til at reducere påvirkningerne af, ovenfor beskrevne, barriere omkring kundepotentialerne.

For at denne mulighed kan udnyttes, kræves det dog at fjernkøling er en reel mulighed, for de potentielle kunder, som står overfor en udskiftning af deres nuværende køleanlæg, som en konsekvens af denne lov. Derfor er det vigtigt for den fremtidige udbredelse af fjernkøling, at der hurtigst muligt gennemføres overordnede screeninger af potentielle områder for fjernkøling og i de enkelte områder gennemføres egentlige analyser af kundegrundlaget og deres holdninger omkring fjernkøling.

Hvis dette ikke sker og kunderne derfor ikke ser fjernkøling som et alternativ, kan ovenfor beskrevne lov virke hæmmende på udbredelsen, da de påvirkede kunder vil investere i nye individuelle køleanlæg og derved formodentlig vil miste en eventuel interesse for fjernkøling. Dette kan komme til, at have en stor negativ indvirkning på markedsudviklingen for fjernkøling.

Da det næppe er realistisk at udbredelsen af fjernkøling vil være tilstrækkelig til at undgå dette, kan det i områder, hvor potentialet vurderes, at være tilstrækkeligt og der er et fremtidigt ønske om at oprette et fjernkølenetværk, etableres mobile kølecentraler, som en midlertidig løsning. Dette kan også anvendes i forhold til at udskyde investeringen i et egentligt fjernkølenet til der er en tilstrækkelig andel af de potentielle kunder, som skal udskifte deres eksisterende køleanlæg.

Metoden med at installere foreløbige mobile kølecentraler blev, med succes, anvendt i forbindelse med udbredelsen af fjernkøling i Stockholm (Barky, 2014).

Allerede indgåede standarttaftaler

Igennem de gennemførte interviews er det identificeret, at visse butikskæder, har en standart løsning, i forhold til køling, hvorfor disse ikke har tilsluttet sig fjernkølenetværket, på trods af at det er etableret og tilgængeligt. Dette er både identificeret som et problem i Thisted og i Hjørring. En måde hvorpå denne barriere kan omgås på, kunne være at indskriv i lokalplanerne til ny-udstykkede erhvervsområder, at de opførte bygninger skal tilsluttes fjernkølenetværket, hvis et sådan er tilgængeligt og bygningen antages, at have et kølebehov. Betydningen af dette virkemiddel analyseres dog ikke nærmere, men det kan frygtes, at dette på den ene side vil få potentielle kunder til at vælge en anden location, men på den anden side kan det også ses som en værdiforøgelse, grundet føromtalt fordele, som implementeringen af fjernkøling kan medføre og derved forøge attraktiviteten af grunden.

I allerede etablerede erhvervsbygninger kan dette formodentlig ikke rigtig undgås, medmindre det fra politisk side opstår, et ønske og en vilje om at fjernkøling skal være en del af det fremtidige energisystem. Hvis dette er tilfældet kunne en mulighed være at pålægge disse virksomheder tilslutningspligt, som det kendes for fjernvarme. Dette er dog næppe realistisk, eller nødvendigvis en god ide, da det vil pålægge nogle virksomheder en ekstra udgift, til konvertering, mens virksomheder der ikke er lokaliseret i nærheden af et fjernkølenetværk vil være foruden denne.

Derudover kan der også stille spørgsmålstejn ved om fjernkøling skal implementeres for enhver pris, eller om det kun er fordelagtigt i de områder, hvor både kunderne og fjernkøleselskaberne kan se fordelene og derved har interesse i et fjernkølenetværk, da man ellers kan ende i en situation hvor der investeres store beløb, som aldrig vil tjene sig hjem (Willum, 2014 b; Hansen, 2014).

8.2.3 Bindende kontrakter

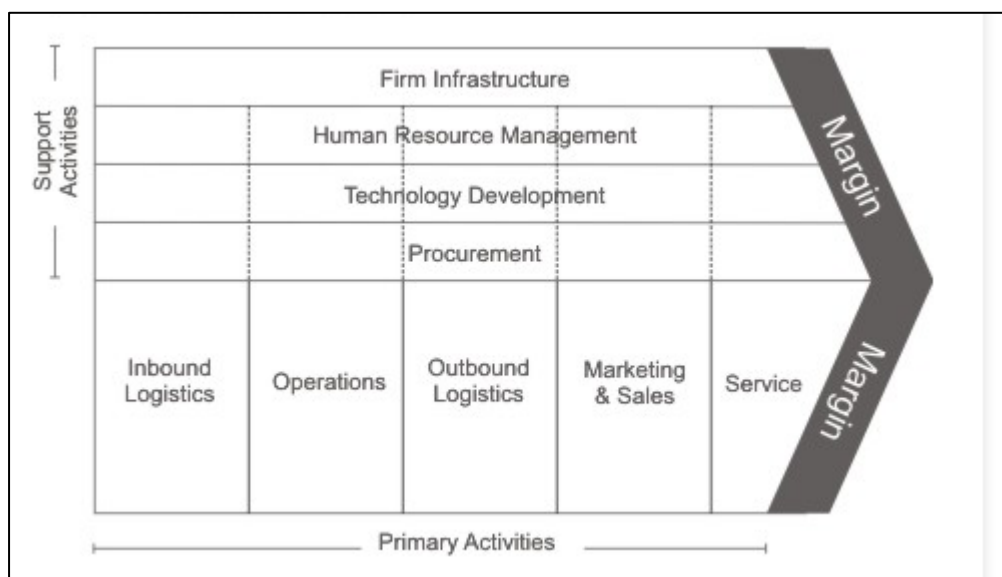
Både i Thisted og Hjørring var der problemer med at opnå en tilstrækkelig kundetilslutning og specielt i Thisted påpeges vigtigheden af at have en mere bindende aftale med kunderne, end de havde (Damgaard, 2014). Denne barrieres betydning kan formodentlig reduceres blot ved, at der opstår opmærksomhed på dette, blandt fjernkøleselskaberne. Erfaringerne fra Thisted viser, at det ikke er tilstrækkeligt at gennemføre en interesseundersøgelse, hvis kunderne ikke til en hvis grad bindes af denne, da deres efterfølgende tilslutninger er afhængige af eksterne faktorer, såsom en finanskrisen (Damgaard, 2014).

Dermed ikke sagt at hele kundegrundlaget skal være til stede fra dag et, men det er vigtigt at der er sikret et tilstrækkeligt kølegrundlag, til at investeringen bliver rentabel.

8.2.4 Manglende viden omkring fjernkøling

Som beskrevet i Afsnit 7.4.1 er der en problemstilling omkring manglende information og viden om fjernkøling blandt kunderne. Dette antages at have indflydelse på interessen, da kunderne ikke ved hvilke fordele, som er forbundet med fjernkøling, og derfor ikke efterspørger det. Dette kan ligeledes danne en barriere for etableringen af fjernkøleselskaber, jf. Afsnit 7.4, hvorfor markedsføring og forbedring af vidensgrundlaget hos kunderne, vurderes som værende en væsentlig forudsætning for, at potentialet for fjernkøling kan udnyttes.

I den forbindelse kan det pointeres, at en af grundene til denne manglende viden omkring fjernkøling formodentlig bunder i manglende interesse for køleforsyning generelt. For at forstå denne manglende interesse og hvorfor en virksomhed ikke har mere fokus på valget af køleforsyning, kan Porters værdikæde anvendes, da denne beskriver de forskellige aspekter, som medvirker til at generere værdi i en virksomhed. Dette er illustreret i Figur 8.3.



Figur 8.3: Porters Værdikæde (Porter, 1985)

Som illustreret i Figur 8.3 fokuseres der i denne model på en række aktiviteter, som er direkte eller indirekte medvirkende til at generere profit for virksomheden. Disse aktiviteter kan opdeles i primære aktiviteter, som inkluderer aspekter som produktion, vedligeholdelse og salg af en vare eller service. Dertil kommer en række sekundære eller supplerende aktiviteter, som ligger til grund for at de primære aktiviteter kan opretholdes og køre effektivt. Disse aktiviteter er dog ikke, i sig selv, værdiskabende for virksomheden, hvorfor der kan være en tendens til at disse nedprioriteres i forhold til de primære aktiviteter (Porter, 1985). Hvis køling ses i denne kontekst er det vigtigt, at der skelnes mellem komfort- og proceskøling. Proceskøling kan ses som en del af de supplerende aktiviteter, da denne er nødvendig for, at de primære aktiviteter kan opretholdes. På den anden side kan der stilles spørgsmål ved om komfortkøling på samme måde kan kategoriseres som en supplerende aktivitet eller om det ligger udenfor denne kategorisering. Dette skyldes at manglen på komfortkøling ikke nødvendigvis påvirker virksomhedens primære aktiviteter og derved indtjening. Hvis man fx ser på en stor kontorbygning, vil manglen på køling muligvis medføre en vis utilfredshed, men det vil ikke påvirke produktiviteten betydeligt,

selvom det selvfølgelig kan diskuteres om en medarbejders produktivitet reduceres på grund af et forringet indeklima, men under alle omstændigheder er denne effekt svær at kvantificere.

Dette kan indikere at køleforsyning generelt ikke fylder ret meget i de potentielle kunders bevidsthed, hvilket kan betyde, at de ikke hverken interesserer sig for eller har tilstrækkelig viden omkring deres køleforsyning til, at fjernkøling bliver betragtet som et interessant alternativ.

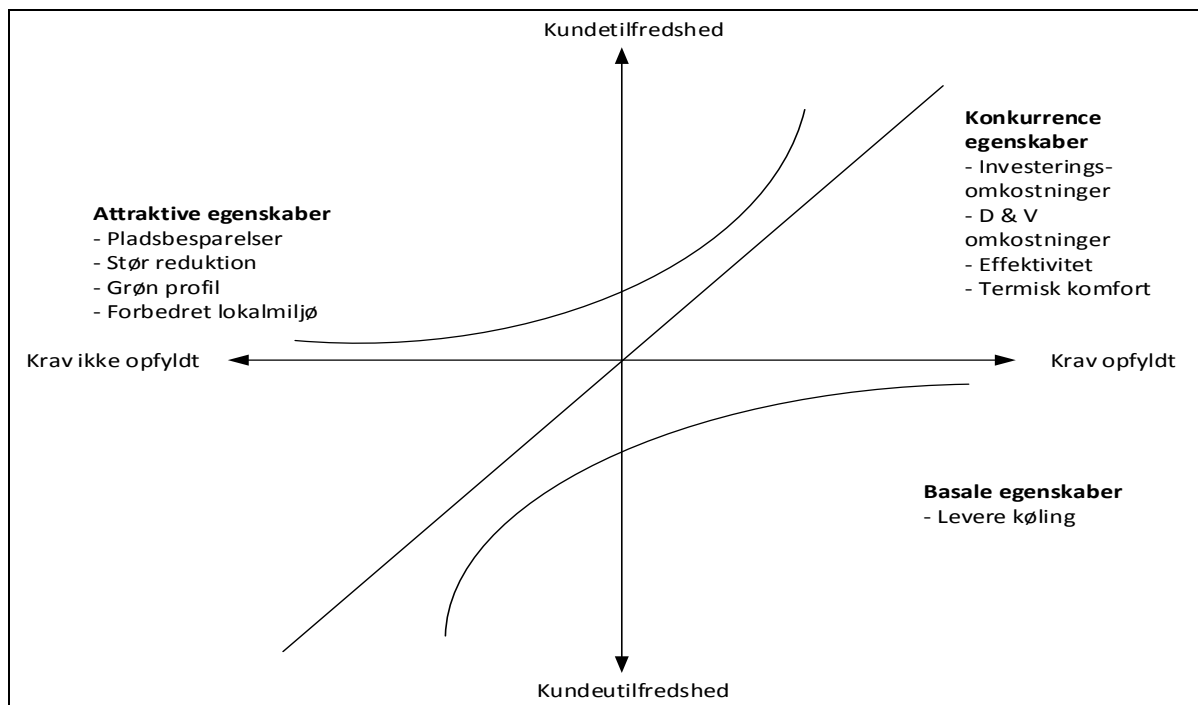
I de gennemførte interviews påpeges det ligeledes, at nogle af de problemstillinger som fjernvarmen oplevede i starten er sammenfaldende med de problemer, der kan identificeres i forhold til fjernkøling i dag.

”Jeg antager, at det er ligesom fjernvarme for mange år siden, hvor folk har været skeptiske og har tænkt, at det er da meget nemmere, at vi har vores eget oliefyr, men i dag er der ikke nogen der kunne komme i tanke om at installere et oliefyr i deres parcelhus, hvis der er fjernvarme lige udenfor. Det taler jo næsten sin egen sag” (Willum, 2014 b).

Dette påpeger, at et vigtigt aspekt i forhold til udbredelsen af fjernkøling er relateret til mangelen på viden og skepsis i forhold til den ”nye” forsyningsform, hvilket medfører, at en god og effektiv kommunikation og markedsføring af fjernkøling generelt er utroligt vigtigt for dannelsen af et tilstrækkeligt kundesgrundlag og derved for forretningsudviklingen (International District Energy Association, 2008). I følgende afsnit diskuteres hvilke emner og aspekter, som med fordel kan fremhæves i forbindelse med informations- og markedsføringsmateriale.

Fokus i informations- og markedsføringsmateriale

Som beskrevet ovenfor er information og markedsføring et vigtigt element i forhold til markedsudviklingen for fjernkøling, men der kan dog være stor forskel på hvordan denne information og markedsføring skal udformes, alt efter hvilken teknologi, der ønskes implementeret og hvilket kundesegment som ønskes påvirket, jf. Afsnit 3.4.2. Ifølge Kano’s teori omkring produktudvikling og kundetilfredshed, er det vigtigt, at være bevidst om hvilke egenskaber som et produkt kan tilbyde potentielle kunder og udforme informations- og markedsføringsmateriale på baggrund af dette. Figur 8.4 illustrerer kategoriseringen af de forskellige fordele som fjernkøling har, i forhold til Kano’s model.



Figur 8.4: Oversigt over placeringen af egenskaberne, som er forbundet med fjernkøling, i forhold til Kano's teori

Som illustreret i Figur 8.4, er den altoverskyggende basale egenskab at levere en stabil køleforsyning af kundens bygninger, men som illustreret kan en 100 % opfyldelse af kundens krav i denne forbindelse ikke resultere i øget kundetilfredshed, mens det kan give stor utilfredshed, hvis det ikke opfyldes. Hovedårsagen til dette er, at kunderne i mange tilfælde tager disse basale egenskaber for givet (Walden, 1993), og de derfor ikke interessere sig for dem, før det lige pludselig ikke virker. Hvis dette sammenholdes med Porters værdikæde kan det ligeledes påvises, at køleforsyningen ifølge Kano's teori skal placeres under de basale egenskaber, hvorfor kunderne ikke kan forventes at have decideret interesse herfor og i mange tilfælde tager det for givet.

For fjernkøling antages de vigtigste konkurrenceegenskaber, at være forbundet med investerings- og driftsomkostningerne, energieffektiviteten osv., altså parametre hvor fjernkøling direkte kan sammenlignes med individuelle køleløsninger. Det er hovedsageligt disse parametre som en virksomhed træffer en beslutning ud fra (Mind Tools, U.D.).

