

ECO-Life - D.2.2.1

**Rapport om Gammelsø
visionsområde - fremtidens
energisystem**

(Translation: Report detailing vision area)

Jan. 2011

COWI

COWI A/S

Parallelvej 2
2800 Kongens Lyngby

Telefon 45 97 22 11
Telefax 45 97 22 12
www.cowi.dk

ECO-City - D.2.2.1

Rapport om Gammelsø visionsområde - fremtidens energisystem

(Report detailing vision area)

Jan. 2011

Projektgruppen påtager sig ikke ansvar i forbindelse med den videre brug af nærværende rapport i uddrag eller som helhed.

Dokumentnr. 72820
Version 02
Udgivelsesdato 25-02-2011

Udarbejdet KHL, PKO
Kontrolleret RMH
Godkendt PKO

Indholdsfortegnelse

1	Introduktion	3
2	English summary	4
3	Sammenfatning	5
4	Målsætning og proces	6
4.1	Mål	6
5	Den bæredygtige by - hvad er det?	9
6	Bygningernes energibehov	13
6.1	Området	13
6.2	Energibehov for byggeri	14
6.3	Energibehov for Gammelsø-området	16
6.4	Reduceret CO ₂ -belastning ved opførelsen	17
6.5	Fornuftig anvendelse af glas i facader og tag	18
6.6	Hybrid ventilation	19
6.7	Termoaktive konstruktioner	20
7	Energiforsyning af området	22
7.1	Fjernvarmesystemet i dag	22
7.2	Udbygningsmuligheder for fjernvarmen	29
7.3	Centralt solvarmeanlæg	31
7.4	En CO ₂ -neutral varmesektor	34
7.5	Fjernvarme eller individuelle løsninger?	35
8	Fremtidens integrerede fjernvarmesystem og supplerende nye løsninger	39
8.1	Lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med jord- og solvarme	39

8.2	Lavtemperatur fjernvarmenet baseret på returvarme fra HTF/VEKS-systemet	42
8.3	Lavtemperatur fjernvarmenet med varmedrevne varmepumper og solvarme	44
8.4	Sammenligning af de undersøgte forsyningskoncepter	49
8.5	Reduktion af CO ₂ i forsyningen	51
8.6	Andre løsninger	52
8.7	Elforsyning nu og i fremtiden	58
9	Anbefalinger og valg af koncept	61
10	Links	63

1 Introduktion

Projektets langsigtede formål, jf. ansøgningen, var at forberede, understøtte, dokumentere og demonstrere, at en hel ny bydel i Høje Taastrup kan opføres CO₂-neutralt - en såkaldt "Zero Carbon Community" - som en prototype for fremtidens byudvikling. Den nye bydel benævnes Gammelsø, idet den er planlagt til placering i Gammelsø-området, der grænser op til Hedehusene.

2 English summary

The project has contributed considerably to developing and maturing many climate initiatives in Høje Taastrup municipality - including particularly having made an effort to develop and develop the plans for a CO₂-neutral quarter called "Vision Gammelsø".

Based on a preliminary draft proposal for the district, a number of energy concepts have been assessed that can make the district CO₂-neutral. Primary focus has been on the heat supply. It is recommended to establish a low-temperature heating network, since such a solution provides the best possibility of using surplus heat and renewable energy sources, and in the future, perhaps already in 15 years, district heating from VEKS will be CO₂-neutral.

Three energy efficient and CO₂ efficient district heating solutions have been investigated in more detail:

- Local low-temperature district heating network with ground heat and solar heat.
- Low-temperature district heating network based on return heat from the HTF/VEKS system.
- Low-temperature district heating network with heat driven heat pumps and solar heat.

All three options are interesting. The "return heat the solution " has less CO₂ displacement potential, but will require a minimal investment cost compared to a regular connection to the HTF/VEKS district heating network. With the assumptions used, the solution with heat-powered pumps and a central solar heating plant provides t a considerably lower CO₂ displacement price than a solution with central ground and solar heating. It is therefore recommended to further analyse the solution with a heat driven heat pump.

To make the energy supply of the district CO₂ neutral in the short term, it will be necessary to install wind turbines with a total capacity of approx. 6 MW, which for that particular area at this time would be the most cost-effective solution, i.e. will have the lowest CO₂ displacement price.

3 Sammenfatning

Projektet har bidraget væsentligt til at udvikle og modne en række klimatiltag i Høje Taastrup kommune - herunder særligt gennemført en indsats for at udvikle planerne for en CO₂-neutral bydel kaldet "Vision Gammelsø". Projektet har i den sammenhæng involveret relevante aktører i udviklingen af et energikoncept for bydelen.

Med udgangspunkt i foreløbigt idéoplæg for bydelen er der vurderet en række energikoncepter, som kan gøre bydelen CO₂-neutral. Det primære fokus har været på varmeforsyningen. Det anbefales, at der etableres et lavtemperatur fjernvarmenet, da en sådan løsning giver størst mulighed for at anvende overskudsvarme og vedvarende energikilder, og i fremtiden, måske allerede om 15 år er det muligt at fjernvarmen fra VEKS er CO₂-neutral.

I rapporten er der set nærmere på følgende tre energieffektive og CO₂-besparende fjernvarmeløsninger:

- Lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med jord- og solvarme
- Lavtemperatur fjernvarmenet baseret på returvarme fra HTF/VEKS-systemet
- Lavtemperatur fjernvarmenet med varmedrevne varmepumper og solvarme

Alle tre løsninger er interessante. "Returvarme-løsningen" har mindst CO₂-fortrængningspotentiale, men vil kræve en minimal investeringsomkostning i forhold til en regulær tilslutning til HTF's/VEKS' fjernvarmenet. Løsningen med varmedrevne varmepumper og et centralt solvarmeanlæg giver med de anvendte forudsætninger størst CO₂-fortrængning og har en væsentlig lavere CO₂-fortrængningspris end en løsning med central jord- og solvarme. Det anbefales derfor at løsningen med varmedrevet varmepumpe analyseres nærmere.

For på kort sigt at gøre bydelens energiforsyning CO₂-neutral vil det være nødvendigt at installere vindmøller med en kapacitet på i alt ca. 6 MW, hvilket for det givne område på nuværende tidspunkt vil være den mest kosteffektive løsning altså vil have den laveste CO₂-fortrængnings-pris.

4 Målsætning og proces

4.1 Mål

Målet i dette projekt har været at vise, hvordan en bydel som Gammelsø kan gøres CO₂-neutral, herunder at vise at fjernvarme i en udviklet form kan indgå som et væsentligt element heri.

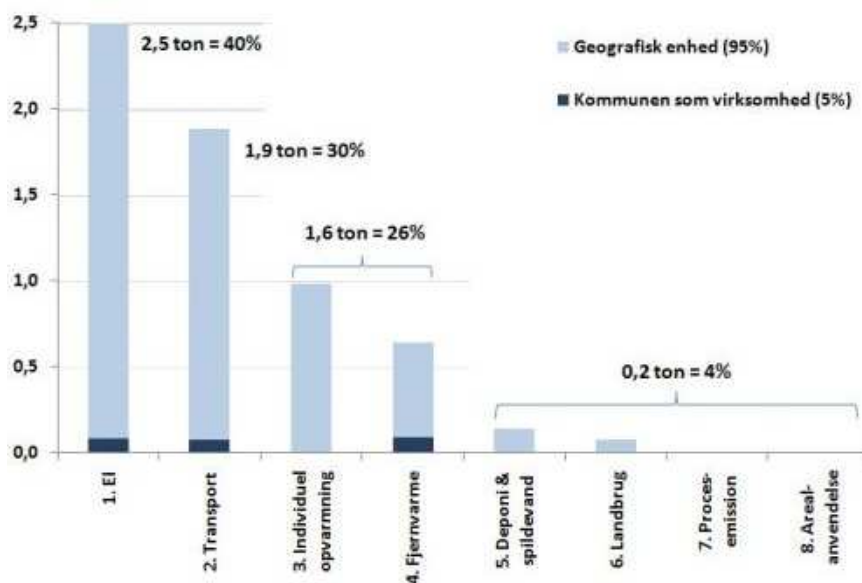
CO₂-kortlægningen i Høje Taastrup har udgjort en vigtig del af grundlaget for at definere de tiltag, som der er arbejdet med i ECO-Life projektet.

Kortlægningen i kommunen har vist, at mens der i Danmark i gennemsnit udledes 10-11 tons CO₂ pr. indbygger årligt, så udledes der i Høje-Taastrup Kommune omkring 6,2 tons CO₂ pr. indbygger om året (2008 tal).

Høje Taastrups CO₂-opgørelse 2008 viser:

- at der fra kommunen som virksomhed blev udledt ca. 12.800 tons CO₂ i 2008 (udgør ca. 5% af udledningen i kommunen som helhed).
- at der fra kommunen som helhed blev udledt ca. 295.000 tons CO₂ i 2008 (udgør ca. 95% af den samlede udledning i kommunen).
- at udledningen er ca. 6,2 tons CO₂ per indbygger i 2008.

Nedenstående figur fra kommunens klimaplan viser fordelingen på sektorer.



Figur 4.1 Resultat af CO₂-opgørelse 2008 (pr. indbygger)

I figur 1 ses CO₂-opgørelsen 2008 fordelt på 8 kilder til CO₂-udledning. Tallene er opgjort i tons CO₂ per indbygger i kommunen som helhed (geografisk enhed).

Årsagen til det relativt lave CO₂-bidrag pr. indbygger er især, at kommunen for en stor del er forsynet med fjernvarme fra VEKS, som produceres med høj effektivitet, samt en pæn andel af varme produceret fra affald og vedvarende energi.

Målet for kommunen er, jf. klimaplanen, at blive CO₂-neutral, hvilket forudsætter en stor udbygning med vedvarende energi og storstillede energibesparelser. Byrådet har i første omgang besluttet konkrete mål for CO₂-reduktion for perioden 2009 til 2013 ([Link](#)¹):

- at reducere henholdsvis elforbruget og CO₂-udledningen med 2% om året (10%) i forhold til 2008 - i kommunen som virksomhed.
- at arbejde for at reducere CO₂-udledningen med 2% om året (10%) i forhold til 2008 - i kommunen som helhed.
- at planlægge og etablere en 'Ny CO₂-neutral bydel til 6-7.000 indbyggere frem mod 2015 (7 år) (dette mål er direkte knyttet til resultat af EFP projektet).

Et andet dedikeret mål er at gøre Høje-Taastrup til et sundt sted at være, idet folkesundheden i dag ikke ligger tilstrækkeligt højt sammenlignet med det øvrige Danmark.

Tidshorizonten for Gammelsø har ændret sig gennem projektet, og planerne er ikke helt så fremskredne som forventet. Dette skyldes først og fremmest finans-

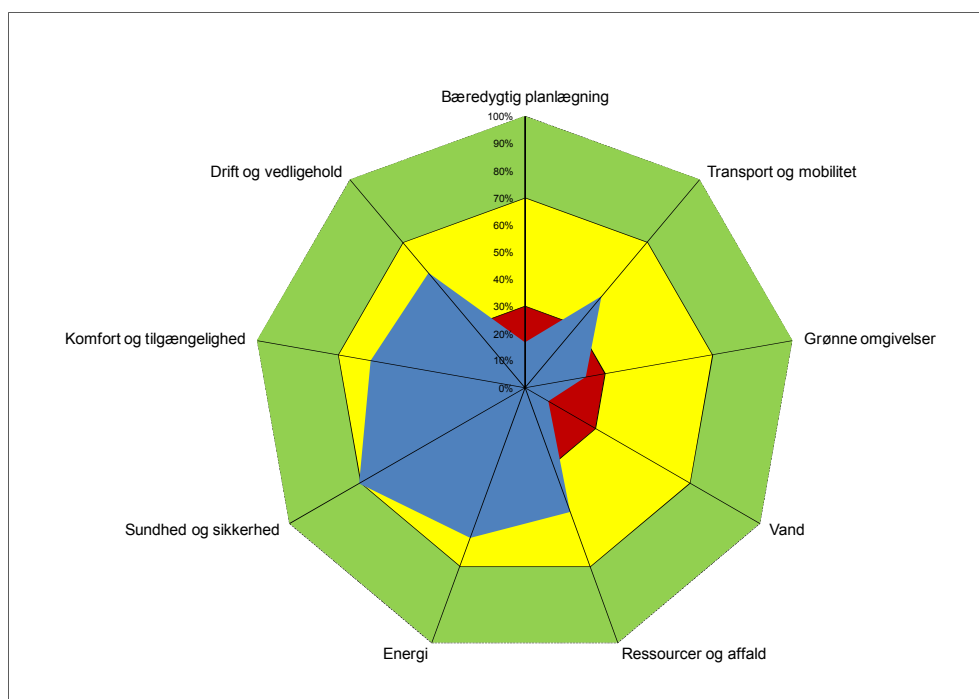
og boligkrisen, som nødvendiggjorde en mindre optimistisk forventning til, hvordan og hvor hurtigt området kunne udvikle sig.

5 Den bæredygtige by - hvad er det?

Projektet har arbejdet indgående med bæredygtighedsbegrebet, og hvordan dette kan materialisere sig i Gammelsøområdet.

Til at monitorere, om bæredygtighed opnås på alle parametre, kan benyttes forskellige værktøjer f.eks. programmet Monitor udviklet i Belgien eller Realdania's bæredygtighedsværktøj. Endvidere findes der i certificeringsordninger under LEED og BREEAM metoder til at certificere "neighbourhoods". Principper herfra er gode som vejledning til den videre proces.

Der er ikke nogen fast definition på, hvad en bæredygtig by er. I projektets notat "Guide - Udvikling af bæredygtige lokalområder" gives der nogle bud på, hvilke overvejelser der er vigtige, og hvordan man kan tilrettelægge et bæredygtigt energisystem.



Figur 5.1 Generisk illustration fra Monitor-værktøjet, hvor man kan registrere eksisterende bymæssige forhold på en skala. Resultatet fra et givent eksempel fremgår ved farverne blå og rød. Der kan stilles krav for hver af de 9 bæredygtighedsparametre, f.eks. at man opfylder parameteren minimum 70%, dvs. resultatet skal ende oppe i det grønne felt

I Gammelsø er det besluttet, at lokale borgere, erhverv og politikere skal sættes i centrum for byudviklingen, og der er derfor gjort et arbejde for at skabe kendskab til de mangfoldige behov og den adfærd, man forventer vil udspille sig i et område som Gammelsø. Herunder har firmaet 11CityDesign afholdt borgermøder og arbejdet med at kortlægge områdets menneskelige ressourcer. Emnet er også blevet diskuteret indgående i EFP-projektet og under klimatopmødet i Høje Taastrup.

Følgende emner er blevet identificeret som centrale:

- Befolkningen ønsker ikke "mere" men "bedre".
- Der skal være liv i byrummet og mellem husene, dvs. personer og aktiviteter hele dagen, hvilket fremmes af blanding af erhverv og boliger, kultur tilbud, indkøbsmuligheder, institutioner osv.
- Stort ønske om nærhed til "ufriseret" natur i byen med særlig vægt på vandmiljø (eventuelt en badesø) helt ind mellem husene og på husene som begrønning - dette giver øget biotop-tal og velvære.



Figur 5.2 Foto fra BO01 i Malmø

- Store variationer i bygningerne i form af forskellige farver, form, facader og materialer giver liv og noget interessant at kigge på og muligheder for beboerne for at præge deres omgivelser, også over tid. Det vil sige, at der ikke er tale om at etablere bebyggelser, men om at bygge boliger/hjem med diversitet, hvor hver har deres egen identitet, men er en del af den samme familie. Stor variation skaber også mulighed for forskellige prisniveauer og derved en differentiering i beboere.
- Man må ikke planlægge alt, og byen må ikke bygges mere end 50-70% færdig - resten skal have lov til at udvikle sig naturligt efter behov, ønsker og muligheder.



Figur 5.3 Fra Brøset konkurrencen, Trondheim Norge

- Det varierende skaber oplevelsesrigdom og identitet, hvor man skal hele tiden møde nye ting rundt om næste hjørne.
- Det er set mange steder, at tæthed og nærhed - en moderne fortolkning af den tætte middelalder by - skaber nye relationer og identitet i forhold til byområder. Tætheden har også en nær relation til bæredygtighed, når bolig, job og daginstitutioner ligger inden for rækkevidde – og når det naturlige valg er at transportere sig imellem sine gøremål på cykel eller med offentlige transportmidler. Endvidere har tætte bebyggelser mindre overflader og er derfor lettere at bygge energirigtige.
- Biltrafik skal begrænses og eventuelt holdes helt ude af dele af området.
- Energiforbruget skal være lavt, og forsyningen skal være CO₂-neutral.
- Materialevalget skal være bæredygtigt.
- Det skal være et (anderledes) rart sted at være.
- Byområdet skal være originalt, have sjæl og autensitet. Byen skal give anledning til en "samtale" - man skal tage stilling, uanset om det er at elske eller hade.
- De bedste løsninger skal "brandes", så man skaber stolthed.
- Prisniveauet skal være overkommeligt, og der skal være plads til forskellige indkomstgrupper.
- Der skal være synlige tiltag i forhold til bæredygtighed, som folk kan identificere sig med og forstå. Tiltagene skal være gennemtænkte og gennemgående for området. Dette gælder for energiforsyning, vandforsyning, af-

faldshåndtering, transportløsninger og gerne indkøbsmuligheder med økologi, genbrug mv.

Særligt i forhold til Gammelsø er der nogle udfordringer, som er centrale, for at Gammelsø bliver en succesfuld og integreret bydel i Hedehusene;

- Byen skal forbindes - gerne med en grøn og meget bred gang- og cykelbro over Roskildevej.
- Der skal være attraktive institutioner og skoler i området.
- Hedehusene skal gøres til en mere attraktiv handelsby - særligt hovedgaden trænger til et løft.

6 Bygningernes energibehov

I notatet "Vision Gammelsø - mulige bygningstyper og energiforbrug" er energibehovet i det planlagte område blevet vurderet.

6.1 Området

I planen for Vision Gammelsø er området for den nye CO₂-neutrale bydel opdelt i en række delområder med forskellige typer byggeri. Figur 6.1 viser opdelingen.



Figur 6.1 Luffoto, der viser de planlagte delområder for Vision Gammelsø i Hedehusene Syd. Delområde grænses op til Hedehusene togstation

6.2 Energibehov for byggeri

For de viste delområder er der estimeret nogle energibehov for byggeriet. Nedenstående tabel viser energibehov (primærenergi) defineret ud fra energirammen i BR08 (gældende bygningsreglement). Energirammen inkluderer kun elforbrug til bygningsdrift, dvs. ikke el til øvrige formål (husholdning mv.). El til bygningsdrift indeholder for boliger el til pumper, varmt vand og ventilation, mens det for erhverv og andet byggeri er el til pumper, belysning, køling, varmt vand og ventilation. For begge bygningstyper kan bidrag fra vedvarende energi (VE) modregnes og give plads til et større energibehov.

