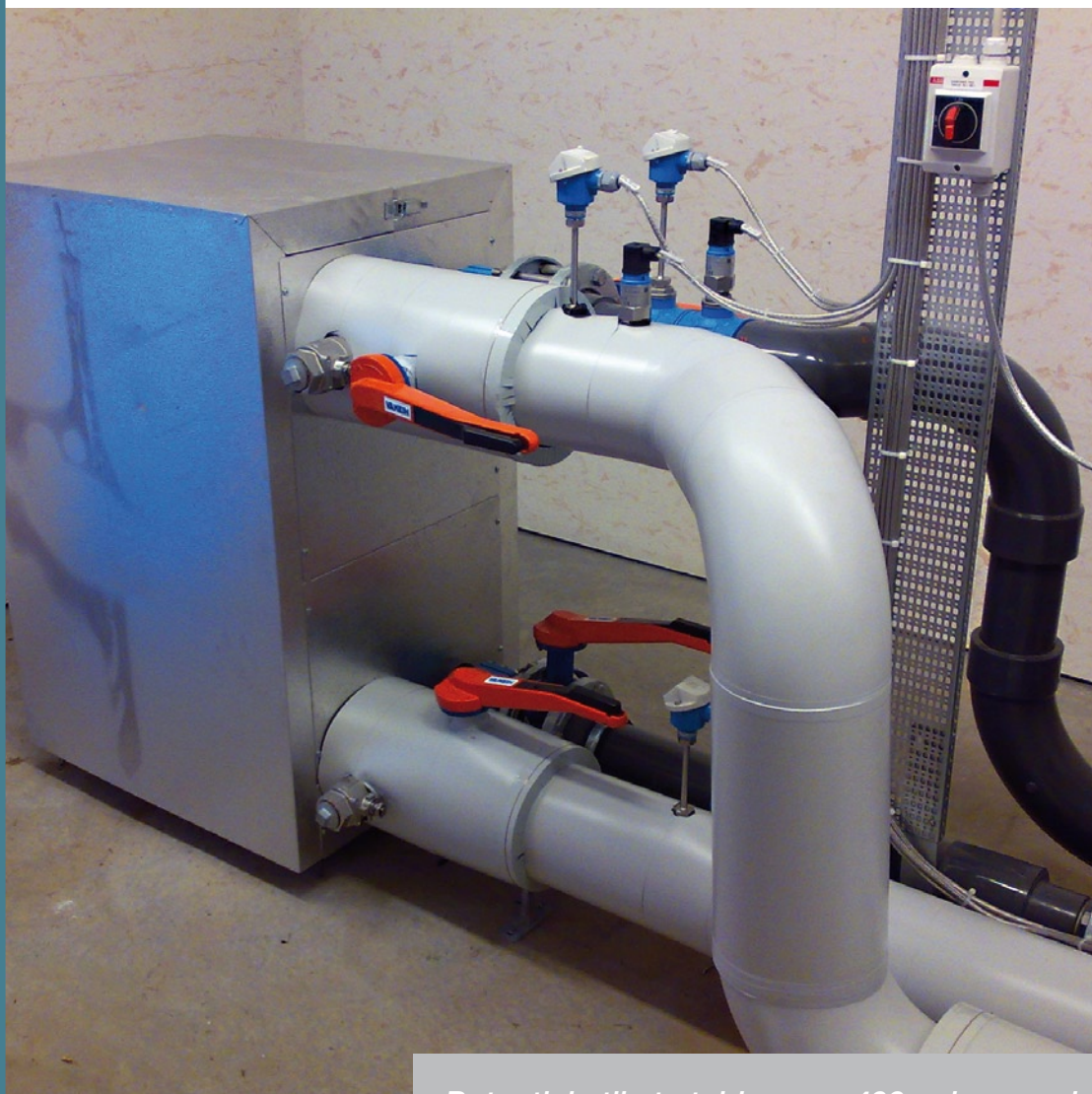


# PSO 2007

Elforsk - Forskning & Udvikling i effektiv energianvendelse

## Grundvandsvarmepumper og -køling med grundvandsmagasiner som sæsonlager



*Potentiale til at etablere ca. 400 anlæg med grundvandskøling i Danmark*



## Resumé:

Med afsæt i positive hollandske erfaringer har Enopsol ApS i samarbejde med bl.a. DONG Energy identificeret potentialet for anvendelse af grundvandskøling i Danmark. ATES-konceptet (Aquifer Thermal Energy Storage) kan føre til energibesparelser på op til 90 % til køling og opvarmning.