Hvis fjernkøling udelukkende sammenlignes, med individuelle køleanlæg, på baggrund af disse egenskaber, vil fjernkøling være konkurrencedygtigt på langt de fleste parametre, som beskrevet i Afsnit 1.5. Der kan dog sættes spørgsmålstegn ved om disse konkurrenceegenskaber er nok til at få kunderne til at skifte til fjernkøling. Dette problematiseres ligeledes i forbindelse med de gennemførte interviews, hvori det påpeges, at det ikke nødvendigvis er nok, at besparelserne er store, men at fjernkøling skal kunne tilbyde noget mere end en konkurrencedygtig pris (Hansen, 2014). Derudover påpeges det af Mikkel Willum, at prisen ikke er så afgørende, så længe der er en besparelse, er størrelsen af denne ikke nødvendigvis afgørende, og at det ofte er andre faktorer i spil med besparelsen, som er bestemmende for kundernes interesse i fjernkøling (Willum, 2014 b). Dette indikerer altså, at det ikke nødvendigvis er konkurrence egenskaberne, som er altafgørende for kundernes interesse for fjernkøling. Det gælder for fjernkøling, som flere andre produkter, at det ofte kan være de attraktive egenskaber, som kan være medvirkende til, at kunderne får interesse for produktet, da disse kan medvirke til at øge kundetilfredsheden betydeligt. Derved kan det være disse egenskaber, som i højere grad skal påpeges overfor potentielle

kunder. Som illustreret i Figur 8.4, stemmer mange af disse egenskaber overens med de fordele ved fjernkøling, som er fremhævet i Afsnit 1.5 og inkluderer aspekter som pladsbesparelser, støjreduktioner osv..

Som beskrevet i Afsnit 3.4.2 skal information og markedsføring dog tilpasses den kundegruppe som forsøges påvirket og de samme egenskaber ved fjernkøling kan derfor ikke forventes at påvirke de forskellige kundegrupper ens.

Hvis Kano's teoretiske betragtninger sammenholdes med udbredelsen af en ny teknologi, og hvilke aspekter de forskellige kundegrupper lægger vægt på, kan der ses en sammenhæng på flere punkter.

Teorien omkring udbredelsen af teknologier kan dog ikke anvendes direkte til at analysere udbredelsen af fjernkøling, da teknologier som fjernvarme og fjernkøling, adskiller sig fra andre teknologier. Dette skyldes, at fjernvarme og køling kun er en reel mulighed i de områder, hvor der er udlagt et distributionsnet. Dette medfører at denne analyse af kundepotentialet burde udføres i hvert enkelt forsyningsområde, og at de enkelte forsyningselskaber skal tilpasse deres markedsføring, alt efter hvor udbredt teknologien er i deres specifikke forsyningsområde. På trods af dette kan de teoretiske principper anvendes til at påvise visse tendenser.

Ifølge Shane (2008) betegnes de første kunder, som tager en ny teknologi til sig som "innovators" og vurderes til at bestå af ca. 2,5 % af markedspotentialet (Shane, 2008). I Danmark vurderes den samlede efterspurgt kølekapacitet til, at være omkring 5000 MW, hvoraf kun ca. 40 % er fundet samfundsøkonomisk fordelagtigt at dække med fjernkøling (Rambøll, 2014). Hvis dette sammenholdes med den nuværende installerede fjernkølekapacitet, på 40 MW, fås det at, ca. 2 % af det samfundsøkonomiske potentiale i dag er udnyttet på landsplan. Sammenholdes dette med "innovators", som beskrevet i Shane (2008), ses det, at det kundepotentiale, som kan betegnes som pionerer er ved at være dækket. Dette rejser spørgsmålet om, hvilke aspekter, der skal lægges vægt på for at udbrede fjernkøling til "early adopters" og efterfølgende hvordan kløften mellem denne forbrugergruppe og "the early majority" kan overvindes.

Generelt er "innovators" og "early adopters" forholdsvis tekniske og derfor kan det antages, at det er nemmere at overbevise disse grupper om fordelene ved fjernkøling, da mange af disse er relateret til de mere tekniske aspekter. Hvis dette sammenholdes med Kano's teori vil konkurrence egenskaberne formodentlig være tilstrækkelige til at tiltrække disse kundegrupper. "Early adopters" tillægger dog erfaringerne, som er opnået i forbindelse med "innovators" en relativt stor betydning, hvorfor det er vigtigt, at basere informations- og markedsføringsmateriale på disse erfaringer og fremhæve de fordele som eksisterende kunder har oplevet. Derfor er det vigtigt, at få viderekommunikere de positive erfaringer som de eksisterende kunder har oplevet.

Hverken "innovators" eller "early adopters" er specielt prisfølsomme, hvilket stemmer fint overens med de observationer, der er lavet i forbindelse med fjernkølenetværket i København. I forbindelse med interviewet med Mikkel Willum nævnes det, at prisen nødvendigvis ikke er altafgørende for deres kunder, så længe der er en besparelse, er størrelsen ikke så vigtig, når den er til stede sammen med de andre fordele. Dette indikerer, at de nuværende kunder befinder sig i en af de førnævnte kundegrupper.

På landsplan kan markedet for fjernkøling dog ikke antages at være så udviklet som det er tilfældet i København, derfor kan det vise sig fordelagtigt, at basere markedsføringsstrategierne for fremtidige fjernkøleselskaber på tekniske aspekter og fordele. Derudover er det vigtigt at fremhæve de positive erfaringer fra eksisterende kunder.

Når fokuspunkterne for både "innovators" og "early adopters" sammenlignes, kan det ses at disse minder en del om hinanden. Der hvor kundernes krav for alvor begynder at skifte karakter, er når fjernkøling skal udbredes

blandt ”the early majority”. Som beskrevet i Afsnit 3.4.2 bevæger denne forbrugergruppes fokus sig væk fra de tekniske aspekter og hen mod mere praktiske overvejelser (Shane, 2008). Deriblandt, at der er tale om et komplet produkt, som kan være værdiskabende for kunden og gøre deres hverdag lettere. Når dette kundesegment skal adresseres, er det derfor vigtigt at ændre det tilbudte informations- og markedsføringsmateriale til i højere grad, at fokusere herpå i stedet for de tekniske aspekter.

Til dette kundesegment kunne der fx lægges vægt på, hvordan fjernkøling kan øge forsyningssikkerheden og at drift og vedligeholdelse kan overlades til fjernkøleselskabet. Aspektet med, at fjernkøling skal have mere at tilbyde for at blive attraktivt, påpeges ligeledes af Charles W. Hansen, som mener, at fjernkøling skal kunne tilbyde kunderne mere end en økonomisk besparelse, for at kunne tiltrække dem (Hansen, 2014). Dette mener han dog også er tilfældet, hvor han specielt påpeger at der frigives noget plads, som før skulle anvendes til kølemaskiner eller køletårne. Dette aspekt kan specielt være vigtigt i de større danske byer, hvor kvadratmeterprisen er høj og selv små forbedringer af pladsudnyttelsen kan være attraktive for kunden (Willum, 2014 b).

I den forbindelse kan det ligeledes påpeges, at der kan opnås en støjreduktion og derved en forbedring af lokalmiljøet (ABB, 2011; Hansen, 2014). Et andet aspekt som kan vise sig at være fordelagtigt at påpege overfor denne kundegruppe er, at der kan opnås en bedre termisk komfort, end ved at anvende individuelle køleanlæg (Damgaard, 2014).

Sammenlignes dette med pointerne, som beskrevet af Kano, begynder kunderne altså at stille højere krav til teknologien og informations- og markedsføringsmaterialet skal derfor i højere grad fokuseres på de attraktive egenskaber, som er illustreret i Figur 8.4.

Som opsamling på disse teoretiske overvejelser kan det sammenfattes, at det i forbindelse med ”innovators” og ”early adopters”, som har en forholdsvis stor teknisk viden, kan være tilstrækkeligt at fokusere på de mere tekniske aspekter. Flere af disse aspekter er kategoriseret som konkurrence-egenskaber, hvorfor markedsføringen og informationen med fordel kan basseres herpå for at ramme disse kundesegmenter.

Som det pointeres i Shane (2008) begynder det tidlige flertal, at interessere sig mindre for de tekniske aspekter, hvorfor konkurrence-egenskaberne, ikke nødvendigvis er tilstrækkelige til at skabe interesse hos dem. Derved vil en informations- eller markedsføringsstrategi, som hovedsageligt fokuserer herpå ikke være tilstrækkelig til at skabe interesse hos disse kunde grupper. Dette nødvendiggør, at der i højere grad fokuseres på de attraktive egenskaber, som i højere grad stemmer overens med de aspekter som disse kunde grupper prioriterer.

I ovenstående diskussion er der lagt vægt på hvilke aspekter og fordele informationen til kunderne skal fokusere på, for at ramme de forskellige kunde grupperinger. Der tages dog ikke højde for hvilke aktører, der kan påtage sig opgaven om at udbrede denne information.

Denne rolle kan påtages af flere aktører, som anser udnyttelsen af potentialet for fjernkøling som en positiv udvikling. På et helt overordnet plan kan et øget politisk fokus være medvirkende til, at øge opmærksomheden omkring fjernkøling og de fordele, der er forbundet hermed. Dette vil ikke kun påvirke vidensniveauet hos potentielle kunder, men som belyst i Kapitel 7 påvirker den manglende viden ligeledes etableringen af fjernkøleselskaber. Fra politisk side har dette fokus dog manglet, men det virker som om, at det er begyndt at komme, da fjernkøling begynder at blive nævnt som en mulighed i flere af de officielle strategier og planer, som fx regeringens vækstplan for energi og klima, samt regeringens smart-grid strategi. I disse fastslås det, at synergieffekterne mellem fjernvarme og – køling skal belyses og udnyttes, hvis de viser sig hensigtsmæssige (Regeringen, 2013;

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a). Dette tyder altså på, at de danske myndigheder ligeledes begynder at betragte fjernkøling som en reel mulighed og et komponent i det fremtidige energisystem.

Derudover er der blevet gennemført en analyse af det landsdækkende potentiale for fjernkøling (Rambøll, 2014). Specielt kortlægningen af det overordnede potentiale kan forventes, at kunne have indflydelse på udbredelsen af fjernkøling, da denne ikke kun medvirker til at øge informationsniveauet, men derudover analyserer potentialerne, som netop også er identificeret som en barriere for dannelsen af fjernkøleselskaber. Selvom rapporten ikke bidrager med detaljerede kortlægninger af potentialer, kan den give en indikation om i, hvilke områder det kan være fordelagtigt at igangsætte mere detaljerede undersøgelser af fjernkølepotentialet.

Derudover kan rådgivere og interesseorganisationer have en indflydelse på dette, da de ligeledes kan være med til at øge informationsniveauet ved fx at holde seminarer og andre præsentationer omkring fjernkøling.

Både det politiske fokus samt rådgiverne og interesseorganisationernes informations arbejde kan være medvirkende til at højne den generelle viden omkring fjernkøling, men dette kan dog ikke forventes, at kunne erstatte en mere målrettet markedsføring fra de enkelte fjernkøleselskaber. Dette skyldes, at markedsføringsmaterialet skal tilpasses alt efter hvilke kundesegment der skal påvirkes og dette kan forventes at variere betydeligt mellem de forskellige forsyningsområder. Derudover vil der være regionale forskelle på, hvilke fordele der vil være fordelagtige at fremhæve, fx vil pladsbesparelserne formodentlig være mere betydningsfuld i områder med en høj kvadratmeterpris, end i områder hvor denne er lavere.

8.2.5 Erfaringer fra udbredelsen af fjernvarme

Søren Højmosen Damgaard sammenligner de problemstillinger som han har oplevet i forbindelse med udbredelsen af fjernkøling med at ”*sælge fjernvarme i en by som er elopvarmet*” (Damgaard, 2014). Derfor undersøges det i dette afsnit hvilke virkemidler, som har været anvendt til at udbrede fjernvarme i Danmark og specielt i forbindelse med elopvarmede bygninger.

På flere fronter kan udbredelsen af fjernkøling godt sammenlignes med udbredelsen af fjernvarme i elopvarmede byer, da begge initiativer, kræver rimelig store investeringer i forbindelse med konverteringen. Besparelserne opnås derefter løbende, da drifts og vedligeholdelsesomkostningerne reduceres. Derudover har kunderne allerede en fungerende varmeløsning.

Som det pointeres af Søren Højmosen Damgaard ser han en række ligheder mellem udbredelsen af fjernvarme i elopvarmede områder og udbredelsen af fjernkøling, hvorfor det i følgende afsnit undersøges hvilke virkemidler der har været anvendt til at konvertere elopvarmede bygninger og deres anvendelighed i forhold til fjernkøling diskuteres.

En af de store succeser i forbindelsen med konverteringen af elopvarmede bygninger kan tilskrives de initiativer, som blev lavet i forbindelse med arbejdet i Elsparefonden, som dog er blevet afløst af Center for Energibesparelser (Go energi), som sidenhen er blevet nedlagt (Bredsdorff, 2012). Formålet med Elsparefonden var, at opnå elbesparelser i private boliger og yde tilskud hertil (Linnebjerg, 2010). Konkret har en stor del af dette arbejde koncentreret sig omkring konverteringen fra elvarme til fjernvarme.

Ifølge Dansk Fjernvarme har Elsparefondens arbejde med konverteringen af elopvarmede bygninger resulteret i elbesparelser på ca. 362 GWh (Linnebjerg, 2010). Til sammenligning kan der, jf. analyserne i dette speciale spares op mod 792 GWh elektricitet, ved at udnytte potentialet for fjernkøling. På den baggrund kan det virke

kontraintuitivt, at der ikke gøres mere for at skabe opmærksomhed på fordelene ved fjernkøling for på den måde at fremme udbredelsen.

En stor del af arbejdet, som blev udført af Elsparafonden bestod i at informere potentielle kunder om fordelene ved fjernvarme, via diverse kampagner. Derudover er der blevet givet en del økonomisk støtte til konverteringen, som blev finansieret af en bevilling på ca. 90 millioner kr. (Linnebjerg, 2010). Der kan dog stilles spørgsmålstegn ved om decideret støtte er nødvendig i forhold til udbredelsen af fjernkøling, da flere projekter allerede er startet, uden støtte, og flere er på vej, hvilket indikerer at der er tale om en god ide (Fjernvarme, U.D.).

