

# KØLING

## VÆRKTØJER



### PROJEKT 343-056

## Værktøj til økonomisk og miljømæssig analyse af hybridanlæg til fjernkøling og fjernvarme - Fjernkøl 2.0

En udbygning af et eksisterende beregningsværktøj gør det muligt at identificere den optimale systemløsning på forsyning af et område med kombineret fjernkøling og fjernvarme

# MÅLSÆTNING:

For at kunne udvide markedet for fjernkøling skulle projektet udbygge det eksisterende beregningsværktøj til fjernkøling med en række funktioner, der gør det muligt at regne på flere typer systemløsninger. Det udbyggede værktøj skulle bl.a. kunne regne på systemer, der kombinerer køling med lavtemperatur-fjernvarme, hvor kølecentralen som varmepumpe udnytter varmen i vinterperioden. Desuden skulle værktøjet beregne den økonomiske gevinst ved at integrere et køle- eller varmelager, så man enten kunne reducere systemets installerede effekt eller udnytte døgnet varierende el- og varmepriser til at optimere systemets driftsøkonomi.

# MÅLGRUPPE:

Værktøjet er primært henvendt til forsyningselskaber og rådgivere, der ønsker at udvide anvendelsen af fjernkøling som et miljøvenligt, billigt og driftssikkert koncept til at dække et stigende behov for proces- og komfortkøling. Desuden kan værktøjet understøtte varmeindustriens og dens rådgiveres aktuelle bestræ-



Eksempel på beregning af køleprisen for et fjernkøleanlæg med havvandskøling: 0,90 kr./kWh.

ber på at øge eksporten ved at satse på kombineret køle- og varmeforsyning.

Værktøjet kan også indirekte benyttes i forbindelse med den strategi for bygningsrenovering, som regeringen har taget initiativ til. Værktøjet kan hurtigt og overskueligt give beslutnings-

tagere et overblik over, hvad det vil koste at optimere et fjernvarmeområdes varme- og køleforsyning, så man med det afsæt kan vurdere, i hvilket omfang det kan betale sig at investere i bygningernes klimaskærm.

# PROCESSEN:

COWI A/S har været leder af projektet og stået for udarbejdelse af de udvidede beregningsprocedurer med integration af bl.a. varmepumper, kølelager og integrerede systemer med forsyning af både varme og køling. Desuden har COWI tilrettelagt brugertests. HOFOR (tidl. Københavns Energi) har som projektudvikler afprøvet værktøjet i praksis. SDU har bidraget med beregningsprocedurer for CO<sub>2</sub>-besparelser ved fjernkøling. Danfoss, Grundfos og LOGSTOR har som markedsledende komponentleverandører leveret data til værktøjet.

Det har været et centralt mål i projektet, at det udbyggede værktøj kunne fastholde en høj brugervenlighed, så det fortsat kan være attraktivt at anvende for forsyningselskaber og rådgivere. Projektet blev derfor indledt med at

opsamle brugererfaringer fra det eksisterende værktøj og formulere brugernes funktionskrav til de nye faciliteter. På det grundlag er der udarbejdet et overordnet design af Fjernkøl 2.0, som efterfølgende er blevet tilpasset efter feedback fra HOFOR og komponentleverandørerne.

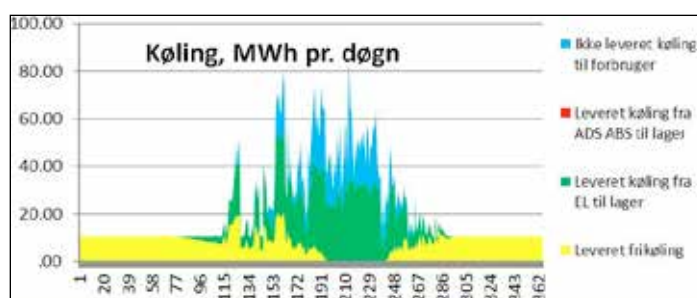
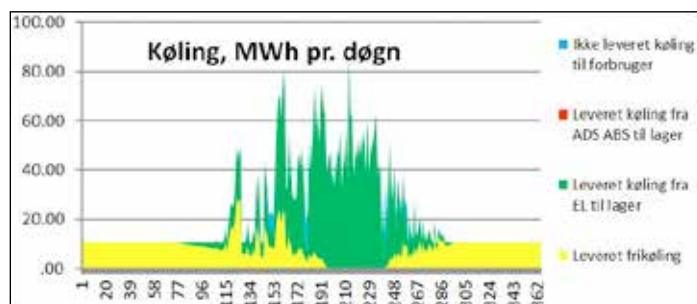
Denne udgave af værktøjet er blevet testet på en række teoretiske cases, der har demonstreret værktøjets evne til at beregne konsekvenserne ved valg af forskellige parametre. På den måde dokumenterede værktøjet, at det hurtigt og overskueligt kunne beregne både økono-

miske og miljømæssige konsekvenser af tiltag for at optimere projekterne.