Tabel 6.1 *Energibehov (an bygning, primærenergi) jævnfør BR08 energirammeberegning, som var gældende på tidspunktet for beregningen. BR08 kl. 2 svarer til BR10 og BR08 kl. 1 svarer ca. til klasse 2015*

Område	Kategori	Bygnings- / boligstørrelse m ²	Etageareal m ²	Energiklasser	Energiramme kWh/m ² /år	Primær-energiforbrug, jf. energirammen kWh/år
Delområde A	Boliger	1000	24.000	BR08 - kl. 2	51,6	1.238.400
Delområde A	Erhverv mv.	1000	24.000	BR08 - kl. 2	71,6	1.718.400
Delområde B	Boliger	1000	78.000	BR08 - kl. 2	51,6	4.024.800
Delområde B	Erhverv mv.	1000	50.000	BR08 - kl. 2	71,6	3.580.000
Delområde C	Boliger	1000	28.300	BR08 - kl. 2	51,6	1.460.280
Delområde C	Erhverv mv.	1000	10.000	BR08 - kl. 2	71,6	716.000
Delområde D	Boliger	550	52.000	BR08 - kl. 1	37,0	1.924.000
Delområde D	Institution	1000	1.500	BR08 - kl. 2	71,6	107.400
Delområde E	Boliger	150	38.100	BR08 - kl. 1 /passiv	42,3	1.612.900
I alt			305.900			16.382.180

Erfaringer viser, at det faktiske energiforbrug, som ofte er højere end det energibehov, som energirammen definerer, hvilket skyldes energiforbrugernes adfærd. Højere temperaturer indendørs og højere varmtvandsforbrug fører således til et højere varmeforbrug. El til bygningsdrift kan også medføre et højere elforbrug, hvis der f.eks. ventileres mere, og belysningen er tændt i længere tid end gennemsnittet.

I nedenstående tabel er energibehov "oversat" til faktisk energiforbrug. Der er regnet med et adfærdstillæg på varmebehovet svarende til et ca. 30% højere rumvarmeforbrug. Der er ikke regnet med adfærdstillæg på elbehovet, men derimod er det vigtigt at bemærke, at der er inkluderet "øvrigt el-forbrug" dvs. for husholdninger og anden ikke-bygningsdrift el.

Tabel 6.2 *Faktisk energiforbrug (an bygning) beregnet med udgangspunkt i energiramme BR08 og tillagt et adfærdstillæg. Adfærdstillægget er tillagt, da det forventes at forbrugerne overskrider den i BR08 foreslåede ramme på specielt varmekonsumet*

Område	Kategori	Etageareal m ²	Energiklasser	Faktisk varmekonsum kWh/år	Faktisk elforbrug* kWh/år
Delområde A	Boliger	24.000	BR08 - kl. 2	1.780.400	600.000
Delområde A	Erhverv mv.	24.000	BR08 - kl. 2	919.200	1.368.000
Delområde B	Boliger	78.000	BR08 - kl. 2	3.829.800	1.950.000
Delområde B	Erhverv mv.	50.000	BR08 - kl. 2	1.915.000	2.850.000
Delområde C	Boliger	28.300	BR08 - kl. 2	1.389.530	707.500
Delområde C	Erhverv mv.	10.000	BR08 - kl. 2	383.000	570.000
Delområde D	Boliger	52.000	BR08 - kl. 1	2.033.200	1.196.000
Delområde D	Institution	1.500	BR08 - kl. 2	57.450	85.500
Delområde E	Boliger	38.100	BR08 - kl. 1 /passiv	1.489.710	876.300
I alt		305.900		13.195.290	10.203.300

* Det faktiske elforbrug inkluderer øvrigt elforbrug, dvs. el der ikke vedrører bygningsdrift. Elbehovet er ikke omregnet til primærenergi.

Det gældende bygningsreglement BR08 træder ud af kraft med udgangen af dette år (2010), hvorefter BR10 tager over (1. januar 2011). De første huse forventes derfor at blive opført efter denne standard. I 2015 er der en forventning om, at bygningsreglementet bliver yderligere strammet, således at lavenergiklassen i BR10 bliver standard for alt byggeri.

Hvis det antages, at hele byggeriet opføres i lavenergiklasse 2015 (BR10), vil energiforbruget, jf. energirammen, falde med gennemsnitligt 14% og 40% i forhold til henholdsvis lavenergiklasse 1 og 2 (BR08). Det faktiske varmekonsum estimeres et fald på 28% og det faktiske elforbrug et fald på 8%;

Tabel 6.3 *Sammenligning af faktisk energiforbrug (an bygning) for henholdsvis BR08 klasse 2 / klasse 1 og BR10 lavenergiklasse 2015*

Område	Energiklasse	Etageareal m ²	Faktisk varmekonsum kWh/år	Faktisk elforbrug* kWh/år
Hele området	BR08 - kl. 2 / kl. 1	305,900	13.195.290	10.203.300
Hele området	BR10 lavenergi 2015	305,900	9.507.790*	9.344.200

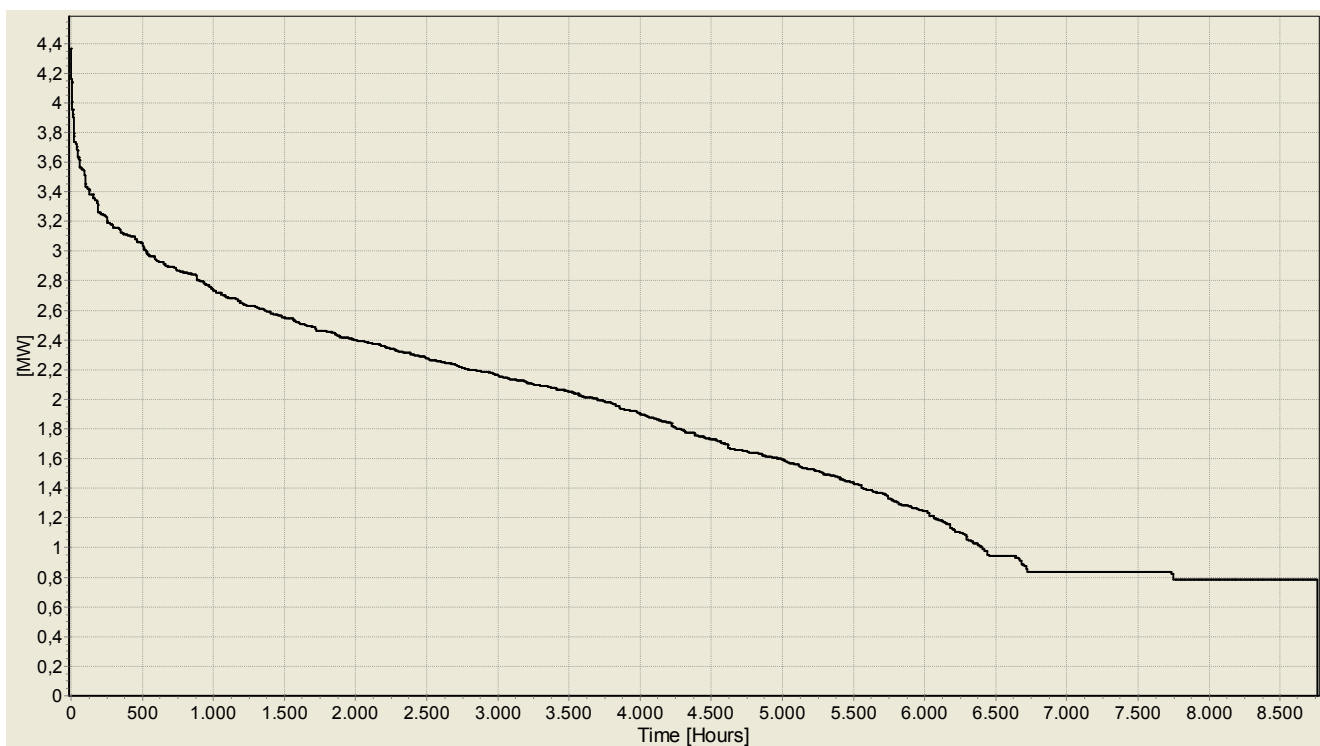
* Det er muligt, at varmekonsumet bliver højere, hvis varmen er fjernvarmebaseret. BR10 har indført en fjernvarmefaktor på 0,8, som potentielt vil kunne øge det faktiske varmebe-

hov med ca. 25%. Ift. BR08 svarer det til 10% højere forbrug, men dette kan udnyttes til andre formål i energirammen end varme, så måske ender varmemforbruget med at være det samme i BR10 som i BR08, hvis der haves fjernvarme.

Til beregninger i denne rapport er der benyttet 13.195 MWh som det årlige varmemforbrug for bydelen.

6.3 Energibehov for Gammelsø-området

På baggrund af det faktuelle varmemforbrug beregnet i forrige afsnit er der opstillet en varighedskurve. Varighedskurven er baseret på et årligt varmemforbrug på 13.200 MWh. Den vejrafhængige andel (rumvarme) udgør 63% af varmemforbruget. Endvidere er det antaget, at hele bydelen forsynes med lavtemperatur fjernvarme, hvor der er tab i ledningsnettet på 15%. Inklusive nettab er varmemforbruget ca. 15.530 MWh ved fuld udbygning af bydelen.



Figur 6.2 Varighedskurve for varmemforbrug (an fjernvarmenet) ved fuld udbygning af bydelen. Varighedskurven er udarbejdet med programmet EnergyPro

Af figuren fremgår det, at det konstante forbrug til brugsvandsopvarmning samt dækning af varmetab i nettet ligger på ca. 0,8 MW. Endvidere ses det af figuren, at det aktuelle effektbehov er 4,4 MW for et forsyningsnet. Der bør dog lægges noget sikkerhed ind. Det vurderes derfor, at der er behov for en forsyningseffekt til området på minimum 5 MW.

6.4 Reduceret CO₂-belastning ved opførelsen

Når man kommer langt ned i energiforbrug pr. m² for en bygning, begynder energiforbruget i produktion af komponenter og elementer at udgøre en meget væsentlig del af energiforbruget i det samlede regnskab.

Der findes forskellige metoder og opslagsværker til at opgøre dette. I cradle-to-cradle princippet er det bl.a. en fast bestanddel af vurderingen, hvor man herudover ser på materialer, flow og energiforbrug i selve bortskaffelses/genbrugsprocessen (se mere på <http://www.vuggetilvugge.dk/>).

Følgende tabel viser typiske emissioner for beton, glas, aluminium, stål, gips og isoleringsmaterialer.

Tabel 6.4 Typiske emissionsværdier for forskellige bygningsmaterialer. (Kilde: "University of Bath, Inventory of carbon & Energy (ICE) Version 1.6a", Proff. Geoff Hammond & Craig Jones, 2008)

Materialetype	MJ/kg	kg CO ₂ /kg
Beton	2,00	0,215
Gips	6,75	0,38
Glas	15	0,85
Jern, metal, andet	34,4	2,7
Isolering	16,8	1,2
Træ	8,5	0,46

Det er beregnet, at beton repræsenterer et bundet energiforbrug på 1.278 kWh pr. m³, hvis der regnes med en rumvægt på 2300 kg/m³. Hvis det antages, at der er 25 cm beton pr. m², og at huset står i 30 år, så udgør det bundne energiforbrug 320 kWh/m². Hvis alle bygningsdele medregnes, når vi hurtigt omkring 900 kWh/m² eller 30 kWh/m² pr. år, hvilket er pænt stort i forhold til bygningsens rumvarmeforbrug, som typisk udgør 15 kWh/m² for et lavenergiklasse 1 hus/passivhus.

CO₂-belastningen ved opførelse udgør i eksemplet omkring 250 kg CO₂/m² eller ca. 8,5 kg CO₂/m² pr år.

Tabel 6.5 *Energiforbrug i forskellige træprodukters livscyklus (kilde: Evald 1993, Risør 1993 og Miljøstyrelsen 1995)*

Livscyklusfaser	kWh per m ³ træ					
	Planker, f.eks. spær	Brædder ru	Brædder høvlede	Karmtræ	Limtræ	Bøgeparket
Energiforbrug i livscyklus ved: skovbrug, savskæring, tørring, spåntagning, limning, transport og fremstilling af produktionsmaskiner	750	778	1222	1416	1416	1972
Energigenvinding v. forbrænding	-1500	-1694	-1694	-1694	-1667	-2444
Samlet energiforbrug i livscyklus inkl. genvinding af energi ved forbrænding	-750	-916	-472	-278	-251	-527

Træ ender med at være positivt, fordi det kan genanvendes som brændsel i en cradle-to-cradle tankegang.

Yderligere information om emissionsfaktorer kan findes i publikationen "*University of Bath, Inventory of carbon & Energy (ICE) Version 1.6a*", Prof. Geoff Hammond & Craig Jones, 2008.

6.5 Fornuftig anvendelse af glas i facader og tag

I takt med, at energikravene til en bygning er blevet skærpet, er vinduernes isoleringsevne forbedret. I begyndelsen af denne udvikling kunne vinduerne ikke følge med, og i mange år var man nødt til at bygge huse med små vinduesarealer. I dag har vinduerne lagt sig i spidsen for udviklingen, således at et moderne lavenergivindue rigtigt placeret leverer mere varme til bygningen, end det afgiver – vel at mærke i fyringssæsonen.

Det er ikke blot lykkedes at opnå høj isolering (lav U-værdi); det også lykkedes at samle termovinduer med varme kanter og give ruderne en belægning, som på én gang tillader dagslys at passere ind og forhindrer varmestråling i at passere ud (høj g-værdi).

Dermed er vinduesrammen blevet vinduets udfordring. Hvis der ikke laves vinduesrammer, som holder bedre på varmen, vil der være et misforhold mellem rudens og karmens energimæssige ydeevne. Hertil skal så lægges forbedringer af lufttæthed og lydisolering. Vinduesfabrikanter har først sent lykkedes med at bygge energieffektive vinduesrammer, men p.t. kommer nye til, således at man generelt kan regne med vinduer som noget, der yder tilskud til varmeregningen.

Det er vigtigt med korrekt placering og orientering af bebyggelser i forhold til lys og solindfald. God orientering vil sige, at man udnytter solens varme om vinteren og udelukker dem om sommeren ved at udnytte solstrålernes vinkel i

forhold til jorden eksempelvis ved at anvende tagudhæng og lignende samt planter, der mister bladene om vinteren og skygger om sommeren.

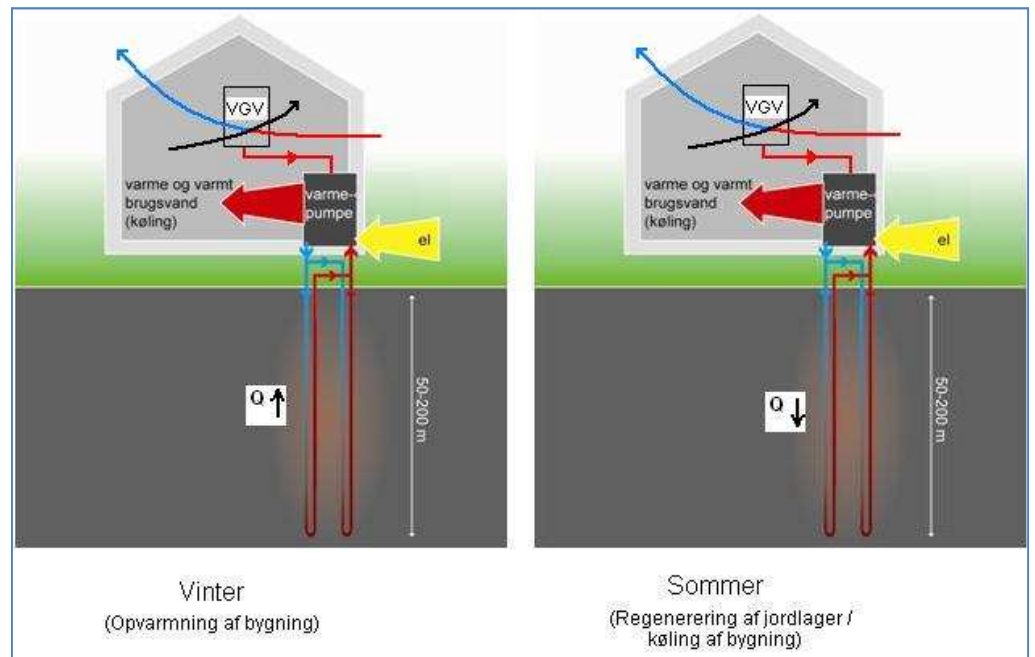
Indeklima, komfort og dagslys hænger sammen. Dels kan man undgå kuldne-fald, træk og kulde ved at efterisolere vægge, loft og gulv - og dels kan man forbedre indeklimaet yderligere ved at udskifte vinduerne til vinduer med lav-energiglas. Med nye vinduer bliver man endda i stand til at forbedre dagslys-forhold og udsyn, og sidst men ikke mindst medvirke til at huset bliver tættere. Et hus må godt være tæt, men ikke mangle ventilation. Derfor kræver nye vin-duer tit, at de tilfældige utætheder, der forsvinder, erstattes af velplacerede ven-tilationsåbninger, eller bedre erstattes af kontrolleret luftskifte med varmegenvinding. På den måde undgås mug- og skimmelproblemer og dårligt indeklima.

Især bør man overveje, hvordan man kan få den optimale mængde dagslys ind i bygningen; dagslys har generelt en meget positiv effekt på vores humør og vo-res evne til at opleve tid, rum, former og farver. Det indvirker positivt på vores koncentrationsevne, bidrager til opvarmningen af boligen og minimerer anvendelse af energi til kunstlys.

En høj *dagslysprocent* sikres ved optimeret vinduesplacering i facaderne, eventuelt suppleret med sydvendte ovenlys. Man anbefaler ofte dagslysprocenter på 2%.

6.6 Hybrid ventilation

Hybrid ventilation er et ventilationssystem til bygning, hvor der haves naturlig ventilation, eventuelt styret naturlig ventilation, samtidig med at der i kolde pe-rioder benyttes mekanisk ventilation med varmegenvinding (VGV). Luftindtag eller afkastluft kan udnyttes til at regenerere varmereservoir eller til opvarm-ning af brugsvand om sommeren.



Figur 6.3 Princip for udnyttelse af luftindtag eller afkastluft til at regenerere varmereservoir eller til brugsvand om sommeren

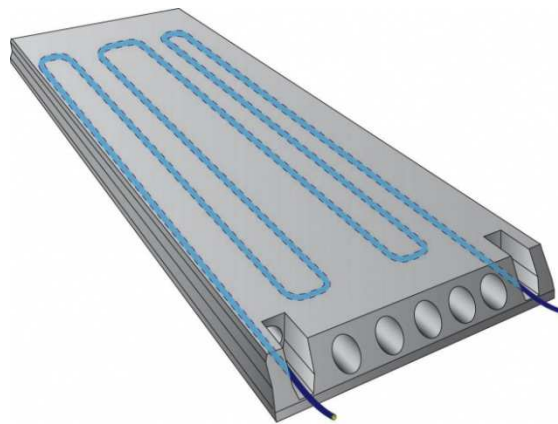
6.7 Termoaktive konstruktioner

Man kan udnytte termisk masse til at udjævne temperatursvingninger i bygningen, da den tunge masse har en højere varmekapacitet og derfor kan bruges til at lagre energi i forbindelse med køling og opvarmning. Den termiske masse forøges ved at anvende tunge bygningsmaterialer (sten, beton m.v.) i stedet for lette (gipsskillevægge, træ m.v.)