Hvis det viser sig, at det bliver nødvendigt at støtte udbredelsen af fjernkøling, kan det vise sig problematisk at give massive subsidier i forbindelse med etableringen af anlægget, da dette kan være medvirkende til at forcere en udvikling, som på et senere tidspunkt kan vise sig at være uhensigtsmæssig eller urentabel. Dette var fx tilfældet i forbindelse med den store udbygning af decentrale, naturgasfyrede, kraftvarmeværker. Som på sin vis blev opført på et utilstrækkeligt økonomisk grundlag, da staten støttede udviklingen (Skov & Petersen, 2007). Dette er en klar ulempe ved at gå ind og give støtte i forhold til udbredelsen af en konkret teknologi og de samme tendenser kunne frygtes, hvis udbredelsen af fjernkøling blev kraftigt subsidieret. Denne problemstilling nævnes ligeledes af Mikkel Willum, som udtaler:

”Jeg syntes helt sikkert man skal kigge på, hvor kan der laves fjernkøling, men jeg syntes heller ikke, at man skal gøre det til et mantra at får vi noget fjernkøling, så er alle problemer løst. Det er de langt fra, der hvor kundetætheden er stor er der ide i det, ellers er det dyrt at etablere rør og der skal nok noget argumentation til. Det er muligt at der er andre der har en anden opfattelse, men ud fra mit kendskab til sagen så er det ikke sådan, at man kan sige, at bare man får fjernkøling, så er alt godt. Der er en masse ting i det, som man skal overveje og specielt omkostningen til at lægge rør. Der kan jo være mange virksomheder, som bruger køling, men hvis ikke de ligger tæt op af hinanden, så er ideen måske begrænset. Så der hvor der er stor tæthed der er det en god ide og der hvor man har en tæthed der lige præcis er for lille, der skal man nok lade være” (Willum, 2014 b).

Hvis der skal gives støtte til fjernkøling, kan der argumenteres for at, denne med fordel kan gives i forbindelse med konverteringen af kunderne. På denne måde undgår man ovenfor beskrevne problemstilling. Dog kunne en form for konverteringsstøtte, som det er blevet anvendt i forhold til konverteringen af elopvarmede bygninger, være medvirkende til at øge kundeinteressen og tilslutningen og derved øge attraktiviteten af markedet.

Som et alternativ til direkte støtte, kunne en model overvejes, hvor det bliver muligt for kunderne/forsyningsselskaber kan ”sælge” de energibesparelser som opnås ved at implementere fjernkøling til et net- og distributionsselskab. Dette er ikke en mulighed i øjeblikket, men undersøges på nuværende tidspunkt (Kristensen, 2014). Hvordan de opnåede energibesparelser konkret skulle udregnes, analyseres dog ikke i dette speciale.

9 Konklusion

Som et led i at nå den politiske målsætning om, at det danske energisystem skal omstilles til 100 % vedvarende energi i 2050, har der gennem længere tid været fokus på el- og varmforsyningen. Køleforsyningen er dog blevet overset, hvilket har medført, at der er meget begrænset viden omkring det faktiske kølebehov og hvor stort et energiforbrug samt besparelspotentialer, der er forbundet hermed. På denne baggrund er følgende problemformulering udarbejdet.

Hvor store besparelspotentialer, i bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen, er forbundet med udnyttelsen af potentialet for fjernkøling og hvilke barrierer er forbundet med implementeringen heraf?

For at besvare denne problemformulering, er der udarbejdet tre underspørgsmål. Disse besvares separat, hvorefter disse svar afslutningsvis besvarer den overordnede problemformulering. Det første underspørgsmål, som besvares, lyder således;

- *Hvor stort er besparelspotentialet ved implementering af fjernkøling?*

For at analysere disse besparelspotentialer og derved besvare dette underspørgsmål opbygges en model i EnergyPLAN, som anvendes til at kvantificere besparelserne samt påvise hvordan fjernkøling påvirker det samlede energisystem. Resultaterne er illustreret i Tabel 9.1

Kølebehov [TWh]	Allokeret elforbrug [TWh]	Bruttoenergibesparelse [TWh]	CO ₂ reduktion [ton]
3,3	0,89	1,13	384.000
5,5	1,49	1,73	596.000
9	2,43	2,52	891.000

Tabel 9.1: Opsummering af besparelspotentialerne ved implementering af fjernkøling

Som illustreret i Tabel 9.1 kan der i forbindelse med en eventuel storskala implementering af fjernkøling i Danmark, hvor hele det identificerede kølebehov konverteres til fjernkøling, opnås besparelser i bruttoenergiforbruget på henholdsvis 1,13; 1,73 og 2,52 TWh. Derudover er en reduktion af CO₂ emissionen på mellem 384.000 og 891.000 tons identificeret, som ligeledes er afhængig af det forudsatte kølebehov.

Ud fra en samfundsøkonomisk betragtning, er det dog kun 43 % af kølebehovet, der er rentabelt at konvertere til fjernkøling, da fjernkøling er meget kapitalintensiv, og rentabiliteten er derfor afhængig af en høj koncentration af kunder indenfor, som er placeret tæt sammen. Dette medfører, at et kølebehov på 3,87 TWh konverteres til fjernkøling. Ved at udnytte dette potentiale kan der opnås en besparelse på ca. 1,3 TWh i bruttoenergiforbruget, og Danmarks samlede CO₂ udledningen kan reduceres med ca. 445.000 tons.

Disse besparelser opstår som en konsekvens af de fordele, som implementeringen af fjernkøling har på det samlede energisystem. I forbindelse med implementeringen af denne andel af fjernkøling, substueres 1,05 TWh fra det samlede elforbrug. Denne del modelleres derefter som fjernkøling, hvilket medfører, at en del af dette erstattes af enten varme, i form af absorptionskøling eller frikøling. Derudover produceres andelen, som stadig består af kompressorkøling, mere effektivt.

Dette har en række positive effekter på energisystemet, hvilket inkluderer en omfordeling af elforbruget, som flyttes fra sommerperioderne. Som konsekvens af implementeringen af absorptionskøling, forøges varmebehovet ligeledes i sommerperioden, hvilket medfører, at en større andel af den modellerede overskudsvarme kan udnyt-

tes. Derudover effektiviseres kraftvarmeproduktionen, da mindre varme må bortkøles på de centrale kraftvarmewærker, hvilket ligeledes er en konsekvens af det forøgede varmebehov i sommerperioden.

Ved at implementere fjernkøling i det danske energisystem kan der altså både opnås en energibesparelse og en reduktion af CO₂ udledningen, hvilket kan være medvirkende til, at Danmark kan nå de opstillede mål, om at opnå et lavemissionssamfund i 2050. Derudover kan der opnås en række synergifordele i forhold til fjernvarmen samt kraftvarmeproduktionen. På denne baggrund undersøges det, hvilke barrierer, som er forbundet med implementeringen af fjernkøling, siden dette potentiale ikke, i højere grad, udnyttes i dag. Dette leder til næste underspørgsmål.

- *Hvilke barrierer for implementeringen af fjernkøling kan identificeres i Danmark?*

Generelt er det en barriere, at der mangler viden og information omkring fjernkøling, men derudover er der identificeret en række mere konkrete barrierer, som begrænser udbredelsen af fjernkøling i Danmark. Disse kan overordnet opdeles i tre grupperinger: tekniske, rammebetingelser samt aktørmæssige aspekter.

Implementeringen af fjernkøling er ikke forbundet med væsentlige tekniske barrierer, dog er kommunale selskaber, efter nuværende lovgivning, begrænset i deres valg af produktionsteknologier, men dette ophæves i forbindelse med lovændringen som følge af implementeringen af EU's energieffektivitetsdirektiv, hvori det gøres muligt, at varme og køling samproduceres vha. en kompressionsvarmepumpe.

De nuværende rammebetingelser opstiller hovedsageligt barrierer i forhold til finansieringen af kommunale fjernkøleprojekter, hvilket er problematisk i forhold til fjernkøling, da det er forbundet med store investeringer. Dette ændres dog til dels i forbindelse med lovændringen, hvilket giver hjemmel til, at investeringer, som er forbundet med udnyttelsen af kølesiden af en varmepumpe, kan finansieres over varmprisen. Derudover er der en række skatte og afgiftsmæssige aspekter, som er identificeret. I forhold til de skattemæssige aspekter kan varmeværkerne miste deres skattefritagelse, hvis de går ind i fjernkølebranchen. Da fjernkøling hovedsageligt er relevant i tætbefolkede områder, vurderes dette dog ikke at være så problematisk, da størstedelen af de centrale forsyningsselskaber allerede har sideløbende aktiviteter, såsom elproduktion, hvilket medfører at de allerede betaler skat.

Den nuværende afgiftsstruktur og dens kompleksitet er ligeledes identificeret som værende problematisk. Et andet aspekt af afgiftsproblematikken er den manglende kontinuitet og forskelligrettede signaler, hvilket ligeledes er identificeret som en barriere. Et eksempel herpå er ændringerne af elafgiften og hvorvidt denne kan godtgøres eller ej.

Generelt er de mest indflydelsesrige barrierer altså identificeret som værende:

- Manglende viden omkring fjernkøling
- Manglende finansieringsmuligheder for forsyningsselskaberne
- De nuværende skatte- og afgiftsregler

Derudover fremhæver alle respondenterne, at et lille eller manglende kundegrundlag er en væsentlig barriere, hvilket indikerer, at der ligeledes er en række barrierer som begrænser dette. De væsentligste barrierer for dannelsen af et tilstrækkeligt kundegrundlag er:

- Bygningernes ejerforhold
- Eksisterende køleanlæg
- Bindende kontrakter
- Manglende viden omkring fjernkøling

For at opnå en forståelse af hvordan de identificerede barrierer påvirker udbredelsen af fjernkøling, diskuteres det, i forbindelse med følgende underspørgsmål, hvordan barriererne påvirker attraktiviteten af fjernkølemarkedet.

- *Hvordan påvirker disse barrierer attraktiviteten af fjernkølemarkedet?*

På baggrund af data fra de allerede etablerede fjernkøleselskaber kan det konkluderes, at omsætningen forbundet med fjernkøling, er forholdsvis begrænset. Hvis den sammenholdes med omsætningen fra værkernes fjernvarmeaktivitet udgør den kun omkring 1 %. Dette medfører at risikoen, som er forbundet med investeringen, ikke kan være ret høj, før den ikke er attraktiv for en investor. En måde, hvorpå risikoen kan reduceres, og omsætningen kan øges, er ved at opnå større kundetilslutning. For at øge kundetilslutningen er det konkluderet, at der er en række barrierer som skal overkommes, for at øge kundernes incitament til at tilslutte sig et eventuelt fjernkølenetværk.

Der kan opstå en konflikt omkring hvem, der skal investere i konverteringen i fjernkøling, men ifølge nuværende lejelovgivning er det op til ejeren at lave denne investering. Både i forbindelse med nybyggeri og eksisterende bygninger, kan denne investering forrentes over lejeindtægterne.

For at reducere betydningen af de sunk costs, som kan være forbundet med konverteringen af bygninger, som allerede har et eksisterende køleanlæg, kan det etableres et transitnetværk, som sammenbinder de eksisterende køleanlæg, så investeringen i det faktiske fjernkøleanlæg kan udskydes, indtil et tilstrækkeligt antal kunder skal have udskiftet deres eksisterende køleanlæg og derved ønsker at tilslutte sig. I den forbindelse kan det ligeledes konkluderes, at forbuddet mod en række kølemidler formodentlig vil have indflydelse udbredelsen af fjernkøling. Om denne indflydelse bliver positiv eller negativ afgøres derimod af, om fjernkøling reelt er en mulighed. Hvis dette ikke er tilfældet vil de potentielle kunder investere i nye køleanlæg, hvorfor deres konverteringsvilighed formodentlig reduceres kraftigt. For, at komme dette problem i forkøbet, kan mobile kølecentraler med fordel anvendes for på den måde at tilbyde potentielle kunder et reelt alternativ.

En af de mest centrale barrierer for udbredelsen af fjernkøling er identificeret som den manglende viden omkring emnet. Hvis denne viden skal udbredes, kræver det en aktiv information og markedsføring. Hvad fokuset i denne vidensdeling skal være, er afhængigt af, hvilket kundesegment, der ønskes at ramme. Det er derfor vigtigt hele tiden at være bevidst om dette.

Derudover kan der drages en række paralleller mellem udbredelsen af fjernkøling og fjernvarme. Specielt nogle af de problemstillinger, der er forbundet med udbredelsen i elopvarmede bygninger er sammenfaldende, hvor konverteringen i mange tilfælde har krævet støtte og et stort informationsarbejde.

På baggrund af besvarelserne af underspørgsmålene, kan det overordnede problemformulering besvares.

Hvor store besparelspotentialer, i bruttoenergiforbruget og CO₂ udledningen, er forbundet med udnyttelsen af potentialet for fjernkøling og hvilke barrierer er forbundet med implementeringen heraf?

På baggrund af arbejdet med dette speciale kan det konkluderes, at der er et betydeligt potentiale for fjernkøling i Danmark, og udnyttelsen af dette kan resultere i både energibesparelser og en reduceret CO₂ udledning. Hvis hele det samfundsøkonomiske rentable potentiale udnyttes kan der opnås en energibesparelse på 1,3 TWh, svarende til 0,5 % af det samlede bruttoenergiforbrug. Derudover kan CO₂ udledningen reduceres med ca. 445.000 tons, hvilket svarer til ca. 0,8 % af Danmarks samlede udledning. Der er dog flere barrierer, som begrænser udbredelsen, da kombinationen af dem og den manglende politiske holdning omkring kølesektoren resulterer i en manglende stabilitet i markedet, hvilket øger risikoen, der er forbundet med en investering i fjernkøling. Når denne risiko sammenholdes med det begrænsede afkast, som kan forventes, resulterer det i at investeringen kommer til at fremstå uattraktiv for en investor. Det bliver altså ikke én specifik barriere, der er afgørende for udbredelsen af fjernkøling, men derimod kombinationen af de identificerede barrierer og den manglende politiske konsekvens og ensrettede signaler, som er afgørende for om potentialet for fjernkøling vil blive udnyttet.

10 Refleksioner

Som afslutning på specialet har dette kapitel til formål, at reflektere over nogle af de mere generelle tendenser, som kan ses indenfor fjernkøling samt at påpege aspekter, som kunne være emne for fremtidig forskning.

I naturlig forlængelse af dette speciale er det oplagt at, hver enkelt af de identificerede barrierer analyseres nærmere med henblik på, hvordan deres betydning, helt konkret, kan reduceres eller elimineres. Som det beskrives i den teoretiske forståelsesramme, kan det påvises, at udbredelsen af en teknologi først for alvor accelerere, når alle barrierer er overvundet, og der er et fornuftigt organisatorisk setup, som fremmer udbredelsen af teknologien, i dette tilfælde fjernkøling. I dette speciale fokuseres der hovedsageligt på, at identificere barriererne for implementeringen, mens den konkrete udformning af det organisatoriske setup ikke analyseres nærmere, hvilket derfor kan være relevant at undersøge i det videre arbejde. Som det netop pointeres i den anvendte teori, er der mange aspekter, som påvirker udbredelsen af en teknologi, herunder rammebetingelserne.

Som det konkluderes i dette speciale, danner de nuværende rammebetingelser grundlag for en række af de identificerede barrierer. Det er derfor relevant at analysere, hvordan rammebetingelserne konkret skal udformes, så de både faciliterer udbredelsen af fjernkøling, og samtidig sikre, at varmemeforbrugerne ikke udsættes for unødigt risiko. I denne forbindelse kunne det ligeledes undersøges nærmere, hvorfor den politiske vilje i øjeblikket ikke er til stede samt hvilke interesser og hensyn der hæmmer denne. Et aspekt, som kunne være interessant at undersøge nærmere er, hvilken betydning det har, at energiområdet overhovedet ikke er repræsenteret i Regeringens faste udvalg (Statsministeriet, U.D.).

