

# Værktøj til vurdering af fjernkøleløsninger

Et nyudviklet værktøj, "Fjernkøl 1.0", gør det lettere at lave en hurtig teknisk/økonomisk og miljømæssig analyse af fjernkøleløsninger.



FJERNKØLING

Af projektleder Svend Erik Mikkelsen, COWI

Fjernkøling kan give store miljømæssige gevinster, og der kan være rigtig god økonomi og andre fordele ved at benytte fjernkøling.

Et nyudviklet værktøj (fjernkøl 1.0) gør det nu lettere at foretage en hurtig teknisk/økonomisk og miljømæssig analyse af fjernkøleløsninger. Her beskrives værktøjets opbygning, og der gives et par eksempler på en analyse.

Fordelene ved at benytte fjernkøling er blandt andet, at det er enklere at købe køling end selv at have et anlæg. Dertil skal der ikke findes plads til luftkølere og maskiner.

I Danmark er der, på trods af vores solide baggrund med fjernvarme, kun etableret få anlæg, mens der er flere i andre lande, som f.eks. i Sverige og Frankrig.

Det kan skyldes, at det kan være svært at vurdere fjernkøleanlæg teknisk og økonomisk. Det betyder, at løsninger med fjernkøling ofte ikke kommer med på bordet i første omgang og derfor overses.

Det nye værktøj skal medvirke til at bringe fjernkøleløsninger med i overvejelserne ved at gøre det lettere at foretage en hurtig teknisk/økonomisk og miljømæssig analyse af fjernkøleløsninger med frikøling og med el- og varmedrevet køling samt salg af overskudsvarme, hvis dette er muligt.

Værktøjet er udviklet i et team med COWI som projektleder og deltagelse af Syddansk Universitet, Københavns Energi og med Danfoss, Grundfos og Logstor som referencegruppe. Udviklingen af værktøjet er støttet igennem Elforsk-programmet.

## Virkemåde

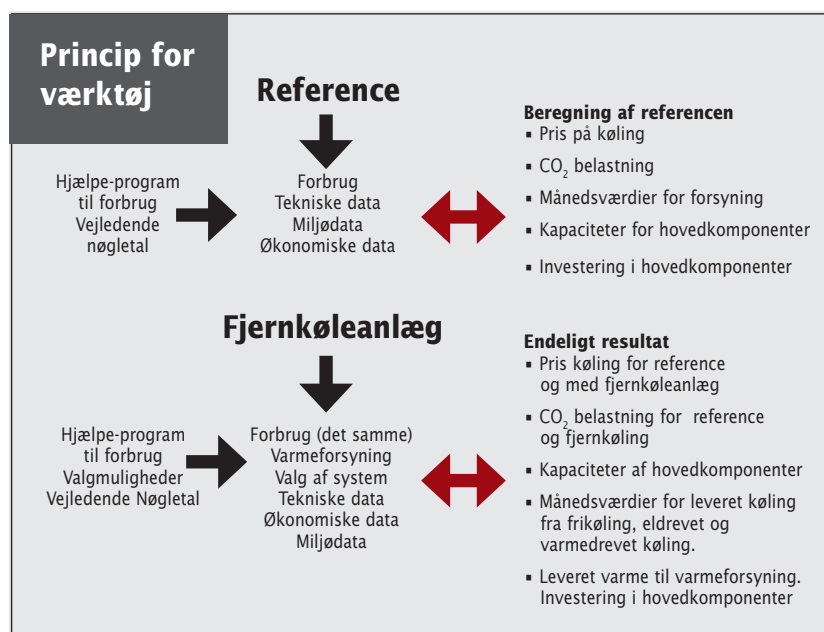
Værktøjet er baseret på en beregning med timeværdier med data fra det danske referenceår.

Forbruget til køling indtastes enten som månedsværdier eller som en årsværdi. Fordelingen af disse forbrug på timer foretager programmet ud fra forudberegnete behovsprofiler med forskellig grad af intern varmebelastning som skal bortkøles, eksempelvis fra elforbrug, sol og personer.

