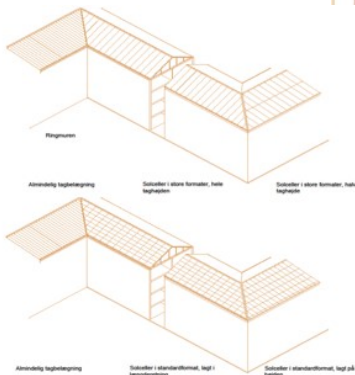
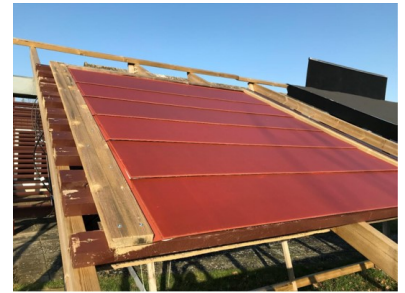
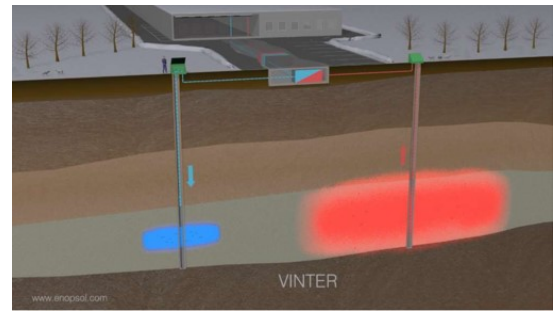
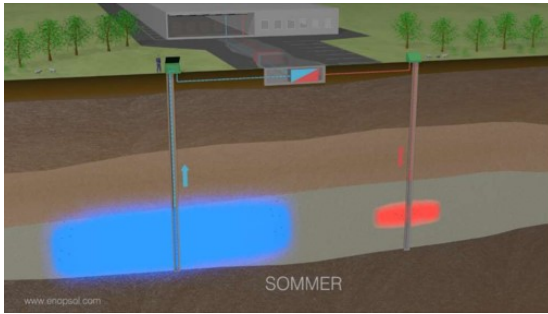


Smart Energy Green Cities



Avedøre Landsby
Bestyrelsesmøde 05.01.2021

Omstilling til fossilfri varme

Stig Niemi Sørensen
Enopsol ApS



Slutrapport, Juni 2021
Energi- Forsynings- og Klimaministeriets
Smart Energy pulje, J. nr. 2018 – 2119
Peder Vejsig Pedersen, European Green Cities



Indholdsfortegnelse

.....	0
Indholdsfortegnelse.....	1
Introduktion til Smart Energy Green Cities projektet	2
<i>Forslag til " Smart Energy "model for energiforsyning med ATES teknologi og solceller</i>	<i>5</i>
<i>Bilag 1.....</i>	<i>11</i>
<i>Introduktion to SOLUS low temperature heating and cooling at the Munksjö tower in Jönköping, Sweden presented the 16th of march 2018. Proposed technology for Køge Nord.....</i>	<i>11</i>
1. Arbejde med ATES teknologi og formidling af Bispebjerg Hospital ATES projektet.	15
<i>ATES som Smart Energy løsning</i>	<i>15</i>
<i>Bispebjerg Hospital, ATES anlæg, Enopsol</i>	<i>16</i>
<i>Introduktion til en række problematikker der er vigtige i forhold til ATES anlæg</i>	<i>35</i>
2. Smart Energy Green Cities arbejde vedr. Avedøre Green City	36
<i>Introduktion til Smart Energy forslag til Avedøre Stationsby</i>	<i>36</i>
<i>BIPV-løsninger i byggeriet</i>	<i>37</i>
<i>Energifællesskaber vil bane vejen for udbredt anvendelse af solenergi.....</i>	<i>37</i>
<i>Solenergi helhedsløsninger.....</i>	<i>38</i>
<i>Projekt til Avedøre Stationsby</i>	<i>38</i>
<i>Forslag til PVT-pilot anlæg til Avedøre Stationsby</i>	<i>40</i>
<i>Forslag til udvikling og demonstration af fossilfri fjernvarme med PVT i kombination med ATES med sæsonvarmelagring og varmepumper til Avedøre Stationsby.</i>	<i>43</i>
<i>Investeringsbudget for PVT og ATES løsning til CO2 neutral Avedøre Landsby.....</i>	<i>47</i>
<i>Bilag 2.1 Avedøre Stationsby, beskrivelse, Solarplan</i>	<i>65</i>
<i>Bilag 2.2 Fossilfri fjernvarmeproduktion med PVT og ATES, Enopsol</i>	<i>72</i>
<i>Bilag 2.3 Avedøre Landsby, beregningsprogram, Enopsol</i>	<i>79</i>
3. Indledende samarbejde med Frederiksberg Forsyning og Kuben Management om udnyttelsen af Frederiksberg Hospital grunden med krav til CO2 neutralitet og benyttelse af Smart Energy løsninger og BIPV i praksis	82
<i>Forslag til CO2 neutral byudvikling med ATES teknologi og solenergiløsninger til Frederiksberg Hospital området... ..</i>	<i>82</i>
<i>Artikel om Frederiksberg Hospital grunden, 11. maj 2021</i>	<i>83</i>
<i>Kildepladszoner, Frederiksberg Vandforsyningsboringer.</i>	<i>91</i>
4. Udvikling af Smart Energy Design Guidelines som værktøj til at sikre en CO2 neutral byudvikling med ATES teknologi og BIPV	92
5. Erfaringer fra arbejde med CO2 neutralt byggeri og praktiske erfaringer med udviklingsarbejde indenfor solenergi i Danmark (1973 – 2021) v. civilingeniør Peder Vejsig Pedersen	93

6. Lokalt produceret solenergi vil kunne indgå som et vigtigt værktøj i den grønne omstilling i Danmark og i EU ..	100
6.1 Solenergi i den grønne omstilling	100
6.2 Fremtidens Energiforsyning – Bæredygtig og Levedygtig	104
6.3 Hvordan fremmes brug af lokal vedvarende energi i form af solstrøm?	110
7. Resume og fremtidsperspektiver vedr. CO2 neutral byudvikling med ATES og BIPV	111
CO2 neutral byudvikling med ATES og BIPV	111
Fremtidsorienteret ide til at kombinere affaldsforbrændingsanlæg med lokale ATES systemer med varmepumper.	112
8. Formidling, workshops og webinarer om Smart Energy Green Cities initiativet	113

Introduktion til Smart Energy Green Cities projektet

Ideen bag Smart Energy Green Cities projektet var at fortsætte det mangeårige arbejde, der blev gennemført i regi af firmaet Cenergia, med udvikling af CO2 neutralt byggeri og CO2 neutrale byområder på basis af en vision om at udnytte nye løsninger med bygningsindpassede solceller og kombinere dette med nye typer økonomiske ”Smart Energy” løsninger som grundvandsbaserede varmepumpeløsninger.

Smart Energy Green Cities projektet er gennemført under Energistyrelsens ”Smart Energy” pulje fra januar 2019 og til juni 2021 med European Green Cities som koordinator og med civilingeniør og partner Peder Vejsig Pedersen som projektleder og initiativtager. Partnerne i projektet har desuden været firmaerne Solarplan v. arkitekt maa. Klaus Boyer Rasmussen samt Enopsol v. direktør Stig Niemi Sørensen som deltagere. Desuden har firmaet Kuben Management v. chefkonsulent Jakob Klint medgået som underleverandør i projektet.

Som det fremgår af det følgende materiale fra projektkontrakten, har der indledningsvis været et tæt samarbejde med Køge Kommune og VEKS samt Aalborg Universitet om at arbejde med ultra lavtemperaturfjernvarme i udviklingsområdet Køge Nord.

European Green Cities (EGC) er en nonprofitorganisation, der dels fungerer som et netværk af byer, organisationer og virksomheder, der arbejder for en grøn byudvikling i et bæredygtigt Europa, og samtidig fungerer som sekretariat for Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger, FBBB som har et stort antal medlemmer, herunder en række Danske kommuner og boligselskaber, se www.fbbb.dk, www.europeangreencities.com og www.greencities.eu.

Smart Energy Green Cities projektet knytter både an til en igangværende indsats med at realisere et "Smart Energy" initiativ i Avedøre ved navn Green City Avedøre, samt en række andre Smart Energy initiativer. Her kan nævnes Køge Nord ved den nye station på Ringstedbanen, Vinge Nord i Frederikssund, omdannelsen af Frederiksberg Hospital grunden på Frederiksberg samt en energi forsyningsløsning til et nyt boligområde med varmepumper i Værløse.

Samtidig var det ideen at udnytte European Green Cities og FBBB til at støtte en landsdækkende kampagne for "Smart Energy" byområder, hvor vigtige erfaringer, f.eks. med ATES teknologi (Grundvandsvarme og -køling i samspil med varmepumper) kan præsenteres og udbredes. Her skal gennemføres en dialog med byområder, byudviklingsprojekter og erhvervsområder, samtidig med at FBBBs database, www.bæredygtigebygninger.dk skulle bringes i spil, også med fokus på at dokumentere "performance" i praksis.

EGC havde fra Avedøre Boligforening fået i opdrag at koordinere en række udviklingsprojekter, som tilsammen skal føre til, at Avedøre og Avedøre Stationsby bliver til Avedøre Green City. Med i samarbejdet er desuden EBO Consult A/S, som er initiativtager til projektet, Avedøre Fjernvarme, der administreres af EBO Consult A/S og KAB, som er boligorganisationernes administrationselskab.

I området skal der udvikles "Smart Energy" løsninger, som kombineres med en forestående energirenovering af bygningerne i området. Som udgangspunkt tænkes udviklet en række eksempel projekter, som kan indgå i renoveringen af Avedøre Stationsby og siden udvikles til et større område af Avedøre: Stationsområdet, Avedørelejren med bl.a. store betonboligkarreer fra 1960'erne og 1970'erne, Filmbyen (bl.a. med Zentropa), Avedøre Landsby og Danmark største industri kvarter, der ligger klods op af Avedøre Værket.

Det var samtidig tanken at satse på et samarbejde med Kuben Management og i den forbindelse bygge videre på et tidligere udviklingsarbejde med en "Smart Energy" løsning i Køge Nord området og i den forbindelse udnytte nogle af de samme principper, der blev arbejdet med her.

Som det fremgår af en lang række reference projekter for anvendelse af grundvandslagring til dækning af køle- og varmebehov i samspil med varmepumpe, så har firmaet Enopsol formået at udnytte denne såkaldte ATES teknologi (Aquifer Thermal Energy Storage) til en lang række markante anvendelser i Danmark. Her kan bl.a. nævnes til firmaer som Widex og Grundfos, til København lufthavn, til en række hoteller og senest et stort anlæg til Bispebjerg Hospital i København, hvor man vil spare 75% af energiforbruget, samtidig med at der opnås en positiv brugerøkonomi og samfundsøkonomi.

Disse projekter har kun kunnet gennemføres, fordi man har kunnet dokumentere over for myndighederne, hvordan forholdene for grundvandet vil udvikle sig over tid, herunder at man søger at skabe termisk balance på årsbasis så den gennemsnitlige grundvandstemperatur fastholdes på det normale niveau. Dette betyder, at når der tilføres varme til grundvandet ved anvendelse til køleformål, primært i sommer

perioden, så skal dette modsvars af en drift i vinterhalvåret, hvor der fjernes varme fra grundvandet. Dette sker typisk ved anvendelse af store varmepumpe, der køler grundvandet og herved hjælper med at dække forskellige varmebehov.

På trods af de meget fine resultater, så er denne såkaldte "ATES" teknologi ikke særlig udbredt i Danmark, I et samarbejde mellem European Green Cities, Kuben Management og SBi/ AAU blev der i 2018 udviklet forslag til praktisk anvendelse af ATES teknologien i et større byudviklingsområde i Køge Nord, hvor det er tanken at kombinere den med såkaldt "Bifacial district heating and cooling". I figuren herunder er vist den planlagte indsats ved den nye togstation i Køge Nord.



Hovedplan for Køge Nord, syd for København. Her er en ny jernbanestation langs motorvejen grundlaget for ny byudvikling først med kontorbyggeri og senere med boligbyggeri.



Illustration af kontorbyggeri langs motorvej og bane, som er forberedt for brug af solceller i facaderne.

(tegning: Reiulf Ramstein Arkitekter fra Norge)

Forslag til " Smart Energy " model for energiforsyning med ATES teknologi og solceller

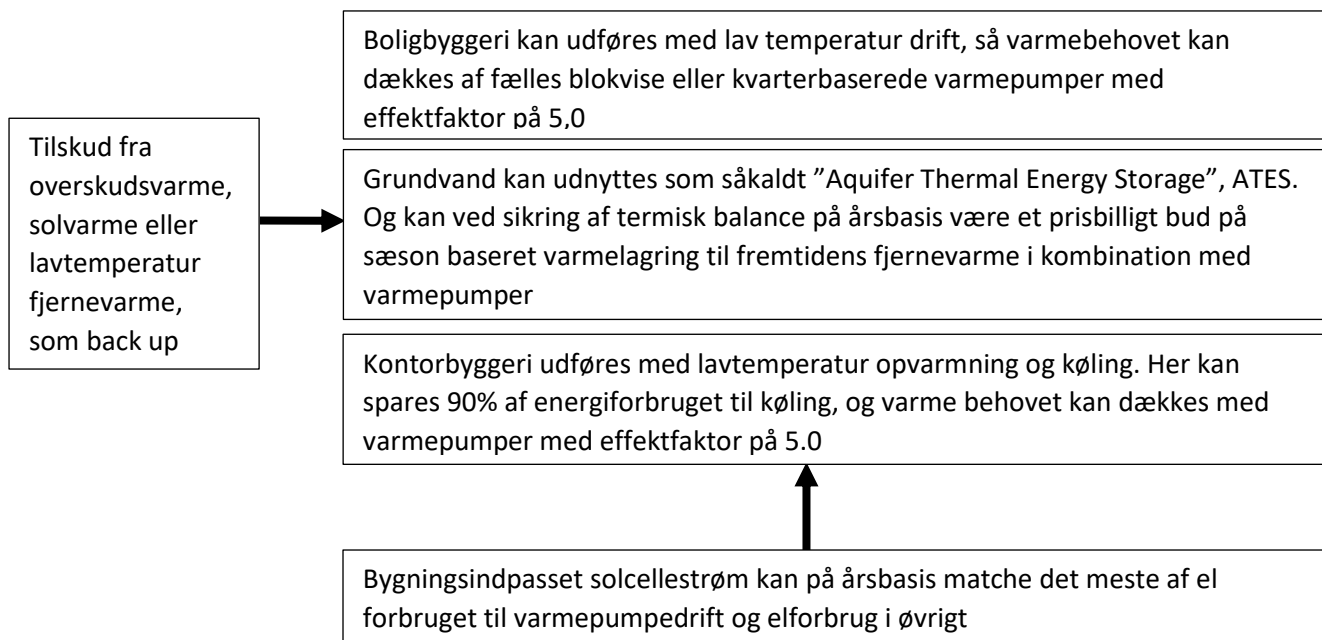


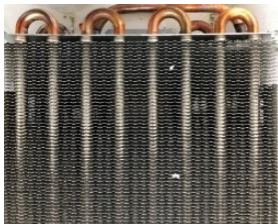
Illustration af "Smart Energy" forsyning med ATES teknologi, varmepumper og bygningsindpassede solceller.

I denne type såkaldt 5. generations fjernvarme udnyttes der meget lave driftstemperaturer i fjernvarmen, som samtidigt påtænkes kombineret med nogle af de mest vidtgående lavtemperatur varme og kølesystemer, der findes i dag. Et eksempel herpå er den såkaldte "Solus" teknologi, som leveres af firmaet Lindab.

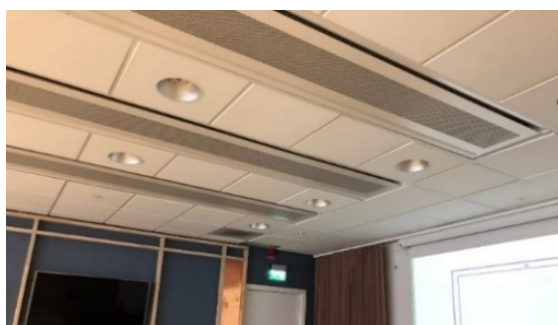
I nedenstående figurer er vist anvendelsen af denne teknologi til et demonstrationsbyggeri i Jønkøping, i Sverige. Solus gør ultra lavtemperaturdrift muligt i kontorbyggeri med fremløbstemperaturer til opvarmning på kun 23-24°C og til køling i samme element med temperaturer op til 19°C.



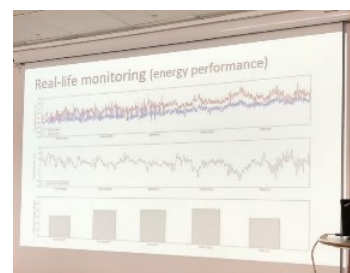
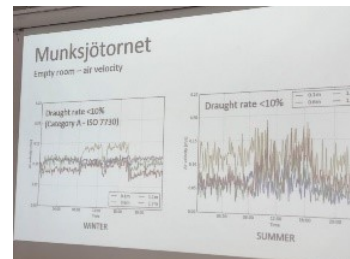
Munksjötårn i Jønkøping, Sverige blev brugt til fuldskala demonstration i 2015.



Solus varmeveksler.



Solus loftselementer i Munksjötårn.

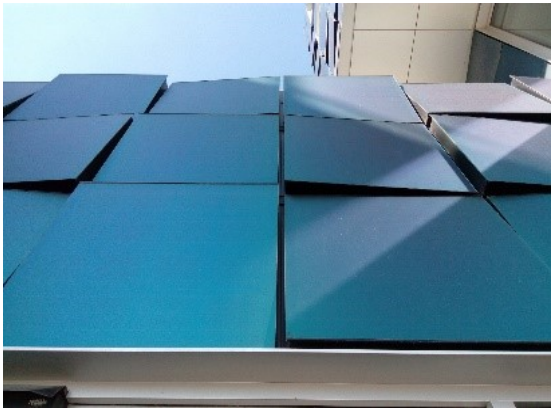


Solus målinger bekræfter god drift i praksis.

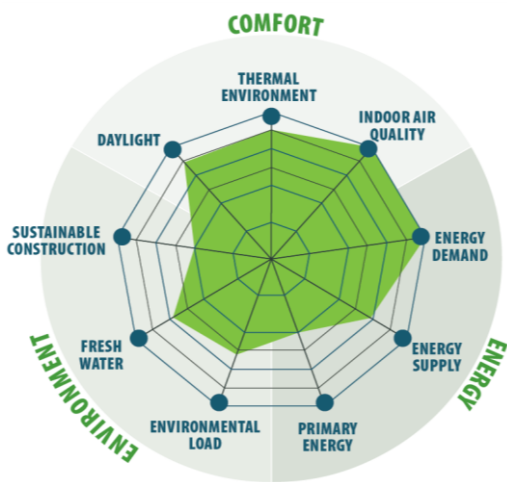
Til Køge Nord byudviklingen var det også tanken at udnytte de seneste typer af bygningsindpassede solceller; BIPV. I det følgende vises fotos af en ny skole i Københavns Nordhavn, hvor alle facader over stueplanet er udført med solcellepaneler på en arkitektonisk god måde, sammen med såkaldt AktivHus mærkning efter den internationale AktivHus standard.



CIS, Copenhagen International School i Nordhavn, København



Her ses den varierende hældning af solcellepanelerne på facaderne af CIS. Solcellemodulerne blev produceret af SolarLab som 60 W grøn kromatisk belagte hærkede glaspaneler på 700 X 716 mm med 16 monokrystallinske PV-celler (6 ") og bypass diode. Hver 8 paneler er koblet til en mikro inverter, der er let tilgængelig gennem loftet på skolen. C. F. Møller Architects var arkitekter for skolen.

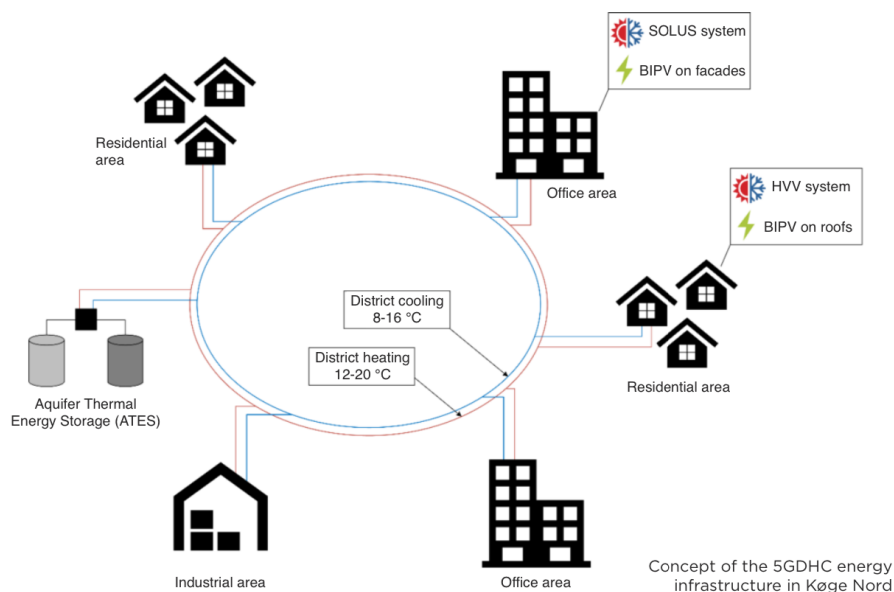


Results	
Comfort	
1.1 Daylight:	5.1 %
1.2 Thermal environment:	Better level
1.3 Indoor air quality:	≤ 500 ppm
Energy	
2.1 Energy	30.1 kWh/m ²
2.2 Energy supply:	21.7 kWh/m ²
2.3 Primary energy:	14.9 kWh/m ²
Environment	
3.1 Environmental loads:	Good level
3.2 Freshwater:	28 % savings
3.3 Sust. construction:	Good level

En Active House Radar bruges til at illustrere AktivHus mærkningen for CIS byggeriet, der i 2018 udløste den internationale Active House Award.



Her er vist et andet eksempel på facadeløsninger med solceller, der ligner almindelige facade paneler, her fra den danske producent Dansk Solenergi. Med støtte fra EUDP projektet, Ny BIPV-teknologi blev lyse grå solcellepaneler i midten, demonstreret af firmaet Solarplan i kombination med en Rockpanel-facade. Målinger udført af Teknologisk Institut viser en solcelle elproduktion ret tæt på normale krystallinske solcellemoduler.



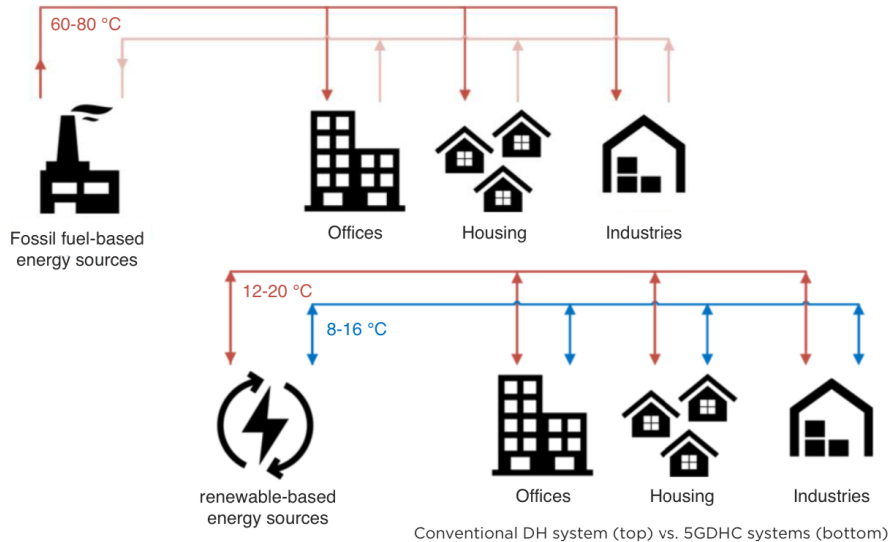
Historically, all-district heating and cooling systems have been “unidirectional”, meaning that the water in each pipe segment only flows in one direction. A particularity of 5GDHC systems is that they feature a “bidirectional distribution”, in which the water in each pipe segment can flow in alternating directions, depending on the net thermal fluxes on the system. In this case, there is a single network loop (two pipes system) for both district heating and cooling. 5GDHC systems consist of two pipes. The warmer pipe has temperatures between 12°C and 20°C, while the cold pipe has 8-16°C.

Heating and cooling in buildings are provided by means of decentralised heat pumps and chillers. This thermal distribution system functions much like the electrical grid, which can convey energy both from a centralised generator to a consumer and back from a rooftop PV into the grid. Therefore, 5GDHC systems allow buildings to become “prosumers” as they not only draw but also feed thermal energy into the grid.

The concept of 5GDHC systems is in the early stages of development. Recent studies have been carried out in terms of thermodynamic analyses and the Swiss Competence Center for Energy Research is currently building and monitoring few demonstration pilot projects in Switzerland.

The vision of Køge Municipality for the development in Køge Nord is to create a characteristic landmark for green mobility and sustainable energy in order to fulfill the local climate goals indicated in the Strategic Energy Plan “Energí på Tværs”, which envisions for the Region

Illustration af ideen bag såkaldt ”kold” fjernvarme som er ideel til at kombinere med grundvandsvarme- og kølesystemer ATES. Væske med temperaturer i samme størrelsesorden som grundvandet kan sendes rundt og udnyttes af decentrale eldrevne varmepumper. Og i sommerhalvåret kan overskudsvarme fra køling eller solvarme sikre en opvarmning af grundvandet, så man efter et års drift ender med samme temperaturniveau i grundvandet.



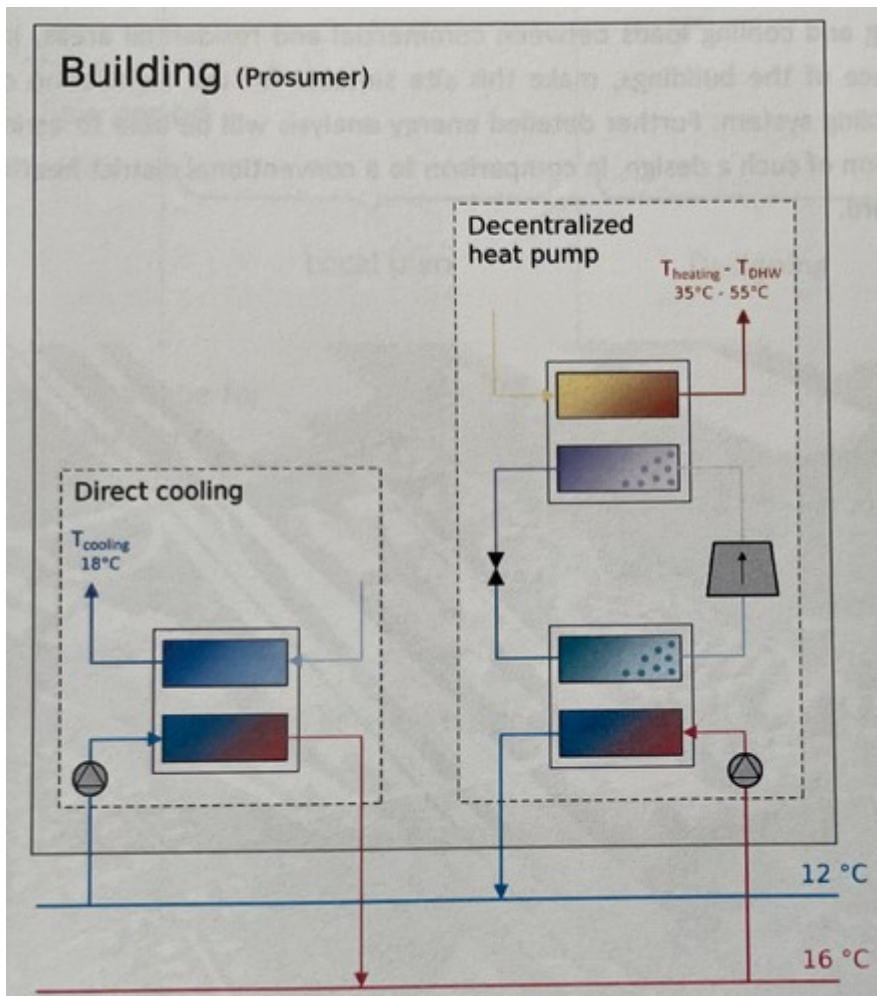
Conventional DH system (top) vs. 5GDHC systems (bottom)

The technology of district cooling is based on the idea of delivering centralised chilled water to buildings to provide greater efficiency than traditional air-conditioning systems. The development of district cooling has been more a recent one in contrast to district heating; therefore, district cooling systems are neither as common nor as extensive as district heating systems. On the other hand, energy demand for space cooling has grown rapidly since the 1990s. This is confirmed by the number of central air-conditioners and room air-conditioners installed which increased by more than 50 times from 1990 to 2010 in the European Union (EU). Other parameters that underline this trend are heating degree days and cooling degree days, which have, respectively, decreased and increased in the last decades in Europe.

Therefore, the combined effect of the decrease in heat demand and the increase in the cooling request is making the creation of district heating networks alone (i.e. without cooling) less profitable and reliable. On the other hand, from an infrastructure perspective, the creation of both a district heating and cooling system serving the same urban area would require the installation of two separated water network circuits (four pipes system) and as a consequence, the cost is more or less doubled if compared to district heating alone.

A possible solution to favour a high degree of integration between district heating and cooling networks and still maintaining a competitive cost is the creation of a so-called 5th Generation District Heating and Cooling systems (5GDHC).

Her er illustreret forskellen mellem almindelige fjernvarme- og kølesystemer med 4 rør, der både kan bruges til køle- og opvarmningsformål og samtidigt sikre meget lave systemtab.



Eksempel på en såkaldt "prosumer" installation hos den enkelte bruger. Bruges i samspil med "kold" fjernvarme, der også kan anvendes til køling.

Bilag 1

Introduktion to SOLUS low temperature heating and cooling at the Munksjö tower in Jönköping, Sweden presented the 16th of march 2018. Proposed technology for Køge Nord

Munksjö tower is made as an office building in 2014 according to a low energy standard using only 52 kWh/m², year in district heating use and obtaining cooling by help of outdoor air and cooling water from the nearby lake.

There are used 550 SOLUS beams in the loft area which operate with a forward temperature for cooling of 16°C and for heating of up to 35°C by help of the same installation element. The used windows are low energy windows with 4 layer of glass, with a U-values of 0,5 W/m² °C.

The Solus beams operates with 20 l/sec m² in airflow and 100 PA l pressure loss for the office while for the conference room 40 l/sec m² is used in airflow.

The HTC operation (High Temperature Cooling) means that you can use the outdoor temperature for cooling in many cases and at the same time that it is not necessary to insulate the air ducts, and if an air to water based heat pump is used it will have a 48% better performance than for normal HVAC systems. At least two times a year the heating element is equal to the cooling demand and it is possible to have a very simple operation.

The Munksjö tower was built based on an normal building economy securing a rent level of 2000 s.kr /m² in yearly rent and operation cost a low as 150 s.kr/ m², and according to Göran Heltmark from Lindab the actual heating use is only 25-30 kWh/m² year, with very reduced losses and a better capacity for the district heating. Noise levels are below 25 dBa and the user are satisfied with the indoor climate.

The construction of high airflow and low temperatures also secures a better average temperature gradient in the rooms.

Besides it is also possible to utilize thermal storage in a much better way.

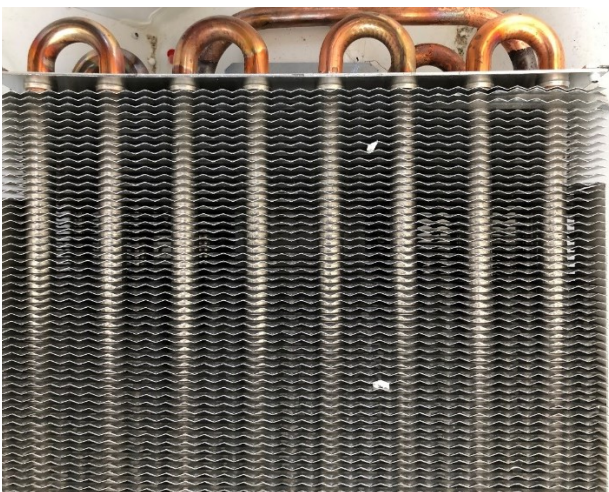
The builders of the proposal, "Tolust" confirmed the good economy of the project but also mentioned that building cost was 25% lower in Sweden in 2014 compared to 2018.