Ved at etablere termisk masse i en bygning kan overskudsvarme fra dagtimerne bedre lagres passivt til aften og nat. Omvendt kan den termiske masse nedkøles om natten, hvorved overophedning om dagen reduceres, hvilket endvidere mindsker kølebehovet og derved forbedrer indeklimaet. Ventilation om natten kan bruges til at nedkøle den termiske masse.

Endvidere kan man aktivt udnytte energilagringsevnen i termisk masse via "termoaktive konstruktioner". En termoaktiv konstruktion er en tung bygningskonstruktion med indstøbte slanger. De termoaktive konstruktioner kan bruges til opvarmning om vinteren og køling om sommeren. Der er derfor i princippet ikke behov for andre opvarmnings- og kølesystemer såsom radiatorer eller køleblæser i bygningen, men ofte vil man bruge radiatorer som reguleringsenhed. Opvarmning og nedkøling kan endvidere finde sted forskudt i forhold til forbruget, således at variation i temperaturniveauer i ude- og indeluft kan benyttes til opvarmning/afkøling. De termoaktive elementer regulerer i princippet selv komforttemperaturen, som yderligere kan reguleres via et centralt varme/køle-anlæg.

De termoaktive konstruktioner udformes enten som betondæk støbt på stedet eller som præfabrikerede betonelementer. Konstruktionen udformes med indstøbte plastslanger til cirkulering af vand. Slangerne kan indstøbes som en spiral (1 eller 2 slanger pr. element), eller de placeres som lige strenge parallelt. I systemet cirkuleres vand med en temperatur få grader fra den ønskede rumtemperatur. Derved er der tale om højtemperatur-køling ved 17-20°C og lavtemperatur-opvarmning ved 25-35°C. At temperaturerne holdes i dette niveau betyder, at mange energikilder kan udnyttes, herunder vedvarende energi og overskudsvarme eller -kulde.



Figur 6.4 Skitse af et præfabrikeret termoaktivt betonelement

Med termoaktive konstruktioner er det muligt at forskyde det tidspunkt, hvor varmen optages i dækket, og det tidspunkt, hvor den fjernes fra de indstøbte slanger. Selv med en fremløbstemperatur på 20°C til dækkene er det muligt at fjerne en intern varmelast på omkring 40 W/m² uden for høje temperaturer i rummet. Køleydelsen for testede prøveelementer er ca. 6,5 W/m²K med tilnærmelsesvis lineær temperaturafhængighed i forhold til temperaturforskellen mellem rumtemperatur og væsketemperatur, dvs. at der ved 10°C i temperaturforskel kan køles med 65 W/m², hvilket er ca. dobbelt så meget som nødvendigt i et moderne kontorbyggeri, hvor det maksimale behov typisk er ca. 30 W/m².

Varmeafgivelse fra et dæk (loft og gulv) udført som de testede prøveelementerne er målt og beregnet til ca. 3,5 W/m²K for temperaturforskellen mellem rum og væsketemperatur, dvs. at man ved 30-35°C væsketemperatur kan dække et typisk dimensionerende varmebehov på ca. 35 W/m².

Termoaktive konstruktioner er primært egnet i erhvervsbyggeri, da der her er kølebehov og bedre mulighed for at etablere nedhængt loft med frie åbninger, således at indeluften kan komme i kontakt med de termoaktive dæk.

Der er p.t. en række store byggerier i Danmark, hvor man gør brug af termoaktive konstruktioner: Middelfart Sparekasse, Viborg Rådhus, KU's Green Lighthouse, Vestas' ny hovedsæde m.fl.

7 Energiforsyning af området

Den nye bydel, kaldet Gammelsø, ligger i et fjernvarmeområde. Bydelen, der forventes delvist udbygget i 2020, ligger op til eksisterende byområder, hvor der er fjernvarmeforsyning, og områdets nordlige del grænser op til VEKS' hovedtransmissionsledning. Dermed er der gode muligheder for at tilslutte den nye bydel til den eksisterende fjernvarmeforsyning, hvor der er tilstrækkelig kapacitet.

I dette afsnit beskrives den eksisterende fjernvarmeforsyning og udbygningsmuligheder. Endvidere beskrives det, hvordan fremtidens fjernvarmesystem tænkes designet. Lavtemperaturfjernvarme med optimering af diverse komponenter er det første, der skal sættes på for at effektivisere fjernvarmen, herunder minimere varmetabet i nettet. Dernæst skal vedvarende energiforsyning indpasses.

Afsnittet indeholder derfor også en beskrivelse af et stort centralt solvarmeanlæg, som det inden for de senere par år har været overvejet at anlægge.

I afsnittet omtales også de perspektiver og udfordringer, der er for fjernvarme. Her tænkes på stramning af bygningsreglementet og på udviklingen mod at reducere CO₂-udledningen i de centrale energiforsyningssystemer.

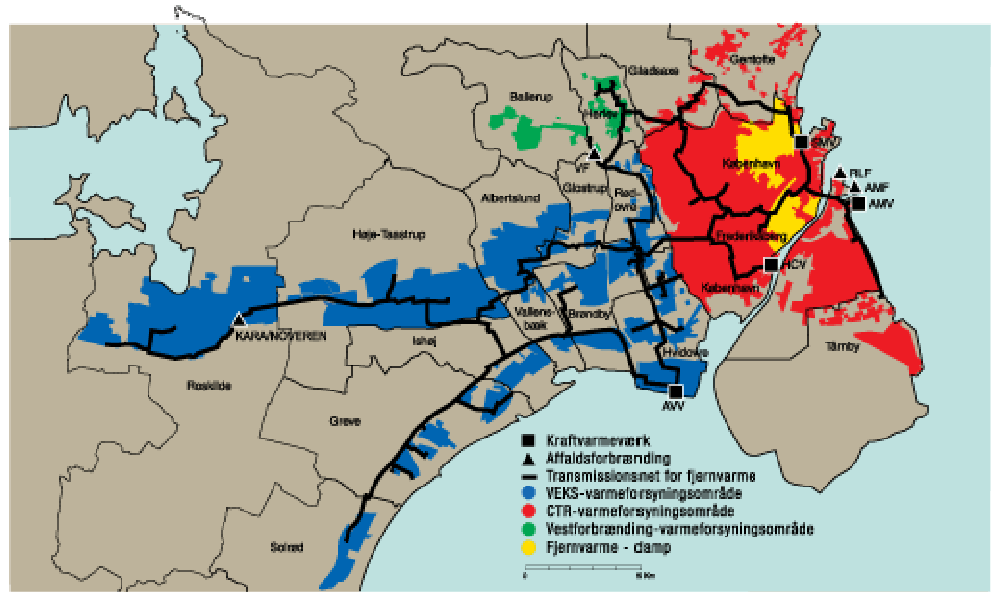
Til sidst i afsnittet beskrives kort nogle af perspektiverne for elforsyning til bydelen.

7.1 Fjernvarmesystemet i dag

7.1.1 Beskrivelse af fjernvarmesystemet

Distributionsnettet i Høje Taastrup Kommune ejes af Høje Taastrup Fjernvarme a.m.b.a., som også leverer varme til Hedehusene. Høje Taastrup Fjernvarme (HTF) har endnu ikke forsyningsnet uden for Høje Taastrup Kommune.

HTF køber al varme og kapacitet fra transmissionsselskabet VEKS (Vestegnens Kraftvarmeselskab I/S) og udlejer spidslastkapacitet til VEKS. Dermed er HTF en del af det komplekse kraftvarmesystem, der dækker størstedelen af Storkøbenhavn. VEKS aftager varmen dels fra centrale kraftvarmeværker, dels fra affaldsforbrændingsanlæg.



Figur 7.1 VEKS' forsyningsområde er koblet sammen med søsterselskabet CTR i København og med Vestforbrænding. Det samlede anlæg er et af Europas største fjernvarme-transmissionssystemer

Spidslastkapaciteten i Høje Taastrup kommer fra 8 oliedrevne varmecentraler (Mølleholmen, Gasværksvej, Malervej, City 2, Gadehavegård, Gadevang, Tårstrupgård og Hedehusene Fjernvarmeværk).

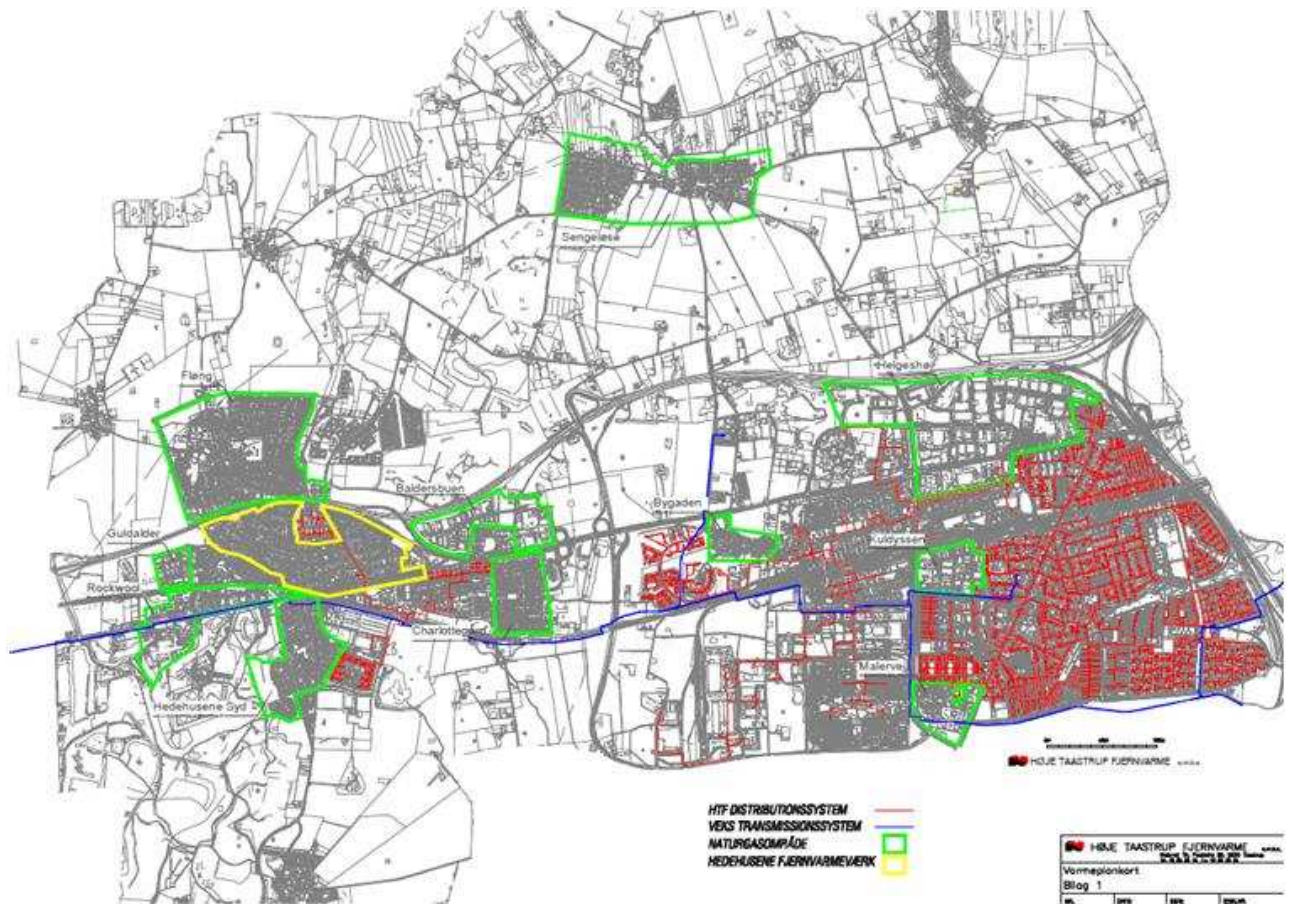
HTF har ca. 5.300 kunder, hvoraf 300 er store kunder, der samlet set aftager 73% af fjernvarmen i HTF's net. De 25 største kunder aftager samlet set 50% af fjernvarmen i HTF's net. HTF forsyner til i alt 2,6 millioner kvadratmeter, fordelt på ejer- og lejeboliger, institutioner, industri og erhverv.

Tabel 7.1 Fjernvarmeforbrug opgjort for 2009 for HTF's varmekunder fordelt på forbrugerkategorier (2009)

Forbrugerkategori	Antal	m ²	MWh	kWh/m ²
Boliger	5.032	1.361.702	157.761	116
Offentlige bygninger	96	207.584	25.409	122
Handel og service	127	397.060	35.413	89
Industri og erhverv	43	472.131	54.000	114

Fjernvarmeforbruget er i gennemsnit 31,3 MWh pr. bolig, hvilket kan forklares med, at der er en del store ejendomme eller områder, der er registreret som én forbruger og selv står for afregning af varmeforbruget med de enkelte husstande.

Figur 7.2 viser HTF's forsyningsområde. HTF's eksisterende distributionssystem ses med rødt, mens der med grønt er afgrænset hvor der er naturgas. Med gult er Hedehusenes fjernvarme område markeret.



Figur 7.2 Varmeplankort med oversigt over det eksisterende fjernvarmenet samt udpegning af naturgasområder, som med tiden forventes at overgå til fjernvarme. Hedehusene varmeværk bliver den 1. januar 2011 til en del af Høje Taastrup Fjernvarme

VEKS' transmissionsledning er også vist på Figur 7.2.

Temperaturforhold i VEKS' transmissionsledning igennem Høje Taastrup:

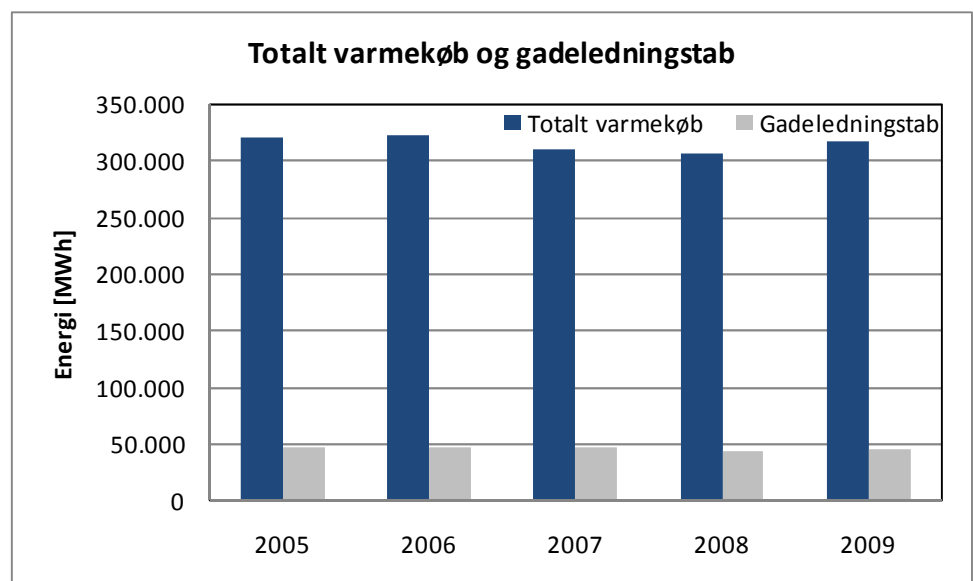
- Fremløbstemperatur, vinter ca. 105-118°C, sommer ca. 90-100°C
- Returløbstemperatur, vinter ca. 50-54°C, sommer ca. 48-55°C
- Temperaturafkøling, vinter ca. 55-64°C, sommer ca. 45-50°C.

Temperaturforhold i HTF's ledningsnet:

- Fremløbstemperatur 72-86°C (gennemsnitligt ca. 79°C)
- Returløbstemperatur 44-52°C (gennemsnitligt ca. 47°C)
- Temperaturafkøling 16-39°C (gennemsnitligt ca. 32°C).

Det er målet for HTF at nå ned på 70°C i fremløb og under 40°C i retur for hovednettet, og at delnet udføres med lav temperatur, henholdsvis 55°C frem og 25°C retur. HTF er ved at implementere et temperaturoptimeringssystem, der skal hjælpe til at realisere disse mål bl.a. ved at udpege kritiske områder, hvor en lavere fremløbstemperatur umiddelbart er et problem.

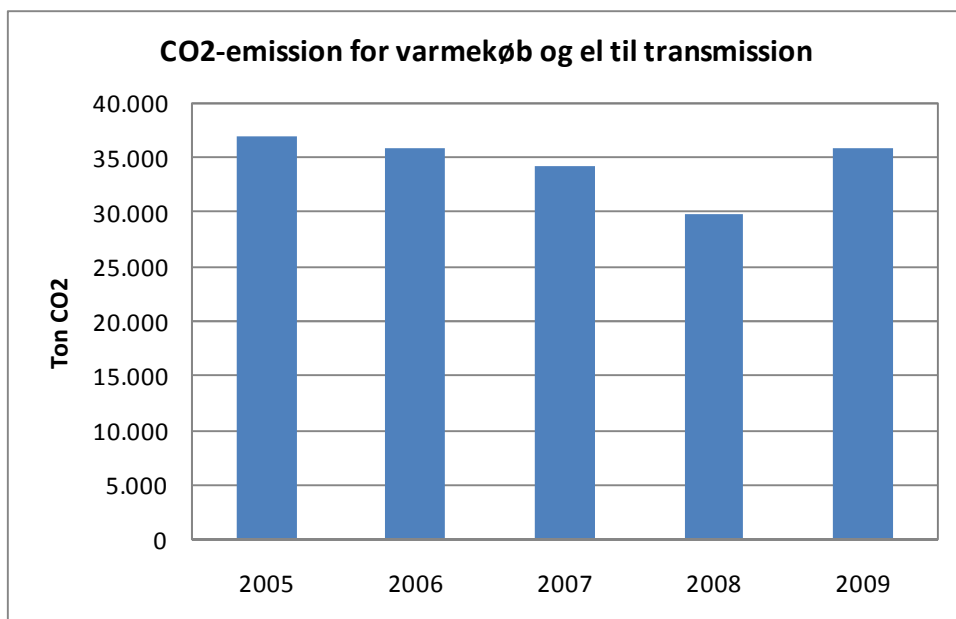
Ledningsnettets totale længde er opgjort til 179 km. Figur 7.3 viser det totale varmekøb fra VEKS samt det totale varmetab i ledningsnettet for årene 2005-2009. Varmekøbet har i perioden ligget imellem 305.000 og 317.000 MWh, hvilket svarer til mellem 1.101.000 og 1.157.000 GJ. Gadeledningstab har i perioden udgjort 14-15% af det samlede varmekøb.



Figur 7.3 Totalt varmekøb (energiforbrug) og gadeledningstab for Høje Taastrup Fjernvarme i årene 2005-2008

7.1.2 Miljødeklaration for fjernvarme og el

I dette afsnit er der samlet et overblik over den CO₂-emission, som fjernvarmeforsyningen i Høje Taastrup giver anledning til. Figur 7.4 viser, at CO₂-emissionen er faldet i perioden fra 2005-2009. Variationen i CO₂-emission skyldes bl.a. variation i varmekøb.



