

CO₂-neutrale sygehuse med ATES

Civilingeniør
Stig Niemi Sørensen
www.enopsol.dk

Indledning

Det er i dag muligt at producere helt fossil- og CO₂-fri køling og opvarmning til de danske sygehuse og vel at mærke til konkurrencedygtige priser.

Løsningen er grundvandsbaseret køling og opvarmning med intelligent kort- og langtidslagring af lavtemperatur varme fra rum- og proceskøling i de terrænnære grundvandsmagasiner i sommertiden og anvendelsen af den lagrede varme til varmeproduktion i vintertiden ved hjælp af eldrevne varmepumper.

Systemet anvender kun elektricitet, der kan produceres fra vedvarende energikilder, men også uden at bruge og beslaglægge grundvandsressourcen, idet anlæggene kan udføres med både vandbalance og termisk balance.

Baggrund

I en nærtstående fremtid skal bygningsopvarmning og -køling ske fossilfrit. Dette gælder også for de danske hospitaler og sygehuse.

Netop i disse år foretages store investeringer i udbygning med nye, store hospitaler og moderniseringer og ombygninger af mange af de eksisterende hospitaler og sygehuse i Danmark.

For dem alle gælder, at der er både et opvarmnings- og et kølebehov, men ikke nødvendigvis samtidigt. Der er dog altid et minimum varmebehov hele året rundt til opvarmning af varmt brugsvand og et minimum proceskølebehov året rundt til køling af fx scannere, men disse behov er små set i forhold til de tidspunkter, hvor behovene for opvarmning og køling er størst.

Det største behov for opvarmning er naturligvis på den koldeste vinterdag, og det største behov for køling er naturligvis på den varmeste sommerdag, hvilket ligger med en tidsforskydning på adskillige måneder. Det meste af den varme, som fjernes ved køling, kan derfor ikke umiddelbart anvendes til opvarmningsformål.

Ved anvendelse af store termiske lagre i de grundvandsførende jordlag i undergrunden, er det muligt at gemme det meste af den varme, der er fjernet ved køling om sommeren, til opvarmning om vinteren. Tabet ved lagringen er typisk 15-20%.

Ved køling om sommeren med grundvand kan der desuden spares over 90% på elregningen sammenlignet med traditionel køling, der sker ved hjælp af kølekompresorer og op til 60% på varmeregningen til traditionel opvarmning, der sker ved hjælp af naturgas, olie eller fjernvarme.

Mange steder i Danmark findes velegnede, terrænnære grundvandsmagasiner, der kan anvendes til kort- og langtidslagring af lavtemperatur varme og kulde uden at være til gene for indvindingen af grundvand til drikkevand.

Termisk lagring af varme og kulde

Lavtemperatur lagring af varme og kulde i de terrænnære, grundvandsførende jordlag – de såkaldte ATES-systemer er en velegnet teknologi til køling og opvarmning af de danske hospitaler og sygehuse, idet der normalt er både et køle- og et opvarmningsbehov.