Peder Vejsig Pedersen



- Byggherre: Tolust
- Arkitekt: Yellon
- Totalentreprenör: Gärahovs Bygg
- Antal våningar: 16
- Byggnadshöjd: 64 meter
- BTA [per våning]: (LOA 517)
- BTA [totalt]: (LOA ca 8 500)
- Miljö: Leed
- Byggstart skedde: Dec 2014
- Inflyttning skedde: 2015
- Namn: Munksjötornet

Munksjötårn



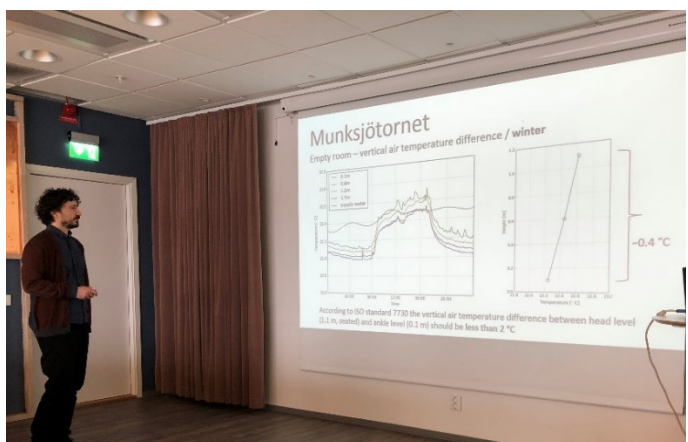
Solus heatexchanger



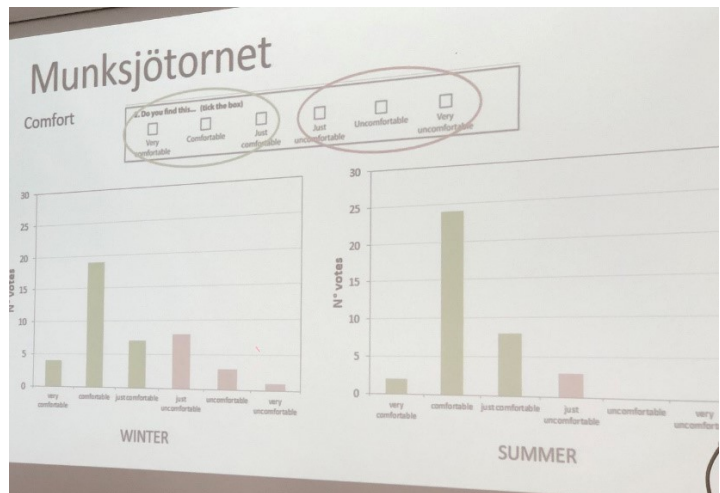
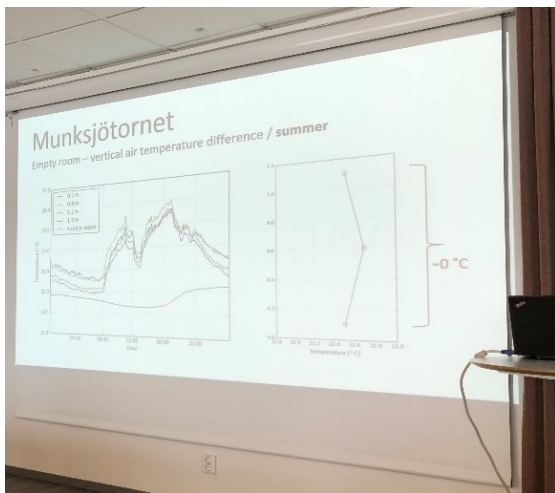
Solus beams in Munksjøtårn



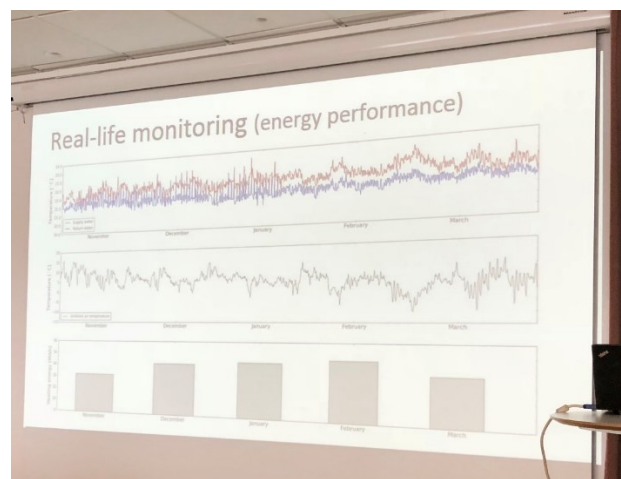
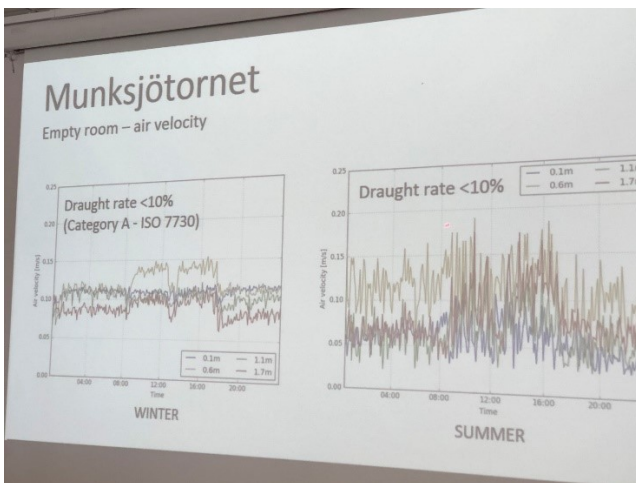
Connection pipes without insulation



Munksjøtårn. Göran Hultmark & Solus monitoring by AAU/SBi



Solus measurement confirms satisfied users.



Solus monitoring results confirms good operation in practice.

1. Arbejde med ATES teknologi og formidling af Bispebjerg Hospital ATES projektet.

ATES som Smart Energy løsning

En udbredt løsning til køling i dag, både lokalt og til fjernkøling, er brug af eldrevne kompressor køleanlæg, som i mange tilfælde placeres på taget og hvor den producerede varme blot smides ud til omgivelserne.

Den løsning skal vi væk fra og her er brug af grundvandskøling et oplagt alternativ, der samtidigt har den fordel, at den producerede varme opsamles i grundvandsmagasiner i undergrunden ved såkaldt reinjicering, således at 80% af varmeindholdet kan udnyttes i varmepumper i varmesæsonen. Sådanne anlæg kaldes ATES systemer, hvor ATES står for Aquifer Thermal Energy Storage.

Allerede ved etableringen i februar 2020 var ATES systemet til Bispebjerg Hospital et ikonisk projekt, som virkelig illustrerede, hvad grundvandsvarme og -køle systemer kan bidrage med i praksis i kombination med varmepumper.

Der opnås meget betydelige energibesparelser sammenlignet med almindelig køling og fjernvarme.

Dette er nærmere beskrevet i 2 Enopsol artikler, som gennemgår ATES anlægget i detaljer.

Bispebjerg Hospital

ATES-anlæg

Civilingeniør
Stig Niemi Sørensen
www.enopsol.dk

Maj 2021



Indledning

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 kølebehov 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 spares over 90% på elregningen sammenlignet med traditionel køling med mekaniske kølekompressorer og op til 60% på varmeregningen til traditionel opvarmning, der typisk 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.

Et eksempel er Danmarks største ATES-anlæg på Bispebjerg Hospital.

ATES-anlægget på Bispebjerg Hospital

Med idriftsættelsen af Danmarks hidtil største anlæg for central, grundvandsbaseret egenproduktion af køling og varme i december 2018, tog Bispebjerg Hospital et afgørende skridt mod at minimere det primære energiforbrug til brug for opvarmning og afkøling af Hospitalet. Anlægget vil kunne dække hele hospitalets fremtidige kølebehov og en væsentlig del af varmebehovet. Energibesparelsen er samlet set beregnet til ca. 75% i forhold til fjernvarme og traditionel køling med decentrale kølekompressor-anlæg, som var hospitalets hidtidige måde at køle og opvarme på. Den store energibesparelse fremkommer ved sæsonlagre varme fra køling af hospitalet om sommeren og genanvende varmen om vinteren med varmepumper. Dette giver samtidig en attraktiv kort tilbagebetalingstid for anlægsinvesteringen med en god samfundsøkonomi.

Ved tidspunktet for udlægning af anlægget blev CO₂-besparelsen beregnet til ca. 1.150 tons pr. år. Da anlægget udelukkende anvender elektricitet og fjernvarme, bliver køle- og varmeproduktionen fossilfri i takt med samfundets omstilling til fossilfri el- og varmeproduktion.

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.

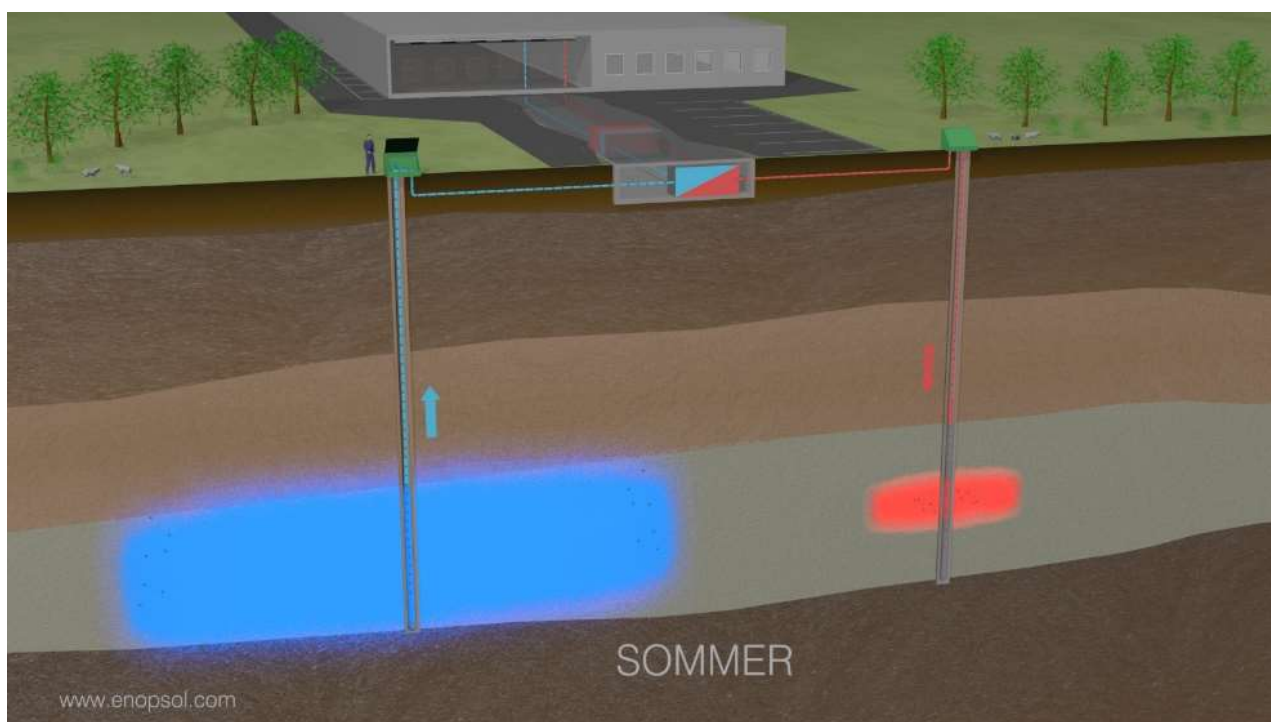
ATES, der står for Aquifer Thermal Energy Storage er en velafprøvet teknologi både i Danmark og i udlandet. Lagringsmediet er de naturlige, vandførende jordlag som sand, grus og kalk. Lageret opbygges ved at udføre en række boringer typisk til en dybde på under 100 meter afhængig af beliggenheden af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

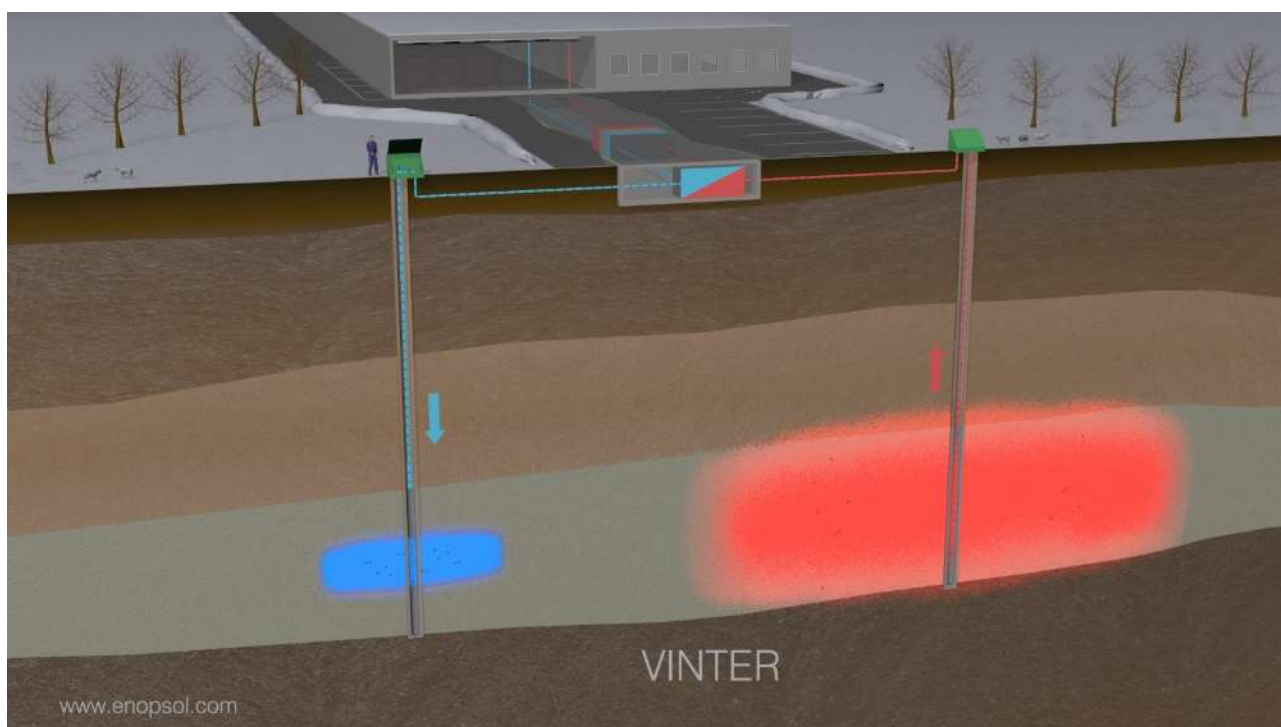


Figur 1. Køling i sommertiden. Koldt grundvand pumpes fra "kold" brønd via rør i jord igennem en varmeveksler, hvor grundvandet opvarmes ved varmeveksling med internt kølevand inden det tilbageledes opvarmet gennem "varm" brønd. Kuldageret opbygget omkring "kold" brønd i grundvandsmagasinet i vintertiden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

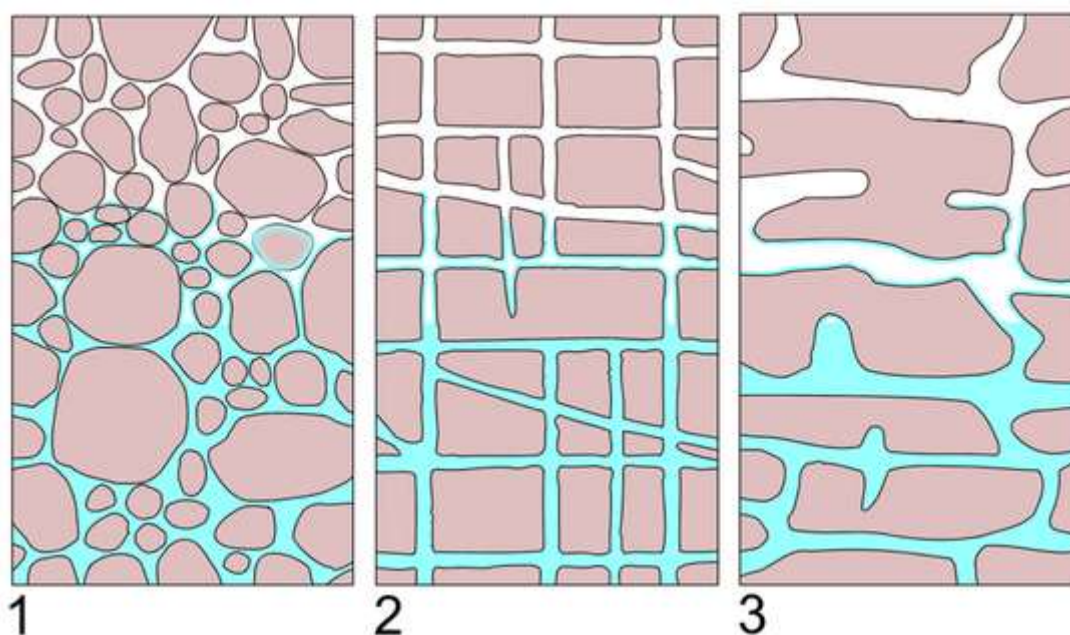
Princippet er illustreret på figur 2.

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 varmemfronten kun ca. 70% så langt væk fra boringen som vandfronten 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 gennemstrømmer 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 koldste vinterdag.

For hvert hospital eller sygehus ligger der imidlertid et optimum, der er styret af de lokale forhold. Hvis hospitalet eller sygehuset er tilsluttet fjernvarmen, kan kølebehovet være dimensionerende for grundvandsanlægget. Hvor hospitalet eller sygehuset ikke forsynes med fjernvarme, kan det være varmebehovet, der er dimensionerende for grundvandsanlægget.

Normalt vil der ikke være 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 det varmepumpeanlæg, der producerer varmen om vinteren.

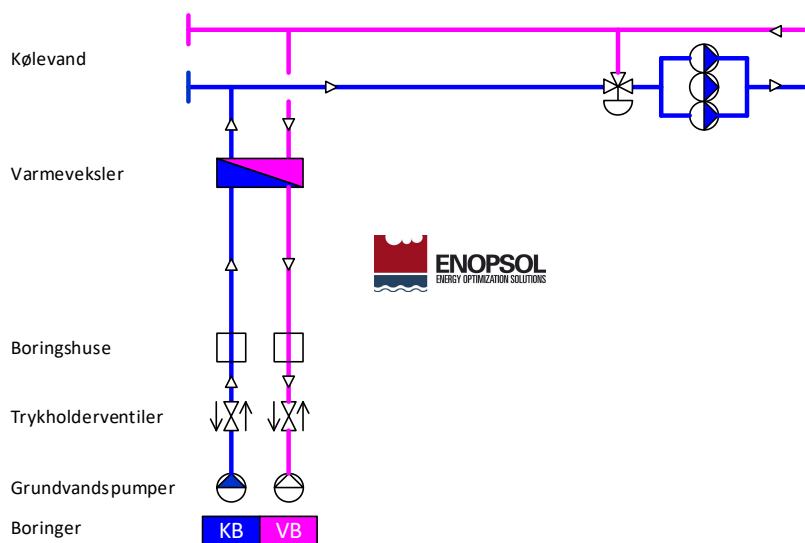
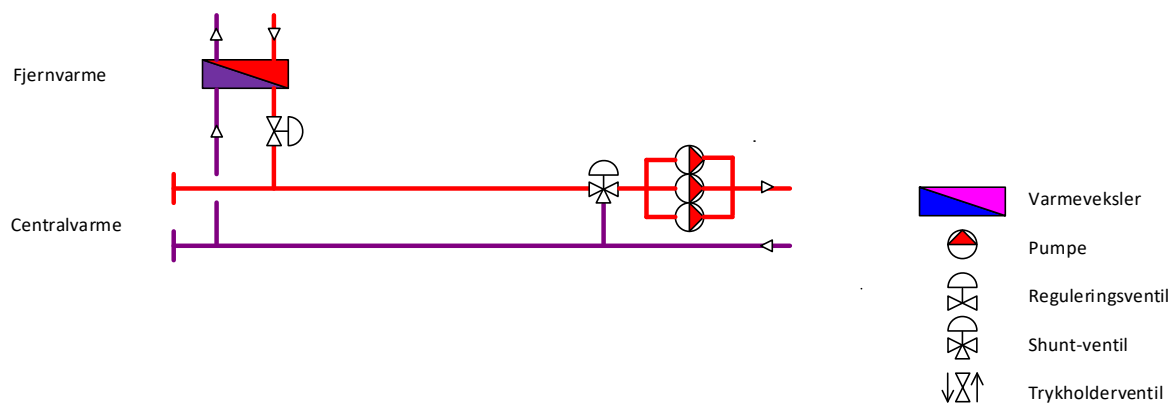
Hvor behovet for opvarmning er dominerende, kan der være behov for supplerende varme lagret fra fx solvarme eller overskudsvarme om sommeren.

Anlægsopbygning – eksempel

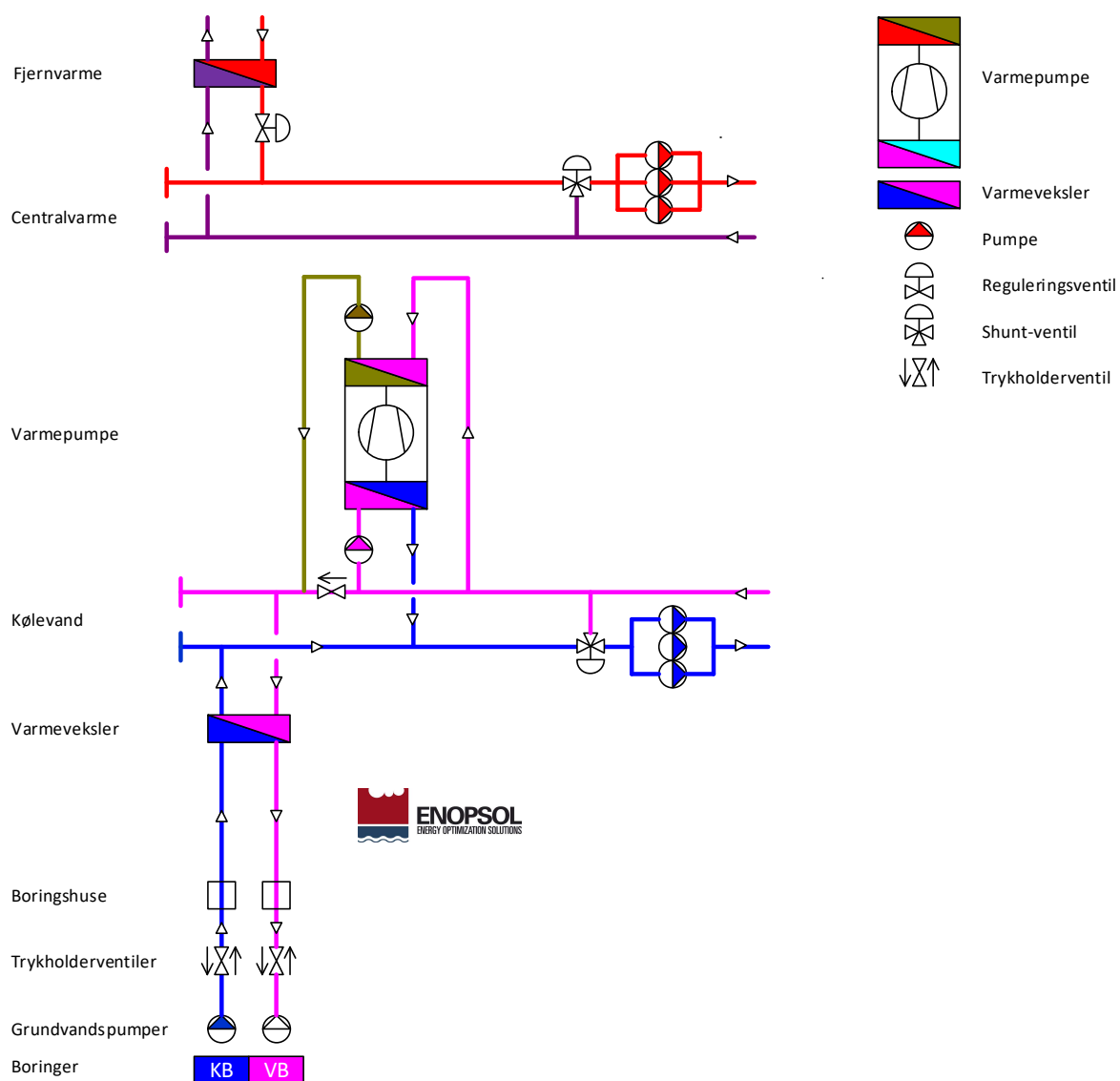
I figur 4 er vist et af Enopsol designet modulært energisystem til en driftssituation med et samtidigt stort kølebehov og et lille varmebehov (sommer).

Grundvandet pumpes fra "kold" brønd gennem en varmeveksler. I varmeveksleren overføres kulde fra grundvandet til det interne kølevandssystem. 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 varmeveksleren opvarmes grundvandet til fx 16°C. Opvarmes grundvandet eksempelvis fra 5 til 16°C vil et 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 ca. 6°C. Varmeforsyningen leveres som fjernvarme.

Hvis der er brug for supplerende køling, startes en varmepumpe som vist på figur 5. Kondensatorvarmen fra varmepumpen varmeveksles med i grundvandet. 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 som fjernvarme.



Figur 4. Sommertid. Modulært energisystem med køling fra grundvand og varmelagring i grundvandsmagasinet samt opvarmning med fjernvarme. Eksempel: Bispebjerg Hospital.



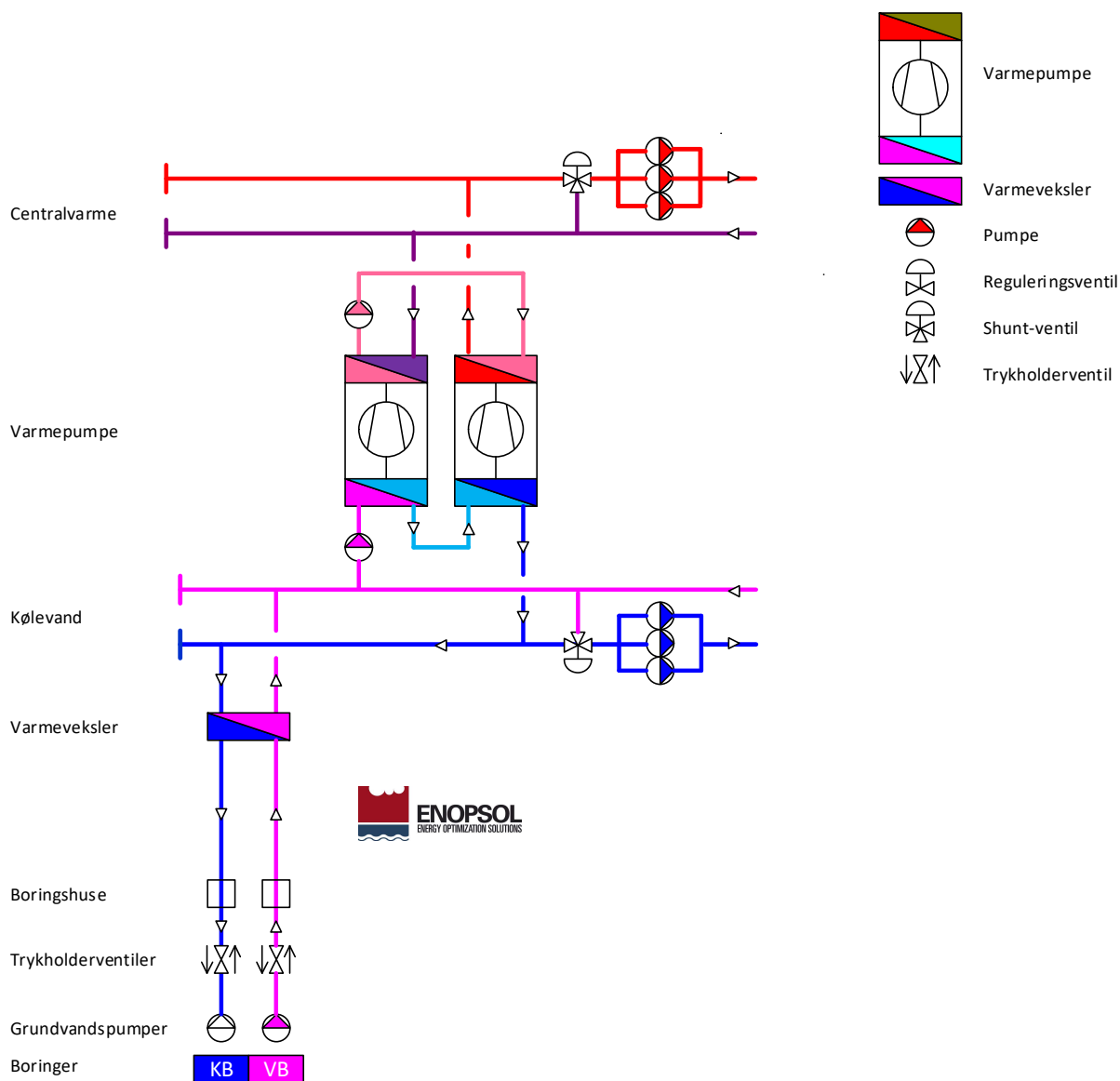
Figur 5. Sommertid. Modulært energisystem med køling fra grundvand suppleret med køling fra varmepumpe med varmelagring i grundvandsmagasinet samt opvarmning med fjernvarme. Eksempel: Bispebjerg Hospital.



I figur 6 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 en varmeveksler. I varmeveksleren overføres varme fra grundvand til det interne kølevandssystem. 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 varmeveksleren afkøles grundvandet ned 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 ca. 65°C. Hvis der er brug for supplerende varme, leveres denne som fjernvarme.



Figur 6. Vintertid. Modulært energisystem med køling og opvarmning med 2-trins varmpumpe, suppleret med varme fra fjernvarme. Kuldelagring i grundvandsmagasinet. Eksempel: Bispebjerg Hospital.

Anlæggets udlægning

Anlægget er udlagt til dækning af Bispebjerg Hospitals forventede behov for køling, når Bispebjerg Hospital er fuldt udbygget, herunder dækning af behovet til ny akutmodtagelse og Nyt Psykiatrisk Hospital.

ATES-anlægget består af i alt 12 borer med 6 grundvandsmoduler med en samlet grundvandsydelse på 360 m³/h.

Varmepumpeanlægget består af 3 Dual Pack Sabroe stempelkompressorer med ammoniak som arbejdsmedium.

Det fremtidige, forventede køleeffektbehov er op til 5,4 MW med et årligt kølebehov på 7250 MWh. På baggrund af disse behov, og 41 øvrige forudsætninger, har Enopsol opstillet et beregningsprogram til økonomisk optimering af det samlede energisystem

På baggrund af parameteranalyser med programmet blev grundvandssystemet udlagt til en termisk køleydelse på 3,8 MW og en årlig køleproduktion på 6350 MWh, svarende til 71% af køleeffektbehovet og 88% af det årlige kølebehov.

Varmepumperne er udlagt til en varmeydelse på 4,7 MW med en varmeproduktion på 8250 MWh/år.

Varmepumperne er p.t. begrænset til kun at levere varme til hospitalet i perioden 1. december til 31. marts.

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.

ATES-projektet på Bispebjerg Hospital har Enopsol udført som underleverandør til Multikøl & Energi A/S, der har leveret det samlede anlæg til Region Hovedstaden. Multikøl og Energi A/S har bl.a. udlagt, leveret og installeret varmpumper og stærkstrømsinstallationer til projektet.

Bispebjerg Hospital

ATES-anlæg. Driftstilstande.

Civilingeniør
Stig Niemi Sørensen
www.enopsol.dk



Generelt.

Energisystemet til Bispebjerg Hospital er udlagt og udført efter et idéoplæg af Enopsol ApS.

Anlægget har i alt en køleydelse på 5,3 MW og en varmeydelse på 4,7 MW.

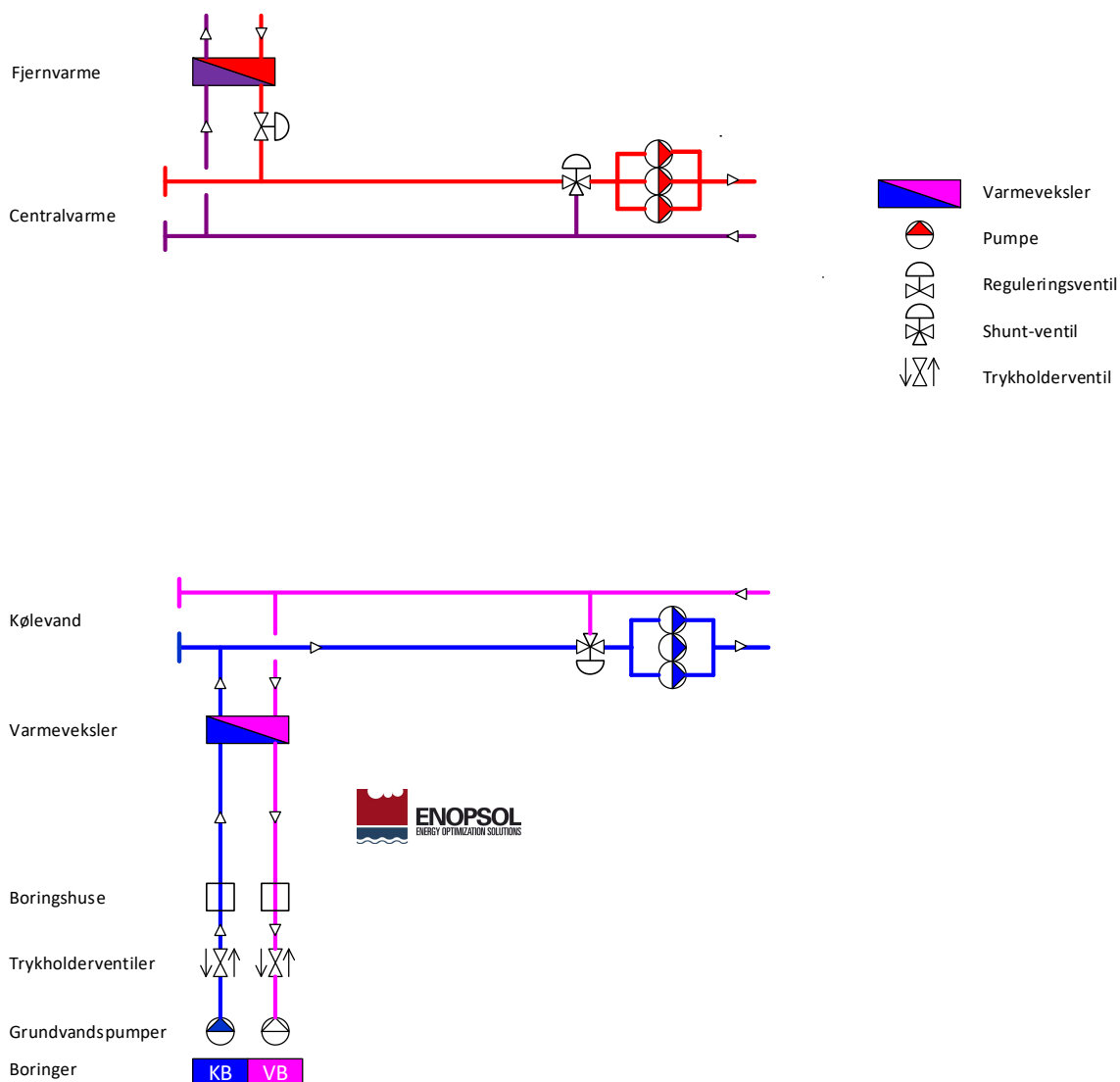
Driftstilstande

Anlægget har 4 driftstilstande -2 i sommertiden og 2 i vintertiden.