Figur 7.4 *CO₂-emission for varmekøb og el til transmission, Høje Taastrup Fjernvarme i årene 2005-2009*

El primært til pumpeenergi (distribution af varmen) udgør en mindre del (ca. 1%) af den samlede mængde udledte emissioner, men emissionerne for elforbruget skal medregnes i opgørelsen pr. solgt varmemængde for slutbrugeren.

I den følgende tabel ses de specifikke CO₂-emissionstal opgjort pr. solgt varmemængde for slutbrugeren og for elforbrug.

Tabel 7.2 *Nuværende og forventede CO₂-emissionsværdier for fjernvarme (solgt varmemængde) og for el i 2009. Miljøbelastningen for fjernvarme er lavere for VEKS end for HTF, hvilket skyldes, at der for HTF er medregnet elforbrug til varmedistribution i HFT's net, dvs. der er tale om CO₂ pr. solgt varmemængde til slutbrugere. Til højre i tabellen er vist emissionsværdierne på el for slutbrugeren*

CO ₂ -emission	VEKS Varme		HTF Varme		Energinet.dk El* (Østdanmark) kg/MWh
	kg/GJ	kg/MWh	kg/GJ	kg/MWh	
Opgjort i 2009	31,08	111,9	36,61	131,8	489
Forventet i 2020	6	21,6	-	-	417
Forventet i 2025	0	0	-	-	380

* inkl. distributionstab på 5%. Værdier for 2020 og 2025 er beregnet ud fra forudsætningen om at CO₂-udledningen skal være reduceret til 20% i 2020 i forhold til 2005.

I den næste tabel ses emissionsværdier for SO₂ og NO_x.

Tabel 7.3 SO_2 - og NO_x -værdier for fjernvarme (solgt varmemængde) og for el i 2009. For HTF og for el er der tale om værdier, som gælder for slutbrugeren.

2009	VEKS Varme		HTF Varme		Energinet.dk El (Østdanmark)*
	g/GJ	g/MWh	g/GJ	g/MWh	kg/MWh
SO ₂ -emission	6,20	22,32	7,36	26,50	150
NO _x -emission	34,35	123,66	40,38	145,37	440

* inkl. distributionstab på 5%

7.1.3 Tariffer for fjernvarmen

I nedenstående tabel ses de gældende tariffer (afgifter) for fjernvarmen i HTF's net. Det ses, at der for varmekunde med et stort bygningsareal gælder andre afgifter, dog er den variable afgift den samme.

Tabel 7.4 Forbrugsafgifter for HTF's fjernvarmebrugere

Forbrugsafgifter 2010	DKK ekskl. moms	DKK inkl. moms
Forbrugsafgift, Areal < 500 m²		
Abonnementsafgift, kr./år	975,97	1.219,96
Effektafgift, kr./m ² /år	15,38	19,23
Variabel afgift, pr. MWh	477,86	597,33
Forbrugsafgift, 500 < Areal < 5000 m²		
Abonnementsafgift, kr./år	3.903,88	4.879,85
Effektafgift, for de første 500 m ² , kr.	7.690,00	9.612,50
Effektafgift, kr./m ² /år over 500 m ²	13,41	16,76
Variabel afgift, kr./MWh	477,86	597,33
Forbrugsafgift, 5000 m² < Areal		
Abonnementsafgift, kr./år	7.807,76	9.759,70
Effektafgift, for de første 5000 m ² , kr.	68.035,00	85.043,75
Effektafgift, kr./m ² /år over 5000 m ²	8,37	10,47
Variabel afgift, kr./MWh	477,86	597,33

7.1.4 Høje Taastrup Fjernvarmes energibespareindsats

Med bekendtgørelsen om "Energispareydelser i net- og distributionsselskaber" af 9. november 2006 er det fastlagt, hvilke opgaver og forpligtelser Høje Taastrup Fjernvarme er blevet pålagt.

Det er omfattende opgaver, der er tale om, idet sparemålene er meget store. Høje Taastrup Fjernvarme skal spare ca. 2.700 MWh om året fra 2006 - 2013. Det svarer til 0,9 % af det samlede varmekøb fra VEKS. Sparemålene og den endelige udmøntning af loven blev fremlagt ultimo 2006, hvorfor Høje Taastrup Fjernvarmes bestyrelse først i 2007 har kunnet tage stilling til, hvorledes målene skal nås. Inden for visse rammer af loven er der metodefrihed, andre dele af lovgivningen skal opfyldes.

Den enkelte varmeftager med egen varmemåler kan via internettet ved brug af password selv følge forbruget af varme og således se, om energiforbruget følger en fastlagt prognose udarbejdet af selskabet. Endvidere udsendes der styringstabel. På disse er der foretaget en sammenligning af forbruget i andre tilsvarende ejendomme. Høje Taastrup Fjernvarme har besluttet, at alle forbrugere skal have installeret fjernaflæsning, og i 2013 vil alle forbrugere blive fjernaflæst.

For de største forbrugere er der allerede indført fjernaflæsning, hvilket betyder, at den enkelte ejendoms forbrug kan følges både af ejer og varmeværkets administration. Forbrug og øjebliksværdier kan følges tæt over døgnet, såfremt der findes behov herfor.

For at opnå energibesparelser gøres følgende:

- Fokus på nedbringelse af forsyningstemperatur:
 - Opsætning af fjernaflæste målere hos forbrugere.
 - Implementering af TERMIS (automatisk temperaturoptimeringsystem).

Kan bruges til at udpege, hvor i forsyningsnettet der er udfordringer med hensyn til at komme ned på 70/40°C.

- Lækageovervågning i fjernvarmesystemet.
- Udsendelse af spareråd til forbrugere.
- Etablering af aftale med lokale håndværkere, hvor håndværkerne indsamler dokumentation for Høje Taastrup Fjernvarmes indsats på området mod en afregning på 20 øre pr. kWh i årlig besparelse.
- Der ydes økonomisk støtte til energispareforanstaltninger, hvor Høje Taastrup Fjernvarme ikke deltager med anden form for støtte. Eksempel: Når der i en boligforenings regi udskiftes en 2-lags termorude til en 3-lags energirude, ydes der 26 kroner pr. m². Dette svarer til 20 øre pr. kWh pr. år. Af andre områder kan nævnes isolering, udskiftning af varmeanlæg/termostater m.v. Energitilsynet har udarbejdet et katalog med standardværdier, der følges.

- Høje Taastrup Fjernvarme foretager termografering af boligforeningers ledningsnet, således at der kan foretages en vurdering af, hvornår nettet skal udskiftes eller hjælp til at finde huller i nettet.
- Afholdelse af møder med beboerforeninger og administratorer, hvor repræsentanter fra Høje Taastrup Fjernvarme forklarer om lovgivningen og fortæller, hvilke muligheder selskabet kan tilbyde.
- Hjælp med ledningsrenovering.
- Serviceordning
- Økonomisk støtte til stikledninger mv. i forbindelse med nye kunder.
- Rådgivning.
- Høje Taastrup Fjernvarme hjælper med indkøb i forbindelse med store projekter omkring varmeanlægget, hvor der kan være betydelige fordele for foreningerne ved køb hos Høje Taastrup Fjernvarmes leverandører og til Høje Taastrup Fjernvarmes priser.
- Anden hjælp i forbindelse med energispareforanstaltninger.

Herudover har HTF indført en række målsætninger med henblik på miljømæssige forbedringer af selskabets aktiviteter:

- Virksomhedens miljøbelastninger og -omkostninger skal søges nedbragt.
- Styrkelse af medarbejderes engagement i energibesparelser.
- Medarbejdernes miljøbevidsthed øges gennem efteruddannelse.
- Løbende gennemførelse af tiltag for at skabe så gode miljø- og arbejdsforhold for medarbejderne som muligt.
- Gennemførelse af aktiviteter, der sikrer, at andelshaverne får optimeret deres interne varmeanlæg.

7.2 Udbygningsmuligheder for fjernvarmen

7.2.1 Konvertering af N-gas områder

Der arbejdes løbende med konvertering af naturgas-områder til fjernvarme. Som det fremgår af Figur 7.2, er der en række naturgasområder (markeret med lysegrøn) inden for rækkevidde, som med tiden forventes konverteret til fjernvarme.

Konverteringen er allerede i gang i områderne Hedehusene nær Gammelsø og ved Helgeshøj. Angående Helgeshøj så er der ansøgt kommunen om tilslutning af et større erhvervsområde. Inden for området er der udvalgt 42 større ejendomme, overvejende erhvervsejendomme, der på nuværende tidspunkt er vurderet bedst egnet for konvertering til fjernvarme. Tilsluttes disse 42 ejendomme, vil HTF's samlede varmesalg stige med 10%. 21 af de 42 ejendomme ejes af Nordea.

Beregninger viser, at det vil koste 13 mio. kr. ekstra, at komme ned på en fremløbstemperatur på 70°C i fjernvarmenettet i Helgeshøj-området i forhold til standard 80-90°C.

Hvis alle erhvervsejendommene i Helgeshøj bliver tilsluttet hurtigt, vil investeringen i fjernvarmenettet til dette område være tilbagebetalt inden for ca. 7 år.

Konverteringen fra N-gas til fjernvarme i industriområdet Helgeshøj udgør en markant del af det CO₂-reduktionspotentiale, der findes i Høje Taastrup.

7.2.2 Renovering og udbygning af det eksisterende fjernvarmenet

Der er planlagt renovering og udbygning af det eksisterende fjernvarmesystem bl.a. i Fløng. I den forbindelse undersøges det, om der skal etableres et centralt solvarmeanlæg.

HTF overtog pr. 1. januar 2011 Hedehusene Fjernvarme. Derved får HTF en del nye forbrugere, og der bliver potentiale for udbygning, bl.a. ved at huse med naturgas eller oliefyr konverteres til fjernvarme.

Områderne Sønderby, Hedehusene inklusive Fløng og Gammelsø er udpeget for klimarigtige tiltag og afprøvning af fremtidens fjernvarme.

Se i øvrigt Bilag 10, som indeholder en vurdering af udbygningspotentialet for Høje Taastrup Fjernvarme.

7.2.3 Introduktion af lavtemperatur fjernvarme i eksisterende boligområder

Det undersøges nu om, der er mulighed for at etablere lavtemperaturfjernvarme i et eksisterende boligområde i Høje Taastrup. Det drejer sig om bebyggelsen Sønderby i bydelen Torstorp i det sydlige Høje Taastrup. Bydelen er planlagt til at indgå i et nyt EUDP-projekt (EUDP 10-II, Fuldskala demonstration af lavtemperatur fjernvarme i eksisterende bebyggelser, journal nr.: 64010-0479), hvor lavtemperatur fjernvarme skal demonstreres i eksisterende byggeri.

Bydelen består af 75 parcelhuse fra 1990'erne med gulvvarme i alle rum. Alle husene er tilsluttet direkte til et privat fjernvarmenet, der forsynes af Høje Taastrup Fjernvarme via en vekslercentral. Husene og det eksisterende fjernvarmenet er kun ca. 15 år gammelt, men det eksisterende pex-rørs fjernvarmenet er i

dårlig stand, og der haves et årligt nettab på helt op til ca. 45%. Varmeforbruget i husene ligger imellem 6 og 20 MWh/år. Mange af husene har brændeovn, der benyttes, fordi fjernvarme er meget dyr på grund af det høje nettab. Husene har varmtvandsbeholdere på enten 110 eller 150 liter, hvilket i flere tilfælde er utilstrækkeligt, bl.a. fordi en del huse har badekar. I mange huses varmtvandsbeholdere er der endvidere problemer med tilkalkning på grund af det høje kalkindhold i drikkevandet.

Målet er at demonstrere, at konceptet for lavtemperatur fjernvarme også kan anvendes i eksisterende byggeri, og vise, at det er muligt at opnå et væsentligt reduceret varmetab i ledningsnettet. Herudover ønskes der fokus på en god afkøling af fjernvarmevandet og dermed lavest mulig returtemperatur.

Området er ideelt, fordi husene har gulvvarme, og fordi varmekonsumet og ledningstabet er kendt, hvorved energibesparelserne ved et forbedret ledningsnet nemt vil kunne dokumenteres.

Det samlede varmekonsum for det lokale fjernvarmenet i Sønderby er gennemsnitligt 1.620 MWh pr. år, hvilket giver anledning til 214 tons CO₂.

Med et nyt optimeret ledningsnet og lave temperaturer i fjernvarmesystemet kan nettabet reduceres til 15% eller mindre. Det betyder, at der vil kunne spares mindst ca. 500 MWh pr. år varme, svarende til 31% af den samlede varme, der tilføres det lokale fjernvarmenet. Varmebesparelsen vil medføre en reduceret CO₂-udledning på ca. 66 tons pr. år. CO₂-udledning er beregnet på baggrund af HTF's miljødeklaration. Hvis der implementeres mere vedvarende energi (såsom solvarme mv.) i fjernvarmeforsyningen i fremtiden, er der potentiale for yderligere reduktion af CO₂-udledningen.

7.3 Centralt solvarmeanlæg

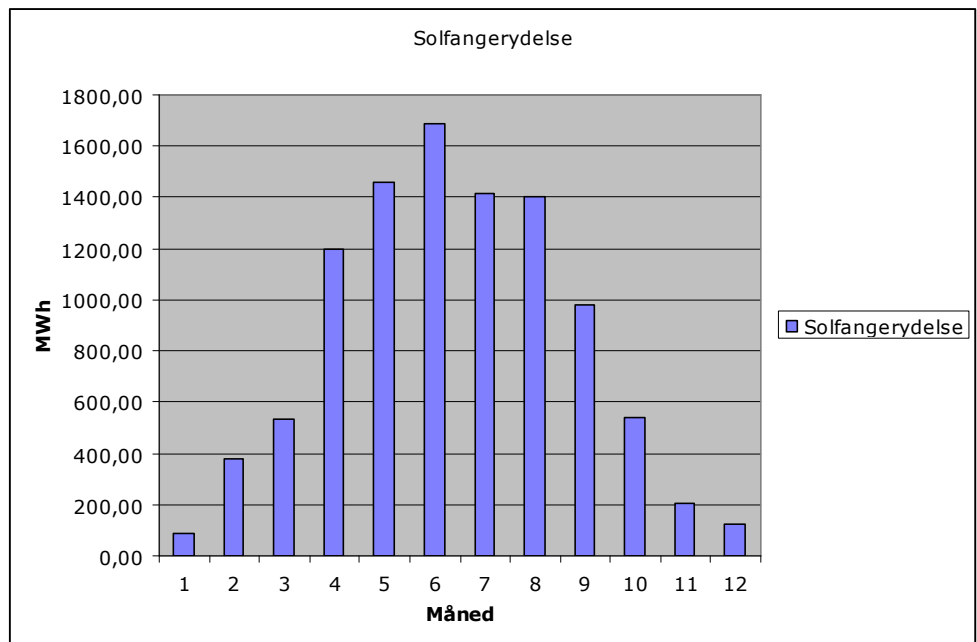
VEKS har siden 2007 overvejet mulighederne for etablering af et termisk stor-skala solvarmeanlæg, der kunne indpasses i VEKS' transmissionssystem og dermed bidrage til CO₂-reduktion. Der er ikke taget endelig beslutning herom endnu.

Der er blevet udarbejdet et projektforslag, der bl.a. ser på en række placeringsmuligheder. VEKS har vurderet, at et solvarmeanlæg på 20.000 m² er en optimal størrelse, og at der ikke er økonomiske fordele ved et endnu større anlæg. Solvarmeanlægget tænkes tilsluttet nettet i fremløbsledningen som et lavtemperaturanlæg, hvor vandet fra solvarmeanlægget skal blandes med vand af en højere temperatur i transmissionssystemet for at kunne opfylde kundernes temperaturkrav. Anlægget er tænkt placeret i Høje Taastrup, hvor der om sommeren er et stort flow i transmissionsledningen med varme fra KARA / NOVEREN.

Data for det undersøgte 20.000 m² store solvarmeanlæg:

- 20.000 m² solfanger ~ 50.000 m² grundareal.

- Årlig varmeproduktion: Ca. 10.000 MWh = 36 TJ ~ 600 parcelhuses årsforbrug ~ 5.000 nye huses sommerforbrug. Behovet i den nye bydel er ca. 13.200 MWh/år.
- Varmeproduktion i sommerhalvåret 1. april - 1.oktober: Ca. 8.000 MWh.
- Varmeproduktion april – september: 29 TJ.
- Maks. ydelse sommer / vinter: 13 MW / 4 MW.
- Gennemsnitlig ydelse juni: 2,4 MW.
- Gennemsnitlig ydelse sommerhalvår: 1,9 MW.
- Anlægsøkonomi: Ca. 35 mio. kr.



Figur 7.5 Månedlige ydelser i løbet af et år for et centralt solvarmeanlæg på 20.000 m²

I det følgende er listet henholdsvis muligheder og udfordringer ved at etablere et stort centralt solvarmeanlæg.

Muligheder

- En CO₂-reduktion på ca. 1120 tons CO₂ (beregnet ud fra den seneste miljødeklaration).
- Varmepris (anlægspris) 25 % af prisen i forhold til placering på individuelt hus og ca. 50 % i forhold til blokbebyggelse.

- Tilslutning af lavenergihuse med fjernvarme frem for anden opvarmningsform.
- Forbruger kan købe "solvarmeanpart" i stedet for selv at etablere solvarmeanlæg.
- Flexibilitet i fremtidigt byggeri.
- Varmeproduktionsprisen er stort set konstant og afhænger ikke af fremtidige prisstigninger på energi.

Udfordringer

- Solvarmen skal i visse perioder konkurrere med geotermisk varme og affaldsbaseret varme. Affaldsvarmen står for ca. 1/3 af det årlige varmebehov og dækker stort set hele varmekonsumet i sommermånederne. På varme dage kan det blive nødvendigt at nedregulere eller sågar bortkøle affaldsvarme. Solvarme kan ikke reguleres (ud over hvad akkumulering i nettet kan bidrage til). Derfor bør sæsonlagring overvejes, men det kan være en dyr løsning sammenlignet med biomassekraftvarme og anden vedvarende energi.
- Det kræver tilstrækkeligt stort varmeopland, der vil kunne aftage solvarmen om sommeren.
- At finde et egnet areal på min. 50.000 m² tæt på VEKS' transmissionsnet eller HTF's distributionsnet til placering af solvarmeanlægget. Ubenyttede grundstykker på 50.000 m² eller mere er svære at finde i området. De grunde/arealer, der findes, er ofte reserveret til fremtidigt brug (infrastrukturprojekter eller ændring af områder fra land- til byzone). Anlægget kan placeres på en reserveret grund, men der kan være en risiko for, at det i sin levetid skal flyttes eller sløjfes. Ydermere skal der kunne gives tilladelse i forhold til Planloven.
- Jf. Varmeplan Hovedstaden, peger undersøgelser på, at kollektive solvarmeanlæg til fjernvarme uden sæsonvarmelager koster ca. halvdelen af tilsvarende anlæg til etageboliger og kun ca. 25 % af tilsvarende anlæg på enfamiliehuse.
- Kortsigtet er der ifølge VEKS hverken en samfundsøkonomisk eller selskabsøkonomisk gevinst ved at etablere et storskala solvarmeanlæg tilsluttet VEKS' transmissionssystem, men anlægget kunne måske danne grundlag for, at man i fremtiden kan undgå små individuelle anlæg, der kan være mere uøkonomiske. Det kræver dog myndighedernes ændring af eksisterende lovgivning. Med stramning af bygningsreglementet må det forventes, at der i fremtiden vil skulle etableres solvarmeanlæg for nogle bygninger, for at energiklasserne for nybyggeri kan overholdes. Solcelleanlæg vil formodentlig med tiden blive et bedre supplement.

