

# BOREKERNEN

## Sådan gemmer vi solen



Jen Dierker/Scanpix

Sådan gemmer vi solen

- side 2

Grundvand – en kilde til billig opvarmning og køling

- side 4

Sæt strøm til skidtet

- side 6

Højvande ingen hindring

- side 8



Mike Kollöffel/Scapix

# Sådan gemmer vi solen

Jord og vand er oplagte lagringsmuligheder når sommerens varme skal bruges til opvarmning om vinteren

Solvarme er in. Flere af landets 400 varmegærdker etablerer solfangere, fordi det er miljvvenligt. Men hvordan gemmer vi sommerens solvarme til vinteren, hvor vi har mest brug for den? Hidtil er varmen ofte blevet lagret i store, isolerede stål-tanke fyldt med vand. Men i takt med at solfangeranlæggene bliver større og større, bliver ståltankene også større og større - og ikke mindst dyrere og dyrere. Derfor er jagten på alternativer sat ind, og her kommer varmelagring i jorden eller i store vanddamme ind i billedet.

"Du kan med begge metoder lagre sommerens varme billigere end i ståltanke.

Samtidig er de mere diskrete end store tanke," siger projektleder Jan Danne-mand fra GEO. Det kaldes sæsonvarme-lagring, når sommerens varme lagres til om vinteren, og GEO er lige nu involveret i fire projekter, der omfatter de to former for sæsonvarmelagring. I Dronninglund i Nordjylland og ved Marstal på Ærø er damvarmelagre på vej. Borehulsvarme-lagre er på vej i Brædstrup ved Horsens og i det nordjyske Strandby.

## Damvarmelagre

"Et damvarmelager fungerer ved at sommerens overskudsvarme lagres i en stor kunstig dam fyldt med vand," siger

## FAKTA

### Damvarmelagringsprojekter

■ **Dronninglund** - 60.000 m<sup>3</sup> vand i en 90x90x16 meter stor omvendt pyramidestub. Etableres i en nedlagt grusgrav 3 km fra varmegærdket. Etablering ventes startet i 2011. GEO har forestået de geotekniske forundersvvelser for lageret. Undervejs måtte en anden lagerplacering tættere på varmegærdket droppes pga. et højtstående grundvandspejl.

#### ■ Kunde

Dronninglund Fjernvarme A.m.b.a.

#### ■ Projektperiode

2007 - 2011

■ **Marstal** - 75.000 m<sup>3</sup> vand. Pyramidestubben på 100x100x16 meter må udgraves med lav side-hældning på grund af områdets fede ler og grundvand. GEO udfvorer de geotekniske undersøgelser.

#### ■ Kunde

Marstal Fjernvarme A.m.b.a.

#### ■ Projektperiode

2010 -

## FAKTA

### Borehulsvarmelagringsprojekter

■ **Brædstrup** – 50 varmeboringer til 45 meters dybde. Pilotprojekt støttet af Energinet.dk. GEO varetager jordbundsundersøgelser og myndighedskontakt.

■ **Kunde**  
Brædstrup Totalenergianlæg A/S

■ **Projektperiode**  
2009 - 2011

■ **Strandby** – forstudie for varmelager, støttet af Vækstforum Nord. GEO udfører forundersøgelser, bl.a. boringer og vurderinger af jordbundens egnethed til et borehulsvarmelager.

■ **Kunde**  
Strandby Varmeværk A.m.b.a.

■ **Projektperiode**  
2010 -

Jan Dannemand. Dammen graves ud som en stor, omvendt pyramidestub beklædt med en tæt plastmembran i bund og sider. På toppen udlægges isolering for at holde på varmen i vandet, som sidst på sommeren kan blive op til 90 grader varmt.

"Plastmembranen og isoleringen på toppen er relativt dyr, så siderne i pyramidestubben skal være så stejle som muligt, gerne 25-30 grader. På den måde minimeres overfladearealet. Afhængig af jordtypen kan fladere hældninger dog blive nødvendigt," siger Jan Dannemand. Højtliggende grundvand kan give problemer, fordi

grundvandet skal holdes væk under udgravningen af dammen. Det kræver en grundvandssænkning, som er fordyrende for et projekt. En løsning kan være at flytte lageret til en anden lokalitet.

### Borehulsvarmelagre

I Brædstrup er et pilotprojekt for borehulsvarmelagring undervejs. Det er første gang metoden testes i Danmark, og den er ret enkel: Der børes en masse dybe huller, hvori der nedsænkes en slangeløkke, der omstøbes. Oven på boringerne placeres isolerende materiale. Det solopvarmede vand kan nu cirkulere i slangerne og varme jorden op til 60-70 grader. Om vinteren sendes der koldt vand gennem slangerne, som trækker varmen i jorden ud igen, så den kan sendes ud til forbrugerne. "Det er lidt som jordvarme, men i stedet for kun at trække varme ud af jorden, lagrer vi varme om sommeren og henter den op igen om vinteren," forklarer Jan Dannemand.

Jordtypen har betydning for, hvor velegnet borehulsvarmelagring er. "Vandmættet jord er bedst egnet, fordi den leder varmen næsten 10 gange bedre end tørt sand. Samtidig er det vigtigt at undgå lokaliteter med strømmende grundvand, fordi det kan føre varmen i lageret væk, så varmen er forsvundet, når den skal hentes op igen," siger Jan Dannemand.

### Større volumen

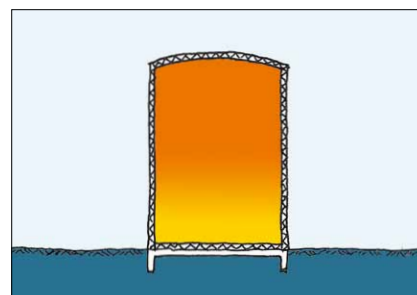
Det kræver cirka fire gange større volumen jord end vand at lagre den samme mængde varme. Det skyldes, at jord har dårligere varmekapacitet end vand. Et borehulsvarmelager dækker derfor et større areal end et damvarmelager. Alligevel kan et borehulsvarmelager være at foretrække. Det afhænger helt af de lokale jord- og grundvandsforhold. Begge typer sæsonvarmelagring breder sig da også ud over landet. Sæsonvarmelagring i borehuller og damme er ved at blive in-

## FAKTA

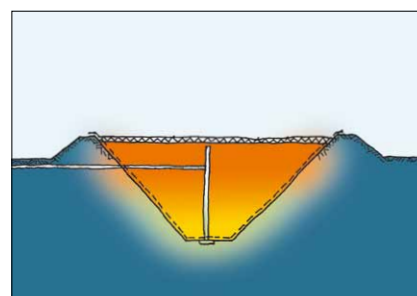
### Borehulslagring af kulde

I den modsatte grøft af varmelagring finder vi lagring af kulde. Det er en efterspurgt vare til nyt, velisoleret kontorbyggeri, og her er borehulslagring også en mulighed. GEO undersøger lige nu mulighederne for at lagre kulde under et projekteret højhus i Århus.

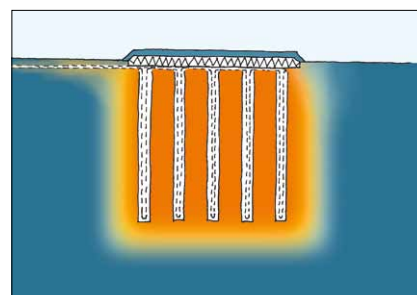
Undergrunden består af mergel, som på grund af sin tæthed er perfekt til lagring af kulde og varme. Borehulslagringen planlægges placeret under bygningen, og der arbejdes med en løsning, hvor vandet afkøles af den kolde luft om vinteren. Det afkølede vand ledes herefter ned i jorden, hvor kulden lagres til næste sommer, hvor den anvendes til køling.



Tankvarmelager

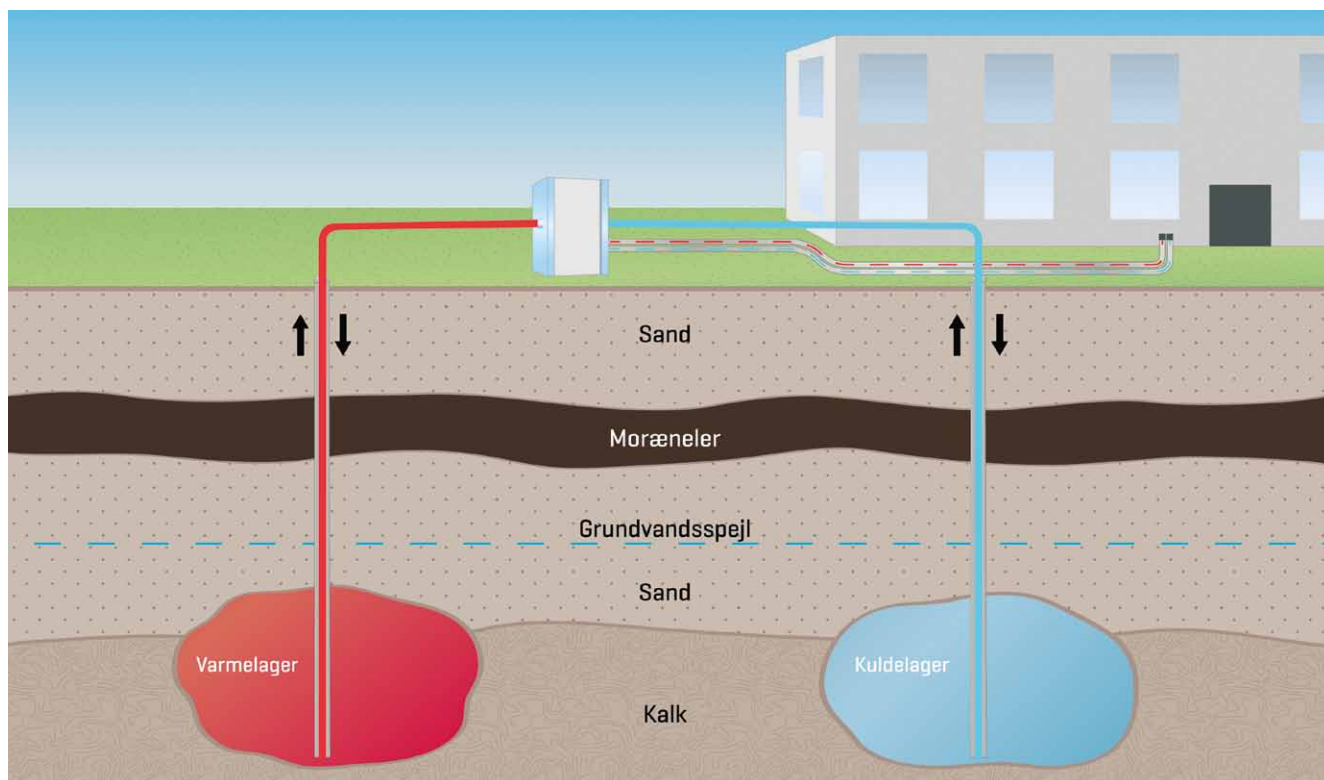


Damvarmelager



Borehulsvarmelager

# Grundvand – en kilde til billig opvarmning og køling



Principskitse af et ATES-anlæg visende varme- og kuldelager med tilhørende cirkulation.

Grundvand er en kilde til rene, billige og energieffektive køle- og varmeanlæg, men der er flere vigtige forhold at tage højde for, hvis et grundvandsanlæg skal blive en succes

Få halveret udgifterne til opvarmning og køling ved at investere i et miljøvenligt køle- og varmeanlæg, der tjener sig ind på få år, og er billigt i drift. Det lyder for godt til at være sandt, men er det ikke med et korrekt dimensioneret grundvandsanlæg.

"Grundvandsanlæg er den mest rentable og effektive form for alternativ køle- og

varmekilde. Og jo større et anlæg, desto hurtigere bliver det rentabelt - også set i forhold til konventionelle køle- og varmeanlæg", siger projektleder Karsten Juul fra GEOs grundvandsafdeling.

#### ATES-anlæg

Et grundvandsanlæg, der både klarer køling om sommeren og opvarmning om vinteren, kaldes et ATES-anlæg, Aquifer

Thermal Energy Storage. Det fungerer ved, at der om sommeren pumpes grundvand fra et koldt grundvandsmagasin ind over en veksler, der leverer køling til en bygning. Når kulden er trukket ud af vandet, sendes det nu varme vand ned i et varmt grundvandsmagasin. Om vinteren vendes processen, så det varme vand pumpes op og via en varmepumpe bringer varme ud i bygningerne. Det afkølede vand ledes derefter tilbage til det kolde magasin. En smart løsning, der oplever stigende efterspørgsel.

"Sammenlignet med andre løsninger reduceres energiforbruget til varme og køling med op til 90 procent. Et ATES-anlæg kan derfor være et vigtigt bidrag til at overholde de nuværende energikrav til lavenergibyggeri og fremtidens skærpede energikrav," siger Karsten Juul. Som følge af den store efterspørgsel er GEOs grundvandsafdeling i øjeblikket involveret i over 15 forundersøgelser til grundvandsanlæg over hele landet. Det sker i samarbejde med energirådgivere og teknikentreprenører.

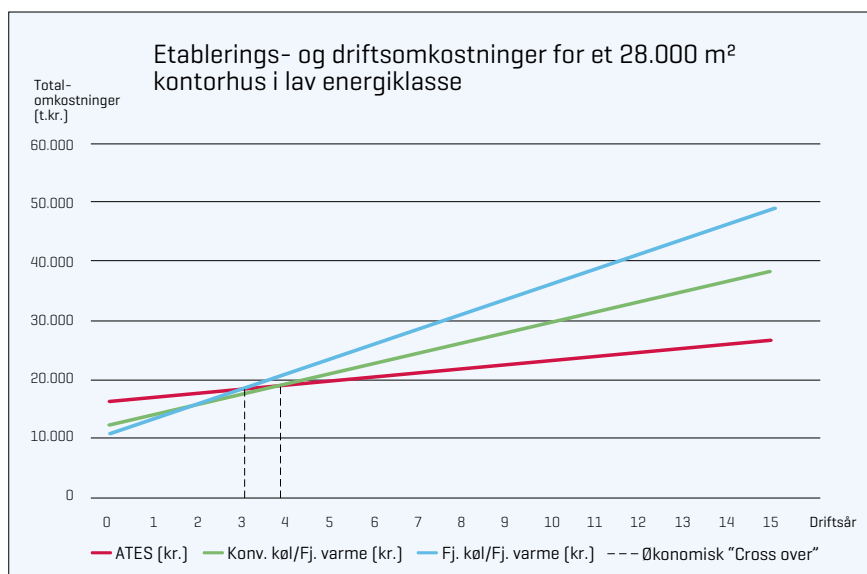
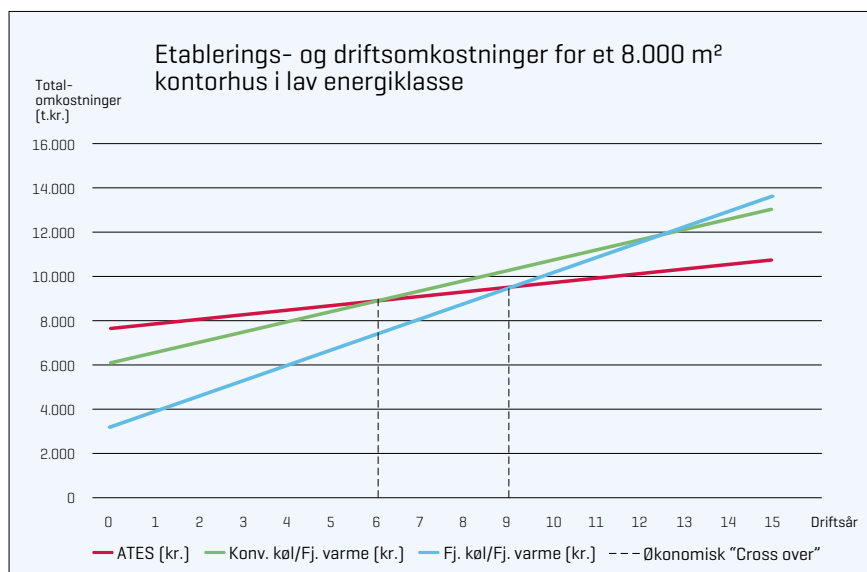
### Massebalancen skal holdes

Anlæggenes klare økonomiske og energimæssige fordele har allerede ført til en række kørende anlæg rundt om i landet, men ikke alle med lige stor succes. Det er, ifølge Karsten Juul, vigtigt at have for øje, at anlæggene bygger på naturens egenskaber. De skal respekteres, og et vellykket anlæg kræver en grundig indsigt i de processer, der foregår under vores fødder. Er de såkaldte masse- eller energibalancer ikke i orden, kan der opstå problemer.

"Du skal holde massebalancen. Det vil sige, at der skal pumpes lige så meget vand frem som tilbage. Ellers risikerer du en grundvandssænkning, der kan tiltrække forurening og lave sætningsskader i omkringliggende bygninger," siger Karsten Juul.

### Modellering er et must

Det kræver en dyb forståelse af grundvand og dets strømning, hvis masse-



	Etablering	Drift
<b>ATES</b>	Forundersøgelser Myndighedshåndtering Etablering og udbygning af borer og styresystem Levering og installering af varmepumper og vekslere	Energiomkostninger Lovpligtigt eftersyn Generel service Rapportering af systemdrift
<b>Konventionel køling med fjernvarme</b>	Tilslutningsafgift for fjernvarme Levering og installering af fjernvarmevekslere Levering og installering af konventionel køleløsning	Energiomkostninger Lovpligtigt eftersyn Generel service
<b>Fjernkøling og fjernvarme</b>	Tilslutningsafgift for fjernvarme og fjernkøl Levering og installering af vekslere	Energiomkostninger Generel service

Oversigt over indregnede etablerings- og driftsomkostninger af de sammenlignede køle-/varmeanlæg. Jo større byggeriet er, jo hurtigere bliver et ATES-anlæg den billigste løsning.

balancen skal overholdes. Grundvand flytter sig nemlig, og nogle steder er der meget af det, andre steder kun lidt. "Du er nødt til at have et indgående kendskab til de hydrogeologiske forhold dér, hvor et grundvandsanlæg skal etableres. Ellers kan du ikke optimere anlæggets effekt," siger Karsten Juul. Det kræver detaljerede modelberegninger som belyser massebalancen. På den måde undgår man også at etablere et anlæg, hvor grundvandsressourcen er for begrænset til et ATES-anlæg. Eller hvor grundvandet er så meget i bevægelse, at det varme vand ledes væk, eller der sker en opblanding med det kolde vand.

### Energibalancen skal holdes

Udover massebalancen er energibalancen helt afgørende for et anlægs succes.

"Energibalancen skal også holdes. Det vil sige, at anlægget skal være dimensioneret til at levere præcis den mængde varme og køling, der er behov for. Er der ikke brug for al den varme, anlægget leverer, kan varmen akkumuleres i grundvandsmagasinet og de ovenliggende jordlag," forklarer Karsten Juul. Det kan medføre en langsom opvarmning af grundvandsmagasinet, og det øger risikoen for bakteriedannelse, hvis vandet kommer over 20 grader. Bakterierne kan gå i forbindelse med andre stoffer og danne et klæbrigt stof, der kan stoppe anlægget til. Også her er vejen uden om denne type vanskeligheder omfattende modelberegninger, da et anlæg ikke nødvendigvis skal eller kan levere lige meget køling og opvarmning.

### Størst behov for køling

"Behovet for køling har vist sig at være langt det største, fordi nybyggeri i dag er så godt isoleret. Her ligger fordelingen mellem varme- og kølebehovet typisk på omkring 30/70, altså meget mere køling end opvarmning," forklarer Karsten Juul. Det betyder, at energibalancen i nogle projekter bliver svær at overholde uden

ekstra afkøling af det cirkulerende vand. Men det er der heldigvis råd for.

"Umiddelbart vil det være oplagt at sælge varmen videre, men forsyningsregler og afgifter gør det urentabelt. Derfor kan et alternativ være, at oppumpe det varme vand om vinteren og lade det nedkøle via en tørkøler. For at varmen ikke bare skal være til gavn for fuglene, kan vinterbekæmpelse også tænkes ind i nedkølingen af det varme vand. F.eks. ved at nedlægge slanger i fortove og på parkeringsarealer, så saltning og sne-rydning undgås, mens det varme vand nedkøles. Efter vandet er afkølet, kan det ledes tilbage i det kolde grundvandsmagasin og opretholde energibalancen," forklarer Karsten Juul og understreger, at der trods et behov for ekstra afkøling stadig er et enormt økonomisk incitament for at anvende grundvandsanlæg.

## FAKTA

Der findes tre typer grundvandsanlæg:

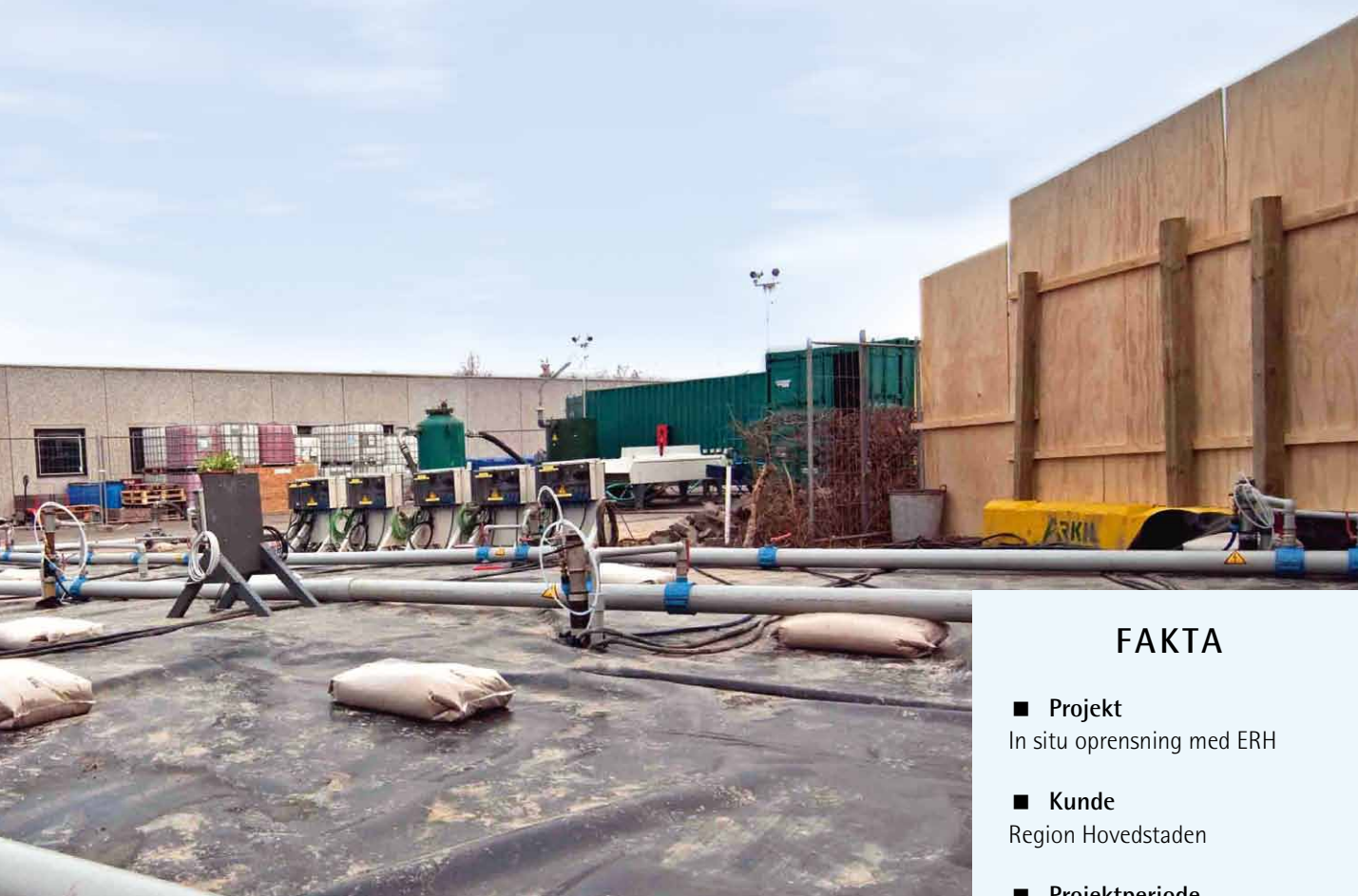
- ATES-anlæg, Aquifer Thermal Energy Storage, der udnytter grundvandet til både køling og opvarmning, er den mest udbredte type anlæg.
- Grundvandskøleanlæg anvender grundvandet til køling i alle former for byggeri og procesanlæg.
- Grundvandsvarmeanlæg gør det modsatte, men er sjældent rentable, da forholdet mellem anlægsomkostninger og anlæggenes energieffektivitet ikke kan konkurrere med f.eks. fjernvarme.



# Sæt strøm til skidtet

Strøm har vist sig ekstremt effektiv til oprensning af chlorerede opløsningsmidler

Sæt strøm til forureningen og den forsvinder. En ny metode til oprensning af de farlige og besværlige chlorerede opløsningsmidler er for første gang blevet testet i Danmark. Electric Resistance Heating, ERH, hedder metoden. Region Hovedstaden har fået afprøvet ERH: "Vi vil helt sikkert bruge den igen. Den er meget effektiv overfor forurening i tæt moræneler. Denne her metode renser alt op," lyder den begejstrede vurdering fra Mads Terkelsen, udviklingskoordinator fra Koncern Miljø i Region Hovedstaden.



## FAKTA

- **Projekt**  
In situ oprensning med ERH
- **Kunde**  
Region Hovedstaden
- **Projektperiode**  
Marts-juli 2010

### Strømmen varmer

Metoden fungerer ved at der via ned-borede elektroder føres strøm gennem den forurenede jord, som ved terræn er dækket med isolerende materiale. Når elektricitet møder modstand dannes der varme. Dermed varmes jorden og forureningen op, og på et tidspunkt når forureningen kogepunktet og fordampes. Dampene suges gennem vakuum-filtre op til overfladen, separeres og behandles.

Metoden renser effektivt op og sikrer, at en forurenede grund bliver ren én gang for alle. Hurtig er den også. "ERH klarer oprensningen på kun 4-8 måneder," siger projektleder Jes Holm fra GEO.

### Første projekt i Danmark

GEO har testet metoden for Region Hovedstaden. En parkeringsplads i Albertslund var konstateret forurenede med opløsningsmidler, i dette tilfælde primært tetrachlorethylen (PCE). Kilden til forureningen var ukendt, men den havde efterladt et forurenede område på ca. 500 m<sup>3</sup>. Hvor forureningen var

værst var der klare indikationer på PCE i fri fase. "Medmindre PCE i fri fase bliver fjernet, betyder det en potentiel risiko for menneskers helbred og for kommunens drikkevandsforsyning," siger Jes Holm.

GEO udførte indledningsvis en forureningsundersøgelse og evaluerede en række mulige oprensningsmetoder, bl.a. kemisk oxidation og stimuleret reaktiv dechlorering. "Begge metoder er velegnede til forureninger med chlorerede opløsningsmidler, men ikke i tætte lerjorde, fordi distributionen af midlet til oprensningen ikke spredes tilstrækkelig godt i den type jord," forklarer Jes Holm. Valget faldt i sidste ende på ERH, på grund af lerjordens gode elektriske ledsevne.

Oprensningen blev en stor succes. "I løbet af kun 20 uger havde vi fjernet over 99% af forureningen og dermed opfyldt de opstillede oprensningskriterier," siger Jes Holm, der ser store muligheder for den oprensende strøm i Danmark.

## FAKTA

- **Chlorerede opløsningsmidler**  
Tre af de mest almindelige er tetrachlorethylen (PCE), trichlorethylen og 1,1,1-trichlorethan.

- **Electric Resistance Heating**

En in situ metode, der bruger strøm til at fjerne forurening. I en række borede huller placeres elektroder, som der sendes strøm igennem. Strømmen varmer jorden op og forureningen fordampes. Dampene suges op til overfladen, hvor den føres gennem en separator, hvor vand, luft og fri forureningsfase adskilles. Forureningen føres gennem et behandlingsanlæg, hvor den absorberes af aktivt kul.

Metoden er udviklet i USA.

# Højvande ingen hindring

Lidt vand stopper ikke GEOs borefolk, viser en netop overstået opgave for DONG Energy. GEOs folk skulle bore ud for Avedøre Værket på en lille lavtliggende ø, der i projektperioden blev næsten oversvømmet. Det skyldtes, at vandstanden lå 1,8 meter over daglig vande. Adgang til borestedet foregik via en dæmning af sprængsten, som under højvandet var oversvømmet. Boreriggen, GEOEmma, forcerede først den halve meter vand, der lå over adgangsvejen, og borefolkene foretog derefter 17 m hammer- og kerneboring med fødderne i vand. Alle undersøgelser blev gennemført, og DONG Energy fik de nødvendige data om undergrunden inden opsættelsen af en vindmølle.

## FAKTA

### ■ Projekt

Geoteknisk undersøgelse før opsætning af en vindmølle.

### ■ Kunde

DONG Energy

### ■ Projektperiode

November 2010



### Udgiver:

GEO

### Redaktion afsluttet:

24. november 2010

### Redaktion:

Birgitte Hannibal, Kim Sillemann

### Grafisk tilrettelæggelse:

Ehrhorn Hummerston

### Tryk:

Clausen Offset

### Oplag:

3000



EKSPERTER I JORD OG VAND

København  
Maglebjergvej 1  
2800 Kgs. Lyngby

Web: [www.geo.dk](http://www.geo.dk)  
Mail: [geo@geo.dk](mailto:geo@geo.dk)  
Tlf.: +45 4588 4444

Århus  
Sødalsparken 12  
8220 Brabrand

Web: [www.geo.dk](http://www.geo.dk)  
Mail: [geo@geo.dk](mailto:geo@geo.dk)  
Tlf.: +45 8627 3111