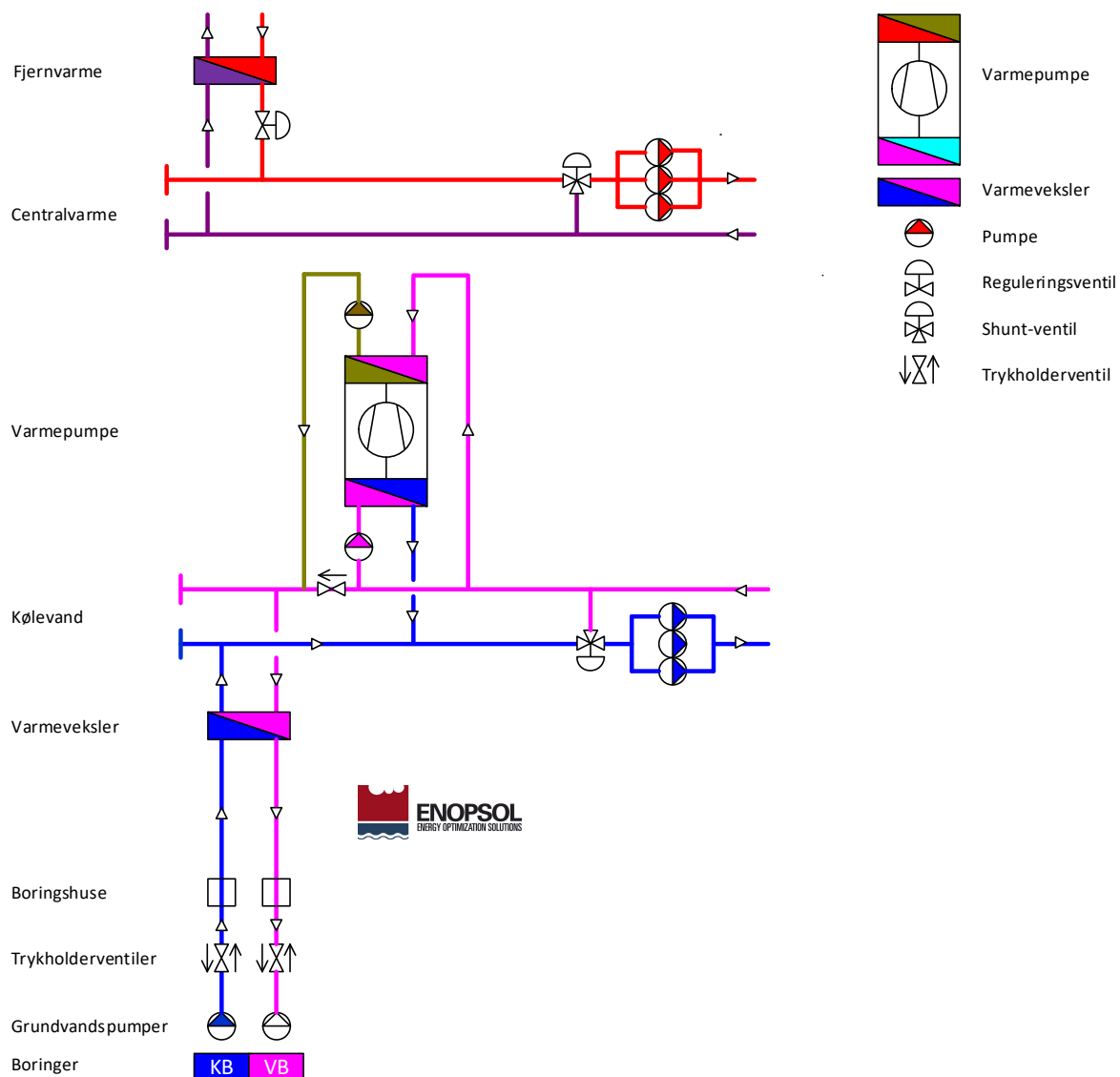
SOMMER

Anlægget må ikke levere varme til Hospitalet i sommerperioden defineret til 01.04-30.11 grundet aftale med HOFOR. Derfor leverer anlægget kun køling til Hospitalet i denne periode. Anlægget har to driftstilstande i denne periode (driftstilstand 1 og 2 herunder):

1. Varme leveres af HOFOR som fjernvarme. Køling produceres med grundvand (se figur 1).
2. Varme leveres af HOFOR som fjernvarme. Køling produceres med grundvand og suppleres i meget varme perioder med køling fra varmepumpernes Trin 1. Kondenseringsvarmen bortkøles med grundvand (figur 2).



Figur 1. SOMMER_1. Principtegning. Varme til Hospitalet leveres som fjernvarme fra HOFOR. Køling til Hospitalet leveres fra grundvand. Grundvandet pumpes i retning fra KB (kold boring) mod VB (varm boring).



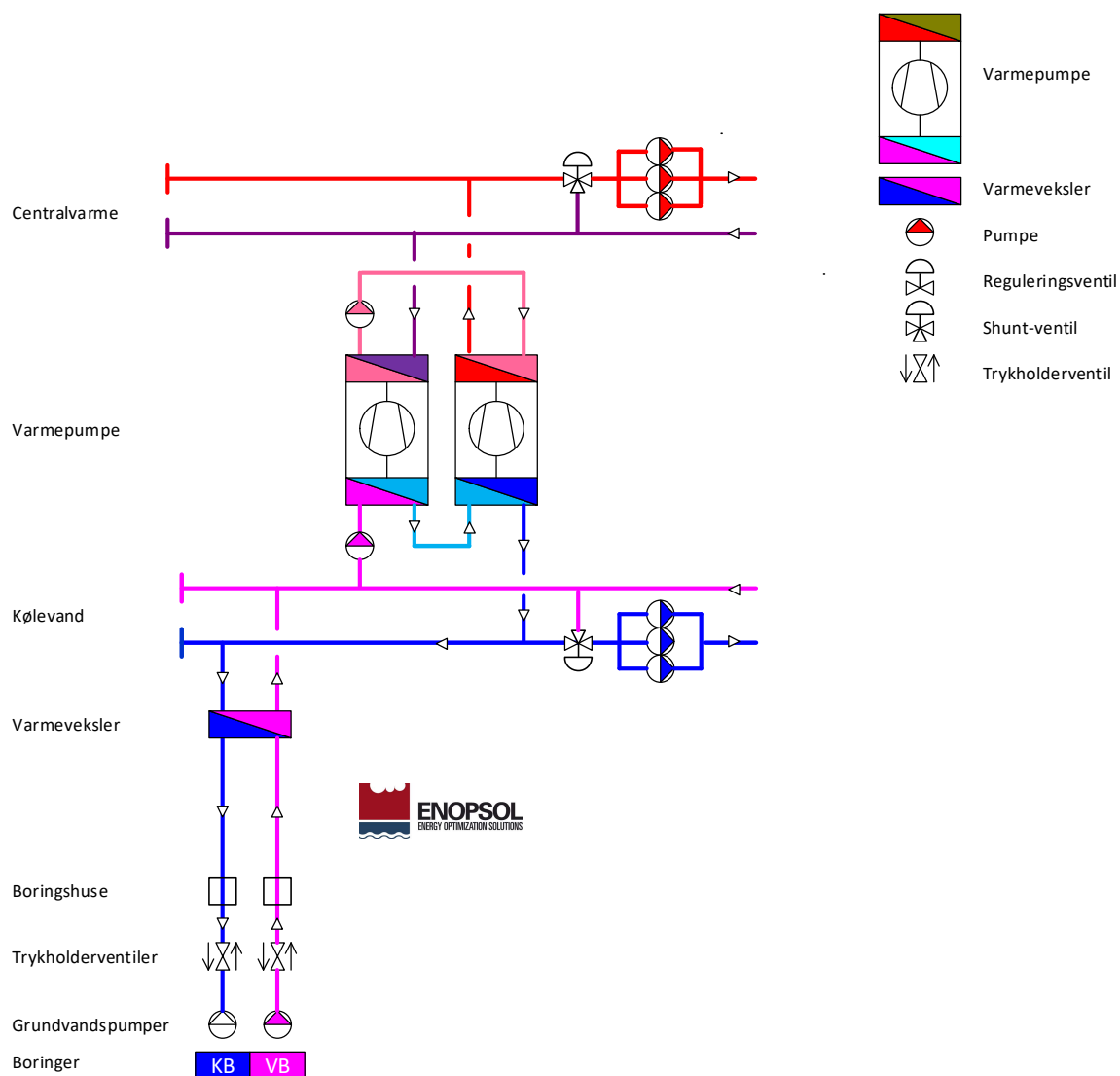
Figur 2. SOMMER_2. Principtegning. Varme til Hospitalet leveres som fjernvarme fra HOFOR. Køling til Hospitalet leveres fra grundvand suppleret med køling fra varmepumpernes Trin 1. Kondenseringsvarmen overføres til lagring i grundvandsmagasinet. Grundvandet pumpes i retning fra KB (kold boring) mod VB (varm boring)



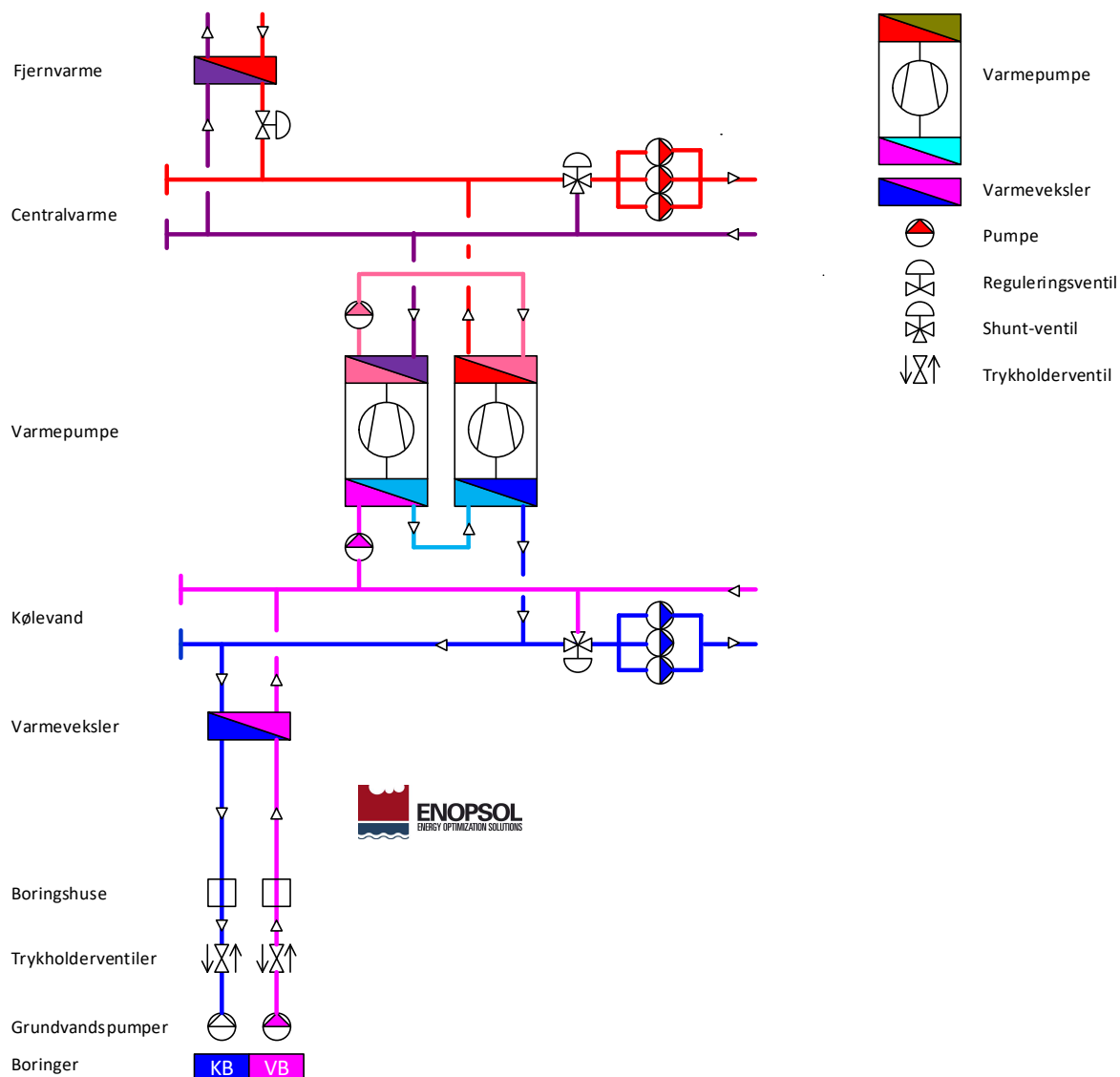
VINTER

Anlægget må levere varme til Hospitalet i vinterperioden defineret til 01.12-31.03 grundet aftale med HOFOR. Derfor leverer anlægget både køling og varme til Hospitalet i denne periode. Anlægget har to driftstilstande i denne periode (driftstilstand 3 og 4 herunder):

3. Varme leveres af varmepumperne. Køling produceres af varmepumperne (se figur 3).
4. Varme leveres af varmepumperne suppleret med fjernvarme fra HOFOR. Køling produceres af varmepumperne (se figur 4).



Figur 3. VINTER_3. Principtegning. Varme til Hospitalet leveres af varmepumperne. Køling til Hospitalet leveres af varmepumperne. Varme til varmepumpernes fordamperer leveres ved afkøling af grundvand og ved afkøling af kølevand til hospitalet. Grundvandet pumpes i retning fra VB (varm boring) mod KB (kold boring).



Figur 4. VINTER_4. Principtegning. Varme til Hospitalet leveres af varmepumperne suppleret med fjernvarme fra HOFOR. Køling til Hospitalet leveres af varmepumperne. Varme til varmepumpernes fordampere leveres ved afkøling af grundvand og ved afkøling af kølevand til hospitalet. Grundvandet pumpes i retning fra VB (varm boring) mod KB (kold boring).

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, anlægsdesign, anlægsudførelse og drift af grundvandsbaserede køle- og varmeanlæg.

Introduktion til en række problematikker der er vigtige i forhold til ATES anlæg

Grundvandsboringer til ATES anlæg, der udnyttes til hhv. grundvands baseret køling og opvarmning skal under alle omstændigheder godkendes af myndighederne, som har til opgave at sikre at man undgår en negativ påvirkning af grundvandet i områder med særlige drikkevandsinteresser. Da grundvandet ikke påvirkes direkte af de varmevekslere, det sendes igennem inden det tilbageføres via en anden grundvandsboring, er det eneste forhold, der kan vække bekymring, at der sker en større temperaturændring af grundvandet. Normalt vil der være et krav om ikke at overskride et temperaturniveau på 20°C i grundvandet, hvor den normale temperatur typisk er 8°C.

Den normale måde at få accepteret brug af ATES anlæg på, er at bruge simuleringsmodeller til at bevise, at man kan sikre en såkaldt termisk balance på årsbasis for grundvandet. Her er kombinationen af grundvandskøling og så brug af grundvands varmepumper til at levere varme i varmesæsonen en oplagt løsning, som har bevist sin værdi i mange ATES projekter.

Og i den forbindelse vil forholdet ideelt være, at selvom grundvandskøling om sommeren giver en temperaturstigning, så vil en tilsvarende køling med varmepumper i varmesæsonen betyde, at man når ned på den normale grundvandstemperatur på 8°C, når året er gået.

Det er meget oplagt at anvende grundvandet til køleformål, hvis det kan lade sig gøre, fordi man både sparer meget energi til køling i sommerhalvåret og undgår larmende kompressor anlæg på taget, samtidigt med at man får sikret en opvarmning af grundvandet.

Hvis der ikke er kølebehov at dække, kan det være en mulighed at bruge termiske solfangere til at opvarme grundvandet i sommerperioden, således at man i varmesæsonen stadigvæk har mulighed for at opnå en meget effektiv varmepumpe drift ved hjælp af det opvarmede grundvand.

Under alle omstændigheder er det afgørende, at de installationer man kobler ATES-anlægget sammen med fungerer efter hensigten. Det vil sige at køleanlægget i de tilknyttede bygninger virkeligt sikrer en tilpas opvarmning af kølevandet og at de varme anlæg, som varmepumperne skal levere varme til, også kører med en god lavtemperatur drift.

Inden for ATES-anlæg er der som nævnt tradition for at man begrænser opvarmningen af grundvandet til maksimalt 20°C. Der er dog eksempler på anlæg, hvor man har varmet op til 30°C uden problemer. Dette tyder det på, at Naturstyrelsen godt vil tillade, i starten nok baseret på dispensationsansøgninger. Hvis dette i fremtiden kan blive normal praksis, så kan rentabiliteten forbedres betydeligt, da man så kan klare sig med færre grundvandsboringer for at opnå den samme energiomsætning.

Afslutningsvis skal også lige berøres forhold vedr. varmetab fra ATES varmelageret. Erfaringen er, at grundvandet normalt ligger ret stabilt og at der ikke er risiko for at opvarmet grundvand er væk, inden det skal udnyttes i varmepumperne efter typisk et halvt år. Faktisk er der erfaringer fra nogle ATES-anlæg, hvor man mest har udnyttet grundvandet til køleformål, at der over en længere årrække sker en langsom temperaturøgning af grundvandsmagasinet. I princippet vil der selvfølgelig være et vist varmetab fra et grundvandsmagasin, der er varmet 20 – 30°C op i forhold til omgivelserne. Men da der er tale om et meget betydeligt volumen, så er det sådan, at det er svært for varmen at slippe væk på f.eks. et halvt til et helt år. Samtidigt er der en effekt af at grundvandsmagasiner, der både varmes op og køles af til en vis grad kan få noget af et muligt varmetab igen i forbindelse med afkølingsperioden, ligesom man ser det ved store damvarmelagre, der virker på sæsonbasis.

2. Smart Energy Green Cities arbejde vedr. Avedøre Green City

Avedøre Green City initiativet er det første praktiske energifællesskab, der er etableret i Danmark med firmaet EBO og Avedøre Fjernvarme som centrale aktører.

Her er det lykkedes European Green Cities at få en ansøgning godkendt fra EU's Elena program, som kan finansiere en stor del af de ekstra udgifter, der skal til, via et særligt lån fra EU's Investeringsbank.

Smart Energy Green Cities projektet har derfor haft et særligt fokus på at udvikle Smart Energy løsninger, der med fordel kan indgå her.

Hovedresultatet har været en særlig indsats fra firmaet Solarplan til hvordan, der kan indarbejdes store solcellearealer især i Avedøre Stationsby. Dette er kombineret med en række beregninger med Enopsols særlige Smart Energy beregningsprogram, som gennemføres i Excel og som regner på ATES anlæg med grundvandsvarme til fjernvarmen i samspil med varmepumper, og hvor der også kan bruges særlige PVT-solceller, hvor solcellerne både er strømproducerende og samtidigt giver et betydeligt solvarmebidrag.

Disse beregninger viser både en fornuftig bruger og samfundsøkonomi for et samlet PVT solcellesystem på op til 20.000 m², der til 2.000 lejligheder kan anvendes sammen med et større ATES anlæg og centrale varmepumper, som et alternativ til den normale fjernvarmeforsyning.

Også til Avedøre Landsby med ca. 90 boliger, er der sket en udredning vedrørende mulighederne for at indpasse PVT solcelleanlæg, samtidigt med at der er regnet på et ATES system med kun 2 borer, der leverer grundvandsvarme i kombination med varmepumper.

Her er der både analyseret et system med et centralt varmepumpeanlæg samt et system med såkaldt "kold" fjernvarme, der sendes rundt til boligerne i uisolerede prisbillige plastrør, hvor individuelle varmepumper leverer den nødvendige opvarmning. Fordelen her er, at systemtabene bliver meget begrænsede, så der kan opnås en CO₂ besparelse på i bedste fald 92% i forhold til i dag.

Introduktion til Smart Energy forslag til Avedøre Stationsby

Varmeproduktion skal indenfor en overskuelig fremtid baseres på fossil- og CO₂-frie varmekilder i Danmark. En af de lovende og kommercielt attraktive muligheder til at opnå dette mål er at bruge anlæg for samproduktion af lavtemperatur solvarme og elproduktion i PVT-elementer i kombination med sæson varme- og kulde-lagre i grundvandsmagasiner.

Systemet udsender ikke ekstern støj, hvorfor det kan etablere i bymæssig bebyggelse.

Arkitekt Klaus Boyer Rasmussen fra Solarplan har gennemført beregninger for hvorledes man kan placere op til 12.000 m² PVT solpaneler på syd- og vestvendte tage i en række 4-etagers boligblokke med 1.003 lejligheder, der udgør den såkaldte "Ringmur" i Avedøre Stationsby.

Samtidigt er det påvist, at med en investering på 8,9 mio. kr. er det muligt at realisere et pilotprojekt til Avedøre Stationsby med 1.428 m² PVT solenergielementer, der både leverer solcellestrøm og desuden solvarme til et lavtemperatur fjernvarmesystem med grundvandsvarme (ATES) og varmepumper.

BIPV-løsninger i byggeriet

EUDP-rapporten "Prisbilligt Montagesystem til vinklede solcelleelementer til facader og gavle" påviser at der efterhånden er udviklet et stærkt grundlag for anvendelse af bygningsindpassede solceller (BIPV) i byggeriet. Og situationen er, at man faktisk kan anskaffe både tag- og facadeelementer til byggeri med ethvert ønsket arkitektonisk udtryk, samtidigt med at det er el producerende. Dette betyder, at BIPV-løsninger bør være en naturlig del af alt fremtidigt byggeri i Danmark, hvis man virkelig ønsker at satse på en 100% vedvarende energiforsyning indenfor en overskuelig fremtid.

Dette kan gøres ret enkelt ved at lade et krav om lokal solcelle produktion være et krav i forbindelse med definitionen af "bæredygtigt byggeri", som skal indgå i fremtidige bygningsreglementer. Herved kan der skabes baggrund for at udvikle endnu et industrieventyr indenfor vedvarende energi i Danmark.

I det følgende er vist et uddrag fra en interessant studenterrapport fra DTU BIPV-undervisningen i 2019 v. Peder Vejsig Pedersen, hvor der indgår et forslag med 5 sammenbyggede boliger, der på årsbasis kan opnå en høj grad af selvforsyning ved at udnytte flere forskellige solcelle orienteringer:

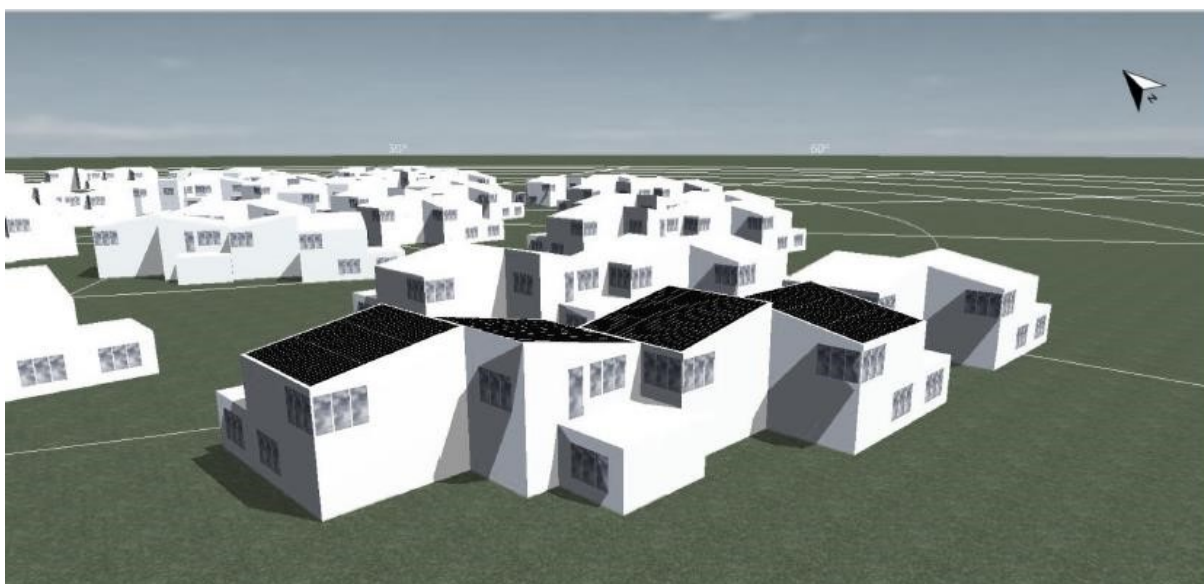


Illustration fra rapport udarbejdet af studerende fra BYG DTU som bud på BIPV-løsninger til fremtidigt fossilfrit byggeri, hvor graden af selvforsyning fra BIPV-løsninger styrkes.

Energifællesskaber vil bane vejen for udbredt anvendelse af solenergi

EU har i 2019 lanceret ny lovgivning, der skal fremme vedvarende energi i alle medlemslandene, "Clean Energy For All Europeans", som har som målsætning at sikre et CO2 neutralt EU i 2050. I relation til dette er der 8 nye direktiver, der skal implementeres i EU landene frem til udgangen af 2021. Se: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy-and-energy-union/clean-energy-all-europeans>

I den forbindelse ønsker man at fremme ideen om "energifællesskaber", som for anvendelse af solceller og herunder bygningsindpassede solceller (BIPV), betyder at man ikke må hindres i at producere sin egen vedvarende energi og at man har ret til at sælge overskydende vedvarende energi til sin nabo.

Der er ingen tvivl om at dette betyder at lokale solcelleanlæg vil få forøget fokus i hele EU og at dette gør det meget relevant at se på hvordan solceller kan erstatte normale bygningsoverflader i fremtidens nybyggeri og renovering.

Det er vigtigt at se på muligheden for at BIPV-løsninger direkte kan erstatte andre bygningsmaterialer i tage og facader. Dette kan have en betydelig effekt, som godt kan betyde at solceller på bygninger på sigt bliver de mest konkurrencedygtige.

Endelig er det også vigtigt at være opmærksom på hvordan solceller og BIPV-løsninger kan indgå i LCA analyser, f.eks. ved DGNB, Active House eller anden type bæredygtigheds certificering eller mærkning af byggeri. Her er det vigtigt at bruge de mest up-to-date resultater.

Her kan f.eks. henvises til en nyudgivet rapport fra EU-forskningscenteret, JRC Ispra. Her ses værdier mellem 0,7 og 1,7 år som den tid et solcelleanlæg skal producere solstrøm for at den medgående CO₂ belastning ved fremstillingen er tjent hjem. I det danske klima kan ca. 2 år være en realistisk vurdering for en sydvendt vinklet orientering. Men dette gælder kun for de bedste af dagens solcelleprodukter.

Når der ses på DGNB certificering, som anvendes en del i Danmark, er det imidlertid et problem, at man for solceller anvender et tysk data grundlag, som hurtigt viser ret høje værdier for fremstillingen af solceller, hvis man ikke har dokumenterede anvendte materiale tal, da man regner med at kinesiske producerede solcelle wafers er fremstillet ved hjælp af kulkraft. Så her er specifikke LCA analyser vigtige for de anvendte produkter.

Solenergi helhedsløsninger

Når det drejer sig om fossilfri byudvikling, så er der nogle interessante problemstillinger med hensyn til hvor man skal placere de solenergianlæg, der skal bidrage med vedvarende energi. I Vinge Nord arbejdes med planer om en samlet fossilfri byudvikling alene baseret på vedvarende energi, primært solenergi, hvor det er tanken at arbejde med en placering af større solfangerfelter på jorden tæt ved den fælles energicentral med varmepumpedrift, der udnytter grundvandsmagasiner (ATES) som et sted at tage varmen fra. Ved at tilføre solvarme til grundvandsmagasinet om sommeren opnås en vigtig sæsonlagring af solvarmen, som herved kan udnyttes når der mest er brug for den i varmesæsonen. Samtidigt har det også været tanken at placere større solcellefelter på jorden tæt ved energicentralen, som kan bidrage med solstrøm både til varmepumpe driften og til de nærliggende boligområder.

En interessant mulighed her kan være at anvende et kombineret solcelle- og solfangerelement, såkaldte PVT-solceller, hvor en væskestrøm kan køle solcellerne og herved tage varme ud af dem, hvorved man også til en vis grad kan øge deres strømproduktion. Fra et livscyklusperspektiv er en sådan løsning meget interessant idet man får en meget større ydelse ud af solcelleelementet. Disse PVT-solceller kan både placeres på jorden, men kan også placeres på bygningerne f.eks. indpasset i tagelementerne.

Projekt til Avedøre Stationsby

Solcellefirmaet Racell har arbejdet med såkaldte PVT-solceller i en længere årrække. PVT-solceller (PV Thermal) er væskebestrøgne solceller, der udover at kunne producere solstrøm også kan fungere som solfangere, der leverer varme. Fordelen er her at der opnås en dobbelt effekt af solcellepanelerne samtidigt med at solstrømsproduktionen kan øges en smule (måske 10%), hvis solvarmedriften sker ved relativt lave temperaturer, så solcellerne køles.

Denne teknologiske løsning er meget relevant, når man ønsker at elektrificere fjernvarmen i Danmark, hvor såkaldte ATES løsninger (*) med grundvandslagring af varme kan indgå. Disse kan etableres miljørigtigt og med en god økonomi samt med et perspektiv om mere effektiv anvendelse, når man kan begynde at udnytte maksimale varmelagringstemperaturer på helt op til 35-40°C i grundvandet. Noget som man også er begyndt med i Holland og som Naturstyrelsen ikke har været afvisende overfor.

(*) Aquifer Thermal Energy Storage.

ATES – system med sæsonlagring af solvarme og overskudsvarme fra køling

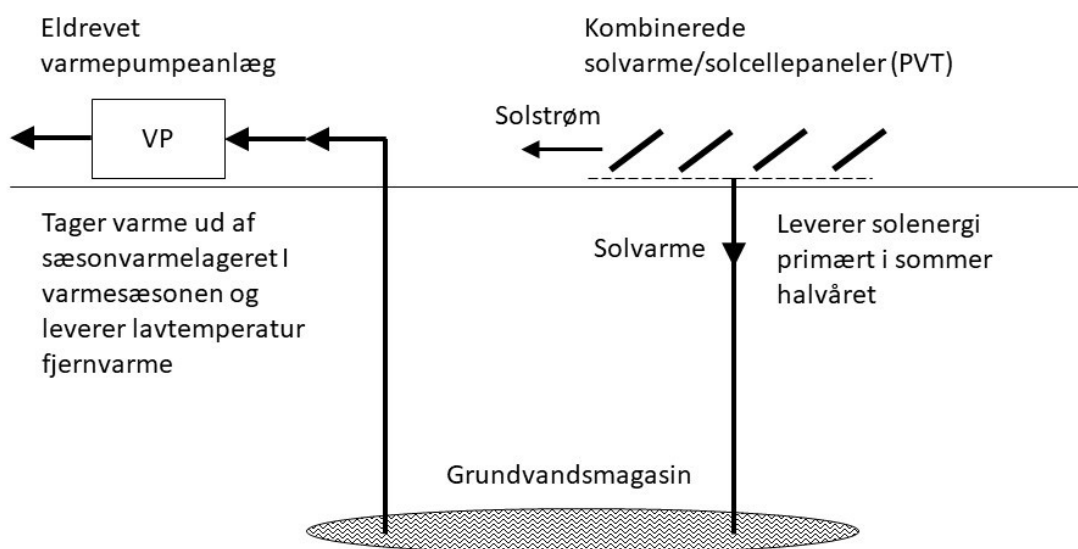
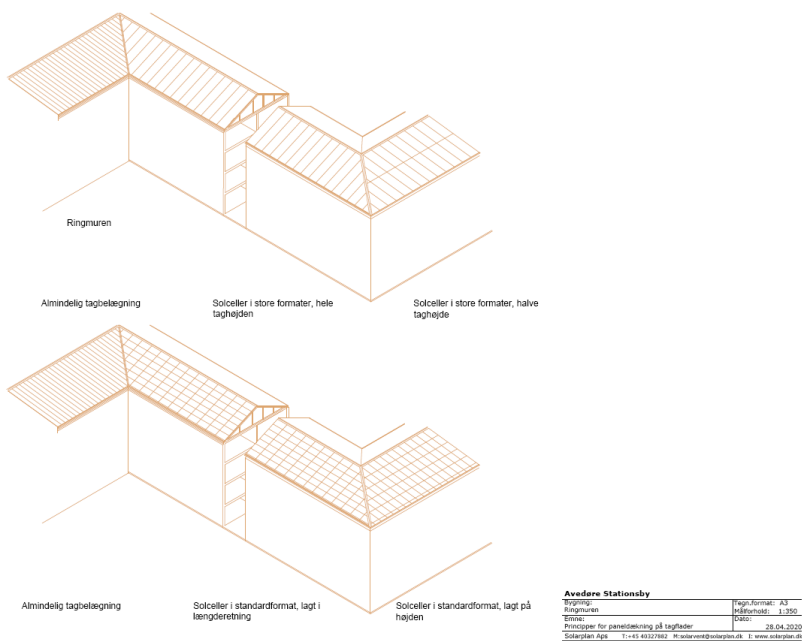


Illustration af hvorledes grundvandsvarme og – køling kan kombineres med de nye kombinerede PVT-elementer, der fungerer som væskekølede solcelleelementer.

Forslag til PVT-pilot anlæg til Avedøre Stationsby

Arkitekt maa. Klaus Boyer Rasmussen fra Solarplan har gennemført beregninger for hvorledes man kan placere op til 12.000 m² PVT solpaneler på syd- og vestvendte tage i en række 4-etagers boligblokke med 1.003 lejligheder, der udgør den såkaldte "Ringmur" i Avedøre Stationsby. Her regnes med en taghældning på 22°.



Det analyserede boligområde i Avedøre omfatter 1.003 ud af ca. 2.000 lejligheder

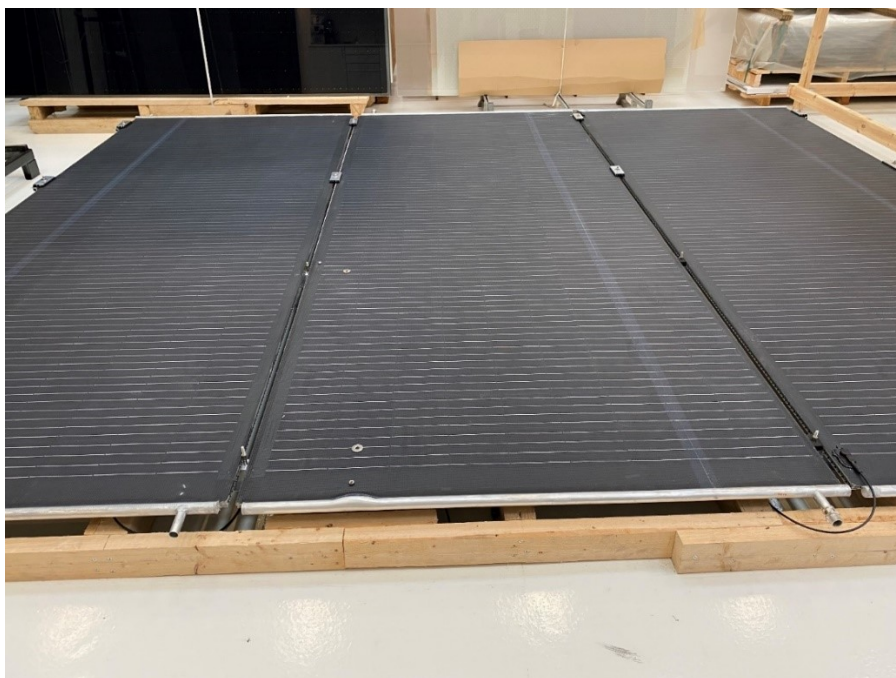
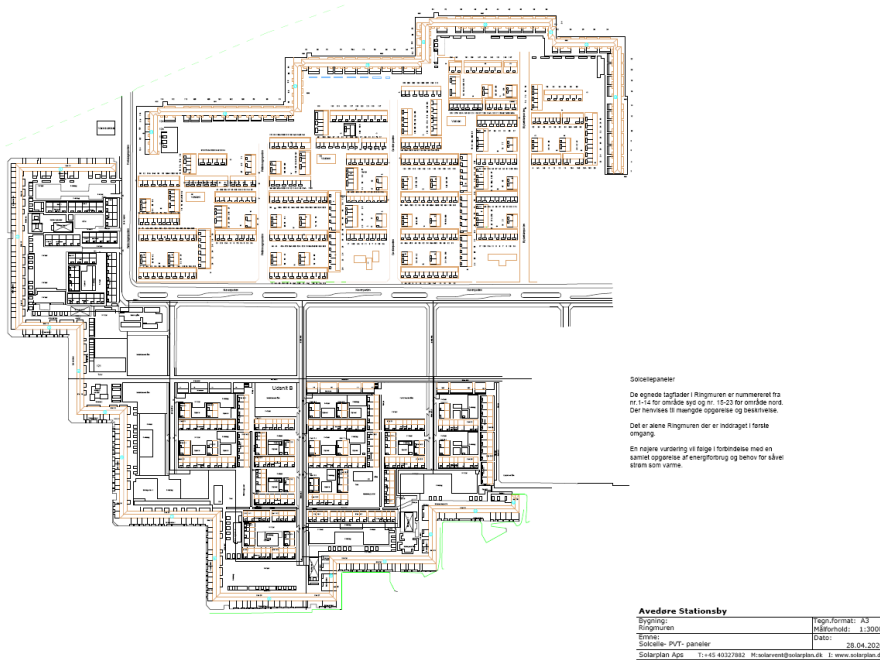


Foto af de store kombinerede solcelle- / solvarmeelementer fra Racell, som kaldes for PVT elementer (PV Thermal)



Her ses de almene boliger i form af 4-etagers boligblokke fra 1960'erne, hvoraf en del udgør en sammenhængende "Ringmur" på 1,4 km. Det samlede antal boliger er ca. 2.200 lejligheder og rækkehuse. Det eksisterende fjernvarmeforbrug forventes reduceret fra 144 kWh/m²,år og til 115 kWh/m²,år via renoveringstiltag (facader, tage, ventilation og røranlæg) for i alt 173.000 m².