Der indtastes endvidere en række relevante tekniske data (afhængig af hvilket system der ønskes regnet på), herunder havvandstemperatur, ønskelig køletemperatur, prioritering af el- og varmedrevet køling, antaget COP for kølemaskiner, længde af fjernkølerør mv. Der kan vælges mellem frikøling med havvand, luftkøler, køletårn eller grundvand.

På denne baggrund beregner programmet den nødvendige kapacitet af hovedkomponenter samt driftstid og månedsværdier for ydelsen af de forskellige maskiner.

Ved yderligere at indtaste enhedspriser på hovedkomponenter, tal for finansieringsomkostninger og drift og vedligeholdelse beregnes en pris



Figur 1. Diagram over opbygningen af "fjernkøl 1"-værktøjet.

	Pct. af samlet kapacitet der er eldrevet køling	Pct. af samlet kapacitet der er varme-drevet køling	Prioritet el/varme	Elpris kr. /MWh 4)	Varmepris kr. /MWh 4)	Kølepris	Pct. reduktion i kølepris	Miljø 5)	CO <sub>2</sub> produktion, tons pr. år	Pct. reduktion i CO <sub>2</sub>
Reference <b>3)</b>				750		1.39	0%		3970	0%
Kun el-køling	100			750		1.12	19%	Kedel på	3020	24%
El og aDsorptionsmask.	80	20	varme	750	382	1.45	-4%	Kedel på	3600	9%
El og aBSorptionsmask.	80	20	varme	750	382	1.26	9%	Kedel på	3080	22%
El og aBSorptionsmask.	80	20	varme	750	382 <b>1)</b>	1.19	14%	Kedel på	3080	22%
El og aBSorptionsmask.	80	20	varme	750	382 <b>1)</b>	1.19	14%	<b>2)</b>	2300	42%
El og aBSorptionsmask.	50	50	varme	750	382 <b>1)</b>	1.29	7%	<b>2)</b>	1440	64%

**1)** Gratis fra maj til august - **2)** Varmen CO<sub>2</sub> neutral i maj til august - **3)** Individuelle køleanlæg - **4)** Excl. afgifter som beregnes og tillægges af programmet for den del der er komfortkøling. - **5)** El fra nettet 930g pr. CO<sub>2</sub>. Varme som anført.

Figur 2. Oversigt over beregninger foretaget med modellen under en række forudsætninger. Denne figur er ikke genereret af værktøjet.

på køling leveret fra anlægget. Der indgår forslag til priser, men det er tanken, at brugeren vælger og tager ansvar for de brugte priser. Alternativt kan brugeren indtaste en samlet pris pr. kW ekskl. fjernkølerør.

Til sammenligning beregnes der en samlet CO<sub>2</sub>-produktion for referencen og for fjernkøleanlægget. Beregningen er baseret på CO<sub>2</sub>-indholdet i den brugte elektricitet og en beregning af CO<sub>2</sub>-indholdet i den brugte varme på grundlag af brændsel, og en grad af overskudsvarme hver måned, hvis der er tale om kraftvarmeproduktion, biomassebaseret varme fra affaldsforbrænding mv.

En af problemstillingerne ved fjernkøling er valget mellem varme- og eldrevet køling - er det altid rigtigt, at varmedrevet køling er dyrere og mere miljøvenligt? Beregningen er baseret på månedsdata for pris og CO<sub>2</sub> for el og varme for at kunne tage hensyn til en eventuelt lavere pris på varme om sommeren.

### Principdiagram

Diagrammet i figur 1 viser opbygningen af værktøjet.

Der beregnes først en reference. Data kan indtastes i vilkårlig rækkefølge, og resultatet opdateres, hver gang data ændres. Referencen vil typisk svare til individuelle køleanlæg, og man kan antage, at den samlede installerede kølekapacitet vil være større end med et fjernkøle-

anlæg, hvor der indgår en samtidighedsfaktor. I det følgende eksempel er illustrationerne direkte kopier fra værktøjet.