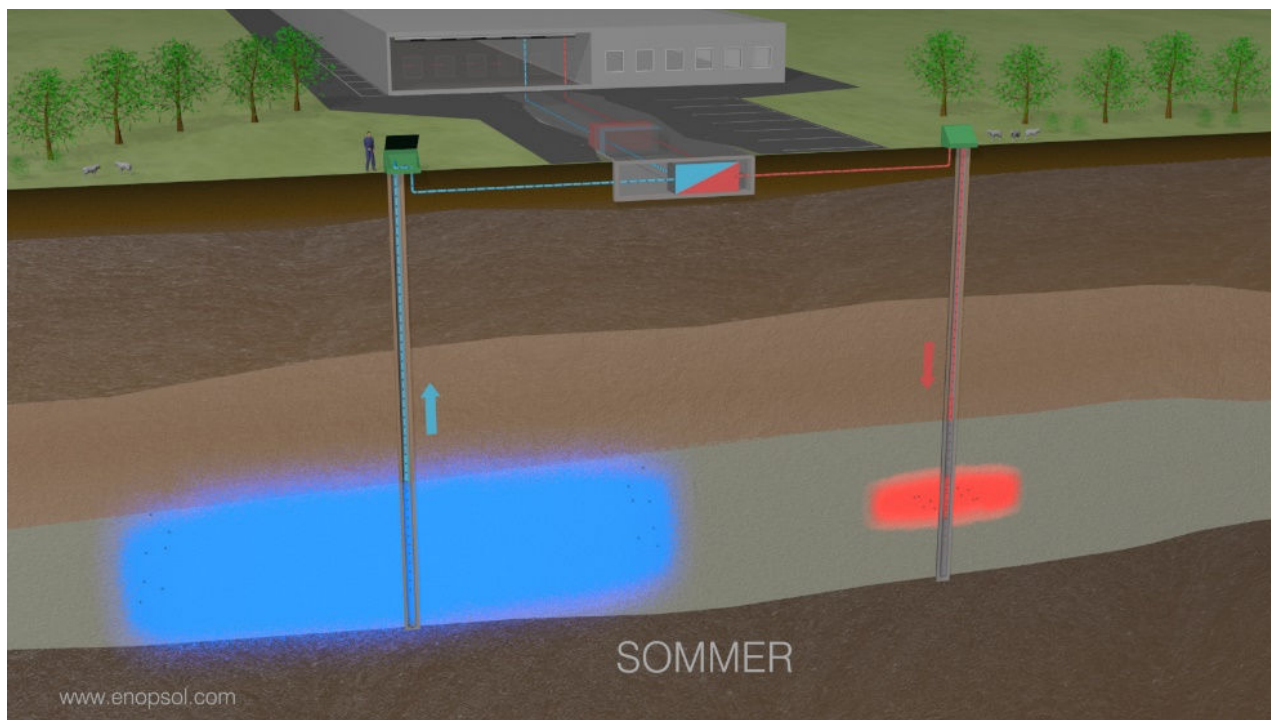
ATES, der står for Aquifer Thermal Energy Storage er en velafprøvet teknologi både i Danmark og i udlandet. Lagringsmediet er de naturlige, vandførende jordlag som sand, grus og kalk. Lageret opbygges ved at udføre en række boringer typisk til en dybde på under 100 meter afhængig af beliggenheden af de vandførende jordlag.

Boringerne skal udføres, så de både kan fungere som indvindingsboringer og som returledningsboringer for grundvand.

Boringerne udpeges hver især enten som "varm" eller "kold" boring.

Når der er behov for køling pumpes grundvandet fra "kold" boring i et lukket rørsystem gennem en varmeveksler og tilbage i grundvandsmagasinet igennem "varm" boring.

Princippet er illustreret på figur 1.