Beregninger fra Racell samt målinger fra DTU viser at hvis der regnes med dette udgangspunkt, så er det muligt at udnytte 15% af den indstrålede solenergi som solstrøm, mens 52% af solenergien kan omsættes til varme ved en gennemsnitlig driftstemperatur på 25°C (altså i alt 67% udnyttelse af solenergien)

Omsættes beregninger foretaget til et PVT demonstrationsbyggeri (uden ATES) i Aarhus i det såkaldte "Ready" projekt, så vil 10.000 m² PVT-system svare til 1.785 kWp solcelleanlæg og kunne levere 1.470 MWh solstrøm om året svarende til ca. 50% af behovet (se her også beregning fra Enopsol i bilag 2.2, som viser en ganske god økonomi for et sådant anlæg)

ATES systemer kan typisk udnytte overskudsvarme om sommeren, som så kan betyde at man opnår en meget effektiv varmepumpeeffektivitet i varmesæsonen, når man tager varme ud af grundvandet for at dække nødvendige varmebehov.


Hvis der ikke er overskudsvarme til rådighed, kan et alternativ være at tilføre solvarme til ATES varmelageret.

Med PVT-solceller opnås en økonomisk måde at opnå solvarmen på, som kan være billigere end at anvende de normale termiske solfangere, som bruges til fjernvarme forsyning. Her skal man dog være opmærksom på, at PVT-solceller er meget anderledes end normale solfangere, da der hverken er frontglas eller isolering på bagsiden af solpanelet. Dette betyder dog ikke så meget når opgaven, blot er at opvarme grundvand op fra 8°C og til 30°C f.eks. fordi varmetabet fra solpanelet vil være ret begrænset samtidigt med at der

udnyttes 4.735 MWh solvarme, som tilføres ATES grundvands varmelageret. Med en forventet COP på 5.0 kan der herved på årsbasis leveres 50% af det fremtidige fjernvarmebehov via en central varmepumpe.

Smart Cities and Communities **RACELL**
UNIQUE SOLAR SOLUTIONS

READY Project



1 RES data

Type of installation	Combined PV and Solar thermal collectors (PVT)
Installation location	Trigeparken afd. 20 Trige Parkvej 21-39 8380 Trige, Denmark
Community	Aarhus
Capacity (kWp)	143 kWp DC (128 PVT)
Area (m ²) (for solar)	747 gross (720 net PV array)
Efficiency, solar thermal collector	$\varepsilon = \eta_0 \cdot a_1 \cdot \frac{t_c - t_a}{I} - a_2 \cdot \frac{t_c - t_a^2}{I}$ <small>t_c: collector temperature; t_a: ambient temperature I: Global irradiation; h₀ = 0.513; a₁ = 7.68 W/m²K; a₂ = 0.014 W/m²K</small>
Efficiency, PV	17,86%
Estimated annual production, electric	105.834 kWh/yr

I det støttede "Ready" projekt kobles PVT elementer sammen med varmepumper i en almen boligafdeling i Aarhus.

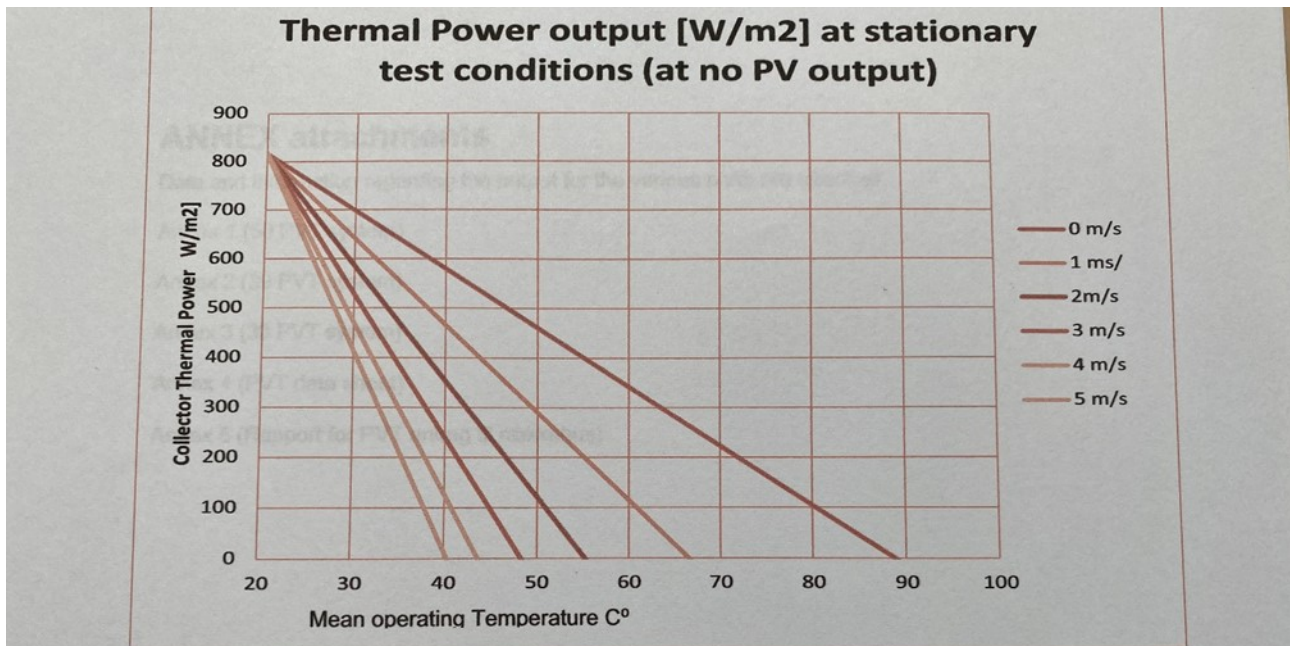


Figure 4.3.3 Thermal output as function of temperature and front surface wind speed

The tests showed that for a 10m² Combi PVT at 25°C the expected yearly output yield would be

F: for SW orientation with 90 deg. tilt (façade mounted), Electrical 1018 kWh/year/10m² and Thermal energy yield of 2893 kWh/year/10m²

R: for SW orientation with 45 deg. tilt (roof mounted), Electrical 1398 kWh/year/10m² and Thermal energy yield of 4785 kWh/year/10m²

Måling af varmeydelsen for PVT solcelleelementer når de fungerer som solfangere.

Forslag til udvikling og demonstration af fossilfri fjernvarme med PVT i kombination med ATES med sæsonvarmelagring og varmepumper til Avedøre Stationsby.

En gennemført analyse viser at det med en investering på 8,9 mio. kr. er muligt at realisere et indledende demonstrations energiforsyningsprojekt til Avedøre Stationsby på basis af vedvarende energi med 1.428 m² PVT solenergielementer, der både leverer solcellestrøm og desuden solvarme til et lavtemperatur fjernvarmesystem med grundvandsvarme (ATES) og varmepumper.

Systemet kan på årsbasis levere 2.500 MWh lavtemperatur fjernvarme med 5.500 timers varmepumpedrift. PVT elementerne leverer 500 kWh/m² solvarme om året og 150 kWh/m² solcellestrøm om året.

Af den årlige varmeproduktion leveres der 714 MWh/år direkte på basis af solvarmeproduktionen, der opgraderes med varmepumpeanlægget, mens 1.787 MWh/år først leveres i form af opvarmning af grundvandsvarmemagasinet, som trækkes ud igen i varmesæsonen via varmepumperne, når der er et varmebehov, så der sker en sæsonlagring af solvarmen. Herved opnås også en termisk balance for grundvandsmagasinet, så det ikke bliver varmere eller koldere efter et år.

Når det kommer til den efterfølgende fuldskala anvendelse i praksis, så er der ifølge bilag 2.2 en god mulighed for at gennemføre et projekt med 3 boringspar, hvor varmeforsyningen sker til 1.003 lejligheder i Avedøre, som skal igennem en renoveringsproces, og hvor PVT-elementerne foreslås indpasset i en ny 22°

hældende tagkonstruktion. Her kan ifølge beregningerne opnås en simpel tilbagebetalingstid for investeringerne på 8,9 år, når der regnes med en installeret pris for PVT-elementerne på 2.500 kr./m². (25 mio. kr. for 10.000 m² PVT-paneler, samlet investering på 44,8 mio. kr.)

Når der ses på det forretningsmæssige aspekt af denne nye teknologi, så vil løsningen også have stor værdi for at sikre en efterfølgende indpasning i nybyggeri, hvor det kan påvises at teknologien godt kan konkurrere med almindelige fjernvarmeløsninger, også når disse baseres på anvendelse af udeluftsvarmepumper.

Ses der f.eks. på 110 m² rækkehuse, så vil den førnævnte varmeproduktion på 2.500 MWh om året passe med 380 boliger, der har et forbrug på 50 kWh/m²,år og med 20% fordelingstab i fjernvarmesystemet. I dette tilfælde vil energiforsyningsløsningen til varme løbe op i 25.500 kr. pr. bolig, hvor der samtidigt placeres 4 m² PVT-elementer i taget pr. bolig (0,75 kWp), som på årsbasis giver et bidrag på 600 kWh solstrøm, der vil dække ca. 15% af det normale årlige elforbrug pr. husstand, og med en typisk afregningspris på 1,2 kr./kWh, svarende til 720 kr.

Dette vurderes at udgøre en relativ begrænset ekstra udgift i forhold til, hvad den normale fjernvarmetilslutning koster. Så i princippet kan det godt være en mulighed at anvende den nævnte teknologi som en spidsbelastningsløsning, der kan supplere en normal fjernvarmeløsning, men det er også muligt at optimere den, så den alene udgør basis for den fremtidige lavtemperatur fjernvarme.

Dette kan udgøre et uhyre interessant perspektiv, når løsningen er virkelig gennemprøvet, fordi den har et meget højt potentiale for CO₂ besparelser og i princippet kan udvikles til at blive den billigste og mest klimavenlige energiforsyningsløsning til fremtidigt byggeri.

Avedøre Landsby – beregning med Enopsol værktøj for kombination af ATES og PVT-anlæg til 90 boliger, der udnytter "kold" fjernvarme.

Der er lavet beregninger for et centralt ATES anlæg og PVT-anlæg, der bruges til at sende "kold" fjernvarme ud til de 90 boliger ved hjælp af uisolerede polyethylen vandrør.

Boligerne påregnes at have et årligt varmebehov på 18.000 kWh pr. bolig samt at have installeret vand til vand varmepumpe med en årlig effekt faktor på 4,0. (Se efterfølgende præsentation fra Enopsol)

Og som udgangspunkt sættes der på at installere centralt placerede PVT-elementer, der kan bidrage med lokal vedvarende energi i form af både solstrøm og solvarme.

Beregningerne viser at 1.519 m² PVT-elementer, svarende til 17 m² pr. bolig, på årsbasis kan bidrage med 50% af det årlige varmebehov, som ydes af varmepumperne. Solstrøms ydelsen pr. hus svarer til 2,4 kWp på basis af en samlet investering på 1,52 mio. kr. ved et centralt placeret anlæg til 2.000 kr. pr m². Samtidigt opnås på årsbasis en solstrøms ydelse på 228 MWh.

ATES systemet udgøres af et enkelt boringspar med kold og varm boring til en samlet investering på 4 mio. kr. Udgifterne til varmepumpeanlæg vurderes at løbe op i 105.000 kr. pr. bolig, som med en påregnet offentligt tilskud på 25.000 kr. giver en netto udgift på 80.000 kr. pr. bolig, svarende til 7,2 mio. kr. for 90 boliger. Udgifter til rørføring og kabelarbejder forventes samtidigt at kunne klares for 40.000 kr. pr. bolig, svarende til i alt 3,6 mio. kr.

Beregningerne viser en samlet CO₂ besparelse på 80% sammenlignet med en naturgas reference og med en tilbagebetalingstid på 11,9 år.

Til sammenligning vil en løsning uden PVT-elementer kunne udføres med en tilbagebetalingstid på 10,9 år, men her opnås så kun en 60% CO2 besparelse.

Der er også regnet på en løsning, hvor PVT-elementerne kan bidrage med 80% af det årlige varmebehov, som dækkes af varmepumperne. Her er der brug for 2.430 m² PVT-elementer svarende til 27 m² pr. hus. Med en 3,9kWp solstrømsydelse, hvor der samlet leveres 365 MWh solstrøm om året, svarende til 4.050 kWh pr. bolig. Samlet PVT investering er her 3,89 mio. kr. Det årlige elforbrug til varmepumper er her 4.500 kWh pr. bolig. Og den samlede investering er 18,7 mio. kr.

Og der opnås her en simpel tilbagebetalingstid på 13,5 år. Og en 92% CO2 besparelse. (Se beregning i bilag 2.3)

Hvis der regnes med at hver bolig skal bidrage med 20.000 kr., så skal der her finansieres 193.222 kr. pr. bolig af et energifællesskab baseret a.m.b.a. med kommunegaranterede lån.

I det følgende er vist en samlet fremstilling fra Enopsol vedrørende ovenstående. Her er anvendt Enopsols "Smart Energy" beregningsværktøj og illustreret løsninger både med decentrale PVT anlæg og centrale PVT anlæg.

Af formidlingshensyn er disse værktøjer også sat ind i databasen www.bæredygtigebygninger.dk, så man kan prøve sig frem og finde sine egne resultater for denne anlægstype.

Også beregningsværktøjet for Avedøre Stationsby er tilgængelig her.

Enopsol_04.02.2021_SNS

PE100 PN10 Ø160mm

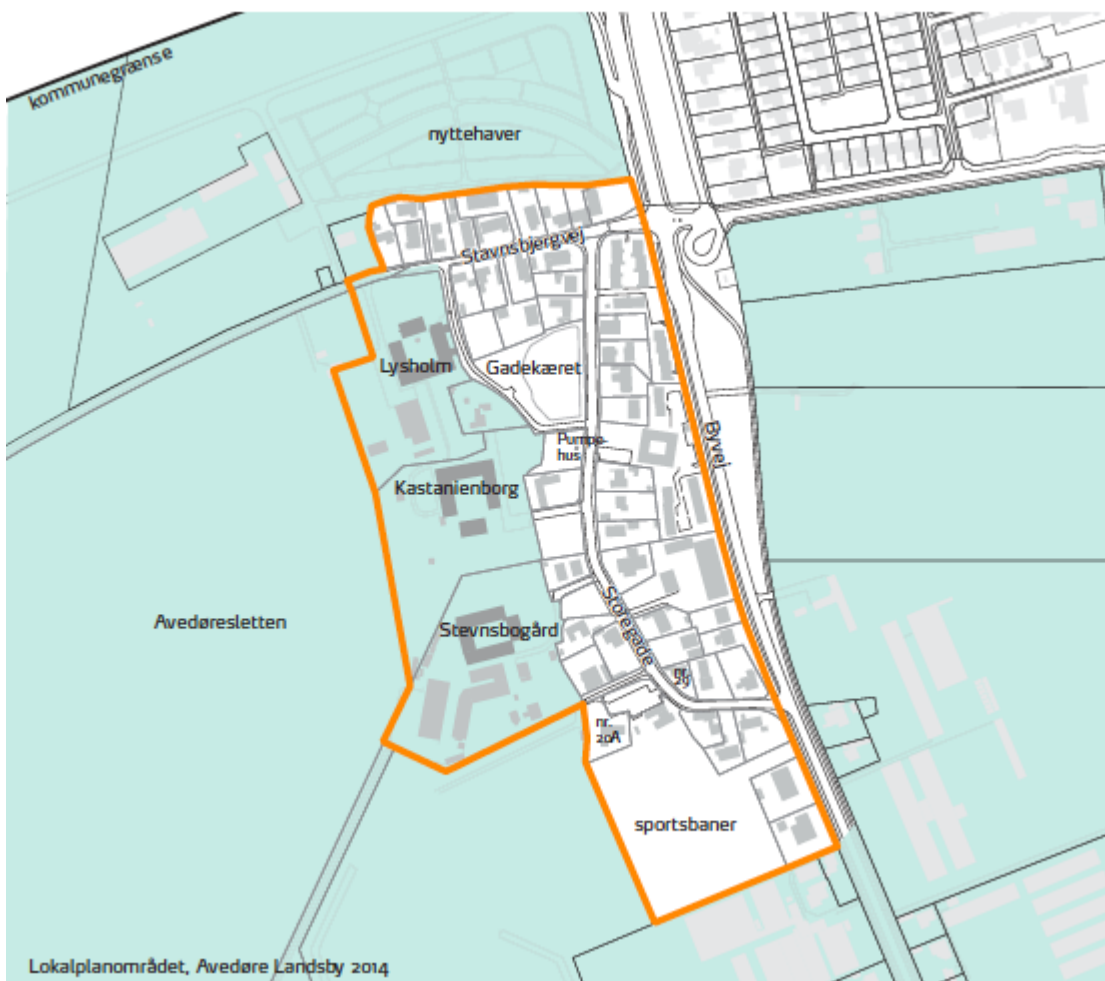
Flow vand 50 m³/time eller 13.89 l/s

Varmeledningsevne rør: 0.38 W/mK

		Rørlængde (meter)					
		100	200	300	400	500	
Vandtemp. tilgang	Jordtemp	Vandtemp. afgang	Vandtemp. afgang	Vandtemp. afgang	Vandtemp. afgang	Vandtemp. afgang	
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	
30	0	29.03	28.11	27.21	26.34	25.5	
30	10	29.36	28.74	28.14	27.56	27	
25	0	24.2	23.43	22.68	21.95	21.25	
25	10	24.52	24.06	23.61	23.17	22.75	
20	0	19.36	18.74	18.14	17.56	17	

20	10	19.68	19.37	19.07	18.78	18.5
15	0	14.52	14.06	13.61	13.17	12.75
15	10	14.84	14.69	14.54	14.39	14.25

Enopsol beregning af temperaturløb for uisolerede rør i jord til "kold" fjernvarme, som funktion af fremløbstemperatur og rørlængder-



Avedøre Landsby

Investeringsbudget for PVT og ATES løsning til CO2 neutral Avedøre Landsby

Herunder er angivet investeringer, der svarer til Enopsol-pvp beregningen, hvor der opnås en 92% CO2 besparelse og satses på 100% CO2 besparelse i alt, så landsbyen bliver CO2 neutral.

2.430 m ² PVT-installation for at nå 92%:	3.890.000	Kr.
600 m ² PVT-installation for at nå 100% af varmforsyning:	600.000	Kr.
225 kWp PV-installation (1.350m ²) for at dække 50% husholdnings el:	2.250.000	Kr.
ATES installation med et boringspar:	4.000.000	Kr.
90 individuelle varmepumper:	7.200.000	Kr.
"Kolde fjernvarmerør og kabelarbejde:	3.600.000	Kr.
Energimålere	400.000	Kr.
Projektering (6%):	1.316.000	Kr.
Samlet udgift:	23.256.000	Kr.

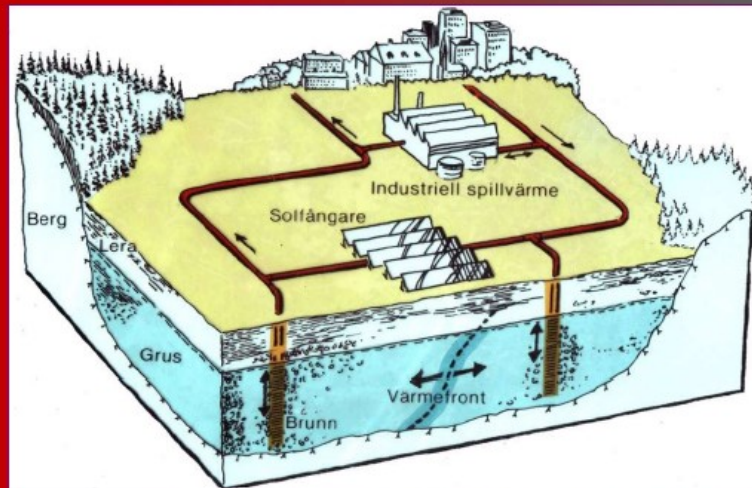
Det samlede solcelleareal er her i alt på 4.380 m² svarende til 730 kWp.

Peder Vejsig Pedersen. 14. februar 2021

Avedøre Landsby

Bestyrelsesmøde 05.01.2021

Omstilling til fossilfri varme



Stig Niemi Sørensen
Enopsol ApS

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

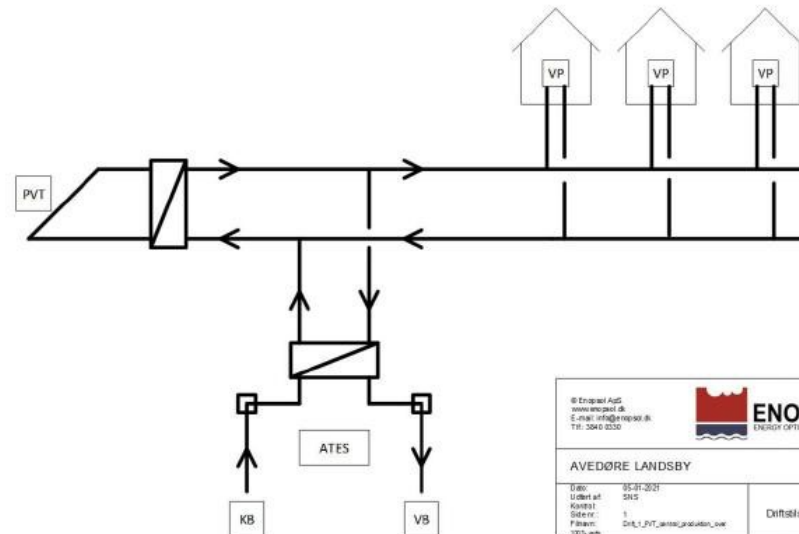
1. Forslag 1: Centralt opstillede PVT-elementer.
2. Forslag 2: Tagintegrerede, lokalt opstillede PVT-elementer.


Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

Driftstilstand 1 (sommer)

- Varme produceres alene på baggrund af solvarme fra PVT-elementer.
- Overskydende varmeproduktion fra PVT-elementer lagres i ATES

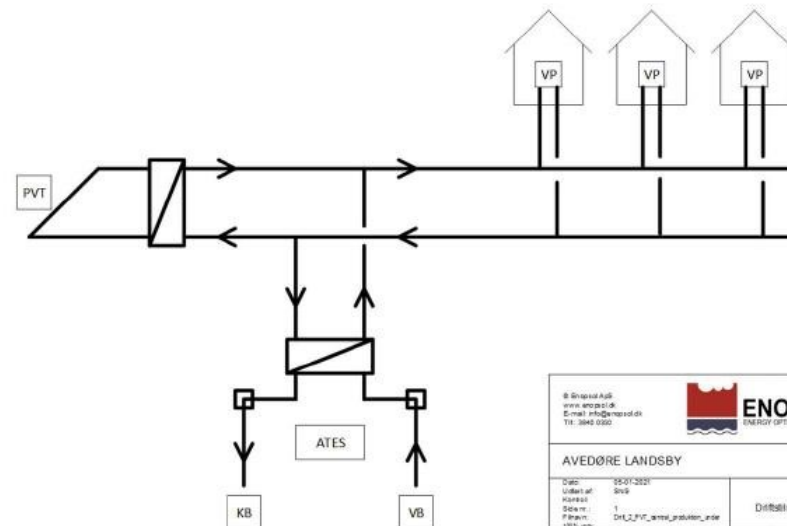



© Enopsol A/S www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf: 5040 0200		 ENOPSOL ENERGY OPTIMIZED SOLUTIONS
AVEDØRE LANDSBY		
Dato: 05-01-2021 Udført af: SLS Kilde: 1 Filnavn: Drift_1_PVT_sommer_loesning_1.vw 10/3/2021	Driftstilstand 1	

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

- Driftstilstand 2 (sommer+forår+efterår)
- Varme produceres på baggrund af solvarme fra PVT- elementer og varme fra ATES.



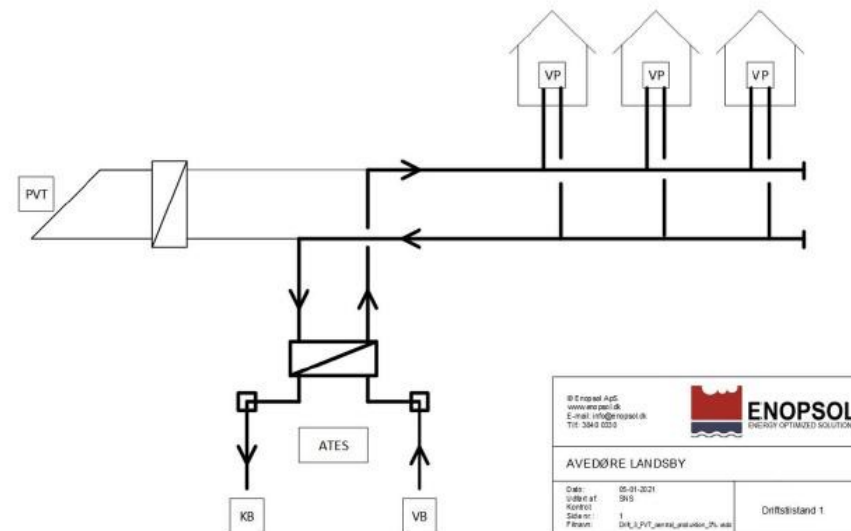
© Skanska A/S www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf: 3363 0300		 ENOPSOL ENERGY OPTIMIZATION SOLUTIONS
AVEDØRE LANDSBY		
Udgivelsesår: 2021-2021 Udgivelsesnr: 010 Skema nr: 1 Filnavn: Drift_2_PVT_eneri_production_eneri URS.no	Driftstilstand 2	

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

Driftstilstand 3 (vintre)

- Varme produceres på baggrund af varme i ATES



© ENOPSOL ApS
 www.enopsol.dk
 E-mail: info@enopsol.dk
 Tlf: 3343 0333

ENOPSOL
 ENERGY OPTIMIZED SOLUTIONS

AVEDØRE LANDSBY

Dato:	05-01-2021	Driftstilstand 1
Udarbejdet:	SHS	
Kontrol:	I	
Revision:	1	

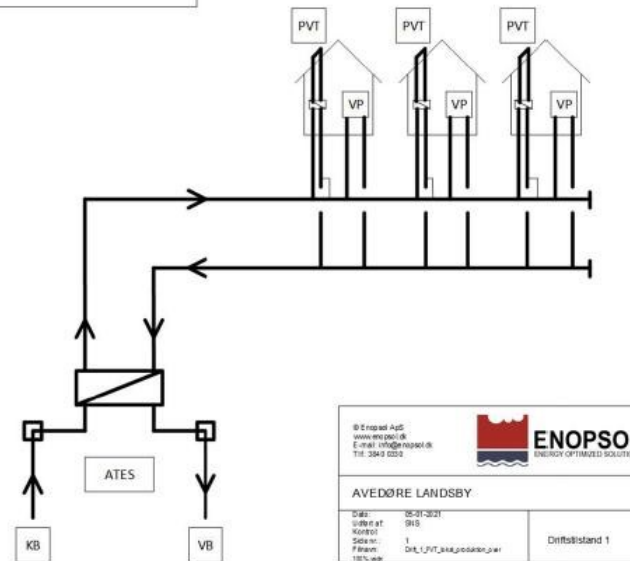
Filenavn: Drift_3_PVT_arnes_avedore_05_01_2021


Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

Driftstilstand 1 (sommer)

- Varme produceres alene på baggrund af solvarme fra PVT-elementer.
- Overskydende varmeproduktion fra PVT-elementer lagres i ATES

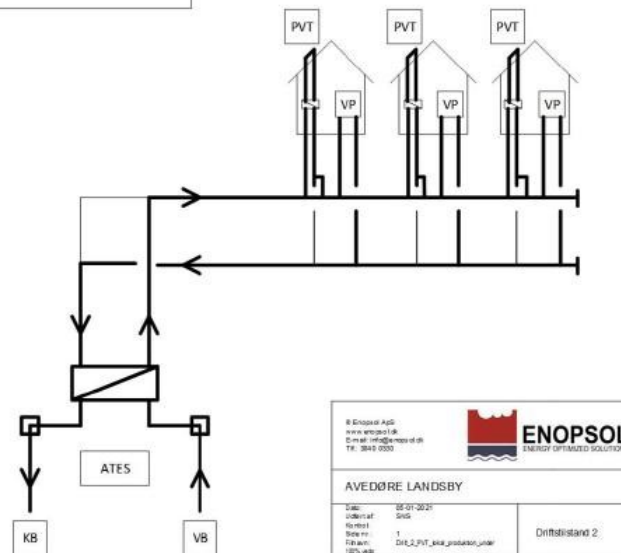


© Enopsol ApS www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf: 3044 0202		 ENOPSOL ENERGY OPTIMIZATION SOLUTIONS
AVEDØRE LANDSBY		
Dato: 05-21-2021 Udarbejdet af: SHS Skitse nr.: 1 Filnavn: DMS_1_PVT_2014_05_20_001.rvt 13%_ark	Driftstilstand 1	

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

- Driftstilstand 2 (sommer+forår+efterår)
- Varme produceres på baggrund af ATES og solvarme fra PVT-elementer.

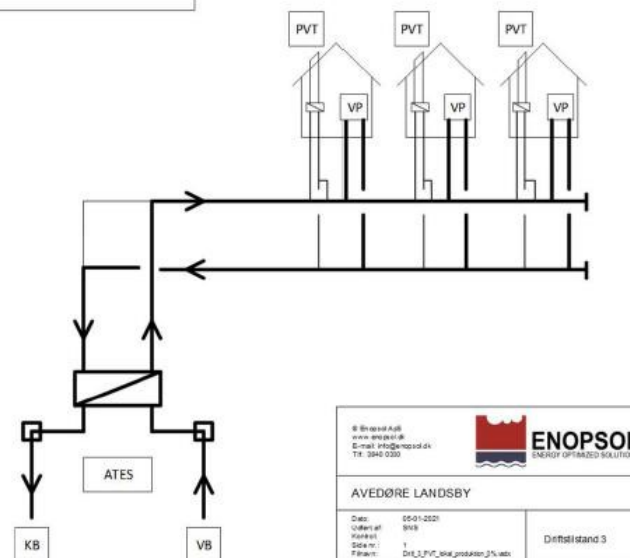


© Enopsol A/S www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf: 3845 0330		 ENOPSOL ENERGY OPTIMIZED SOLUTIONS
AVEDØRE LANDSBY		
Dato:	28.07.2025	Driftstilstand 2
Udarbejdet af:	SMB	
Skrevet af:	SMB	
Forfatter:	1	
Forfatter:	DH_2_PVT_akt_gaestebog_sunde	
Udvalgt af:	SMB	

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmeforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

- Driftstilstand 3 (vinter)
- Varme produceres udelukkende på baggrund af ATES.



© Enopsol A/S www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf: 3940 0200		 ENOPSOL ENERGY OPTIMIZATION SOLUTIONS
AVEDØRE LANDSBY		
Dato: 05-01-2021 Udarbejdet af: SPS Side nr.: 1 Filnavn: Dnt_3_PVT_kol_prosktoen_3%_ates	Driftstilstand 3	

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

MART ENERGY GREEN CITIES				
vedøre Landsby				
øsning med PVT+ATES+vand/vand varmepumpe				
nopsol ApS_SNS				
an-21				
VDDATA (1 dipol)				
irundvandsydelse	40	m3/time		
irundvandsopvarmning ved PVT termisk produktion	20	oC		
COP varmepumpe primær varmeproduktion	4			
COP varmepumpe sekundær varmeproduktion	4			
irundvand afkøling under primær varmelevering	9	oC		
irundvand afkøling under sekundær varmelevering	9	oC		
ægringsvirkningsgrad ATES	80	%		
VT solvarme varmeproduktion	500	kWh/m2/år		
VT solvarme max produktion	650	W/m2	Max produktion	
VT solvarme afgangstemperatur ved max produktion	35	oC	Afgangstemperatur	
VT solvarme tilgangstemperatur ved max produktion	10	oC	Tilgangstemperatur	
iforbrug grundvandspumpning	0.15	kWh/m3		
iforbrug pumpning af glykolvand til PVT-elementer	0.10	kWh/m3		
vesteringsomkostning grundvandsanlæg inkl. styresystem og varmevekslerinstallation	4	mill kr./stk.		
vesteringsomfang PVT	2500	kr./m2		
antal huse	90			
varmeforbrug pr. hus	20	MWh/år		
varmeeffektbehov pr. hus	6	kW		
letto varmepumpeinstallation pr. hus (inkl. Indregning af energitilskud)	80000	kr./hus		
ør og kabler i jord	40000	kr./hus		
lpris (gennemsnitlig købspris til varmepumpedrift)	600	kr/MWh		
lproduktion PVT	150	kWh/m2/år		
lfregningspris PVT-strøm	500	kr./MWh		
varme indkøbspris i dag	1000	kr./MWh		

Avedøre Landsby.