I forbindelse med de anvendte metoder er der en række begrænsninger, som potentielt kan påvirke resultaterne og konklusionerne i dette speciale.

En væsentlig begrænsning i EnergyPLAN er den manglende mulighed for at modellere samproduktion af varme og køling, ved anvendelse af kompressionsvarmepumper, som både producerer fjernvarme og køling. Dette aspekt undersøges altså ikke dybdegående i dette speciale, hvorfor det er relevant at undersøge nærmere, da det forventes at kunne påvirke energibesparelserne og CO₂ udledningen betydeligt. I den anvendte model tages der ikke højde for, at overskudsvarmen, som er forbundet med produktionen af kompressorkøling, kan udnyttes til at substituere anden fjernvarmeproduktion, eller at køleproduktionen fra store varmepumper kan erstatte decideret køleproduktion. Dette forventes dog kun at øge besparelspotentialerne, som er identificeret, hvorfor det formodentlig ikke vil ændre drastisk på konklusionerne i dette speciale.

I denne forbindelse kan det forventes at få betydning, at samproduktion af varme og køling, fremadrettet skal reguleres efter varmemforsyningsloven, hvorfor denne heller ikke vil nødvendiggøre selskabsmæssig adskillelse af fjernkøleaktiviteten. Dette forudsætter dog, at køleproduktionen ikke medfører at varmen skal bortkøles. Denne mulighed for samproduktion kan formodes at påvirke udbredelsen af fjernkøling, da det for det første tillades, at investeringerne i varmepumpen, men også køledistribution osv. kan finansieres over varmeprisen, hvilket netop er identificeret som en væsentlig barriere. Dette kan forventes at påvirke markedsstabiliteten i positiv retning, men kræver yderligere undersøgelser. Dog skal det sikres, at man ikke ender med at have etableret et urentabelt kølenetværk, som finansieres af den indtjening, som er forbundet med varmeproduktionen.

Et andet aspekt, som med fordel kan undersøges nærmere i forbindelse med dette speciale, er kunders perspektiv. I dette speciale undersøges dette udelukkende fra et teoretisk perspektiv, men disse konklusioner kunne være styrket betydeligt ved at inkludere en spørgeskemaundersøgelse eller en række interviews med disse, for derved at validere de teoretiske overvejelser.

Dette speciale bygger på antagelsen om, at det vil være samfundsøkonomisk rentabelt at udnytte en del af fjernkølepotentialet, men det analyseres ikke, om de begrænsede midler kunne være anvendt på en mere hensigtsmæssig måde. Selvom der både kan opnås en energibesparelse og en reduktion af CO₂ udledningen, er implementeringen af fjernkøling forbundet med store investeringer, som kunne være anvendt til andre formål, som fx at fremme energirenoveringer i eksisterende bygninger eller andre energisparende tiltag. Dette aspekt undersøges dog heller ikke, men dette kunne med fordel analyseres, inden det konkluderes om implementeringen af fjernkøling er en ønskelig udvikling.

11 Referenceliste

ABB, 2011. *Markedsmulighederne for fjernkøling i Danmark*, s.l.: s.n.

ABB, 2014. *Velkommen til ABB*. [Online]
Available at: <http://www.abb.dk/cawp/dkabb501/1eb07e671cecb938c125751a00374481.aspx>
[Senest hentet eller vist den 20 marts 2014].

Andersen, F. & Foged, M., 2004. *Fjernkøling. Sover vi i Danmark?*. [Online]
Available at: <http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2004/0607-juni-juli/06-072004Fjernk%C3%B8ling-SoverViIDanmark.ashx>
[Senest hentet eller vist den 12 Februar 2014].

Andersen, L., 2009. *Kraftvarme og køling*, Hørsholm: Dansk Gasteknisk Center a/s.

Andreasen, T., U.d.. *Præsentation omkring fjernkøling i Hjørring*. [Online]
Available at: <http://people.plan.aau.dk/~blarke/fjernkulde/seminar230409/andreasen-hjorring.pdf>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].

Barky, T., 2013. *Fremtidens intelligente energisystem Kølesystemerne*. [Online]
Available at: <https://mit.ida.dk/IDAforum/U0637a/Documents/Fremtidens%20intelligente%20energisystemer%20og%20smarter%20grid%C2%B4s/5%20Fjernk%C3%B8lesystemerne%20Tarek%20Barky%20Ramb%C3%B8ll.pdf>
[Senest hentet eller vist den 06 marts 2014].

Barky, T. K. E., 2014. *Markedsansvarlig, Fjernkøling, Rambøll* [Interview] 2014.

Bejrringbro Varmeværk, 2013. *Resultatopgørelse for perioden 1. juni 2012 - 31. maj 2013*. [Online]
Available at: <http://www.bjerringbro-varme.dk/media/986895/Resultatopgoerelse-for-perioden-1-juni-2012-31-maj-2013.pdf>
[Senest hentet eller vist den 20 Maj 2014].

Bjerringbro varmeværk, U.D.. *Historie*. [Online]
Available at: <http://www.bjerringbro-varme.dk/firmaprofil/historie>
[Senest hentet eller vist den 30 April 2014].

BOLIUS, 2013. *Så meget el, vand og varme bruger en gennemsnitsfamilie*. [Online]
Available at: [http://www.bolius.dk/saa-meget-el-vand-](http://www.bolius.dk/saa-meget-el-vand-og-varme-bruger-en-gennemsnitsfamilie-279/)

[og-varme-bruger-en-gennemsnitsfamilie-279/](http://www.bolius.dk/saa-meget-el-vand-og-varme-bruger-en-gennemsnitsfamilie-279/)
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Bredsdorff, M., 2012. *Go' Energi - Elsparefondens afløser - lukker og slukker*. [Online]
Available at: <http://ing.dk/artikel/go-energi-elsparefondens-afløser-lukker-og-slukker-127985>
[Senest hentet eller vist den 07 Maj 2014].

Brinkmann, S. & Tanggaard, L., 2010. *Kvalitative Metoder*. Vobirg: Hans Reitzels Forlag.

CEESA, 2011. *Coherent Energy and Environmental System Analysis*, Aalborg: Department of Development and Planning - AAU.

CIBSE, 2006. *Degree-days: theory and application*, s.l.: CIBSE.

Connolly, D., 2010. *A User's Guide to EnergyPLAN*, s.l.: University of Limerick .

Connolly, D. et al., 2012. *HEAT ROADMAP EUROPE 2050 - STUDY FOR THE EU27*, s.l.: Euroheat & Power.

COWI, 2010. *Værktøj til vurdering af fjernkøleløsninger "jernkøl 1.0" - Slutrapport og brugermanual*. [Online]
Available at: <http://www.cowi.dk/menu/service/Industriogenergi/Energi/Fjernvarmeog-koeling/Varktoejtilvurderingaffjernkoeling/Documents/Fjernkol-1.0-Slutrapport-15marts2011.pdf>
[Senest hentet eller vist den 03 Marts 2014].

COWI, 2012. *Dansk lovgivning for udfasning af det ozonlagsnedbrydende kølemiddel R22*. [Online]
Available at: http://www.hofor.dk/wp-content/uploads/2012/04/R22_udfasning_2042012.pdf
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

COWI, 2013 a. *Fjernvarmeindustrien 2012*, s.l.: s.n.

COWI, 2013 b. *GRATIS VÆRKTØJ TIL ØKONOMISK OG MILJØMÆSSIG ANALYSE AF HYBRIDANLÆG TIL FJERNKØLING OG FJERNVARME - FJERNKØL 2.0*. [Online]
Available at: <http://www.cowi.dk/menu/service/Industriogenergi/Energi/Fjernvarmeog-koeling/Varktoejtilvurderingaffjernkoeling/Pages/default.aspx>
[Senest hentet eller vist den 06 Maj 2014].

Damgaard, S. H., 2014. *Driftschef Thisted Varmeforsyning* [Interview] (1 april 2014).

Danmarks Nationalbank, 2014. *Færdige tabeller - Rentestatistik for penge- og realkreditinstitutter*. [Online]
Available at:
[https://www.nationalbanken.dk/DNDK/statistik.nsf/side/FT - Rentestat for penge- og realkreditinstitutter!OpenDocument](https://www.nationalbanken.dk/DNDK/statistik.nsf/side/FT_-_Rentestat_for_penge-_og_realkreditinstitutter!OpenDocument)
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

Dansk Fjernvarme, 2010 a. 5.1. *Forskning og udvikling*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/ViMenerFANE3/DanskFjernvarmesHvidbog/51ForskningOgUdvikling.aspx>
[Senest hentet eller vist den 19 Maj 2014].

Dansk Fjernvarme, 2010 b. *Skattepligt for varmegærker - Sådan er reglerne*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2010/Marts/032010SkattepligtForVarmegærkerSaadanErReglerne.ashx>
[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Dansk Fjernvarme, 2013 a. *Fjernkøling kan blive Danmarks næste eksporteventyr*. [Online]
Available at:
<http://danskfjernvarme.dk/Faneblade/Nyheder/Pressemeddelelser/Arkiv/2013/Fjernk%C3%B8lingKanBliveDanmarksN%C3%A6steEksporteventyr.aspx>
[Senest hentet eller vist den 11 Februar 2014].

Dansk Fjernvarme, 2013 b. *Fjernkøling kan blive grønt guldæg*. [Online]
Available at:
<http://www.danskfjernvarme.dk/Faneblade/Nyheder/NyhederFraPressen/Arkiv/2013/Fjernk%C3%B8ling%20kan%20blive%20gr%C3%B8nt%20guld%C3%A6g.aspx>
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Dansk Fjernvarme, 2013 c. *Fjernkøling kan spare en halv million tons CO₂*. [Online]
Available at:
<http://danskfjernvarme.dk/Faneblade/Nyheder/Pressemeddelelser/Arkiv/2013/Fjernk%C3%B8lingKanSpareEnHalvMillionTonsCO2.aspx>
[Senest hentet eller vist den 18 Februar 2014].

Dansk Fjernvarme, 2013 d. *Fjernvarmelån for milliarder uden problemer for kommunegarantien*. [Online]
Available at:
<http://danskfjernvarme.dk/Faneblade/Nyheder/Pressemeddelelser/Arkiv/2013/HundredvisAfFjernvarmel%C3%A5nForMilliarderUdenProblemerMedKommunegarantien.aspx>
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

danskfjernvarme.dk/Faneblade/Nyheder/NyhederFraPressen/Arkiv/2013/DanskFjernvarmeUrimeligForbrugrugerudgiftForKommunegarantier.aspx
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

Dansk Fjernvarme, 2013 e. *Dansk Fjernvarme: Urimelig forbrugerudgift for kommunegarantier*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Nyheder/NyhederFraPressen/Arkiv/2013/DanskFjernvarmeUrimeligForbrugrugerudgiftForKommunegarantier.aspx>
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

Dansk Fjernvarme, U.D. a. 4.4. *Affaldsvarme*. [Online]
Available at:
<http://danskfjernvarme.dk/Faneblade/ViMenerFANE3/DanskFjernvarmesHvidbog/44Affaldsvarme.aspx>
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Dansk Fjernvarme, U.D. b. *Om os*. [Online]
Available at:
<http://www.danskfjernvarme.dk/Faneblade/OmOs.aspx>
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Dansk Køleforening, 2014. *R22 som kølemiddel*. [Online]
Available at:
<http://dkforening.dk/index.php/nyheder/19-sample-data-articles/joomla/94-r22-undersogelse>
[Senest hentet eller vist den 31 Marts 2014].

David Connolly, 2010. *A User's Guide to EnergyPLAN*, s.l.: University of Limerick .

DBDH, 2013. *Vedr. Høringssvar i relation til "Høring af udkast til forslag til lov om ændring af lov om fremme af besparelser i energiforbruget, lov om varmegærkning, lov om elforsyning og lov om kommunal fjernkøling*. [Online]
Available at: <http://fjernvarmeindustrien.dk/wp-content/uploads/2014/01/H%C3%B8ringssvar-EUs-Effektivitetsdirektiv.pdf>
[Senest hentet eller vist den 19 Maj 2014].

DBDH, U.D.. *About DBDH*. [Online]
Available at: <http://dbdh.dk/about-dbdh/>
[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Det Økologiske Råd, 2010. *Økonomi og miljø hænger sammen - grønne afgifter og grøn adfærd*, s.l.: s.n.

Djursing, T., 2013. *Overskudsvarme til 155.000 parcelhuse fiser lige ud i luften*. [Online]
Available at: <http://ing.dk/artikel/overskudsvarme-til-155000-parcelhuse-fiser-lige-ud-i-luften-162104>
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

DMI, 2012. *Teknisk Rapport 12-17 - 2001 – 2010 Design Reference Year for Denmark*, København: s.n.

DMI, U.d.. *Temperatur*. [Online]
Available at: <http://www.dmi.dk/laer-om/generelt/spoergsmaal-og-svar/temperatur/>
[Senest hentet eller vist den 03 Marts 2014].

Ea Energianalyse, 2012. *Reguleringsmodeller for fjernvarmen - Baggrundsrapport*, s.l.: s.n.

EASME, 2014. *Funding under the Energy-efficiency Call of Horizon 2020*. [Online]
Available at: http://ec.europa.eu/easme/energy_en.htm
[Senest hentet eller vist den 17 Maj 2014].

ECOHEATCOOL, 2006 a. *The European Cold Market*, s.l.: Euroheat & Power.

ECOHEATCOOL, 2006 b. *Possibilities with more district cooling in Europe*, s.l.: s.n.

EMD International, 2010. *Vindmøllers økonomi*, s.l.: EMD.

EMD, 2013. *User's guide - EnergyPRO*, s.l.: EMD International A/S.

EMD, U.D.. *Danish Design Reference Year - EnergyPRO help file*. s.l.:s.n.

Energinet.dk, 2013. *PSO tariffen*. [Online]
Available at:
<http://energinet.dk/DA/El/Engrosmarked/Tariffer-og-priser/PSO-tariffen/Sider/default.aspx>
[Senest hentet eller vist den 19 Maj 2014].

Energistyrelsen, 2007. *Fjernkøling i Danmark Potentiale og regulering*, s.l.: Energistyrelsen.

Energistyrelsen, 2012 a. *Fjernkøling - reglerne og baggrunden*. [Online]
Available at:
<http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/politik/dansk-klima-energipolitik/politiske-aftaler-paa-energiomraadet/energi-aftalen-22-marts-2012/Fjernkoeling%20%E2%80%93%20reglerne%20og%20baggrunden.pdf>
[Senest hentet eller vist den 11 Februar 2014].

Energistyrelsen, 2012 b. *EU direktiv om energieffektivisering*. [Online]
Available at:
<http://www.kebmin.dk/sites/kebmin.dk/files/klima-energi-bygningspolitik/eus-klima-energipolitik/energieffektivitet/Kortomenergieffektivise>

[ringsdirektivet.pdf](#)
[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Energistyrelsen, 2013. *Energistatistik 2012*, s.l.: ENS.