Skal der reduceres CO₂ i varmforsyningen for opfyldelse af klimamålsætningerne, er det på længere sigt også nødvendigt med tiltag som store solvarmeanlæg uanset økonomi.

At etablere solvarmefelter allerede nu har to primære formål: først og fremmest at synliggøre og kommunikere, at fjernvarme er en miljørigtig og bæredygtig forsyningsform, der kan kombineres med en række vedvarende energikilder. Derudover er formålet at få erfaringer fra pilotanlæg til brug for de fremtidige udbygninger med sol i større skala, som på sigt kombineres med sæsonlagring af energi.

7.4 En CO₂-neutral varmesektor

Siden Varmeforsyningsloven trådte i kraft for 30 år siden, har den danske opvarmningssektor udviklet sig til den mest effektive i verden. Samarbejde på tværs af matrikelgrænser og på tværs af kommunegrænser har været med til at sikre dette. Det er sket ved at kombinere kraftvarme, fjernvarme, vedvarende energi, naturgas og energibesparelser, herunder bedre isolering af bygningsmassen. At der har været taget hensyn til samfundsøkonomien, har betydet, at over 60% af landets boliger nu er opvarmet med fjernvarme, og andelen er stigende.

EU-direktivet for vedvarende energi henstiller til alle myndigheder at planlægge, hvor det vil være fordelagtigt at etablere fjernvarme og fjernkøling. Specielt i byerne er det vigtigt, at der samarbejdes om at udnytte vedvarende energi til opvarmning, brugsvand og køling af bygninger. Kravet for nye bygninger er, at de skal kunne opvarmes næsten uden fossile brændsler, og desuden skal det ske på den mest økonomiske måde, om så det er med fjernvarme, blokvarme eller individuelle anlæg.

Udviklingen mod en CO₂-neutral varmesektor er i fuld gang. Brugen af fossile brændsler til opvarmning er faldet markant, siden varmeplanlægningen startede i 1980. Jævnfør Varmeplan Danmark 2010 ser det ud til, at opvarmningen kan blive stort set uafhængig af fossile brændsler inden 2030. Kravet er dog, at alle skifter oliefyr, elvarme og naturgasfyr ud med fjernvarme og individuelle varmepumper og anden supplerende vedvarende energi. Herudover er det nødvendigt at spare på el- og varmekonsumet og sænke temperaturen i varmeanlæg, hvor det er fordelagtigt. Brugen af fossile brændsler til el er ca. 4 gange højere end til opvarmning, så derfor har elbesparelser stor betydning.

Generelt står vi over for en stor udfordring med hensyn til omlægning af energisektoren. Kommunernes kommende strategiske energiplanlægning skal sikre, at det sker på den mest økonomiske måde for samfundet og varmekonsumterne. Det tyder dog på, at Danmark kan blive uafhængig af fossile brændsler i 2050 ifølge Klimakommissionen. Hvis det skal ske uden velfærdstab, er det dog vigtigt, at der samarbejdes om at gøre det på den mest omkostningseffektive måde. Udfordringen for energisektoren er at finde den rette balance mellem energieffektivisering og anvendelse af vedvarende energikilder.

Fjernvarmen giver store muligheder for effektiv udnyttelse af vedvarende lavenergikilder, såsom geotermi, vindenergi, affaldsvarme, lokal biomasse og stor-skala solvarme, men også ikke mindst for at udnytte og lagre overskudsvarme fra elproduktion. I fremtidens energisystem bliver det en udfordring at udnytte den fluktuerende vedvarende energi. Der bliver behov for smart-grid løsninger, hvor el forbruges intelligent, således at der aftages store mængder el, når prisen er lav, og hvor elforbruget minimeres mest muligt, når det i kolde vinteruger ikke blæser, og vandkraften i vores nabolande er slupper op. Men med den fluktuerende vedvarende energi bliver der i høj grad også behov fjernvarmens fordele såsom at kunne opsamle overskudsvarme, når den er til rådighed, og eventuelt udnytte overskuds-el kombineret med varmepatroner eller varmepumper. Dette er en af fordelene ved fjernvarme frem for f.eks. individuelle varmepumper, som kun kan afbrydes i korte perioder.

I fremtiden bliver det spørgsmålet, om der skal etableres fjernvarme, blokvarme eller individuelle varmepumper i forbindelse med nybyggeri og renovering. Det er vigtigt, at dette valg er truffet i kommunernes varmeplanlægning og indarbejdet i lokalplanen, således at der er taget højde for samfundsøkonomiske kriterier og muligheden for at udnytte fremtidens lavenergikilder på en fleksibel måde.

Bebyggelser, der ikke har mulighed for at blive tilkoblet fjernvarmen, kan opnå de samme fordele, som fjernvarmen har, ved at etablere et fælles anlæg (nabovarme). Ved at man er flere om anlægget, opnås der større fleksibilitet, og der bliver råd til akkumuleringstank og reservekapacitet. Herved kan også undgås varmepumpeløsninger med utilstrækkelig kapacitet på kolde dage, og/eller som kan være dyre at køre med på dage med høje elpriser.

7.5 Fjernvarme eller individuelle løsninger?

Generelt er fjernvarme en meget fleksibel varmeforsyning, hvor varmeforsyningsenheden let kan udskiftes/opgraderes. Fjernvarme er en miljøvenlig varmeforsyning, hvis der er tale om overskudsvarme fra f.eks. affaldsforbrænding og kraftvarmeproduktion, der ikke er baseret på fossile brændsler. Varmepumper på el kan dog også levere CO₂-neutral varme, hvis der er tale om el fra vedvarende energi såsom vindkraft og el fra solceller.

Koncepter for, hvordan forsyningen kan gøres helt CO₂-neutral, kræver, at fjernvarmen suppleres med anden forsyning dvs. el produceret ved hjælp af vind og sol mv. fordelt på flere placeringer, også lokalt på bygninger.

Samfundsøkonomiske beregninger (bl.a. Varmeplan Danmark 2010) viser, at det er mest hensigtsmæssigt at etablere fjernvarme i byområder og varmepumper på landet, hvor fjernvarme er for dyr (på grund af for lav varmedensitet), og hvor der er god plads til jordslanger. Den nye bydel, Gammelsø, ligger i et bymæssigt område og har eksisterende fjernvarmeforsyning grænsende helt op til området, så denne forsyningsform vurderes at være samfundsøkonomisk fornuftig.

For at opnå CO₂-neutralitet kan det dog være interessant at undersøge, om f.eks. centrale løsninger med varmepumper og solvarmeanlæg er fornuftige i områder med fjernvarme og i samspil med fjernvarmesystemet. Se mere om dette i afsnit 8.

Bygningsreglementets betydning

Bygningsreglementet kan have betydning for valg af energiforsyning til en bygning eller bebyggelse. Selvom fjernvarme er det ønskede og oplagte valg, kan bygningsreglementet i nogle tilfælde sætte en kæp i hjulet for fjernvarme til nogle nye bygninger. Dansk Fjernvarme (DFF) har beskrevet problemstillingen på følgende måde:

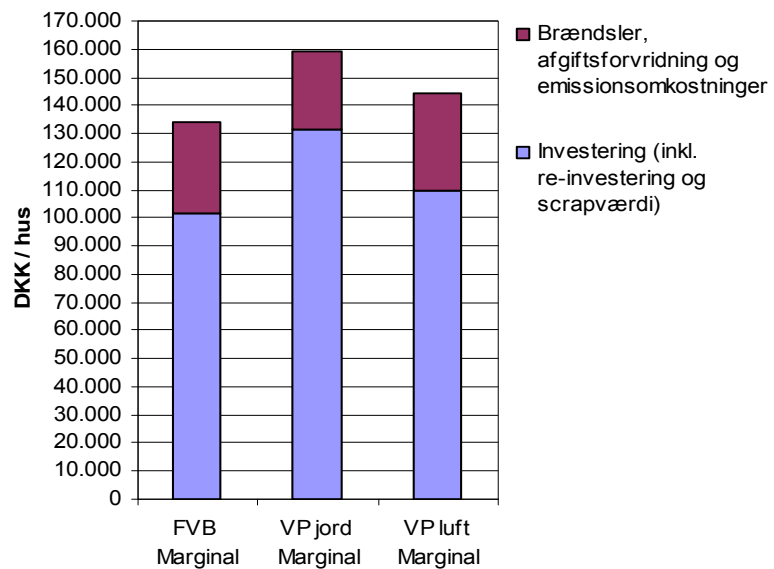
"Det nye bygningsreglement er ikke helt på linje med EU-direktiverne og varmeforsyningsloven. Det er baseret på centralt fastsatte faktorer og regler, der ikke tilgodeser de lokale forhold og kommunernes planlægning efter varmeforsyningsloven. De praktiske erfaringer viser, at bygningsreglementet i nogle tilfælde virker mod hensigten. En bygning med fjernvarme vil - selv med god klimaskærm - kun lige akkurat kunne overholde kravet til normal energiklasse. Den samme bygning (med det samme varmebehov) kan imidlertid ændre status til lavenergibyggeri, hvis bygherren erstatter fjernvarmen med en varmepumpe og individuel solvarme inde på matriklen. I stort set alle byområder vil det fordyre byggeriet unødigt både for samfundet og for brugerne. Det vil samtidigt mindske mulighederne for, at vi kan blive uafhængige af fossile brændsler. I områder, hvor fjernvarme er en hensigtsmæssig løsning, vil kommunerne via lokalplanlægningen i praksis påvirke bygherren til at vælge individuel opvarmning på matriklen ved, i henhold til bygningsreglementet, at skærpe kravet fra normal energiklasse til lavenergi. Det påfører både samfundet, lokalsamfundet og bygherren et tab. Særlig problematisk er det, hvis det lokale fjernvarmeselskab har forberedt nettet til den nye bebyggelse, og hvis et mindretal, der fravælger fjernvarmen, blokerer for at naboerne kan få fjernvarme. Det er især i de små bysamfund vigtigt for sammenholdet og for den fælles økonomi i fjernvarmen, at der er fuld opbakning til den kollektive forsyning. Ifølge bygningsreglementet kan bygningen også opnå lavenergiklasse med en husstandsvindmølle eller solceller på matriklen. Det vil normalt være billigere end at forsøge at overholde kravet ved at isolere yderligere, men det vil være en dyrere løsning for samfundet, fordi storskalaanlæg på elsiden ligesom på fjernvarmesiden er meget mere omkostningseffektive."

Sammenligning af samfundsøkonomi for lavtemperatur fjernvarme og varmepumper til lavenergiboliger

Der har i fjernvarmesammenhæng været sat spørgsmålstegn ved, om det i det hele taget kan betale sig med fjernvarme til lavenergihuse på grund af det lave varmeforbrug. Ny forskning viser dog, at det kan det. Varmetætheden i et område er dog af stor betydning.

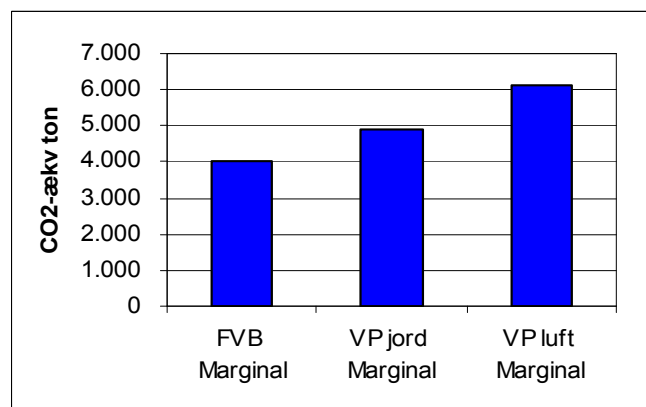
I mange af de lavenergiboliger, der er blevet opført i de senere år, er der installeret varmepumper i stedet for tilslutning til den eksisterende fjernvarmeforsyning. Dette skyldes bl.a., at bygningsreglementet har favoriseret varmepumperne en smule. EFP07-projektet (journal nr. 033001/33033-015) viste dog, at lav-

temperatur fjernvarme udført efter de her beskrevne nye designprincipper er fuldt konkurrencedygtig med varmepumper. Figur 7.6 viser resultatet herfra. Resultatet viser, at fjernvarme er billigst. Beregningen er baseret på en del variable forudsætninger, så forskellen imellem de tre løsninger vurderes minimal, hvis man antager, at beregningen indeholder en vis usikkerhed.



Figur 7.6 Samfundsøkonomisk sammenligning imellem lavtemperatur fjernvarme (FVB) og varmepumper henholdsvis jordvarme (VP jord) og luft-til-vand (VP luft). Marginal betragtning for omkostninger over 30 år pr. hus

I den samfundsøkonomiske analyse er emissionerne prissat og regnet med i de totale omkostninger for samfundet. Størrelsen af de beregnede CO₂-emissioner fremgår af nedenstående figur. Igen ses det, at fjernvarme er fuldt konkurrencedygtig med varmepumpeløsningerne.



Figur 7.7 Sammenligning af CO₂-emissioner pr. 30 år imellem lavtemperatur fjernvarme (FVB) og varmepumper henholdsvis jordvarme (VP jord) og luft-til-vand (VP luft). Marginal betragtning, 92 lavenergihuse

Marginalbetragtningen giver ikke noget nuanceret billede af CO₂-emissionen og fokuserer ikke på biobrændsler, affaldsvarme, vindmøllestrøm og vedvarende energi generelt. I så fald ville billedet kunne se en del anderledes ud, alt efter hvilken energiforsyning der haves lokalt. (Med den aktuelle forsyning vil den aktuelle CO₂-emission være lavere for alle tre scenarier).

Tarifstrukturen skal tilpasses lavenergibebyggelser, og der pågår for tiden et arbejde med at tilpasse tariffer, så det også er selskabs- og privatøkonomisk attraktivt for kunderne. Et element i en ny tarif kan være afregning efter returtemperaturen, hvilket kan føre til optimering af brugerinstallationer, så temperaturen og flowet i fjernvarmesystemet kan sænkes mest muligt. Det er endvidere vigtigt, at den faste afgift (hvis den bibeholdes), ikke er for høj i forhold til lavenergiboligernes variable varmeudgift.

8 Fremtidens integrerede fjernvarmesystem og supplerende nye løsninger

I dette afsnit gennemgås forskellige koncepter, der kan skabe fundamentet for en CO₂-neutral energiforsyning for den nye bydel i Høje Taastrup. Udgangspunktet er, at der primært bør sættes på et fjernvarmesystem, men alternative løsninger/supplementer bør også overvejes. Det primære er, at koncepterne skal sikre reduceret udledning af CO₂. Først og fremmest skal der ses på inddragelse af vedvarende energikilder, overskudsvarme mv., men det er også vigtigt, at der etableres et yderst energieffektivt fjernvarmesystem, der er optimeret i forhold til det traditionelle fjernvarmedesign, som er karakteriseret ved 70-80°C i fremløbstemperatur, omkring 40°C i returløbstemperatur og et rørsystem med enkelt rør og større varmetab.

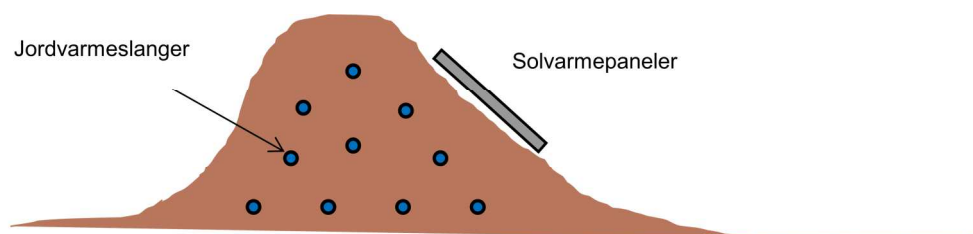
Lavtemperatur fjernvarme er i en række EFP/EUDP-projekter defineret ved temperaturer på ca. 50°C og 25°C i henholdsvis frem- og returløb hos forbrugeren. Et lavtemperatur fjernvarmedesign indebærer endvidere en generel energioptimering i forhold til det traditionelle fjernvarmesystemdesign. Der bør benyttes et rørsystem bestående af twinrør (frem- og returløb i én isoleringskappe / fjernvarmeledning) med høj isoleringsklasse. Rørsystemet skal være i mindst mulige dimensioner - større tryk og ekstra pumpeenergi kan godt forsvares i forhold til potentialet for sparet varmetab. Herudover skal der anvendes optimale brugerunits (isolering, styring mv.) og energirigtige pumper samt god drifts- og energiovervågning.

8.1 Lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med jord- og solvarme

Til den nye bydel eller til delområder af bydelen kan der etableres et lokalt lavtemperatur fjernvarmenet baseret på et centralt placeret jordvarmeanlæg suppleret med solvarme. Denne forsyningsløsning passer også til områder, som ikke ligger i et eksisterende fjernvarmeområde. Solvarmen kan enten etableres centralt sammen jordvarmeanlægget, eller der kan etableres decentrale solvarmeanlæg på de enkelte bygninger.

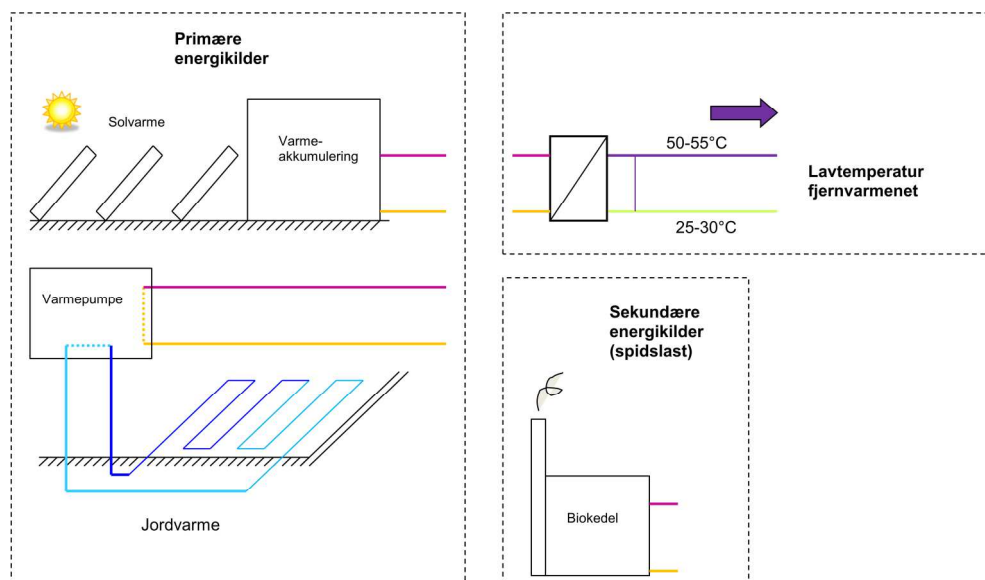
Den centrale løsning kræver, at der er et landareal til rådighed. Hvis der er en støjvold (overskudsjord fra byggeriet, der bl.a. fungerer som støjafskærmning mod jernbane mv.), som omkranser boligområdet, kan denne eventuelt anvendes både til nedgravning af jordslanger og placering af centralt solvarmeanlæg. En betegnelse for denne løsning kan være at det er en "energivold". Se figur

Figur 8.1. Dog må denne vold ikke dækkes for meget til af solvarmepaneller, så jorden ikke kan regenerere (tilførsel af solenergi) omkring jordslangerne. Et centralt jordvarmeanlæg med borehuller (lodrette slanger) er også en mulighed. Store tagarealer på f.eks. industribygning er en god placeringsmulighed for solvarmepanellerne, så der ikke skal disponeres byggegrund til solvarmeanlægget.