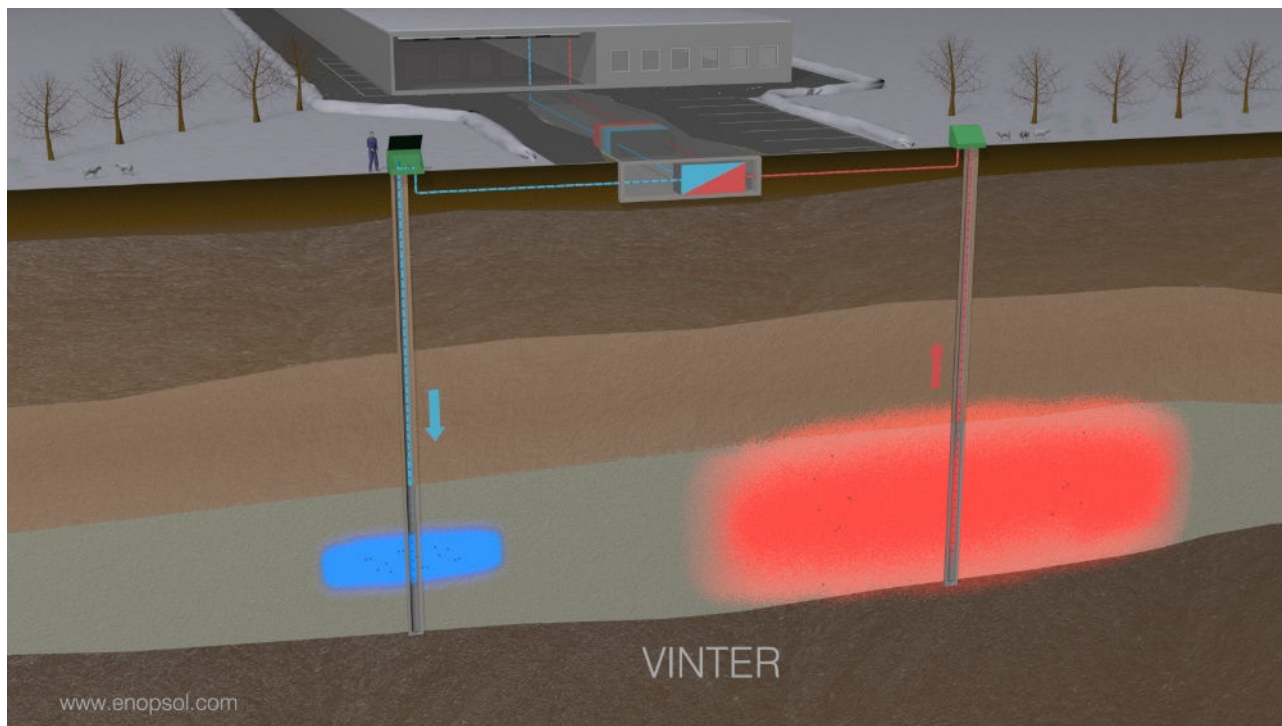


Figur 1. Køling i sommertiden. Koldt grundvand pumpes fra "kold" brønd via rør i jord igennem en varmeveksler, hvor grundvandet opvarmes ved varmeveksling med internt kølevand inden det tilbageledes opvarmet gennem "varm" brønd. Kuldageret opbygget omkring "kold" brønd i grundvandsmagasinet i vintertiden tømmes samtidig med at et varmelager opbygges i grundvandsmagasinet omkring "varm" brønd. Kilde: Enopsol.

Når der er behov for opvarmning pumpes grundvandet den modsatte vej fra "varm" boring i det lukkede rørsystem gennem varmeveksleren og tilbage i grundvandsmagasinet igennem "kold" boring.

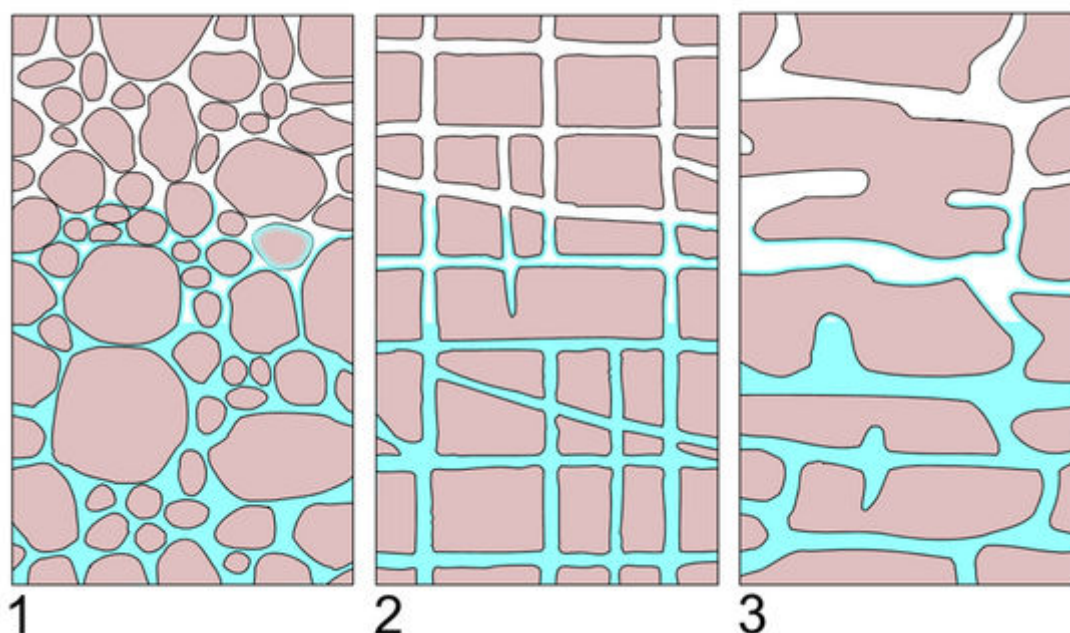
Princippet er illustreret på figur 2.