Energistyrelsen, 2014 a. *Bygningsreglementet 01.01.14 - 7. Energiforbrug - 7.1 Generelt*. [Online]
Available at:
http://bygningreglementet.dk/br10_04_id105/0/42/2
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Energistyrelsen, 2014 b. *Høringsnotat om lovforslag til ændring af lov om fremme af besparelser i energiforbruget, lov om varmeforsyning, lov om elforsyning og lov om kommunal fjernkøling (Implementering af EU's energieffektivitetsdirektiv m.v.)*. [Online]
Available at:
<http://www.ft.dk/samling/20131/lovforslag/1121/bilag/1/1328135/index.htm>
[Senest hentet eller vist den 18 Marts 2014].

Energistyrelsen, U.D. a. *Teknologi til produktion af kraftvarme*. [Online]
Available at: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/el-naturgas-varmeforsyning/forsyning-varme/fjernvarme/kraftvarme/teknologi>
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Energistyrelsen, U.D. b. *Affaldsforbrænding*. [Online]
Available at: <http://www.ens.dk/undergrund-forsyning/vedvarende-energi/bioenergi/affaldsforbraending>
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Energistyrelsen, U.D. c. *Om Energistyrelsen*. [Online]
Available at: <http://www.ens.dk/energistyrelsen>
[Senest hentet eller vist den 21 Februar 2014].

Energistyrelsen, U.D. d. *Information til net- og distributionsselskaber*. [Online]
Available at: <http://www.ens.dk/forbrug-besparelser/energiselskabernes-sparsindsats/information-net-distributionsselskaber>
[Senest hentet eller vist den 20 Februar 2014].

Energitilsynet, 2012. *Forrentning af indskudskapital 2003-2010 i EnergiGruppen Jylland Varme A/S*. [Online]
Available at: http://energitilsynet.dk/fileadmin/Filer/0_-_Nyt_site/VARME/Afgoerelser/Tilsynsafgoerelser/2012/EGJ_Varme_afgoerelse_og_tilkendegivelse_26_juni_2012.pdf
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

Energy Supply, 2013. *Dansk Fjernvarme: Fjernkøling kan spare en halv million tons CO₂*. [Online]

Available at: http://www.energy-supply.dk/article/view/110691/dansk_fjernvarme_fjernkøling_kan_spare_en_halv_million_tons_co2#.Uya0NfIdV3F

[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Ernstsen, S. K., Dyrelund, A. & Barky, T. K. E., 2013. *Fjernkøling - en naturlig del af fremtidens byer*. [Online]

Available at:

<http://www.ramboll.dk/services/energy%20and%20climate/~media/45E649AC63044106A0589ED13E98586C.ashx>

[Senest hentet eller vist den 18 Marts 2014].

EU oplysningen, 2010. *Hvad er et direktiv*. [Online]

Available at: http://www.euo.dk/spsv/off/alle/117_74/

[Senest hentet eller vist den 10 Februar 2014].

Euroheat & power, U.D. a. *District Heating and cooling*. [Online]

Available at: <http://www.euroheat.org/Sweden-95.aspx>

[Senest hentet eller vist den 07 Februar 2014].

Euroheat & power, U.D. b. *District Heating & Cooling*. [Online]

Available at: <http://www.euroheat.org/Norway-88.aspx>

[Senest hentet eller vist den 07 Februar 2014].

Euroheat & power, U.D. c. *District Heating & Cooling*. [Online]

Available at: <http://www.euroheat.org/Finland-76.aspx>

[Senest hentet eller vist den 07 Februar 2014].

Euroheat & Power, U.D. d. *About us*. [Online]

Available at: <http://www.euroheat.org/About-us-3.aspx>

[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Euroheat & Power, U.D. e. *What is District Cooling?*. [Online]

Available at: <http://www.euroheat.org/District-Cooling-145.aspx>

[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Europa Kommissionen, 2011. *EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS DIREKTIV*. [Online]

Available at: [http://eur-](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0370:FIN:DA:PDF)

[lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0370:FIN:DA:PDF](http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0370:FIN:DA:PDF)

[Senest hentet eller vist den 10 Februar 2014].

Europa Parlamentet, 2009. *EUROPA-PARLAMENTETS OG RÅDETS FORORDNING (EF) nr. 1005/2009 af 16. september 2009 om stoffer, der nedbryder ozonlaget*, s.l.: Den Europæiske Unions Tidende.

Europa-Parlamentet, 2014. *Energy Efficiency - Market Uptake*. [Online]

Available at:

<http://ec.europa.eu/research/participants/portal/desktop/en/opportunities/h2020/topics/2361-ee-14-2014.html>

[Senest hentet eller vist den 17 Maj 2014].

Fafner, K., 2012. *Værktøjer til udbredelse af fjernvarme i villaområder og ved nybyggeri*, s.l.: Fjernvarmen.

Fagligt Fælles Forbund, U.D.. *MILJØ, ENERGI OG BESKÆFTIGELSE - ENERGI OG TRAFIK*, s.l.: Det Økologiske Råd.

FALSKBarky, T. K. E., 2013. *Markedsansvarlig, Fjernkøling, Rambøll* [Interview] 2013.

FIF Marketing, U.D.. *FIF Marketing*. [Online]

Available at: <http://www.fif-marketing.dk/Om-FIF.29.aspx>

[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Finansministeriet, 1999. *Appendiks G. Risiko og følsomhedsanalyser*, s.l.: s.n.

Finansministeriet, 2001. *12. Institutionel struktur og knopskydning*. [Online]

Available at:

<http://www.fm.dk/publikationer/2001/budgetredegoerelse-20002001/12-institutionel-struktur-og-knopskydning/>

[Senest hentet eller vist den 19 maj 2014].

Finansministeriet, 2012. *Kommunernes finansiering*. [Online]

Available at:

<http://www.fm.dk/arbejdsomraader/kommuner-og-regioner/aftalesystemet/kommunernes-finansiering/>

[Senest hentet eller vist den 27 Marts 2014].

Fjernvarme, D., U.D.. *Fjernkøling - Som forretning?*. [Online]

Available at:

<http://www.fjernvarmen.dk/Kalender/Modematerialer/~media/M%C3%B8de%20materialer/Regionalm%C3%B8der/2005/Fjernk%C3%B8ling%20som%20muligt%20nyt%20forretningsomr%C3%A5de.ashx>

[Senest hentet eller vist den 21 Maj 2014].

Fjernvarmeindustrien, U.D.. *Om Fjernvarmeindustrien*. [Online]

Available at: <http://fjernvarmeindustrien.dk/om-fjernvarmeindustrien/>

[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Folketinget, 2014. *Lov om ændring af lov om fremme af besparelser i energiforbruget, lov om varmeforsyning, lov om kommunal fjernkøling og forskellige andre love*.

- [Online]
Available at:
http://www.ft.dk/samling/20131/lovforslag/1121/html_som_vedtaget.htm
[Senest hentet eller vist den 28 Maj 2014].
- Frederiksen, S. & Werner, S., 2013. *District Heating and Cooling*. 1st red. s.l.:Studentlitteratur.
- Freeman, R. E., 2010. *Strategic Management: A Stakeholder Approach*. s.l.:Cambridge University Press.
- Glynn, P. W., U.D.. *Introduction to Stochastic Modeling*. [Online]
Available at:
<http://www.stanford.edu/class/cme308/OldWebsite/notes/ProbReview.pdf>
[Senest hentet eller vist den 19 Marts 2014].
- Grundfos & Bjerringbro Varmeværk, U.d.. *Kølevandsanlæg med grundvandsmagasin og varmegenvinding - Et samarbejde mellem Bjerringbro Varmeværk og Grundfos*. s.l.:s.n.
- Grundfos, U.d.. *Nu er fjernvarmen i Bjerringbro på køl*. [Online]
Available at:
<http://dk.grundfos.com/content/gdk/da/cases/find-case/nu-er-fjernvarmen-i-bjerringbro-p-k-l.pdf>
[Senest hentet eller vist den 20 Februar 2014].
- Hansen, C. W., 2014. *Driftsleder Bjerringbro varmemærk* [Interview] (11 April 2014).
- Hansen, L. T., 2009. *Fjernkøling med absorptionsmaskiner, teknik og produktprogram*. s.l.:Scandinavian Energy Group Aps..
- Heggland, N.-O., 2014. *Masser af energifrå i danske ejendomme*. [Online]
Available at: <http://www.business.dk/green/masser-af-energifraa-i-danske-ejendomme>
[Senest hentet eller vist den 15 Maj 2014].
- Heje, N. P., 2014. *Driftsleder Hjørring Fjernvarme* [Interview] (9 April 2014).
- Hjørring Varmeforsyning, 2013. *ÅRSRAPPORT 2012•2013*. [Online]
Available at:
http://www.hjvarme.dk/fileadmin/Arkiv/Dokumenter/Aarsrapport_2012_13.pdf
[Senest hentet eller vist den 20 Maj 2014].
- Hjørring Varmeforsyning, U.d.. *Fjernkølingsanlæg klar til start i Hjørring*. [Online]
Available at:
<http://www.hjvarme.dk/fileadmin/Arkiv/Dokumenter/fjernkoeling.pdf>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].
- Hjørring Varmeforsyning, U.D.. *Om os*. [Online]
Available at: <http://www.hjvarme.dk/om-os/>
[Senest hentet eller vist den 30 April 2014].
- HOFOR, 2014. *ÅRSRAPPORT 2013*. [Online]
Available at: http://www.hofor.dk/wp-content/uploads/2014/04/aarsrapport2013_web.pdf
[Senest hentet eller vist den 20 Maj 2014].
- HOFOR, U.D. a. *Om os*. [Online]
Available at: <http://www.hofor.dk/om-os/om-os/>
[Senest hentet eller vist den 24 Februar 2014].
- HOFOR, U.D. b. *Ejerkommuner*. [Online]
Available at: <http://www.hofor.dk/om-os/organisation/ejerkommuner/>
[Senest hentet eller vist den 24 Februar 2014].
- HOFOR, U.D. c. *Hvad er fjernkøling?*. [Online]
Available at: <http://www.hofor.dk/fjernkøling/hvad-er-fjernkøling/>
[Senest hentet eller vist den 20 Marts 2014].
- HOFOR, U.D. d. *Fjernkøling A/S*. [Online]
Available at: <http://www.hofor.dk/fjernkøling/ke-fjernkøling-as/>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].
- HOFOR, U.d.. *Fjernkøling A/S*. [Online]
Available at: <http://www.hofor.dk/fjernkøling/ke-fjernkøling-as/>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].
- Horn, U., 2013. *Bankerne sænker renten - rentebyrden er historisk lav*. [Online]
Available at:
http://finans.borsen.dk/artikel/1/268909/bankerne_sænker_renten_-_rentebyrde_er_historisk_lav.html
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].
- HORTEN, 2011. *Ret & Indsigt*. [Online]
Available at: <http://hortenlegal.dk/documents/ri032011-web/#/18/>
[Senest hentet eller vist den 26 Marts 2014].
- Hvelplund, F., 1996. *Public regulation and the development of Decentralized Combined Heat and Power (DCHP) in Denmark*, Aalborg: Center for Miljø og Udvikling, AAU.
- ICS Energy, U.d.. *Trendsættende projekt med varmepumper fra ICS*. [Online]
Available at:

http://www.icsenergy.dk/PDF/Industripumper/CASE_Bjerringbro_Varmevaerk_Grundfos.pdf

[Senest hentet eller vist den 20 Februar 2014].

IDEA, U.D.. *About IDEA*. [Online]

Available at: <http://www.districtenergy.org/join-idea>

[Senest hentet eller vist den 17 Maj 2014].

Ingeniøren, 2009. *Skatteregler sender varme for en milliard ud til fuglene*. [Online]

Available at: <http://ing.dk/artikel/skatteregler-sender-varme-en-milliard-ud-til-fuglene-103099>

[Senest hentet eller vist den 28 April 2014].

International District Energy Association, 2008. *District Cooling Best Practice Guide*. First red. s.l.:s.n.

International Energy Agency, 2002. *Optimization of Coool Thermal Storage and Distribution*, s.l.: NOVEM.

Klima- og Energiministeriet, 2008. *Forslag til lov om kommunal fjernkøling - Bemærkninger til lovforslaget*. [Online]

Available at:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=115876>

[Senest hentet eller vist den 26 Marts 2014].

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2008. *Lov om kommunal fjernkøling*. [Online]

Available at:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/r0710.aspx?id=120359>

[Senest hentet eller vist den 11 Februar 2014].

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2011. *LBK nr 1184 af 14/12/2011 Gældende (varmeforsyningsloven)*, s.l.: Retsinformation.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2012. *Aftale mellem regeringen (Socialdemokraterne, Det Radikale Venstre, Socialistisk Folkeparti) og Venstre, Dansk Folkeparti, Enhedslisten og Det Konservative Folkeparti om den danske energipolitik 2012-2020*, København: Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 a. *Smart Grid-Strategi - fremtidens intelligente energisystem*, s.l.: Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 b. *Bekendtgørelse af lov om elforsyning*. [Online]

Available at:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/r0710.aspx?id=159158>

[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013 c. *Energieffektivitetsdirektivet*. [Online]

Available at: <http://www.kebmin.dk/klima-energi-bygningspolitik/eus-klima-energipolitik/energieffektivitet-0>

[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2013. *Bekendtgørelse om godkendelse af projekter for kollektive varmeforsyningsanlæg*. [Online]

Available at:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=145836>

[Senest hentet eller vist den 29 Maj 2014].

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 a. *Strategi for energirenovering energirenovering af bygninger - Vejen til energieffektive bygninger i fremtidens Danmark*, s.l.: Regeringen.

Klima-, Energi- og Bygningsministeriet, 2014 b. *Forslag til Lov om ændring af lov om fremme af besparelser i energiforbruget, lov om varmeforsyning, lov om kommunal fjernkøling og forskellige andre love (Implementering af EU's energieffektivitetsdirektiv m.v.)*. [Online]

Available at:

<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=161521&exp=1>

[Senest hentet eller vist den 26 Marts 2014].

Kristensen, T. S., 2014. *Mail korrespondance*. s.l.:s.n.

Ladin, U.D.. *KØLEANLÆG TYPEN*. [Online]

Available at:

<http://www.dsbo.dk/Home/area1/Leksikon/K%C3%B8ling/K%C3%B8letyperogbegreber/tabid/513/Default.aspx>

[Senest hentet eller vist den 18 Marts 2014].

Linnebjerg, F., 2010. *Konvertering til fjernvarme har været Elsparefondens største opgave*. [Online]

Available at:

<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2010/Marts/032010KonverteringTilFjernvarmeHarVaeretElsparefondensStoersteOpgave.ashx>

[Senest hentet eller vist den 07 Maj 2014].

Logstor, U.D.. *Stockholm, Sverige*. [Online]

Available at: <https://www.logstor.com/DA/District-Heating-and-Cooling/References/Pages/Stockholm.aspx>

[Senest hentet eller vist den 31 Marts 2014].

Lund, H., 2010. *Renewable Energy Systems - The choice and Modeling of 100 % Renewable Solutions*. s.l.:Academic Press.