Figur 8.1 "Energivold" - Centralt jordvarmeanlæg med vandrette slanger i jordvold og udvendige solvarmepaneller orienteret mod syd. Jordslangerne forbindes til en varmepumpe, og solpanelerne eventuelt til en lagertank. Begge enheder tilsluttes fjernvarmen

Systemet kan suppleres med en central akkumuleringstank til døgnlagring samt et borehulslager til sæsonlagring. Derved kan kapaciteten i det centrale solvarmeanlæg udnyttes bedre. Yderligere kan det blive nødvendigt at tilslutte en biobrændselsbaseret spidslastkedel f.eks. på bioolie. Figur 8.2 viser princippet for det samlede koncept.



Figur 8.2 Koncept for lavtemperatur fjernvarme med centralt jord- og solvarmeanlæg og eventuel biooliekedel til spidslast

Nedenstående tabel lister fordele og ulemper ved forsyningsløsningen.

Tabel 8.1 Fordele og ulemper ved et lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med jord- og solvarme

Fordele	<ul style="list-style-type: none"> • Synlig lokal produktion. • Flexibilitet i forsyningen. • Kan evt. kombineres med at udnytte overskudsvarme i VEKS-systemet, hvis dette er i nærheden.
Ulemper	<ul style="list-style-type: none"> • Varmepumper kræver "grøn strøm" for at opnå CO₂-neutral varmforsyning. • Kræver landareal (især jordvarmeslanger). • Især solvarme har størst produktion om sommeren, hvor varmeforbruget er mindst.

Med udgangspunkt i bydelens estimerede varmebehov (se afsnit 6.2) er der lavet beregninger for en forsyningsløsning, der er udlagt med solvarme, jordvarme og en biokedel. Resultatet fremgår af nedenstående tabel. Der kunne etableres et større solvarmeanlæg for at nedbringe CO₂-belastningen, men anlægsstørrelsen er begrænset af bydelens minimumsforbrug, jf. varighedskurven (Figur 6.2). Kun hvis solvarmen kan afsættes (med tilstrækkelig høj temperatur) til f.eks. Høje Taastrup Fjernvarmes øvrige ledningsnet, er det muligt med et større solvarmeanlæg. Problemet med solvarmen er, at produktionen er størst om sommeren, hvor varmeforbruget er mindst, idet der kun er behov for varmt brugsvand.

Tabel 8.2 *Estimeret CO₂-emission for varmforsyning af bydelen ved denne forsyningsløsning med et lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med centralt jordvarmeanlæg suppleret solvarmeanlæg og biooliekedel.*

Denne varmforsyningsløsning:	1487 tons CO₂ pr. år
Varmegrundlag:	
Varmebehov bydel:	13.200 MWh/år
Varmetab i lavtemperatur ledningsnet:	2.330 MWh/år (svarer til 15%'s tab)
Varme leverance til lavtemperatur ledningsnet:	15.530 MWh/år
Årlig ydelse:	
Solvarme:	19%
Jordvarmeanlæg:	75%
Spidslastkedel:	6%
Anlægsdata:	
<i>Solvarmeanlæg:</i>	
6.500 m ² paneler (~ jordareal 16.300 m ²)	
Maksimal ydelse på en sommerdag i juni: 4,2 MW	
Dækker 60% af varmtvandsforbruget i bydelen	
<i>Jordvarmeanlæg:</i>	
2,4 MW (~ jordareal: 9 ha med vandrette jordslanger eller 1,5 ha med borehuller)	
Varmepumpe, COP: 4,5	
Spidslastkedel: 2 MW	
Økonomi:	
Solvarme, varmepumpe (<i>vandrette jordslanger</i>), biokedel:	
- Investering:	40,2 mio. kr.
- Simpel tilbagebetalingstid:	13 år
Solvarme, varmepumpe (<i>borehuller</i>), biokedel:	
- Investering:	50,8 mio. kr.
- Simpel tilbagebetalingstid:	16 år
Referencen for beregningen af den simple tilbagebetalingstid er et lavtemperatur fjernvarmenet baseret på den nuværende VEKS-forsyning.	

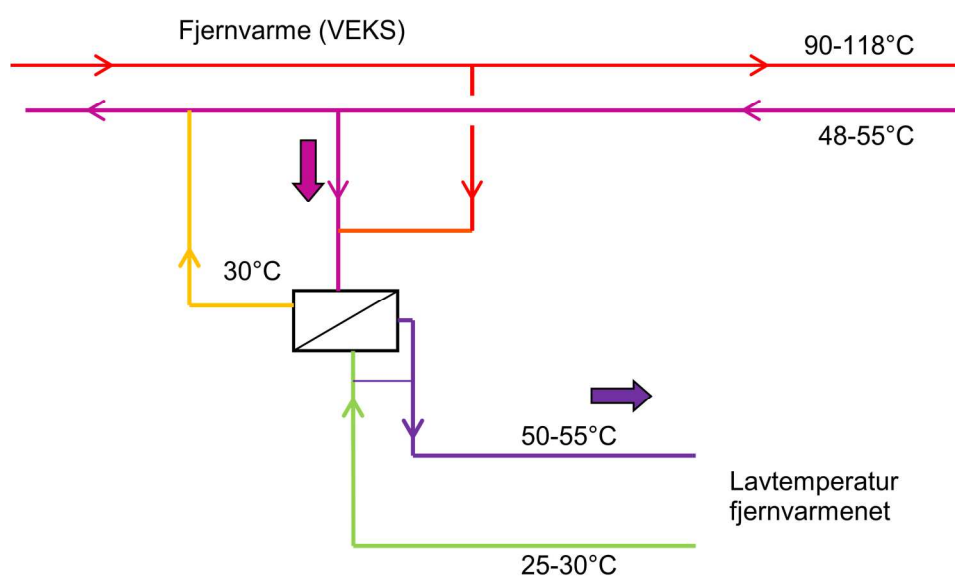
Beregningen er baseret på nuværende emissionsfaktorer (2009) for henholdsvis el og fjernvarme. Se Tabel 7.2. For at varmforsyningsløsningen kan blive CO₂-neutral, må der yderligere vedvarende energiløsninger til for at kompensere for CO₂-udledningen. For denne forsyningsløsning er det primært varmepumpens elforbrug, der giver anledning til CO₂-emissionen.

8.2 Lavtemperatur fjernvarmenet baseret på returvarme fra HTF/VEKS-systemet

Den nuværende returtemperatur i Høje Taastrup Fjernvarmes system er næsten tilstrækkelig som fremløb til et lavtemperatur fjernvarmesystem. HTF leverede i 2009 fjernvarmevand retur til VEKS-systemet med temperaturer, der lå mellem 45 og 49°C. Henover året var det i gennemsnit 47,3 °C. Det årlige totale flow lå på ca. 8.500.000 m³. Hvis returvandet køles ned til 25-30°C, er der et

teoretisk potentiale for at udnytte ca. 200.000 MWh. Derfor er en øget afkøling vigtig som designkriterium for udviklingen af det ny fjernvarmeområde. Med husstandsforbrug på 5-8 MWh pr. år svarer det til 25.000-40.000 husstandes forbrug. Dette potentiale er langt højere, end den aktuelle nye bydel har behov for. Det er dog stadig nødvendigt med et temperaturboost (løft), så der haves ca. 55°C i fremløb til lavtemperaturnettet, og ved særlige spidslastsituationer (meget lave udetemperaturer) kan det være nødvendigt med en endnu højere temperatur i fremløbet.

Ved normalsituationen er det altså nødvendigt med et temperaturboost på 5-10°C, for at returvandet kan benyttes til lavtemperatur fjernvarme og efterfølgende afkøles til ca. 25-30°C.



Tabel 8.3 Koncept for lavtemperatur fjernvarme med fjernvarme fra VEKS. Det bør nævnes, at flowet i VEKS' ledning det pågældende sted kan gå begge veje

Nedenstående tabel lister fordele og ulemper ved forsyningsløsningen.

Tabel 8.4 Fordele og ulemper ved et lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med centralt jordvarmeanlæg suppleret solvarmeanlæg

Fordele	<ul style="list-style-type: none"> • Simpel og billig løsning. • Bedre udnyttelse af overskudsvarme fra VEKS-systemet. • Den lavere returtemperatur giver højere el-effektivitet på kraftvarmeværker i VEKS-systemet. • Kræver ikke stort landareal eller akkumuleringstank.
Ulemper	<ul style="list-style-type: none"> • Kræver kompensation af anden vedvarende energi, for at der kan opnås CO₂-neutral varmforsyning.

Nedenstående er der beregnet CO₂-emission for løsningen.

Tabel 8.5 Estimeret CO₂-emission for varmforsyning af bydelen ved denne forsyningsløsning med lavtemperatur fjernvarmenet baseret på returvarme og temperaturboost fra VEKS/HTF.

Denne varmforsyningsløsning:	1814 tons CO₂ pr. år
Varmegrundlag:	
Varmebehov bydel:	13.200 MWh/år
Varmetab i lavtemperatur ledningsnet:	2.330 MWh/år (svarer til 15%'s tab)
Varme leverance til lavtemperatur ledningsnet:	15.530 MWh/år
Årlig ydelse:	
Fjernvarme (returvarme fra VEKS): 100%	
Anlægsdata:	
Fjernvarme: 4,4 MW	
Økonomi:	
Der er ikke regnet økonomi for denne løsning, da den ikke kræver andet end nogle ekstra rørtilslutninger i forhold til en almindelig fjernvarmeløsning.	

Beregningen er baseret på nuværende emissionsfaktorer (2009) for henholdsvis el og fjernvarme. Se Tabel 7.2. For at varmforsyningsløsningen kan blive CO₂-neutral, må der yderligere vedvarende energiløsninger til for at kompensere for CO₂-udledningen. For denne forsyningsløsning er det fjernvarmen fra VEKS, der giver anledning til CO₂-emissionen.

I stedet for temperaturboost med fremløbsvand er et alternativ temperaturboostet ske med elpatron i den enkelte fjernvarmeunit hos forbrugeren. Denne løsning er dog kun hensigtsmæssig, hvis opvarmning kunne ske med strøm produceret udelukkende med vedvarende energi dvs. "grøn strøm".

8.3 Lavtemperatur fjernvarmenet med varmedrevne varmepumper og solvarme

Endelig er der også mulighed for en anden, mere kompliceret, fjernvarmeløsning, hvor varmen fra VEKS kombineres med en varmedrevet varmepumpe. En adsorptionsvarmepumpe vil være velegnet hertil. Denne løsning er interessant at undersøge, fordi en række lavtemperatur energikilder, herunder vedvarende energi, kan bidrage til at skabe en mere effektiv fjernvarmforsyning.

Princippet er, at der med fjernvarme, som drivenergi ved relativt høj temperatur, kan hentes energi fra en lavtemperatur energikilde og samlet set opnås en højere effektivitet end ved bare at bruge fjernvarme i et lavtemperatur fjernvarmenet.

I det følgende gennemgås et eksempel med mulige lavtemperatur energikilder.

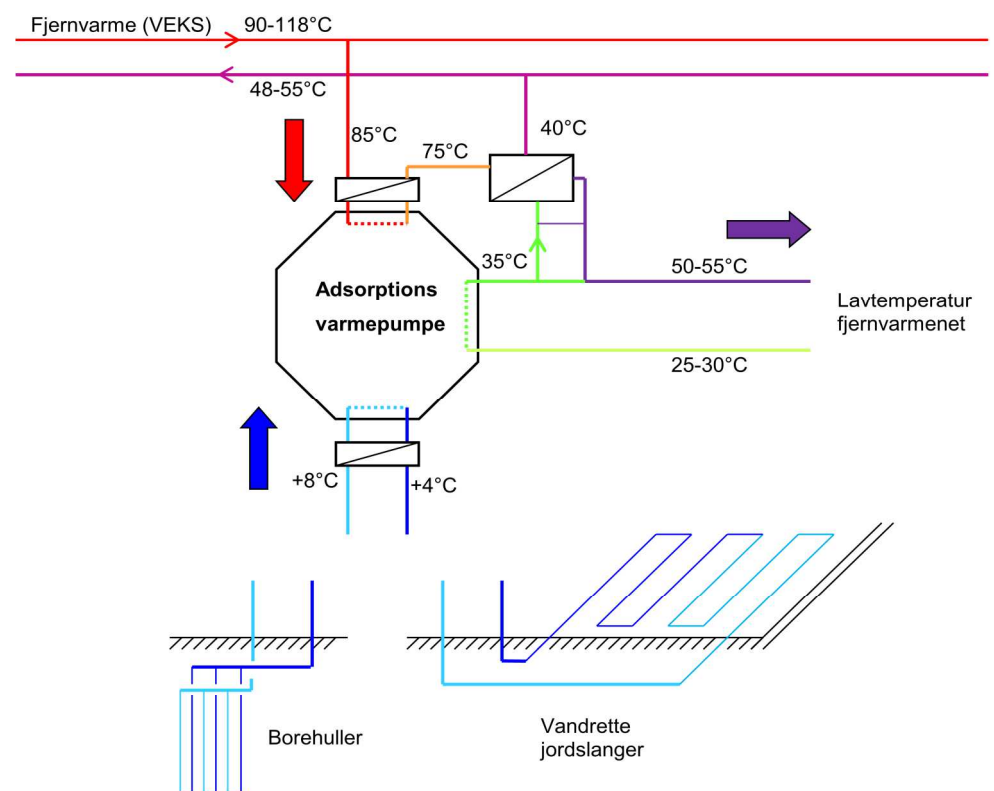
Energi fra jordvarme

En god lavtemperatur energikilde, der kan udnyttes af den varmedrevne varmepumpe, er jordvarme. Her er der umiddelbart to muligheder:

- Borehuller (lodrette jordslanger).
- Vandrette jordslanger (billigere at anlægge men kræver mere areal).

Som beskrevet i afsnit 8.1 vil det være muligt eventuelt at placere de vandrette jordslanger i en "energivold".

Figur 8.3 viser princippet for den varmedrevne varmepumpe, og hvorledes jordvarmen kan integreres.



Figur 8.3 Princip for varmedrevet varmepumpe. Ved hjælp af fjernvarme kan varmepumpen udnytte jordvarme fra enten borehuller eller vandrette jordslanger

Energi fra køling

En anden mulighed er at udnytte energi fra følgende kilder:

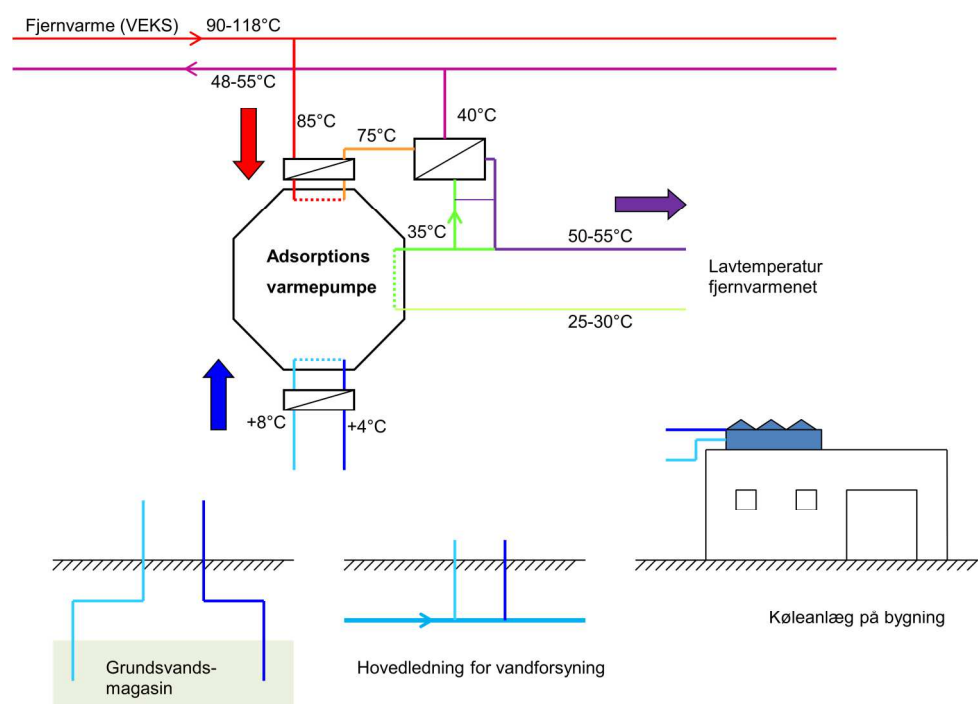
- Grundvandsboringer
- Køleanlæg på/i bygninger
- Hovedledning for vandforsyning.

Dette forudsætter, at der kan gives tilladelse til at udnytte grundvandsboringer i området til energimæssige formål. Der er dog drikkevandsinteresser i området, så det kan blive vanskeligt at få tilladelse. Da der skal være en årlig energibalance i det grundvandsmagasin, som udnyttes, er det vigtigt, at der i området også er et kølebehov.

En anden mulighed er at udnytte en stor hovedledning for vandforsyningen til København. Denne hovedledning løber fra vest mod øst igennem Høje Taastrup Kommune og er placeret ca. 1,5 km fra den nye bydel. Se Bilag 12 "Hovedledning for vandforsyning". Fordelen for vandforsyningen vil være, at vandet køles lidt ned til fordel for forbrugerne. Det er dog usikkert, om der vil kunne gives tilladelse til løsningen. Kan lovgivningen være en barriere?

Herudover vil det være muligt at udnytte overskudsvarme fra køleanlæg direkte.

Figur 8.4 viser princippet for den varmedrevne varmepumpe og for, hvordan grundvandsboringer, bortkølet varme fra bygninger og eventuelt energi fra en stor vandledning kan udnyttes.



Figur 8.4 Princip for varmedrevet varmepumpe. Ved hjælp af fjernvarme kan varmepumpen udnytte energi fra grundvandsboringer, hovedledning for vandforsyning og bortkølet energi fra bygninger

Nedenstående tabel lister fordele og ulemper ved forsyningsløsningen.