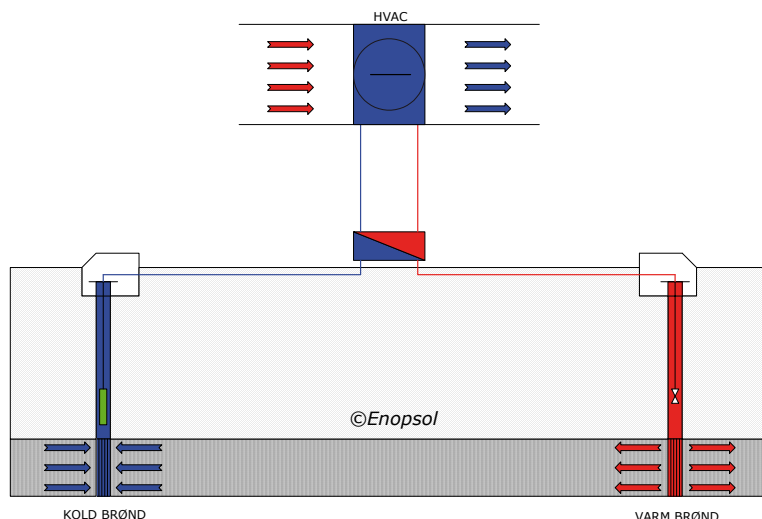
Det forudsætter dog grundige forundersøgelser, før et anlæg kan etableres både med hensyn til undergrunden og uden risiko for efterfølgende driftsproblemer. Derfor er der i projektet udviklet et beregningsværktøj, som kan bruges af bygherrer og rådgivere, og opbygget et mobilt testanlæg, der kan foretage målinger og simulere fuld skala drift for at afklare de lokale vilkår for grundvandskøling.



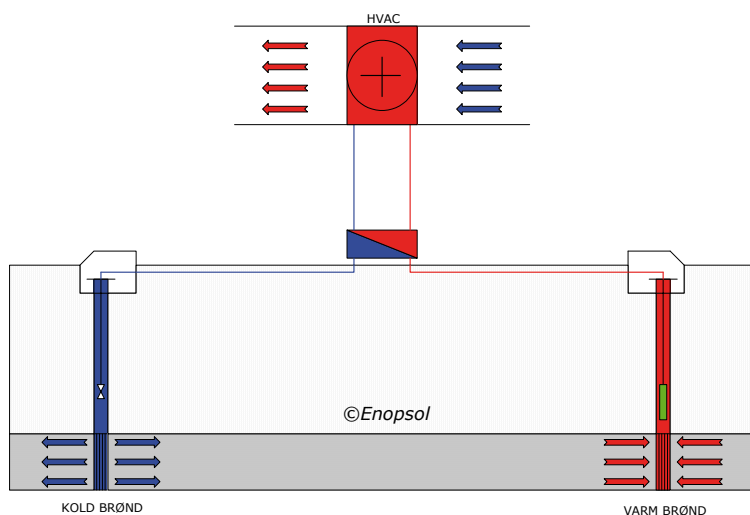
Grundvandet føres i et lukket system frem til varmevekslere, hvor der tappes hhv. kulde og varme til bygningens energiforsyning. Foto: Enopsol.

## Målsætning:

Det har været projektets formål at bane vej for en stærkere udnyttelse af grundvand som energikilde til både køling og opvarmning i den danske byggesektor. I Holland og Sverige er ATES-konceptet velkendt, men en udnyttelse i Danmark forudsætter en tilpasning af konceptet til danske vilkår, både hvad angår økonomiske, juridiske og fysiske parametre.



Procesdiagram for drift af ATES-anlæg ved sommer-køling.



Procesdiagram for drift af ATES-anlæg ved vinter-opvarmning

På grundlag af studierejser og literaturstudier indsamles den nyeste internationale viden på området, og der udvikles under projektet analyse- og beregningsværktøjer, som kan bruges til at indpasse konkrete projekter til de lokale vilkår. Resultaterne formidles til målgruppen i et tæt samarbejde med forsyningselskaberne.



Enopsol-stifter Stig Niemi Sørensen ved returbrønden i et af de ATES-anlæg, der allerede er etableret i Danmark. Foto: Enopsol.