- Lund, H., 2013. *EnergyPLAN - Advanced Energy Systems Analysis Computer Model - Documentation Version 11.0*, s.l.: AAU.
- Lund, H., 2014. *Samtale i forbindelse med vejledermøde* [Interview] (03 April 2014).
- Markowitz, H., 1952. Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, Marts, pp. 77-91.
- Markowitz, H., 1991. Foundations of Portfolio Theory. *Journal of Finance*, Juni, pp. 469-477.
- Marsh, R., 2011. *Arkitektur og energi: mod en 2020-lavenergistrategi*, Aalborg: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Marsh, R., Larsen, V. G. & Hacker, J., 2008. *Bygninger Energi Klima - Mod et nyt paradigme*, Aalborg: Statens Byggeforskningsinstitut.
- Martin Hein, 2008. *Det stigende kølebehov kan dækkes af varme*. [Online]
Available at:
<http://www.fyens.dk/article/946930:Business-Fyn--Det-stigende-koelebehov-kan-daekkes-af-varme>
[Senest hentet eller vist den 10 Februar 2014].
- Mathiesen, B. V., 2014. *Distributionsfil CEESA* [Interview] (04 April 2014).
- Mathiesen, B. V., Blarke, M. B., Kenneth Hansen & Connolly, D., 2011. *The role of large-scale heat pumps for short term integration of renewable energy*, s.l.: s.n.
- Mind Tools, U.D.. *Kano Model Analysis - Delivering Products That Delight*. [Online]
Available at:
http://www.mindtools.com/pages/article/newCT_97.htm
[Senest hentet eller vist den 14 Maj 2014].
- Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2011. *Bekendtgørelse af lov om leje af erhvervslokaler m.v. (erhvervslejelov)*. [Online]
Available at:
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=134801#K9>
[Senest hentet eller vist den 22 Maj 2014].
- Ministeriet for By, Bolig og Landdistrikter, 2014. *Forslag til Lov om ændring af lov om leje, lov om midlertidig regulering af boligforholdene, lov om byfornyelse og udvikling af byer og forskellige andre love*. [Online]
Available at:
<https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=161691>
[Senest hentet eller vist den 22 Maj 2014].
- Pardo, N. et al., 2012. *Heat and cooling demand and market perspective*, s.l.: European Commission.
- Patil, A. & Herder, P., U.D.. *Changing the Rules of the Game to Influence the Diffusion of Alternative Fuels*, Netherlands : Delft University of Technology.
- Pedersen, M. B. B., 2014. *PKA varsler investeringsstop i havvind*. [Online]
Available at: http://www.energy-supply.dk/article/view/130436/pka_varsler_investeringsstop_i_havvind?ref=newsletter%20-%20.U3nOyxPU_cs#.U3nkVRPU_cs
[Senest hentet eller vist den 19 Maj 2014].
- Porter, M. E., 1985. *competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. s.l.:s.n.
- Rambøll, 2014 b. *Analyse af det danske kølepotentiale - Forudsætningsbilag*, s.l.: Energistyrelsen.
- Rambøll, 2014. *Analyse af det Danske Kølepotentiale*, s.l.: Energistyrelsen.
- Rambøll, U.D.. *Fjernkøling*. [Online]
Available at:
<http://www.ramboll.dk/services/energy%20and%20climate/fjernkøling>
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].
- Rasmussen, F., 2006. *Fjernvarmeværker tæt på de første aftaler om at levere fjernkøling*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2006/September/092006%20Fjernvarmev%C3%A6rker%20t%C3%A6t%20p%C3%A5%20de%20f%C3%B8rste%20aftaler%20om%20at%20levere%20fjernk%C3%B8ling.ashx>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].
- Rasmussen, F. L., 2010. *Store mængder overskudsvarme går til spildevand*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2010/Juni/062010StoreMaengderOverskudsvarmeGaardTilSpildevand.ashx>
[Senest hentet eller vist den 17 Marts 2014].
- Rasmussen, F. L., 2013. *Hundredvis af fjernvarmelån – kommunegarantien aldrig udløst*. [Online]
Available at:
<http://www.fjernvarmen.dk/Faneblade/Fjernvarmen/Arkiv/~media/FJERVARMEN/Arkiv/2013/Jul%20Aug/07%2008%202013HundredvisAfFjernvarmel%C3%A5n>

Kommunegarantien Aldrig Udløst. [Online]
[Senest hentet eller vist den 16 april 2014].

Regeringen, 2011. *Vores Energi*, København: Klima-, Energi- og Bygningsministeriet.

Regeringen, 2013. *Vækstplan for Energi og klima*, s.l.: Regeringen.

Reiermann, J., 2013. *Intelligente grønne afgifter vil styrke konkurrenceevnen*. [Online]
Available at: <https://www.mm.dk/intelligente-gr%C3%B8nne-afgifter-vil-styrke-konkurrenceevnen>
[Senest hentet eller vist den 19 Maj 2014].

Rühne, F. H., 2013. *Grundfos giver overskudsvarme til varmegærk gennem grundvandsløb*. [Online]
Available at: <http://ing.dk/artikel/grundfos-giver-overskudsvarme-til-varmevaerk-gennem-grundvandsloeb-136469>
[Senest hentet eller vist den 20 Februar 2014].

Sauerwein, E., Bailom, F., Matzler, K. & Hinterhuber, H. H., 1996. *THE KANO MODEL: HOW TO DELIGHT YOUR CUSTOMERS*. [Online]
Available at: http://faculty.kfupm.edu.sa/CEM/bushait/CEM_515-082/kano/kano-model2.pdf
[Senest hentet eller vist den 13 maj 2014].

Shane, S., 2008. *Technology Strategy for Managers and Entrepreneurs*. s.l.:s.n.

SKAT, 2014. *E.A.4.6.4.3 Delvis godtgørelse af elafgift på rumvarme mv.* [Online]
Available at: <http://www.skat.dk/SKAT.aspx?oID=2062227&chk=209219>
[Senest hentet eller vist den 28 April 2014].

Skatteministeriet, 2010. *Bekendtgørelse af lov om afgift af stenkul, brunkul og koks m.v.* [Online]
Available at: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=133856>
[Senest hentet eller vist den 23 april 2014].

Skatteministeriet, 2012. *Bekendtgørelse af lov om indkomstbeskatning af aktieselskaber m.v. (Selskabsskatteoven)*. [Online]
Available at: <https://www.retsinformation.dk/Forms/r0710.aspx?id=143677>
[Senest hentet eller vist den 25 Marts 2014].

Skatteministeriet, 2013. *SATSER OG BELØBSGRÆNSER - Kulafgiftsloven*. [Online]

Available at: <http://www.skm.dk/skattetal/satser/satser-og-beloebsgraenser/kulafgiftsloven/>
[Senest hentet eller vist den 23 april 2014].

Skov, A. & Petersen, J. Å. S., 2007. *Danske Fjernvarme i 50 år - 1957 - 2007*. s.l.:Dansk Fjernvarme.

Sonlinc, U.D.. *varme*. [Online]
Available at: <http://www.sonlinc.dk/loesninger/forretningsomraader/varme.aspx>
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Sørensen, B. H., 2010. *Vi er et u-land på fjernkøling*. [Online]
Available at: <http://www.business.dk/evb-archive/vi-er-et-u-land-paa-fjernkoeling>
[Senest hentet eller vist den 28 Marts 2014].

Statsministeriet, U.D.. *Oversigt over faste regeringsudvalg*. [Online]
Available at: http://www.stm.dk/a_1848.html
[Senest hentet eller vist den 30 Maj 2014].

Tang, J., 2013. *Store eldrevne varmepumper - Slides fra oplæg*. s.l.:Dansk Fjernvarme.

Thisted Varmeforsyning, 2013. *Vedtægter*. [Online]
Available at: http://www.thisted-varmeforsyning.dk/media/285772/Vedt%C3%A6gter_2011.pdf
[Senest hentet eller vist den 24 Februar 2014].

Thisted Varmeforsyning, 2014. *Årsrapport 2013 - Driftsbudget 2013 og 2014*. [Online]
Available at: http://www.thisted-varmeforsyning.dk/media/1339483/ThVF_aarsrap_2013_14_web-1-.pdf
[Senest hentet eller vist den 20 Maj 2014].

Thisted Varmeforsyning, U.D.. *Historie*. [Online]
Available at: <http://www.thisted-varmeforsyning.dk/firmaprofil/historie>
[Senest hentet eller vist den 30 April 2014].

Thisted Varmeforsyning, U.d.. *Thisted Fjernkøleanlæg*. [Online]
Available at: <http://fjernkøling.dk/2011/03/thisted-fjernkoeleanlaeg/>
[Senest hentet eller vist den 19 Februar 2014].

UNEP, 1987. *Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. [Online]
Available at: http://ozone.unep.org/new_site/en/Treaties/treaty_text.php?treatyID=2
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

Walden, D., 1993. *Kano's Methods for Understanding Customer-defined quality*. [Online]
Available at: <http://www.walden-family.com/public/cqm-journal/2-4-Whole-Issue.pdf>
[Senest hentet eller vist den 13 Maj 2014].

Willum, M., 2014 a. *Projektleder HOFOR Fjernkøling* [Interview] (23 April 2014 a).

Willum, M., 2014 b. *Projektleder Fjernkøling - HOFOR* [Interview] (13 Marts 2014 b).

Wittrup, S., 2012. *Endelig: Store varmepumper ind i varmen med lavere elagift*. [Online]
Available at: <http://ing.dk/artikel/endelig-store-varmepumper-ind-i-varmen-med-lavere-elagift-134653>
[Senest hentet eller vist den 18 december 2013].

Wittrup, S., 2013. *Enig branche: Danmark sylter fjernkøling*. [Online]
Available at: <http://ing.dk/artikel/enig-branche-danmark-sylter-fjernkoeling-157222>
[Senest hentet eller vist den 17 Februar 2014].

YIT, U.D.. *Spørgsmål og svar vedr. Spørgsmål og svar vedr..* [Online]
Available at: <http://www.caverion.dk/docs/dk---brochurer-og-l%C3%B8sblade/sp%C3%B8rgsm%C3%A5l-og-svar-vedr-r22.pdf?sfvrsn=0>
[Senest hentet eller vist den 13 Februar 2014].

12 Bilag

I tilknytning til denne rapport er følgende Bilag udarbejdet

- Bilag A: Teknologibeskrivelse
- Bilag B: Beskrivelse af fjernkøleprojekter
- Bilag C: EnergyPLAN – Ændringer i forhold til CEESA referencescenariet samt udskrifter
- Bilag D: Beregning af kølebehov (CD)
- Bilag E: Beregning af tilgængeligheden af frikøling (CD)
- Bilag F: Interviewguide samt transskriptioner (CD)

12.1 Bilag A: Teknologibeskrivelse

Formålet med dette Bilag er at give en grundlæggende beskrivelse af de teknologier, der normalt indgår i produktionen af fjernkøling, samt deres fordele og ulemper. Dette bidrager til den baggrundsviden, som er nødvendig for at modellere fjernkøling i det danske energisystem.

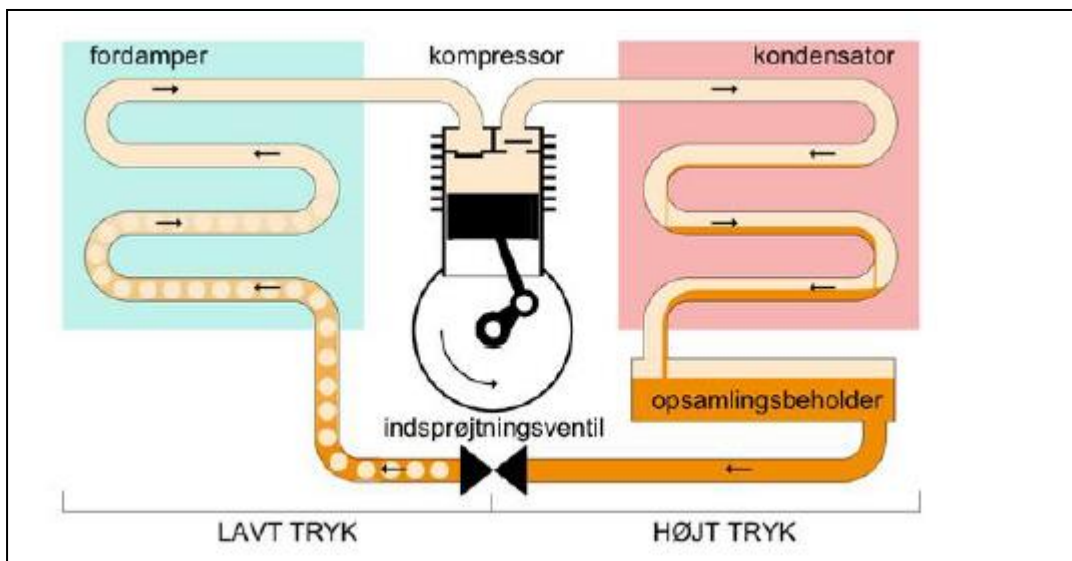
Fjernkøling produceres normalt vha. en af følgende teknologier:

- Kompressorkøling
- Absorptionskøling
- Frikøling

I de fleste tilfælde vil et fjernkølesystem dog være baseret på en kombination af disse, da de har forskellige fordele og ulemper. Valget af teknologi er afhængigt af lokale faktorer som tilgængeligheden af vand, til frikøling, tilgængeligheden af overskudsvarme osv.

Kompressorkøling

Dette er den mest almindelige metode til at producere køling. Den anvendes i alt fra køleskabe til konventionelle aircondition anlæg. Grundprincippet bag et kompressorkøleanlæg er illustreret i Figur A.1:



Figur A.1: Principskitse for et kompressorkøleanlæg (ABB, 2011, p. 15)

Som illustreret i Figur A.1 består en kompressor af henholdsvis en køleside og en varmeside. Kølemidlet (der er mange forskellige varianter) drives rundt i anlægget af en eldrevet kompressor, som skaber et højt tryk i kondensatoren, hvilket får kølemidlet til at kondensere til væskeform. Denne proces afgiver varme til omgivelserne. Kondensatoren udgør altså anlæggets varmeside og placeres derfor udenfor objektet som ønskes nedkølet, uafhængigt af om der er tale om et køleskab eller en bygning. Ved køling af bygninger bortkøles denne varme normalt i enten luftkølere eller køletårne, som traditionelt placeres på taget af bygningerne.

Efterfølgende føres den kondenserede væske gennem en indsprøjtningssventil over i fordamperen, hvor det lavere tryk får kølevæsken til at fordampe. Denne proces kræver tilførsel af varme, som hentes fra omgivelserne, mens kølevæsken passerer gennem fordamperen. Dette medfører, at omgivelserne nedkøles (ABB, 2011). I princippet er en kompressorkøleanlæg og en varmepumpe identiske, ved en varmepumpe er det bare varmedelen, som udnyttes.

Fordele ved kompressorkøling

Den største fordel ved kompressorkøling er at investeringsomkostningerne ofte er lave, og det er en velkendt og forholdsvis simpel teknologi. Derudover er det let at skaffe reservedelene. Effektiviteten af et kompressorkøleanlæg varierer dog meget, men under optimale driftsforhold og styring kan visse typer anlæg opnå en COP faktor på mellem 2 og 8, svarende til at 1 MWh el konverteres til henholdsvis 2 og 8 MWh køling (Rambøll, 2014). En anden væsentlig fordel ved kompressorkøling er, at de kan håndtere store udsving i kølelasten, uden at effektiviteten forringes betydeligt. Derudover er et kompressorkøleanlæg ikke særlig pladskrævende (ABB, 2011).