Forslag til lokal varmforsyning med grundvand (ATES), kold fjernvarme, varmepumper og PVT

BEREGNINGER

Varmeeffekt max varmepumper	540	kW
Varmeproduktion sum	1800	MWh/år
Varmeeffektbehov fordampere fra grundvand	405	kW
Grundvandsmængde	59	m ³ /time
Varmebehov fra grundvand og PVT	1350	MWh/år
Areal max PVT-elementer	2700	m ²
PVT-areal pr. hus	30	m ²
Investeringsomkostning grundvandsanlæg inkl. styresystem og varmevekslerinstallation	4	mill. kr.
Investeringsomfang PVT	6,8	mill. kr.
Investeringsomfang varmepumper	7,2	mill. kr.
Investeringsomfang rør og kabler i jord	3,6	mill. kr.
INVESTERINGSOMFANG I ALT	21,6	mill. kr.
Grundvandsmængde max (sum hele året)	258621	m ³ /år
Glykolemængde	188738	m ³ /år
Elforbrug varmepumper	450	MWh/år
Elforbrug grundvandspumpning	39	MWh/år
Elforbrug pumpning af glykolvand	19	MWh/år
Elforbrug i alt	508	MWh/år
Elproduktion PVT	405	MWh/år
Eludgift varmepumper	0,27	mill. Kr./år
Eludgift pumpning af grundvand og glykolvand	0,03	mill. Kr./år
Eludgift i alt	0,30	mill. Kr./år
Elsalg PVT	0,20	mill. Kr./år
Netto Eludgift	0,10	mill. Kr./år
Brutto varmeproduktionspris	169	kr./MWh
Netto varmeproduktionspris (efter inregning af elsalg PVT)	57	kr./MWh
Besparelse max	943	kr./MWh
Besparelse max	1,70	mill. Kr./år
TBT min	12,7	år

Hvidovre gymnasium

Også til Hvidovre gymnasium har Enopsol lavet en beregning. Resultatet ses herunder

HVIDOVRE AVEDØRE GYMNASIUM

		Investering
Varmepumpe		
Effekt	325 kW	
Effektforbrug	65 kW	
COP	5	
Energi produceret	910 MWh/år	
Energi forbrugt	182 MWh/år	
Pris	1625000 kr.	1625000
ATES anlæg inkl. styringer		
Grundvandsflow	50 m ³ /time	
Antal borer	2	
Opvarmning	20 Grader C	
Termisk effekt	1160 kW	
Varme lagret	910 MWh/år	
Varme genvundet	728 MWh/år	
Genvindingsgrad	80 %	
Pris	4000000 kr.	4000000
Solvarme		
Solvarmepaneller	1400 m ²	
Effekt ca.	1148 kW	
Virkningsgrad LT drift	82 %	
Energimængde sommerdag i LT drift	9184 kWh/døgn	
Energimængde pr. år i LT drift	910000 kWh/år	
Pris	6293700 kr.	6293700
Solceller		
Solcellepaneller	410 m ²	
Effekt ca.	66 kW	
Energimængde	55158 kWh/år	
Pris	834977 kr.	834977
Diverse	1000000	1000000
SUM investering		13753677



Rev. 21.05.2021

Fremtidens Energiforsyning

Bæredygtig og Levedygtig

Baggrund og grundlag

Tiderne kalder på nedbringelse af CO2 udledningen, det er på høje tid, og det skal gå hurtigt. Men der skal fortsat varme og el til for at drive dagligdagen og de øvrige dage. Der er derfor behov for at etablere bæredygtige og leveringsdygtige løsninger, som kan overtage den fremadrettede forsyning, først og fremmest i områder som i dag betjenes af gasfyr og oliefor.

Med projektet "Smart Energy Green Cities" har vi undersøgt de potentielle muligheder for at udvikle og etablere "energi-øer" for bebyggelser af forskellig karakter og omfang.

Den helt umiddelbare baggrund er det store behov for nedbringelse af CO2 udledningen, herunder at sikre at de nyetablerede forsyningsanlæg driftsmæssigt opererer uden at forårsage CO2 udledning. Der vil uden tvivl være CO2 udledning forbundet med produktionen og implementeringen af nye anlæg, men også dette vil efterhånden kunne nedbringes. Endelig kan denne del CO2 i et ubestemt omfang optages ved valg af materialer i de omkringliggende områder, herunder ved/på bygninger som en kompensation.

I denne beskrivelse berøres 2 forskelligartede bebyggelser, som eksempler på emner for etablering af ny energiforsyning baseret på bæredygtighed, fællesskab og en sikker fremtid.

Det ene eksempel er Avedøre Stationsby, der i dag betjenes med fjernvarme. Den anden bebyggelse er Avedøre Landsby, der repræsenterer den lange række af mindre bebyggelser over hele landet, som i dag opvarmes med olie- og gasfyr, der skal udfases indenfor en relativ kort årrække. Disse bebyggelser ligger i et vist omfang udenfor allerede etablerede fjernvarmeområder. Ingen af de 2 bebyggelser indeholder produktion af strøm (solceller) i nævneværdigt omfang.

Det styrende princip for den fremtidige energiforsyning følger de retningslinjer som bl.a. er udtrykt ved EU's anbefalinger til decentrale forsyningsanlæg, nemlig Energifællesskab:

- Det skal baseres på fællesskab;
- Det skal være en bæredygtig løsning;
- Det skal være en langsigtet løsning;
- Det skal være en driftsmæssig stabil løsning;

På landsplan er der ca. 380.000 boliger med gasfyr og 80.000 boliger med oliefyr. Hovedparten af disse boliger ligger i større eller mindre samlede bebyggelser, ofte nær egentlig bymæssig bebyggelse. Enkeltliggende huse i det fri og i mere landligt terræn kan ikke betjenes af det her foreslåede. Men der findes også udmærkede varmepumpeløsninger, som vil kunne udfylde rollen i sådanne situationer.

Men de mere samlede bebyggelser vil kunne have fordel af at etablere et Energifællesskab og dermed etablere eget fjernvarmeanlæg til fælles varmeforsyning og tilkoblet egen elproduktion til drift af varmeforsyningen/pumper og evt. yderligere el-forbrugsønsker i bebyggelsen.

Den energimæssige udfordring

Lidt om overgangen, fra – Håndbog for Energifællesskaber:

”Danmark står i de kommende årtier over for en stor opgave med omlægning af det danske energisystem. En tættere kobling mellem el- og varmedelen af energiforsyningen med f.eks. konvertering af el til varme i varmepumper udgør således et centralt element i de kommende årtiers omstilling.”

”I denne sammenhæng spiller EU’s nye energidirektiver en stor rolle, idet de definerer rammer for lokale energiløsninger i form af energifællesskaber. Disse rammer skal være implementeret i den danske lovgivning i løbet af 2020 og foråret 2021”.

Processen pågår i de politiske cirkler, men måske nok lidt trægt. Der er en del i den danske energiforsyningslovgivning med diverse sideeffekter, som skal bearbejdes for at de nye tider kan realiseres, og 70 % reduktionen af CO2 udledningen om kun 9 år skal kunne nås.

Energifællesskaber er det styrende led for etablering af lokale varmforsyninger og lokale elforsyninger, som går hånd i hånd frem mod decentrale og lokalt styrede energiforsyningsenheder.

En decentralisering af dele af energiforsyningen, både varme og el, medfører at også de centrale anlæg vil ændre karakter, herunder naturligvis i høj grad tillige som følge af udfasning af CO2 belastende forbrænding. Men ud over de nye lokale forsyninger er der naturligvis også behov for større centrale enheder. I dette papir drejer det sig alene om lokale forsyningsarrangementer.

De 2 byområder

Energiforsyningseksemplet herunder er koncentreret omkring Avedøre Landsby og Avedøre Stationsby, beliggende i Københavns vestegn i Hvidovre Kommune. Begge bydele indgår i en fremadrettet udviklingsproces benævnt Avedøre Green City. For yderligere at styrke udviklingen omkring den fremtidige energiforsyning er "Energifællesskab Avedøre AMBA" oprettet med deltagelse af en række operatører i området.

Avedøre Landsby

Avedøre Landsby er del af "Energifællesskab Avedøre AMBA" oprettet i 2020 med det formål at etablere et organsatorisk aktiv til varetagelse af etablering og drift af den fremtidige bæredygtige energiforsyning til områder i Hvidovre Kommune. Det er oprettet som et andelsselskab i en fremadrettet udviklingsproces benævnt "Avedøre Green City-området".

Avedøre Landsby er beliggende i et område med naturgas-forsyning og med enkelte oliefyr, der som følge af den nødvendige reduktion af samfundets CO2 udledning skal tænke i nye baner for at sikre boligernes opvarmning på lang sigt. Denne situation står utallige mindre bebyggelser overfor i hele landet.

Avedøre Landsby omfatter samlet 90 boliger med ca. 274 beboere samt et mindre antal SMV erhvervsenheder, herunder noget forvaltning.

Bygningerne er af meget forskellig karakter, ældste hus fra 1781, tre til fire større gårde fra 1800-tallet men den overvejende del af bebyggelsen er nyere villaer og rækkehuse opført i 1900-tallet og frem til 2018. Da husene er fra forskellige epoker, er de forventeligt også ret forskellige med hensyn til energiforhold/isolering.

Varmeforsyning via grundvandet, Avedøre Landsby

Den varmforsyningsmetode, som beskrives her kaldes:

- ATEs – Aquifer Thermal Energy Storage.

Det enkle er, at det grundvandslager, som til alle tider findes i jorden under os, benyttes til opvarmning af vore bygninger. Ikke fuldt opvarmet, der skal tilføres lidt ekstra energi, men dermed heller ikke fuldt nedkølet, som hvis man benyttede den almindelige udeluft. Grundvandet er til alle tider ca. 8°.

Anlægget indeholder følgende hovedpunkter:

- Nedboring i grundvandsdybet ca. 100 m (for bebyggelsen Avedøre Landsby vil der være tale om 2-4 stk.);
- Etablering af pumpehus med kontrolteknik over nedboringen (2-4 stk.);
- Nedgravning af rørforbindelse fra de 2-4 pumpebrønde til en fælles pumpe central;

- Etablering af dette centrale pumpehus;

Hertil skal udføres følgende fra det centrale pumpehus og frem til de enkelte huse:

- Nedgravning af fordelingsrør, til de enkelte huse, fremløb- returløb;
- Etablering af vand til vand pumper i hvert hus, der kan opvarme vandet fra de ca. 8°-11° i varmesæsonen samt til varmt brugsvand hele året;

Det forventes at huse der indeholder flere boliger allerede har en varmecentral, hvortil de fremførte rør kan tilkobles det interne varmesystem via en pumpe.

Fremføring af det kun 8° - 11° varme vand i rør 1 m nede i jorden medfører et meget ringe varmetab under transporten, i modsætning til det normalt udsendte 60-70 ° varme fjernvarmevand. Det betyder, at dyre isolerede rør erstattes af langt billigere uisolerede rør og at belastningen af rørene er beskedent.

Varmepumperne i husene er vand/vand pumper og dermed ikke så udsatte som luft/vand pumper, som generelt benyttes i private anlæg i enkelt liggende huse.

Der er krav om termisk balance ved udnyttelse af grundvandet, hvorfor der skal tilføres varme i visse perioder til udligning af det større varmeforbrug i kolde perioder.

Anlægget er tæt på en evighedsmaskine med hensyn til varmemediet (grundvandet), der suppleres med elvarme via pumpe i varmesæsonen, medens varme lagres til vedligeholdelse af grundvandsmediet gennem sommerperioden, hvor der ikke er behov for rumopvarmning, men alene brugsvandsopvarmning.

Varmemediet kan dog også suppleres med overskudsvarme fra produktionsvirksomheder mv, i det omfang sådanne er i nærheden, som evt. vil kunne indgå direkte i systemet.

Da husene er fra forskellige epoker, er de forventeligt også ret forskellige med hensyn til energiforhold/isolering.

Det skal bemærkes, at metoden også kan benyttes til køling, hvilket allerede sker i stort omfang, men det er ikke så aktuelt i boligområder på vore breddegrader.

I hvert enkelt bebyggelseseksempel skal forholdene vurderes nøje med henblik på at nå frem til den mest optimale løsning for den fremtidige energiforsyning. Og her spiller Energifællesskabet en afgørende rolle.

Avedøre Stationsby

En bebyggelse opført som del af Køgebugt-finger-udviklingen i 1970 -1980-erne. Der er ca. 2000 lejligheder og en del erhverv, skoler og institutioner.

Bebyggelsen er karakteriseret ved en "ringmurs" -indramning bestående af 4 etages sammenhængende blokke, der omkranser en større mængde 2 -etages rækkehuse, institutioner mv.

Bebyggelsen består i kraft af denne "ringmur" af store sammenhængende tagflader, som er velegnede til etablering af solceller.

Bebyggelsen har i løbet af årene gennemgået en række fornyelser, og gennemlever også i disse år renovering på forskellige fronter. Så det er grundlæggende opdaterede lejligheder, men naturligvis med udgangspunktet 1970.

Avedøre Stationsby er i forvejen betjent med fjernvarme.

Varmeforsyning via grundvandet, Avedøre Stationsby

Grundlæggende er det den samme teknik som ved landsbyen, blot skal der benyttes nogle flere grundvandsboringer

(8-10), og der skal etableres brøndhuse samt hovedpumpecentral og rørføring mellem disse samt kobling til det allerede eksisterende fjernvarmenet.

Forbruget til de enkelte lejligheder kan pumpes frem med høje temperaturer, som i traditionel fjernvarme. Alternativt skal der etableres en eller form for decentral pumpeetablering, f.eks. pr. blok eller opgang.

Solceller, El-forsyning og PVT

Det vil være en stor fordel, hvis man via sit Energifællesskab også kunne drive solcelleanlæg, der kan levere strøm til pumperne dels i det centrale anlæg og dels til de enkelte husholdningers varmepumper og evt. til husholdningerne i almindelighed.

Solceller kan etableres som integrerede paneler i stedet for at lægge panelerne ovenpå f.eks. en tegl-, skifer- eller eternittagdækning. Omfanget er naturligvis afgørende for prisen, men det er karakteren af de til rådighed værende bygninger også. Solcelleintegreringen (også kaldet BIPV) fordrer, for at sikre en optimal økonomi, at det falder sammen med en samtidig tagrenovering eller udskiftning/bearbejdning af facadedele. I nogle tilfælde vil det derfor være mere hensigtsmæssigt at benytte en mark. Men det kan også være større tagflader på sports- og virksomhedshaller, hvor netop store samlede tagflader er til rådighed.

Netop muligheden for at integrere solceller i f.eks. tage og evt. facader, vil være et væsentligt vurderingspunkt for den enkelte bebyggelse, hvor bygningernes arkitektur samt f.eks. tagenes hældninger, karakter, dimensioner og orientering vil være afgørende for, om der skal findes en separat løsning.

I Avedøre Landsby er der såvel bevaringsaspekter som meget forskelligartede tagformer og tagkarakterer, som ikke gør det muligt at benytte disse i større omfang, hvorfor en separat løsning er valgt. Omfanget af solceller er forventet i en størrelsesorden, som ikke kan integreres i de enkelte huses tagflader, og et par tilstødende sportshaller samt et mindre markareal er derfor valgt.

I Avedøre Stationsby er mulighederne på "ringmuren" derimod ganske fine for etablering af solceller. Der er gode ensartede flader, og der er gode muligheder for at integrere solcelleflader i disse.

De valgte solceller indgår i såkaldte PVT-paneler (Photo Voltaic Thermal) der indeholder et væskeelement (Glykol) som kendes fra solfangere. Panelerne kan udføres i slanke profiler, som ikke fylder meget, faktisk mindre end standard solcellepaneler, og derved er velegnede til integrering i tagflader. PVT-paneler fungerer som en sammenlægning af solcellepanel og solfangerpanel. Den bagved solcellefladen bevægende væske i solfangeren trækker varmen ud og køler samtidig solcellefladen, hvilket øger strømproduktionen i solcellerne.

Der produceres således strøm ved indstråling i solcellerne og varme ved optagelse af solens varme i manifoldens væskegennemløb.

Den producerede varme kan udover at bidrage til opvarmning af husrum også føres til lagring i grundvandet og dermed bidrage til den termiske balance. Produktionen fra PVT-panelerne vil især være fremherskende om sommeren, hvor til gengæld opvarmningsbehovet i husrum er begrænset.

Eksisterende fjernvarme områder

Ates teknikken anvendes også i fjernvarmeområder, hvor ATES metoden har sat sit tydelige præg i store anlæg som Bispebjerg Hospital, Københavns Lufthavn, erhvervsvirksomheder blandt mange andre.

Det er væsentligst køling som står på programmet disse steder, og på Bispebjerg Hospital klarer ATES al køling og for så vidt også i lufthavnen. På hospitalet suppleres tillige med varme, som derved fortrænger fjernvarmen, og dette kunne uden problemer erstatte en langt større del af fjernvarmen, hvis det ikke lige var fordi, at lovgivningen halter lidt bag efter, jf. det med trægheden i afsnittet: Den energimæssige udfordring.

Det har imidlertid vist sig, at der også kan være muligheder og balance i ATES anlæg i fjernvarmeområder, i en størrelsesorden, der minder om Avedøre Landsby. En bebyggelse i Vestsjælland (Kyndbyhuse) satser på en fremtidig energiforsyning baseret på ATES men kombineret med et eksisterende fjernvarmenet. I dette tilfælde udnyttes undergrundens varme samtidig med, at der fortsat er en del varme i fjernvarmefremløbet fordi distributionen baseres på den centrale pumpestation og ikke ved decentrale pumper ved hvert brugssted - boligerne.

Der er således flere muligheder for kombination og tilrettelæggelse af den fremtidige varmforsyning, men et afgørende træk, er den lokale styring og drift af energiforsyningen, Energifællesskabet.

Kendt teknolog

Teknikken er ikke ny, men den har ikke nået en udbredelse i Danmark som tilfældet er i f.eks. Sverige og Holland.

Det skal til enhver tid sikres og dokumenteres, at grundvandets drikkevands kvalitet ikke forstyrres ved udnyttelse af grundvandet til opvarmning/køling.

I udlandet anvendes ATES i Tyskland, Norge, Holland, Sverige, Belgien, Frankrig, Schweiz, USA, Canada, Tyrkiet, Spanien og Kina. De første anlæg er rapporteret idriftsat i Kina i 1950'erne. I Danmark blev de første større anlæg etableret i 1990'erne. Holland er verdensførende med mere end 1000 anlæg, mens Sverige har ca. 70 anlæg og Danmark har ca. 40 større anlæg.

Solarplan Aps

Klaus Boyer

Arkitekt maa

Solarplan Aps

tlf: +45 40 32 78 82 ✉ mail: solarvent@solarplan.dk ✉ www.solarplan.dk



Avedøre Stationsby

Etablering af solcelleanlæg

Udgangspunkt for etablering af producerende anlæg i bygningers tage og facader er ønsket om at producere en større eller mindre del af den energi, som dagligt skal dække bebyggelsens og dens beboeres energibehov.

Solceller er en umiddelbar mulighed, og en mulighed der efterhånden er veldyrket på mange fronter. Solceller dækker dog ikke mere end ca 3% af det samlede el-forbrug i Danmark. Store solcelleparker løfter en forholdsmæssig stor del og flytter en del hver gang en sådan etableres.

Men der er rigtig mange tage som på tilsvarende måde kan bidrage til egenproduktion af strøm, og det på et meget nært hold, dvs som del af den fælles drift af en bebyggelse som Avedøre Stationsby.

I Avedøre Stationsby er det herudover ikke alene et spørgsmål om at producere strøm men også et ønske om at bidrage til varmeproduktionen.

Der vil derfor være et åbenbart behov for at vurdere i hvilken udstrækning disse 2 energiformer vil kunne kombineres i produktionssfæren.

El-produktion og varmeproduktion kombineres i PVT-elementer (PhotoVoltaic Thermal) som er solcellepaneler med en væske der flyder i tynde rør på undersiden af solcellerne. Det fungerer principielt som solfangere. Ved at kombinere de 2 elementer opnås således en produktion af strøm og produktion af varme i et og samme panel. Varme-elementet tilsluttes varmepumpe og endvidere ønskes en udnyttelse af grundvandets termiske egenskaber.

Kombinationen er endvidere en fordel for strømproduktionen, da "solfanger"- delen samtidig bidrager med en køling af solcellefladen, hvilket bidrager til en optimal el- produktion.

Forudsætningen for at etablere den korrekte balance mellem de omtalte elementer vil være en opgørelse af forbruget på hhv el-forbrug og varmekonsum, herunder daglige og årstidsbestemte tidshorisonter for disse forbrug.

Der foregår for tiden forskellige undersøgelser af forholdene omkring solceller, solfanger og kombinationen pvt, med henblik på at vurdere de indbyrdes forhold og finde frem til optimale løsninger.

Men der etableres også omfattende pvt-løsninger i udviklingsprojektet Ready i Århus.

Solcellepaneler/pvt-paneler

Paneler leveres generelt med produktgarantier på 10-15 år medens levetiden forstået som produktionsevnen generelt ligger på minimum 25 år, hvor ydeevnen kan være faldet til 80%.

Der findes flere forskellige typer paneler og solceller. Det mest almindelige panelformat er de såkaldte "standardpaneler" på ca. 1,6 m²/stk (ca. 1 x 1,6 m).



Men i løbet af de sidste 10 år er der kommet en række andre formater på markedet, bl.a. foranlediget af et ønske om at integrere solcellerne i andre tagbelægnings hvh i det hele taget at opnå acceptable arkitektoniske løsninger samt et større råderum vedr. panelmuligheder.

Også pvt paneler findes i flere udgaver. Standard paneler er dog det mest almindelige. Men der produceres også special paneler i meget store formater.

Placering af solpaneler

Der er flere muligheder for at etablere energiproducerende anlæg på de mange tage i Avedøre Stationsby. Vi har umiddelbart taget udgangspunkt i de 4 etages huse, som danner "Ringmuren" omkring bebyggelsen, og opmålt de brugbare tagflader. Hovedtallene er anført herunder:

Område syd

3.451 m² sydvent og 3.025 m² vestvendt. I begge orienteringer er kun medtaget de ydre tagflader, altså de tagflader der vender væk for bebyggelsen. Medtages også de indre tagflader mod hhv syd og vest er det samlede omfang 7.694 m².

Område nord

Ingen ydre flader mod syd, men vestvendt 249 m². Medtages alle egnede tagflader mod syd og vest er det samlede omfang 4.615 m².

På tagene i "Ringmuren" er der således samlet 12.309 m² ved benyttelse af de 2 orienteringer syd og vest.

Et tænkt eksempel

Solcellepaneler med 150 W/m² medfører en installeret effekt på lidt over 1,8 MW. Det vil kunne yde noget i stil med 1,5 MWh i ydelse. Der er 1003 boliger i Avedøre Stationsby. Hvis det gennemsnitlige forbrug i samtlige boliger sættes til 2.800 kWh vil behovet være 2,8 MWh. Hertil skal lægges forbruget til fælles tekniske anlæg, herunder fælles lys/trappelys og ventilation.

Det årlige forbrug i boligerne på ca. 2,8 MWh vil for ca. 15-18 % kunne dækkes med solcellestrøm, svarende til 420.000 – 500.000 kWh. At tallet ikke er højere skyldes, at solen virkelig skinner, når behovet for strøm ikke er særlig stort, og at afholdelse af ferier jo netop ligger i samme solbeskinnede perioder.

Det kan dog ændres til et højere direkte forbrug ved at dyrke/forbedre adfærden blandt beboerne samt ved etablering af batterier, der dels kan forlænge den periode i hvilken strømmen kan forbruges og gemme strøm i et vist omfang til opladning af biler o.lign.

Et overskud i produktionen som sendes på nettet giver mulighed for et salg af kWh, men den opnåelige pris er så absolut i bund, og overskydende el skal sælges gennem et selskab, som er autoriseret til at købe el. Der er kun ganske få firmaer, og de skal også have lidt for ulejligheden. Tilbagekøb af el når der er behov for dette er til gengæld til fuld pris.

Så det er vigtigt at få afbalanceret produktion og forbrug.



I forhold til den anslåede ydelse fra solceller dækkende alle de nævnte tagflader på godt 12.000 m² er det direkte forbrug altså kun omkring 1/3, hvilket betyder at kun en mindre del af tagfladerne skal benyttes til solceller.

En nøjere vurdering vil naturligvis være helt afgørende, hvorunder kombinationen solceller-solfangere i form af pvt-paneler skal vurderes i forhold til behovet for varme og den opnåelige varmeeffekt sammenholdt med det samlede elforbrug, herunder ikke mindst de tekniske anlæg, som må forventes at bruge en del, dog vil også de tekniske anlæg ofte bruge mere strøm, når solen ikke skinner.

Tekniske anlægs forbrug skal vurderes særskilt i sammenhæng med varmepumper mv.

Organisation af el-forbruget

Etablering af solcelleanlæg vil ofte være knyttet til dækning af en vis del af det fælles strømforbrug som ventilation, trappelys, terrænlys, vaskerier, fælleslokaler mv. Flere bebyggelser vælger dog at inddrage det private el-forbrug i solcelledækningen, ikke mindst for at få mulighed for at etablere større anlæg.

For at opnå den mest optimale udnyttelse af solcellestrømmen, vil den bedste løsning være at sikre sig fuldstændig styr over el-forbruget i bebyggelsen. Det opnås ved at samlet solcelleproduktionen i en hovedtavle, som tillige er hovedtavle for import af el fra el-værket.

Forudsætningen er at alle nuværende forbrugsmålere, de private i boligerne samt de der måler fælles strømforbrug rundt omkring, skiftes til bimålere. Herved overtager bebyggelsen samtidig styring af el-forbruget, opgør forbruget og rundersender aconto betalingsanmodninger mv.

Den nye hovedtavle indeholder en måler, der registrerer forbrug af solcellestrøm og forbrug af importeret strøm fra el-værket. Denne hovedmåler er bebyggelsens kontakt udadtil, medens resten bliver internt forvaltet.

De eksisterende el-målere i boliger og på fælles forbrug er hver især kontakt udadtil og der er ingen intern forvaltning. Det betyder tillige, at der betales årligt abonnement for alle målere.

Eksempel

I 2011 etablerede vi en sådan ordning i forbindelse med etablering af solcelleanlæg på andelsboligforeningen Søpassagen. Det omfattede udskiftning af 92 målere samt 2 nye hovedtavler med fællesmålere. Den opnåede besparelse i abonnementsudgifter medførte en tilbagebetalingstid for fornyelse af el-installationen på 4 år. Dette er naturligvis afhængig af, hvad den aktuelle abonnementspris er, og hvordan el-installationen i bebyggelsen i øvrigt er udformet. Søpassagen var en af de første, hvor dette blev gennemført.

Vi har i 2019 gennemført en tilsvarende operation i forbindelse med etablering af solcelleanlæg på en andelsboligforening i Kbh. NV. Her vil tilbagebetalingstiden være lidt længere, 6-7 år, grundet behov for en større omlægning af et temmelig knudret el-system.

KAB er i øvrigt i færd med at gennemføre noget tilsvarende på bebyggelsen Ellebo i Ballerup, der gennemgår en omfattende ombygning.



Søpassagen med smalle specialpaneler, på heldækkede tagflader og el-forbruget organiseret internt i andelsboligforeningen.



Andelsboligforening i NV med standardpaneler på heldækket tagflade med rød indfarvning. Den røde farve medfører, at tagfladen træder lidt tilbage og i en vis udstrækning falder ind med de omgivende tegltagflader. Også her omlægges el-systemet, så el-forbruget organiseres internt.

Tagrenovering

Solceller og tagrenovering hænger sammen. Der er naturligvis eksempler på solcellepaneler lagt ovenpå tagbeklædninger. Det er dog ikke den mest hensigtsmæssige måde at etablere solceller på, hverken i arkitektonisk eller i teknisk hhv driftsmæssig henseende.

Arkitektonisk opnås det absolut bedste resultat ved at lade solceller dække den samlede tagflade, som inddrages til solceller, således at tagfladen regulært bliver en solcelletagflade. Når der ikke er en egentlig tagbelægning nedenunder fylder konstruktionen også mindre, og falder bedre ind med andre tilstødende og nærliggende tagflader med anden tagbelægning.

Tekniks og driftsmæssigt vil det være problematisk at etablere solceller på en tagflade, der måske har 10 år tilbage, hvorefter der opstår problemer under solcellerne. En samtidighed i tagrenovering og etablering af solceller medfører en vis grad af rationaliseringsgevinst og foreningen vil når arbejdet er afsluttet stå tilbage med en samlet tagkonstruktion med en lang levetid.

Med venlig hilsen

Solarplan Aps

Klaus Boyer
Arkitekt maa

Avedøre Stationsby

Tagflader	beliggenhed	orientering	måletype	mål i m
1	område syd	syd indre	kip minus 1 trekant	113,182
2	område syd	vest ydre	kiplængde	202,966
3	område syd	syd ydre	kip minus 1 trekant	73,702
4	område syd	vest ydre	kip minus 1 trekant	103,914
5	område syd	syd ydre	kip minus 1 trekant	50,503
6	område syd	vest ydre	kip minus 1 trekant	128,617
7	område syd	syd ydre	kip minus 1 trekant	114,371
8	område syd	vest ydre	kip minus 1 trekant	100,813
9	område syd	syd ydre	kiplængde	149,123
10	område syd	vest indre	kip minus 1 trekant	42,935
11	område syd	syd ydre	kip minus 1 trekant	122,674
12	område syd	vest indre	kip minus 1 trekant	59,831
13	område syd	syd ydre	kip minus 1 trekant	101,58
14	område syd	syd indre	ikke aktuelt	0
				1364,211

ydre	indre
202,966	113,182
73,702	
103,914	
50,503	
128,617	
114,371	
100,813	
149,123	42,935
122,674	
101,58	59,831
	0
1148,263	215,948

syd ydre	vest ydre
73,702	202,966
50,503	103,914
114,371	128,617
149,123	100,813
122,674	
101,58	
611,953	536,31

Tagflade højde i m fra tagkant til kip	5,64
Areal af samlede solcelletagflader i bydel syd	7.694 m ²

6.476	1.218
-------	-------

3.451	3.025
-------	-------

15	område nord	vest ydre	kiplængde	44,165
16	område nord	syd indre	kiplængde	164,470
17	område nord	vest ydre	kiplængde	51,649
18	område nord	syd indre	kiplængde	143,625
19	område nord	vest ydre	kiplængde	41,585
20	område nord	syd indre	kiplængde	147,996
21	område nord	vest indre	ikke aktuelt	0
22	område nord	syd indre	kiplængde	72,496
23	område nord	vest indre	kiplængde	152,341

44,165	164,470
51,649	
	143,625
41,585	
	147,996
0	
	72,496
	152,341

	44,165

818,327

137,399	680,928
---------	---------

44,165

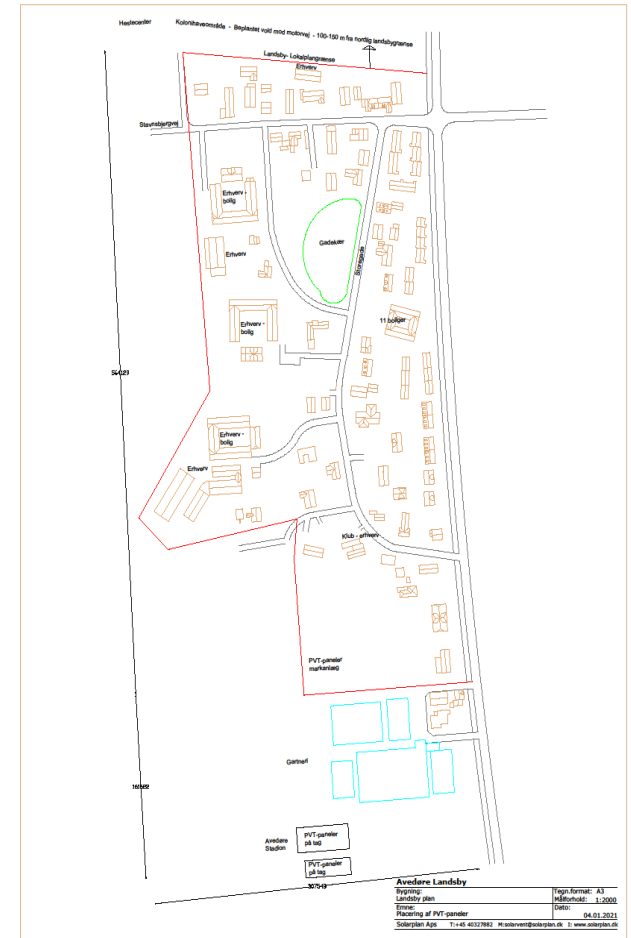
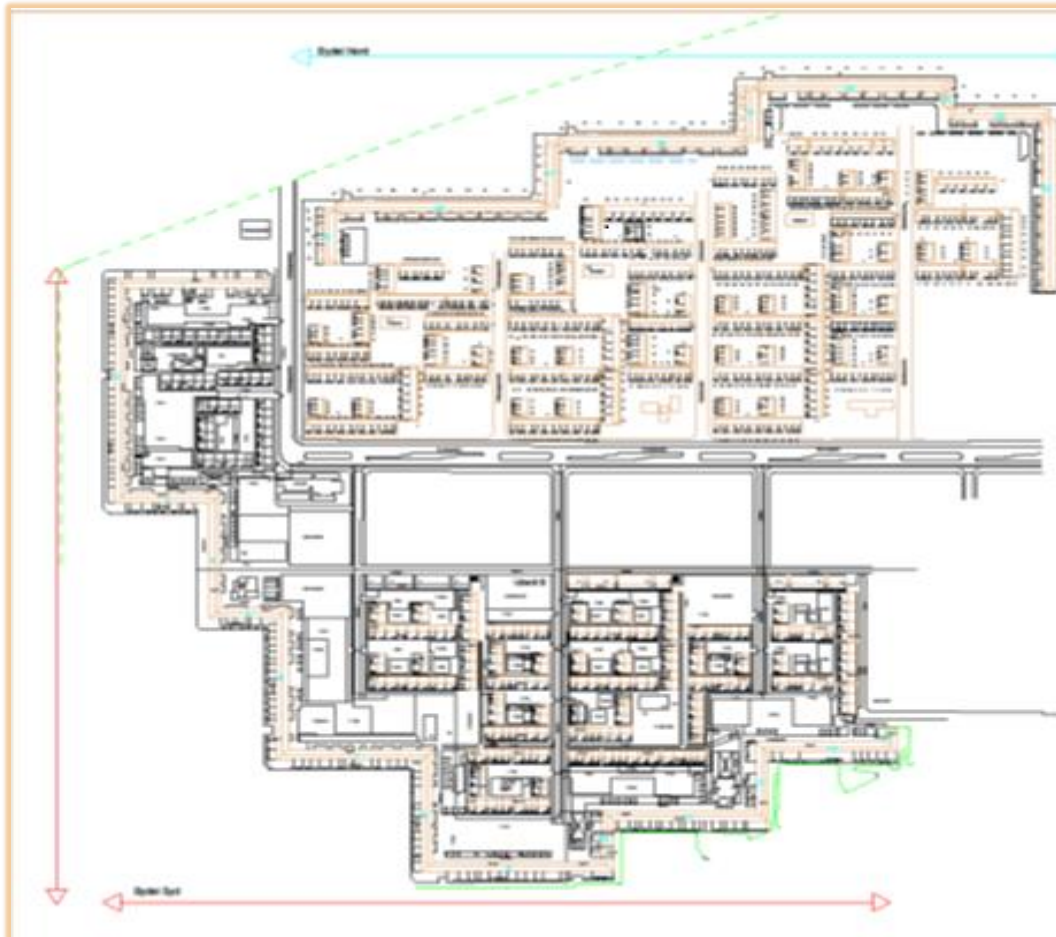
Tagflade højde i m fra tagkant til kip	5,64
Areal af samlede solcelletagflader i bydel syd	4.615 m ²