Udgangspunktet for værktøjets beregninger vil som regel være et referenceprojekt, hvor kølebehovet dækkes af traditionelle decentrale kompressor anlæg. Ud fra dette beregner værktøjet konsekvensen af at benytte frikøling fra havvand eller grundvand, varmebaseret køling, udbygning med lavtemperaturvarme samt udnyttelse af køle- og varmelager.

**FJERNKØL 2.0 KAN MED UDGANGSPUNKT I ET ELFORSYNET REFERENCEANLÆG HURTIGT BEREKNE ØKONOMISKE OG MILJØMÆSSIGE FORDELE VED FØRSKELLIG UDFORMNING AF FJERNKØLINGSSYSTEMET I ET KONKRET OMRÅDE.**

Øverst: Dimensionering efter kølebehov.  
Nederst: Dimensionering efter varmebehov, 11 procent af kølebehovet i spidslastperioden kan ikke leveres.



## RESULTATER:

Fjernkøling 2.0 består af et Excel-baseret værktøj, der kan downloades via projektets præsentationsside (343-056) på [www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk) eller direkte fra [www.cowi.dk](http://www.cowi.dk). Værktøjet er udbygget med en række funktioner og tilført en nyudviklet brugerflade. Blandt de vigtigste nye funktioner er beregning af effekten af kølelager og integration af køle- og varmeleverancer fra varmepumpedrift.

Et kølelager kan udnyttes på to måder til at optimere driftsøkonomien i et fjernkølingsprojekt. Kølelageret kan bruges til at reducere kølecentralens installerede effekt, fordi lagerets kapacitet kan bidrage til at dække behovet i spidslast. Ved at justere på værktøjets forskellige parametre kan man finde frem til den optimale dimensionering af kølelageret i det konkrete projekt.

Et kølelager kan også udnyttes til at gøre kølecentralens elforbrug fleksibel. Lageret fyldes op, når elprisen er lav, f.eks. om natten eller når høje vindhastigheder øger elproduktionen fra vindkraft. Ved at trække på lagerets kapacitet undgår man at skulle producere eldrevet køling i timer med højere elpriser.

Fjernkøl 2.0 kan desuden regne på integrerede systemløsninger, hvor dimensionering og driftsstrategi styres efter varme- eller kølebehov. I anlægstyper med varmepumpedrift vil der altid indgå varmelagre til to temperaturniveauer. I disse anlæg kan tilførsel til kølelageret kun styres efter varierende el- og varmepriser, når anlægget styres efter kølebehovet, ikke når anlægget styres efter varmebehovet.

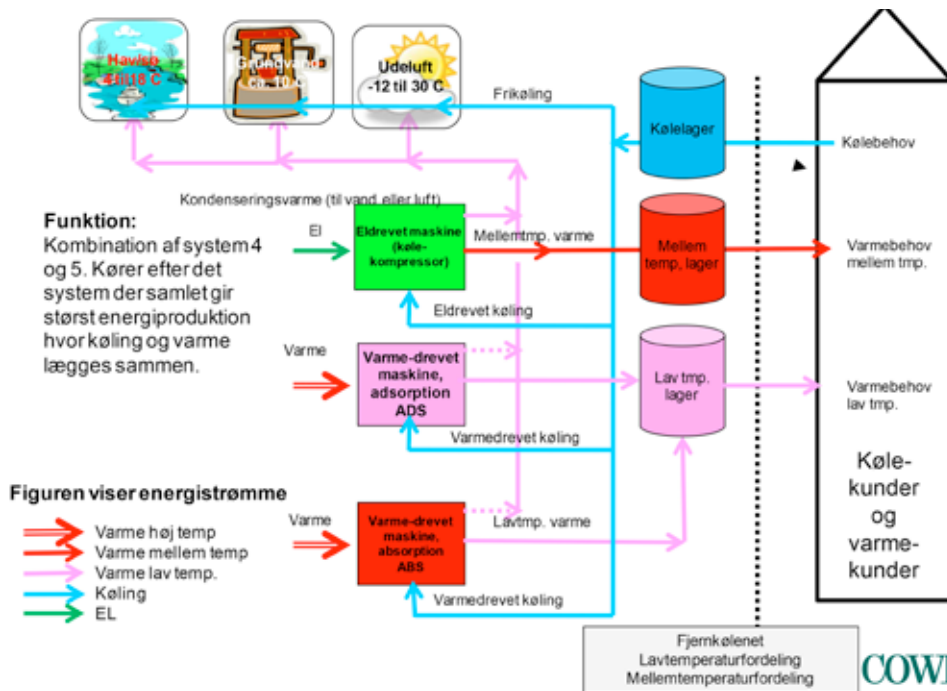
Det udbyggede værktøj kan desuden bruges til at beregne virkningsgrad (COP-værdi) for den eldrevne maskine, uanset om et køleanlæg også leverer varme, eller om varmeanlægget også leverer køling.

### FJERNKØL 2.0 KAN REGNE PÅ FØLGENDE ANLÆGSTYPER:

- Anlæg med kun køling uden kølelager
- Anlæg med kun køling med kølelager
- Anlæg med køling og varme styret efter køling med varme- og kølelager
- Anlæg med varme og køling styret efter varme med varme- og kølelager
- Anlæg med køling og varme med optimeret styring med varme- og kølelager

Værktøjet er forsynet med brugervejledning og hjælpetekster, der introducerer de enkelte beregningsfunktioner.