Tabel 8.6 *Fordele og ulemper ved lavtemperatur fjernvarme system, hvor varme fra VEKS er kombineret med varmedrevne varmepumper*

Fordele	<ul style="list-style-type: none"> • Varmepumpe kan kobles på et lavtemperatur varmelager eller køle på en solfangerkreds, hvorved ydelse øges. • Udnyttelse af overskudsvarme fra VEKS-systemet forbedres. • Den meget lavere returtemperatur giver højere effektivitet på kraft-varmeværkerne i VEKS-systemet. (Effekten heraf er ikke medregnet i de økonomiske beregninger).
Ulemper	<ul style="list-style-type: none"> • Kræver stadig kompensation af anden vedvarende energi, for at der kan opnås CO₂-neutral varmforsyning. • Teknisk kompleksitet.

Nedenstående tabel viser beregninger for en forsyningsløsning til bydelen, der er udlagt med en varmedrevet varmepumpe, som forsynes med energi fra fjernvarmenettet og et jordlager. Herudover haves der et centralt solvarmeanlæg, der supplerer lavtemperaturnettet med varme.

Den varmedrevne varmepumpe er udlagt, så den kan dække en pæn del af varmebehovet, uden at dens størrelse reducerer antallet af driftstimer og dermed årsvirkningsgraden. En mindre varmepumpe vil kunne få flere driftstimer og højere virkningsgrad resulterende i en lidt kortere tilbagebetalingstid, men omvendt vil det betyde et mindre CO₂-besparelspotentiale.

Størrelsen på varmepumpen vil kunne øges, hvis der i området er et stort kølebehov. Jordlageret kan derved fungere som et sæsonlager, der regenereres. Om sommeren udnyttes det til direkte køling, og om vinteren udnyttes varmen i varmepumpen til at producere varme til lavtemperaturnettet.

Tabel 8.7 *Estimeret CO₂-emission for varmforsyning af bydelen ved denne forsyningsløsning med et lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med en varmedrevet varmepumpe og et jordlager. Løsningen indeholder også et centralt solvarmeanlæg.*

Denne varmforsyningsløsning:	1453 tons CO₂ pr. år
Varmegrundlag:	
Varmebehov bydel:	13.200 MWh/år
Varmetab i lavtemperatur ledningsnet:	2.330 MWh/år (svarer til 15%'s tab)
Varmeleverance til lavtemperatur ledningsnet:	15.530 MWh/år
Årlig ydelse:	
Jordlager/varmepumpe:	11%
Fjernvarme:	77%
Solvarme:	12%
Anlægsdata:	
Varmedrevet varmepumpe input:	1600 kW fjernvarme, 270 kW jordlager
Varmedrevet varmepumpe output:	800 kW lavtemperatur fjernvarme
Supplerende effektilførsel fjernvarmenet:	530 kW
<i>Jordlager:</i>	
Jordareal på 1 ha med vandrette jordslanger	
<i>Solvarmeanlæg:</i>	
4.000 m ² paneler (~ jordareal 10.000 m ²)	
Maksimal ydelse på en sommerdag i juni: 2,6 MW	
Anlægsstørrelsen er tilpasset, så potentialet for at udnytte den varmedrevne varmepumpe med jordlager ikke minimeres.	
Økonomi:	
- Årlig besparelse:	1,2 mio. kr.
- Investering:	14,9 mio. kr.
- Simple tilbagebetalingstid:	12 år
Referencen for beregningen af den simple tilbagebetalingstid er et lavtemperatur fjernvarmenet baseret på den nuværende VEKS-forsyning.	

Beregningen er baseret på nuværende emissionsfaktorer (2009) for henholdsvis el og fjernvarme. Se Tabel 7.2. For at varmforsyningsløsningen kan blive CO₂-neutral, må der yderligere vedvarende energiløsninger til for at kompensere for CO₂-udledningen. For denne forsyningsløsning er det primært fjernvarmen fra VEKS, der giver anledning til CO₂-emissionen.

Jordlageret kan også laves med borehuller i stedet for vandrette jordslanger. Det vil gøre investeringen lidt højere og tilbagebetalingstiden en anelse længere. Til gengæld reduceres behovet for jordareal.

8.4 Sammenligning af de undersøgte forsyningskoncepter

I de tre foregående afsnit er der præsenteret forskellige koncepter for en effektiv varmforsyning.

Alle tre forsyningskoncepter er baseret på, at der haves et lavtemperatur fjernvarmenet, som forsyner bydelen med varme. Dette ledningsnet har et varmetab, men til gengæld giver det mulighed for udnyttelse af varme fra VEKS, og der kan etableres centrale løsninger med højere virkningsgrader end individuelle løsninger til de enkelte bygninger. For alle tre løsninger gælder, at et solvarmeanlæg på 5200 m² vil kunne dække varmetabet i lavtemperatur fjernvarmenettet, således "populært sagt" at al varme fra VEKS-systemet nyttiggøres 100% i bygninger. Måske er nettabet endda mindre end 15%, idet der er tale om etagebyggeri, hvilket giver højere varmedensitet i fjernvarmenettet.

I nedenstående tabel er de tre forsyningsløsninger sammenlignet med referencituationen, der er et "traditionelt" fjernvarmenet tilsluttet VEKS-forsyningen. Et lavtemperatur fjernvarmenet tilsluttet VEKS-forsyningen kan betragtes som det første udviklingstrin i forhold til referencen, mens de tre forsyningsløsninger nederste i tabellen kan betragtes som det andet udviklingstrin i processen for at skabe et samlet energieffektivt fjernvarmesystem, der giver anledning til mindst mulig CO₂-udledning. Sammenligningen i tabellen fokuserer på CO₂ henholdsvis emission, fortrængt mængde og fortrængningspris.

Tabel 8.8 *Estimeret CO₂-emission, fortrængt CO₂-mængde og fortrængningspris for forsyningskoncepterne*

Forsyningsløsning	CO ₂ -emission	CO ₂ -fortrængning (ift. traditionel fjv.)	CO ₂ -fortrængningspris*
	tons CO ₂ pr. år	tons CO ₂ pr. år	Kr./ton CO ₂
Traditionelt designet fjernvarmenet baseret på den nuværende VEKS-forsyning	2338	-	-
Lavtemperatur fjernvarmenet baseret på den nuværende VEKS-forsyning	1814	525	0
Lavtemperatur fjernvarmenet baseret på returvarme fra HTF/VEKS-systemet	1814	525	Minimal**
Lokalt lavtemperatur fjernvarmenet med jord- og solvarme	1487	851	2240-2865
Lavtemperatur fjernvarmenet med varmedrevne varmepumper og solvarme	1453	885	840

* Baseret på en 20-års periode

** I forhold til en normal tilslutning til VEKS-systemet 2 er der kun behov for nogle ekstra rørtilslutninger

I tabellen er der sammenlignet med lavtemperatur fjernvarme og "traditionel" fjernvarme. Ved "traditionel" fjernvarme henvises primært til temperatursæt på 80/40°C og enkelt rørsystem, hvilket giver et højere varmetab. Med lavtemperaturfjernvarme kan CO₂-emissionen reduceres med ca. 23% i forhold til traditionel fjernvarme, og lavtemperatur fjernvarme er i øvrigt ikke dyrere i anlægsinvesteringer. Tværtimod er rørsystemet lidt billigere at etablere.

Dog ses i tabellen, at der er potentiale for en væsentlig CO₂-reduktion i forhold til "traditionel" fjernvarme med de forskellige forsyningsløsninger. Det er dog også vigtigt at kigge på prisen for CO₂-fortrængningen. I det lys er forsyningsløsningen med returvarme fra VEKS klart den billigste. Dog ser løsningen med den varmedrevne varmepumpe og solvarme også ud til at være interessant, da den har størst CO₂-besparelsespotentiale. Begge disse løsninger udnytter endvidere overskudsvarme fra VEKS og tilbageleverer fjernvarmefvand til VEKS-systemet med en markant lavere temperatur, end der er i VEKS' returledning. Dette bidrager til bedre virkningsgrad i kraftvarmeproduktionsenhederne.

Hastigheden på opførelsen af den nye bydel, Gammelsø, har stor betydning for forsyningskoncepterne. Det er spørgsmålet, om forsyningen kan/skal inddeles i etaper, og om forsyningen skal være CO₂-neutral for begyndelsen.

En væsentlig faktor er også, at VEKS arbejder mod at minimere CO₂-emissionen for den leverede varme. Bl.a. vil indpasning af mere biomasse og geotermi kunne reducere CO₂-udledning, som den leverede varme giver anledning til. I Tabel 7.2 blev der oplyst nogle forventede på emissionsværdier for henholdsvis år 2020 og 2025. Disse værdier er meget usikre og afhænger af bl.a. af tekniske og politiske beslutninger samt teknisk formåen. Indtil videre står værdierne dog som et foreløbigt mål.

I nedenstående tabel ses, hvilken CO₂-emission bydelens varmeforbrug giver anledning til, når de forventede emissionsværdier for 2020 og 2025 benyttes. Der er tale om usikre værdier for både varme- og elforsyning. I 2025 er målet CO₂-neutral varme fra VEKS, men elforbruget til fjernvarmenettets pumpe kan stadig give anledning til en meget lille CO₂-belastning. Dette kan der dog kompenseres for med vedvarende energi.

Tabel 8.9 Estimeret CO₂-emission i 2020 og 2025 for lavtemperatur fjernvarme baseret på varme fra VEKS. Bemærk, at tallene er baseret på nogle meget foreløbige emissionsværdier

Forsyningsløsning	CO₂-emission tons CO ₂ pr. år
Lavtemperatur fjernvarme baseret på VEKS-forsyning i 2020	400
Lavtemperatur fjernvarme baseret på VEKS-forsyning i 2025	60

Disse helt minimale CO₂-emissioner indikerer, at varmforsyningen af bydelen kan blive CO₂-neutral uden etablering af store lokale vedvarende energianlæg. Især hvis bydelen ikke er færdigbygget før end i 2025. Der er dog stor usikkerhed i disse tal.

8.5 Reduktion af CO₂ i forsyningen

Af forrige afsnit fremgår det, at energieffektive forsyningskoncepter med de aktuelle emissionsfaktorer giver anledning til en vis til CO₂-emission. Herudover genererer også elforbruget i bydelen CO₂-udledning.

I dette afsnit præsenteres et bud på, hvordan der kan kompenseres for denne CO₂ på en kosteffektiv måde. I nedenstående tabel ses en oversigt over beregnede CO₂-fortrængningspriser. Priserne er beregnet med udgangspunkt i selskabsøkonomi.

Tabel 8.10 Selskabsøkonomiske tal for fortrængning af CO₂. Beregning fremgår af Bilag 13.

Teknologi	CO ₂ -fortrængningspris Kr./kg CO ₂
Vindmøller (1,2 MW; landbaseret; terrænkl. 3)	1
Solfangere (storskala, på landareal)	2
Solceller	5
Solfangere (blokvarme, på tag)	5
Solfangere (blokvarme, på landareal)	6
Solfangere (individuel, på tag)	13
Varmepumpe (jord, vandrette slanger, COP = 5)	32

Priserne er baseret på aktuelle emissionsfaktorer, energipriser og anlægsinvesteringer. Tabellen viser tydeligt, at den billigste måde at reducere CO₂ på er at opføre vindmøller eller storskala solvarme.

Det er først og fremmest muligt at udbygge med et større solfangerareal, end der er foreslået i forsyningskoncepterne. Især hvis der er muligt at levere overskudsvarmen til VEKS-nettet eller Høje Taastrup Fjernvarmes net.

Det ser dog ud til, at den mest kosteffektive måde at gøre bydelen CO₂-neutral på er ved at opsætte vindmøller:

- En installeret kapacitet på ca. 1,6 MW svarende til 1-2 landvindmøller kan sikre CO₂-neutral varmforsyning.

- En installeret kapacitet ca. 6,0 MW svarende til 3-5 landvindmøller kan sikre CO₂-neutral varmforsyning og elforsyning.
- En installeret kapacitet på ca. 4,3 MW svarende til 3-4 landvindmøller kan sikre CO₂-neutral elforsyning i tilfælde af, at varmforsyningen er baseret på CO₂-neutral varmforsyning fra VEKS i 2025.

Med opsætning af vindmøller antages det, at elforsyningsnettet kan benyttes som buffer til overskudsproduktion.

At installere 6 MW vindmøllekapacitet anslås at kræve en anlægsinvestering på ca. 64 mio. kr. Dette kan gøre bydelen med et samlet etageareal på 305.900 m² CO₂-neutral med den forudsætning, at elnettet benyttes som buffer ("lager" for den producerede el) og som modtager af "grøn strøm" for at kompensere for den CO₂-emission fjernvarmen giver anledning til. For at sætte tingene i perspektiv kan det dermed udregnes, at det koster ca. 210 kr./m² bygning, at gøre el- og varmforsyningen i bydelen CO₂-neutral. Derudover skal det medregnes, at det koster ca. 150 kr./m² at rykke byggeriets energiramme én klasse (med solceller). Samlet set svarer prisen til forskellen i mellem et dyrt og et billigt parketgulv. Dette vurderes, at være en relativt lille andel i forhold de samlede anlægsinvesteringer for bydelen. Hvis den finansielle krise / boligkrisen forsætter, kan der være udfordringer med at få økonomien til at hænge sammen, hvilket kan betyde, at der bliver fokus på at reducere anlægsinvesteringerne, hvor dette er muligt, men for bydelen er det vigtigt, at den overordnede målsætning om CO₂-neutralitet overholdes og at "nul CO₂" haves som primært kriterium for byggeriet.

8.6 Andre løsninger

I dette afsnit præsenteres en række andre løsninger, der kan overvejes i forhold til konceptet i forrige afsnit. Løsningerne er beskrevet kort, men ikke detail-analyseret, da det ikke er indeholdt i projektbeskrivelsen for EFP-projektet.

8.6.1 Varmelagring af solvarme

En mulighed for bedre udnyttelse af et centralt solvarmeanlæg er at etablere et varmelager. Med et stort varmelager til sæsonlagring vil der kunne etableres et større centralt solvarmeanlæg, der vil kunne dække en større del af det samlede varmebehov.

Varmelageret kunne etableres i råstofgraven nord for motorvejen øst for Fløng evt. med placering af et centralt solvarmeanlæg ovenpå. Denne mulighed er interessant, fordi Region Hovedstaden har et arbejde i gang, som går på helt overordnet at finde gode måder at anvende råstofgravene på og energilagring er udpeget som en relevant mulighed.

8.6.2 Individuelle varmepumpeanlæg og solvarme

Denne varmeforsyningsløsning egner sig specielt til enkelte huse i områder med spredt bebyggelse, dvs. hvor der er lav varmedensitet og langt til nærmeste fjernvarmeforsyning samt ingen kilder til overskudsvarme (fra affaldsafbrænding, kraftvarme, industri etc.). I sådanne områder vil det ikke kunne betale sig at udlægge fjernvarme, da investeringsomkostninger samt driftsudgifter i form af varmetab og pumpeenergi vil være for høje.

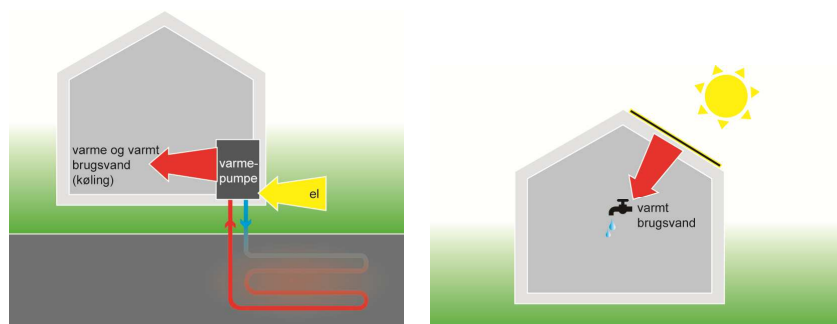
Sådan et område er der ikke tale om i Gammelsø, men løsningen præsenteres alligevel, idet der i dag ved meget nybyggeri, især lavenergibyggeri, ofte etableres individuelle løsninger såsom varmepumpeanlæg og solvarme, for at opfylde energirammekravet.

Der findes følgende typer egnede, individuelle varmepumpeanlæg til almindeligt boligbyggeri:

- Jordvarme - vandrette slanger/lodrette borehuller
- Luft til vand varmepumper
- Ventilationsvarmepumpe
- Luft til luft (eksklusive varmt brugsvand).

Individuel solvarme kan benyttes som supplement til forsyning af primært varmt brugsvand samt i mindre grad til opvarmning i både nybyggeri og eksisterende bygninger. Normalt dimensioneres anlægget således, at det om sommeren kan dække hele varmtvandsforbruget, mens det om vinteren kun dækker en lille del. I overgangsperioderne om foråret og efteråret kan solvarme også dække en del af opvarmningsbehovet. Samlet set kan individuelt installerede solfangere dække 50-70% af det samlede behov for varmt brugsvand i almindelige boliger og en mindre del af opvarmningsbehovet.

Individuel solvarme fungerer godt sammen med varmepumper, da den især har sin styrke til levering af varmt brugsvand, hvor varmepumpen har sin svaghed - nemlig ved temperaturer over 45°C til 50°C.



Figur 8.5 Princip for individuel varmepumpe og solvarme løsning

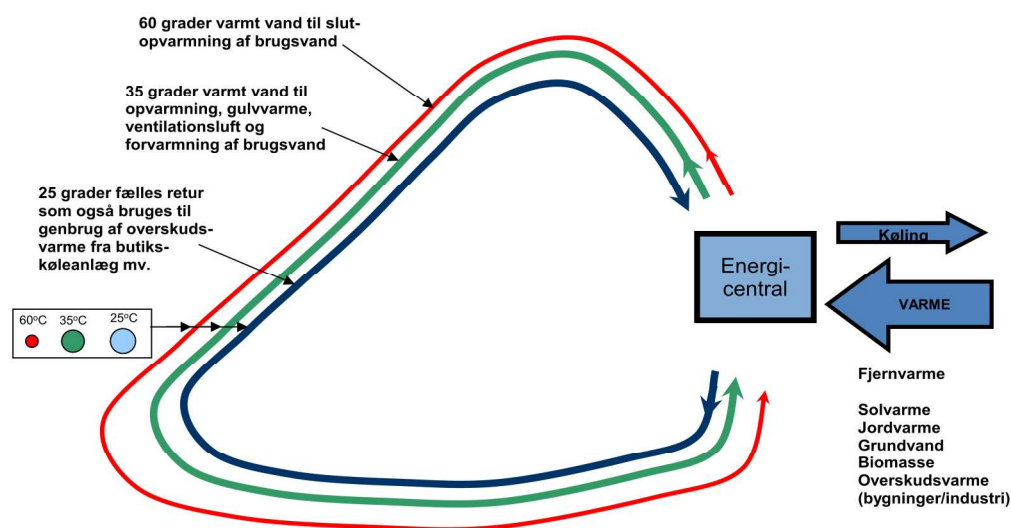
Individuel solvarme vil synliggøre anvendelsen af vedvarende energi. En anden fordel ved individuel solvarme er, at den placeres på hustagene og derfor ikke kræver et jordareal.