775	3.840
-----	-------

249

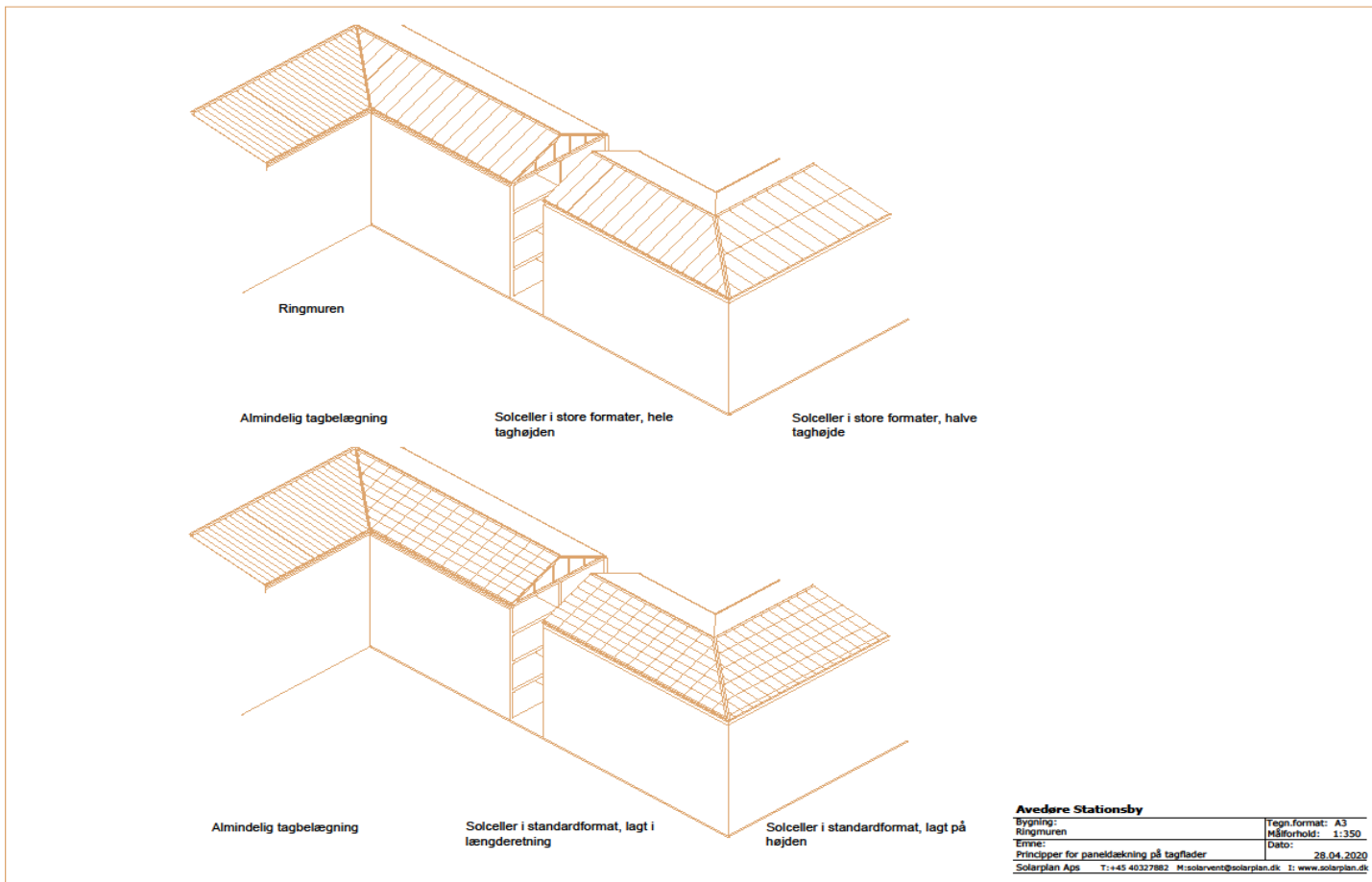
Avedøre

ATES anlæg



Avedøre

ATES anlæg

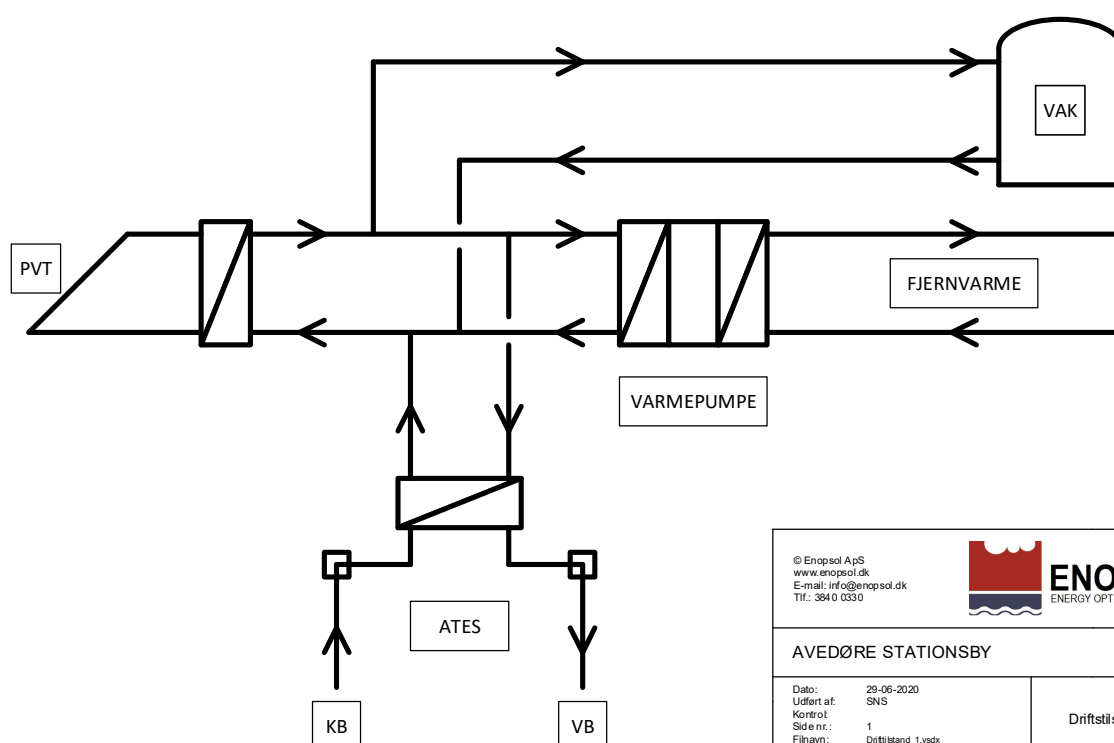



1. Driftstilstand 1

I den varmeste sommer, hvor behovet for fjernvarme er minimalt, dækkes fjernvarmebehovet med solvarme via en varmepumpe. Grundet overproduktion i dagtimerne suppleres varmelagring i grundvandsmagasinet med varmelagring i stållagertanken (VAK). Anlæggets principielle opbygning er vist på figur 1.

Driftstilstand 1

- Fjernvarme produceres på baggrund af solvarme fra PVT-elementer.
- Overskydende varmeproduktion fra PVT-elementer lagres i ATES og VAK

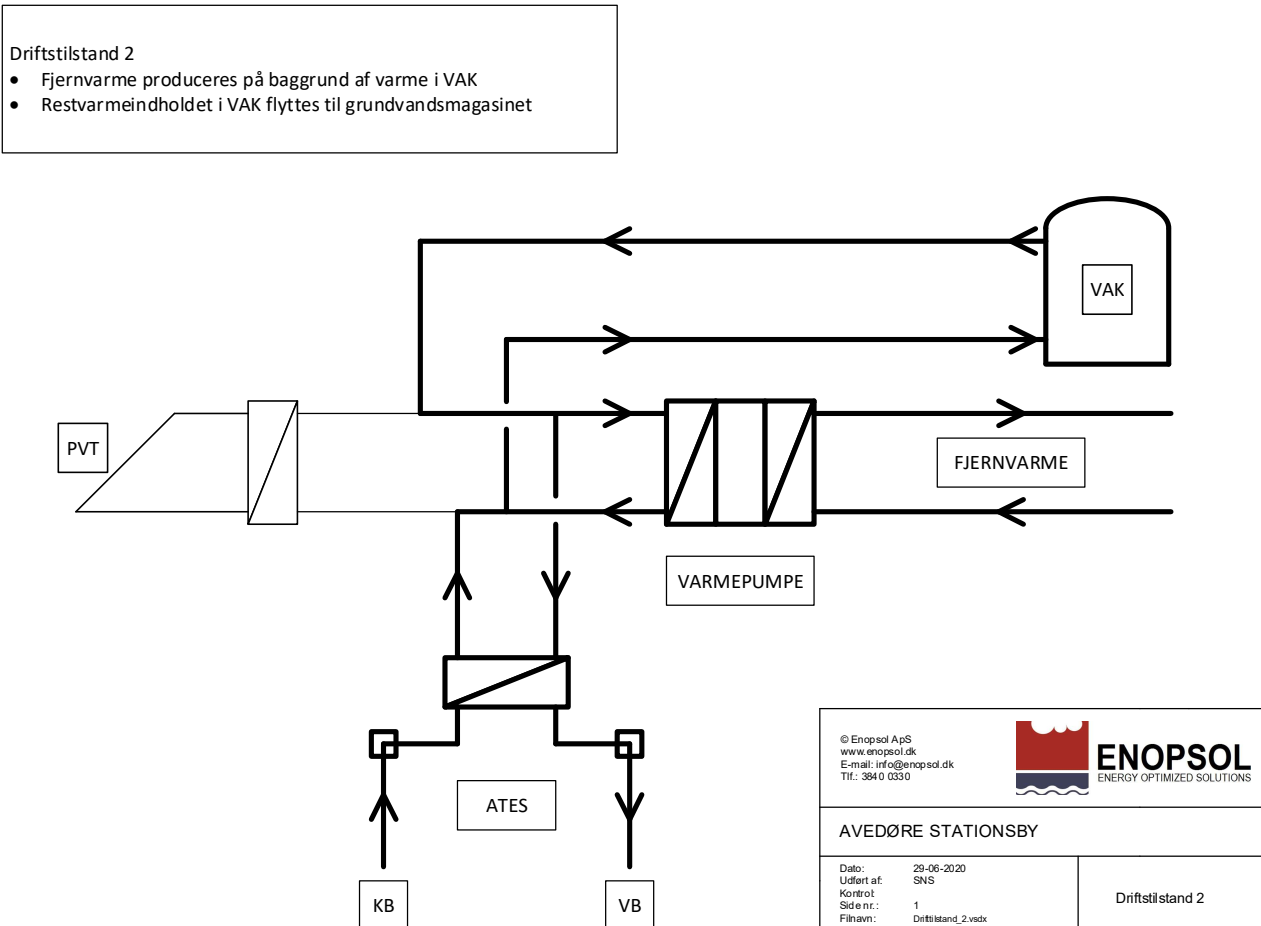


© Enopsol ApS www.enopsol.dk E-mail: info@enopsol.dk Tlf.: 3840 0330		
AVEDØRE STATIONSBY		
Date: 29-06-2020 Udført af: SNS Kontrol: Sidenr.: 1 Filnavn: Driftstilstand_1_vsdx	Driftstilstand 1	

Figur 1. Driftstilstand 1. Solvarmeproduktion med PVT-elementer benyttes direkte af varmepumpen til fjernvarmeproduktion. Overskydende solvarme lagres i ATES og i ståltank (VAK) ved ca. 30°C.

2. Driftstilstand 2

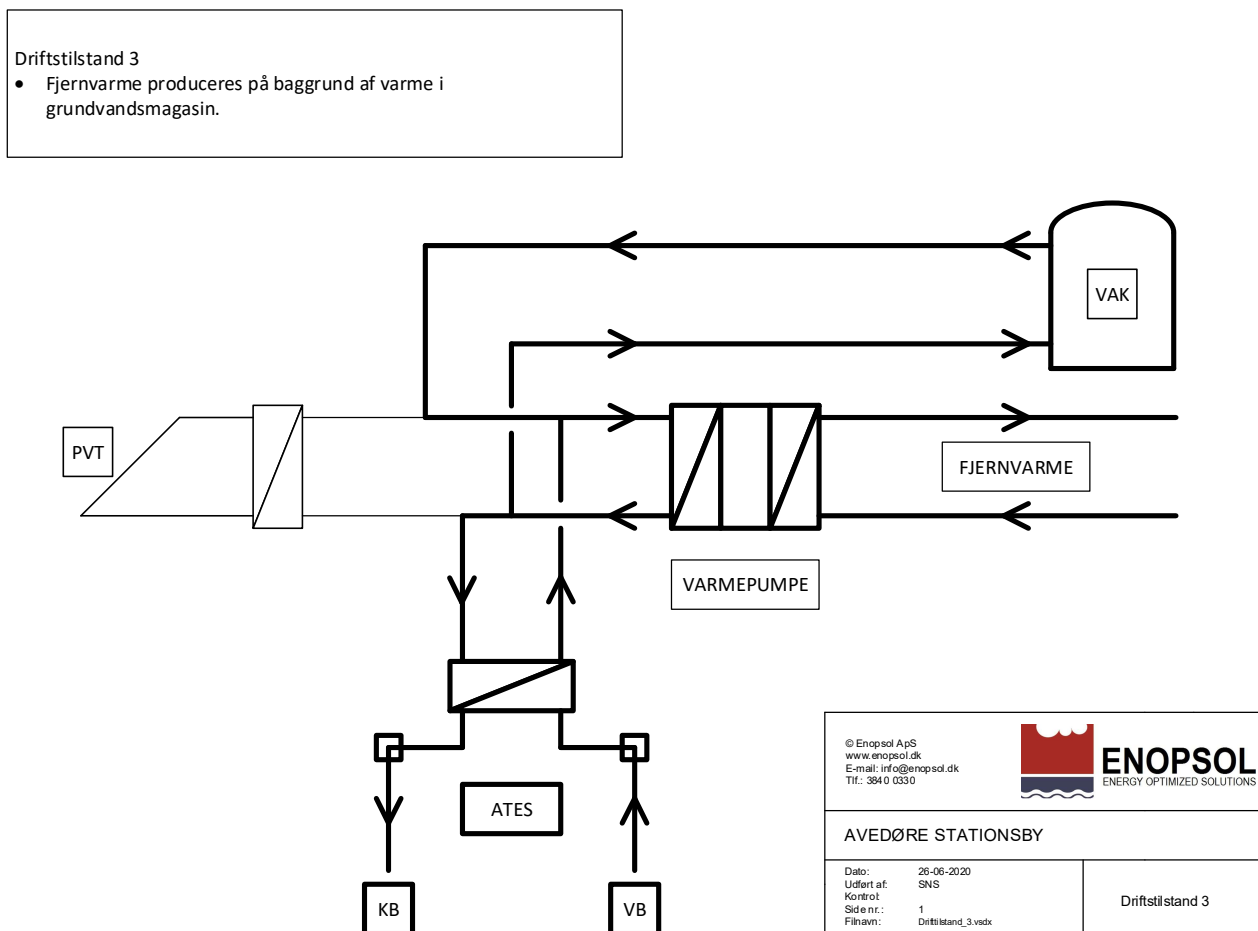
Om natten, og når der ikke er varmeproduktion fra PVT-elementerne, tømmer varme fra VAK til varmepumpe og grundvandsmagasinet. Driftstilstanden er vist på figur 2.



Figur 2. Driftstilstand 2. Varmepumpen forsynes fra VAK og resterende varme i VAK flyttes til grundvandsmagasinet. Typisk sommersituation.

3. Driftstilstand 3

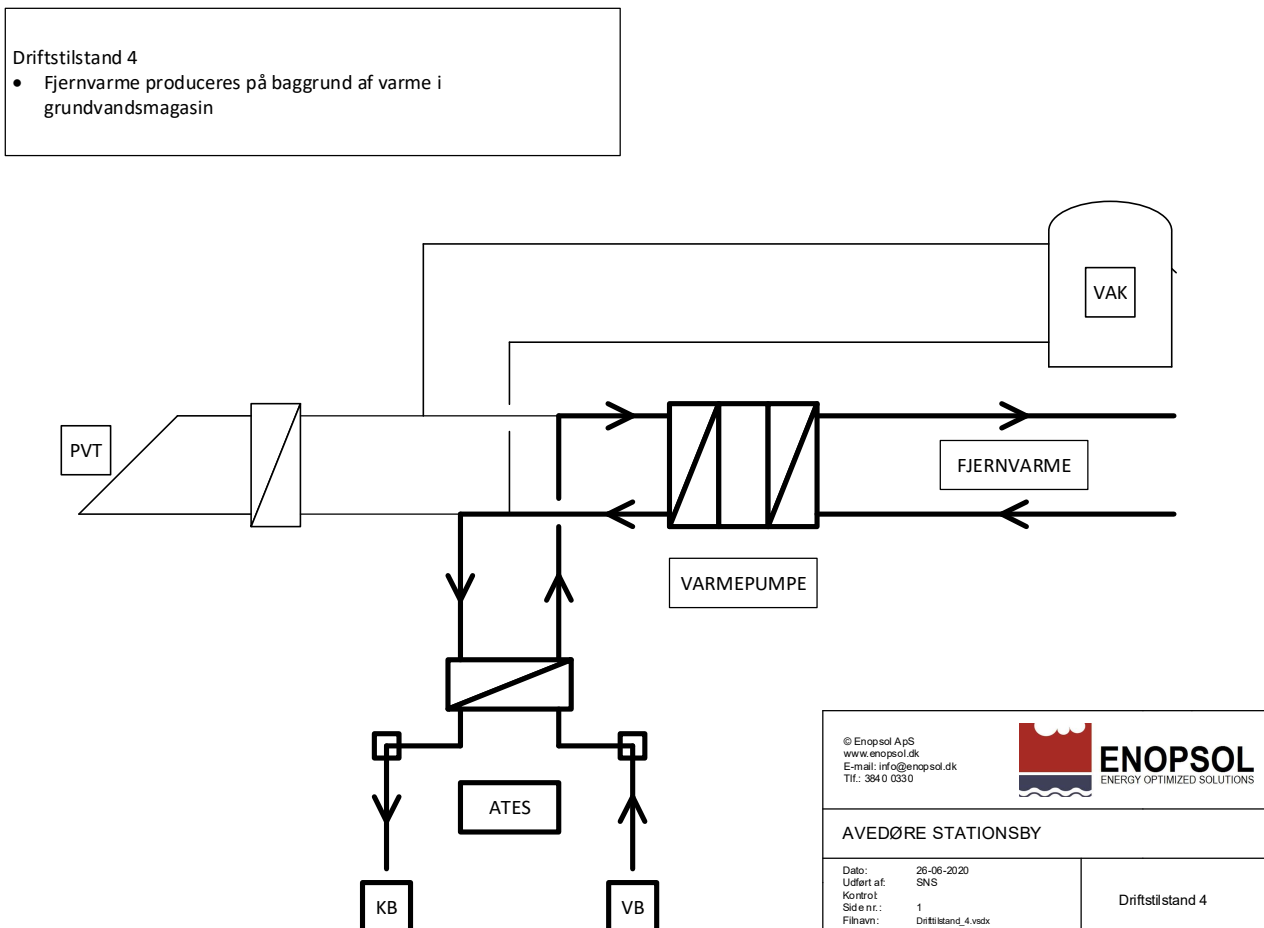
Når der ikke er solvarmeproduktion, og når varmebehovet til varmepumpen er højere end VAK kan levere, suppleres med varme fra grundvandsmagasinet. Driftstilstanden er vist på figur 3.



Figur 3. Vinter. Fjernvarmebehovet dækkes af grundvandsvarme, der opgraderes til fjernvarmetemperatur af 2-trins varmepumpe og af lagret varme i VAK.

4. Driftstilstand 4

I natid om vinteren, hvor behovet for fjernvarme er højt dækkes fjernvarmebehovet med varme lagret i grundvandsmagasinet, der opgraderes til fjernvarmetemperatur i 2 trin ved hjælp af varmepumpen. Selv om ATES-lageret tømmes for varme kan der stadig produceres fjernvarme, idet grundvandsmagasinet kan underkøles. Figur 4 viser princippet.



Figur 4. Vinter. Fjernvarmebehovet dækkes af grundvandsvarme, der opgraderes til fjernvarmetemperatur af 2-trins varmepumpe. Merproduktion af fjernvarme lagres i VAK.

5. ENERGISYSTEMBEREGNINGER

I opgørelsen herunder er vist beregningsforudsætninger og resultatet af den udførte beregninger.

Beregningsforudsætninger:

Varmeeffekt varmepumpe:	2500 kW
Fjernvarmeproduktion	11016 MWh/år
Fjernvarmetemperatur F/R	70/40°C
SCOP primær varmeproduktion (5000 MWh/år)	5,0
SCOP sekundær varmeproduktion (6016 MWh/år)	3,5
Grundvand opvarmning under varmelagring	20°C
Grundvand afkøling under primær varmeproduktion	20°C
Grundvand afkøling under sekundær varmeproduktion	7°C
Grundvandsydelse pr. dipol (brøndpar)	40 m ³ /time
Lagringsvirkningsgrad ATES	80%
PVT termisk produktion	500 kWh/m ² /år
PVT max termisk produktion	650 W/m ²
PVT elproduktion	150 kWh/m ² /år
PVT termisk tilgangstemperatur	15°C
PVT termisk afgangstemperatur	35°C
Elforbrug grundvandspumpning	0,15 kWh/m ³
Elforbrug pumpning af vand	0,10 kWh/m ³
Elforbrug pumpning af glykolvand	0,10 kWh/m ³
Investeringsomfang 1. dipol inkl. styresystem	3,5 mill. kr.
Investeringsomfang næstfølgende dipoler	2,5 mill. kr.
Investeringsomfang PVT	2500 kr./m ²
Investeringsomfang varmepumper	4000 kr./kW varmeeffekt
Investering ståltank	1000 kr./m ³
Elpris køb af el til varmepumpe, PVT, ATES, Tank	600 kr./MWh
Afregningspris PVT-strøm	500 kr./MWh
Varme indkøbspris fra leverandør	550 kr./MWh

Resultat:

Antal dipoler (ATES)	3
Grundvandspumpning	1051200 m ³ /år
Elforbrug varmepumper	2719 MWh/år
Øvrigt elforbrug til pumper	208 MWh/år
PVT areal	10000 m ²
PVT elproduktion	1500 MWh/år
PVT varmeproduktion	5000 MWh/år
PVT max varmeproduktion	6500 kW
ATES investeringsomfang	8,5 mill. kr.
Varmepumpe investeringsomfang	10 mill. kr.
PVT investeringsomfang	25 mill. kr.
Ståltank investeringsomfang	1,3 mill. kr.
ANLÆG investeringsomfang	44,8 mill. kr.
Brutto varmeproduktionspris	159 kr./MWh
Netto varmeproduktionspris efter salg af elproduktionen	91 kr./MWh
Besparelse ift. varme indkøbspris	459 kr./MWh
Tilbagebetalingstid (simpel)	8,9 år

Følsomheder på beregningen af tilbagebetalingstiden (TBT):

Ved 25 m ³ /h pr. dipol isf. 40 m ³ /h bliver TBT:	11,0 år
Ved 3000 kr./m ² for PVT isf. 2500 kr./m ² blive TBT:	9,9 år
Ved 5000 kr./kW for varmepumpe isf. 4000 kr./kW bliver TBT:	9,4 år

SMART ENERGY GREEN CITIES				
Avedøre Landsby				
Løsning med lavtemperatur fjernvarmenet+PVT+ATES+vand/vand varmepumpe				
Enopsol ApS_SNS				
jan-21				
INDDATA				
PVT				
PVT varmedækningsgrad	80	%		
PVT solvarme varmeproduktion	500	kWh/m2/år		
Elproduktion PVT	150	kWh/m2/år		
PVT solvarme max produktion	650	W/m2	Max produktion	
PVT Investeringsomfang	2000	kr./m2		
PVT solvarme afgangstemperatur ved max produktion	35	oC	Afgangstemperatur	
PVT solvarme tilgangstemperatur ved max produktion	10	oC	Tilgangstemperatur	
Elforbrug pumpning af glykolvand til PVT-elementer	0,10	kWh/m3		
Afregningspris PVT-strøm	100	kr./MWh		
ATES				
Grundvandsydelse pr. boringspar	40	m3/time		
SCOP varmepumpe under varmeproduktion	4			
Grundvand afkøling gennem varmepumpers frodamper	9	oC		
Lagringsvirkningsgrad ATES	80	%		
Elforbrug grundvandspumpning	0,15	kWh/m3		
Investeringsomkostning 1. grundvandspår inkl. styresystem og varmevekslerinstallation	4	mill kr./stk.		
Investeringsomfang næstfølgende boringspar	3,5	mill kr./stk		
Varmeforbrugere				
Antal huse	90			
Varmeforbrug pr. hus	18	MWh/år		
Varmeeffektbehov pr. hus	6	kW		
Samtidighedsfaktor for varmeaftag	1			
Netto varmepumpeinstallation pr. hus (inkl. Indregning af energitilskud)	80000	kr./hus		

Rør og kabler i jord	40000	kr./hus		
Elpris (gennemsnitlig købspris til varmepumpedrift)	600	kr/MWh		
Varme indkøbspris i dag	1000	kr./MWh		
Brændværdier og CO2-udledning				
Brændværdi fyringsgasolie	35,87	GJ/m3		
Brændværdi naturgas	39,6	MJ/m3N		
CO2-udledning fyringsgasolie	2,658	kg CO2/liter		
CO2-udledning naturgas	2,239	kg CO2/m3		
CO2-udledning elproduktion	0,303	kg CO2/kWh		
BEREGNINGER				
PVT				
Areal PVT-elementer	2430	m2		
PVT-areal pr. hus	27	m2		
Varmeproduktion PVT	1215	MWh/år		
Glykolmængde cirkulation PVT	135891	m3/år		
Elproduktion PVT	365	MWh/år		
Elforbrug pumpning af glykolvand	14	MWh/år		
Elsalg PVT	0,04	mill. Kr./år		
Investeringsomfang PVT	3,89	mill. kr.		
Eludgift pumpning af glykolvand	0,01	mill. Kr./år		
ATES				
Grundvandsmængde maksimum	39	m3/time		
Grundvandsmængde (sum hele året)	232759	m3/år		
Antal dipoler	1	Antal dipoler (boringspar)		
1. Dipol investeringsomkostning grundvandsanlæg inkl. styresystem og varmevekslerinstallation	4	mill. kr.		
Næstfølgende dipoler investeringsomfang inkl. Varmevekslerinstallation	0	mill. kr.		
Elforbrug grundvandspumpning	35	MWh/år		
Eludgift pumpning af grundvand	0,02	mill. Kr./år		
Varmeforbrugere og koldt fjernvarmenet				
Varmeeffekt max varmepumper	540	kW		
Varmeeffektbehov fordampere fra grundvand	405	kW		
Varmebehov fra grundvand og PVT	1215	MWh/år		

Varmeproduktion varmepumper sum	1620	MWh/år		
Investeringsomfang varmepumper	7,2	mill. kr.		
Investeringsomfang rør og kabler i jord	3,6	mill. kr.		
Elforbrug varmepumper	405	MWh/år		
Eludgift varmepumper	0,24	mill. Kr./år		
INVESTERINGSOMFANG I ALT	18,7	mill. kr.		
INVESTERINGSOMFANG I ALT PR. HUS	207,644	kr./hus		
ELFORBRUG I ALT	454	MWh/år		
ELPRODUKTION I ALT	365	MWh/år		
ELKØB I ALT	0,27	mill. Kr./år		
ELSALG I ALT	0,04			
NETTO ELUDGIFT	0,24	mill. Kr./år		
VARMEPRODUKTIONSPRIS (uden indregning af elsalg PVT)	168	kr./MWh		
VARMEPRODUKTIONSPRIS (med indregning af elsalg PVT)	145	kr./MWh		
BESPARELSE VARMEPRODUKTIONSPRIS (uden indregning af elsalg PVT)	832	kr./MWh		
BESPARELSE VARMEPRODUKTIONSPRIS (med indregning af elsalg PVT)	855	kr./MWh		
BESPARELSE VARMEUDGIFT (uden indregning af elsalg PVT)	1,35	mill. Kr./år		
BESPARELSE VARMEUDGIFT (med indregning af elsalg PVT)	1,38	mill. Kr./år		
TBT (uden indregning af elsalg PVT)	13,9	år		
TBT (med indregning af elsalg PVT)	13,5	år		
CO2-regnskab i "før-situationen"				
CO2-udledning ved 100% oliefyring og 85% fyringsvirkningsgrad	508	tons CO2 pr.år		
CO2-udledning ved 100% naturgasfyring og 100% fyringsvirkningsgrad	330	tons CO2 pr.år		
CO2-regnskab i "efter-situationen"				
Netto CO2-udledning	27	tons CO2 pr.år		
CO2-besparelse				
CO2-besparelse sammenlignet med 100% oliefyring og 85% fyringsvirkningsgrad	481	tons CO2 pr. år		
CO2-besparelse sammenlignet med 100% naturgasfyring og 100% fyringsvirkningsgrad	303	tons CO2 pr. år		
CO2-besparelse ved 100% oliefyring og 85% fyringsvirkningsgrad	95	%		
CO2-besparelse ved 100% naturgasfyring og 100% fyringsvirkningsgrad	92	%		

3. Indledende samarbejde med Frederiksberg Forsyning og Kuben Management om udnyttelsen af Frederiksberg Hospital grunden med krav til CO2 neutralitet og benyttelse af Smart Energy løsninger og BIPV i praksis

Når det drejer sig om omdannelsen af det gamle Frederiksberg Hospital, så udgør dette område en af de allerbedste muligheder for at udvikle en egentlig CO2 neutral bydel ved hjælp af Smart Energy løsninger, herunder brug af bygningsindpassede solceller til at sikre lokal vedvarende energi i praksis.

Dette skyldes dels at man fra kommunens side ønsker at fastholde et grønt byområde med en forholdsvis lav bebyggelsesprocent på 100. Og samtidigt er det nu kommunen, der er ejer af grundarealet. Det betyder, at man ikke behøver at bruge lokalplanlægningen til at sikre den kvalitet, man ønsker, men at det er muligt at klare dette ved en tinglysning. Et tidligere eksempel på en kommune, der benyttede denne model, var Stenløse Kommune, som tinglyste en række krav til det såkaldte Stenløse Syd område, som bygherrerne, der ønskede at udvikle området, var nødt til at følge.

Forslag til CO2 neutral byudvikling med ATES teknologi og solenergiløsninger til Frederiksberg Hospital området.

Omfanget af byggeri, der kunne renoveres og opføres på Frederiksberg Hospitals grunden, regnes med at svare til 140.000 m²

Det kan være interessant at se på hvordan, et eksempel på fordeling mellem boliger samt erhvervs- og offentligt byggeri på hhv. 60.000 m² og 80.000 m² kan få af energiforbrug i praksis. Her kan bygges på erfaringer fra EU-Concerto projektet Green Solar Cities og udvalgte byggerier i Valby samt en vurdering af at det nævnte boligareal kan svare til 500 boliger i alt, som har et varmeforbrug på i gennemsnit 45 kWh/m²,år samt et årligt elforbrug på 4.600 kWh pr. bolig.

Samlet vil der være et totalt varmebehov på 7.660 MWh om året. Dette kan overvejes dækket af grundvandsvarme ved hjælp af lokale varmepumper i hver bygning, som dels via tilskud fra køling via grundvandet og evt. tilførsel af solvarme bliver mere effektive end normalt på grund af forøgede temperaturer fra grundvandsmagasinet, således at en effektfaktor på 5,0 på årsbasis virker som et realistisk niveau.

Ud fra den forudsætning vil elforbruget for varmepumpedriften løbe op i $7.660/5 = 1.532$ MWh om året. Tillægges dette et boligelforbrug på 2.300 MWh om året og et erhvervs/offentligt byggeri elforbrug på 960 MWh om året, så fås et samlet årligt elforbrug på 4.792 MWh.

Skal 50 % af dette elforbrug på årsbasis dækkes af solstrøm fra solceller, så fås, ved et forventet solcellebidrag på 800 kWh/kWp, at dette kan klares med $2.395.000/800 = 3$ MWp solcelleareal, svarende til omkring 18.000 m² solceller. Dette svarer til 13 % af det samlede bygningsareal og etableres dette evt. som PVT-solceller, så kan der hentes et solvarmebidrag fra disse solceller på 500 kWh/m² om året, svarende til 9.000 MWh solvarme, der kan tilføres grundvandet om sommeren og hentes op igen i varmesæsonen sammen med bidraget fra køling i området.

Som samtidigt forsøg på at optimere driften, kan det anbefales at overveje anvendelse af Lindabs kombinerede varme/køle loftselementer "Solus", som udmærker sig ved meget lave driftstemperaturer og som vil passe godt til den nævnte varmepumpedrift.

Opnås der samlet set et 0-energibyggeri, kan det overvejes at lade løsningen indgå i en AktivHus mærkning, hvor det vedvarende energibidrag levet op til en såkaldt prosumer level 1 (www.activehouse.info). AktivHus mærkningen, som både ser på Komfort, Energi og Bæredygtighed, kan også kombineres med egentlige certificeringssystemer som DGNB.

Link til rapporten Solceller og byudvikling Frederiksberg Hospital v. Jakob Klint, Kuben Management:

https://www.dropbox.com/s/cjz6b5do8g4xyz/Solceller%20og%20byudvikling_Frederiksberg%20Hospital%5B38701%5D.pdf?dl=0

Artikel om Frederiksberg Hospital grunden, 11. maj 2021

Borgmester om Frederiksbergs største udviklingsprojekt: »Hvis man skulle lave en lokalplan i morgen, ville jeg være rigtig bekymret«

Hospitalsgrunden skal omdannes med dyb respekt for kulturværdierne, forsikrer Frederiksberg-borgmester Simon Aggesen (K). Han vil dog ikke garantere almene boliger, men i stedet 25 procent billige boliger, for eksempel byggefællesskaber. Og så står regeringen i vejen for kommunens CO₂-ambitioner, mener han.

11. MAJ 2021

EMIL VALDIMARSSON

Journalist

En sort Tesla triller hen foran indgangen til Akutklinikken på Frederiksberg Hospital, og ud fra bagsædet stiger byens borgmester.

Simon Aggesen (K) fejler – så vidt vides – ikke noget. Humøret er højt, og han er ulasteligt klædt på den konservative facon: Habitbukserne er mørke, lædersko med *monk straps*, og håret vandkæmmet som så ofte set før.

Byrummonitor har inviteret sig selv med på en guidet tur rundt på Hospitalsgrunden, der de kommende år danner ramme for det største byudviklingsprojekt i kommunen, der helst ikke vil bygge nyt.

»Vi har den kæmpe fordel, at området allerede er smaddersmukt og flot. Det er en kæmpe kvalitet, at vi ikke fortætter området til det maksimale, for hvis man tror, at man i dag har svaret på, hvad vi ønsker i en bydel om 50 eller 100 år, så forregner man sig,« siger borgmesteren.