Da hele den oppumpede grundvandsmængde tilbageledes i grundvandsmagasinet, sker der ikke noget forbrug af grundvandsressourcen.



Figur 2. Opvarmning i vintertiden. Varmt grundvand pumpes fra "varm" brønd via rør i jord igennem en varmeveksler, hvor grundvandet afkøles ved varmeveksling med internt kølevand inden det tilbageledes afkølet gennem "kold" brønd. En varmepumpe hæver temperaturen af kølevandet til en temperatur, der kan anvendes til opvarmningsformål. Varmelageret opbygget omkring "varm" brønd i grundvandsmagasinet i sommertiden tømmes samtidig med at et kuldager opbygges i grundvandsmagasinet omkring "kold" brønd. Kilde: Enopsol.

Ved tilbageledning af varmere eller koldere grundvand i grundvandsmagasinet, afgives varmen eller kulden til grundvandsmagasinet sand-, grus- eller kalkstruktur, idet grundvandet strømmer igennem strukturen og herved afgiver varme eller kulde til denne. Vandindholdet i et egnet grundvandsmagasin er mellem 15 og 35% -resten er struktur som illustreret på figur 1.



Figur 3. Eksempler på porøse strukturer. 1: sand og grus. 2 og 3: spalter og sprækker i kalk. Kilde: GEUS.

Når opvarmet eller afkølet grundvand ledes ud i grundvandsmagasinet gennem returledningsboringen er der en væsentlig forskel på, hvor hurtigt vandet udbreder sig væk fra boringen, og hvor hurtigt varmen eller kulden udbreder sig væk fra boringen, idet varme- eller kuldeudbredelsen forsinkes af, at der skal bruges energi til enten at opvarme eller afkøle strukturen i grundvandsmagasinet. Ved et vandindhold på fx 30% i et sandmagasin, når varmefronten kun ca. 70% så langt væk fra boringen som grundvandsfronten i samme tidsperiode ved tilbageledning af varme eller kulde.

Ved genindvinding af den lagrede varme eller kulde vendes pumperetningen og strukturen afgiver sit varme- eller kuldeindhold til det grundvand, som gennemstømmer den opvarmede eller afkølede struktur.

Da afstanden mellem en "varm" og en "kold" boring skal afpasset efter en lang række parametre, skal der udføres en grundig forundersøgelse af de grundvandsmæssige forhold på den aktuelle lokalitet.

Det vil normalt ikke kunne betale sig at udføre så stort et grundvandsanlæg, at det kan klare det maksimale køleeffektbehov, der optræder på den varmeste sommerdag. Ligeledes vil det normalt heller ikke kunne betale sig at etablere et grundvandsanlæg der kan klare det maksimale varmeeffektbehov på den koldeste vinterdag.

For hvert hospital eller sygehus ligger der imidlertid et optimum, der er styret af de lokale forhold. Hvor hospitalet eller sygehuset er tilsluttet fjernvarmen, kan

kølebehovet være dimensionerende for grundvandanlægget. Hvor hospitalet eller sygehuset ikke forsynes med fjernvarme kan det være varmebehovet, der er dimensionerende for grundvandsanlægget.

Normalt er der ikke energibalance mellem bygningers behov for køling og opvarmning, hvilket får betydning for design af det samlede energisystem.