## 6 Køling og varme styret – optimeret styring



En af de systemløsninger, som Fjernkøl 2.0 kan regne på.

## EFFEKT:

Fjernkøl 2.0 er velegnet til at gennemføre følsomhedsanalyser i planlægningsprocessen, f.eks.: Hvad betyder en ændring af renten for projektets rentabilitet? Hvilke konsekvenser får en stigning i elprisen og/eller udgifter til vedligeholdelse? Hvad kan bedst betale sig at bruge til frikøling: havvand eller grundvand? Konsekvensen for varmeprisen, hvis køling skal leveres til en aftalt pris og omvendt. Kan det betale sig at udvide et fjernkølingssystem med flere brugere?

RAMBØLL har beregnet, at der alene i Danmark er et kommercielt potentiale for mellem 40 og 100 fjernkølingsområder med en samlet installeret effekt på mellem 1 og 5 GW. Disse systemer kan designes, så der kan skabes et fleksibelt elforbrug på 200-1200 MW til støtte for driften af Smart Grid. Fjernkøl 2.0 kan beregne den økonomiske værdi heraf for ejeren af kølecentralen og dens brugere.

**FJERNKØL 2.0 GØR DET MULIGT FOR PLANLÆGGERE OG ANALYTIKERE AT DIMENSIONERE ET FJERNKØLINGSSYSTEM OPTIMALT I FORHOLD TIL ELSYSTEMETS BEHOV FOR FLEKSIBELT ELFORBRUG.**

Et beregningseksempel:

### FJERNKØLING TIL UDVIKLINGSOMRÅDE

Der regnes på alternative løsninger for en kølecentral, der er placeret 400 meter fra byområdet med en installeret effekt på 14 MW køling og et beregnet køleforbrug på 7.800 MWh/år:

#### Decentrale køleanlæg:

Kølepris: 1,28 kr./kWh

#### Fjernkøling med havvand:

Kølepris: 0,90 kr./kWh

#### Udbygning til dobbelt kapacitet:

Kølepris 0,87 kr./kWh

#### Kølelager med installeret effekt på 55 %:

Kølepris 0,70 kr./kWh

#### Udbygning med 7.000 MWh varme/år:

Kølepris 0,65 kr./kWh  
ved varmepris på 0,40 kr./kWh

# HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Selv om den danske fjernvarmebranche er teknologisk førende på verdensplan, har udnyttelsen af fjernkøling indtil for nylig været begrænset i Danmark, primært pga. uhen-sigtsmæssige rammevilkår. En lovændring som følge af energiforliget i 2008 fjernede de største barrierer, og repræsentanter for de politiske partier i Folketinget har på et fjernkøling-seminar i marts 2013 erklæret sig parate til yderligere at forbedre rammevilkårene for danske fjernkølingsprojekter. HOFOR, der dækker forsyning med fjernvarme, fjernkøling og vand i Københavns-området, er

længst fremme med udbygning af fjernkøling og har under udviklingen testet funktiona-liteten i værktøjet. I testen har HOFOR's cen-tral i Adelgade været anvendt som inspiration for grundopbygningen.

Andre aktuelle fjernkølingsprojekter omfat-ter bl.a. 3,4 MW på Frederiksberg, 11 MW ved Rådhuspladsen i København, DTU i Lyngby med 2,5 MW og Thisted Bymidte, hvor kølingen produceres i absorptionsanlæg med CO<sub>2</sub>-neutral varme fra affald, halm, solvarme og geotermi.

Med et tilstrækkeligt stort antal referencer på det danske hjemmemarked er der også basis for en markant stigning i eksporten af fjernkølingsteknologi, ikke mindst til de andre EU-lande, hvis behov for komfort-køling vil vokse med ca. 50 % frem til 2030. EU's klimamål og kravene til øget energi-effektivisering vil skabe et kolossalt potentielt marked for dansk fjernkølingsteknologi, hvor Fjernkøl 2.0 kan gøre det lettere for de danske eksportvirksomheder at identificere de mest lovende projekter og koncepter.

*HOFOR's første kølecentral blev etableret i Adelgade (Turbinehallerne).*

## Projektledeelse:

Svend Erik Mikkelsen  
COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Kgs. Lyngby  
E-mail: sem@cowi.dk  
Telefon: 56 40 28 21  
Web: www.cowi.dk

## Projekt:

Titel: Værktøj til økonomisk og miljø-mæssig analyse af hybrid anlæg til fjernkøling og fjernvarme - Fjernkøl 2.0  
Nr. 343-056  
PSO Program 2011  
Budget i alt: 951.375 kr., hvoraf 578.825 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.01.2011-31.03.2013

## Program-koordinator:

Forskningskoordinator  
Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi

E-mail: jbj@danskenergi.dk  
Telefon: 35 300 934  
Web: www.elforsk.dk