Udviklingsplanen ligger først klar senere i år, men visionen er, at bebyggelsesprocenten ikke skal overstige 100 – i dag er den 52,8. Undervejs peger Aggesen på de gule murstensbygninger, der er udset som bevaringsværdige og de store, hundrede år gamle træer, hvis rødder løber langt under jorden og er med til at sætte rammerne for den kommende udviklingsplan.



Foto: Johansen Linda/Ritzau Scanpix

Frikommuneforsøg afvist

Planen er, at Region Hovedstaden forlader områderne i 2025. Kommunen drøfter i øjeblikket et parallelopdrag til de teams, der kommer til at byde ind på at lave en udviklingsplan for området. Simon Aggesens »stille og forsigtige bud« er, at der ved udgangen af 2021 ligger en udviklingsplan klar, som skal danne grundlaget for lokalplanen. Derfor vil han endnu ikke sætte et tal på, hvor mange boliger der kommer til at være i bydelen.

Men selv om rødderne løber rundt under bydelen, vokser træerne ikke ind i himlen. Faktisk skutter Simon Aggesen sig for nuværende ved de rammer, der er stillet i udsigt:

»Hvis man skulle lave en lokalplan i morgen, ville jeg være rigtig bekymret for udviklingen.«

For at forstå den bekymring kræver det, at vi går et stykke tilbage i tiden.

I vinteren 2019 [ansøgte Frederiksbergs kommunalbestyrelse regeringen om at blive frikommune](#), så lokalplanerne kan diktere, at privat nybyggeri skal være CO₂-neutralt.

I 2020 [afviste regeringen](#) dog ansøgningen, og derfor kæmper Hospitalsgrundsudvalget, som Simon Aggesen er formand for, netop nu med at udforme en plan, der skal gøre grunden CO₂-neutral i fremtiden.

»Vi mangler jo en socialdemokratisk regering, der overhovedet vil give os lov til at stille krav om CO₂-neutralitet. Allerede af den årsag har vi nogle udfordringer. Min forhåbning er, at man i forbindelse med planlovsrevisionen giver kommunerne adgang til at stille de krav i lokalplanen, vi ønsker.«



Foto: Andreas Houmann/Frederiksberg Kommune

Ambition om CO₂-negativ bydel

Spørger man de frederiksborgske socialdemokrater, er udlægningen dog en anden. Ifølge Michael Vindfeldt (S), der er borgmestercandidat på Frederiksberg og nuværende viceborgmester, kommer frikommuneafslaget ikke til at ligge til hinder for, at bydelen bliver CO₂-neutral:

»Det er noget, man kigger på i regeringen og netop skal genforhandle nu,« siger Michael Vindfeldt over telefonen og refererer ligesom borgmesteren til, at regeringen senere i år skal revidere planloven.

»Så det har ikke nogen betydning, at vi endnu ikke har fået lov til det, for Hospitalsgrunden skal først udvikles om 5-10 år. Og vi skal huske på, at køber kommunen selv grunden, er der intet, der ligger til hinder for, at vi har det som ambitionsniveau. Når Simon Aggesen skyder skylden på den socialdemokratiske regering, er det meget belejligt, for så undgår han at sige, hvad han selv mener om det visionære, grønne forslag,« siger Vindfeldt.

Faktisk ønsker Socialdemokratiet på Frederiksberg at gå endnu videre og skabe en CO₂-negativ bydel, der optager mere CO₂, end den udleder.

Et ræs mod bunden er skudt i gang i enklavekommunen i kommunalvalgsåret. Simon Aggesen mener dog ikke, at partierne er så langt fra hinanden og forsikrer, at han »deler ambitionen om, at det her skal være en grøn bydel med alt, hvad det indebærer«, siger han og sætter så endnu et højreslag ind mod regeringen:

»Man må ikke løbe foran, og det virker helt skævt. Det må vel være op til den enkelte kommune, og nogle skal jo stille kravene, før aktørerne løber efter det.«



Foto: Holger Damgaard/Ritzau Scanpix

»Hvis man var iskold og bare ville maksimere ...«

Af og til peger Simon Aggesen i en bestemt retning eller kommer med et indskudt »lad os gå ned her«, imens han fortæller om kommunens planer for området. Da hans rådgiver, der har fulgt os i hælene undervejs, kigger på sit ur som for at signalere, at tiden er ved at være gået, stopper borgmesteren op og drejer til højre.

»Jeg skal lige vise dig en lille perle herovre.«

Vi står på en lille græsplæne gemt bag en gul murstensbygning og et egetræ med mindst et århundrede på bagen. Bygningen var engang overlægens embedsbolig, og vi har kig over til en tennisbane i rødt grus, der i årevis har stået uberørt hen.

»Her kan man virkelig se områdets kvaliteter, og hvad der er på spil. Hvis man var iskold og bare ville maksimere, ville man rive ejendommen ned og bygge en karré. Men det kommer ikke til at ske. De hyggelige områder, klassiske bygninger og store træer skal være bindinger. Udgangspunktet er ikke en blank side med små byggeklodser, vi tager afsæt i det eksisterende.«

Det handler også om tempoet, bedyrer Aggesen og sender – [som han har gjort så mange gange før](#) – en bredside af sted mod København:

»Hvis du kigger på Nordhavn i nabokommunen, er det jo en bydel, der er defineret mellem 2015 og 2021. Når man om 50 år kigger på Nordhavn, vil man se en by, der er blevet bygget på fem år, og det skaber en risiko for, at det bliver et røvkedeligt bykvarter,« siger han.

Intet krav om almene boliger

I nabokommunen København er de til gengæld begyndt at stille krav om almene boliger på op til 25 procent i nye boligområder, siden det blev muligt i planloven i 2015. På Frederiksberg er det gået noget langsommere, og Hospitalsgrunden bliver ikke projektet, der sparkes den åbne dør ind.

Da kommunens borgere i 2018 kunne komme med oplæg og svar til et [idékatalog om Hospitalsgrunden, svarede størstedelen, 230, ellers, at det vigtigste er, at området bliver med blandede boliger](#). Men Simon Aggesen vil ikke lægge sig fast på, hvor mange almene boliger området skal indeholde. I stedet har byrådet vedtaget, at 25 procent af boligerne blot skal være billige – almene eller tilsvarende. Hvordan skal det realiseres?

»Almene boliger er en del af svaret, men vi vil gerne udfordre de forskellige billige boligformer, der findes i dag,« siger han.

Har vi først solgt grundene og lokalplanlagt området, kan vi ikke sikre, at huslejen ikke bare stiger og stiger

Michael Vindfeldt (S)

Som eksempel nævner han, at man undersøger mulighederne for at oprette byggefællesskaber med inspiration fra Holland og Tyskland.

»Flere aktører er på vej med alternativer til almene boliger. Det kan sagtens være, vi ender med 25 procent almene boliger, men det kan også være, vi kommer ud i en kombination. Det er det, vi nu skal klarlægge, men der er ingen tvivl om, at området skal være et blandet boligkvarter med forskellige funktioner. Det er sådan, vi tror, man skaber den bedste by.«

Men hvis I sælger grundene til private aktører, og der ikke ligger et klart krav om antal almene boliger, vil aktørerne formentlig altid forsøge at maksimere kvadratmeterprisen. Hvordan vil I sikre, at 25 procent af boligerne bliver billige?

»Overskriften er jo, at boliger ikke er et mål i sig selv. Det har vi netop tilkendegjort i kommuneplanen. Udgangspunktet er her, at vi vil skabe et bykvarter, som selvfølgelig skal have boliger – alt andet er urealistisk – men hvor det i lige så høj grad er kulturaktiviteter, sundhedsfunktioner og andet, vi gør plads til. Og vi har en politisk aftale om, at 25 procent skal være almene eller tilsvarende. Så må vi se, hvordan det konkret skal udmøntes længere henne i processen.«

Den udlægning køber socialdemokraten Michael Vindfeldt ikke.

»Indtil videre har vi en form for politisk aftale om, at 25 procent af boligerne skal være til at betale, men vi ser gerne, at det kommer helt op på 33 procent. Vi har kæmpet en lang og sej kamp for at overtale de konservative til at sætte nogle håndfaste mål for det,« siger han.

Vindfeldt mener ikke, der er nok gangbare alternativer til, at ambitionen lykkes, hvis ikke der sættes krav for mængden af almene boliger.

»Simon Aggesen er naiv, når han tror, at private udlejere vil levere boliger, der er til at betale. For det er attraktivt at bo på Frederiksberg, og de vil have mest muligt ud af huslejen. Har vi først solgt grundene og lokalplanlagt området, kan vi ikke sikre, at huslejen ikke bare stiger og stiger. Derfor kan jeg ikke se andre muligheder, end at vi vedtager, at 25 procent eller mere skal være almene boliger – medmindre der kommer nogle alternativer, der gør, at kommunen kan håndhæve, at huslejen er til at betale,« siger Michael Vindfeldt.



Bygherrer skal løfte barren

Vi er nået til vejs ende og står igen ude ved vejen. Afslutningsvist peger Simon Aggesen – endnu en gang – for at eksemplificere sine pointer. Denne gang med negativt fortegn.

»Der kan du se, hvor grelt det kan gå, hvis man som bygherre ikke tager sig sammen og stiller krav,« siger han.

Synderen er Børnehuset Nykløveret, en stor, sort nybygget kassebygning fra 2014, der givet stikker ud i det mondæne område, og som tilsyneladende giver borgmesteren *tics*.

»Det er kommunen, der har bygget det lort. Det ser ud ad helvede til. Det er en fantastisk daginstitution, børnene trives, og indenfor ser det fantastisk ud. Men der kan du se, hvad der sker, hvis man som bygherre ikke tager sig sammen og stiller krav. Det er skræmmeeksemplet på, at vi som offentlige bygherrer er nødt til at løfte barren gevaldigt og stille samme krav til os selv, som vi gør til alle andre, der vil bygge.«

NOTAT_001

Emne: Frederiksberg Hospital. Køling og opvarmning med grundvand.

Til: Peder Vejsig

Fra: Stig Niemi Sørensen, Enopsol ApS

Kopi:

Dato: 04.02.2021

Frederiksberg Forsyning/Frederiksberg Vand indvinder grundvand fra kalkundergrunden (Carlsberg-forkastningen) fra borerne:

DGU nr. 201.274

DGU nr. 201.3702

DGU nr. 201.5311

DGU nr. 201.5312

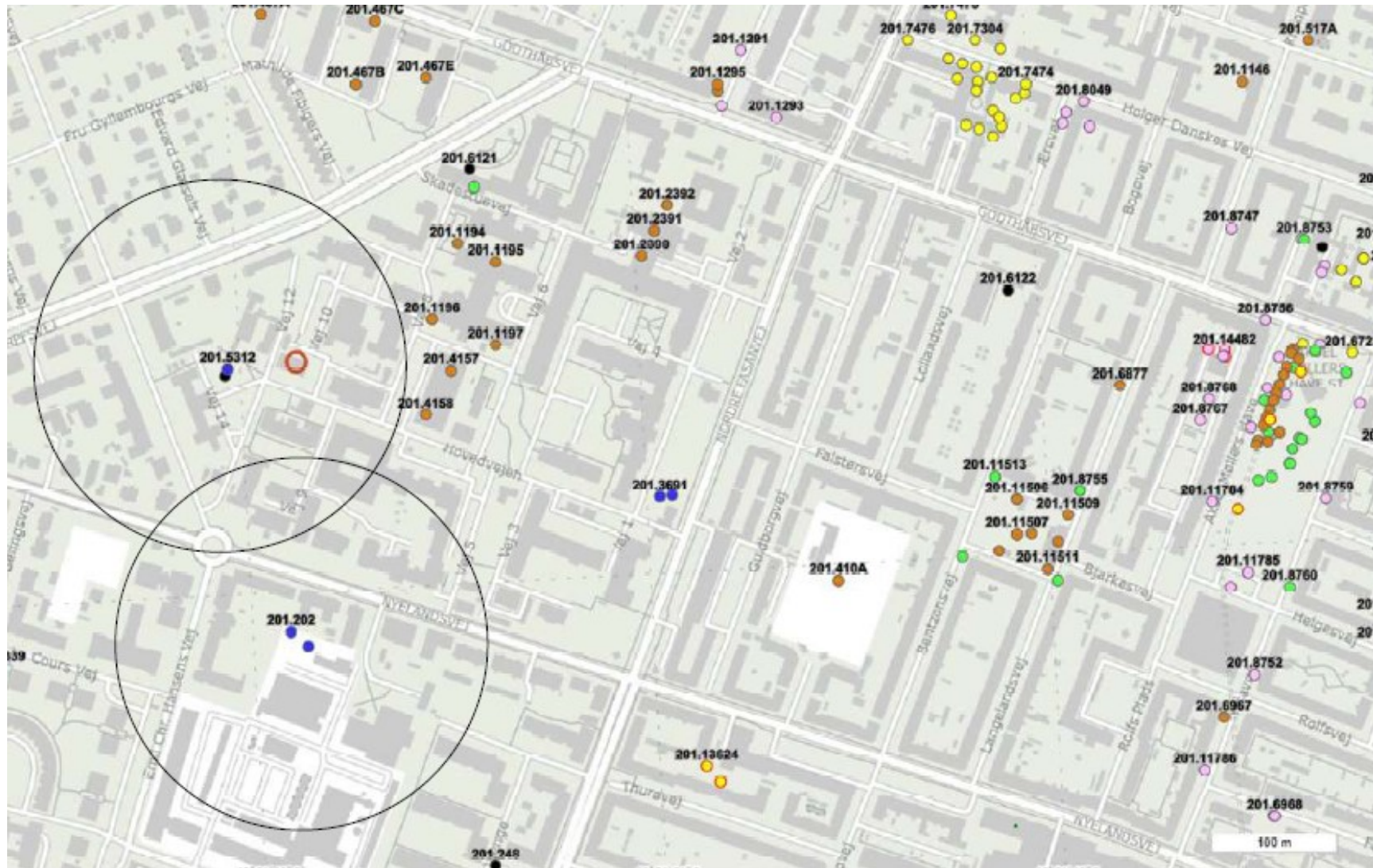
DGU nr. 201.7924

Boringerne med DGU nr. 201.5311 og DGU nr. 201.5312 har en 300 meter kildepladszone der omfatter en del af hospitalsområdet -se medsendte kort.

Hospitalet har egne vandindvindingsboringer til nødvandsforsyning, DGU nr. 201.319 og DGU nr. 201.3691. Disse borer skal lukkes i forbindelse med nedlæggelsen af hospitalet. Borerne kunne evt. genanvendes til køleformål, men de ikke så højt ydende, da boredimensionen er meget mindre end for moderne borer.

Selv om der er vandforsyningsinteresser på Hospitalsarealet vurderes det ikke umuligt at få tilladelse til et grundvandskøle- og -opvarmningsanlæg. Det anbefales derfor at skabe sig et overblik over det fremtidige køle- og varmebehov, og på baggrund heraf udføre indledende grundvandsmæssige beregninger, inden der tages kontakt med forsyningsselskabet og myndigheder.

Kildepladszoner, Frederiksberg Vandforsyningsboringer.



4. Udvikling af Smart Energy Design Guidelines som værktøj til at sikre en CO2 neutral byudvikling med ATES teknologi og BIPV

I Smart Energy Green Cities projektet er der opstået den erkendelse, at den bedste måde at få udbredt Smart Energy løsninger i praksis, er ved hjælp af udbredelsesplaner for egentlige CO2 neutrale byområder.

Det kan f.eks. gøres ved at definere forskellige niveauer med hensyn til CO2 neutralitet:

Platin: En 100% CO2 besparelse sammenlignet med en eksisterende standard

Guld: En 80% CO2 besparelse sammenlignet med en eksisterende standard

Sølv: En 60% CO2 besparelse sammenlignet med en eksisterende standard

Bronze: En 40% CO2 besparelse sammenlignet med en eksisterende standard

Eksisterende certificeringsordninger håndterer ikke ønsket om at udnytte lokale vedvarende energiløsninger på den bedst mulige måde. Derfor vil en egentlig mærkning af, hvor langt man er med hensyn til at opnå CO2 neutralitet, være et godt værktøj til at fremme den grønne omstilling i praksis.

I den forbindelse skal der også tages stilling til, hvordan den eksisterende el- og fjernvarmeforsyning er med hensyn til at være CO2 neutral. Men for at fremme brugen af lokale vedvarende energiløsninger kunne et af kriterierne godt være at disse som minimum skal dække 50% af forsyningsbehovet.

Styrken ved at få udviklet koncepter for lokal CO2 neutral byudvikling, er at dette nødvendigvis skal omfatte brug af lokal vedvarende energiproduktion.

Det er altså ikke nok bare at henvise til, at vores el system efterhånden indeholder en stor mængde vedvarende energi, blandt andet ved hjælp af de mange havvindmølleparker og også solcelleparker der bliver installeret.

Denne lokale forankring af den vedvarende energiproduktion er meget vigtig, når der skal arbejdes hen mod et egentligt nul-CO2emissions samfund.

Ud over at dette sikrer at transformationen til 100% vedvarende energi bliver meget nærværende for befolkningen, betyder den lokale vedvarende energiproduktion, også at man mindsker systemtab i el systemet, der samtidig stabiliseres, og fører til en styrket forsynings sikkerhed.

Et vigtigt værktøj, for at kunne opnå en CO2 neutral byudvikling i praksis, vil være en anvendelse af såkaldte "Smart Energy" løsninger med varmepumper, der i samspil med en ny type lavtemperatur fjernvarmeløsning, kan spille sammen med de vedvarende energiløsninger.

Her er de såkaldte ATES anlæg med grundvands baserede varme – køle muligheder, en af de mest oplagte teknologier til at bringe i anvendelse.

Og kombineres disse i områder uden tilgængelighed af billig spildvarme, som f.eks. boligområder, med en anvendelse af en ny type solcelle løsning, der udover solstrøm også kan levere solvarme, i form af såkaldte PVT-elementer. Så er der et godt grundlag for herved at udnytte en lokal vedvarende energiproduktion, som f.eks. har mulighed for at understøtte en målsætning, om at

der skal være tale om minimum 50% lokal vedvarende energi dækning til fremtidige CO2 neutrale byområder.

Det må så være op til lokale by udviklere at dokumentere, at det i praksis vil være muligt at blive CO2 neutral ud fra dette grundlag.

Heldigvis er det allerede dokumenteret i praksis, at den nævnte PVT-teknologi er klar til en større udrulning, ligesom de nævnte ATES systemer med varmepumpeanlæg, også har bevidst en god funktion i praksis.

Så konklusionen må derfor være, at det er på tide at komme i gang med en praktisk anvendelse i større skala, og meget gerne med en samtidig målsætning om CO2 neutral byudvikling.

5. Erfaringer fra arbejde med CO2 neutralt byggeri og praktiske erfaringer med udviklingsarbejde indenfor solenergi i Danmark (1973 – 2021) v. civilingeniør Peder Vejsig Pedersen

Erfaringen i Danmark indenfor udvikling af nye teknologier har klart været, at der hvor tingene er lykkedes, har det altid været med opbakning fra et klart folkeligt engagement, hvor statens rolle primært har været at sikre nogle gode rammevilkår. Både udvikling indenfor vindmølleteknologi og fjernvarmeløsninger er eksempler på dette. Derimod findes der stort set ingen eksempler på, at der er skabt brugbare teknologiske nybrud, når staten har stået for initiativerne. Her kan man tænke tilbage på udviklingen i 1970'erne og i 1980'erne, bl.a. af de to forsøgsvindmøller i Nibe og forsøg med geotermisk energi som eksempler på dette.

Heldigvis var der samtidigt dygtige folk, der stille og roligt fik skabt en brugbar udvikling på disse områder.

Udgangspunktet for den folkelige opbakning til den positive udvikling på energiområdet var, at vi i Danmark, efter energikrisen i 1973, fik sat gang i en atomkraft debat, inden investeringer i denne teknologi skulle foretages. Og meget klogelig fik man nedsat et energi-oplysningsudvalg, som udgav en bogserie om hele energiområdet, som kunne anskaffes for et overkommeligt beløb.

I de efterfølgende år blev der igangsat mange initiativer indenfor "alternativ" energi, som det blev kaldt, og der opstod en hel underskov af producenter, som løbende fik forbedret deres teknologi, ofte i et tæt samarbejde med nye forskningsmiljøer både på DTU, hos SBI og Teknologisk Institut.

Den gennemførte udviklingslinie for CO2 neutral byudvikling i Danmark har gået hånd i hånd med det gennemførte udviklingsarbejde indenfor solenergi, som har været meget omfattende siden man som svar på oliekrisen i 1973 etablerede det første 0-energihus i verden på DTU med professor Vagn Korsgård og civilingeniør Torben Esbensen som hovedinitiativtagere.

I de efterfølgende år blev der skabt et betydeligt forskningsmiljø både på Laboratoriet for Varmeisolering samt på Teknologisk Institut. I denne periode havde Laboratoriet for Varmeisolering op til 70 projektansatte.

Som inspiration til den første udvikling indgik de internationale "Grænser for Vækst" rapporter og senere i 1987 understregede den såkaldte "Brundtlands rapport: "Vores Fælles Fremtid" fra FN, at verden havde et alvorligt problem med klimaet og at vedvarende energi var afgørende at få udviklet og implementeret.

I de år havde den pionerskabte danske vindmølle industri også skabt imponerende resultater bl.a. med en eksport på over en milliard kr. til det Californiske marked, hvor det alligevel lykkedes Energistyrelsen og Dansk Industri at "slå koldt vand i blodet" på en stor konference i 1984, hvor man understregede, at andelen af vindmøllestrøm i Danmark aldrig ville kunne overstige 1%.

På trods af dette blev der sat nye initiativer i gang for at fremme brug af vedvarende energi på mange forskellige områder.

Undertegnede havde i starten af 1980'erne ansvar for et Nordisk samarbejde om solvarme, som førte til en fuldskala demonstration af et svensk udviklet solvarmetag i Egebjerggård i Ballerup i samarbejde med boligselskabet KAB. Dette blev udført på en god måde og førte til nye initiativer i samarbejde med KAB i form af 2 EU-støttede demonstrationsprojekter, som samtidigt gjorde det muligt fra 1989, at sikre arbejde til 4 fuldtidsansatte i det lille energispecialistfirma Cenergia.

Men allerede i 1987 opstod der en interesse i Energistyrelsen for at støtte det første af 2 projekter, som gik ud på at anvende solvarme i samspil med et solvarmelager til bebyggelsen Tubberupvænge II i Herlev. Da der var meget fokus på forsyningssikkerhed på energiområdet, blev dette projekt opfattet som særligt relevant at få realiseret, hvilket var et afgørende supplement til den allerede opnåede EU-støtte.

Projektet blev støttet samtidigt med at man også gav midler til at demonstrere en energiø i Danmark, som endte med at blive Samsø.

Byggeriet i Herlev, der var klar i 1990, med 100 lavenergiboliger og 1.400 m² solvarmeanlæg blev en succes og banede vejen for et lignende byggeri med EU-støtte, Skotteparken i Ballerup, som blev klar i 1992 med mange forskellige energi- og vandbesparende elementer inkl. 700 m² bygningsindpassede solfangere. Dette udløste "Den danske Solenergipris" samt "International Habitat Award"

Og da der var etableret en ny socialdemokratisk regering som med Svend Auken som Energi- og Miljøminister ønskede at gøre noget ekstra for den vedvarende energi, blev der "sat mange skibe i søen" for også at udvikle solenergiområdet, bl.a. med et særligt "Solenergi-udvalg" som fik ansvar for dele af "Udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi", ligesom der var både et "Vindenergi-udvalg" og et "Bioenergi-udvalg".

Solenergiudvalget fungerede fra 1991 og til 2002 med Jens Windeleff fra Energistyrelsen som sekretariatsleder. Af øvrige medlemmer kan efter hukommelsen nævnes Torben Esbensen fra ingeniørfirmaet Esbensen, ingeniør Per Alex Sørensen fra Planenergi, direktør Svend Andersen fra Arcon Solvarme, arkitekt maa. Ulla Falck, Eyvin Beuse fra organisationen Vedvarende Energi, Erik Scheldon fra Teknologisk Institut, Preben Maegaard fra Folkecentret for Vedvarende Energi, undertegnede samt nogle få andre.

1992 var samtidigt året, hvor FN's Kyoto protokol blev underskrevet og for at så mange som muligt kunne være med, blev det her vedtaget, at biomasse i alle former kunne opfattes som vedvarende energi, ligesom at man fra amerikansk side insisterede på at såkaldt "Carbon Capture and Storage, CCS" teknologi skulle indgå som fuldgældig løsning til at sænke CO₂ belastningen. Dette blev opfattet som langt ude af de fleste deltagere på dette tidspunkt.

På grund af de veludførte EU-støttede solvarme lavenergi demonstrationsprojekter fik det lille energispecialistfirma Cenergia travlt med at organisere nye demonstrationsprojekter i flere andre lande. I 1993 lykkedes det i samarbejde med boligselskabet KAB at få godkendt et forslag om at gennemføre et program med 9 solvarme lavenergi demonstrationsprojekter i 7 EU-lande i regi af et nyetableret

samarbejde "The European Housing Ecology Networks" (se også bøgerne "Solenergi & Byøkologi" samt "Green Solar Cities"). Og som noget helt nyt, blev der opnået EU-støtte til det første EU-støttede solcelleprojekt i Danmark i samarbejde med boligselskabet Dansk Boligselskab, nu Domea, som også var involveret i et nyt solvarmelavenergibyggeri, Agernskrænten i Egebjerggård v. Ballerup, i samarbejde med Henning Larsen Arkitekter og Cenergia.

Med hensyn til udvikling af nye initiativer indenfor solenergiområdet, var det nogle meget interessante år i 1990'erne med en bred vifte af indsatser. Her kan bl.a. nævnes nye byfornyelsesprojekter på Vesterbro, hvor der blev realiseret praktisk brug af solceller. Det lykkedes i 1996 det lille Cenergia firma at få sat gang i et nyt europæisk demonstrationsprogram med fokus på byer, European Green Cities, hvor Jens Frendrup fra Green City Denmark i Herning var en vigtig partner. Og i regi af et nyt EU støttet egentligt forsknings- og udviklingsprogram for solceller i byggeriet, PV-VENT, blev den første danske arkitektkonkurrence med fokus på solceller realiseret i Skovlunde ved Ballerup i samarbejde med boligselskabet FSB.

Endelig blev der med midler fra udviklingsprogrammet for Vedvarende Energi igangsat en række danske udviklingsprojekter med bygningsindpassede solceller fra 1999.

I 1998 var undertegnede med til at organisere en studietur til Amersfoort i Holland for at se på et helt byområde, der var etableret med brug af den tids solceller stort set overalt og med en stor variation af løsninger. Det skete i samarbejde med Verdensnaturfonden WWF, som gerne så, at der skete en lignende udvikling i Danmark. Dette besøg var virkelig en øjenåbner, og det var indledningen til et mangeårigt samarbejde med Byfornyelse København.

Som opfølgning på besøget blev der organiseret et møde med Cenergia, Byfornyelse København, Københavns Energi og Gaia Solar som deltagere. Og det blev her besluttet, at der skulle findes et byområde i Danmark, hvor der kunne gennemføres en egentlig solcelleplan. På Byfornyelse Københavns anbefaling blev det foreslået at arbejde videre med Valby i København fordi der her var en god blanding af nyere og eksisterende byggeri og mange udviklingsplaner. Og inspireret af status på vindmøller i Danmark på det tidspunkt blev det besluttet at satse på implementering af solceller i Valby, så man kunne dække 15% af elforsyningen med solstrøm i år 2025.

Efterfølgende lykkedes det at få en opbakning fra Energi og Miljø borgmesteren Bo Asmus Kjeldgaard, og med den i hånden blev der givet en samfinansiering af et forprojekt for "Valby Solcelleplanen" fra Boligministeriet og UVE-programmet.

For at sikre en bredere opbakning til de byudviklingsmæssige ideer, sagde undertegnede ja til en plads i bestyrelsen for Foreningen Dansk Byøkologi, der var en støtteforening for Dansk Center for Byøkologi i Aarhus. Og det lykkedes samtidigt via en gammel kontakt til London boligselskabet Peabody Trusts direktør Dicon Robinson at få Cenergia med i et stort EU-støttet projekt om udbredelse af solceller ved navn "Resurgence" med udgangspunkt i Valby Solcelleplan og EnergiMidts Sol1000 program.

Det viste sig siden, at sidstnævnte blev hovedgrunden til at Cenergia overhovedet kunne fortsætte sit arbejde, fordi der i 2001 skete et regeringsskifte, der betød at alt arbejde vedrørende vedvarende energi i Danmark blev lagt på hylden inkl. 5 bestilte havvindmølleparker. Sidstnævnte forhold vakte stor opsigt i udlandet, da Danmark var blevet verdensførende på området.

I forbindelse med afviklingen af indsatsen for at fremme brug af vedvarende energi i Danmark, som blev gennemført i løbet af 2002, mistede vi i Cenergia meget hurtigt de fleste af vores konkurrenter indenfor udvikling af nye solenergiløsninger. Og vi kunne som en af de få aktører fortsætte vores arbejde, hvor arbejdet med at videreudvikle solcelleplanen for Valby blev omdrejningspunktet. Samtidigt betød et nyt

Bygningsdirektiv fra EU, at der i alle lande skulle ske en forbedring af byggeriet, hvilket i Danmark frem mod 2006 betød at Statens Byggeforsknings Institut, SBI fik strammet energikravene til byggeriet meget op med vigtige pejlemærker for fremtidens byggeri i form af lavenergiklasserne 2 og 1 suppleret af et nyt beregningsværktøj, der skulle bruges ved byggesagsgodkendelser i kommunerne.

Disse forhold gav en helt ny efterspørgsel efter Cenergias kompetencer.

Og i kølvandet af at vi i samarbejde med Byfornyelse København fik udviklet et CO2 neutralt forsøgshus, der blev udstillet på Toftegårds Plads i Valby i 2003, så opstod der hos Københavns Kommune et ønske om at udvide solcelleplanen for Valby til at omfatte hele København. Og man gik derfor med til at etablere et Solar City Copenhagen sekretariat i kommunen, som blev etableret som en medlemsforening. Og på baggrund af kommunens deltagelse i EU-Resurgence projektet, blev der givet en kommunal anlægsbevilling på 10 mio. kr., hvor ca. halvdelen blev allokeret til at fremme solcelleprojekter i Valby med hovedfokus på udviklingsplaner i det centrale Valby, hvor gamle industriområder skulle omdannes.

I den forbindelse lykkedes det også at opnå en afgørende bevilling fra Energistyrelsens EFP-program ved navn "Solenergi i Energirammen - Solar City Copenhagen".

Med midler herfra blev der finansieret bogen "Solceller & Arkitektur", der udkom på Arkitektens Forlag i 2004 og der blev her igangsat 10 forskellige BIPV-udviklingsprojekter med en række arkitektfirmaer tilknyttet, ligesom at Cenergia fik udviklet et nemt anvendeligt beregningsprogram ved navn "BYG-SOL" v. civilingeniør Ole Balslev Olesen. Det lykkedes efterfølgende i samarbejde med Solar City Copenhagen og Byfornyelse København at få en supplerende bevilling fra det gode gamle EFP-program, så der kunne udgives en bog med en eksempelsamling for denne type byggerier, der levede op til de nye lavenergiklasser. Denne hed "Energi & Arkitektur" og blev også udgivet på Arkitektens Forlag.

I samspil med en ny PSO-bevilling og midler fra Københavns Byøkologiske Fond samt EU-midler blev det herefter muligt at opstille et budget for at få udviklet en ny type CO2 neutral tagbolig "SOLTAG" i et samarbejde som også involverede firmaet VELUX og arkitekt maa. Martin Rubow, der var levende interesseret i solenergi og også havde tegnet det første CO2 neutrale forsøgshus i Valby.

SOLTAG var en oplagt løsning til de mange uudnyttede tage i København og med en udstillingsplacering igennem et helt år i Ørestaden, placeret ovenpå 2x2 blå containere, blev det en kolossal succes, som også udløste Energispareprisen til Cenergia i 2005.

Den største effekt af projektet var dog, at den fik betydning for at hele VELUX koncernen med over 10.000 medarbejdere og afdelinger i hele verden.

På basis af SOLTAG projektet blev der efterfølgende sat mange initiativer i gang. Bl.a. blev der lavet et "Powerroof" sekretariat hos Rubow Arkitekter med det formål at udvikle nye typer energiproducerende tagsystemer og sammen med MTHøjgaard blev lanceret tagbolig konceptet "Energibo", som blev søgt markedsført på Klimakonferencen i København. Men disse ting nåede ikke meget længere end til idéstadiet.

Undertegnede fik i forbindelsen med deltagelsen i et nyt Europæisk projekt om Solenergitage ved navn "EURO Active Roofer", ideen til at få udført et nyt "SOLTAG" byggeri.

Det blev mit eget sommerhus, som jeg fik Martin Rubow til at tegne med både solfangere og vinduer fra VELUX. Resultatet blev ganske flot med et fantastisk lysindfald, men teknikken blev noget af en udfordring, så det blev et godt eksempel på, at det er vigtigt også at smage sin egen medicin.

Når man sammenligner den tekniske løsning, der er beskrevet i "EURO Active Roofer" projektet med den løsning, der findes i dag, hvor alt heldigvis fungerer godt, så er der virkelig lavet mange ændringer. Men lærerigt har det bestemt været.

En ting af mere blivende værdi var dog "Active House" initiativet som VELUX var hovedinitiativtager til i 2009 og som blev lanceret på en stor konference i Bruxelles i 2010 under mottoet "Buildings that gives more than they take". Undertegnede har lige siden været med i Board Advisory Committee, for den dannede internationale Active House Alliance. (www.activehouse.info)

Et andet interessant tiltag med hensyn til CO2 neutrale byggerier var lanceringen af det første passivhus byggeri i Danmark i januar 2006 i form af en lille boligblok i Næstved, som Cenergia stod for sammen med boligselskabet Domea.

Dette byggede på et samarbejde som led i "Bygherrer for bæredygtighed" under Boligministeriet. Og der blev her anvendt en kombination af både solvarmeanlæg til varmt brugsvand, varmepumpeanlæg med jordslanger og et solcelleanlæg på taget.

Faktisk havde undertegnede prøvet at slå et slag for "passivhus" ideen allerede i 2001 ved at invitere Helmuth Krabmeier fra Østrig til at bringe en artikel i Foreningen Dansk Byøkologis medlemsblad om de gennemførte passivhus byggerier i Tyskland og Østrig. Noget der straks fik stor opmærksomhed, men først via samarbejdet med Domea 5 år senere lykkedes at realisere i praksis.

På basis af solcelleplanen for Valby og de nye demonstrationsbyggerier med CO2 neutrale energiløsninger blev der efterfølgende lavet en EU Concerto ansøgning, som involverede Valby og København og Salzburg i Østrig i et 6 år langt demonstrationsprojekt. I Valby med en række byggerier med solceller, som er nærmere beskrevet i bogen "Green Solar Cities" fra forlaget Routledge fra 2015.