Først indsættes data vedrørende forbruget. For eksempel 5.000 MWh pr. år til proceskøling (server) og 15.000 MWh til komfortkøling, svarende til måske 30.000 m<sup>2</sup> blandet kontor og butik. Der vælges i programmet også en forbrugsprofil, for eksempel svarende til en bygning med høj intern belastning og lav g-værdi på vinduerne, svarende til en kontorbygning uden for meget solindfald gennem vinduer.

Efter indsætning af tekniske data vedrørende COP, temperaturer for frikøling, elpris og anlægspriser samt finansiering fås med værktøjet for eksempel følgende:

- Beregnet referencepris for køling: Kølepris: 1,39 kr/kWh
- Beregnet miljødata for reference: CO<sub>2</sub>: 3.973 tons/år

På denne baggrund beregnes anlæg med fjernkøling i et andet ark i værktøjet.

Eksempelvis vil beregningen af fjernkøleanlægget se sådan ud (eksempel med en række forudsætninger, herunder at der frikøles med luftkøler):

- 1) Kølepris
  - Reference: 1,39 kr./kWh
  - Anlæg: 0,80 kr./kWh
  - Prisreduktion: 42 procent

### 2) Miljø

- Reference: 3.974 tons CO<sub>2</sub>/år
- Anlæg: 3.020 tons CO<sub>2</sub>/år
- CO<sub>2</sub>-reduktion: 24 procent

Her er der altså en reduktion i pris pr. kWh køling på 42 % og en reduktion i CO<sub>2</sub> på 24 %.

Der er set bort fra fjernkølerør, og forskellen kommer hovedsageligt af, at der er højere COP og lavere enhedspriser og lavere samlet køleeffekt.

De årlige udgifter, som er beregnet med værktøjet, ser for eksempel sådan ud:

- El-forbrug: 2,6 mio. kr.
- Varme til kølemaskiner: -
- Forrentning af investering: 11,5 mio. kr.
- Drift, vedligehold og reinvesteringer: 1,9 mio. kr.
- Vandforbrug til køletårn: -
- Udgifter i alt: 16 mio. kr.

Det fremgår, at forrentning af investering udgør den store del, mens der ikke påregnes omkostninger til varme til kølemaskiner og vandforbrug til køletårn.

Antages det så, at der skal udføres to kilometer fjernkølerør til 22.000 kroner per meter inklusiv tilslutning mv., kan man med værktøjet beregne, at prisen på fjernkøling nu "kun" er 19 % lavere end referencen, og at CO<sub>2</sub>-reduktionen er uændret 24 % lavere.

(Fortsættes næste side)

(Fortsat fra forrige side)

Det kan videre beregnes, at køleprisen alt andet lige vil blive ens for referencen og fjernkøleanlægget med 3 km rør.

Som et andet eksempel kan man kombinere varme og eldrevet køling.

Figur 2, øverst side 23, viser en oversigt over beregninger foretaget med modellen under en række forudsætninger (figuren er ikke genereret af værktøjet).

I det viste eksempel vil alene det at gå over til central produktion med samme maskine give en reduktion i kølepris på 19 % og en reduktion i CO<sub>2</sub> på 24 %.

Introduktion af varmedrevet køling (i eksemplet) give et dårligere resultat både pris- og miljømæssigt, hvis varmen er produceret i en gaskedel, hvilket ikke er realistisk.

Med aDsorptionskølemaskinen stiger prisen og CO<sub>2</sub>-udledning i forhold til fjernkøleanlæg med rent eldrevet køling.

Med aBsorptionskølemaskinen er prisen fortsat lidt højere end med rent eldrevet fjernkøling, men dog lavere end referencen.

