

Til  
**Hillerød Kommune**

Dokumenttype  
**Rapport**

Dato  
**December 2016**

# HILLERØD KOMMUNE STRATEGISK ENERGI- PLAN FOR FAVRHOLM



# HILLERØD KOMMUNE

## STRATEGISK ENERGIPLAN FOR FAVRHOLM

Revision 2  
Dato **2016-10-20, rev. 2016-12-08**  
Udarbejdet af **AD**  
Kontrolleret af **TSR, TRHA**  
Godkendt af  
Beskrivelse Strategisk energiplan for Favrholt i Hillerød Kommune.  
Planen er indledningsvis udarbejdet på grundlag af helhedsplanen for Favrholt og den bebyggelsesstruktur, der er indikeret i helhedsplanen. I den endelige beregning er planen tilpasset i overensstemmelse med Kommuneplantillæg nr. 17 til Kommuneplan 2013 for Favrholt.

Ref. 1100021386  
Dokument ID

## INDHOLD

<b>1.</b>	<b>RESUME</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>STRATEGISK ENERGIPLAN</b>	<b>7</b>
2.1	Analysemetoder	7
2.2	Bystruktur	7
2.3	Trafik og mobilitet	8
2.4	Bygninger	8
2.5	Køleforsyning	12
2.6	Elforsyning	12
2.7	Naturgasforsyning	13
2.8	Varmeforsyning	13
<b>3.</b>	<b>MODELBEREGNINGER</b>	<b>15</b>
<b>4.</b>	<b>EKSEMPLER</b>	<b>16</b>
4.1	Carlsberg byen	16
4.2	Nordhavn	16
4.3	Køge Kyst	17
4.4	Vinge	17
4.5	Værløse Flyveplads	17
<b>5.</b>	<b>VARMEPLANLÆGNING</b>	<b>18</b>
5.1	Varmebehov	18
5.2	Kundeinstallationer	18
5.3	Fjernvarmenet	19
5.3.1	Fjernvarmenet til helhedsplanen	19
5.3.2	Et nyt lavtemperaturnet fra ny central	19
5.3.3	Kombination af nyt og eksisterende net	20
5.3.4	Valg af parametre for fjernvarmenet	21
5.4	Kapacitetsforhold	24
5.5	Grundlag for den økonomiske analyse	25
5.6	Alternativ 1. Varmepumpe uden køl med gaskedel	26
5.7	Alternativ 1A. Lokal blokvarme	29
5.8	Alternativ 2. Samproduktion af fjernkølingen og fjernvarmen	29
5.8.1	Større varmebehov	31
5.8.2	Lavere tilslutningsgrad	31
5.9	Alternativ 3 Grundvandskøling	33
<b>6.</b>	<b>FJERNKØLING</b>	<b>34</b>
6.1	Hovedscenarie	34
6.2	Reduceret tilslutning	39
<b>7.</b>	<b>SAMLET FJERNVARME OG FJERNKØLING</b>	<b>40</b>
<b>8.</b>	<b>AKTUEL UDBYGNINGSPLAN</b>	<b>42</b>

## FIGURER

Figur 1-1 Muligt fjernvarmenet ved maksimal udbygning	2
Figur 1-2 Muligt fjernkølenet ved maksimal udbygning	3
Figur 1-3 Varmevarighedskurve for Favrholm ved maksimal fjernvarme	6
Figur 1-4 Kølevarighedskurve for Favrholm ved maksimal fjernkøl og ATES	6
Figur 2-1 Principdiagram for anvendelse i Kommuneplantillæg Favrholm	8
Figur 2-2 Principdiagram for tætheder i Kommuneplantillæg Favrholm	13
Figur 3-1 Proces for analysen	15
Figur 5-1 Fjernvarmenet til helhedsplanen	19
Figur 5-2 Plot over helt nyt fjernvarmenet	20
Figur 5-3 Plot over nyt fjernvarmenet kombineret med eksisterende	21
Figur 5-4 Skematisk varighedskurve for varme	33
Figur 6-1 Potentielt kølebehov, 100%	34
Figur 6-2 Prognose for fjernkølemarked og kapacitetsopbygning	35
Figur 6-3 Investeringer i kølekapacitet	35
Figur 6-4 Fjernkølenet	36
Figur 6-5 Forventet lastfordeling af fjernkølingen	37
Figur 6-6 Varmeudnyttelse fra fjernkøling	37
Figur 6-7 Stiliseret varighedskurve for køling	38
Tabel 1-1 Resultat af de økonomiske analyser for fjernvarmen	4
Tabel 1-2 Resultat af de økonomiske analyser for fjernkølingen	5
Tabel 1-3 Samlet økonomi for fjernvarme og fjernkøling	5
Tabel 2-1 Faktorer på tilført energi til at opfylde energirammeforbruget	9
Tabel 5-1 Varmebehov opdelt på områder	18
Tabel 5-2 Investeringer i fjernvarmeunits og varmepumper	18
Tabel 5-3 Investering i fjernvarmenet med forskelligt design	22
Tabel 5-4 Anlægsoverslag fordelt på områder, ledninger og stik.	22
Tabel 5-5 Anlægsoverslag fordelt på dimensioner, ledninger og stik.	23
Tabel 5-6 Oversigt over investeringer og beregning af prioriteringstal	23
Tabel 5-7 Beregning af varmetab	24
Tabel 5-8 Produktionskapaciteter	24
Tabel 5-9 Investeringer i fjernvarme og varmepumper	26
Tabel 5-10 Resultat ved maksimal tilslutning og udbygning med ø-løsning	27
Tabel 5-11 Resultat ved 70 % tilslutning og udbygning med ø-løsning	28
Tabel 5-12 Investeringer ved samkøring med fjernkøling og fjernvarme	29
Tabel 5-13 Resultat ved maksimal tilslutning og samkøring	30
Tabel 5-14 Resultat ved 70 % tilslutning og samkøring	32
Tabel 6-1 Anlægsoverslag for fjernkølenet	35
Tabel 6-2 Resultat ved 80 % tilslutning	38
Tabel 6-3 Oversigt over resultat ved 60 % tilslutning	39

## BILAG

### Bilag beregningsmodeller for varme og køl

## 1. RESUME

Hillerød Kommune har udarbejdet Helhedsplan Favrholt, som lægger rammerne for udbygningen af området ud fra en afvejning af en række hensyn. Denne helhedsplan er nu indarbejdet med mindre ændringer i Kommuneplantillæg nr. 17 til Kommuneplan 2013, som er vedtaget juni 2016. Der er dog ikke i helhedsplanen og i kommuneplantillægget peget på hvilken energiinfrastruktur, der vil være bedst for området.

Hillerød Kommune har derfor behov for at få suppleret Helhedsplan Favrholt og kommuneplantillægget med en mere detaljeret strategi for energiløsninger. Der er således behov for en strategisk energiplan for området, der belyser mulighederne for varme, køl, el, gas og proces i området i samspil med energiforsyningen i resten af Hillerød By. Mulighederne vil blive belyst for samfundet, for Hillerød som lokalsamfund og for bydelen som helhed. Heri inkluderes værdien af de miljømæssige konsekvenser, primært værdien af CO<sub>2</sub> emissioner.

Med denne strategiske energiplan vil Hillerød Kommune kunne leve op til sin rolle iht. Varmeforsyningsloven, idet kommunen skal arbejde med varmeplanlægning som en integreret del af kommuneplanlægningen i samspil med berørte forsyningsselskaber.

Helhedsplanen og kommuneplantillægget lægger vægt på, at bydelen skal bidrage til en bæredygtig byudvikling i Hillerød og give gode rammer for virksomheder og beboere. Der er således lagt vægt på en logisk opdelt bystruktur, der fremmer brugen af kollektiv transport, hvor hospital og arbejdspladser er placeret tæt på den kommende station.

Dermed er der automatisk taget hensyn til, at der kan indpasses kollektiv varmforsyning med fjernvarme samt mulig fjernkøling, hvis det i øvrigt er fordelagtigt, og hvis der er opbakning til de fælles løsninger.

Området gennemskæres af Hillerød Forsynings fjernvarmetransmissionsledning og Hillerød Kraftvarmeverks akkumuleringstank, som skal bevares, og er beliggende i området. Området vil således umiddelbart kunne forsynes med fjernvarme, hvor det er fordelagtigt, som en integreret del af fjernvarmen i Hillerød. Det udelukker dog ikke, at et lokalt blokvarmenet kunne være fordelagtigt og blive etableret af et byudviklingselskab i samarbejde med Hillerød Forsyning.

Kollektiv forsyning med naturgas vil ikke være aktuelt til den nye bebyggelse, da der er stop for naturgas til ny bebyggelse, når der ikke allerede er godkendte distributionsledninger.

I det stationsnære område er planlagt institutioner og virksomheder med arbejdspladser, der erfaringsmæssigt har et kølebehov. Særligt det kommende hospital vil have et stort kølebehov. By-strukturen og muligheden for fjernkøling går således hånd i hånd.

Fjernvarmen, som kan blive en integreret del af Hillerøds øvrige fjernvarme, vil skulle afgrænses i forhold til individuelle varmepumper eller klynger af individuelle varmepumper. Erfaringen fra lignende områder viser, at fjernvarme er bedst i tæt bebyggelse ud fra økonomiske og miljømæssige forhold, medens jordvarme kan være bedst i parcelhusområder, hvor der er langt mellem husene, og fjernvarmen derfor bliver for dyr. Det gælder særligt, hvis der bygges individuelt, og hvis der er plads til jordslanger.

Fjernkøling giver muligheder i forhold til individuel køling med eksempelvis grundvandskøling, som bedre kan etableres i fællesskab på en egnet lokalitet og i forhold til andre medier, som kan modtage spildkøling, eksempelvis spildevand. Der er erfaring for, at fjernkøling ikke kan transporteres så langt som fjernvarme, hvorfor det er sandsynligt, at der skal etableres en fjernkølecentral ved eller i nærheden af hospitalet. Den bør så vidt muligt etableres med grundvandskøling fra et kombineret sæsonlager for varme og kulde i egnede vandførende lag. Hensynet til at kunne aflede spildkøling og producere varme, når der ikke er brug for køling, taler for, at der

også kunne etableres en fjernkølecentral ved det kommende spildevandsanlæg, så de to anlæg samkøres.

Nedenstående to kortskitser viser hhv. mulige fjernvarmeledninger og fjernkøleledninger ved maksimal udbygning indenfor rammerne af kommuneplantillægget. Ledningerne er planlagt ud fra den bygningsstruktur, der var skitseret i helhedsplanen.



Figur 1-1 Muligt fjernvarmenet ved maksimal udbygning



**Figur 1-2 Muligt fjernkølenet ved maksimal udbygning**

Vedvarende energi fra el-systemet kan tilføres bydelen gennem el-nettet, og det er ud fra erfaringer ikke sandsynligt, at der kan etableres samfundsøkonomisk fordelagtig og miljømæssig acceptabel el-produktion i området, hverken med vindmøller eller solceller.

Det bemærkes, at alle investeringer i fjernvarmeforsyning og naturgasforsyning samt eventuel produktion af varme i blokvarmeanlæg over 250 kW, skal belyses i projektforslag, som skal godkendes af Hillerød Kommune i henhold til Varmeforsyningsloven.

Analyserne af de mulige forsyningsformer er baseret på følgende:

- På grundlag af arealopgørelser og geografiske data i Kommuneplantillæg Favrholm og Helhedsplan Favrholm er opstillet lister med kommende sandsynlige varme- og kølekunder med geografisk placering, areal, anvendelse og med et forventet varme- og kølebehov. Under hensyntagen til de justeringer i arealanvendelse, der er sket i Kommuneplantillægget er arealer og behov på den sikre side reduceret ca. 9 % i forhold til Helhedsplan Favrholm.
- På grundlag af disse data er designet og prissat et fjernvarmenet til at forsyne alle områder fra en mulig energicentral ved den eksisterende varmeakkumuleringstank og et tilsvarende fjernkølenet til de områder, der har kølebehov.
- Det er anslået, at det samlede opvarmede areal på ca. 575.000 m<sup>2</sup> er fordelt på 1.550 varmekunder med et samlet varmebehov på 24.000 MWh og et kapacitetsbehov på 12 MW.

- Det er anslået, at omtrent 2/3 af arealet vil have et kølebehov på i alt 17.000 MWh og et kapacitetsbehov på 13 MW. Behovet er dog meget usikkert, da det vil afhænge meget af den type institutioner og erhvervsvirksomheder, som vil etablere sig i området eksempelvis, om det er kontorbyggeri med servere eller lagerhaller uden kølebehov.
- Der er opstillet et referencescenarie med individuelle varmepumper og individuelle kølekompressor, som er det mest realistiske individuelle alternativ.
- Der er opstillet tilsvarende scenarier for fjernvarme og fjernkøling med samme varmepumpe-teknologi og med supplerende kapacitet fra grundvandskøling, køleakkumulator og gasfyret spidslastkapacitet fra fjernvarmen i Hillerød som et muligt scenarie. Det samlede varmetab i nettet er beregnet til 9 %, og det tilsvarende køletab i fjernkølenettet er beregnet til 3 %.

De teknisk-økonomiske analyser af optimeringen leder frem til:

- At der kan etableres et nyt net for fjernvarme, som i princippet er uafhængigt af fjernvarmenettet i Hillerød og, at det kan drives som et selvstændigt lavtemperaturnet.
- At det kun koster en merinvestering på 7 % at etablere et lavtryksnet med lav temperatur frem for et højtryksnet med højere temperatur, hvorfor lavtryksnettet indgår i de fortsatte analyser.
- At Salpetermosefjender og områder omkring hospitalet formentlig med fordel vil kunne forsynes med stikledninger fra den eksisterende fjernvarmeledning i området
- At alle områder er fordelagtige for fjernvarme i forhold til små varmepumper primært ud fra storskalafordele for varmepumper og yderligere som følge af fordelene ved, at fjernvarmens varmepumper er regulerbare og bedre kan reagere på svingende elpriser, mens små varmepumper ikke har samme mulighed.
- At Roskildevejfjenderen er den mindst egnede til fjernvarme og samtidig den mest risikofyldte for fjernvarmen, da det kunne tænkes, at der bliver tale om mange individuelle byggerier. Betingelsen for at fjernvarmen er fordelagtig er, at der kommer mindst 60-70 % tilslutning, alt afhængig af de fordele, som fjernvarmen kan få ved samkøring med fjernkøling og med den øvrige fjernvarme i Hillerød.
- At der kan etableres et selvstændigt fjernkølenet med udgangspunkt i en central ved sygehuset.

De samfunds- og selskabsøkonomiske analyser for fjernvarmen leder frem til nedenstående resultat.

Resume af de økonomiske analyser af fjernvarmen for samfund og lokalsamfund med hhv. 100% og 70% tilslutning	Samfundsøkonomi		Lokalsamfundets økonomi	
	100% mio.kr	70% mio.kr	100% mio.kr	70% mio.kr
Fjernvarme i Favrholt isoleret set	90	48	115	75
Samkøre fjernvarme med fjernkøl og Hillerød	124	73	159	107

**Tabell 1-1 Resultat af de økonomiske analyser for fjernvarmen**

Det ses, at der som altid er en meget stor effektivitetsforbedring og dermed økonomisk gevinst, hvis der kan opnås **maksimal tilslutning** til fjernvarmeinfrastrukturen i de områder, hvor den kan etableres med fordel.



Det ses også, at der er en meget stor gevinst ved at etablere og drive fjernvarmen i sammenhæng med

1. den øvrige fjernvarmeforsyning i Hillerød, primært for at udnytte akkumuleringstank og en spidslastkapacitet og
2. en ny selvstændig fjernkøleinfrastruktur til fjernkølekunder, idet varmen udnytter, at store kølekompressorer for lave meromkostninger kan opgraderes til store varmepumper, som kan levere effektiv overskudsvarme fra kølingen og, at grundvandskøling kan flytte produktionen af overskudsvarme fra sommer til vinter.

De samfunds- og selskabsøkonomiske analyser for fjernkølingen isoleret set leder frem til nedenstående resultat:

Resume af de økonomiske analyser af fjernkølingen for samfund og lokalsamfund med hhv. 80% og 60% tilslutning	Samfundsøkonomi		Lokalsamfundets økonomi	
	80% mio.kr	60% mio.kr	80% mio.kr	60% mio.kr
<b>Fjernkøling med grundvandskøling</b>	<b>55</b>	<b>18</b>	<b>65</b>	<b>31</b>

**Tabel 1-2 Resultat af de økonomiske analyser for fjernkølingen**

Det ses, at der er en stor gevinst ved at fjernkøling isoleret set uafhængig af fjernvarmen, men at økonomien kan blive kritisk lav, hvis der kun kommer lav tilslutning. For at sikre maksimal gevinst ved fjernkølingen kunne det evt. stilles som betingelse ved grundsalg, at væsentlige fjernkølebehov skal tilsluttes fjernkølingen.

I tabellen nedenfor vises den samlede gevinst for fjernvarme og fjernkøling med den fulde integration mellem fjernvarme og fjernkøling med fælles varmepumpe, grundvandskøling og varmeudnyttelse.