En forsyningsløsning med individuel solvarme og varmepumper har fordelene af, at der ikke haves varmetab i et fjernvarmenet. Til gengæld er virkningsgraden på små, individuelle varmepumper ikke lige så god som for en større, centralt placeret enhed. Varmepumper kræver "grøn strøm" for at opnå CO₂-neutral varmforsyning. Desuden vil overskudsvarme fra VEKS-systemet udnyttes i mindre grad.

Derudover bør det bemærkes, at hvis der er tale om etagebyggeri og dermed høj varmetæthed, kan det blive et problem at finde jordareal nok til at dække varmebehovet.

8.6.3 Flerstrenget fjernvarmesystem

En mulighed er at etablere et flerstrenget fjernvarmesystem med flere temperatur niveauer. Et flerstrenget system vil kunne udnytte synergi mellem erhverv og boliger og på optimal vis integrere brugen af vedvarende energikilder, overskudsvarme fra VEKS og polygeneration, bl.a. med varmedrevne varmepumper og et segmentopdelt geotermisk lager. Nedenstående figur viser et eksempel på, hvordan et flerstrenget system kan opbygges.



6

Figur 8.6 Lavtemperaturkoncept med flerstrenget fjernvarmesystem, der kan udnytte varmeenergi ved forskellige temperaturniveauer

Løsningen er ikke belyst nærmere.

8.6.4 Superlavtemperatur fjernvarme

I et fremtidigt energisystem kan individuelle varmepumper og solvarmeanlæg eventuelt kombineres med et superlavtemperatur fjernvarmesystem baseret på returvand fra et eksisterende fjernvarmesystem. Løsningen kan f.eks. være en minivarmepumpe i hver bolig/ejendom, der løfter vandtemperaturen de sidste grader op. Systemet med superlavtemperatur fjernvarme kombineret med (mini-)varmepumper benyttes, når ikke de individuelle solvarmeanlæg er tilstrækkelige. Dermed kan det tænkes, at fjernvarmesystemet slukkes om sommeren, hvor individuel solvarme kan dække behovet. Systemets udviklingslementer er:

- Et superlavtemperatur fjernvarmenet udlagt for ca. 35-40°C i fremløb og 20°C i retur.
- Udvikling af fjernvarmeunit til superlavtemperatur fjernvarme med indbygget varmepumpe til temperatur-boost. (Teknologisk Institut, COWI m.fl. har et udviklingsarbejde i gang herom).
- Decentrale varmepumper i fjernvarmesystemet til brugsvandsopvarmning.

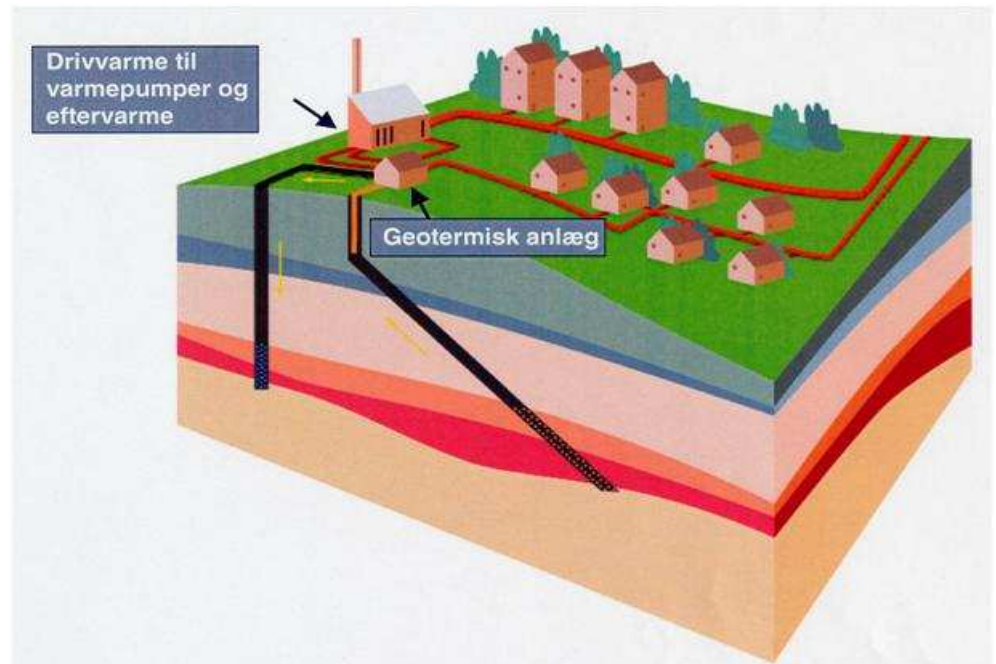
8.6.5 Biomasse

En anden løsning er fjernvarme forsynet fra en lokalt placeret præfab biomassekedel som "barmarksprojekt". Denne løsning er ikke vurderet nærmere i nærværende projektsammenhæng, da det ikke var indeholdt i projektansøgningen. Endvidere har området som sagt fjernvarmeforsyning, hvor varmen fra kraftvarmeværkerne fremover i stigende grad forventes at være baseret på biomasse.

8.6.6 Geotermi

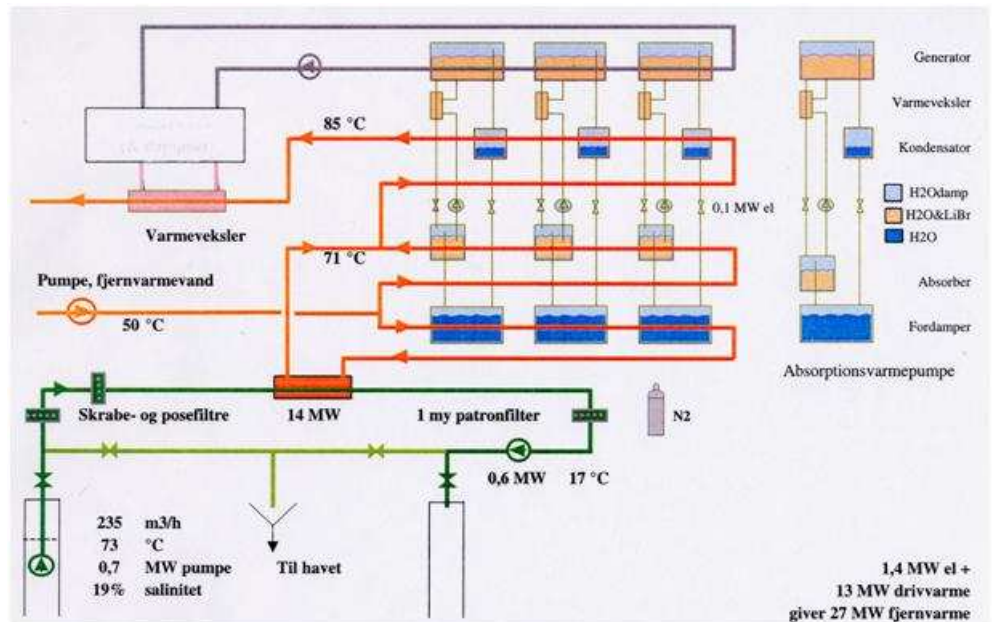
Geotermi egner sig godt til lavtemperatur fjernvarmesystemer. Geotermi er udnyttelse af varme fra jordens indre, hvor varmt vand oppumpes fra 0,5 - 3 km dybde via en boring, og varmen overføres via varmevekslere til et fjernvarmesystem. Det geotermiske vand returneres gennem en injektionsboring for at opretholde trykket i reservoiret. Temperaturen af den geotermiske jordvarme stiger ca. 3°C pr. 100 m i dybden, og ved 3 km dybde er den ca. 100°C I Danmark kan det dog bedre betale sig at anvende højereliggende lag, som er mere vandførende.

Typiske temperaturer af det geotermiske vand i Danmark, som kan udnyttes, er 40 - 70°C. Mulighederne for at udnytte geotermi afhænger af, om undergrunden indeholder vandførende lag med tilstrækkeligt høj temperatur, da der ellers ikke kan indvindes nok varme. Derudover kræves et fjernvarmenet til afsætning af den geotermiske varme, da anlægget skal have en vis størrelse for at sikre driftsøkonomien.



Figur 8.7 Princip for geotermisk indvinding (kilde: HGS - Hovedstadsområdets Geotermiske Samarbejde). Den nødvendige boreddybde kan variere mellem 0,5-3 km

Anlæg til udnyttelse af geotermi er meget dyre i startomkostninger. Testboringer er kostbare, men nødvendige for at sikre en gunstig placering af borerne. Geotermi er en meget bæredygtig form for varmeproduktion og betragtes som en vedvarende energiform. Geotermi kombineret med lavtemperatur fjernvarme er gunstigt, eftersom varme kan anvendes direkte gennem en varmeveksler til fjernvarmeproduktion. Kombineres teknologien med traditionel fjernvarme, kræves der ofte en varmepumpe for at hæve temperaturen differencen. (Varmepumpen kan bruges til at hæve temperaturen, men den vigtigste funktion er at køle returvandet på geotermikredsen, for at få en ordentlig udnyttelse af det geotermiske reservoir og de meget dyre borerne). Varmepumpen kan enten være eldrevet eller varmedrevet. Kombineres geotermi således med varmepumper drevet af varme fra kraftvarmeproduktion eller affaldsforbrænding, kan der i nogle tilfælde opnås økonomiske fordele og en høj grad af bæredygtighed.



Figur 8.8 Eksempel på princip for et geotermisk anlæg. Eksemplet viser det geotermiske demonstrationsanlæg på Amager (kilde: HGS - Hovedstadsområdets Geotermiske Samarbejde)

Der er foretaget et større kortlægningsarbejde i Danmark og fundet en række mulige placeringer af geotermianlæg. Det vurderes, at teknologien i byområder med fjernvarme eller i nye byområder er meget brugbar og har stort potentiale, såfremt de korrekte jordlag er tilgængelige. Indtil videre findes der to geotermiske anlæg i drift i Danmark. Det ene er beliggende i Thisted og har været i drift siden 1984. Det andet anlæg ligger på Amager, hvor varmeproduktionen startede i 2005. Dette anlæg er tilsluttet det københavnske fjernvarmesystem og dermed VEKS. Yderligere et nyt anlæg er dog på vej ved Sønderborg. Herudover har Energistyrelsen 6 ansøgninger til behandling, så der kan være flere anlæg på vej. Anlægget, der er ved at blive etableret, skal levere varme til Sønderborg Fjernvarme. Erfaringerne fra dette projekt er indtil videre, at der kan være stor forskel på tolkningen af de seismiske data (målinger) og de lag, som findes i undergrunden. De jordlag, man borede ned til, havde ikke den forventede tykkelse og vandføring, så et vandførende lag i en anden dybde måtte anvendes i stedet på trods af en lavere vandtemperatur til rådighed.

Udfordringerne ved etablering af geotermi i Høje Taastrup er følgende:

- Der er risiko for, at borerne ikke yder det forventede (temperatur og vandmængder). For et fjernvarmeselskab betyder det stor risiko ved en stor investering. Der kan i værste fald være risiko for, at store udgifter til forundersøgelse og borerne kan være spildte, hvis ikke der findes det forventede varmepotentiale i undergrunden.
- Der skal meget drivenergi til en varmedrevet varmepumpe.

På grund af, at boringer er så dyre, vurderes det, at der ikke bør laves geotermiske anlæg på under 12 MW. For at få en god økonomi er det vigtigt, at anlægget kører året rundt, det vil sige, at det størrelsesmæssigt passer til det konstante varmebehov. For bydelen Gammelsø ligger det, jf. varighedskurven (Figur 6.2), på 0,8 MW. Det vil sige, at bydelen i teorien skal være ca. 15 gange større for, at det er realistisk mht. økonomi at benytte et geotermisk anlæg direkte.

Alternativt kan det geotermiske anlæg udlægges til at kunne dække spidslasten på ca. 4 MW. I så fald skulle bydelen "kun" være 3 gange større for at passe til et geologisk anlæg, men det vil betyde, at anlægget skal køre delvist en stor del af året, hvilket giver en dårligere økonomi. Anlægget er godt nok forholdsvis billigt i drift, men er som nævnt meget investeringstungt. En anlægsinvestering for et 12 MW anlæg vurderes at ligge omkring 200 millioner kr., forudsat at undergrunden svarer til forundersøgelserne.

I erkendelse af det, arbejder man med at indarbejde denne type anlæg i det centrale varmforsyningssystem (VEKS), hvor der er damp til rådighed til at drive en adsorptionsvarmepumpe, som kan benyttes til at hæve fjernvarmetemperaturen, så den er tilstrækkelig for transmissionsnettet. Konkret er der planer om at opføre et geotermisk anlæg ved affaldsforbrændingsanlægget KARA i Roskilde.

8.6.7 Udnyttelse af overskudsvarme

Industrivirksomhederne Tryk Aller, Køberg, Alba og A-vask har overskudsvarme i deres produktion, der kunne udnyttes til fjernvarmeforsyning, eventuelt kombineret med varmepumper. Denne varme bortkøles i dag.

8.6.8 Fjernkøling

Der kan være potentiale for etablering af fjernkøling til Helgeshøj-området, City2-området og transportcenter-området. Hvis tilslutning til fjernkølesystemet sker på et tidspunkt, hvor eksisterende køleanlæg alligevel står over for udskiftning, er det en stor økonomisk fordel. Det kan overvejes, om kWh-prisen på fjernkøling skal være garanteret 5% lavere end traditionel køling (KE-model). Gamle vandboringer kunne eventuelt benyttes til produktion af køleenergi til et fjernkølesystem i Høje Taastrup, og den bortkølede varme kan via varmepumper udnyttes til fjernvarmeforsyning i et lavtemperaturnet.

8.7 Elforsyning nu og i fremtiden

Denne rapport har fokus på primært varmforsyningen i den nye bydel, men elforsyningen er berørt kort i dette afsnit.

Elsystemet i Danmark udvikler sig nævneværdigt i disse år, og udviklingen vil fortsætte i takt med, at mere og mere vedvarende energi, herunder især vindmøl-

ler, skal indpasses. På et senere tidspunkt kan der også blive tale om indpasning af mikro- og minikraftvarme og brintteknologier.

I øjeblikket er det specielt anvendelsen af smart-grid teknologier, der tales om som et af redskaberne til indpasning af vindmøllestrømmen.

På forbrugssiden er det vigtigt at minimere elbehovet, hvorved udfordringen med at skaffe CO₂-neutral strøm gøres mindre. Der skal f.eks. vælges energieffektive løsninger til belysning, ventilation og køling. Et eksempel på energieffektiv belysning er LED-teknologien, der vinder hastigt frem til alle belysningsformål.

For at bydelen i Høje Taastrup kan blive CO₂-neutral, er det nødvendigt at implementere en del vedvarende energi til produktion af strøm.

I afsnit 6.2 blev der oplyst et vurderet elbehov for bydelen på 10.203 MWh/år, svarende til ca. 5.000 tons CO₂ pr. år. Dette elbehov kan dækkes CO₂-neutralt på én af følgende måder:

- Ca. 80.000 m² solceller svarende til 30 m² pr. bolig.
- 4 stk. landvindmøller på 1,2 MW evt. placeret i de tilstødende industriområder.
- 2 stk. landvindmøller på 1,8 MW
- 1-2 stk. havvindmøller.

Mængden af solceller forudsætter, at der er gode placerings- og orienteringsmuligheder. Det vurderes, at der vil kunne findes tilstrækkeligt med tagareal på husene i bydelen til placering af solcellerne, hvis der ikke bygges højere end 3 etager i snit.

Antallet af vindmøller afhænger meget af de lokale vindforhold, men der er en række gode muligheder i området f.eks. ved transportcentret, IKEA, Hedeland og ved det planlagte miljøcenter. Opsætning af havvindmøller vil blive langt fra bydelen og kommunegrænsen, hvorimod landvindmøller vil kunne opsættes og synliggøres lokalt, hvis der kan opnås tilladelse.

Der kan blive et endnu større elbehov, hvis:

- der skal oplades elbiler i bydelen.
- erhvervs- og industrivirksomheder med ekstra stort elforbrug etablerer sig i bydelen.
- der generelt er et større elforbrug end forventet.

- varmemeforbruget er større end forventet, således at der skal kompenseres ved at etablere flere vedvarende energiløsninger såsom solceller og vindmøller.

9 **Anbefalinger og valg af koncept**

Det anbefales, at der til den nye bydel etableres et lavtemperatur fjernvarmenet. En sådan løsning giver størst mulighed for at anvende overskudsvarme og vedvarende energikilder. Endvidere er det vigtigt, at varmetabet i ledningsnettet er mindst muligt i forhold varmekonsumet, der vil være lavt på grund af krav om, at bygningerne skal opføres som lavenergibyggeri.

For at sikre effektiv og CO₂-neutral energiforsyning af bydelen, som er præmissen i projektet, skal der gøres en indsats på forskellige niveauer:

- I bygningerne
- I forsyningsnettet
- I energiproduktionen/leverancen
- I bydelen.

For bygningerne skal der stilles krav om tilslutning til fjernvarme. Energirammen skal være én energiklasse bedre end bygningensreglementet minimumskrav. I bygningerne skal der i øvrigt installeres opvarmningssystemer, der kan anvende lavtemperatur fjernvarme.

Der skal stilles krav til, at varmforsyningen - fjernvarmen - skal være udlagt til lavtemperatur. Eventuelt kan der i mindre omfang suppleres med decentral vedvarende energi på de enkelte huse (primært solenergi).

Energiproduktionen/leverancen skal komme fra en høj andel af vedvarende energikilder. Et realistisk scenarie kunne være optimal udnyttelse af VEKS-systemet, f.eks. med anvendelse af returvand. Begrundelsen for i høj grad at benytte varme fra VEKS-systemet er, at det tyder på, at denne fjernvarme på sigt bliver CO₂-neutral. Herudover kan det være relevant med lokal demonstration af solvarme, der føder ind på fjernvarmesystemet, og eventuelt en varmedrevne varmepumpe med sæsonlager, der skaber øget energieffektivitet. Disse løsninger kan eventuelt give lavere varmepriser.

Bydelen skal overordnet være indrettet, så der skabes grundlag for lavenergi-koncepter, og der skal fra start være fokus på alle parametre af bæredygtighed.

Det anbefales at gå videre med forsyningsløsningen med den varmedrevne varmepumpe. En detaljeret analyse vil kunne afdække de tekniske muligheder samt økonomien nærmere.

For at gøre energiforsyningen af bydelen til CO₂-neutral, også på el-siden, ser det ud til at være nødvendigt at opsætte vindmøllekapacitet på i alt ca. 6 MW (3-5 vindmøller), hvilket på nuværende tidspunkt er den mest kosteffektive løsning. Det forventes at der suppleres med solceller på husene. Det forventes, at der suppleres med solceller på husene.



Figur 9.1 Eksempel på en fjernvarmedrevet varmepumpe (adsorptionsmaskine, MYCOM ADR-100) til 1MW i varme output. Princippet med en varmedrevet varmepumpe på fjernvarme er anvendt i Danmark i mindre skala til Green Light House og Viborg Rådhus. Som nævnt i anbefalingerne bør en sådan løsning undersøges nærmere til den CO₂-neutrale bydel

10 Links

Dokumentation af processen for den CO₂-neutrale bydel.

¹ <http://htk-klima.odeum.com/dk/co2-maal/>