Hvor behovet for køling er dominerende kan der være behov for supplerende køling fra fx kølekompessoranlæg eller fra kulde lagret om vinteren fra fx udeluften.

Hvor behovet for opvarmning er dominerende kan der være behov for supplerende varme lagret fra fx kondensatorkøling om sommeren eller varme lagret fra fx solvarme.

Parameterstudier med et af Enopsol udviklet program har vist, at det kan betale sig at operere med både et varme- og et kuldager.

Anlægsopbygning – eksempel

I figur 4 er vist et af Enopsol designet modulært energisystem til en driftssituation med et samtidigt stort kølebehov og et lille varmebehov (sommer).

Grundvandet pumpes fra "kold" brønd gennem 2 varmevekslere -en primær og en sekundær veksler. I den primære veksler varmeveksles grundvand med internt kølevand. Temperaturen af grundvand før det passerer varmeveksleren er noget koldere end i naturtilstanden, idet der i vintertiden er lagret afkølet grundvand i "kold" brønd fx ved 3-5°C. Ved varmevekslingen i primær veksler opvarmes grundvandet til fx 16°C. Opvarmes grundvandet fra 5 til 16°C vil hvert boringspar kunne levere en køleeffekt på 640 kW, hvis der cirkuleres 50 m³ pr. time grundvand mellem de to borer. På kølevandssiden kan der leveres kølevand med en fremløbstemperatur ned til 6°C. Hvis der er brug for supplerende køling startes de to viste seriekoblede varmepumper. Kondensatorvarmen fra de to varmepumper varmeveksles over i grundvandet i den sekundære varmeveksler. Herved opvarmes grundvandet yderligere til maksimalt 25°C og i gennemsnit 20°C efter gældende bestemmelser. Herved kan et boringspar levere en samlet køleeffekt på op til 1160 kW, hvis der cirkuleres 50 m³ pr. time grundvand mellem de to borer. Varmeforsyningen leveres i denne driftsform som fjernvarme.

I figur 5 er vist et af Enopsol designet modulært energisystem til en driftssituation med et samtidigt stort varmebehov og et lille kølebehov (vinter).