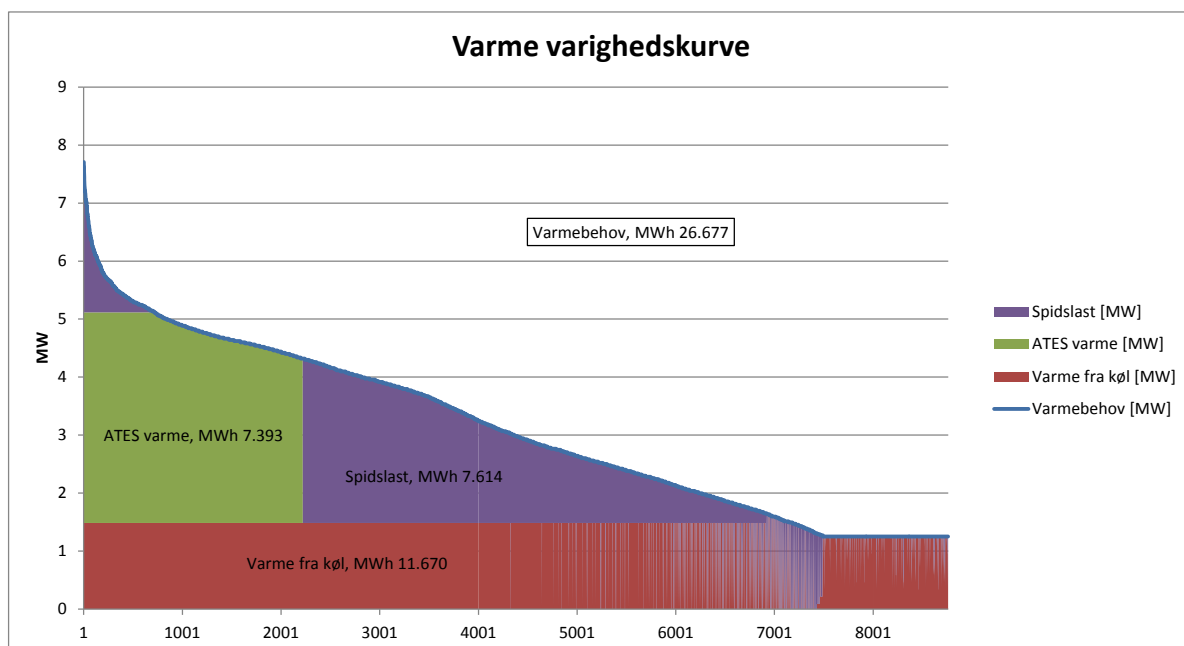
Resultat af økonomiske analyser af integreret fjernvarme/fjernkøling med grundvandskøl	Samfundsøkonomi	Lokalsamfundets økonomi
	mio.kr	mio.kr
<b>Stor tilslutning, 100% fjv. og 80% fjk.</b>	<b>179</b>	<b>224</b>
<b>Mindre tilslutning, 70% fjv. Og 60 % fjk.</b>	<b>91</b>	<b>138</b>

**Tabel 1-3 Samlet økonomi for fjernvarme og fjernkøling**

Dertil kan komme en gevinst ved yderligere varmeproduktion med varmepumper og udveksling af varme med fjernvarmen i Hillerød. Der vil være muligheder for at optimere produktionen mellem de eksisterende grundlastenheder i fjernvarmen i Hillerød og varmepumpen, eksempelvis ved at udnytte varmen fra det biomassefyrede kraftvarmeverk til forsyning af Favrholm i perioder, hvor elprisen er høj og tilsvarende måske levere varme fra varmepumpen til fjernvarmen i perioder med meget lave elpriser.

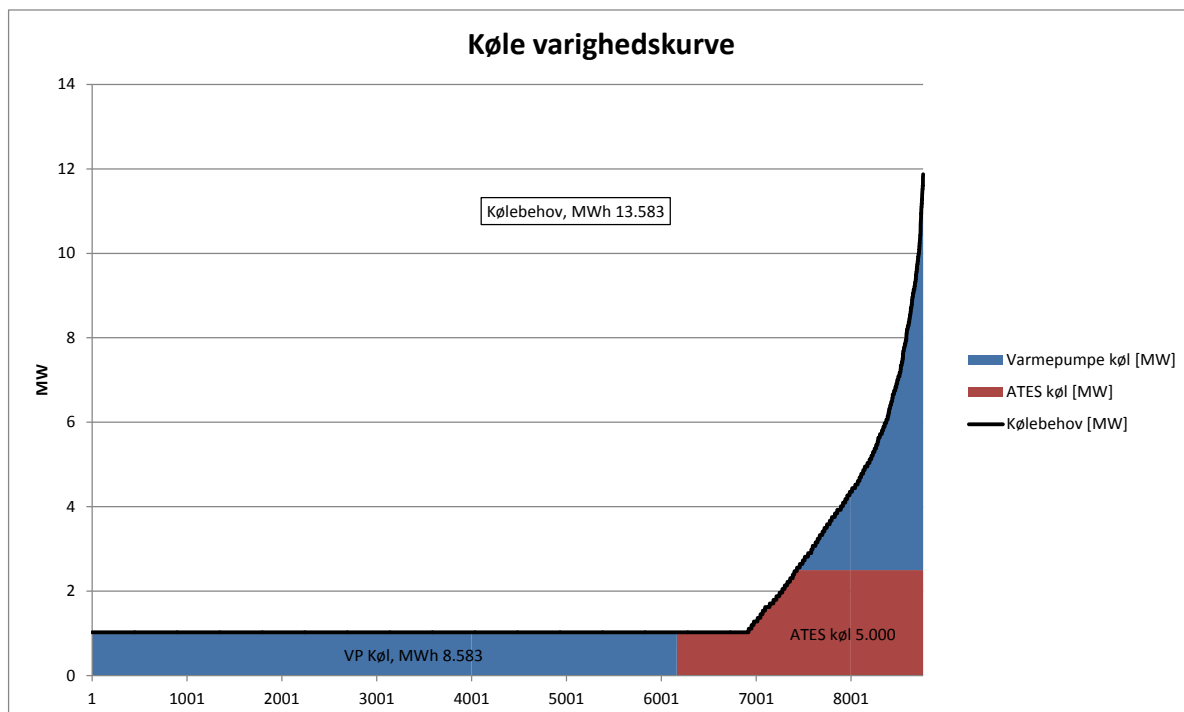
Derved vil samkøringen mellem Favrholm og fjernvarmen i Hillerød bidrage til at integrere mere fluktuerende vedvarende energi i elsystemet.

Den integrerede produktion af varme og køl, hvor man udnytter samspillet mellem Favrholm og fjernvarmen i Hillerød, er meget kompliceret. Derfor vises nedenfor en forenklet fremstilling af varmebehovet og kølebehovet i Favrholm på varighedskurver, hvor årets timer er sorteret med de koldeste til venstre og de varmeste til højre.



Figur 1-3 Varmevarighedskurve for Favrholm ved maksimal fjernvarme

Varmevarighedskurven viser varme, som kan produceres i samproduktion med fjernkøling (rød og grøn). Overskudsvarme fra kølingen, som kan tilføres fjernvarmen i Hillerød er ikke vist. Den fjernvarme, som tilføres fra fjernvarmen i Hillerød og benævnt "spidslast", kan være fra gasfyrede kedler om vinteren og fra andre effektive varmekilder, eksempelvis det biomassefyrede kraftvarmeværk resten af året.



Figur 1-4 Kølevarighedskurve for Favrholm ved maksimal fjernkøl og ATES

Det bemærkes, at en del af overskudsvarmen fra køling om sommeren er forudsat bortkølet, da der er andre overskudsvarmekilder om sommeren. Kun hvis der etableres et større grundvandskøleanlæg (et såkaldt ATES anlæg) eller et sæsonvarmelager, vil den kunne udnyttes.

## 2. STRATEGISK ENERGIPLAN

Strategisk energiplanlægning på kommunalt niveau er interessant, fordi det kan bidrage væsentligt til, at Danmark kommer i mål med de energipolitiske målsætninger på den mest samfundsøkonomiske måde og samtidig også fremmer økonomien og miljøet i lokalsamfundet.

### 2.1 Analysemetoder

Varmeplanlægningen omfatter umiddelbart kun varmforsyningsprojekter, der er omfattet af Projektbekendtgørelsens bilag. Disse skal vurderes ud fra samfundsøkonomiske kriterier, hvori indgår prisen på CO<sub>2</sub> og skadesemissioner. Det er dermed ikke et mål i sig selv at spare CO<sub>2</sub>. Kommunen skal i sin sagsbehandling lægge vægt på samfundsøkonomien inkl. prisen på CO<sub>2</sub> og må ikke prioritere ud fra CO<sub>2</sub> besparelser. De samfundsøkonomiske analyser tager desuden hensyn til de relevante tværkommunale forhold og virkninger fra andre sektorer, herunder el-systemet og bygninger.

Der er dog også fokus på CO<sub>2</sub> emissionen uden for kvotemarkedet. Det vil sige emission fra landbrug, transport og fyringsanlæg for gas og olie under 20 MW, som ikke er med i kvotemarkedet. Man kan således spare CO<sub>2</sub> uden for kvotemarkedet ved at erstatte gas- og oliefyr med varmepumper eller fjernvarme, medens skift fra el til kvotereguleret fjernvarme ikke reducerer denne emission. I dag har vi en ny situation, idet Danmark har forpligtet sig i forhold til EU til at reducere emissionen udenfor kvotemarkedet. Derfor bør det overvejes at tillægge denne emission ved skift fra eksempelvis gas til kvotereguleret fjernvarme en særlig vægt, da det ellers kan blive vanskeligt at nå de bindende mål om at reducere CO<sub>2</sub> emission uden for kvotemarkedet. Dette er dog ikke aktuelt for Favrholt, da valget vil stå mellem små varmepumper, blokvarme med varmepumpe og fjernvarme fra Hillerød Forsyning. Naturgasforsyning vil kun være en mulighed i områder, der er godkendt til naturgasforsyning.

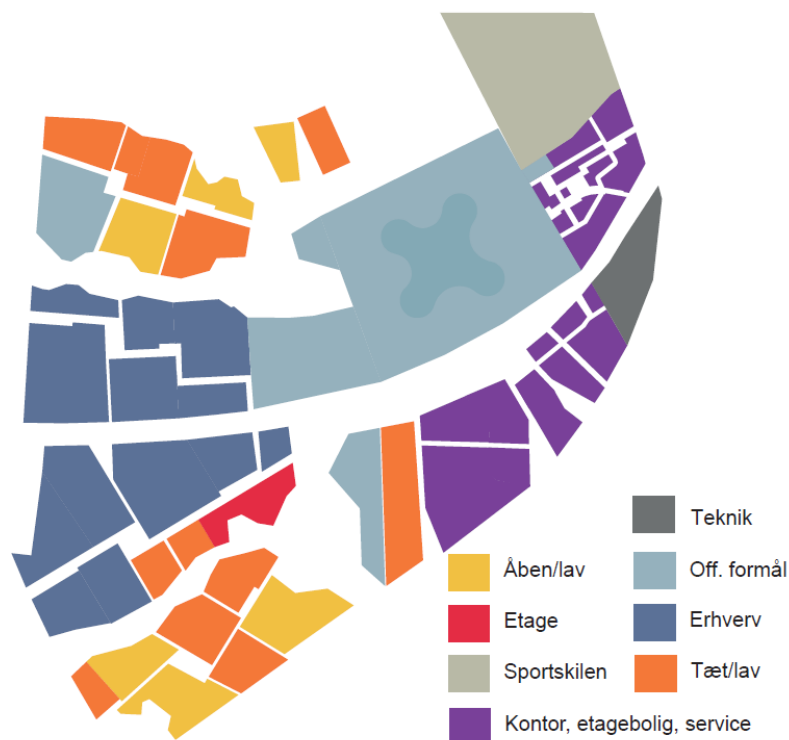
Den strategiske energiplanlægning er en videreudvikling af varmeplanlægningen, hvor man i endnu højere grad skal se på tværs af sektorer og på tværs af kommunegrænser.

De samfundsøkonomiske analyser kan således også anvendes på tiltag, der ikke skal godkendes iht. Varmeforsyningsloven, eksempelvis investeringer i elforsyning, i fjernkøling, i trafik og i bygninger således, at man bedre kan sammenligne og optimere alle mulige tiltag. Målet er, at Danmark som helhed skal opfylde den energipolitiske målsætning om at blive uafhængig af fossile brændsler inden 2050, og der er enighed om, at det bør ske for de laveste omkostninger for samfundet.

For at undgå at spille økonomiske ressourcer og for at fremme konkurrenceevne og velfærd er det således vigtigt, at alle investeringer, der gennemføres ud fra den energipolitiske målsætning, vurderes på ensartet grundlag både nationalt og i alle kommuner.

### 2.2 Bystruktur

En ensartet bystruktur er vigtig for at kunne planlægge effektiv forsyning. Den planlagte bystruktur for anvendelse i bydelen er opdelt logisk med den tætteste bebyggelse nær stationen. Derved fås et første bud på varmforsyningen og fjernkølepotentialet.



Principdiagram af anvendelser i bydelen

Figur 2-1 Principdiagram for anvendelse i Kommuneplantillæg Favrholm

### 2.3 Trafik og mobilitet

Den vigtigste kobling mellem energiinfrastrukturen, trafikplanlægningen og den tilhørende infrastruktur er, at den bystruktur, der fremmer kollektiv transport også fremmer kollektiv varmeforsyning og især fjernkøling:

- Koncentration af arbejdspladser og servicefunktioner, (eksempelvis et sygehus), i "gåafstand" omkring en station fremmer brugen af kollektiv transport.
- Den koncentrerede bebyggelse omkring stationen er ud fra erfaringer meget egnet til fjernvarme på grund af bebyggelsestætheden
- Den koncentrerede bebyggelse, som består af bygninger, der overvejende har et komfortkølebehov og evt. også et proceskølebehov, er desuden ud fra erfaringer egnet til fjernkøling, dels på grund af storskalafordele, dels fordi det kan være problematisk med mange individuelle køleanlæg i tæt bebyggelse

Energi til transport og forbruget af brændstof er et nationalt anliggende, men der kan dog gøres enkelte tiltag i byens energiinfrastruktur, som kan reducere brugen af fossile brændsler til transport uden samtidig af forringe byens kvalitet for beboerne. Man kan eksempelvis sikre, at elnettet udlægges med en lidt større kapacitet, så der er kapacitet til en vis opladning af elbiler i bydelen og særligt på p-pladser. Da fjernvarme og fjernkøling samtidig sikrer, at der ikke bruges el til disse formål i bygningerne, vil der alt andet lige være mere kapacitet til opladning af biler.

### 2.4 Bygninger

Investeringer i energimæssige forhold i bygninger reguleres af Bygningsreglementet. Disse krav til investeringer er ikke bestemt ud fra samfundsøkonomiske kriterier, men ud fra centralt fastsatte mål for at reducere energirammeforbruget. Flere analyser, bl.a. i Varmeplan Danmark, dokumenterer, at kravet til klimaskærmen er i overkanten af det samfundsøkonomisk rentable, men det er et fladt optimum, og det forvrider ikke valget af opvarmningsform i nævneværdig grad.

Bygningsreglementet kræver desuden, at bygningens energiforbrug til varme og teknisk el skal være mindre end et energirammebehov. Energirammebehovet skal dækkes med tilført energi med faktorer på tilført energi til matriklen.

- I BR10 fik fjernvarme og alle brændsler faktoren 1,0 medens el fik faktoren 2,5. Derved fik en varmepumpe med COP=3,1 en faktor på  $2,5/3,1=0,8$
- I BR15 er fjernvarmens faktor reduceret til 0,8, så den svarer til en varmepumpe med COP=3,1
- I BR20 er fjernvarmens faktor reduceret til 0,60 og faktoren på el er reduceret til 1,8. Derved får en varmepumpe med COP=3,1 en faktor på  $1,8/3,1=0,58$

Dertil kommer, at energi fra eksempelvis solceller, vindmøller og solvarmepaneller på bygningerne sidestilles med besparelser, så de kan fratrækkes energirammeforbruget

Derved kan man eksempelvis få følgende kombinationer af faktorer på tilført energi:

Energirammeforbruget i Bygningsreglementet		BR10	BR15	BR20
Faktor på energi	Olie og gas	1,0	1,0	1,0
	Fjernvarme	1,00	0,80	0,60
	Solceller på matriklen	0,0	0,0	0,0
	Solvarme på matriklen	0,0	0,0	0,0
	El	2,5	2,5	1,8
Faktor varmeforbruget	Olie eller gaskedel, virkningsgrad 90%	1,11	1,11	1,11
	Fjernvarme	1,00	0,80	0,60
	Varmepumpe, COP=3,0	0,83	0,83	0,60
	Varmepumpe, COP=3,3	0,76	0,76	0,55
	Varmepumpe, COP=4,0	0,63	0,63	0,45
	Varmepumpe, COP=4,0 + 20% solvarme	0,50	0,50	0,36

**Tabel 2-1 Faktorer på tilført energi til at opfylde energirammeforbruget**

Fjernvarme er kun aktuelt, hvis fjernvarme er godkendt af kommunen som den mest samfundsøkonomiske forsyningsform, og det vil normalt altid være sådan, at det er samfundsøkonomisk fordelagtigt med 100 % tilslutning.

Af tabellen ses bl.a.:

- at en bygherre efter BR10 havde et stærkt incitament til at fravælge fjernvarme til fordel for en varmepumpe. Med fjernvarme ville det således være nødvendigt at sænke varmeforbruget yderligere med 20 % (hvilket ville være meget dyrt eller umuligt) eller supplere med ekstra solvarme eller solceller på matriklen
- at fjernvarme og varmepumper med COP 3,0 som udgangspunkt behandles ens efter BR15 og BR20 ( $0,80=0,83$  og  $0,60=0,60$ )
- at fjernvarme og varmepumper får en fortrinsstilling efter BR15 og BR20 i forhold til naturgas og træpiller, som også har faktoren 1,0.

Det er dog fortsat således, at Bygningsreglementet efter BR15 kan give incitament til, at bygherren fravælger fjernvarme, hvis det er muligt at opsætte en bedre varmepumpe og/eller solvarme

og solceller til trods for, at løsningen har ringere samfundsøkonomi end den fjernvarme, som er godkendt af Kommunalbestyrelsen.