Den største forskel mellem kompressorkøling i form af individuelle og som del af et fjernkølenetværk er, at der kan opnås betydelige storskalafordele, både i forbindelse med investeringsomkostninger og drifts og vedligeholdelses (D&V) omkostninger.

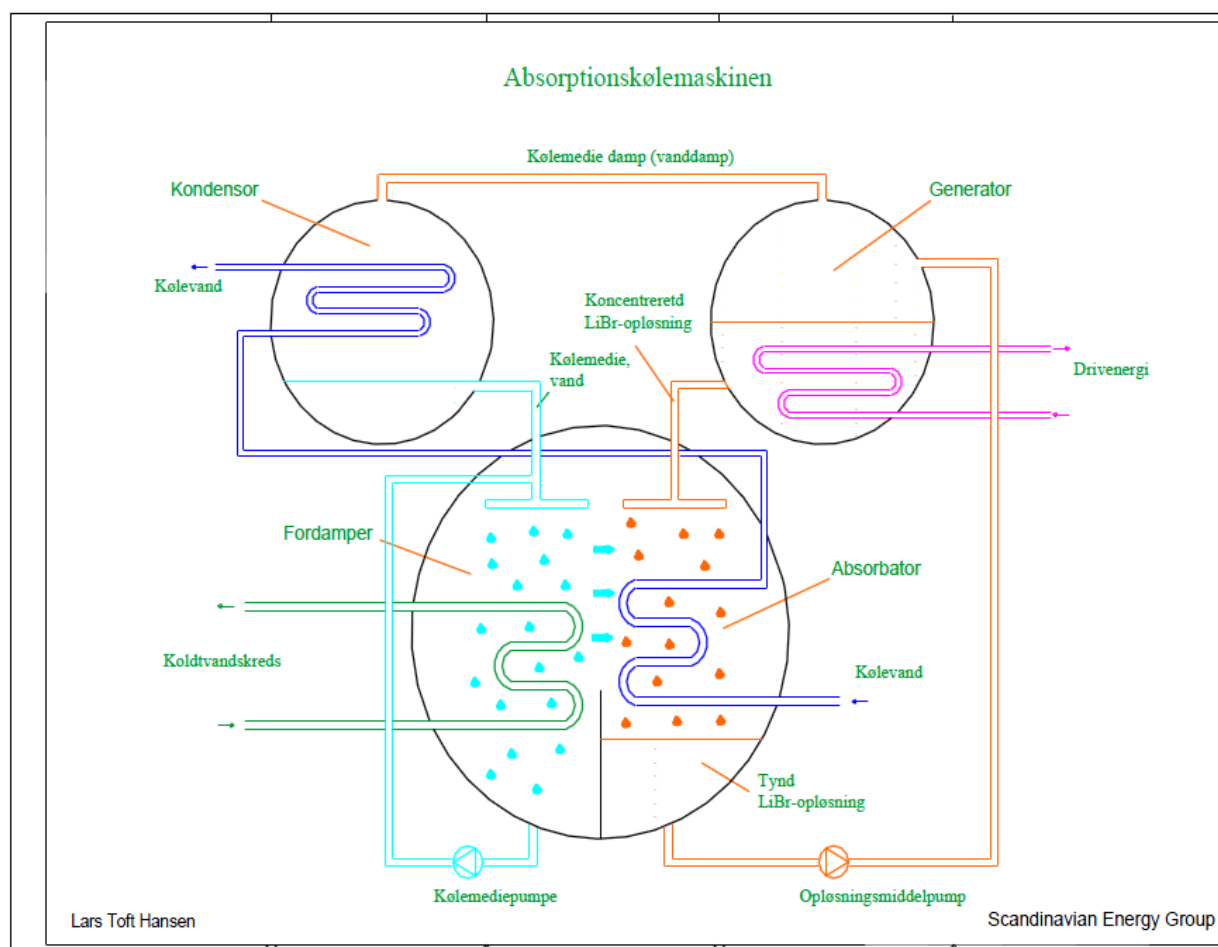
Ulemper ved kompressorkøling

En af de væsentligste ulemper ved kompressorkøling er driftsomkostningerne, som er høje, da det er lovpligtigt, at et sådan anlæg skal gennemgå et eftersyn minimum en gang årligt. Dette medfører, at de årlige omkostninger forbundet med D&V estimeres til omkring 2 % af investeringsomkostningerne (ABB, 2011).

Som tidligere nævnt anvendes elektricitet til at producere kølingen, hvorfor miljøpåvirkningen af kompressorkøling afhænger af hvorledes denne produceres. Der er dog en tendens til at elektriciteten produceres på spidsbelastningsenheder, hvilket ikke blot øger den miljømæssige påvirkning, men ligeledes medfører at elprisen stiger, hvilket får prisen pr. køleenhed til at stige (ABB, 2011).

Absorptionskøling

Overordnet fungerer køleprocessen i en absorptionskøler på samme måde som for en kompressorkøler. Der er dog den forskel, at den elektriske kompressor er udskiftet med en termisk kompressor. Det medfører, at det er en varmekilde, der driver kølevæsken rundt i anlægget, hvilket muliggør udnyttelsen af overskudsvarme fra kraft-varmeverker eller affaldsforbrændingsanlæg.



Figur A.2 Principskitse for et absorptionskøleanlæg (Hansen, 2009)

I et absorptionskøleanlæg udnyttes de kemiske egenskaber ved kemiske stofpar, ofte anvendes vand og Litiumbromid (LiBr) (ABB, 2011).

I absorberen, absorberes vanddamp af LiBr, hvorved der dannes en opløsning. Denne LiBr opløsning ledes til generatoren hvor den opvarmes af drivenergien, hvilket får vand og LiBr til at separeres. Herefter pumpes den koncentreret LiBr tilbage til absorberen, mens vanddampen ledes over i kondensatoren hvor processen er identisk med den som foregår i et kompressorkøleanlæg (ABB, 2011; Hansen, 2009).

For at denne proces skal kunne fungere, kræver det at drivvarmen er over 75 grader, hvis lavere temperatur anvendes, vil det reducere effektiviteten af absorptionskøleren betydeligt. Varmeudviklingen i et absorptionskøleanlæg er højere, end det er tilfældet for en kompressorkøler, hvorfor antallet af køletårne skal fordobles, hvis sådanne anvendes (ABB, 2011).

Fordele ved absorptionskøling

En klar fordel ved anvendelsen af absorptionskøling er, at det muliggør anvendelsen af overskudsvarme, som ellers ville blive bortkølet (ABB, 2011). Dette kan øge varmeudnyttelsesgraden ved fx kraftvarmeværker og affaldsforbrændingsanlæg, som nævnt i Afsnit 1.5.

I modsætning til et kompressorkøleanlæg indeholder en absorptionsvarmepumpe ikke noget miljøskadeligt kølemiddel, hvilket medfører, at der ikke er noget lovkrav om eftersyn. Dette, i kombination med lave vedligeholdelsesomkostninger, som skyldes at anlægget bygger på en kemisk proces medfører at de samlede D&V omkostninger er betydeligt lavere end det er tilfældet for et kompressorkøleanlæg. Manglen på mekaniske processer medfører ligeledes at levetiden er estimeret til op mod 30 år (ABB, 2011).

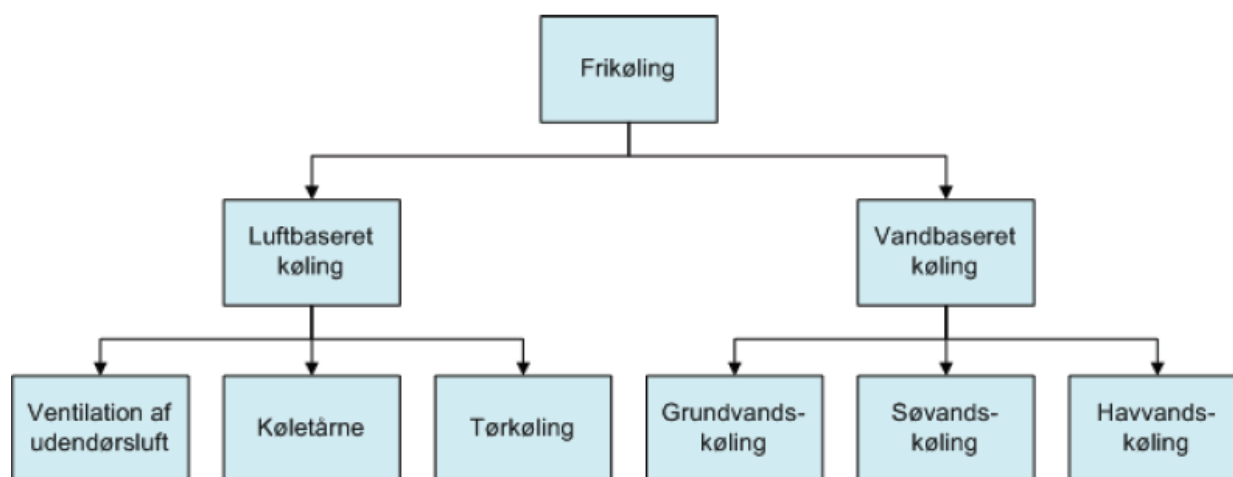
Ulemper ved absorptionskøling

Absorptionskøleanlæg kan ikke opnå en så høj effektivitet som fx kompressorkøling, hvilket er en betydelig ulempe. En typisk COP faktor for en absorptionsvarmepumpe vil ligge på mellem 0,5 og 1,2 (Rambøll, 2014). Derudover skal der bortkøles mere varme fra processen, hvilket øger behovet for køletårne osv., hvilket medfører, at anlægget bliver mere pladskrævende. Selve absorptionsvarmepumpen er ligeledes pladskrævende i forhold til alternative køleanlæg.

Selskabsøkonomisk er det ikke i alle tilfælde, at absorptionsanlæg er rentable, dette skyldes hovedsageligt den store investering, der er ca. dobbelt så stor som for et kompressoranlæg, med samme kapacitet. Dette medfører, at driftsomkostningerne bliver nødt til at være meget lave, for at det bliver en rentabel investering. Drivvarmen skal i mange tilfælde være stort set gratis (ABB, 2011).

Frikøling

Frikøling dækker over alt køling, som hentes fra omgivelserne. Selve kølingen er derfor gratis og kan betegnes som værende vedvarende. I Figur A.3 er de forskellige metoder til frikøling illustreret.



Figur A.3 Oversigt over de forskellige typer af frikøling (ABB, 2011, p. 20)

Som illustreret i Figur A.3 opdeles frikøling traditionelt i luft og vandbaseret køling. Luftbaseret frikøling dækker enten over direkte ventilation eller anvendelse af køletårne eller tørkøling. I forbindelse med de to sidstnævnte anvendes en kølevæske, som nedkøles af udendørsluften og derefter distribueres rundt i bygningen.

Vandbaseret frikøling fungerer efter princippet om at hav-, sø eller grundvand pumpes gennem en varmeveksler og nedkøler kølemidlet, hvorefter det pumpes tilbage i reservoiret (ABB, 2011).

Fordele ved frikøling

Som tidligere nævnt er frikøling i princippet gratis, forstået i den forstand, at der ikke anvendes ”brændsel” til køleproduktionen. Der anvendes dog en smule elektricitet til pumper osv. men dette er lavt i forhold til alternativerne, og medfører at fx et havkølingsanlæg kan opnå en COP faktor på ca. 20-25 (ABB, 2011; Rambøll, 2014). Derudover kan frikøling defineres som værende vedvarende (Ernstsen, et al., 2013).

Ulemper ved frikøling

Alt afhængigt af typen af frikøling er der forskellige ulemper. Generelt for den luftbaserede køling kan der opstå problemer i perioder, hvor lufttemperaturen er for høj og der, derfor ikke kan produceres køling (Ladin, U.D.). Da temperaturen oftest er højest i sommerhalvåret, hvor kølebehovet ligeledes er højest, kan dette være problematisk.

I forbindelse med grundvandskøling er det mest planlægningsprocessen, der kan vise sig problematisk, da den skal foregå i samarbejde med andre relevante myndigheder. Dette skyldes, at der bl.a. kan opstå forurening af grundvandsressourcerne. Derudover afhænger mulighederne for grundvandskøling af forholdene i undergrunden (Ladin, U.D.).

Havvandskøling kræver ligeledes en myndighedstilladelse og det kræver at køleanlægget er placeret i nærheden af havet. I sammenligning med ferskvandskøling er havvandskøling forbundet med højere investerings, og D&V omkostninger, da saltvand tærer mere på selve systemet (ABB, 2011). Derudover kan der i sommerperioden opstå problemer med at vandet bliver for varmt (Ladin, U.D.).

Søvandskøling har mere eller mindre de samme ulemper, dog udsættes systemet ikke for samme grad af tæring, da der anvendes ferskvand.

Som det beskrives i Afsnit 3.3 er det dog ikke tilstrækkeligt at have en forståelse af de enkelte teknologier, som kan anvendes til fjernkøleproduktion, med det er derimod nødvendigt at opnå en forståelse af, hvordan disse teknologier spiller sammen med det eksisterende energisystem. Derfor undersøges det i følgende kapitel, hvordan implementeringen af fjernkøling påvirker det eksisterende energisystem.

12.2 Bilag B: Beskrivelse af fjernkøleprojekter i Danmark

Følgende Bilag har til formål at beskrive nogle af de projekter, som er gennemført i dag, samt opsamle de erfaringer der er opnået i forbindelse med implementeringen og driften af disse anlæg. Jævnfør Afsnit 3.4 beskrives:

- HOFOR
- Thisted Varmeforsyning
- Hjørring Varmeforsyning
- Bjerringbro Varmeværk og Grundfos

Argumentationen for valget af disse kan ses i Afsnit 3.4.

HOFOR Fjernkøling a/s

I 2009 blev fjernkøleselskabet HOFOR Fjernkøling a/s etableret (HOFOR, U.d.), hvis hovedformål er at producere, distribuere og sælge fjernkøling til københavnske kunder. Dette selskab er i dag indehaver af Danmarks største fjernkøleanlæg, som er placeret tæt på Kongens Nytorv, på nuværende tidspunkt er kølekapaciteten på

dette anlæg 18 MW. I de kommende år forventes der dog en betydelig udbygning af nette og kapaciteten forventes at være øget til 53 MW i 2015 (HOFOR, U.d.).

Fjernkølingen produceres ved at anvende en kombination af frikøling (havvand), absorptionskøling og kompressorkøling. Frikølingen anvendes hovedsageligt i de køligere måneder henover året, men grundet de forøgede havvandstemperature i sommermånederne produceres der her hovedsageligt absorptionskøling, ved at udnytte overskudsvarme. Kompressorkøleanlægget anvendes hovedsageligt til at dække spidsbelastningerne. Derudover er der installeret en kølebeholder (akkumuleringstank) (HOFOR, U.d.; ABB, 2011).

Distributionsnettet bliver udvidet løbende, efterhånden som flere kunder gradvist tilsluttes værket, da rørføringen er forbundet med betydelige omkostninger (ABB, 2011).

Thisted varmemforsyning

I forbindelse med affaldsforbrændingen i Thisted er der i sommerperioden en stor mængde overskudsvarme. Med et ønske om at udnytte dette potentiale har Thisted Varmeforsyning oprettet et fjernkøleværk. Dette værk er baseret på en kombination af grundvandskøling og absorptionskøling (Thisted Varmeforsyning, U.d.), som anvender førømtalte overskudsvarme. Derudover har Thisted Varmeforsyning både mulighed for at anvende geotermisk energi samt et halmfyret anlæg, som kan levere energi til fjernkøling, hvis frikøling samt overskudsvarme ikke kan dække hele behovet (Thisted Varmeforsyning, U.d.).

Grundvandsressourcerne anvendes både til direkte køling, samt til bortkøling af den varme der dannes under absorptionsprocessen (Thisted Varmeforsyning, U.d.).

Fjernkøleanlægget i Thisted har en kapacitet på 1100 kW absorptionskøling, samt 700 kW frikøling, hvilket ikke udnyttes fyldt ud i dag da selskabet på nuværende tidspunkt forsynet 9 kunder med fjernkøling, med et samlet kølebehov på ca. 300 MWh (ABB, 2011; Thisted Varmeforsyning, U.d.). Disse kunder omfatter bl.a. J.P. Jacobsen centret, samt Thisted Kommunes bygninger og fjernkølingen planlægges udbredt til andre erhvervskunder i Thisted Midtby (Thisted Varmeforsyning, U.d.).

Hjørring Varmeforsyning

I forbindelse med opførelsen af storcentret Metropol i Hjørring blev der ligeledes opført en fjernkølecentral, som skulle forsyne dette med fjernkøling (ABB, 2011; Hjørring Varmeforsyning, U.d.). Dette anlæg drives af Hjørring Fjernvarme (Hjørring Varmeforsyning, U.d.) og består af et absorptionsanlæg med en kapacitet på 1,5 MW (ABB, 2011; Andreasen, U.d.). Drivvarmen stammer hovedsageligt fra affaldsforbrændingen (Rasmussen, 2006). Derudover anvendes frikøling, vha. køletårne til at producere en del af den distribuerede køling (Andreasen, U.d.).

Køleanlægget er placeret i et industrielt udviklingsområde, i umiddelbar nærhed af storcentret, hvilket har reduceret omkostningerne til rørføring betydeligt. Placeringen af køleanlægget muliggør ligeledes tilslutning af tilflyttende virksomheder, hvilket der dog ikke har været interesse for (ABB, 2011).

Partnerskab mellem Bjerringbro Varmeværk og Grundfos

Selskabsmæssigt adskiller fjernkøleanlægget i Bjerringbro sig fra de andre beskrevne køleanlæg. Dette skyldes at dette anlæg er opført som konsekvens af et partnerskab mellem Grundfos og Bjerringbro Varmeværk, som blev indgået i 2011. Finansieringen af anlægget er blevet delt ligeligt mellem de to parter, hvor Grundfos inve-

sterede i grundvandskøleanlægget, mens Bjerringbro varmeværk investerede i varmepumperne og bygninger hertil. Den samlede investering var på ca. 28 millioner (Grundfos, U.d.).

Selve køleproduktionen stammer fra elektrisk varmepumper, men en samlet effekt på 4 MW varme og 3 MW køling, samt grundvandskøling (Rühne, 2013; Grundfos & Bjerringbro Varmeværk, U.d.; Hansen, 2014).

Princippet bag dette projekt er, at udnytte den overskudsvarme, som dannes under pumpeproduktionen hos Grundfos, til at forsyne Bjerringbros borgere med fjernvarme og derved sikre en bedre ressourceudnyttelse. Dette sker ved at udnytte en nedlagt grundvandsboring og derved udnytte dette til lagring af hhv. varme og kulde (Grundfos, U.d.; Rühne, 2013).

I sommermånederne, hvor fjernvarmebehovet er forholdsvis lavt, anvendes Grundfos udelukkende grundvandskøling til deres proceskøling. Det opvarmede vand ledes herefter tilbage til grundvandet, hvilket medfører at grundvandstemperaturen stiger i løbet af disse måneder (Rühne, 2013; Grundfos, U.d.). I vintermånederne er situationen dog anderledes, da fjernvarmebehovet er betydeligt større, hvorved procesvarmen fra Grundfos kan udnyttes som fjernvarme til forbrugerne, efter temperaturen er blevet hævet vha. varmepumperne. Kølingen produceres i vintermånederne af varmepumperne, som udover proceskølingen gennedkøler grundvandslagret, så temperaturen reduceres tilstrækkeligt til at det kan genanvendes næste sommer (ICS Energy, U.d.). Varmepumperne producere derved både fjernvarme- og køling.

12.3 Bilag C: EnergyPLAN – Ændringer i forhold til CEESA referencescenariet samt udskrifter

Formålet med dette bilag er, at give overblik over de parametre, som er ændret i forhold til det oprindelige referencescenarie. I dette speciale anvendes et referencescenarie som er udarbejdet i forbindelse med CEESA projektet, valget af dette er begrundet i Afsnit 4.1. Derudover indeholder dette bilag udskrifterne fra EnergyPLAN, som beskrevet i Kapitel 3 laves udregningerne i EnergyPLAN dog på timebasis. Disse værdier kan findes på vedhæftede CD. Derudover indeholder denne CD de faktiske input-filer samt de udarbejdede distributionsfiler.

Lavt kølebehov

Figuren viser forskellene mellem referencescenariet og scenariet hvor hele kølebehovet på 3,3 TWh konverteres til fjernkøling. Dette medfører at et elforbrug på 0,89 TWh substitueres fra det samlede elbehov og i stedet modelleres i forhold til distributionsfilen for kølebehovet. Forudsat en gennemsnitlig COP på 3,7 for de individuelle køleanlæg.

	Scenario File 1	Scenario File 2
Input_El_demand_cooling_share	0	0,89
Filnavn_cooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Koelebehov_distribution.txt
Input_Cooling_el_demand	0	0,22
Input_Cooling_DHgr3_Heatdemand	0	2,2
Input_Cooling_el_eff	2	5
Input_Cooling_DHgr1_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr2_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr3_eff	2	0,85
Input_NaturalCooling_DHgr3	0	1,1
Filnavn_naturalcooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Distribution_Frikoeling.txt

Som illustreret i ovenstående figur er det hovedsageligt parametre som henvender sig til kølebehovet samt distributionsfilerne, som er ændret i forhold til referencen.

Herunder er udskrifterne fra EnergyPLAN vedhæftet:

31-May-2014 [09:42]

Middel kølebehov

I denne figur vises ændringerne i forhold til referencescenariet, med et forudsat kølebehov på 5,5 TWh, hvilket medfører at 1,49 af elforbruget allokeres til dækning af kølebehovet.

	Scenario File 1	Scenario File 2
Input_El_demand_cooling_share	0	1,49
Filnavn_cooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Koelebehov_distribution.txt
Input_Cooling_el_demand	0	0,366
Input_Cooling_DHgr3_Heatdemand	0	3,666
Input_Cooling_el_eff	2	5
Input_Cooling_DHgr1_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr2_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr3_eff	2	0,85
Input_NaturalCooling_DHgr3	0	1,831
Filnavn_naturalcooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Distribution_Frikoeling.txt

Herunder er udskrifterne fra EnergyPLAN vedhæftet:

109

Højt kølebehov

I denne figur vises ændringerne i forhold til referencescenariet, med et forudsat kølebehov på 9 TWh, hvilket resulterer i et elforbrug på 2,43 TWh.

	Scenario File 1	Scenario File 2
Input_El_demand_cooling_share	0	2,43
Filnavn_cooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Koelebehov_distribution.txt
Input_Cooling_el_demand	0	0,6
Input_Cooling_DHgr3_Heatdemand	0	6
Input_Cooling_el_eff	2	5
Input_Cooling_DHgr1_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr2_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr3_eff	2	0,85
Input_NaturalCooling_DHgr3	0	3
Filnavn_naturalcooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Distribution_Frikoeling.txt

</

Output specifications 100 % Fjernkøle Scenarie 2010 system 2.0.txt The EnergyPLAN model 11.2

District Heating Production														RES specification																																																																																																	
Gr.1				Gr.2				Gr.3				RES specification																																																																																																			
District heating MW	Solar MW	CSHP MW	DHP MW	District heating MW	Solar MW	CSHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Stor- age MW	Ba- lance MW	District heating MW	Solar MW	CSHP MW	CHP MW	HP MW	ELT MW	Boiler MW	EH MW	Stor- age MW	Ba- lance MW	RES1 Wind MW	RES2 Offshor River + Photo) MW	RES4 Total MW																																																																																						
January	509	0	6	503	1909	0	276	1417	64	0	171	0	14940	-18	4182	0	618	3092	0	0	485	0	4772	-13	640	306	0	0	946																																																																																		
February	521	0	6	514	1953	0	276	1245	74	0	317	0	19137	-4	4272	0	618	2846	0	0	799	0	3775	9	961	415	0	0	1376																																																																																		
March	444	1	6	437	1664	0	276	1260	60	0	93	0	22551	-24	3663	0	618	2776	0	0	267	0	5814	2	749	352	0	0	1101																																																																																		
April	356	2	6	348	1333	0	276	960	59	0	58	0	20738	-19	3138	0	618	2365	0	0	154	0	4792	1	606	305	0	0	911																																																																																		
May	279	2	6	271	1046	0	276	689	47	0	7	0	28196	27	2637	0	618	1931	0	0	149	0	6226	-11	619	302	0	0	921																																																																																		
June	126	3	6	118	474	0	276	166	39	0	4	0	21742	-11	1886	0	618	1314	0	0	31	0	9681	-77	639	327	0	0	966																																																																																		
July	126	2	6	118	474	0	276	150	42	0	5	0	22559	0	2426	0	618	1680	0	0	147	0	6938	-19	429	224	0	0	653																																																																																		
August	126	2	6	118	474	0	276	149	43	0	6	0	22549	1	2535	0	618	1826	0	0	106	0	7011	-16	621	299	0	0	920																																																																																		
September	194	1	6	187	728	0	276	419	41	0	5	0	21944	-13	2279	0	618	1593	0	0	68	0	7666	0	603	302	0	0	906																																																																																		
October	289	1	6	282	1084	0	276	654	55	0	58	0	19458	42	2585	0	618	1765	0	0	192	0	5579	10	1044	455	0	0	1500																																																																																		
November	379	0	6	373	1422	0	276	1002	61	0	112	0	21630	-29	3265	0	618	2321	0	0	326	0	5695	0	1005	436	0	0	1441																																																																																		
December	453	0	6	447	1698	0	276	1164	61	0	172	0	12641	25	3773	0	618	2717	0	0	446	0	4385	-8	672	310	0	0	982																																																																																		
Average	316	1	6	309	1186	0	276	772	54	0	83	0	20673	2	3055	0	618	2185	0	0	263	0	6030	-10	715	336	0	0	1050																																																																																		
Maximum	889	14	6	883	3334	0	276	2407	98	0	1928	0	40000	1575	7253	0	618	4188	0	0	3868	0	10000	2572	2934	868	0	0	3802																																																																																		
Minimum	111	0	6	104	415	0	276	0	30	0	0	0	-1632		1127	0	618	754	0	0	31	0	-1905		0	0	0	0	0																																																																																		
Total for the whole year				Total for the whole year				Total for the whole year				Total for the whole year				Total for the whole year				Total for the whole year				Total for the whole year																																																																																							
TWh/year				2.78				0.01				0.06				2.71				10.42				0.00				2.42				6.78				0.47				0.00				0.73				0.00				0.02				26.84				0.00				5.43				19.19				0.00				0.00				2.31				0.00				-0.09				6.28				2.95				0.00				0.00				9.22			
ANNUAL COSTS (Million DKK)																																																																																																															
65174																																																																																																															
Total Fuel = 0																																																																																																															
Uranium = 0																																																																																																															
Coal = 3662																																																																																																															
Fuel/Oil = 10972																																																																																																															
Gas/Oil/Diesel = 24683																																																																																																															
Petrol/JP = 16063																																																																																																															
Ngas = 2336																																																																																																															
Biomass = 7458																																																																																																															
Food income = 0																																																																																																															
Waste = 0																																																																																																															
Marginal operation costs = 440																																																																																																															
Total Electricity exchange = 0																																																																																																															
Import = 0																																																																																																															
Export = 0																																																																																																															
Bottleneck = 0																																																																																																															
Fixed impl/ex = 0																																																																																																															
Total CO2 emission costs = 5675																																																																																																															
Total Ngas Exchange costs = 14113																																																																																																															
Total variable costs = 85402																																																																																																															
Fixed operation costs = 25099																																																																																																															
Annual Investment costs = 47290																																																																																																															
TOTAL ANNUAL COSTS = 157791																																																																																																															
RES Share: 18.8 Percent of Primary Energy 41.4 Percent of Electricity 13.8 TWh electricity from RES																																																																																																															
31-May-2014 [09:44]																																																																																																															

Samfundsøkonomisk rentabel andel af fjernkøling

I denne analyse tages der udgangspunkt i det høje kølebehov, men kun 43 % af dette modelleres som fjernkøling, da denne del er fundet samfundsøkonomisk rentabelt. Dette svarer til at kølebehovet, som konverteres af fjernkøling bliver 3,87 TWh, som medfører, at et elbehov på 1,05 TWh substueres fra det samlede elforbrug og i stedet modelleres som fjernkøling.

	Scenario File 1	Scenario File 2
Input_El_demand_cooling_share	0	1,05
Filnavn_cooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Koelebehov_distribution.txt
Input_Cooling_el_demand	0	0,258
Input_Cooling_DHgr3_Heatdemand	0	2,58
Input_Cooling_el_eff	2	5
Input_Cooling_DHgr1_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr2_eff	2	0,85
Input_Cooling_DHgr3_eff	2	0,85
Input_NaturalCooling_DHgr3	0	1,29
Filnavn_naturalcooling_demand	Hour_distr-heat.txt	Distribution_Frikoeling.txt

Output specifications

Fjernkøle Scenarie 2010 system 4.0.txt

The EnergyPLAN model 11.2

Gr.1

Gr.2

Gr.3

RES specification

District heating

Solar

CSHP

DHP

District heating

DHP & Boilers

CHP2

PP

Ind.

Trans

Indu.

Demand

Bio-gas

Syn-gas

CO2Hy

Syn-gas

SynHy

Stor-age

Sum

Im-port

RES1

RES2

RES3

RES4

Total

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

MW

January

February

March

April

May

June

July

August

September

October

November

December

Average

Maximum

Minimum

Total for the whole year

TWh/year

509

521

444

356

279

126

126

126

194

289

379

453

316

889

111

0

2.78

0.01

0.06

2.71

65205

0

3767

10906

24683

16053

2350

7436

0

0

448

0

5716

14137

85507

25099

47290

157895

1909

1953

1664

1333

1046

474

474

474

728

1084

1422

1698

1186

3334

415

0

10.42

0.00

2.42

6.91

0.45

0.00

0.62

0.00

0.02

24.46

0.00

5.43

17.34

0.00

0.00

1.87

0.00

-0.17

6.28

2.95

0.00

0.00

0.00

9.22

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

Boiler

EH

Stor-age

Ba-lance

District heating

Solar

CSHP

CHP

HP

ELT

<