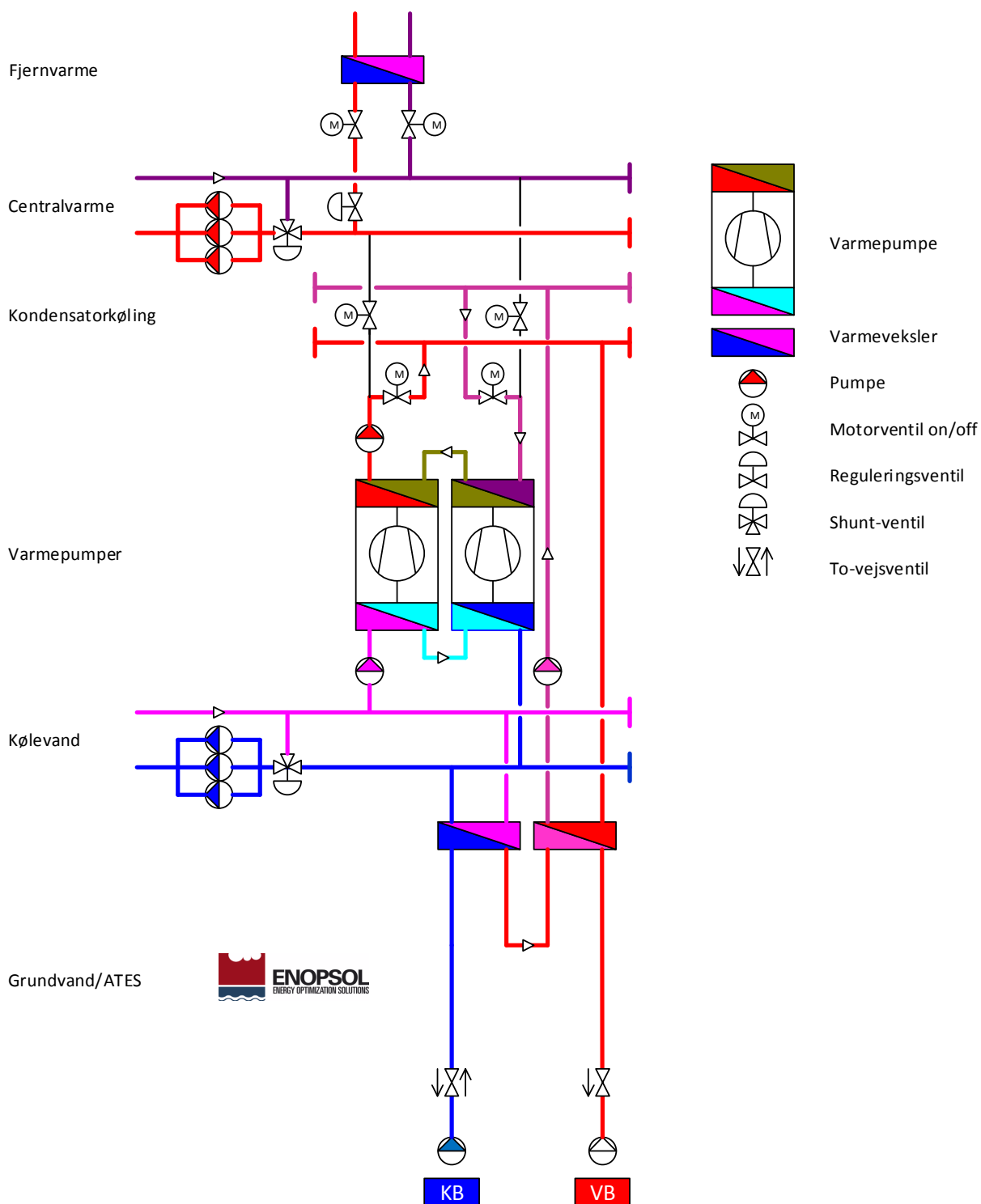
Grundvandet pumpes fra "varm" brønd gennem den primære varmeveksler. I den primære veksler varmeveksles grundvand med internt kølevand. Temperaturen af grundvand før det passerer varmeveksleren er noget varmere end i naturtilstanden, idet der i sommertiden er lagret opvarmet grundvand i "varm" brønd fx ved 16-25°C.