Dette forstærkes af, at den nuværende lovgivning for solceller kan give en bygherre et privatøkonomisk incitament til at etablere en varmepumpe, der fortrinsvis kan forsynes med el fra egne solceller.

Hvis der er risiko for, at flere af de planlagte bygninger fravælger fjernvarmen, forringer det samfundsøkonomien i den samlede forsyning, og det kan desuden fjerne det selskabsøkonomiske grundlag for fjernvarme.

Kommunalbestyrelsen har mulighed for mindske risikoen for selskabet ved at påbyde tilslutningspligt til ny bebyggelse i medfør af et projektforslag, hvor det dokumenteres, at fjernvarme både er samfundsøkonomisk og brugerøkonomisk bedst. Hvis der er pålagt tilslutningspligt, kan denne yderligere meddeles i lokalplanen. Dog kan bygherren anmode om dispensation for begge bestemmelser, hvis bygningen er defineret som et lavenergihus, dvs. at det etableres iht. BR20.

Hillerød Kommunalbestyrelse har imidlertid ikke planer om at benytte tilslutningspligt, og selv om man havde, ville beslutningen kunne tilsidesættes med dispensation.

Det er således et paradoks, at der er pligt til at gennemføre samfundsøkonomisk urentable investeringer for at overholde BR, medens der reelt ikke er pligt til at tilslutte sig investeringer i den fælles forsyning, som har god samfundsøkonomi.

For at imødegå, denne risiko for mindre tilslutning, som kan fjerne grundlaget for de planlagte fjernvarmeprojekter, kan det være en god ide at sikre, at byggemodningsudgifter til fjernvarmedistributionsnet i de lokale områder bliver en del af den samlede byggemodning for spildevand, vand, veje mv.

Derved sikres, at alle grundejere deles om de fælles faste engangsomkostninger i bebyggelsen.

Hvis der er påbudt tilslutningspligt og grundejeren ikke får dispensation, vil en grundejer under 250 kW ikke være forpligtet til at aftage varme, men kun betale tilslutningsafgift og faste årlige bidrag.

Hvis en grundejer fravælger fjernvarme uden tilslutningspligt eller får dispensation, hvis der er tilslutningspligt, vil grundejeren kun skulle betale byggemodningsudgifter som en del af grundkøbet og dermed ikke skulle betale tilslutningsafgift ved tilslutning samt årlige faste og variable bidrag.

Det er en vigtig del af fremtidens energisystem, at varme anlæg etableres som lavtemperaturanlæg (eksempelvis med 60 grader frem og højst 40 grader retur) uanset om opvarmningen sker med varmepumper eller fjernvarme. Dette er sikret med Bygningsreglementets bestemmelser. Det betyder, at fjernvarmen kan etableres som lavtemperaturanlæg med eksempelvis 65 grader i fremløb hele året. Denne temperatur anses generelt for nødvendig for at kunne producere brugsvand af høj kvalitet uden fare for legionella.

I områder med lav varmetæthed og stort relativt varmetab kan det være fordelagtigt at udstyre alle kunder med særlige brugsvandsunits, som kan nøjes med en lavere temperatur uden fare for legionella.

I nyt byggeri vil man normalt investere i gulvvarme, hvorved returtemperaturen kan sænkes yderligere.

Det kunne derfor være en ide for fjernvarmeselskabet, at stille krav om lavere fremløbstemperatur og returtemperatur og allerede ved byggeomdningen annoncere, at der gives ekstra incitament til lav returtemperatur.

Det er ligeledes en vigtig del af fremtidens energisystem, at man er i stand til at reagere på de svingende elpriser og dermed integrere mere vindenergi. Med de vandbårne systemer for fjernvarme og fjernkøling med tilhørende varme- og kølelagre kan man øge elforbruget til produktion af varme og kulde, når prisen er lav, og undgå at bruge el, når prisen er høj. Det vil sige, at elforbrug til små varmepumper eller kølekompressorer, som ikke kan reguleres, bør erstattes af vandbårne systemer, hvor man enten på bygningsniveau eller med fjernvarme og fjernkøling kan lagre den vandbårne energi. Tilsvarende vil vaske- og opvaskemaskiner, der udnytter varmt brugsvand til opvarmning i stedet for el øge andelen af regulerbart elforbrug.

Man skal dog være opmærksom på, at hverken Bygningsreglementet eller den tilhørende norm for varme- og køleanlæg giver incitament til centrale distributionsanlæg for varme og køl i hver bygning.

Derfor kunne det være en ide at bruge lokalplanlægningen og kommercielle kontrakter med købere til at sikre, at der etableres centrale distributionsanlæg, eksempelvis:

- Krav om, at der skal etableres centrale varme- og kølesystemer (vandbårne systemer i kombination med ventilationsanlæg) på bygningsniveau
- Tilbud fra fjernvarmen om, at fjernvarme kan leveres med selvstændig måler til hver bolig eller sektion/lejemål i større ejendomme, dels for at sikre, at der etableres fælles vandbårne systemer, dels for at opfylde kravet om måling af slutforbruget, hvor det er teknisk muligt
- Krav om, at der skal kunne leveres varmt brugsvand til vaske- og opvaskemaskiner som supplement til det kolde vand

Dette åbner op for interessante anlæg, hvor fjernvarme og fjernkøling ledes frem til forsyningspunkter alle de steder, hvor der er en slutforbruger (eksempelvis ejer eller lejer af en lejlighed) eller et decentralt ventilationsanlæg til et lejemål i et butikcenter. I hvert forsyningspunkt kan varmt og koldt vand på skift leveres til samme vekslerflade i ventilationsanlæg og til samme gulvslanger, ligesom det varme vand kan bruges til at opvarme brugsvand.

I etageboliger er det eksempelvis interessant at føre fjernvarmevandet frem til hver lejlighed, hvor der etableres tilslutningspunkt med måler med eller uden veksler til varmeanlægget. Det sparer bygningsejeren for varmeregnskab, og forsyningen sker direkte til slutforbrugeren, hvilket er bedre i overensstemmelse med lovgivningen indenfor varmemåling. Det kræver blot, at fjernvarmen og bygningsejeren enes om, at bygningsejeren "nagelfaste ledninger i bygningen" er isolerede og transporterer fjernvarmen helt frem til slutforbrugeren.

Kommunens byggesagsbehandling bør være opmærksom på, at enhver varmeproduktion i bygningskomplekser med en samlet kapacitet over 250 kW er omfattet af Projektbekendtgørelsen. Selv om et bygningskompleks er opdelt i en række forsyningspunkter under 250 kW, skal den samlede kapacitet lægges til grund.

Det er ikke længere muligt for kommunen at kræve en skærpet energiklasse (dvs. BR20) for ny bebyggelse.

Kommunens byggesagsbehandling bør ligeledes være opmærksom på, at der bør kunne dispenseres fra kravet om lokal fremløbstemperaturregulering til hver bolig, hvis det kan dokumenteres, at kravet er urimeligt.

Hvis der til lejligheder eller fjernvarmeområder med direkte forsyning uden veksler på varmesiden er etableret central regulering af fremløbstemperatur, så den i normal drift aldrig overstiger eksempelvis 65 grader, vil der ikke være behov for shuntforbindelse til hver lejlighed, da radia-

tortermostater og gulvvarme (med egen shunt) sagtens kan regulere varmen, så der ikke tabes varme som følge af den konstante fremløbstemperatur. Hvis fremløbstemperaturen sænkes for meget med en shuntforbindelse, vil der tværtimod være risiko for højere returtemperatur. I disse tilfælde vil det være urimeligt dyrt at skulle etablere shuntforbindelse og lokal fremløbstemperaturregulering til hver bolig. Fordyrelsen vil i værste fald give bygherren incitament til at fravælge fjernvarme.

## 2.5 Køleforsyning

Der er store fordele ved at etablere central køling frem for at etablere mange små kølemaskiner i et bygningskompleks. Hvis bygningen er eneste køleforbruger i området, kan kølingen produceres mere effektivt centralt, og især, hvis det er muligt i kombination med grundvandskøling. Grundvandskøling med en varm og en kold boring kan ofte indpasses i forhold til vandindvindingsinteresser ved at vælge de rette vandførende lag. Dog skal den tilførte varme til grundvandet altid bortkøles inden, der er gået et år, så der er balance på årsbasis. Derved kan bygningen producere varme til eget forbrug og til fjernvarmen i de koldeste 2-3 måneder og benytte fjernvarme de øvrige måneder.

Hvis bygninger med kølebehov ligger i nærheden af hinanden, er der storskalafordele ved at etablere fjernkølenet, som forbinder bygningerne med en køleakkumuleringstank og en fjernkølecentral, hvor der etableres en optimal kombination af grundvandsboringer og varmepumper. Varmepumpen og grundvandsboringerne (såkaldte ATES anlæg) har fem funktioner:

- Den varme boring udgør et sæsonvarmelager
- Den kolde boring udgør et sæsonkølelager
- Varmepumpen sikrer køling ved lav temperatur de varmeste måneder som supplement til grundvandskøling
- Varmepumpen køler grundvandet ned om vinteren i de koldeste måneder og leverer nyttig varme ved eksempelvis 65 grader til det lokale net.
- Varmepumpen kan i de øvrige måneder producere varme, når elprisen er lav, på grundlag af den omgivelsesvarme, der er til rådighed fra eksempelvis tørkølere eller drænvand.

Der er stor synergi mellem fjernvarme og fjernkøling, særligt hvis fjernvarmeselskabet står for fjernkølingen.

## 2.6 Elforsyning

Bydelen Favrholm ser umiddelbart ikke ud til at være egnet til el-produktion. Vindenergien er lav, og der er alt for lidt åbent land til, at vindmøller og solcelleparker er attraktive i bydelen ud fra miljømæssige kriterier.

Der vil kunne etableres solceller på bygningernes tage, men det vil ikke være samfundsøkonomisk fordelagtigt set i forhold til solcelleparker, som rundt regnet koster halvt så meget som solceller på bygninger.

Det kan dog blive nødvendigt for bygningsejere at etablere solceller på bygningerne for at kunne honorere kravene i Bygningsreglementet uden alt for store meromkostninger.

Derfor vil det være en fordel for såvel samfundet som bygningsejerne, hvis Hillerød Kommune dispenserer fra kravet om, at den supplerende energi skal være på matriklen og organiserer en ordning, så en bygherre kan købe en vindmølleandel som alternativ til solceller eller vindmøller på taget. Det vil spare bygherren for en udgift, og kommunen vil få større sikkerhed for, at der reinvesteres i erstatningskapacitet, når anlæggene er udtjente.

Som nævnt ovenfor under mobilitet bør det overvejes, om det skal være et krav, at der etableres kapacitet til opladning af elbiler overalt i bydelen.



## 2.7 Naturgasforsyning

Der er etableret naturgasforsyning til Hillerød Kraftvarmeværk og der er en 37 Bar naturgasledning, som forløber gennem området, men der er ikke godkendt naturgasforsyning i området.

Derfor er det ikke tilladt at etablere naturgasforsyning til opvarmning af den nye bebyggelse.

Naturgas vil dog fortsat kunne benyttes i området til procesenergi og til forsyning af fjernvarme. Eksempelvis kunne der etableres en spidslastkedel eller et mindre hurtigt regulerende gasfyret kraftvarmeværk, på en del af den grund, hvor Hillerød Kraftvarmeværk er beliggende i dag.

Naturgas vil som hidtil kunne leveres uden projektgodkendelse til procesformål på kommercielle vilkår til virksomheder i bydelen.

## 2.8 Varmeforsyning

Bydelen ligger i tilknytning til Hillerød Forsynings fjernvarmeområde.

- Transmissionsledningen fra varmeakkumuleringsstanken til Hillerød, som er forbundet med Farum, Værløse og Vestforbrænding, gennemskærer bydelen ved det nye sygehus.
- Hillerød Kraftvarmeværk er lokaliseret i bydelen, men det er kun varmeakkumuleringsstanken der bevares på længere sigt.
- En godkendt, men endnu ikke anlagt hovedledning fra varmeakkumuleringsstanken til det planlagte geotermiske anlæg forløber gennem bydelen.

Det betyder, at bydelens varmforsyning kan blive en del af Hillerøds samlede varmforsyning.

Dernæst er der mulighed for, bydelen i kraft af bygningernes lavtemperaturanlæg kan forsynes med lavere fremløbstemperatur og, at området kan præstere en lavere returtemperatur end resten af byen. Området som helhed er derfor egnet til at modtage varme fra de varmepumper, der måtte producere varme i symbiose med fjernkøling og eventuelle individuelle bygninger med køling og ATES anlæg.

Bebyggelsens struktur med tæt bebyggelse i flere etager og i klynger peger umiddelbart på, at der bør være fjernvarme i næsten alle områder.



Principdiagram af tætheder i bydelen

**Figur 2-2 Principdiagram for tætheder i Kommuneplantillæg Favrholt**

For områderne i den vestlige del af bydelen, som fortrinsvis består af enfamiliehuse er det dog et åbent spørgsmål. Valget mellem fjernvarme og varmepumper kan afhænge af, om hvert hus opføres uafhængigt af de andre eller, om der er en fælles bygherre for alle ejendomme, som ser fordelene i fjernvarme. I de fleste tilsvarende bydele vil tæt lav bebyggelse blive etableret af en bygherre, som etablerer den samlede bebyggelse og derefter sælger hver bolig individuelt.

Der foreligger ikke en plan for udvikling af området, og der er risiko for, at der etableres delområder, som i en årrække ligger isoleret fra resten. I disse tilfælde vil fjernvarmeforsyning bedst kunne etableres med midlertidig forsyning, eksempelvis fra en container med individuel varmepumpe.

Analyserne i den strategiske energiplan vil give en foreløbig vurdering, der også kan være vejledende for det kommende arbejde med detailplanlægning og valg af organisatoriske modeller. Det endelige valg mellem fjernvarme og individuel forsyning vil først blive truffet, når et selskab har udarbejdet et projektforslag for fjernvarme, der er godkendt eller afvist af Kommunalbestyrelsen og evt. Energiklagenævnet i tilfælde af, at Kommunalbestyrelsens afgørelse er påklaget.

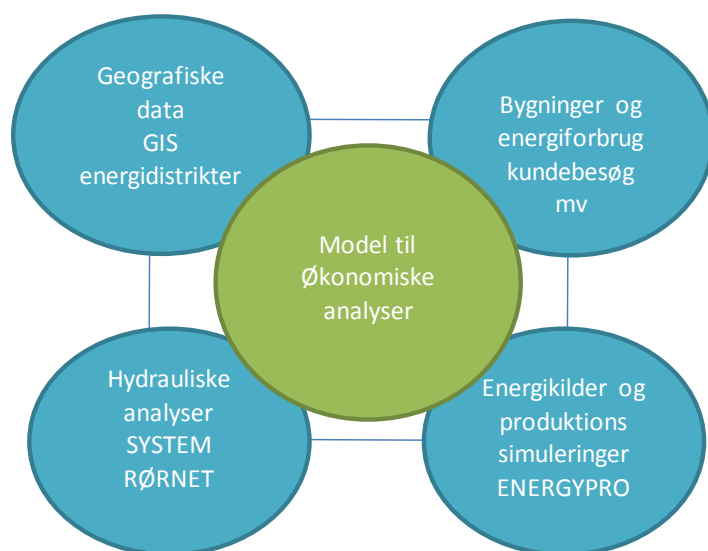
### 3. MODELBEREGNINGER

I arbejdet med den strategiske energiplan er der set nærmere på områdefægrænsningen for fjernvarme og fjernkøling i forhold til individuel forsyning med hhv. varemperer og individuelle køleanlæg.

Bydelen er opdelt i maksimalt 15 energidistrikter baseret på energitæthed, anvendelse og tidsplan. På grundlag af oplysninger i Helhedsplan Favrholm om bystruktur, areal, bygningskategorier og antal bygninger er hvert område opdelt i bygninger. For hver bygning fås således, lokalisering, anvendelseskategori, varmebehov samt evt. kølebehov. Alle geografiske informationer lagres digitalt.

Områderne er dernæst korrigeret, så de passer til Kommuneplantillægget.

For hospitalet har bygherren givet mere præcise oplysninger.



**Figur 3-1 Proces for analysen**

Dernæst er distributionsnet til fjernvarme og fjernkøling til disse bygninger dimensioneret og prissat opdelt på energidistrikter. Nettet er dimensioneret dels som et isoleret lavtemperaturnet, dels som et net, der er integreret med Hillerød Forsynings net.

I den økonomiske analyse sammenlignes fjernvarme og fjernkøling med individuel forsyning med varmepumper.

De geografiske informationer og analyser stilles til rådighed for det videre arbejde med analyse af net, lastfordeling og økonomi til brug i opdaterede analyser og projektforslag.

## 4. EKSEMPLER

I dette afsnit gennemgås eksempler på energiforsyningen af andre større bydele i Storkøbenhavn, som kan inspirere til gode løsninger i Favrholm.

### 4.1 Carlsberg byen

Carlsberg Ejendomme udviklede bydelen med en vision om at etablere en bæredygtig bydel, der kunne blive en aktiv del af byen og binde byen sammen, hvor der før havde været et lukket industriområde. Bydelen rummer ca. 600.000 m<sup>2</sup> opvarmet areal hvoraf ca. halvdelen også har et kølebehov.

Det første forslag til energiforsyning gik på, at det skulle være en CO<sub>2</sub> neutral bydel og, at det skulle ske med individuelle varmepumper solceller og ekstra meget isolering.

Energiforsyningen blev efterfølgende drøftet og analyseret grundigt, og det kunne påvises:

- At det ikke fremmer bæredygtigheden at isolere bydelen fra resten af København som en "CO<sub>2</sub> neutral" bydel, tværtimod.
- At den mest samfundsøkonomisk fordelagtige varmeforsyning vil være 100 % tilslutning til fjernvarmen i København
- At det heller ikke fremmer bæredygtigheden at etablere lokal el-produktion med vindmøller og solceller, da strøm fra havvindmøller, som let kan overføres til bydelen, er samfundsøkonomisk meget mere fordelagtig
- At lokal fjernkøling fra en ny fjernkølecentral med køleakkumuleringstank er mere fordelagtig end individuel køling og transmission af køling fra Tietgensgade.
- At det ikke fremmer samfundsøkonomien at skærpe isoleringskravet, da kravet i BR10 er lidt over det optimale

Analyserne viste også, at de mest samfundsøkonomiske løsninger også var de bedste for lokal-samfundet København.

De nye anbefalinger er nu fulgt. Der planlægges med 100 % fjernvarme og 100 % fjernkøling til alle bygninger med kølebehov. Tilslutningen sikres med kommercielle aftaler mellem Carlsberg Byen og købere.

Samtidig arbejder Carlsberg Byen på at få mulighed for at købe havvindmølleandele, som kan erstatte lokalt opsatte solceller.

Baggrunden er, at det fremmer det lokale miljø, hvis tagene ikke skæmmes af støjende tørkølere og glinsende solceller.

Der er således ingen energiproducerende anlæg i bydelen bortset fra den eldrevne fjernkølecentral, da den ældre spidslastcentral nedlægges.

### 4.2 Nordhavn

Bydelen har fra starten været planlagt med fokus på, at bydelen skal bidrage aktivt til, at København kan blive CO<sub>2</sub> neutral. Der er således planlagt fjernvarme og fjernkøling i kombination med individuel køling baseret på havvands- og grundvandskøling, og alle muligheder for, at bydelen selv kan bidrage med stort varmelager og energiproduktion har været undersøgt. Desuden undersøges, hvordan bydelen som helhed bedst kan spille sammen med el-systemet med dets fluktuerende elpriser.

Der er i kraft af tilslutning til byens fjernvarmenet og i kraft af muligheden for fjernkøling og grundvandskøling gode muligheder for at integrere den fluktuerende el-produktion med både opvarmning og køling.

#### 4.3 Køge Kyst

Bydelens energiforsyning udvikles i tæt samarbejde med Køge Kommune og Køge Fjernvarme, der får varme fra Køge Kraftvarmeværk og VEKS.

#### 4.4 Vinge

Energiforsyningen til Vinge ved Frederikssund, har været undersøgt detaljeret. Bydelen har mange ligheder med Favrholm, da den planlægges på bar mark omkring en kommende station. Det vil sige, at der planlægges med tæt bebyggelse i de stations-nære områder og mindre tæt bebyggelse længst væk. Til forskel fra Favrholm, som umiddelbart kan tilsluttes fjernvarmen i Hillerød, er der ingen fjernvarme i nærheden af Vinge og heller ingen markant storforbruger, som sygehuset i Favrholm. Til gengæld er der enkelte industrier, som har kølebehov og kan levere overskudsvarme.

Hovedalternativer for varmforsyningen er således:

- individuelle varmepumper til alle bygninger,
- blokvarmeanlæg med fælles varmepumpe til klynger af bygninger og
- fjernvarme, hvor alle blokvarmeanlæg og bygninger kobles sammen på lang sigt.

Den første etape, deltakvarteret, der netop er etableret, er et af de mindst varmetætte områder. Her har det vist sig, at det mest fordelagtige for samfundet og varmetafbrugere er blokvarme til alle bygninger, som forsynes med en fælles luft/vand varmepumpe. Denne indrettes i en container, så blokvarmenettet kan blive koblet på et fjernvarmesystem i Vinge på længere sigt, hvorved containeren med varmepumpen kan overflyttes til en anden lokalitet.

Der er sikret tilslutning for de fleste boliger, men det er fortsat usikkert, om der bliver 100 % tilslutning, da der er et område, hvor parcelhuse sælges individuelt.

#### 4.5 Værløse Flyveplads

Denne bebyggelse har også ligheder med Favrholm. Der planlægges klynger af ny tæt bebyggelse, som dog ligger i en vis afstand fra hinanden. Desuden er der et stykke vej til nærmeste fjernvarmesystem.

De første analyser peger på, at det er fordelagtigt at etablere blokvarme med en fælles varmepumpe suppleret med naturgas frem for individuelle varmepumper til hver bolig. Disse klynger ligger dog så langt fra Vestforbrændings og Værløse Fjernvarmes fjernvarmenet, at det med de nuværende energipriser ikke vil være fordelagtigt at koble dem sammen og forsyne med fjernvarme fra Vestforbrænding eller Værløse.

## 5. VARMEPLANLÆGNING

Analyserne er foretaget i henhold til Varmeforsyningslovens og Projektbekendtgørelsens bestemmelser og med Energistyrelsens beregningsforudsætninger af 25. april 2016 med tillæg fra august 2016.

Da der er tale om ny bebyggelse i områder, der ikke er godkendt til naturgasforsyning, er naturgasforsyning ikke mulig. Desuden betyder Bygningsreglementet krav om energirammeforbrug, at naturgasforsynede ejendomme kun vanskeligt vil kunne overholde BR15 og BR20 krav.

### 5.1 Varmebehov

Det er antaget, at det typiske varmebehov er 40 kWh/m<sup>2</sup>, bortset fra hospitalet, hvor der er regnet med 50 kWh/m<sup>2</sup>.

Varmebehovet er opgjort til følgende, se i øvrigt bilaget.

Nr	Hillerød Kommune Energiområde	Antal kunder	Areal m <sup>2</sup>	Behov	Behov
				MWh	kWh/m <sup>2</sup>
1	Salpetermosefinger	4	12.500	500	40
2	Roskildevejfinger	234	30.540	1.222	40
3	Smørkildegårdfinger	53	77.304	3.092	40
4	Solrødgårdfinger	213	95.160	3.806	40
5	Brødeskovfinger	231	34.410	1.376	40
6	Hestehavefinger	483	112.577	4.503	40
7	Serviceområde	5	19.500	780	40
8	Hospitalsområde	1	120.000	6.000	50
9	Stationsområde	327	73.200	2.928	40
10	Hovedledning uden behov	0	0	0	0
<b>I alt</b>	<b>I alt</b>	<b>1.551</b>	<b>575.191</b>	<b>24.208</b>	<b>42</b>

Tabel 5-1 Varmebehov opdelt på områder

Da der er erfaringer for, at behovet reelt er større end de teoretiske værdier, laves følsomhedsanalyse for at se konsekvensen af, at behovet er 25 % større.

### 5.2 Kundeinstallationer

De forudsatte investeringer i varmepumper og fjernvarmekundeinstallationer fremgår af tabellen nedenfor.

Varmebehov og kapacitet		Fjernvarmeinstallation		Individuel varmepumpe	
MWh/år	kW	kr/kW	kr	kr/kW	kr
7,5	5	4.800	24.000	20.800	104.000
15	10	2.400	24.000	12.400	124.000
75	50	1.214	60.686	8.248	412.402
150	100	864	86.414	7.024	702.450
750	500	393	196.332	5.374	2.687.161
1.500	1.000	280	279.567	4.978	4.978.484
6.000	4.000	142	566.860	4.496	17.984.010

Tabel 5-2 Investeringer i fjernvarmeunits og varmepumper

### 5.3 Fjernvarmenet

Fjernvarmenettet er indledningsvis udlagt til at forsyne de områder, der er vist i helhedsplanen, hvor der er et forslag til bygningernes størrelse og placering. I analyserne arbejdes videre med de områder, der er fastlagt i kommuneplantillægget, men med den struktur som fjernvarmenettet har fået i helhedsplanen.

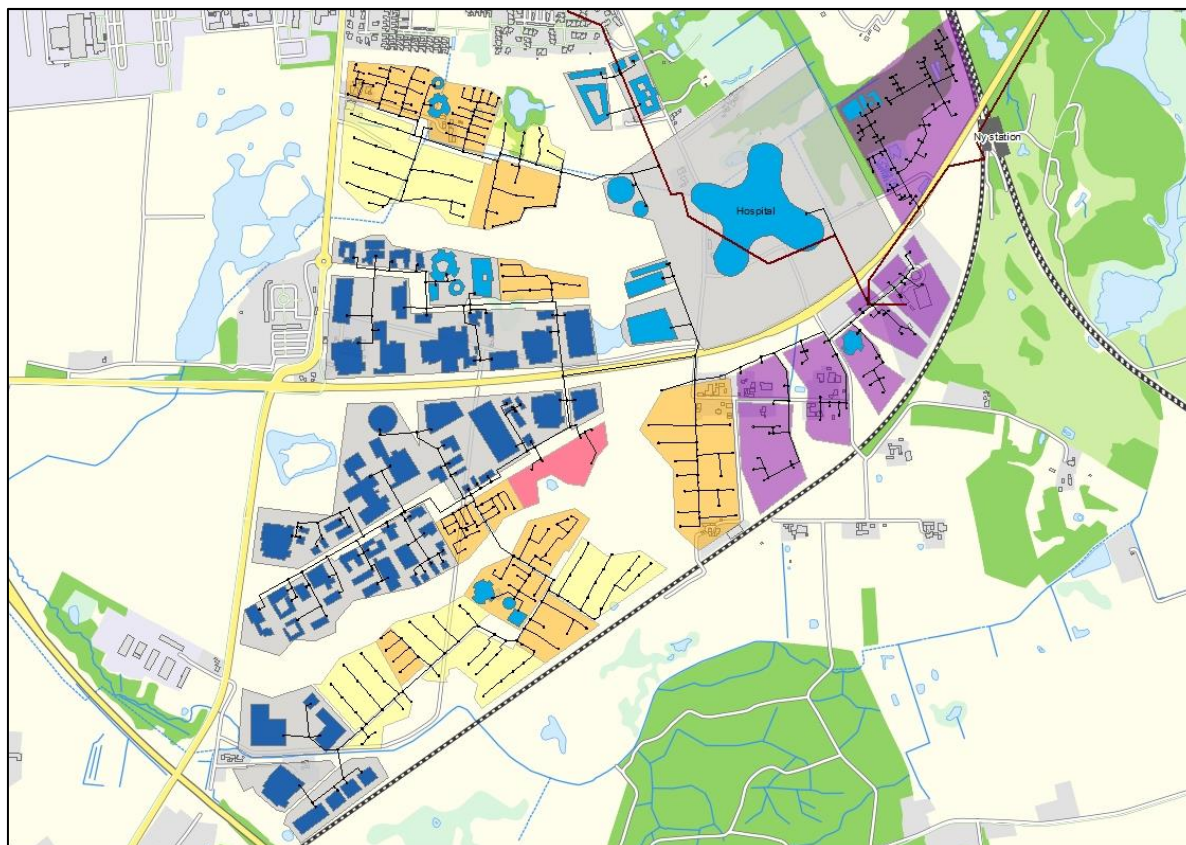
Der ses på to varianter med at udbygge fjernvarmenettet. Den ene med et helt nyt lavtryksnet til hele bydelen, det andet, hvor man udnytter, at man kan forsyne visse områder fra den eksisterende transmissionsledning.

#### 5.3.1 Fjernvarmenet til helhedsplanen

Det er vigtigt for prissætningen af fjernvarmenettet, at man har en realistisk antagelse om bebyggelsesstrukturen ved den givne bebyggelsesgrad eksempelvis, om det er 100 enfamiliehus á 100 m<sup>2</sup> eller én stor bygning på 10,000 m<sup>2</sup>.

Derfor er nettet udlagt som vist nedenfor med helhedsplanens kort som baggrund.

Der er her vist den variant, hvor det nye net samkøres med det eksisterende, hvor det er fordelagtigt.



Figur 5-1 Fjernvarmenet til helhedsplanen

#### 5.3.2 Et nyt lavtemperaturnet fra ny central

Nedenfor ses et plot af fjernvarmenettet, der er beskåret, så det passer med kommuneplantillægget.

Indledningsvis er vist et net, hvor hele Favrholm forsynes fra ét sammenhængende lavtryksnet, hvor der kun er samkøring med det øvrige fjernvarmenet på energicentralen.



**Figur 5-2 Plot over helt nyt fjernvarmenet**

Specielt ledningen til Salpetermosen er relativ lang og dyr i forhold til den relativt mindre bebyggelse, der er planlagt i området. Desuden ligger den tæt på den eksisterende transmissionsledning.

I det efterfølgende afsnit ses derfor på en løsning, hvor den eksisterende ledning udnyttes, hvor det umiddelbart er hensigtsmæssigt.

### 5.3.3 Kombination af nyt og eksisterende net

Den eksisterende transmissionsledning er indtegnet på kortet, og det ses, hvor der er behov for at omlægge den for at skaffe plads til hospitalet.

Figuren viser, hvor det umiddelbart er muligt at koble nye kunder på transmissionsnettet.

Derved spares ca. 1 km fjernvarmetrace, men til gengæld skal kundeinstallationerne dimensioneres til transmissionslednings tryktrin, eller der skal etableres en fælles vekslers, eksempelvis ved den første større kunder, hvorfra man fortsætter med lavtryksnet.

Besparelser ved mindre ledningsnet opvejes mere eller mindre af meromkostninger ved højere tryk og vekslere.

Derfor må den endelige løsning i disse områder afklares i projektforslagene, hvor resultatet vil afhænge meget af bebyggelsesstrukturen og udbygningstakten.





Figur 5-3 Plot over nyt fjernvarmenet kombineret med eksisterende

Det er derfor ikke muligt på det foreliggende grundlag at vurdere, hvor det vil blive fordelagtigt at forsyne kunder direkte fra det eksisterende transmissionsnet.

Denne uklarhed om valg af tilslutning af kunder i nærheden af den eksisterende ledning efter dens omlægning er imidlertid ikke væsentlig for det samlede resultat.

#### 5.3.4 Valg af parametre for fjernvarmenet

Derimod belyses meromkostningerne ved at etablere størstedelen som lavtryksnet og lavtemperaturnet, der er særlig forberedt til at udnytte varme fra en lokal varmepumpe.

Fjernvarmenettet er designet med SystemRørnet med følgende 4 variationer for at belyse meromkostningerne ved lavtryksnet og lav afkøling:

- 16 bar indirekte anlæg og 40 °C afkøling, eksempelvis 80/40
- 16 bar indirekte anlæg og 30 °C afkøling, eksempelvis 70/40
- 6 bar direkte anlæg og 40 °C afkøling, eksempelvis 75/35 eller 80/40
- 6 bar direkte anlæg og 30 °C afkøling, eksempelvis 65/35 eller 70/40

Disse 4 alternativer er sammenlignelige med hensyn til kundernes varmeanlæg, idet der er antaget en temperaturforskel på 5 °C over veksleren.

Investeringer i net og stik				
Tryktrin	16 bar	16 bar	6 bar	6 bar
Afkøling	40 °C	30 °C	40 °C	30 °C
	mio.kr	mio.kr	mio.kr	mio.kr
<b>Invest.</b>	<b>90,1</b>	<b>92,1</b>	<b>94,2</b>	<b>96,7</b>
<b>Merinvest.</b>	<b>0,0</b>	<b>2,0</b>	<b>4,1</b>	<b>6,6</b>
<b>Merinvest.</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>	<b>4%</b>	<b>7%</b>

**Tabel 5-3 Investering i fjernvarmenet med forskelligt design**

Det ses, at den ekstra investering i lavtryksnet på omtrent 7 mio.kr, som åbner op for direkte tilslutning og mere effektiv produktion med varmepumper, kun fordyrer nettet med 7 %.

Derfor arbejdes i analysen videre med 6-bar net med mulighed for lav fremløbstemperatur. Investeringen er mellem 90 og 92 mio.kr, hvis hele området skal forsynes fra samme 16-bar net, medens den er 97 mio.kr for et lavtryksnet med lav maksimal fremløbstemperatur på 70 °C.

Endnu en fordel ved et sådant lavtemperaturnet er, at der er større reserve til at øge kapaciteten ved at hæve fremløbstemperaturene de koldeste dage, eksempelvis hvis den nye bebyggelse bruger mere varme end antaget.

Nedenfor er anlægsoverslaget opdelt på områder samt distributionsledninger og stik. I opgørelsen er distributionsledningerne ført helt frem til alle bygninger på nær enfamiliehusene. Derfor er der mange meter stikledninger i områder med lav varmetæthed og slet ingen stikledninger i områder med erhverv eller etageejendomme mv.

<b>6 bar 30 °C</b>	<b>Distribution</b>	<b>Stik</b>	<b>Net i alt</b>	<b>Distribution</b>	<b>Stik</b>	<b>Net i alt</b>
<b>Investering i net og stik</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>1.000 kr</b>	<b>1.000 kr</b>	<b>1.000 kr</b>
Salpetermosefinger	222	0	222	563	0	563
Roskildevejfinger	4.949	1.404	6.353	13.039	3.257	16.296
Smørkildefinger	2.277	240	2.517	7.140	811	7.951
Solrødgårdfinger	3.716	1.158	4.874	12.139	3.913	16.052
Brødskovfinger	3.949	1.374	5.323	11.383	4.643	16.026
Hestehavefinger	3.433	2.826	6.259	9.229	9.549	18.778
Serviceområde	518	0	518	1.459	0	1.459
Hospitalsområde	121	0	121	535	0	535
Stationsområde	1.896	1.908	3.804	5.342	6.447	11.789
Hovedledning	1.049	0	1.049	7.246	0	7.246
<b>I alt</b>	<b>22.130</b>	<b>8.910</b>	<b>31.040</b>	<b>68.075</b>	<b>28.620</b>	<b>96.695</b>

**Tabel 5-4 Anlægsoverslag fordelt på områder, ledninger og stik.**

Det samme anlægsoverslag er nedenfor opdelt på området samt på dimensioner og længder.