Antages det, at varmen er gratis om sommeren (og uden afgift), er køleprisen med kombineret el- og varmedre-

Investering, eldrevet maskine	2.000 kr/kW	14,790 t kr.
Investering, aDsorptions maskine	7.000 kr/kW	-
Investering, aBsorptions maskine	2.500 kr/kW	18,490 t kr.
Investering, grundvandsanlæg	5.000 kr/kW	-
Investering, luftkøler eller køletårn		49,710 t kr.
Investering, havvandskøler		-
Investeringer fjernkølerør	15.000 kr/kW	45,000 t kr.
Elinstallationer		13,609 t kr.
Øvrige omk. pr. kW installeret	▼ 1.400 kr/kW	20,706 t kr.
Bygningsarbejder, tkr i alt		1,000 t kr.
Uforudsete rådgivning mv % af totalpris		32,661 t kr.
Samlet investering		195,970 t kr.
<b>Samlet let invest., kr. pr kW installeret effekt</b>		<b>13.250 kr.</b>

Figur 3. Med aBsorptionskøling som 1. prioritet med 50 % af kapaciteten. Med dette anlæg reduceres køleprisen med 7 % i forhold til referencen, mens CO<sub>2</sub> reduceres med 64 %.

vet køling næsten den samme som ved rent el-drevet køling.

Eksemplet bekræfter således, at varmedrevet køling kræver billig varme for at hænge sammen.

Der er ingen reduktion i CO<sub>2</sub> med varmedrevet køling, hvis varmen produceres på en gaskedel.

Hvis varmen derimod er CO<sub>2</sub>-neutral, kan der (naturligvis) opnås en pæn reduktion i CO<sub>2</sub>-udledning.

Hvis varmen er CO<sub>2</sub>-neutral om sommeren, og kapaciteten af varmedrevet køling udgør 50 % af den samlede kapacitet, så reduceres CO<sub>2</sub> med hele 64 %.

I samme situation (med gratis varme om sommeren) reduceres

køleprisen med 7 % i forhold til referencen. Prisen på kølingen er højere end for fjernkøling med rent eldrevet køling, hvilket hovedsageligt ligger i den høje investering i varmedrevne maskiner og luftkøler eller køletårn til den ekstra varme, der skal fjernes med varmedrevet køling. Se figur 3.

Eksemplet viser, at det under de givne forudsætninger giver god mening med fjernkøling, både prismæssigt og miljømæssigt.

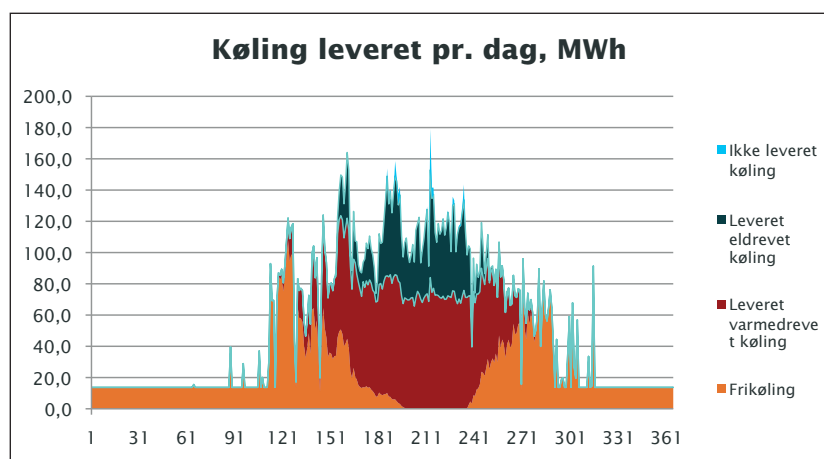
Anvendelse af varmedrevet køling synes at give dårlig økonomi, men en væsentlig bedre miljøprofil, med mindre der er tale om varme fra en kedel.

Dette skal ikke forstås som en generel konklusion. Med andre forudsætninger, for eksempel med havvandskøling og grundvandskøling, kan man få helt andre resultater.

Det er tanken med værktøjet, at man kan foretage en indledende analyse af problemstillingerne ved etablering af fjernkøling, således at man kan udstikke rammerne for en mere dybtgående analyse og forhåbentlig få ledt det videre arbejde ind på nogle realistiske spor.

Værktøjet kan downloades gratis på [www.cowi.dk](http://www.cowi.dk)

SEM@cowi.dk



Figur 4. Energibalace. Med aBsorptionskøling som 1. prioritet med 50 % af kapaciteten. Med dette anlæg reduceres køleprisen med 7 % i forhold til referencen, mens CO<sub>2</sub> reduceres med 64 %.