## Processen:

Enopsol, der er etableret for at markedsføre ATES-konceptet i Danmark, har tilrettelagt projektet i samarbejde med bl.a. DONG Energy. Projektet har taget udgangspunkt i de konkrete erfaringer, som Enopsols stifter, Stig Niemi Sørensen, har opnået med en snes anlæg hos bl.a. DBI Plastics A/S og Kunststof Kemi A/S. De fleste eksisterende ATES-anlæg i Danmark anvendes til proceskøleformål i industrien, men med et anlæg i Billund Lufthavn er konceptet også udvidet til køling af rumluft. Erfaringerne herfra bruges til aktuelle pro-

jekter for hoteller, administrationsbygninger, sygehuse mv., der hen over året har behov for både opvarmning og køling.

Foruden DONG Energy, der også har etableret kontakt til potentielle brugere inden for gartneribranchen, har Hundsbæk & Henriksen bidraget med ventilationsknowhow, Cenergia har vurderet integration med solenergi, mens SBI har undersøgt betingelserne for at udbygge beregningsværktøjet Be06 til at kunne beregne effekten af et ATES-anlæg på en bygnings energiramme.

Projektgruppen har indsamlet anlægsdata hos fire potentielle bygherrer, Hotel Opus i Horsens, NOVO Nordisk i Hillerød, Sydvestjysk Sygehus i Esbjerg og Fields på Amager til brug for udvikling af beregningsværktøjerne. Samarbejdet med Hotel Opus har ført til, at et ATES-anlæg med en køleeffekt på 555 kW blev idriftsat i 2007.

Endelig har projektgruppen kortlagt barrierer i myndighedsbehandlingen og givet forslag til, hvordan disse kan overvindes.

## Konklusion:

Resultaterne af projektet viser, at der er basis for en markant udnyttelse af energiindholdet i grundvand til både køling og opvarmning, og at der er store miljømæssige og økonomiske fordele i sammenligning med traditionelle kompressorbaserede anlæg.

ATES-konceptet ser samtidig ud til at være velegnet for elselskabernes energisparaktiviteter, fordi selskaberne typisk kan påtage sig den risikobetonede forundersøgelse af de lokale driftsbetingelser mod at tage ejerskab til den opnåede energibesparelse. Samtidig er der forventninger om, at Miljøstyrelsens bekendtgørelse kan bidrage til at effektivisere myndighedsbehandlingen.

Potentialet for grundvandskøling åbner for en CO<sub>2</sub>-reduktion på ca. 220.000 tons/år med en tilbagebetalingstid på mellem tre og seks år og ved nybyggeri på under et år.

## Resultater:

Et ATES-anlæg består i sin mest enkle udformning af en boring, der indvinder grundvand, og en boring til returledning, de såkaldte kolde og varme borer. Konceptet udnytter, at grundvandet i Danmark hen over året har en rimelig stabil temperatur på ca. 9°C, og at grundvandsmagasiner er fremragende kulde- og varmelagre.

I et ATES-anlæg, der kan levere både kulde- og varmeydelser, vil grundvandet om sommeren blive pumpet fra den kolde boring og via et lukket rørsystem ført gennem en eller flere varmevekslere, hvor grundvandet afkøler ventilationsluften i en bygning eller proceskølevand i en produktionsvirksomhed. Det opvarmede grundvand føres tilbage til magasinet via den varme boring.

Om vinteren vendes pumperetningen, og der pumpes fra den varme boring og returledes i den kolde, efter at den varme, der er oplagret i grundvandsmagasinet i løbet af sommeren, er blevet udnyttet. Under normal drift er der således ikke noget nettoforbrug af grundvand, kun opvarmning eller afkøling, og der sker ikke nogen netto varmetilførsel til magasinet. Et ATES-system kan derfor designes, så det er i både grundvandsmæssig og termisk balance.

Vandets egenskaber er en væsentlig begrænsende parameter for udbredelse af grundvandskøling. For at sikre en stabil drift er det afgørende at forebygge udfældning af jern og calcium i anlægget. Det forudsætter både, at det lukkede system udformes, så det er beskyttet mod iltning, og at det lokale grundvand ikke har en uheldig kemisk sammensætning. Derfor har Enopsol opbygget en mobil testfacilitet i et containermodul, der bruges til at køre fuld-skala testdrift i et par uger, så den kommercielle drift af anlægget kan simuleres troværdigt i en tidlig fase af beslutningsprocessen.

Udnyttelsen af ATES-konceptet har været bremset af en betydelig skepsis hos de godkendende myndigheder. Men i 2006 udsendte Miljøstyrelsen en ny bekendtgørelse, der har fastlagt rationelle rammer for kommunernes sagsbehandling. Der er derfor udsigt til en hurtigere og mere konstruktiv myndighedsbehandling.



Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frb. C  
Tlf: 35 300 400

# Anbefalinger for videre anvendelse af forskningsresultaterne

## Hvad kan projektet bruges til?

Projektet har via indsamling af de nyeste internationale erfaringer og ved at etablere samarbejdsrelationer til nogle af de mest kompetente eksperter på området skabt en rimelig sikkerhed for, at grundvandsmagasiner i visse dele af landet kan udnyttes til miljøvenlig køling og opvarmning. ATES-konceptet er velegnet som supplement til andre former for mindre miljøbelastende energiforsyning, dvs. lavtemperatur-fjernvarme, solvarme, varmepumper m.v. I takt med at der forventes et stigende kølebe-

hov i både erhvervs- og boligbyggeri, kan et ATES-anlæg fungere som et integreret klimaanlæg, der kan dække brugernes varierende behov for temperaturregulering hen over året.

Det er projektgruppens opfattelse, at ATES-konceptet kan bidrage effektivt til at opfylde elselskabernes energispareforpligtelser. Den mobile testfacilitet kan sammen med de udviklede beregningsværktøjer afdække tekniske og kommercielle risici i en tidlig fase i beslutningsprocessen, og

elselskaberne kan som led i deres markedsføring af energispareaktiviteter tilbyde at påtage sig udgiften til de nødvendige indledende forundersøgelser. Under hensigtsmæssige driftsbetingelser er det muligt at etablere sådanne anlæg med en rentabilitet, der vil være attraktiv for både private erhvervsvirksomheder, offentlige myndigheder og inden for boligbyggeri. ATES-konceptet vil formentlig også kunne udnyttes i energitjeneste-løsninger (ESCOs).

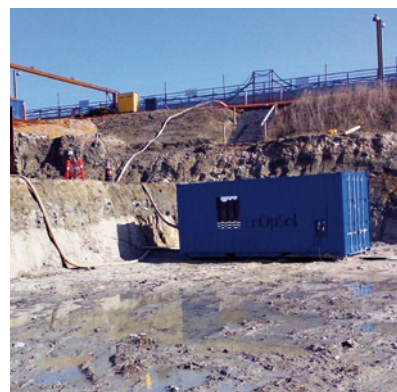
## Effekt:

Projektgruppen har opgjort det danske potentiale for ATES-anlæg til ca. 400 med en gennemsnitlig grundvandscirkulation på 300.000 m<sup>3</sup>/år. En sådan udbygning svarer til mindre end en procent af den årlige grundvanddannelse i Danmark. Ved en ligelig fordeling mellem køling og opvarmning kan 400 anlæg generere en årlig elbesparelse på knap 130 GWh og en årlig varmebesparelse på ca. 700 GWh. CO<sub>2</sub>-reduktion og rentabilitet for det enkelte anlæg afhænger bl.a. af pris og miljøegenskaber ved den fortrængte varmeproduktion.

Den økonomiske og miljømæssige fordel ved ATES-anlæg kan øges til dobbelte, hvis myndighederne vil tillade, at der lagres varme i de lokale grundvandsmagasiner ved op til 30°C i stedet for den nuværende maksimumstemperatur på 20°C.

Projektgruppen har beregnet, at et ATES-anlæg kan etableres med en simpel tilbagebetalingstid på mellem tre og seks år og ved nybyggeri under et år. Det samlede potentiale for CO<sub>2</sub>-reduktion ved en maksimumstemperatur i grundvandsmagasiner på 20°C er opgjort til ca. 220.000 tons om året, svarende til ca. 0,4 % af Danmarks samlede udledning.

Enopsol har flere konkrete projekter undervejs og samarbejder gerne med de lokale elselskaber om implementeringen.



Enopsol har under projektet udviklet en mobil testfacilitet til de indledende forundersøgelser af grundvandsejerselskaberne. Foto: Enopsol

[www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)

### Kontaktperson:

Stig Niemi Sørensen  
Enopsol ApS  
Eggersvej 36  
2900 Hellerup

E-mail: [sn@enopsol.dk](mailto:sn@enopsol.dk)  
Telefon: 22 75 74 14  
Web: [www.enopsol.dk](http://www.enopsol.dk)

### Projekt:

Titel: Grundvandsvarmepumper og -køling med grundvandsmagasiner som sæsonlager  
Nr.: 339-039  
PSO Program 2007  
Budget: 1.388.678 kr., hvoraf 1.008.178 kr. i tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.04.2007 – 31.03.2008

### Programkoordinator:

Forskningskoordinator  
Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Rosenørns Allé 9  
1970 Frederiksberg C.  
E-mail: [bj@danskenergi.dk](mailto:bj@danskenergi.dk)  
Telefon: 35 300 934  
Web: [www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk)