

Inspirationsnotat

til energiudnyttelse af det
terrænnære grundvand



KOLOFON

Inspirationsnotat udarbejdet i projektet EU LIFE Coast to Coast Climate Challenge (C2C CC).

Udgiver

Coast to Coast Climate Challenge

Udgivelsesdato

13. december 2022

Kontakt

Lea Munkholm, lea.munkholm@ru.rm.dk
Tlf. 2924 1153

Anna Bonven, anna.bonven@rm.dk
Tlf. 2033 2466

FORORD

Coast to Coast Climate Challenge (C2C CC) er 6-årigt klimatilpasningsprojekt, der forløber i perioden 1. januar 2017 til 31. december 2022. Projektet støttes af LIFE-programmet med ca. 52 mio. kr. og har et samlet budget på ca. 90 mio. kr.

I et tæt samarbejde mellem de 31 projektpartnere arbejdes der for at skabe en klimarobust region ved:

- at formulere en fælles langsigtet strategi blandt de lokale aktører,
- at implementere de kommunale klimatilpasningsplaner målrettet, idet de nødvendige analyser og aktiviteter koordineres, og
- at identificere og forbedre ressourcer og kapaciteter blandt borgere, kommuner, forsyningsselskaber og virksomheder i vandbranchen.

Projektet gennemføres gennem 24 delprojekter samt tværgående aktiviteter.

Højtstående grundvand er et stigende problem i flere danske kommuner, hvor vandet siver ind i kældre og resulterer i våde marker. Med forbedret viden omkring det terrænnære grundvand søger C2C CC projektet at undersøge de potentielle synergier i brugen af det terrænnære grundvand i energiproduktion og skabelse af andre merværdier.

I notatet afsøges danske projekter og eksempler.

ENGLISH SUMMARY

Basements and wet fields are increasingly becoming an issue due to multiple related factors like renovation of old sewer pipes and increasing risks of extreme and persistent rain events. Flooding from rising shallow groundwater levels is resulting in flooded basements and wet fields.

With better knowledge of the shallow groundwater, Coast to Coast Climate Challenge (C2C CC) seeks to investigate potential synergies in the use of the shallow groundwater in energy production and added values.

There is a large potential for energy storage and production in the use of groundwater. Groundwater is a sustainable resource which is located in the water-bearing layers of the underground. In areas with rising groundwater levels, a groundwater facility can be a solution for future management and use of the water.

This note investigates Danish projects and examples.

Disclaimer

This report reflects only the author's view and the Agency/Commission is not responsible for any use that may be made of the information it contains.

INDHOLDSFORTEGNELSE

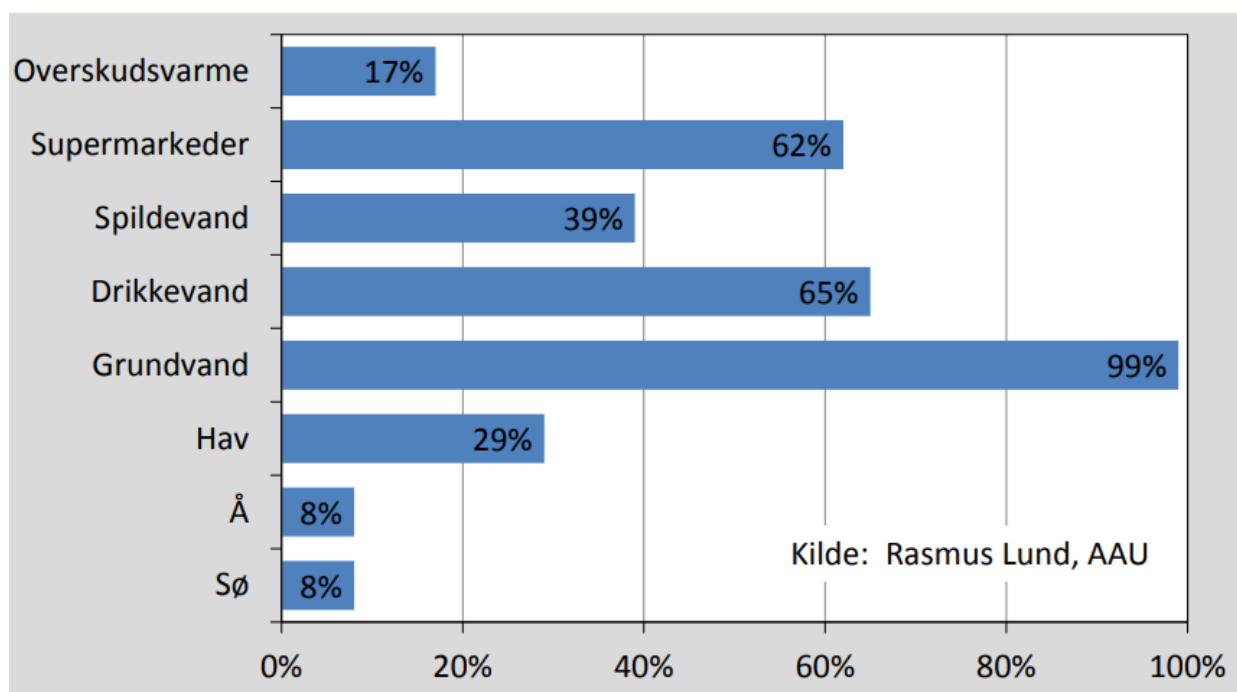
05	—	INDLEDNING
07	—	ATES: AQUIFER THERMAL ENERGY STORAGE
08	—	ATES: ENVEJS ANLÆG
10	—	ATES: TOVEJS ANLÆG
12	—	VARMEPRODUKTION MED HAVVAND
13	—	ENERGIPRODUKTION KOMBINERET MED RENSNING
14	—	KOMBINERET GRUNDVANDS- OG SØVANDSVARMEPUMPE
15	—	LOVGIVNING

INDLEDNING

Der er et stort potentiale for energilagring og -produktion i anvendelsen af grundvandet. Grundvand er vedvarende ressource, som naturligt ligger i vandførende lag i undergrunden, og i områder med stigende grundvandsspejl kan grundvandsanlæg være en løsning for fremtidig forvaltning og håndtering af vandet.

Vedvarende regn og øget risiko for ekstreme regnhændelser kan skubbe til udfordringer med allerede højtstående grundvand i flere områder i Danmark. I dag oplever flere husejere vand i kældre og vand på terræn.

Nedenstående diagram viser varmekilder tæt på fjernvarmenet, hvor det er muligt at hente energi til varmeproduktion. Her fremstår grundvand som en oplagt ressource.¹



Der ligger et stort energipotentiale i at udnytte vand til energiproduktion. Særligt i forhold til udfasning af naturgas i varmeproduktionen kan energiindholdet i vand have en stor betydning.

Med vand forstås havet, fjorde, søer, åer og spildevand som kilder til varmeproduktion i varmepumper.²

MÅLGRUPPE

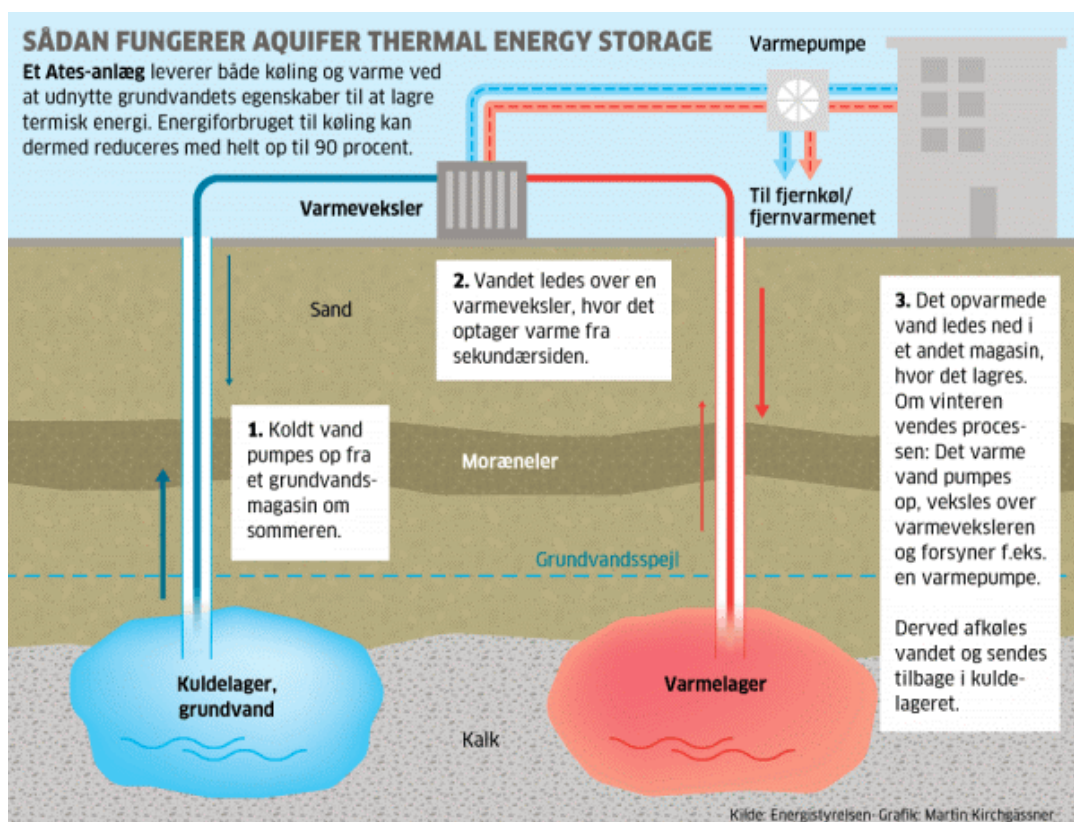
Målgrupperne for inspirationsnotatet er myndigheder, rådgivere, forsyningsselskaber, borgerorganisationer og politikere, som søger inspiration til udnyttelse af grundvand til energiproduktion enten i fjernvarmeforsyningen eller helt lokale forsyninger med enkelte eller få tilsluttet et fællesanlæg.

Notatet kan anvendes som inspirationskilde i forbindelse med at udnytte grundvand til energiproduktion i fremtidens energisystem. Udnyttelsen af grundvand kan desuden løse lokale udfordringer med højtstående grundvand, som skaber problemer med oversvømmelser og vand i kældre. Notatet giver indsigt og viden, der kan understøtte en beslutningsproces samt henvise til forskellige projekter til inspiration.

ATES: AQUIFER THERMAL ENERGY STORAGE

I ATES (Aquifer Thermal Energy Storage) anlæg udnyttes jordens og grundvandets termiske lagringsegenskaber, mens der gøres brug af fordelene ved grundvandskøling og grundvandsvarmepumper.

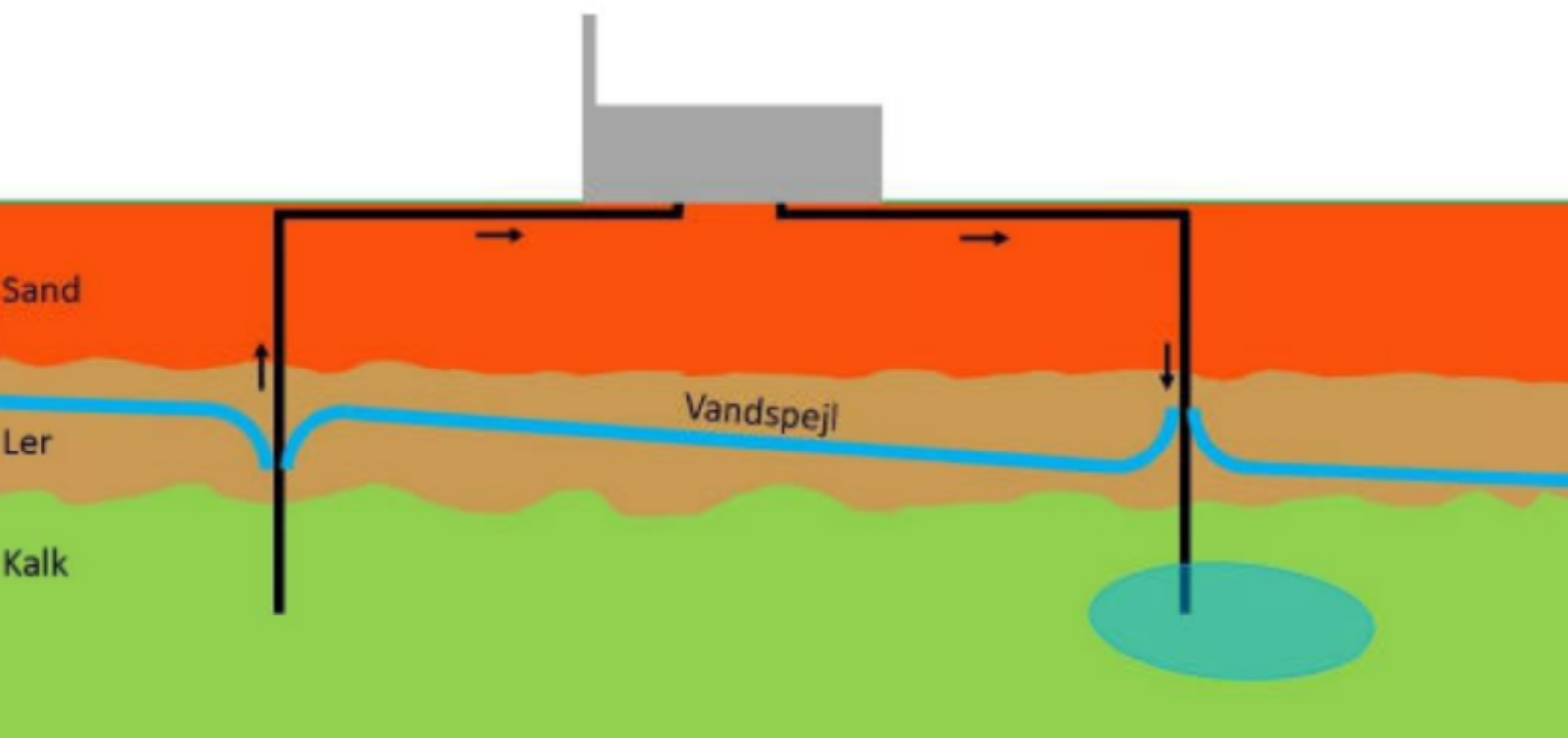
ATES (Aquifer Thermal Energy Storage) inddeles i to typer anlæg til varmeindvinding: et såkaldt **envejs anlæg** og et **kombineret varme og kulde tovejs lagringsanlæg**. I de følgende afsnit præsenteres overordnede principper for og eksempler på ATES-anlæg.



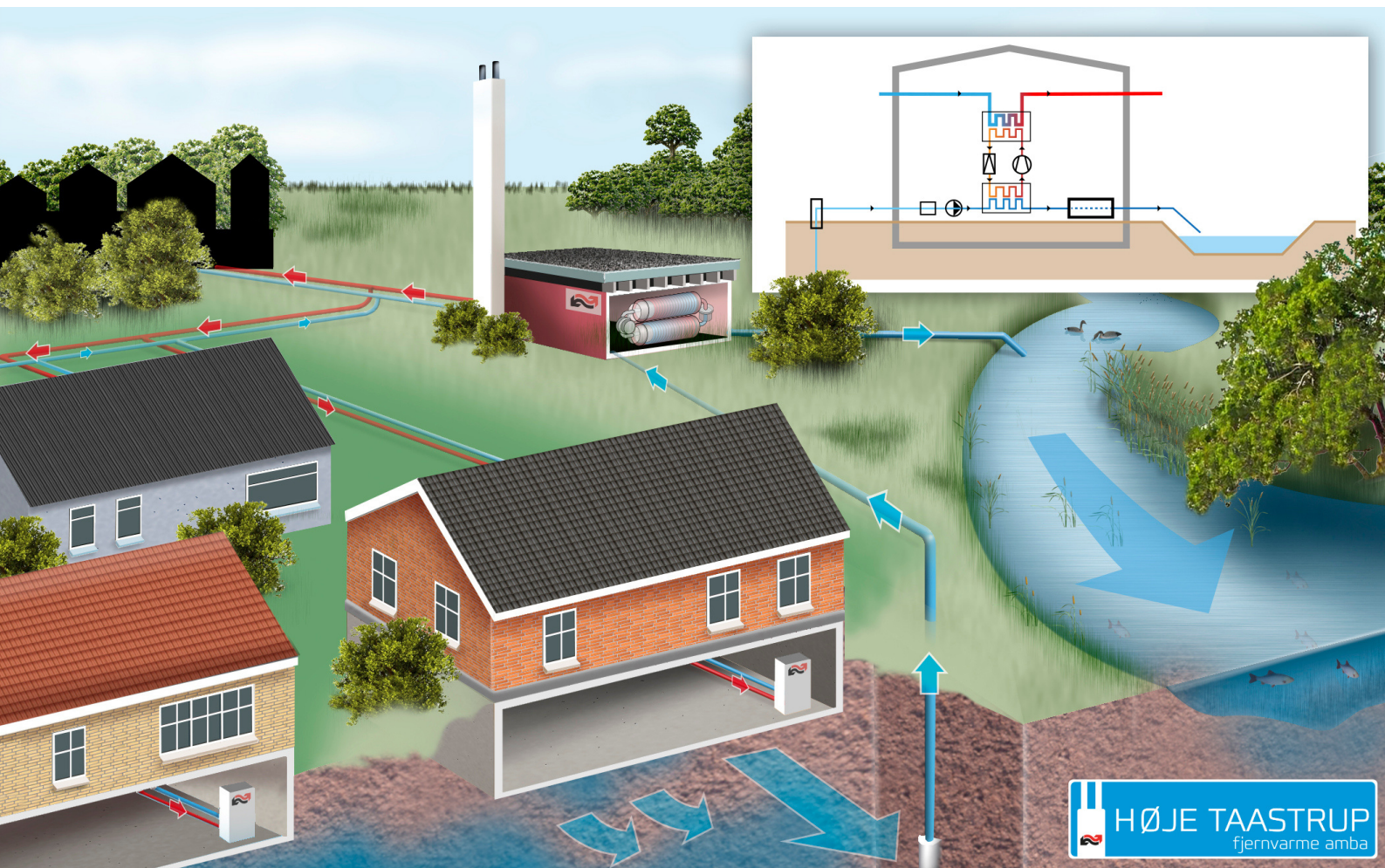
Figur 1: Sådan fungerer Aquifer Thermal Energy Storage (Energistyrelsen. Grafik: Martin Kirchgässner).

ATES: ENVEJS ANLÆG

I et envejs ATES-anlæg pumpes grundvandet kun i én retning fra pumpeboringerne til returboringerne. Det oppumpede vand udnyttes som energikilde til en varmepumpe, hvorefter vandet pumpes retur til grundvandsmagasinet. Grundvandet vil typisk være afkølet med 2 °C under processen.



Figur 2: Envejs ATES-anlæg. Grundvandsspejlet sænkes ved pumpeboringerne og der dannes en sænkningstragt. Ved returboringen dannes en stigningstragt (PlanEnergi, 2018).



Figur 3: Grundvandet pumpes op og ledes væk fra området, mens det producerer varme og køling til ca. 500 husstande i Høje-Taastrup (Høje Taastrup Fjernvarme).

EKSEMPEL PÅ ENVEJS ANLÆG

Høje Taastrup Fjernvarmes anlæg er et eksempel på et envejs anlæg.

Højtstående grundvand i et boligområde i Høje Taastrup fik i 2019 det lokale fjernvarmeselskab til at investere i et anlæg, hvor to boreriger pumper 1 mio. m³ grundvand op som ledes gennem en varmepumpe. Varmepumpen har en effekt på 1,5 MW og vil årligt producere ca. 10.000 MegaWatt-timer.

Varmepumpen leder efterfølgende vandet ud i Mølleåen. Dermed sænkes grundvandsstanden, og en række grundejere i området vil slippe for vand i kældrene. Det har været et problem, siden indvindingen af drikkevand i området ophørte.³

ATES: TOVEJS ANLÆG

Grundvandet i de overfladenære grundvandsmagasiner har den egenskab, at temperaturen er konstant året rundt – i Danmark ca. 9-10° C, hvilket er en ideel temperatur for mange køleformål, herunder bygningskøling. De strukturer, hvori grundvandet befinder sig i Danmark (sand, grus og kalk) er samtidigt effektive til opbevaring af kulde og lavtemperaturvarme over lange tidsrum.

Det er ved brug af sæsonlagring af lavtemperaturvarme og -kulde i terrænnære, grundvandsførende jordlag, muligt at opnå rentable energibesparelser på op til 90 procent ved køling og op til 60 procent ved opvarmning af fx hoteller, lufthavne, indkøbscentre, kontorbygninger og andre større bygningskomplekser ved brug af varmepumper.

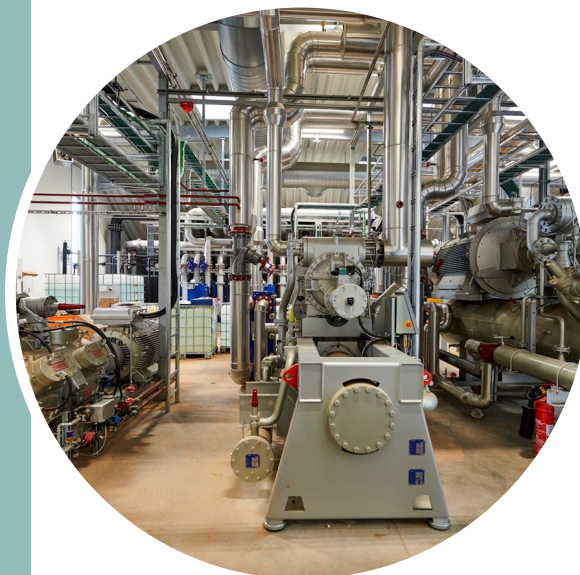
De store energibesparelser betyder korte tilbagebetalingstider på typisk 3-5 år og samtidigt markante reduktioner i CO₂-udledningen. Brugen af teknologien er forholdsvis ny i Danmark sammenlignet med fx Holland og Sverige.⁴

EKSEMPEL

Gudenådalens energiselskab har koblet spildevand med lagring af energi i ATES til et varmepumpeanlæg.⁵

Varme fra ATES-anlægget indvindes og temperaturen hæves til fjernvarmebrug med varmepumper. Varmepumperne producerer samtidigt kølevand til fabrikken og kulde lagres i ATES.

Anlæggets årlige kapacitet er 5200 MWh varme, mens kølekapacitet er 2.6 MWh.



Figur 4: Spildevandscentral og ATES varmelager.

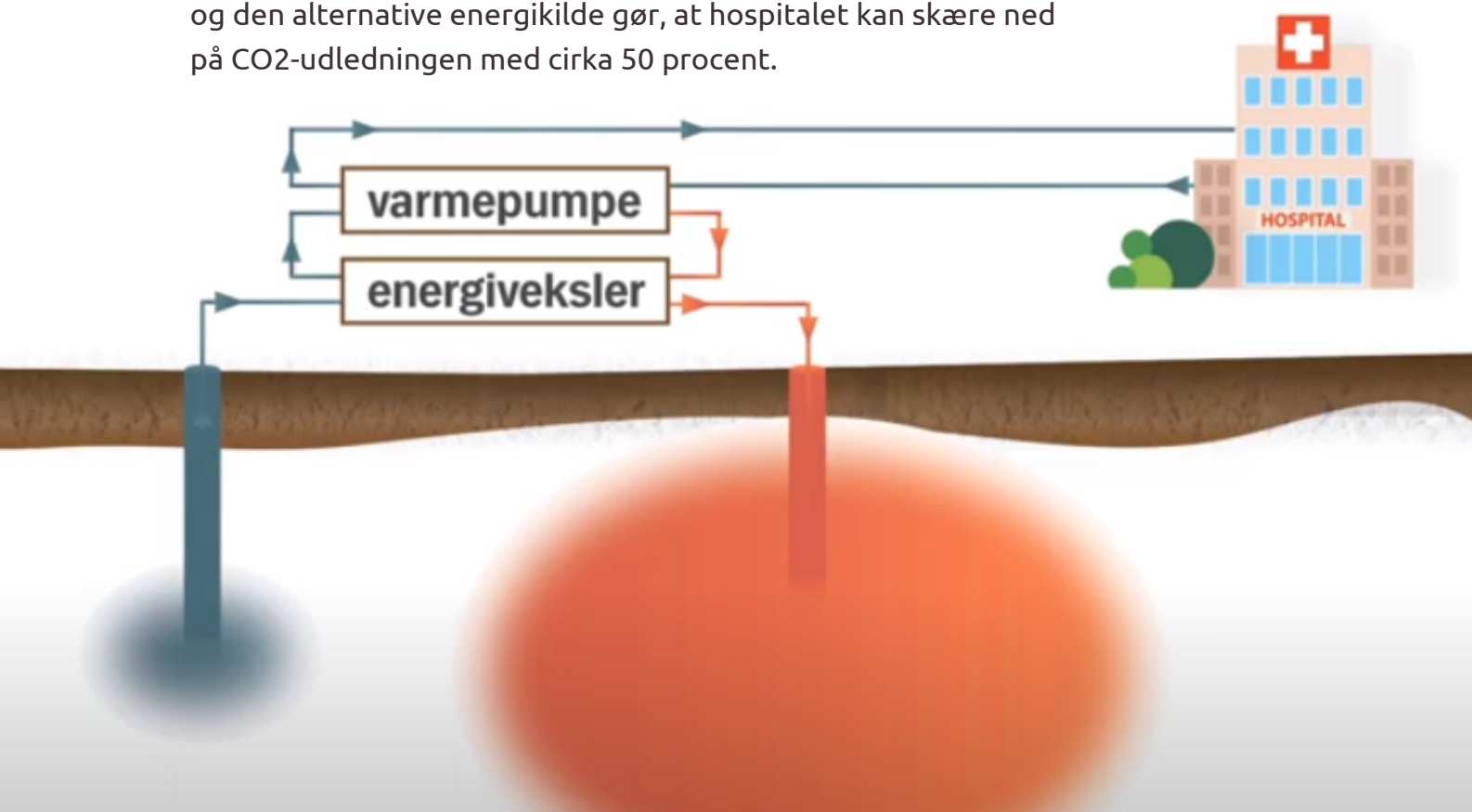
4. Sørensen, S. N., Wittchen, K. B., Riis, J. C., Balslev-Olesen, O., & Jakobsen, F. H. (2009). Grundvandsvarmepumper og -køling med grundvandsmagasiner som sæsonlager. EnOpSol.
5. Danmarks første, største og eneste, Gudenådalens Energiselskab. 18.11.2021.

EKSEMPEL PÅ TOVEJS ANLÆG

Fremover er det grundvandet under Bispebjerg Hospital, der skal bruges til at køle og varme bygningerne på med. Anlægget skal dække hele Bispebjerg Hospitals kølebehov til for eksempel scannere, ventilationsanlæg og mere end halvdelen af varmebehovet. Fra seks kolde borer ned i 100 meters dybde pumpes der i de varme måneder cirka 50.000 liter grundvand op i timen. Vandet ledes ind i et lukket kredsløb, hvor kulden udvindes og bruges i for eksempel klimanlæg og som køl i scannere.⁶

Når kulden udvindes, får vandet en højere temperatur. Det opvarmes yderligere med en varmepumpe og ledes tilbage i jorden via seks varmeboringer. Her ligger det på lager i undergrunden, indtil vinteren kommer. I de kolde måneder pumpes det op igen, og nu er det varmen fra vandet, der udvindes og bruges i for eksempel radiatorerne.

Også vandet til opvarmning pumpes tilbage i jorden, via de kolde borer, og sådan fortsætter hospitalet med at genbruge skiftevis varmen og kulden fra grundvandet. Anlægget kan cirkulere op til 360.000 liter vand i timen, og den alternative energikilde gør, at hospitalet kan skære ned på CO₂-udledningen med cirka 50 procent.



VARMEPRODUKTION AF HAVVAND

I en havvandsvarmepumpe bruges havets energi ved at trække energien ud, forstærke den og anvende den til opvarmning af husstande. Teknologien fungerer på samme måde som en jordvarmepumpe.



EKSEMPEL

Aarhus Ø forsynes med fjernvarme udvundet af havvand hentet i Aarhus-bugten. Her trækker en elektrisk varmepumpe varme ud af havvandet.⁷

"Maskinrummet" for fjernvarmeproduktionen fungerer også som informationscenter, hvor interesserede kan blive klogere på den bæredygtige fjernvarmeproduktion.

Indtil videre skal der være to pumper, som hver kan producere varme til 4-500 husstande på en vinterkold dag. Men bygningen er lavet med plads til i alt 12 pumper.

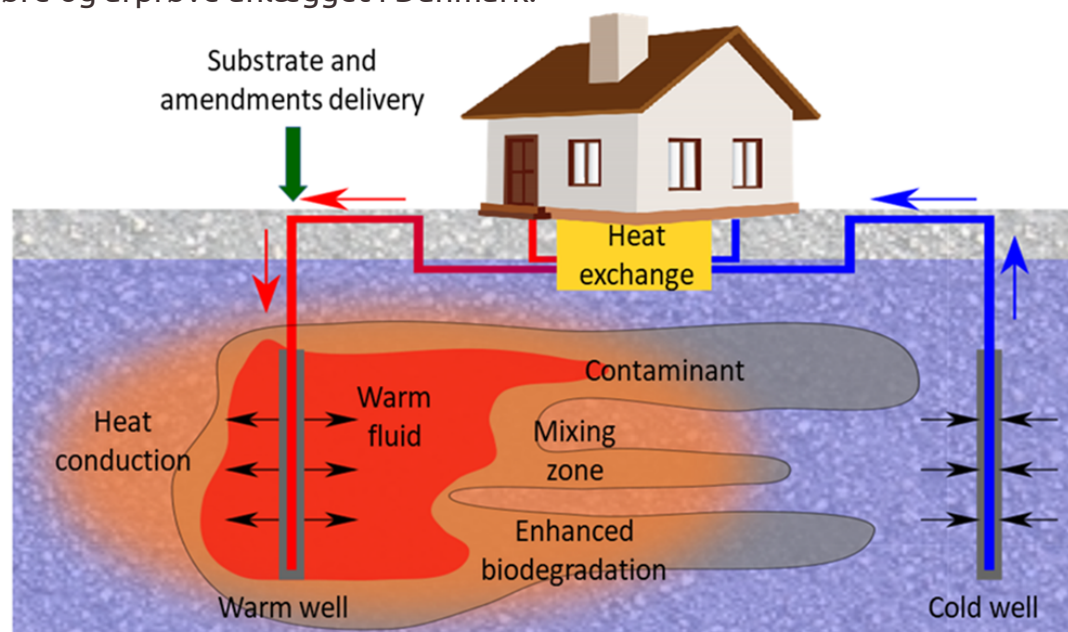
På fuld drift kan der pumpes omkring 140 kubikmeter havvand gennem varmepumpen i timen, herfra pumpes vandet gennem et filter og videre ind i en lille silo. I siloen sænkes trykkes, som får havvandet til at koge. Dampen filtreres igen, og bliver derefter sat under højt tryk. Under tryk stiger temperaturen til 60-65 grader, som er nødvendigt for at varme fjernvarmevandet op.

ENERGIPRODUKTION KOMBINERET MED RENSNING

Danmarks Tekniske Universitet (DTU) kombinerer grundvandsopvarmning og biologisk oprensning i nyt projekt. I et ATES-anlæg pumpes koldt grundvand op og bruges til at køle bygninger om sommeren. Ved at kombinere produktionen af varme og køling med biologisk nedbrydning af forurenende stoffer kan grundvandet renses in situ.

Projektet hedder BiodegrATES⁸ og støttes af Danmarks uafhængige forskningsfond. Projektet skal undersøge og udvikle teknologi til at generere varme og køling ved hjælp af grundvand og samtidig rense dette og sikre rent drikkevand.

Især i Holland er ATES-anlæg blevet mere almindelige, og de geologiske forhold i Danmark tyder på, at der er et stort uudnyttet potentiale for denne type anlæg. En udfordring i forbindelse med anvendelsen af teknologien i stor skala er imidlertid, at grundvandet, især i nærheden af byer, kan indeholde forurenende stoffer fra tidligere industrielle aktiviteter, fabrikker, tankstationer og lignende. BiodegrATES vil derfor kombinere opvarmning af grundvand med bioteknologi for at rense grundvandet på stedet. Dette sker ved hjælp af biologisk nedbrydning af forurenende stoffer. Processen for nedbrydning er mest effektiv, når den sker ved høje temperaturer. Projektet samarbejder med Region Hovedstaden om at gennemføre og afprøve anlægget i Danmark.



KOMBINERET GRUNDVANDS- OG SØVANDSVARMEPUMPE

I Viborg omdannes et gammelt vandværksgrund ved Nørresø til kombineret bypark, varmekværk og regnvandsbassin.

Anlægget inkluderer en 6 MW kombineret grundvands- og søvandsvarmepumpe, der kan levere ca. 12 procent af varmebehovet i Viborg, hvilket svarer til cirka 2100 husstande.⁹

Den gamle vandværksbygning skal fremover huse det nye varmepumpeanlæg til forsyning af fjernvarme.

Ovenpå rentvandstankens overflade planlægges et rekreativt opholdsområde for beboere og besøgende. Her vil der også blive formidlet historien om områdets tidligere funktion som vandværk samt dets kombinerede egenskaber for varmeproduktion og håndtering af regnvand.

Den rekreative brug af området vil anvende anlæggets rørføring i udformningen af borde og bænke.



Figur 5:
Visualisering: C.F. Møller Architects

LOVGIVNING

Lovgivningen bag etableringen af energianlæg med brug af grundvand, overfaldevand eller andre vandbaserede anlæg er meget komplekst og omfattende. Hvert anlæg vil kræve en særlig vurdering i forhold til risici for punktforurening og ændringer i flora og fauna grundet ændret temperatur i lokalitet.

Det er den stedlige kommune som er sagsbehandler på ansøgninger og det anbefales at kommunen kontaktes tidligt i processen. Kommunen vil have kendskab til områder med særlige drikkevandsinteresser, naturbeskyttelsesområder, varmeplaner mv. og vil kunne bistå med vejledning til godkendelsesprocessen og hvilken lovgivning der vil blive berørt i det konkrete projekt.

Ved ansøgning om nyt anlæg skal følgende forudsætninger være opfyldt:

1. Der indvindes fra og injiceres til det samme grundvandsmagasin.
2. Der er udført undersøgelser, der tilvejebringer oplysninger om^[1]:
 - a) Grundvandsmagasinet geologi og udstrækning (horisontalt såvel som vertikalt)
 - b) Grundvandsmagasinet hydrauliske egenskaber, herunder hydraulisk kontakt med andre magasiner,
 - c) Grundvandsmagasinet hydrogeologiske forhold,
 - d) Grundvandsmagasinet kemi og mikrobiologi og
 - e) Grundvandsmagasinet hydrotermiske egenskaber.

Ansøgningen skal desuden indeholde oplysninger, som dokumenterer, at der ikke er risiko for, at de stoffer, der anvendes i forbindelse med forbrugskredsløbet, kan forurene grundvandet.

Til ansøgninger til energianlæg med brug af vand som energikilde vil følgende lovgivninger oftest være berørt:

- Vandforsyningsloven (tilladelse til tilbageledning af grundvand, godkendelse og regulering)
- Miljøbeskyttelsesloven (tilladelse til tilbageledning af grundvand og miljøgodkendelse)
- BEK nr. 1716 af 15/12/2015 Bekendtgørelse om varmeindvindings- og grundvandskøleanlæg¹⁰
- Naturbeskyttelsesloven
- Bygningsreglement (byggetilladelse)
- Vejlov (gravetilladelser)

Der ses en stigende interesse for energianlæg med vand som energikilde og dermed er der også begyndt at være anlæg hvorfra der kan drages erfaringer. Dansk Fjernvarme vejleder varmekværker om etablering af disse energianlæg og det kan anbefales at bruge brancheorganisationen til indhentning af viden i en godkendelsesproces.