Dimension DN	Enhedspris kr/m	Distribution m	Stik m	Distribution 1.000 kr	Stik 1.000 kr	Investering 1.000 kr
DN20	3.154	12.230	0	38.572	0	38.572
DN25	3.379	1.505	8.910	5.086	30.107	35.193
DN32	3.538	1.974	0	6.984	0	6.984
DN40	3.668	1.103	0	4.047	0	4.047
DN50	3.923	1.166	0	4.575	0	4.575
DN65	4.282	921	0	3.944	0	3.944
DN80	4.781	178	0	851	0	851
DN100	5.516	1.537	0	8.478	0	8.478
DN125	6.488	0	0	0	0	0
DN150	7.496	879	0	6.585	0	6.585
DN200	9.367	638	0	5.971	0	5.971
DN250	12.223	0	0	0	0	0
DN300	14.706	0	0	0	0	0
DN350	17.124	0	0	0	0	0
<b>I alt</b>	<b>118.265</b>	<b>22.130</b>	<b>8.910</b>	<b>85.093</b>	<b>30.107</b>	<b>115.200</b>
Korrektion for trace						-18.505
<b>I alt</b>						<b>96.695</b>

Tabel 5-5 Anlægsoverslag fordelt på dimensioner, ledninger og stik.

Det er her forudsat, at de typiske enhedspriser i tabellen for distributionsledninger, som svarer til anlæg i store veje, er reduceret med 20 % fordi de forudsættes anlagt i byggemodningsfasen, hvor vejkaassen er åben. Derved er sparet næsten 20 mio.kr. Der er ikke regnet med nogen reduktion for stikledninger.

Beregning af priorital	Varmebehov	Invest. i fjv.net	Invest pr salg	Invest i fjv.unit	Invest. i fjv. I alt	Invest. i varmp.	Merinvest pr salg
Enhed	MWh	1.000 kr	1.000 kr/MWh	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr	1.000 kr/MWh
Salpetermosefinger	500	563	1,1	315	878	2.436	-3,1
Roskildevjefinger	1.222	16.296	13,3	8.495	24.792	22.914	1,5
Smørkildefinger	3.092	7.951	2,6	567	8.517	16.419	-2,6
Solrødgårdfinger	3.806	16.052	4,2	441	16.493	32.411	-4,2
Brødeskovfinger	1.376	16.026	11,6	12.489	28.515	23.373	3,7
Hestehavefingre	4.503	18.778	4,2	5.629	24.407	55.721	-7,0
Serviceområde	780	1.459	1,9	5.616	7.075	3.623	4,4
Hospitalsområde	6.000	535	0,1	2.335	2.871	17.984	-2,5
Stationsområde	2.928	11.789	4,0	6.360	18.149	37.541	-6,6
Hovedledning	0	7.246		0	7.246	0	
<b>I alt</b>	<b>24.208</b>	<b>96.695</b>	<b>4,0</b>	<b>42.248</b>	<b>138.943</b>	<b>212.421</b>	<b>-3,0</b>

Tabel 5-6 Oversigt over investeringer og beregning af prioriteringstal

Hvis merinvesteringen i fjernvarme i forhold til varmepumper er negativ eller lille, vil fjernvarme være klart fordelagtig. Det ses, at Roskildefinger og Brødeskovfinger har en relativ stor merinvestering. En væsentlig ændring i lokalplantillægget i forhold til helhedsplanen er, at Brødeskovfingeren er ændret fra blandet erhverv og beboelse til beboelse med lavere varmetæthed svarende til Roskildevjefingeren.

Denne tabel giver en første indikation af, at der er stor forskel i områdernes egnethed til fjernvarme.

Varmetabet giver også en god indikation.

Beregning af varmetab	Varmebehov an kunder	Nettab	Varme produktion	Nettab
Enhed	MWh	MWh	MWh	%
Salpetermosefinger	500	14	514	3%
Roskildevejfinger	1.222	438	1.660	26%
Smørkildedfinger	3.092	221	3.313	7%
Solrødgårdfinger	3.806	399	4.205	9%
Brødeskovfinger	1.376	395	1.772	22%
Hestehavefingre	4.503	432	4.935	9%
Serviceområde	780	41	821	5%
Hospitalsområde	6.000	16	6.016	0%
Stationsområde	2.928	277	3.205	9%
Hovedledning	0	237	237	100%
<b>I alt</b>	<b>24.208</b>	<b>2.470</b>	<b>26.677</b>	<b>9%</b>

Tabel 5-7 Beregning af varmetab

Tabellerne viser således:

- At Roskildevejfinger skiller sig ud fra de andre områder med en høj investering og et relativt højt varmetab, som skyldes, at området består af enfamiliehuse og har lav varmetæthed.
- Brødeskovfinger også har en høj investering og et relativt højt varmetab som følge af ændringen af bebyggelsen

#### 5.4 Kapacitetsforhold

Med 100 % tilslutning fås følgende energi- og kapacitetsbehov.

Forudsat tilslutning og salg i 2035	Tilslutning 100%			Besparelse 0%		Behov i 2035
	Årssalg	Årsprod.	An kunder	An net	Grundlast	
Benyttelsestid i timer			2.000	2.500	5.000	
Favrholm	MWh	MWh	MW	MW	MW	kWh/m <sup>2</sup>
Salpetermosefinger	500	514	0,25	0,21	0,10	40
Roskildevejfinger	1.222	1.660	0,61	0,66	0,33	40
Smørkildedegårdfinger	3.092	3.313	1,5	1,3	0,7	40
Solrødgårdfinger	3.806	4.205	1,9	1,7	0,8	40
Brødeskovfinger	1.376	1.772	0,7	0,7	0,4	40
Hestehavefinger	4.503	4.935	2,3	2,0	1,0	40
Serviceområde	780	821	0,4	0,3	0,2	40
Hospitalsområde	6.000	6.016	3,0	2,4	1,2	50
Stationsområde	2.928	3.205	1,5	1,3	0,6	40
Hovedledning uden behov	0	237	0,0	0,1	0,0	0
<b>I alt</b>	<b>24.208</b>	<b>26.677</b>	<b>12,10</b>	<b>10,67</b>	<b>5,34</b>	<b>42</b>

Tabel 5-8 Produktionskapaciteter

Det er her forudsat, at der i gennemsnit forbruges 50 kWh/m<sup>2</sup> på hospitalet og 40 kWh/m<sup>2</sup> for øvrigt byggeri. Dette er lavt sat, da flere analyser peger på, at boligbyggeri også vil få et varmebehov på 50 kWh/m<sup>2</sup> for BR2015 og BR2020. Den mest effektive måde at reducere energirammebehovet på er at tilslutte bygningerne til fjernvarmen, hvorved varmebehovet bidrager til energirammebehovet i BR2020 med  $0,6 \times 40 = 24$  kWh/m<sup>2</sup>.

Det kan ikke udelukkes, at der bliver behov for at supplere med anden energi for at overholde energirammen. Derfor bør der overvejes alternativer til supplerende energi på matriklen, eksempelvis fælles bidrag til havvindmølleparker.

Tabellen viser desuden de produktionskapaciteter, der skal installeres.

Der er således næsten 1.600 kunder, som til sammen har et kapacitetsbehov på 12 MW, forudsat, at alle de små kunder har varmtvandsbeholdere, som kan udjævne forbruget. I praksis skal der formentlig investeres i en større kapacitet i områder med enfamiliehuse.

Det samlede kapacitetsbehov til fjernvarmenettet er ca. 11 MW under hensyntagen til varmetab og samtidighed. Grundlastbehovet til fjernvarmen er anslået til 5-6 MW. Dette grundlastbehov kan dækkes på flere måder:

- En lokal energicentral med store luft/vand varmepumper og en gaskedel som spidslast og reserve
- En lokal energicentral med store varmepumper til kombineret produktion af varme og køl og med en gaskedel som spidslast og reserve
- En lokal energicentral med store varmepumper til kombineret produktion af varme og køl, grundvandskøling og med en gaskedel som spidslast og reserve
- Ovennævnte 3 alternativer, hvor man i stedet for at etablere en gaskedel udveksler varme mellem energicentralen i området og det eksisterende fjernvarmenet og akkumuleringstanken. Derved kan der både leveres varme til nettet og modtages varme fra nettet, alt afhængig af el-, og varmepriserne.

## 5.5 Grundlag for den økonomiske analyse

Det forudsættes i den økonomiske analyse, at der i referencen for forsyningen i Favrholt etableres individuelle varmepumper til alle bygninger.

Referencen for den eksisterende fjernvarme, og dermed fordelene for samfundet og lokalsamfundet ved at udveksle varme sommer og vinter med fjernvarmenettet, er imidlertid vanskelig at forudsige og baseret på uklare forudsætninger.

I de samfundsøkonomiske analyser har der indtil maj 2016 været enighed blandt varmeplanlæggere om, at den samfundsøkonomiske pris på varmen i det sammenhængende fjernvarmetransmissionsnet, der som bekendt inkluderer Hillerød, er væsentlig lavere om sommeren end om vinteren. Tilsvarende har det tidligere projektforslag for biomassekraftvarme i Hillerød vist, at det er samfundsøkonomisk fordelagtigt at forsyne med dette værk i forhold til naturgaskedler. De nye beregningsforudsætninger fra april 2016 indeholder lavere priser på både naturgas og el på nordpool markedet. Bruges disse forudsætninger direkte, får man, at den samfundsøkonomiske pris på varmeproduktion fra biomassekraftvarmen er højere end prisen på varme fra en naturgasfyret fjernvarmecentral. Ser man i stedet på en overordnet el-reference, hvor det antages, at el-produktionen gradvist skal skifte til VE fra vindmøller og biomassekraftvarme, så vil mere el fra biomassekraftvarme medføre, at man alt andet lige kan udskyde den dyreste havvindmølle. Det forudsætter, at havvindmøller udbygges med en hastighed, der styres af ønsket om en gradvis overgang til VE og ikke ud fra industrielle hensyn. Antages således, at el fra biomassekraftvarme har en værdi, der mindst svarer til omkostningerne ved at producere el med dyreste havvindmølle, falder den samfundsøkonomiske pris på varmen, så den bliver lavere end prisen fra en gaskedel.

Med hensyn til den samfundsøkonomiske værdi af fleksibel el fra varmepumper i fjernvarmen i forhold til ikke fleksibel el fra små varmepumper, har Energistyrelsen efterfølgende offentliggjort et notat fra august 2016 med vejledning i, hvordan man kan tage højde for svingninger i timeprisen på markedet. Notatet antager imidlertid, at bidraget til distributionstariffen er det samme uanset om varmepumpen belaster distributionsnettet eller den er afbrydelig og kan være afbrudt

lige så længe, der er behov for det af hensyn til el-nettet. Derved bliver sammenligningen ikke ligeværdig.

I de selskabsøkonomiske analyser er der tilsvarende en vis usikkerhed på de el-tariffer, som distributionsselskaberne vil tilbyde til de større afbrydelige varmepumper. Dertil kommer usikkerhed om, hvorvidt der kommer en dynamisk elafgift.

På grund af disse usikkerheder, som endnu ikke er afklaret december 2016, ses i analyserne bort fra mulige samfunds- og selskabsøkonomiske fordele ved at samkøre energien sommer og vinter i Favrholt med det sammenhængende fjernvarmesystem. Samkøringsfordelen begrænses til, at fjernvarmesystemet kan levere spidslastkapacitet fra gaskedler og, at akkumuleringstanken kan udjævne varmeproduktionen.

Klima- Energi- og Forsyningsministeren har dog i december 2016 udmeldt, at der nu skal gøres en indsats for at få el, og især store afbrydelige varmepumper, ind i varmeforsyningen. Et første skridt var at fjerne PSO-afgiften på el. Et næste skridt kunne være en vis dynamisk elafgift, som sænker afgiften på el, når elprisen er lav og øger den tilsvarende, når elprisen er høj. Endelig må man forvente, at el-distributionsselskaberne udvikler produkter til "smart elforbrug" og således giver en betydelig rabat til det elforbrug, som kan afbrydes vilkårligt i en periode, så forbruget ikke belaster el-systemet.

Alternativerne med en ny gaskedel uden samkøring med fjernvarmenettet er medtaget som beregningsmæssige referencealternativer for at belyse fordelene ved en fysisk samkøring.

Både denne gaskedel og kapaciteten fra fjernvarmenettet i alternativer med samkøring vil booste temperaturen fra varmepumpen, når det er særlig koldt, og levere reserve, hvis det er fordelagtigt at stoppe varmepumpen pga. høje elpriser eller kapacitetsproblemer i el-nettet.

Alle fjernvarmealternativer vil således i modsætning til referencen med individuelle varmepumper kunne tilpasse elforbruget til elmarkedet og således indgå som en fleksibel el-forbruger.

## 5.6 Alternativ 1. Varmepumpe uden køl med gaskedel

Dette alternativ er som nævnt ovenfor medtaget for at belyse storskalafordelene ved fjernvarme alene uden de yderligere fordele, der er ved samkøring med Hillerød Forsynings transmissionsnet og et muligt fjernkølesystem.

Det forudsættes i alternativ 1, at der etableres fjernvarme til alle bygninger med tilslutning det sted, hvor der i referencen er etableret en varmepumpe. Varmeforsyningen er baseret på samme slags varmepumper som i referencen, blot centralt placeret ved varmeakkumuleringstanken i en energicentral, der drives som en ø-løsning med varmepumpe som grundlast og en ny gaskedel som spidslast.

Investeringer i Favrholt's varmeforsyning			Fjernvarme	Varmepumper
Øvrige distributionsnet		mio.kr	68	
Stikledninger		mio.kr	29	
<b>Net i alt</b>		mio.kr	<b>97</b>	
Varmepumpe	hele investering	mio.kr	24	
Forberedt spidslast		mio.kr	5	
<b>Øvrige investeringer</b>		mio.kr	<b>29</b>	
<b>Kundeinstallationer, maksimal</b>		mio.kr	<b>42</b>	<b>212</b>
<b>I alt investering mv.</b>		<b>mio.kr</b>	<b>168</b>	<b>212</b>

Tabel 5-9 Investeringer i fjernvarme og varmepumper

Ved denne sammenligning er forskellen mellem investeringerne i fjernvarmenet og varmepumper afgørende. Spørgsmålet er, om storskalafordele ved at etablere en central varmepumpe i forhold til mange små varmepumper kan begrunde investeringer i fjernvarmenet.

En stor varmepumpe på 5-6 MW varme vil kunne producere næsten hele varmebehovet, som i varmepumpealternativet produceres med ca. 1.600 små varmepumper med en samlet kapacitet på mindst 12 MW.

I den økonomiske analyse er det for at kunne sammenligne alternativerne antaget, at alle områder udbygges over 2 år startende med 100 % tilslutning.

Der er regnet med skrap-værdi for investeringer svarende til en forventet levetid.

Projektforslag				Favrholm		
Kommune				Hillerød Kommune		
Distributionsselskab				Hillerød Forsyning		
Alle beløb er ekskl. moms					Projekt	Reference
<b>Varmebehov</b>				Medtaget		
Potentielt varmebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse				MWh	<b>24.208</b>	<b>24.208</b>
Nye kunder	Tilslut.	VP ref ny	Projekt			
1	Salpetermosefing	100%	1	MWh	500	500
2	Roskildevejfing	100%	1	MWh	1.222	1.222
3	Smørkildegårdfing	100%	1	MWh	3.092	3.092
4	Solrødgårdfing	100%	1	MWh	3.806	3.806
5	Brødeskovfing	100%	1	MWh	1.376	1.376
6	Hestehavefing	100%	1	MWh	4.503	4.503
7	Serviceområde	100%	1	MWh	780	780
8	Hospitalsområde	100%	1	MWh	6.000	6.000
9	Stationsområde	100%	1	MWh	2.928	2.928
10	Hovedledning uden behov		1	MWh	0	0
<b>Varmebehov der indgår i konvertering</b>				1	Kode for VP	<b>MWh 24.208 24.208</b>
<b>Varmebehov an net for nye kunder</b>				3	Kode for gas	<b>MWh 26.677</b>
Samlet investering i kollektive anlæg				1000 kr	126.018	
Samlet investering i brugeranlæg				<b>1000 kr</b>	42.248	212.422
<b>Samlet investering</b>				<b>1000 kr</b>	<b>168.266</b>	<b>212.422</b>
<b>Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernvarme, ved: 4,0%</b>				<b>1000 kr</b>	<b>90.251</b>	
Brugernes gennemsnitsbesparelse				%	44%	
<b>Lokalsamfundets nuværdigevinst</b>				<b>1000 kr</b>	<b>115.234</b>	
Samproduktion af varme og køl					n	
Pris på varmepumpe alene uden køl ud fra prisurve for varmepumper				1000 kr/MW	4.496	
Marginal pris på varmepumpe ved opgradering af kølekompresor				1000 kr/MW	<b>1.000</b>	
COP for varmepumpe alene					<b>3,5</b>	<b>3,5</b>
COP for marginal produktion af varme fra køling					<b>4,5</b>	
Samkøring med fjernvarmen					n	
Pris på spidslast uden samkøring				kr/MW	<b>1.000</b>	
Pris på samkøring				kr/MW	<b>500</b>	

**Tabel 5-10 Resultat ved maksimal tilslutning og udbygning med ø-løsning**

Desuden er det som nævnt antaget, at varmecentralen til området er helt uafhængig af fjernkølingen og af fjernvarmen i Hillerød.

I analysen er områderne fjernet et for et, og det viser sig, at det er fordelagtigt med fjernvarme i alle områder med disse forudsætninger. Det mindst fjernvarmeegnede område er område 2, Roskildevejfing.

Resultatet afhænger dog meget af tilslutningsgraden, og netop her er Roskildefinger mest kritisk, da bebyggelsesplanen kunne lede frem til salg af individuelle grunde, frem for samlet salg af klynger til én bygherre.

I den efterfølgende tabel ses resultatet, hvis tilslutningsgraden til nettene falder fra 100 % til 70 % for alle områder.

Det ses, at samfundsøkonomien og lokalsamfundets gevinst reduceres betydeligt, hvis tilslutningen til nettet kun bliver 70 %. Det er dog særlig kritisk for Roskildevæjfingeren, hvor fordelene ved fjernvarme netop svinder ind til nul ved 70 % tilslutning.

Det vil sige, at det ikke på forhånd kan afgøres, om fjernvarme vil være bedre end varmepumper. Det vil afhænge af, om der sker én samlet udbygning med 100 % tilslutning eller, om udbygningen strækker sig over nogle år og med mindre tilslutning.

Projektforslag				Favrholm		
Kommune				Hillerød Kommune		
Distributionsselskab				Hillerød Forsyning		
Alle beløb er ekskl. moms					Projekt	Reference
<b>Varmebehov</b>				Medtaget		
Potentielt varmebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse				MWh	<b>24.208</b>	<b>24.208</b>
Nye kunder				Tilslut.		
				VP ref ny	Projekt	
1	Salpetermosefinger	70%	1	1	MWh	350
2	Roskildevæjfinger	70%	1	1	MWh	855
3	Smørkilddegårdfinger	70%	1	1	MWh	2.165
4	Solrødgårdfinger	70%	1	1	MWh	2.664
5	Brødeskovfinger	70%	1	1	MWh	963
6	Hestehavefinger	70%	1	1	MWh	3.152
7	Serviceområde	70%	1	1	MWh	546
8	Hospitalsområde	70%	1	1	MWh	4.200
9	Stationsområde	70%	1	1	MWh	2.050
10	Hovedledning uden behov		1	1	MWh	0
<b>Varmebehov der indgår i konvertering</b>				1	Kode for VP	<b>MWh 16.945</b>
<b>Varmebehov an net for nye kunder</b>				3	Kode for gas	<b>MWh 19.237</b>
Samlet investering i kollektive anlæg					1000 kr	117.840
Samlet investering i brugeranlæg					<b>1000 kr</b>	29.574
<b>Samlet investering</b>					<b>1000 kr</b>	<b>147.414</b>
<b>Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernvarme, ved: 4,0%</b>					<b>1000 kr</b>	<b>48.196</b>
Brugernes gennemsnitsbesparelse					%	44%
<b>Lokalsamfundets nuværdigevinst</b>					<b>1000 kr</b>	<b>75.231</b>
Samproduktion af varme og køl						n
Pris på varmepumpe alene uden køl ud fra prisurve for varmepumper					1000 kr/MW	4.496
Marginal pris på varmepumpe ved opgradering af kølekompresor					1000 kr/MW	<b>1.000</b>
COP for varmepumpe alene						<b>3,5</b>
COP for marginal produktion af varme fra køling						<b>4,5</b>
Samkøring med fjernvarmen						n
Pris på spidslast uden samkøring					kr/MW	<b>1.000</b>
Pris på samkøring					kr/MW	<b>500</b>

**Tabel 5-11 Resultat ved 70 % tilslutning og udbygning med ø-løsning**



## 5.7 Alternativ 1A. Lokal blokvarme

En variant af fjernvarmen i alternativ 1 er, at et eller flere områder forsynes fra eget blokvarmenet fra en fælles varmepumpe som alternativ til individuelle varmepumper. Derved får man glæde af storskalafordele.

Erfaringer fra andre analyser, bl.a. analyser i projektforslag for forsyning af første etape i Vinge viser, at det netop er fordelagtigt med en fælles varmepumpe til en klynge nye enfamiliehuse, hvor halvdelen er rækkehuse, og hvor der er høj tilslutning.

Det er altså en mulighed i eksempelvis Roskildevejfingeren.

En nøje sammenligning af denne lokale fjernvarme med den integrerede fjernvarme viser imidlertid, at det er mere fordelagtigt med fælles fjernvarme. Det skyldes primært, at investeringen i en lokal central med fælles varmepumpe overstiger investeringen i den fordelingsledning, som kan koble området sammen med resten af nettet – alt andet lige.

Dertil kommer, at meromkostningerne ved den lokale blokvarme stiger yderligere, hvis varmepumpen skal suppleres med en gaskedel og etableres i synergi med fjernkøling.

## 5.8 Alternativ 2. Samproduktion af fjernkølingen og fjernvarmen

Hvis fjernvarmen i området koordineres med sygehusets kølecentral eller endnu bedre med en fjernkølecentral, så vil den kølekompressor, der leverer fjernkøling og køles med tørkølere, kunne opgraderes til en varmepumpe, der producerer køl og varme i samproduktion. Derved vil man spare 24 mio.kr til investeringen i en selvstændig varmepumpe og i stedet nøjes med at skulle investere ekstra 5 mio.kr for at opgradere kølekompressoren til en varmepumpe.

Hvis energicentralen samtidig kobles sammen med Hillerød Forsynings fjernvarmenet med henblik på at overføre spids- og reservelast til centralen, vil man spare en gaskedel til ca. 5 mio.kr mod til gengæld at skulle investere i en tilkobling, som her er anslået til 3 mio.kr.

Investeringer i Favrholt varmforsyning			Fjernvarme	Varmepumper
Øvrige distributionsnet		mio.kr	68	
Stikledninger		mio.kr	29	
<b>Net i alt</b>		mio.kr	<b>97</b>	
Varmepumpe	merinvest. lft. Kompressor	mio.kr	5	
Forberedt spidslast		mio.kr	3	
<b>Øvrige investeringer</b>		mio.kr	<b>8</b>	
<b>Kundeinstallationer, maksimal</b>		mio.kr	<b>42</b>	<b>212</b>
<b>I alt investering mv.</b>		<b>mio.kr</b>	<b>147</b>	<b>212</b>

**Tabel 5-12 Investeringer ved samkøring med fjernkøling og fjernvarme**

Som følge af samproduktionen af køl og varme vil man forbedre effektiviteten ved varmeproduktionen. For individuel varmeproduktion er COP-værdien ca. 3,5, mens den marginale COP-værdi for produktion af varme som alternativ til fjernkøling med tørkølere er ca. 5,0.

Ved at etablere denne sammenkobling, vil man samtidig kunne modtage spidslast og reservekapacitet fra nettet og således spare naturgas.

Desuden vil man kunne udveksle varme mellem varmepumpen og fjernvarmenettet i Hillerød og derved også udnytte den eksisterende varmeakkumuleringstank bedre.

Endvidere får man mulighed for at udnytte varmepumpen til varmeproduktion alene uden køling i de perioder, hvor den hverken leverer køl om sommeren eller køler grundvandet ned om vinteren. Den vil eksempelvis i overgangsperioder ved lave elpriser, kunne producere ekstra varme,

blot den kolde side af varmepumpen bortkøles som spildkøling. Det forudsætter, at der etableres tørkølere, grundvandskøling eller tilslutning til dræn- eller spildevand. Der er set bort fra denne mulighed for, at Hillerød Forsyning kan øge andelen af produktion fra fleksible varmepumper.

Med hensyn til gevinsten ved samkøring er der imidlertid som nævnt ovenfor i afsnittet om referencen usikkerhed om, hvordan Energistyrelsens beregningsforudsætninger for elpriser skal tolkes med hensyn til valg af realistisk el-reference.

Hvis man antager at el, der produceres fra biomassebaseret kraftvarme, skal værdisættes til Energistyrelsens Nordpoolpris, så bliver den samfundsøkonomiske pris på varmen fra Hillerød Fjernvarmes biomassefyrede kraftvarmeværk og fra Vestforbrænding højere end den samfundsøkonomiske pris på varmen fra de naturgasfyrede fjernvarmecentraler. I så fald er der ikke basis for samkøring ud fra samfundsøkonomiske kriterier.

Hvis man i stedet værdisætter denne biomassebaserede el-produktion ud fra den alternative omkostning ved at investere i de dyreste havvindmølleparker og integrere deres el-produktion, så bliver den biomassebaserede varme billigere, og der vil være en samfundsøkonomisk fordel ved at udveksle varme.

Nedenfor ses resultatet, når energicentralen samkøres med fjernkøling og med fjernvarmens gasbaserede spidslastkapacitet.

Projektforslag					Favrholm		
Kommune					Hillerød Kommune		
Distributionsselskab					Hillerød Forsyning		
Alle beløb er ekskl. moms						Projekt	Reference
<b>Varmebehov</b>					Medtaget		
Potentielt varmebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse					MWh	<b>24.208</b>	<b>24.208</b>
Nye kunder					Tilslut.		
					VP ref ny	Projekt	
1	Salpetermosefinger	100%	1	1	MWh	500	500
2	Roskildevejfinger	100%	1	1	MWh	1.222	1.222
3	Smørkilddegårdfinger	100%	1	1	MWh	3.092	3.092
4	Solrødgårdfinger	100%	1	1	MWh	3.806	3.806
5	Brødeskovfinger	100%	1	1	MWh	1.376	1.376
6	Hestehavefinger	100%	1	1	MWh	4.503	4.503
7	Serviceområde	100%	1	1	MWh	780	780
8	Hospitalsområde	100%	1	1	MWh	6.000	6.000
9	Stationsområde	100%	1	1	MWh	2.928	2.928
10	Hovedledning uden behov		1	1	MWh	0	0
<b>Varmebehov der indgår i konvertering</b>					1	Kode for VP	<b>MWh 24.208</b>
<b>Varmebehov an net for nye kunder</b>					3	Kode for gas	<b>MWh 26.677</b>
Samlet investering i kollektive anlæg					1000 kr	104.698	
Samlet investering i brugeranlæg					<b>1000 kr</b>	42.248	212.422
<b>Samlet investering</b>					<b>1000 kr</b>	<b>146.946</b>	<b>212.422</b>
<b>Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernvarme, ved:</b>					<b>4,0%</b>	<b>1000 kr</b>	<b>124.311</b>
Brugernes gennemsnitsbesparelse					%	44%	
<b>Lokalsamfundets nuværdigevinst</b>					<b>1000 kr</b>	<b>159.236</b>	
Samproduktion af varme og køl						ja	
Pris på varmepumpe alene uden køl ud fra priscurve for varmepumper					1000 kr/MW	4.496	
Marginal pris på varmepumpe ved opgradering af kølekompresor					1000 kr/MW	1.000	
COP for varmepumpe alene						3,5	3,5
COP for marginal produktion af varme fra køling						4,5	
Samkøring med fjernvarmen						ja	
Pris på spidslast uden samkøring					kr/MW	1.000	
Pris på samkøring					kr/MW	500	

**Tabel 5-13 Resultat ved maksimal tilslutning og samkøring**

Alt afhængig af de kommende selskabsøkonomiske priser på el og biomasse vil der dog med stor sandsynlighed være en selskabsøkonomisk fordel for Hillerød Forsyning ved at udveksle varme mellem energicentralen og det øvrige fjernvarmesystem. I det følgende ses på den sikre side bort fra disse fordele ved samkøring af varme i løbet af året. I samkøringen med fjernvarmesystemet udnyttes kun fjernvarmens gasbaserede spidslastkapacitet.

Det ses af de foregående beregninger, at den samfundsøkonomiske og selskabsøkonomiske gevinst for lokalsamfundet er øget med hhv.  $124-90=34$  mio.kr og  $159-115=45$  mio.kr. ved at samkøre varmforsyningen i Favrholm med et selvstændigt fjernkøleprojekt og med fjernvarmewarmen i Hillerød.

Besparelsen fremkommer i runde tal ved:

- At der spares 2 mio.kr i spidslastkapacitet
- At der spares 20 mio.kr ved at udnytte varmepumpen i fællesskab og
- At der spares ca. 15 mio.kr ved at udnytte overskudsvarmen fra kølingen

Sygehusets kølebehov er opgjort til 6 MW køl. Hvis det udjævnes med akkumuleringstank og samtidig, vil det formentlig være tilstrækkeligt at etablere varmepumper med ca. 4 MW køl og 6 MW varme. Det er netop den varmekapacitet, der er behov for som grundlast til opvarmning.

Den marginale COP-faktor ved produktion af varme som marginal produktion til køl er ca. 5,0. Det vil sige, at man får 5 MWh varme for en ekstra MWh el set i forhold til, at man ikke udnytter overskudsvarmen fra kølingen.

Når der ikke er et kølebehov, skal der køles med tørkølere, drænvand, grundvand, spildevand eller lignende.

Derved falder COP-faktoren til mellem 2,5 og 3,5 i disse perioder, men i gennemsnit vil den formentlig være mindst 4,5, som forudsat for hele produktionen.

#### 5.8.1 Større varmebehov

Hvis varmebehovet i alt byggeri undtagen hospitalet stiger fra 40 til 50 kWh/m<sup>2</sup>, vil det fortsat være muligt at forsyne ejendommene ved at hæve fremløbstemperaturen med 10 grader. Da det er muligt at kombinere varmepumpen med spidslast fra den øvrige fjernvarme vil det være næsten omkostningsfrit at gøre det.

Ses bort fra ekstra omkostninger ved at øge temperaturen de koldeste dage, og forudsættes, at varmekunderne vil kunne optimere varmepumper i referencen ud fra det ændrede varmebehov, vil den samfundsøkonomiske gevinst øges fra 124 til **139 mio.kr** og lokalsamfundets gevinst vil øges fra 159 til **181 mio.kr**.

Fjernvarme i forhold til små varmepumper er således rimelig robust over for ændringer i varmebehovet. Fjernvarmenettet er fleksibelt nok til at kunne rumme den større efterspørgsel, og gevinsten er ikke særlig følsom over for ændringer i varmeforbruget. Det skyldes, at både fjernvarmen og de individuelle varmepumper er investeringstunge og har lave varmeproduktionsomkostninger.

#### 5.8.2 Lavere tilslutningsgrad

Hvis tilslutningsgraden falder til 70 %, vil den samfundsøkonomiske gevinst reduceres fra 124 til 73 mio.kr og lokalsamfundets gevinst vil falde fra 159 til 107 mio.kr.

Resultatet er således rimelig robust overfor svigtende tilslutning, men gevinsten er maksimal tilslutning er åbenbar.

Projektforslag		Favrholm					
Kommune		Hillerød Kommune					
Distributionsselskab		Hillerød Forsyning					
Alle beløb er ekskl. moms				Projekt	Reference		
<b>Varmebehov</b>		Medtaget					
Potentielt varmebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse				MWh	<b>24.208</b>	<b>24.208</b>	
Nye kunder	Tilslut.	VP ref ny	Projekt				
1	Salpetermosefingert	70%	1	1	MWh	350	350
2	Roskildevejfingert	70%	1	1	MWh	855	855
3	Smørkildegårdfingert	70%	1	1	MWh	2.165	2.165
4	Solrødgårdfingert	70%	1	1	MWh	2.664	2.664
5	Brødeskovfingert	70%	1	1	MWh	963	963
6	Hestehavefingert	70%	1	1	MWh	3.152	3.152
7	Serviceområde	70%	1	1	MWh	546	546
8	Hospitalsområde	70%	1	1	MWh	4.200	4.200
9	Stationsområde	70%	1	1	MWh	2.050	2.050
10	Hovedledning uden behov		1	1	MWh	0	0
<b>Varmebehov der indgår i konvertering</b>			1	Kode for VP	<b>MWh</b>	<b>16.945</b>	<b>16.945</b>
<b>Varmebehov an net for nye kunder</b>			3	Kode for gas	<b>MWh</b>	<b>19.237</b>	
Samlet investering i kollektive anlæg				1000 kr		102.466	
Samlet investering i brugeranlæg				<b>1000 kr</b>		29.574	148.695
<b>Samlet investering</b>				<b>1000 kr</b>		<b>132.039</b>	<b>148.695</b>
<b>Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernvarme, ved:</b>		<b>4,0%</b>		<b>1000 kr</b>		<b>72.847</b>	
Brugernes gennemsnitsbesparelse				%		44%	
<b>Lokalsamfundets nuværdigevinst</b>				<b>1000 kr</b>		<b>107.209</b>	
Samproduktion af varme og køl						ja	
Pris på varmepumpe alene uden køl ud fra priskurve for varmepumper				1000 kr/MW		4.496	
Marginal pris på varmepumpe ved opgradering af kølekompresor				1000 kr/MW		1.000	
COP for varmepumpe alene						3,5	3,5
COP for marginal produktion af varme fra køling						4,5	
Samkøring med fjernvarmen						ja	
Pris på spidslast uden samkøring				kr/MW		1.000	
Pris på samkøring				kr/MW		500	

**Tabel 5-14 Resultat ved 70 % tilslutning og samkøring**

For de to områder, Roskildevejfingert og Brødeskovfingert, som er mindst fordelagtigt for fjernvarme, vil det kun være fordelagtigt at medtage områderne, hvis tilslutningsgraden er mindst 60%.

## 5.9 Alternativ 3 Grundvandskøling

Hvis det bliver muligt med grundvandskøling, vil udvekslingen af varme med fjernvarmesystemet være endnu mere givtigt, foruden, at fjernkølingen bliver mere effektiv.

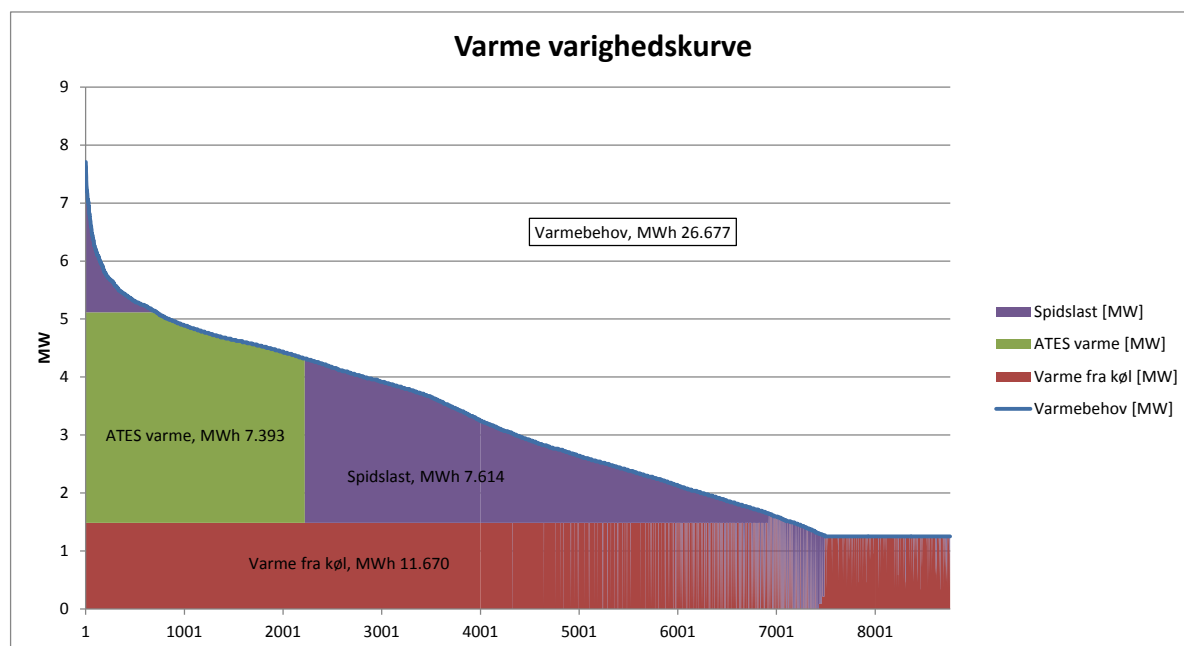
Grundvandet vil da producere det meste køling om sommeren, og varmepumpen vil være spidslast til køling om sommeren.

I de koldeste måneder vil varmepumpen kunne producere maksimalt og i princippet dække hele varmebehovet i Favrholtm.

Hvis hele kølemarkedet udbygges, vil varmepumpen således kunne levere hele produktionen fra grundvandet i de koldeste 3 måneder og tillige levere kapacitet til Hillerød Fjernvarme, mens Hillerød Fjernvarme leverer spidslast de koldeste dage og midt på året. Varighedskurven viser denne udveksling mellem Favrholtm og Hillerød Fjernvarme meget forenklet. Det eneste, som ligger fast er, at der kan leveres effektiv varme fra køl (rød) og fra ATES (grøn) af denne størrelse i løbet af et år.

Når forsyningen skal optimeres, er det muligt at flytte den grønne ATES varme i forhold til leverancen af spidslast fra Hillerød Fjernvarme således, at den samlede produktion af fjernvarme i Hillerød optimeres. Skulle det vise sig, at der er mere effektiv varme til rådighed i Hillerød i en periode end overskudsvarmen fra kølingen, er det muligt at bortlede overskudsvarmen fra kølingen med tørkølere.

I nedenstående varighedskurve er vist den meget skematiske produktion.



**Figur 5-4 Skematisk varighedskurve for varme**

Det ses at samproduktion af varme og køling sker, når der er et kølebehov og et tilsvarende varmebehov. Varmepumpen er i drift med grundvandet som energikilde, svarende til 2.000 fuldtlasttimer i vinterperioden. ATES kan dermed fortrænge spidslast i systemet. Årsagen til, at der i perioder aftages varme fra fjernvarmen i Hillerød (betegnet spidslast på figuren) om sommeren er, at ATES anlægget i perioder dækker hele kølebehovet, hvorfor der ikke produceres køling og varme via samproduktion i disse perioder. For at gøre figuren overskuelig er varighedskurven vist uden muligheden for at benytte et lager. Lageret kan flytte produktionen af køling til timer med billigere elpriser.

## 6. FJERNKØLING

Som det fremgår af ovenstående afsnit om fjernvarmen er der fordele ved, at den samme varmepumpe kan bruges både til fjernkøling og til fjernvarme. Hvis der etableres fjernkøling, og denne etableres i samspil med fjernvarmen, vil den samlede forsyning af fjernvarme og fjernkøling således blive bedre, som vist i ovenstående kapitel. Derfor belyses i dette kapitel de mulige fordele ved fjernkøling i flere trin.

Kølebehovet afhænger af karakteren af de erhvervsbygninger og institutioner, der etableres. Vi har kendskab til sygehuset, som har et stort behov, men vi ved ikke, om resten vil være domineret af kontorbyggeri med servere og farmaceutisk industri med meget stort kølebehov eller af lagervirksomhed og lignende uden kølebehov.

I hovedscenariet belyses det optimale projekt med maksimal udbygning af det fordelagtige marked samt med lagertank og grundvandskøling. I det efterfølgende ses på konsekvenser af, at nogle af de vigtigste komponenter bortfalder.

### 6.1 Hovedscenarie

I opgørelsen er det antaget, at de fleste bygninger har typiske kølebehov i erhvervsområderne.

Nr	Overskudsvarme fra fjernkøling i Favrholm Hillerød Kommune Energiområder	Antal kunder	Areal iht. BBR m <sup>2</sup>	Kølebehov i gennemsnit for hvert område				
				Enhedsforbrug		Energi	Max timer	Effekt
				kWh/m <sup>2</sup>	W/m <sup>2</sup>	MWh	timer	kW
1	Salpetermosefinger	0	0	0	0	0	0	0
2	Smørkildedefinger	13	72.504	24	30	1.764	800	2.205
3	Solrødgårdfinger	20	75.000	24	30	1.800	800	2.250
4	Brødeskovfinger	2	4.500	28	35	126	800	158
5	Hestehavefinger	12	59.297	24	30	1.430	800	1.788
6	Serviceområde	5	19.500	24	30	468	800	585
7	Hospitalsområde	1	120.000	84	42	10.080	2.000	5.040
8	Stationsområde	9	41.400	24	30	994	800	1.242
<b>I alt</b>		<b>62</b>	<b>392.201</b>	<b>42</b>	<b>34</b>	<b>16.662</b>	<b>1.256</b>	<b>13.268</b>

Figur 6-1 Potentielt kølebehov, 100%

Der regnes med 80 % af det potentielle marked for at tage højde for usikkerheder. Dernæst vil der være usikkerhed om tilslutningsprocenten. Maksimal tilslutning forudsætter, at det eksempelvis bliver et vilkår for køb af grund, at bygninger med kølebehov tilsluttes fjernkølingen.

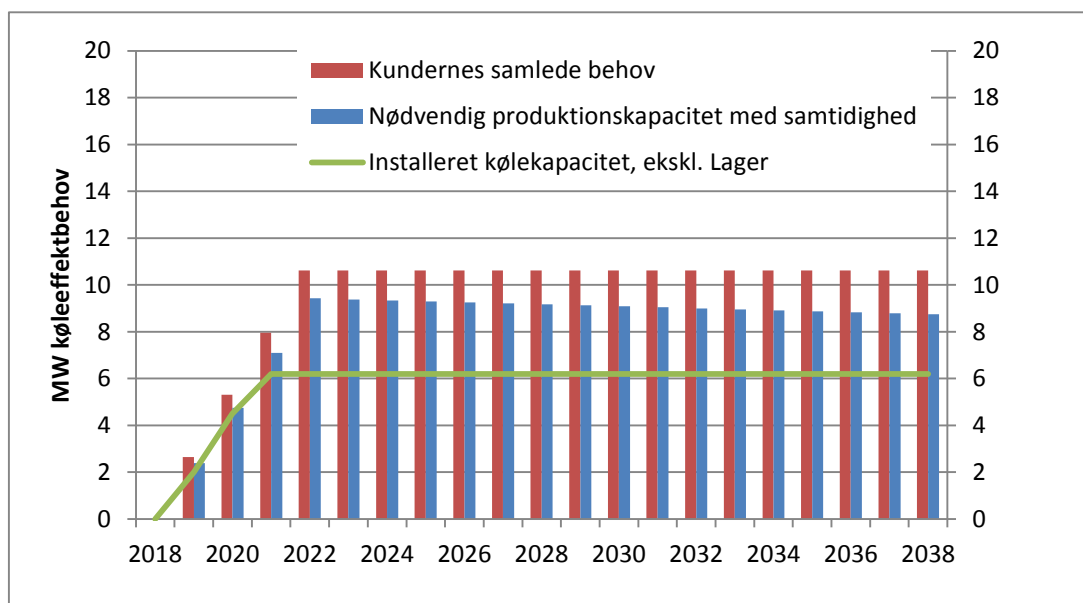
I det nedenstående diagram vises, hvordan markedet kunne tænkes at udvikle sig, og hvordan 80 % af det maksimale kølebehov forsynes.

I første fase af analysen antages, at alle områder udbygges over 4 år.

I en efterfølgende fase kan indlægges en tidsfølge for områderne, så udbygningen eksempelvis udstrækkes over de næste 20 år.

Det forudsættes, at der etableres en fjernkølecentral i en enkel industribygning ved varmeakkumuleringstanken tættest ved sygehuset, med følgende anlægsudbygning:

- 2019: Varmepumpe med 2 MW køl og 3 MW varme
- 2020: 3.500 m<sup>3</sup> køleakkumuleringstank med maksimal effektværdi på 2,9 MW køl
- 2020: 2,5 MW køl grundvandskøling
- 2021: Varmepumpe med 1,7 MW køl og 2,5 MW varme



Figur 6-2 Prognose for fjernkølemarked og kapacitetsopbygning

Det giver følgende investeringer i bygning med grund samt kølekapacitet.

Investeringer kølekapacitet		MW	kr/MW		
Tillæg for ny bygning ift. Eksist.	min/max	max		1000 kr	25.943
Varmepumpe ny central		2,0	7,2	1000 kr	14.385
Varmepumpe 2		1,7	7,2	1000 kr	12.227
Varmepumpe 3		0	0,0	1000 kr	0
Varmepumpe 4		0	0,0	1000 kr	0
Grundvandskøl 1		2,5	3,0	1000 kr	7.500
Grundvandskøl 2		0	3,0	1000 kr	0
Varmepumpe i slutudbygning	m3	0,0	7,2	1000 kr	0
Kølelagertank	2.861	2,9	1,8	1000 kr	5.195
<b>I alt ekskl. bygning</b>		<b>9,1</b>		<b>1000 kr</b>	<b>39.307</b>

Figur 6-3 Investeringer i kølekapacitet

Nedenfor ses et ledningsdiagram over det maksimale fjernkølenet til alle områder med i alt 8,4 km ledning og største dimension i DN300-DN400 ved centralen.

Dimension DN	Enhedspris kr/m	Distribution m	Stik m	Distribution 1.000 kr	Stik 1.000 kr	Investering 1.000 kr
DN65	3.440	1.055	0	3.628	0	3.628
DN80	3.830	998	0	3.821	0	3.821
DN100	4.439	1.215	0	5.396	0	5.396
DN125	5.238	788	0	4.128	0	4.128
DN150	5.413	542	0	2.932	0	2.932
DN200	7.618	563	0	4.291	0	4.291
DN250	9.981	1.172	0	11.694	0	11.694
DN300	12.044	671	0	8.078	0	8.078
DN350	14.047	0	0	0	0	0
DN400	15.304	30	0	451	0	451
<b>Køleprojekt</b>	<b>normal</b>	<b>8.430</b>	<b>0</b>	<b>48.783</b>	<b>0</b>	<b>48.783</b>

Tabel 6-1 Anlægsoverslag for fjernkølenet



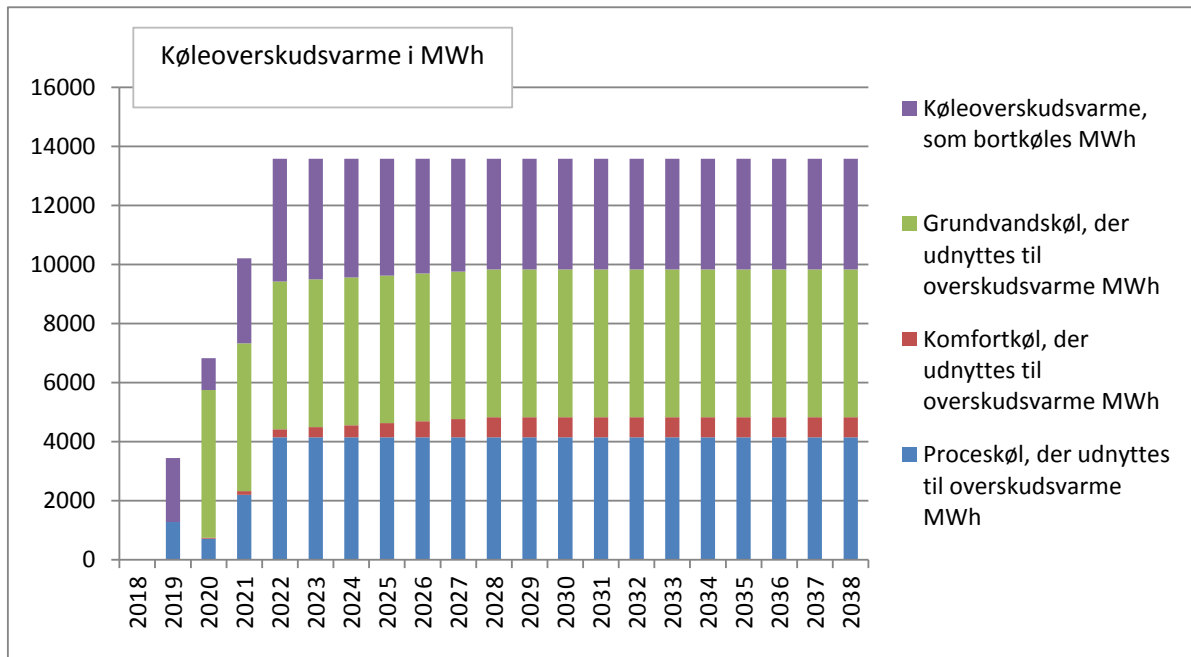
**Figur 6-4 Fjernkølenet**

Nedenfor vises et bud på lastfordelingen af fjernkølingen, hvor det på den sikre side antages, at det ikke er fordelagtigt eller muligt at udnytte en del af overskudsvarmen fra komfortkøling om sommeren.

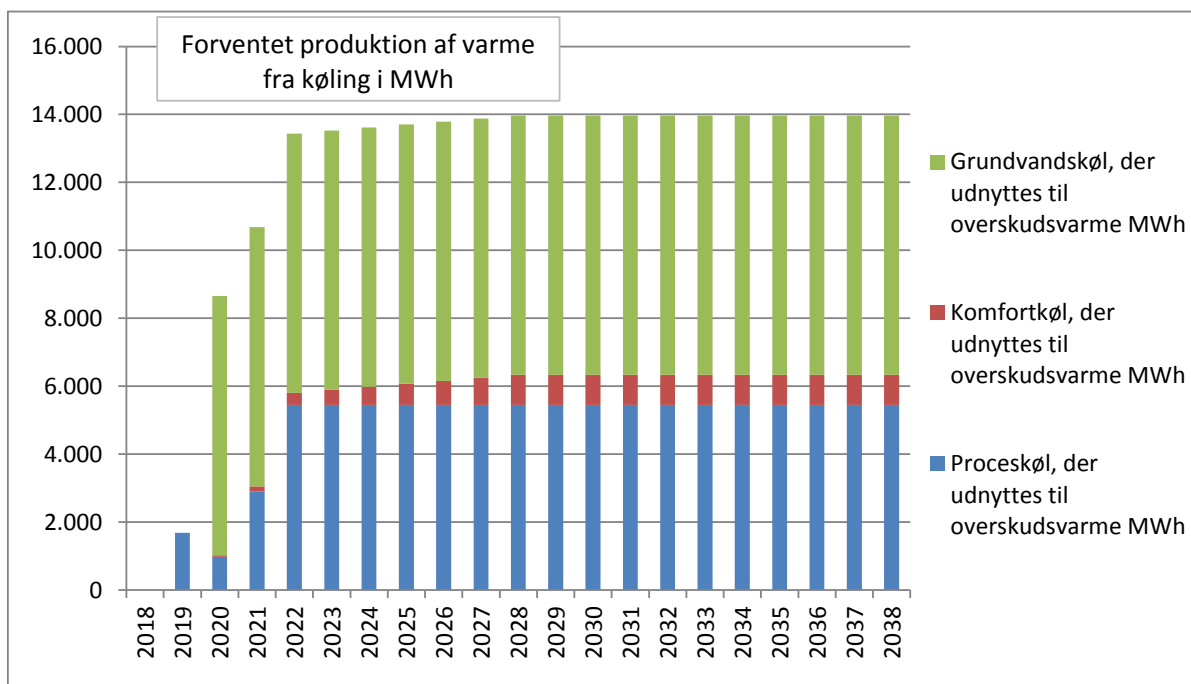
I den efterfølgende figur vises den tilhørende produktion af varme til området.

Forskellen mellem varmeproduktion og køleproduktion er den tilførte elektriske energi til at drive varmepumperne.