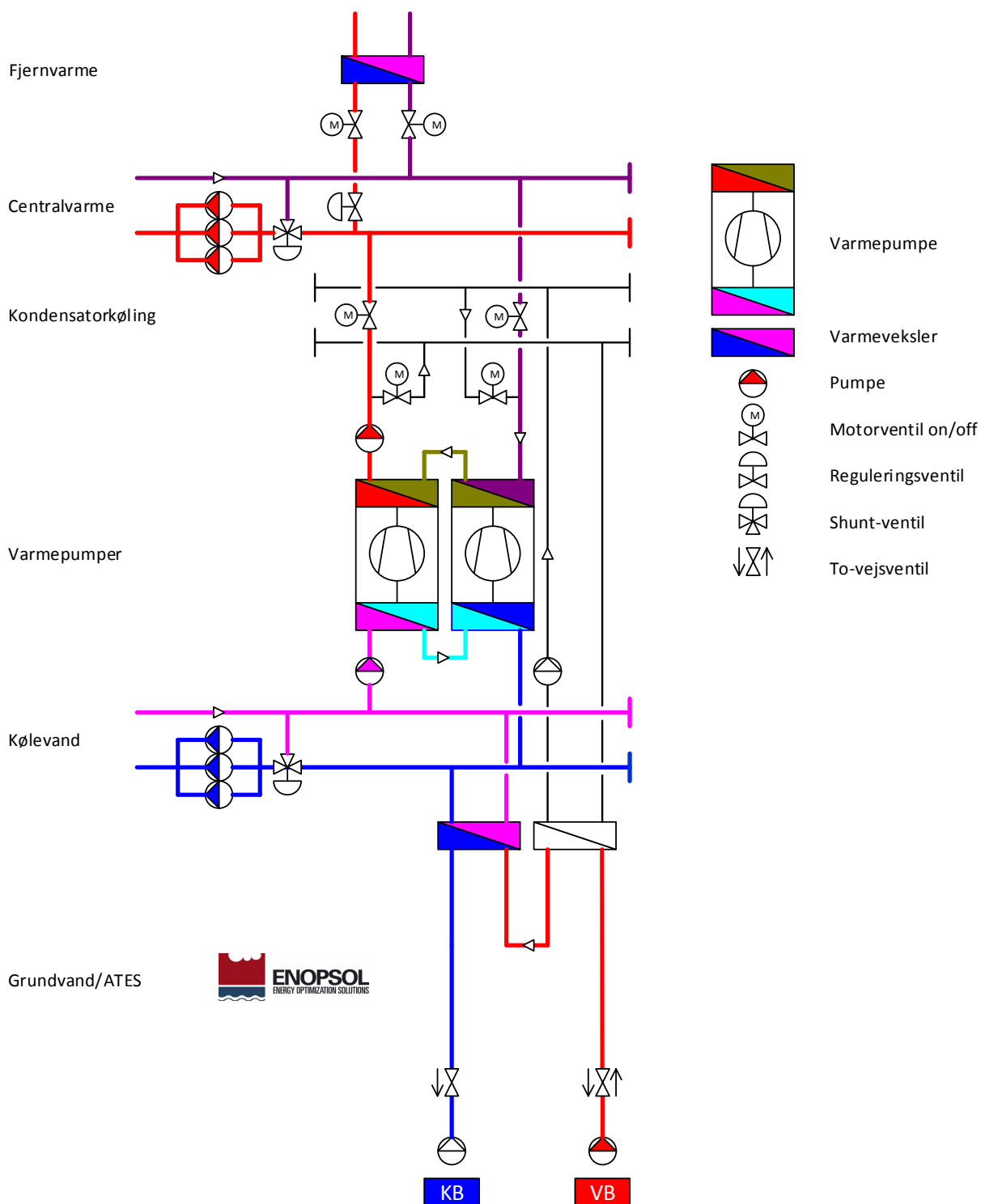
Ved varmevekslingen i primær veksler afkøles grundvandet til fx 4°C. Afkøles grundvandet fra 16 til 4°C vil hvert boringspar kunne levere en varmeeffekt på 700 kW, hvis der cirkuleres 50 m³ pr. time grundvand mellem de to boringer. På kølevandssiden produceres kølevand af varmepumperne ned til fx 3°C. Varmepumperne leverer varme ved fx 55°C. Hvis der er brug for supplerende varme, leveres denne som fjernvarme.

Konklusion

Køling og opvarmning ved hjælp af termisk energilagring i grundvandsmagasiner (ATES) og varmepumper er velegnet til danske sygehuse og hospitaler. Teknologien, der integrerer køling og opvarmning i et samlet energisystem, er velafprøvet og medfører markante reduktioner i CO₂-udledningen.



Figur 4. Modulært energisystem for samtidig køling og opvarmning ved hjælp af ATES og varmepumper. Sommersituation. Kilde: Enopsol.



Figur 5. Modulært energisystem for samtidig køling og opvarmning ved hjælp af ATEs og varmepumper. Vintersituation. Kilde: Enopsol.



Enopsol er markedsledende i Danmark og turn-key leverandør af energisystemer med grundvandskøling og ATES. Firmaet har indenfor hospitalsbranchen assisteret en række hospitaler og sygehuse med forundersøgelser, herunder tilladelser til prøveboringer, miljøansøgninger og samfundsøkonomiske analyser.

Gentofte Hospital er det første hospital i Danmark, der har etableret et ATES-anlæg. Anlægget er leveret af Enopsol og idriftsat i 2016.

www.enopsol.dk