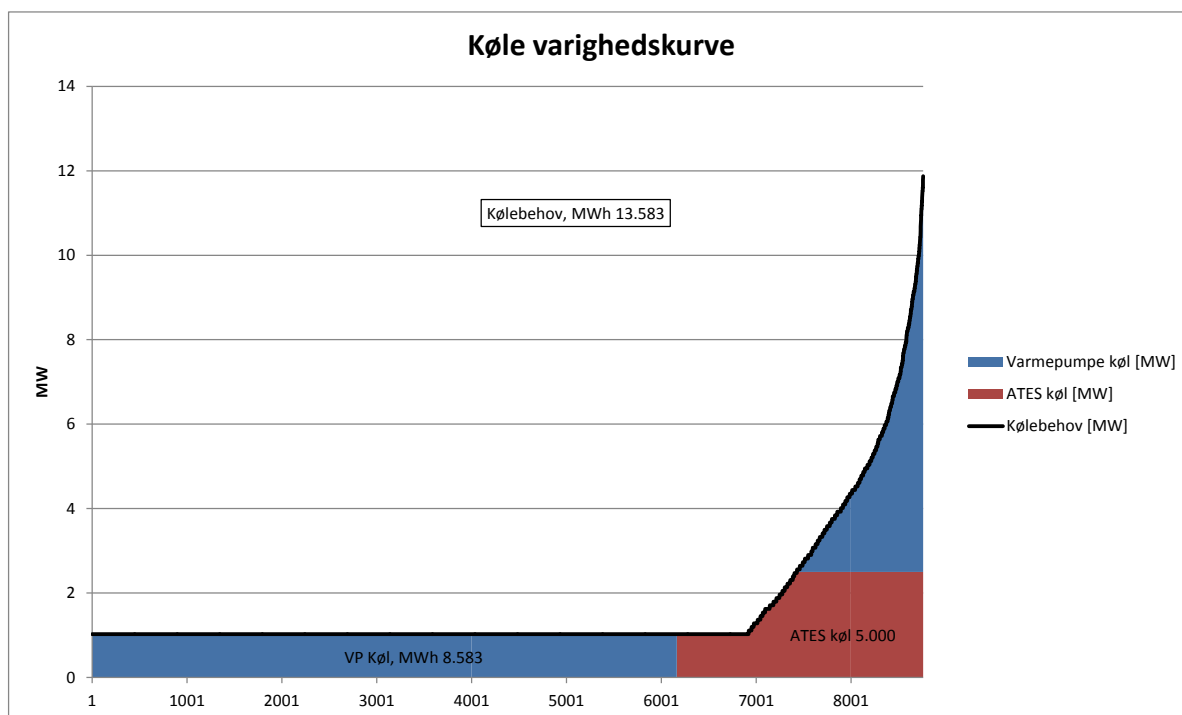
Figur 6-5 Forventet lastfordeling af fjernkølingen



Figur 6-6 Varmeudnyttelse fra fjernkøling

Ligesom for varmeproduktionen, Figur 5-4, vises nedenfor princippet for køleproduktionen i en varighedskurve. ATES benyttes de varmeste måneder og varmepumpen dækker det øvrige kølekapacitetsbehov som spidslast.

Det er her i den økonomiske analyse forudsat, at kun en del af denne overskudsvarme med fordel kan udnyttes. For at gøre figuren overskuelig er varighedskurven vist uden muligheden for at benytte et lager. Lageret kan flytte produktionen til billigere elpriser.



Figur 6-7 Stiliseret varighedskurve for køling

Tabellen nedenfor viser et resume af resultat for fjernkølingen med 80 % tilslutning.

Projektforslag		Overskudsvarme fra fjernkøling i Favrholm		
Kommune		Hillerød Kommune		
Distributionsselskab		Hillerød Forsyning		
Alle beløb er ekskl. moms			HK	
Kølebehov			Overskudsvarme	Individuel køling
Potentielt kølebehov i kapacitet an forbruger		MW	13.268	13.268
Potentielt kølebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse		MWh	16.662	16.662
Nye kunder, aktuel tilslutning og besparelse, med sluttilslutning på <b>80%</b>		MWh	13.330	13.330
1	Salpetermosefinger	MWh	0	0
2	Smørkildefinger	MWh	1.411	1.411
3	Solrødgårdfinger	MWh	1.440	1.440
4	Brødeskovfinger	MWh	101	101
5	Hestehævefinger	MWh	1.144	1.144
6	Serviceområde	MWh	374	374
7	Hospitalsområde	MWh	8.064	8.064
8	Stationsområde	MWh	795	795
9	Hovedledning uden behov	MWh	0	0
<b>Kølebehov der indgår i konvertering med sluttilslutning på 80%</b>		MWh	<b>13.330</b>	<b>13.330</b>
<b>Anslået maksimal overskudsvarmeproduktion ved udnyttelsen 72%</b>		MWh	<b>13.967</b>	
<b>Køleeffekt til slutkunder, der indgår i konvertering</b>		MW	<b>10,6</b>	
<b>Installeret fjernkølekapacitet i alt</b>		MW	<b>9,1</b>	
<b>Installeret kølekapacitet ekskl. Akumulatorens kapacitet</b>		MW	<b>6,2</b>	
<b>Investering i bygning og grund</b>		1000 kr	<b>25.943</b>	
<b>Investering i fjernkølenet</b>		1000 kr	<b>48.783</b>	
<b>Investering i fjernkølecentraler</b>		1000 kr	<b>39.307</b>	
<b>Investering i fjernkølekundeinstallationer</b>		1000 kr	<b>5.396</b>	
<b>Køb af kølecentral</b>		1000 kr	<b>0</b>	
<b>Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernkøling, ved: 4,0%</b>		1000 kr	<b>55.269</b>	
<b>Samfundsøkonomisk intern forrentning af fjernkøling</b>		%	<b>17%</b>	
<b>Selskabsøkonomisk gevinst ved fjernkøleprojekt Disk. Rente 3,5%</b>		1000 kr	<b>18.407</b>	
<b>Selskabsøkonomisk intern forrentning af fjernkøleprojekt</b>		%	<b>7%</b>	
<b>Brugerøkonomisk nuværdigevinst ved fjernkøling 3,5%</b>		1000 kr	<b>46.388</b>	
<b>Brugernes gennemsnitsbesparelse</b>		%	<b>17%</b>	
<b>Lokalsamfundets gevinst til fjernkøleprojekt og kølekunder ved køleprojekt</b>		1000 kr	<b>64.796</b>	

Tabel 6-2 Resultat ved 80 % tilslutning

Det ses, at der er en rimelig robust økonomi i fjernkøleprojektet for samfundet og lokalsamfundet. Beregningen er baseret på en arbitrært fastsat tarif for fjernkøling, som giver en rimelig besparelse for kunderne for at sikre høj tilslutning.

Beregningen viser projektet uden varmeudnyttelse, men med traditionelle kølekompressorer og tørkølere, som bortkøler overskudsvarme fra kølingen. Dermed kan resultatet adderes til det foregående resultat, hvor fjernvarmen var vurderet marginalt på fjernkølingen. Det vil sige, at der til fjernvarmeproduktionen blev medregnet en marginal ekstra investering ved at gå fra kompressor til varmepumpe og ved at producere varme og køl samtidig i forhold til kun at producere køling.

## 6.2 Reduceret tilslutning

Det forudsættes her, at kølebehovet reduceres fra 80 % til 60 % af det potentielle uden, at netinvesteringen reduceres. Det kan dels skyldes manglende tilslutning, eller det kan skyldes, at kølebehovet bliver mindre end forudsat.

Projektforslag		Overskudsvarme fra fjernkøling i Favrholm		
Kommune		Hillerød Kommune		
Distributionsselskab		Hillerød Forsyning		
Alle beløb er ekskl. moms			HK	
Kølebehov			Overskudsvarme	Individuel køling
Potentielt kølebehov i kapacitet an forbruger		MW	13.268	13.268
Potentielt kølebehov ved maksimal tilslutning uden besparelse		MWh	16.662	16.662
Nye kunder, aktuel tilslutning og besparelse, med sluttilslutning på	60%	MWh	9.997	9.997
1 Salpetemosefingering		MWh	0	0
2 Smørkildedefingering		MWh	1.058	1.058
3 Solrødgårdfingering		MWh	1.080	1.080
4 Brødeskovfingering		MWh	76	76
5 Hestehavefingering		MWh	858	858
6 Serviceområde		MWh	281	281
7 Hospitalsområde		MWh	6.048	6.048
8 Stationsområde		MWh	596	596
9 Hovedledning uden behov		MWh	0	0
Kølebehov der indgår i konvertering med sluttilslutning på	60%	MWh	9.997	9.997
Anslået maksimal overskudsvarmeproduktion ved udnyttelsen	78%	MWh	11.507	
Køleeffekt til slutkunder, der indgår i konvertering		MW	8,0	
Installeret fjernkølekapacitet i alt		MW	8,4	
Installeret kølekapacitet ekskl. Akumulatorens kapacitet		MW	6,2	
Investering i bygning og grund		1000 kr	25.085	
Investering i fjernkølenet		1000 kr	48.783	
Investering i fjernkølecentraler		1000 kr	38.008	
Investering i fjernkølekundeinstallationer		1000 kr	4.047	
Køb af kølecentral		1000 kr	0	
Samfundsøkonomisk nuværdigevinst ved fjernkøling, ved:	4,0%	1000 kr	17.888	
Samfundsøkonomisk intern forrentning af fjernkøling		%	7%	
Selskabsøkonomisk gevinst ved fjernkøleprojekt	Disk. Rente 3,5%	1000 kr	-5.359	
Selskabsøkonomisk intern forrentning af fjernkøleprojekt		%	3%	
Brugerøkonomisk nuværdigevinst ved fjernkøling	3,5%	1000 kr	35.963	
Brugerens gennemsnitsbesparelse		%	17%	
Lokalsamfundets gevinst til fjernkøleprojekt og kølekunder ved køleprojekt		1000 kr	30.604	

**Tabel 6-3 Oversigt over resultat ved 60 % tilslutning**

Det ses, at selskabsøkonomien med denne forudsætning bliver lidt negativ, og, at den samlede gevinst for lokalsamfundet falder fra 65 til 31 mio.kr.

Det er således vigtigt, at anlægget udbygges trinvis i etaper i takt med, at der indgås bindende aftaler med kølekunder.

## 7. SAMLET FJERNVARME OG FJERNKØLING

Det ses, at de to projektforslag for fjernvarme og fjernkøling passer særdeles godt sammen for området isoleret set.

Fjernvarmen har et maksimalt kapacitetsbehov til net på	11 MW
Fjernvarmen har et grundlastbehov på	6 MW
Fjernkølingen har et spidslastbehov til net på	9 MW
Fjernkølingen har behov for en kompressorkapacitet på	3,7 MWkøl
Kompressoren kan opgraderes til en varmepumpe med kapaciteten	3,7 MWkøl/5,6 MWvarme

Derfor er det en særdeles god ide at etablere en varmepumpecentral med denne kapacitet, hvor 1,5 MW el bliver til 3,7 MW køl og 5,6 MW varme, hvor både køl og varme kan nyttiggøres.

Der bør yderligere etableres ca. 2,5 MW køl fra grundvandskøling, som første grundlast til fjernkølingen.

Køleakkumulatoren ved varmepumpecentralen vil udjævne kølebelastningen de varmeste døgn og således levere 2,9 MW køl til spidslast.

Varmepumpen vil levere 3,7 MW køl til spidslast om sommeren, så kapaciteten når op på  $2,5+2,9+3,7 = 9,1$  MW køl.

Når varmepumpen leverer spidslast om sommeren, vil en del af varmen skulle leveres til nettet i tidspunkter, hvor kapaciteten overstiger behovet i Favrholm. Denne overskydende produktion kan fødes ind i fjernvarmenettet.

Varmepumpen vil skulle køle grundvandet ned til en lavere temperatur end normalt (eksempelvis 4 grader) resten af året for at øge lagerkapaciteten af kuldeleret i undergrunden, og det vil derfor være naturligt, at kapaciteten på 5,6 MW varme leveres som grundlast i de koldeste dage, hvor udetemperaturen er lavest, og hvor varmeproduktionen overvejende kommer fra spidslastkøder med naturgas.

Spidslastbehovet på 5,4 MW varme (11 MW i alt minus 5,6 MW grundlast) vil kunne leveres fra fjernvarmenettet i Hillerød de allerkoldeste dage, da der er overskydende kapacitet, herunder fra lagertanken, som kan udjævne behovet den koldeste dag. Skulle der samlet set mangle spidslastkapacitet i Hillerød, vil det være mere effektivt at etablere en spidslastcentral i fællesskab med fjernvarmen i Hillerød.

Den eksisterende varmeakkumulator og fjernvarmenettet i Hillerød vil kunne opfange fluktuationer i varmeproduktionen fra varmepumpen.

I resten af tiden - det vil sige, når varmepumpen hverken skal køle til fjernkølingen eller nedkøle grundvandet, kan den levere varme til fjernvarmen i Hillerød, når det er fordelagtigt, eksempelvis ved lave elpriser og høje varmepriser. Den overskydende køling eller "spildkølingen" kan bortkøles med de tørkølere, som forudsættes etableret på energicentralen.

Alternativt kan fjernkølenettet eksempelvis forbindes med rensningsanlægget vest for Favrholm og levere spildkøling til spildevandet, svarende til, at man udnytter varmen i spildevandet, som kan være varmere end udeluften på de aktuelle tidspunkter. Derved er det også interessant at øge varmepumpens kapacitet for bedre at kunne udnytte denne overskudsvarme.

Endelig kunne det tænkes at løsningen med at koble fjernkølingen sammen med spildevandet for at nedkøle det, kunne udvikles til en fjernkøleløsning, med to kølecentraler:

- en i den østlige ende ved hospitalet og varmeakkumuleringsstanken og
- en i den vestlige ende ved spildevandsanlægget.

Det er dyrere at installere to anlæg frem for et, men til gengæld reduceres dimensionerne og dermed investeringerne i fjernkølenettet.

Alternativt kunne fjernkøleledningen ved fuld udbygning af fjernkølenettet forlænges til spildevandsanlægget for at kunne levere "spildkøling" til spildevandsanlægget, når der er ledig kølekapacitet, eller rettere køle spildevandet ned for at kunne hente overskudsvarme til varmepumpen. Dette vil om vinteren være mere effektive end at bruge luften som varmekilde.

Den samlede gevinst for hhv. **lokalsamfundet Favrholt** og samfundet ved at gennemføre de to projekter sammen er anslået til følgende med hhv. høj og lav tilslutning:

<b>Projektscenarie</b>	<b>Lokalsamfund</b>	<b>Samfund</b>
Fjernvarme ved 100 % tilslutning	159 mio.kr.	124 mio.kr.
Fjernkøling med 80 % tilslutning	65 mio.kr.	55 mio.kr.
<b>I alt</b>	<b>224 mio.kr.</b>	<b>179 mio.kr.</b>
<b>Lav tilslutning</b>		
Fjernvarme ved 70 % tilslutning	107 mio.kr.	73 mio.kr.
Fjernkøling ved 60 % tilslutning	31 mio.kr.	18 mio.kr.
<b>I alt</b>	<b>138 mio.kr.</b>	<b>91 mio.kr.</b>

Dertil kommer yderligere synergier mellem fjernvarmen og fjernkølingen, eksempelvis at man undgår anlæg i bygningerne og at udvekslingen af varme mellem Favrholt og fjernvarmen i Hillerød øges. Det ses, at der er en stor gevinst ved at opnå høj tilslutning til fjernvarme og fjernkøling.

Omvendt vil gevinsten reduceres noget, når der tages hensyn til den faktiske opbygning af bydelen. Det er usikkert hvor mange år der vil gå, og derfor er der ikke regnet på en realistisk opbygningstakt.

Den lave gevinst for fjernkølingen ved lav tilslutning er beregnet på den sikre side, idet der er forhåndsinvesteret svarende til høj tilslutning. Derfor kan gevinsten ved lav tilslutning forbedres, hvis udbygningen nøje tilrettelægges efter kundernes tilslutning, og især hvis tilvækst i ny kapacitet tilpasses kundernes aktuelle behov. Det er netop en af fordelene ved fjernkøling, at produktionskapaciteten til ny bebyggelse modsat individuelle anlæg kan tilpasses det aktuelle målte behov.

## 8. AKTUEL UDBYGNINGSPLAN

Udbygningen af Favrholt er domineret af hospitalet, som udgør ca. 20 % af det samlede areal og energibehov. Desuden er det sandsynligt at udbygningen vil starte fra området omkring hospitalet og den nye station og derfra fortsætte mod vest.

Det giver gode muligheder for at få en god start med energiforsyningen ved at etablere en energicentral for fjernvarme og fjernkøling tæt ved den eksisterende varmeakkumuleringstank, hvor der er mulighed for tilslutning til fjernvarmen og højspændingsnettet, og hvor der er plads til bygning og køleakkumuleringstank.

Endelig kan Hillerød Forsyning vurdere, om der kunne være fordele ved at etablere endnu en varmepumpe, der leverer varme til fjernvarmenettet i Hillerød, som køler spildevand og kan levere køl til fjernkølesystemet.

Hvis bydelen ikke udbygges naturligt fra stationen mod vest, men eksempelvis starter i nogle af de yderligt beliggende områder, kan det blive aktuelt med midlertidige løsninger med mobilcentraler eller containerløsninger med luft/vand varmepumper, som det eksempelvis sket i Vingebyggelsen i Frederikssund Kommune.

Næste skridt i analysen kunne være at se nøjere på integrationen mellem Favrholt og fjernvarmen i Hillerød og indlægge den mest sandsynlige udbygningstakt for Favrholt frem mod eksempelvis 2050. Man kunne antage, at byggemodningen er afsluttet i 2030, at tilslutningen er afsluttet i 2035 og, at systemet drives frem mod 2050 med de nødvendige varmepumper.

Derved vil den samlede gevinst blive i størrelsesordenen 20-30 mio.kr mindre for samfund og lokalsamfund som følge af, at de første investeringer i bygninger og hovedledninger ikke udnyttes fuldt ud i de første år.

## **BILAG BEREGNINGSMODELLER FOR VARME OG KØL**