Og fra 2008 fortsatte Cenergia sit samarbejde med elselskabet EnergiMidt i Jylland ved at deltage i et solcelledemonstrationsprogram ved navn "PhotoSkive" hos Skive Kommune støttet af det lille ForskVE – PSO-program, som gav støtte til "mindre vedvarende energiteknologier".

Her lykkedes det at få sat solceller op på alle kommunale bygninger i løbet af nogle år, og på grund af en meget dygtig og engageret medarbejder hos kommunen ved navn Michael Petersen, så lykkedes det at få gennemført en bred vifte af solcelleløsninger, som gav et betydelig løft til teknologien.

I et forsøg på at øge indsatsen for energiforskningen fra statens side, så blev der også lanceret et nyt energiforsknings- og udviklingsprogram EUDP-programmet fra 2008, som dog ikke havde noget som helst med EU at gøre, men blot stod for "Energi Udviklings og Demonstrations Program".

Uheldigvis blev kriteriet for dette, at man kun ønskede at støtte udvikling af teknologier, som meget hurtigt kunne markedsføres. Hvis dette ikke blev vurderet at være tilfældet af særligt indkaldte "business" eksperter – typisk akademikere fra CBS – kunne der ikke opnås finansiering herfra.

På trods af denne barriere lykkedes det alligevel Cenergia i samarbejde med Albertslund Kommune, Teknologisk Institut og firmaerne VELUX, Danfoss og Rockwool at få finansieret et projekt herfra "Albertslund Konceptet", som gik ud på at lave præfabrikerede løsninger til energirenovering, der understøttede ideen om at være CO2 neutral. Og som det nok mest innovative resultat lykkedes det her at få udviklet en boligrenoveringsløsning, der som en nyskabelse udnyttede et såkaldt "Solprisme", som undertegnede havde fået ideen til i samarbejde med arkitekt Martin Rubow.

Solprismet var en præfabrikeret enhed med varmepumpe, varmtvandsbeholder, solfanger og solceller samt VELUX vinduer, der blev fremstillet i en prototype hos VELUX, før det blev monteret på et forsøgshus i Hyldespjældet bebyggelsen i Albertslund. Efterfølgende markedsførte Danfoss og VELUX "Solprisme" produktet, og der blev i 2012 bygget 50 nye boliger i Tranbjerg i Aarhus med denne teknologi.

Situationen var dog at EUDP-programmet på grund af sin "Business" vinkel stort set ikke var muligt at anvende til videreudvikling på solenergiområdet, som ikke blev anset for en dansk "spidskompetence". Derfor var det heldigt, at der stadigvæk var det lille ForskVE program. Dette kom fra år 2010 og frem til 2018 virkelig i spil i samarbejde med miljøorganisationen Gate21 i Albertslund, idet det lykkedes undertegnede og Cenergia at få igangsat 5 forskellige demonstrationsprogrammer med bygningsindpassede solceller BIPV i et samarbejde med en række danske kommuner.

Disse projekter fra ForskVE-programmet kom der virkelig mange brugbare resultater ud af fordi, der kunne laves aftaler med bygherrer herunder kommuner, der havde aktiviteter i gang med hensyn til at anvende BIPV-løsninger i praksis. Således kunne der igangsættes en række understøttende aktiviteter af forskellig art, ofte i et samarbejde med faste samarbejdspartnere, som udover Cenergia og Gate21 var Solar City Denmark. Solar City Denmark var det oprindelige Solar City Copenhagen, som havde ændret navn, da sekretariatet v. arkitekt maa. Karin Kappel blev etableret som uafhængigt i forhold til Københavns Kommune. Solar City Denmark fik en fast opgave med at give støtte til indledende BIPV-skitseprojekter som led i ForskVE samarbejdet. Også foreningen Bæredygtige Byer & Bygninger, FBBB, som havde sekretariat hos European Green Cities, havde en række opgaver, bl.a. ved at bruge FBBB medlemsbladet som forum for information om nye aktiviteter på BIPV-området og ligeledes ved at der blev lavet en ny "best practice" database for bæredygtigt byggeri (www.bæredygtigebygninger.dk), hvor BIPV-formidling og performance dokumentation var i fokus.

I ForskVE sammenhængen var det også muligt at finansiere et overvågningsprogram for udførte solcelleprojekter, det såkaldte "Solarwatch" system, som en af Gate21 medlemmerne, "IQ Energy" stod for at lave.

Både dette og et efterfølgende initiativ med at etablere en BIPV Demosite hos Teknologisk Institut stod arkitekt maa. Klaus Boyer Rasmussen fra Solarplan for. Ligesom han var en central aktør med hensyn til at få en række ikoniske BIPV-projekter op at stå, herunder Søpassagen på Østerbro i samarbejde med byfornyelsesafdelingen i Københavns Kommune. Det kan også fremhæves som et vigtigt resultat, at det i 2013, i samarbejde med solenergipioneren Torben Esbensen, lykkedes at lave en meget velbesøgt studietur til Sønderborg Kommune, der som en af de få i Danmark lykkedes med at udbygge brugen af solceller bl.a. med supplerende støtte fra et større EU-program, der understøttede "Project Zero" initiativet, hvor Sønderborg skulle blive CO2 neutralt i 2029. Se også www.activehouseBIPV.com.

Der var i perioden fra 2013 til 2018 et tæt samarbejde med den internationale "Active House Alliance" som led i det nordiske projekt "Nordic Built Active Roofs and Facades", hvor flere byggerier fik udført en "Active House" mærkning, som også havde fokus på brug af lokal vedvarende energi.

Og i 2017 blev der i den forbindelse udviklet og demonstreret "The Living Light Box", som blev fremvist på en konference på Arkitektskolen i København. Se også www.activehouserooofsandfacades.com.

Samme år blev der afholdt en stor konference på Nationalmuseet i København om BIPV i relation til ForskVE-projekterne med Gate21 og herefter blev der afholdt det årlige internationale "Active House Symposium" på Green Solution House – et nyt bæredygtigt hotel i Rønne på Bornholm – med VELUX som organisator.

Og i relation til ForskVE-projektet "Low Cost Active House BIPV" blev der i 2015 lavet en aftale med Copenhagen International School i Nordhavn i København om at indgå i projektet og i den forbindelse få udført en "Active House" mærkning, som det ovenikøbet var muligt at lave en online "Active House Radar" for i samarbejde med firmaet Leapcraft. Resultatet kan studeres på www.bæredygtigebygninger.dk. Og i 2018 udløste dette den internationale "Active House Award" til Copenhagen International School, som firmaet SolarLab havde fået udført med 12.000 m² farvede solceller på alle facader over stueetagen og med en overbevisende arkitektur, noget som arkitektfirmaet i starten var meget imod, og som alene blev til noget fordi bestyrelsen insisterede på denne kvalitet.

Og da Enhedslisten i 2013 lykkedes med at stille krav om en BIPV særpulje fra EUDP-programmet, så var det herefter muligt at gennemføre en række udviklingsprojekter på BIPV-området frem til 2019. Dette var af stor betydning for udviklingsmulighederne på området, som ikke var særligt gode. Og det betød, at BIPV firmaer som Racell, Dansk Solenergi og Solarlab kunne få en kærkommen støtte til at udvikle deres teknologier, samtidigt med at samarbejdet med Solar City Denmark (www.solarcity.dk) og Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger (www.fbbb.dk) fik opgaver med at udbrede viden på området.

Men herefter var der stort set lukket for mulighederne for at sætte nye udviklingstiltag i gang, primært på grund af "Business" kravene i EUDP-programmet.

Og situationen var samtidigt sådan på solcelleområdet, at man politisk havde fået lagt interessen for lokale solcelle projekter død i Danmark efter at markedet for nettoafregnede solceller boomed voldsomt i 2011 og 2012 med et salg på 8 mia. kr. på 8 – 10 mdr., der førte til et politisk indgreb fordi der var tale om en ukontrolleret nedgang i elafgifter fra forbrugerne. Desuden havde man i 2014 politisk stort set umuliggjort det for kommunerne at lave solcelleprojekter undtagen i meget begrænset form til nybyggerier.

Og på trods af klimapolitik og det officielle ønske om mere vedvarende energi, så har man fornyeligt ligestillet regionerne, så de nu har lige så dårlige muligheder for at anvende solstrøm, som kommunerne har.

Så status her i 2021 er desværre at der overhovedet ikke er nogen politisk opbakning til lokal produktion af vedvarende energi med solcellestrøm. Dette er virkelig topstyring af energipolitikken og rimer rigtigt dårligt med målene om at nå frem til 100% vedvarende energi. Figenbladet for den første politik er jo nok, at man satser på at man kan nøjes med at støtte den vedvarende energi udbygning i form af store centrale solparker på landet samt havvindmølleparker, noget man nok anser, er nemmere at styre end at alle bygninger i fremtiden skal være strømproducerende.

Den opfattelse blev yderligere understreget da European Green Cities tidligere i år lavede et forslag om at udvikle et digitalt mærkningssystem for CO2 neutrale byområder. Dette kunne EUDP-programmet ikke se nogen værdi i på trods af at der deltog 2 andre engagerede europæiske lande og at der ville være en EU-medfinansiering.

Udfordringen er jo stor fordi sol og vind kun dækker en mindre del af elforsyningen, når elforbruget er der, samtidigt med at der eksporteres betydeligt mere til udlandet til lave priser, hvorfor det klart nok opfattes som en hovedopgave at finde nye måder til at lagre den vedvarende energi. At den bedst mulige udbygning med vedvarende energi bør ske så tæt på der, hvor forbruget er, har man desværre ikke erkendt endnu.

6. Lokalt produceret solenergi vil kunne indgå som et vigtigt værktøj i den grønne omstilling i Danmark og i EU

6.1 Solenergi i den grønne omstilling

Her i løbet af Corona krisen har der været mange bud på , hvordan det kan være en oplagt mulighed at få sat samfundet i gang igen, ved at gøre en ekstra indsats for at få sat gang i den grønne omstilling. Samtidigt har der også længe været en opfattelse af at det indenfor byggeriet er nødvendigt at få indført "bæredygtighed" som et fast element i fremtiden, eventuelt med direkte krav om dette i bygningsreglementet. Et greb der virkelig kunne have stor værdi i den nuværende situation, ville være at slå et slag for at alle bygninger i fremtiden, skulle bidrage til produktion af den vedvarende energi, som vi allerede har forpligtet os på, skal være det bærende element i fremtidens energiforsyning.

De tekniske muligheder er ved at være på plads for at kunne virkeliggøre dette, og indenfor de seneste år har undertegnede haft flere oplevelser der bekræfter at dette er den rette vej at gå, simpelthen fordi både beslutningstagere og almindelige mennesker giver deres opbakning til at bygninger der producerer deres egen energi eller måske ligefrem producerer mere end de skal bruge, vil være en naturlig løsning i fremtiden.

På trods af dette er det ikke særligt nemt at sikre en sådan udvikling i praksis. Der er stadigvæk mange barrierer, men der er dog også en trend i retning af at disse bliver mindre end de har været.

At sikre en omstilling hen mod energi producerende bygninger, svarer lidt til tidligere udfordringer, med at få omstillet til udbredt brug af kraftvarme baseret fjernvarme forsyning, hvor vi jo i Danmark nu er førende i hele verden, eller indførelsen af vindmølle strøm i elforsyningen, hvor det samme gør sig gældende.

Disse eksempler understøtter opfattelsen af, at det bør være muligt at realisere en grøn omstilling der inkluderer energiproducerende byggeri i Danmark, hvilket forhåbentligt også kan skabe grobund for en videre udbredelse af de bedste løsninger til andre lande.

Hvor teknologien indenfor succesfulde vindenergi løsninger som sagt må siges at have haft sit udspring i Danmark, kan man sige det samme om Tyskland og Schweiz når det kommer til solcelleområdet. For Tyskland byggede dette i høj grad på indførelsen af den første vedvarende energi lov i verden omkring år 2000.

Efterfølgende har man styret efterspørgslen efter både vindenergi og solenergi kapacitet på basis af et "feed in tariff" system, med centralt fastsatte priser for både vindstrøm og solstrøm, som var baseret på hvad, der var realistisk i forhold til markedet. Og for solcelleområdet betød denne politik et løbende boom i efterspørgslen, som i første omgang sikrede et stærkt marked for tyske leverandører, som efter nogle år hen mod 2010 i høj grad blev erstattet af billigere teknologi fra Sydøst Asien. Men da dette var baseret på at få leveret den billigst mulige solstrøm blev resultatet oftest etablering af meget store markplacerede solcelleanlæg, som hen ad vejen gav store udfordringer med hensyn til at transportere strømmen hen til der, hvor elforbruget var størst. Og på trods af at man med det såkaldte "passivhus" byggeri var langt indenfor udvikling af energieffektivt byggeri, blev bevidst brug af solceller direkte placeret på bygninger aldrig noget, der blev efterspurgt i større stil. En af grundene til dette skyldes blandt andet nogle lidt for akademiske metoder til at lave livscyklus analyser som ikke tager udgangspunkt i de internationalt anerkendte beregninger af energi tilbage betalingstider for solcelle anlæg, som angiver at syd orienterede solcelle anlæg i mange tilfælde kan tilbage betale deres fremstillings energiforbrug på 2,5 år i et nordeuropæisk klima.

Ifølge tyske energi eksperter anses solenergi som en helt afgørende vedvarende energikilde ikke kun i Tyskland, men også globalt. På www.solarwirtschaft.de vurderes solenergi at skulle dække 30% af verdens energiforbrug i år 2050 og endda 70% i år 2100.

Arbejdet med at udbrede den praktiske anvendelse af solenergi i kombination med betydelige forsknings og udviklings programmer på området, har været kendetegnende for politikken i Schweiz helt tilbage fra 1980'erne, hvor man både har anvendt sin egen "Minergie" byggestandard, og samtidigt har sørget for praktisk anvendelse af solceller via den såkaldte "Solbørs" model, som gik ud på at sælge solstrøm til forbrugerne, til en mindre overpris, hvilket havde stor betydning på det tidspunkt, hvor solcelle priserne var betydeligt højere end i dag. Og kombineret med et aktivt samarbejde med solcelle producenter og -leverandører, har det været muligt at få demonstreret nye teknologiske løsninger på en brugbar måde, dog mest i form af enkeltstående projekter. Det seneste og mest markante eksempel på dette har været anvendelsen af farvede solceller, som der er implementeret praktisk anvendelse af i de senere år, på basis af en række Schweiziske patenter.

I Danmark har solcelleområdet altid haft en vis generel interesse, men er aldrig blevet behandlet seriøst fra politisk side.

Der er i dag politisk enighed om at vi i løbet af en kortere årrække skal overgå fra fossile brændstoffer og til udelukkende at klare os på basis af vedvarende energi. Og her er det så heldigt, at vi har vindmølleteknologien som en vigtig brik for at nå dette mål. Det samme gælder ikke når vi taler om solenergien.

Her betyder meget lave priser for markbaserede solcelleanlæg, at disse anses at kunne være et godt supplement til vindenergien, men dog med det problem, at det vil optage meget plads i et i forvejen overfyldt landskab. Og som det fremgår af interviews med Kommunernes Landsforening, så er der rigtig mange barrierer, som gør det vanskeligt at anvende solceller på bygninger på trods af klare fordele ved brug af decentrale solcelle løsninger, som er tæt på forbrugssiden, så nye investeringer i kabelanlæg kan begrænses samtidigt med at tab i elledningsanlæg på op til 10% kan undgås.

Som en lovende mulighed for den vedvarende energi er der her i foråret 2020 vedtaget en European Green Deal, som betyder at EU skal være CO₂ neutral allerede i år 2050.

I den forbindelse er der planer om at realisere en "renoveringsbølge" i EU for at forbedre energieffektiviteten af det eksisterende byggeri i EU-landene.

Samtidigt er det vedtaget at vedvarende energikilder som vindkraft og solenergi skal udbredes i stor skala.

Dette kombineres også med nye initiativer for elektrificering af samfundene, bl.a. med større brug af varmepumper til opvarmningsformål.

En sådan udvikling vil desuden blive understøttet af nye EU-direktiver, der bakker op om EU planen fra 2019 ved navn "Clean Energy for all Europeans", som betyder at alle barrierer for produktion af vedvarende energi skal fjernes i medlemslandene, samt at det bl.a. skal være muligt at sælge overskydende strøm fra sit solcelleanlæg til sin nabo, ligesom der lægges op til udbredelse af såkaldte "energifællesskaber".

På et afholdt webinar i regi af Dansk Industri i 2020 med titlen "Fra Kul Union til Klima Union" udtrykte den danske generaldirektør for sammenslutningen af Europæiske El producenter, Kristian Ruby følgende synspunkt: "Inden for 10 – 15 år fra nu mener jeg, at det vil være lige så almindeligt at have sine egne solpaneler på taget, som at have et køleskab".

Hvis dette virkelig anses for en forventet udvikling, så gør dette det endnu mere oplagt at tage bestik af hvad situationen i dag er med hensyn til anvendelse af solceller i byggeriet.

Her må det konstateres, at der i Danmark er sket en lidt mærkelig udvikling. De fleste mennesker husker nok, hvordan at rigtigt mange enfamiliehuse pludselig fik installeret nogle ofte knap så kønne solcelleelementer på tagene i årene 2011 til 2012. Grunden til det var, at verdensmarkedsprisen for solceller var faldet betragteligt og at Danmark, med sine høje afgifter på el, blev et af de første steder, hvor det pludselig kunne betale sig at bruge solstrøm for almindelige el forbrugere.

Efter at der blev solgt solcelleanlæg for mere end 8 milliarder kroner på under et år, blev der indført nye og dårligere afregningsregler for solstrømmen, og i løbet af 2013 gik man så vidt, at man brugte nogle forældede regler i elforsyningsloven til at gøre det umuligt at opføre solcelleanlæg i kommunalt regi. Samtidigt blev der som noget nyt også tilladt opkrævning af såkaldte rådighedsbeløb fra net selskaberne på måske 16 – 18 øre/kWh, som herved udhuler økonomien ved at producere solstrøm.

På trods af disse barrierer er der dog alligevel sket yderligere udvikling af solcelleteknologien i Danmark, så der nu er en bred vifte af solcelleteknologier, der kan indpasses i fremtidige aktive tag- og facadeløsninger i byggeriet, og i mange tilfælde også på en arkitektonisk god måde.

Det bedste eksempel på dette er den løsning, som det danske firma SolarLab fik udviklet til Copenhagen International School (CIS) i Københavns Nordhavn.

Her er der indpasset en ny type blå/grønne solcelleelementer på alle skolens facader, der ligger højere end stueetagen. Og det på en måde så der er bred enighed om, at det har været en berigelse for byggeriet.

Undertegnede var, igennem en periode for nogle år siden, teknisk koordinator for et udbredelsesprojekt under ForskVE programmet, hvor det var muligt at få lavet en aftale om anlægsstøtte til CIS byggeriet, samtidigt med at der også skulle gennemføres en bæredygtighedsmærkning af skolen efter den internationale "Active House" standard.

Dette udløste i 2018 en tildeling af den årlige "Active House Award" til CIS.

Det var samtidigt også muligt samme år at præsentere en række af de bedste bygningsindpassede solcelleløsninger (BIPV) på en BIPV-demonstrations platform på Teknologisk Institut i Taastrup. Denne bekræftede at der er i Danmark findes et stort udvalg af BIPV-leverandører, som i mange tilfælde har mulighed for at levere tag- og facadematerialer til byggeriet, hvor det er svært at skelne mellem hvad, der er solceller og hvad, der er almindelige byggematerialer. Flere eksempler på dette kan findes på databasen www.bæredygtigebygninger.dk fra Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger (FBBB), Ligesom på hjemmesiden www.activehouseBIPV.com.

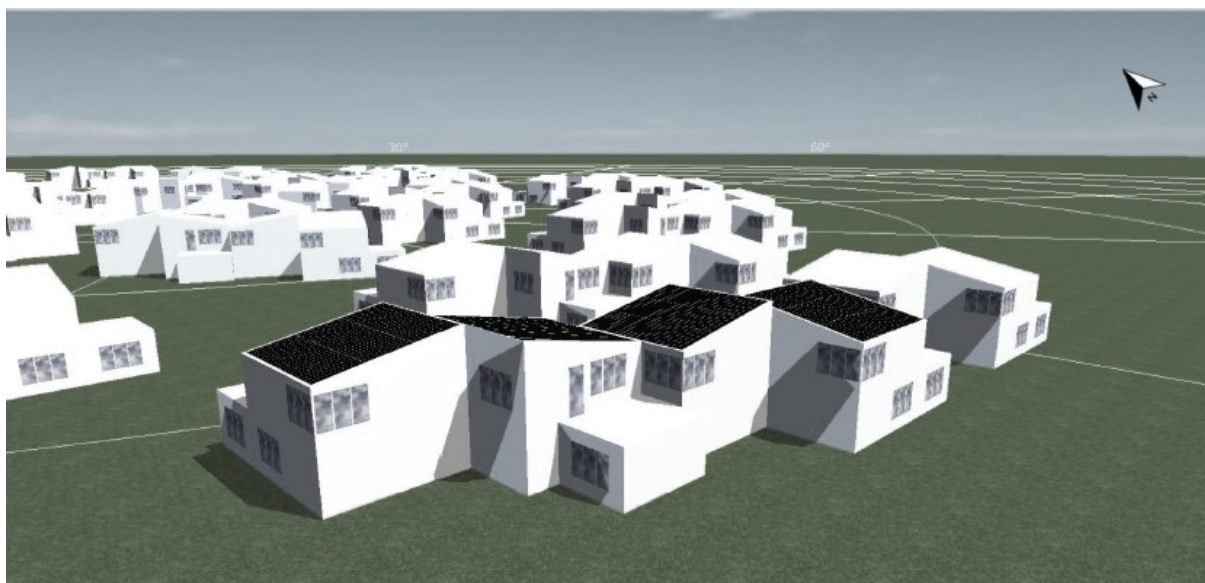
Så ud fra det her nævnte er det nærliggende at argumentere for at der skal slås et slag for at sikre en målrettet anvendelse af BIPV-løsninger overalt i både nybyggeri og ved større renoveringer.

Ja når der er tale om renoveringer, så vil det jo være oplagt at indpasse BIPV-løsninger også i relation til det foreslåede "Boligudspil" for almene boliger, hvor der skal investeres 30 mia. kr. frem til år 2026.

Herved kan samtidigt åbnes op for at solceller kan blive en mulighed for almene boliger, hvilket ikke rigtigt har været muligt endnu.

Og det ligger desuden lige for at lade solceller være en del af fremtidige bæredygtige helhedsløsninger for byggeriet, f.eks. som led i egentlig fossilfri byudvikling.

På vedlagte illustration er vist et forslag fra DTU-BYG studerende, til hvordan de tænker at man, som led i nye fossilfrie byområder, kan udforme tagløsninger med solceller, som producerer solstrøm mere stabilt over dagen ved at udnytte forskellige orienteringer for solcellerne.



Tegning udført af DTU BYG studerende som led i BIPV-opgave. Viser boligbyggeri med varierende solcelle orienteringer som kan give et mere stabilt solstrømsbidrag over dagen.

Hvis der i højere grad skal sættes på, at solcelleanlæg placeret på bygninger skal kunne være en mulighed, så er det vigtigt med gode incitamentsregler for at bakke dette op, f.eks. med en blanding af løbende tilpassede tariffer for solstrøm, i form af såkaldte "feed in tariffs". Sådanne systemer kan også være en mulighed for at skabe efterspørgsel efter arkitektoniske gode løsninger, evt. ved en lidt bedre afregning, når solceller er indpasset på en god måde.

Et forslag til hvordan en fast standard for energi producerende bygninger kunne indføres i Danmark, kunne gå ud på at lave en variant af fremtidige bæredygtigheds standarder i byggeriet, som f.eks. kunne kaldes "prosumer" byggeri, altså en kombination af at være producent og "consumer"/ forbruger af el.

Der findes allerede en række klima partnerskaber i Danmark, som er organiseret i kommunalt regi, koordineret af Dansk Naturfrednings forening, hvor kommunerne lover at sikre en række forbedrede standarder for at kunne optræde som en klimapartner. Hvis "prosumer" byggeri kunne være en del af fremtidige klimapartnerskaber, så kunne der også herved skabes grundlag for et fornyet engagement for kommunerne, med hensyn til at engagere sig i den praktiske anvendelse af solceller.

I det følgende er der som afslutning af dette afsnit dels medtaget en artikel fra Solarplan, som tager udgangspunkt i arbejdet med Avedøre Green City og dels et forslag til en mere offensiv tilgang som i Tyskland. Men afslutningsvis skal det også nævnes, at der også er et behov for at se, hvordan store solpark projekter kan gennemføres på den bedst mulige måde, og at til disse også er relevant, at se på hvordan man via LCA-analyser kan dokumentere, at CO₂ besparelsen herfra er optimeret. Endelig kan det også nævnes som en mulighed, at der kunne være et perspektiv i at bruge dele af vores knap 200.000 km vejarealer i Danmark, svarende til 985 km², til at producere solcellestøm i form af såkaldte "Solar Roads".

6.2 Fremtidens Energiforsyning – Bæredygtig og Levedygtig



Fremtidens Energiforsyning

Rev. 25.05.21

Bæredygtig og Levedygtig

Baggrund og grundlag

Tiderne kalder på nedbringelse af CO₂ udledningen, det er på høje tid, og det skal gå hurtigt. Men der skal fortsat varme og el til for at drive dagligdagen og de øvrige dage. Der er derfor behov for at etablere bæredygtige og leveringsdygtige løsninger, som kan overtage den fremadrettede forsyning, først og fremmest i områder som i dag betjenes af gasfyr og oliefyr.

Med projektet "Smart Energy Green Cities" har vi undersøgt de potentielle muligheder for at udvikle og etablere "energi-øer" for bebyggelser af forskellig karakter og omfang.

Den helt umiddelbare baggrund er det store behov for nedbringelse af CO₂ udledningen, herunder at sikre at de nyetablerede forsyningsanlæg driftsmæssigt opererer uden at forårsage CO₂ udledning. Der vil uden tvivl være CO₂ udledning forbundet med produktionen og implementeringen af nye anlæg, men også dette vil efterhånden kunne nedbringes. Endelig kan denne del CO₂ i et ubestemt omfang optages ved valg af materialer i de omkringliggende områder, herunder ved/på bygninger som en kompensation.

I denne beskrivelse berøres 2 forskelligartede bebyggelser, som eksempler på emner for etablering af ny energiforsyning baseret på bæredygtighed, fællesskab og en sikker fremtid.

Det ene eksempel er Avedøre Stationsby, der i dag betjenes med fjernvarme. Den anden bebyggelse er Avedøre Landsby, der repræsenterer den lange række af mindre bebyggelser over hele landet, som i dag opvarmes med olie- og gasfyr, der skal udfases indenfor en relativ kort årrække. Disse bebyggelser ligger i et vist omfang udenfor allerede etablerede fjernvarmeområder. Ingen af de 2 bebyggelser indeholder produktion af strøm (solceller) i nævneværdigt omfang.

Det styrende princip for den fremtidige energiforsyning følger de retningslinjer som bl.a. er udtrykt ved EU's anbefalinger til decentrale forsyningsanlæg, nemlig Energifællesskab:

Det skal baseres på fællesskab;

Det skal være en bæredygtig løsning;

Det skal være en langsigtet løsning;

Det skal være en driftsmæssig stabil løsning;

På landsplan er der ca. 380.000 boliger med gasfyr og 80.000 boliger med oliefyr. Hovedparten af disse boliger ligger i større eller mindre samlede bebyggelser, ofte nær egentlig bymæssig bebyggelse.

Enkeltliggende huse i det fri og i mere landligt terræn kan ikke betjenes af det her foreslåede. Men der findes også udmærkede varmepumpeløsninger, som vil kunne udfylde rollen i sådanne situationer.

Men de mere samlede bebyggelser vil kunne have fordel af at etablere et Energifællesskab og dermed etablere eget fjernvarmeanlæg til fælles varmeforsyning og tilkoblet egen elproduktion til drift af varmeforsyningen/varmepumper og evt. yderligere el-forbrugsønsker i bebyggelsen.

Den energimæssige udfordring

Lidt om overgangen, fra – Håndbog for Energifællesskaber:

”Danmark står i de kommende årtier over for en stor opgave med omlægning af det danske energisystem.

En tættere kobling mellem el- og varmedelen af energiforsyningen med f.eks. konvertering af el til varme i varmepumper udgør således et centralt element i de kommende årtiers omstilling.”

”I denne sammenhæng spiller EU’s nye energidirektiver en stor rolle, idet de definerer rammer for lokale energiløsninger i form af energifællesskaber. Disse rammer skal være implementeret i den danske lovgivning i løbet af 2020 og foråret 2021”.

Processen pågår i de politiske cirkler, men måske nok lidt trægt. Der er en del i den danske energiforsyningslovgivning med diverse sideeffekter, som skal bearbejdes for at de nye tider kan realiseres, og 70 % reduktionen af CO2 udledningen om kun 9 år skal kunne nås.

Energifællesskaber er det styrende led for etablering af lokale varmeforsyninger og lokale elforsyninger, som går hånd i hånd frem mod decentrale og lokalt styrede energiforsyningsenheder.

En decentralisering af dele af energiforsyningen, både varme og el, medfører at også de centrale anlæg vil ændre karakter, herunder naturligvis i høj grad tillige som følge af udfasning af CO2 belastende forbrænding. Men ud over

de nye lokale forsyninger er der naturligvis også behov for større centrale enheder. I dette papir drejer det sig alene

om lokale forsyningsarrangementer.

De 2 byområder

Energiforsyningseksemplet herunder er koncentreret omkring Avedøre Landsby og Avedøre Stationsby, beliggende i Københavns vestegn i Hvidovre Kommune. Begge bydele indgår i en fremadrettet udviklingsproces benævnt Avedøre Green City. For yderligere at styrke udviklingen omkring den fremtidige energiforsyning er ”Energifællesskab Avedøre AMBA” oprettet med deltagelse af en række operatører i området.

Avedøre Landsby

Avedøre Landsby er del af ”Energifællesskab Avedøre AMBA” oprettet i 2020 med det formål at etablere et organisorisk aktiv til varetagelse af etablering og drift af den fremtidige bæredygtige energiforsyning til områder i Hvidovre Kommune. Det er oprettet som et andelsselskab i en fremadrettet udviklingsproces benævnt ”Avedøre Green City-området”.

Avedøre Landsby er beliggende i et område med naturgas-forsyning og med enkelte oliefyr, der som følge af den nødvendige reduktion af samfundets CO₂ udledning skal tænke i nye baner for at sikre boligernes opvarmning på lang sigt. Denne situation står utallige mindre bebyggelser overfor i hele landet.

Avedøre Landsby omfatter samlet 90 boliger med ca. 274 beboere samt et mindre antal SMV erhvervsenheder, herunder noget forvaltning.

Bygningerne er af meget forskellig karakter, ældste hus fra 1781, tre til fire større gårde fra 1800-tallet men den overvejende del af bebyggelsen er nyere villaer og rækkehuse opført i 1900-tallet og frem til 2018.

Da husene er fra forskellige epoker, er de forventeligt også ret forskellige med hensyn til energiforhold/isolering.

Varmeforsyning via grundvandet, Avedøre Landsby

Den varmforsyningsmetode, som beskrives her kaldes:

- ATES – Aquifer Thermal Energy Storage.

Det enkle er, at det grundvandslager, som til alle tider findes i jorden under os, benyttes til opvarmning af vore bygninger. Grundvandet er til alle tider ca. 9°. I vintertiden bruges varmen lagret i sommertiden, og grundvandet har derfor en lidt højere temperatur end i naturtilstanden. Efterhånden som varmen opbruges vil temperaturen af det oppumpede grundvand falde ned mod den naturlige temperatur. Opbruges al varmen vil der samtidigt blive opbygget et kuldager omkring anlæggets "kolde" borer. Om sommeren pumpes koldt vand op fra de "kolde" borer og der tilføres varme fra PVT-elementerne til lagring omkring anlæggets "varme" borer ved varmeveksling med det pumpede grundvand.

Anlægget indeholder følgende hovedpunkter:

- Nedboring til det grundvandsførende kalkmagasin under Avedøre Landsby, boringsdybde ca. 30 meter (for bebyggelsen Avedøre Landsby vil der være tale om 2-4 stk.);
- Etablering af fælles pumpe- og varmevekslerhus med tilhørende overvågnings- og kontrolsystem;
- Nedgravning af rørforbindelse fra de 2-4 pumpebrønde til det fælles pumpe- og varmevekslerhus;

Hertil skal udføres følgende fra det fælles pumpe- og varmevekslerhus og frem til de enkelte huse:

- Nedgravning af fordelingsrør, til de enkelte huse, fremløb- returløb;
- Etablering af vand til vand varmepumper i hvert hus, der kan opvarme vandet fra ca. 8-15°C i varmesæsonen samt til varmt brugsvand hele året.

Det forventes, at huse der indeholder flere boliger allerede har en varmecentral, hvortil de fremførte rør kan tilkobles det interne varmesystem via en varmepumpe.

Fremføring af det ca. 8-15°C varme vand i rør 1 m nede i jorden medfører et meget ringe varmetab under transporten, i modsætning til det normalt udsendte 60-70 ° varme fjernvarmevand. Det betyder, at dyre isolerede rør erstattes af langt billigere uisolerede rør, og at varmelastningen af rørene er beskedent.

Varmepumperne i husene er af typen vand/vand, og kører under mere konstante temperaturforhold end luft/vand varmepumper, som generelt benyttes i private anlæg i enkeltliggende huse. Varmepumperne har ingen ude del som luft/vand varmepumper, hvorfor de ikke udsender ekstern støj.

Der er krav til ATES-anlæg om termisk balance af grundvandsmagasinet, således forstået, at nærliggende vandindvindingsanlæg ikke må påvirkes mere end 0.5°C i opadgående retning. Derfor må der ikke tilføres for store varmemængder til grundvandsmagasinet, således at det kan påvirke nærliggende vandindvindingsanlæg i væsentlig grad.

Anlægget er tæt på en evighedsmaskine med hensyn til varmemediet (grundvandet), der suppleres med el-varme via varmepumpe i varmesæsonen, medens varme lagres til vedligeholdelse af grundvandsmediet gennem sommerperioden, hvor der ikke er behov for rumopvarmning, men alene brugsvandsopvarmning.

Varmemediet kan dog også suppleres med overskudsvarme fra produktionsvirksomheder mv, i det omfang sådanne er i nærheden, som evt. vil kunne indgå direkte i systemet.

Da husene er fra forskellige epoker, er de forventeligt også ret forskellige med hensyn til energiforhold/isolering.

Det skal bemærkes, at metoden også kan benyttes til køling, hvilket allerede sker i stort omfang, men det er ikke så aktuelt i boligområder på vore breddegrader.

I hvert enkelt bebyggelseksempel skal forholdene vurderes nøje med henblik på at nå frem til den mest optimale løsning for den fremtidige energiforsyning. Og her spiller Energifællesskabet en afgørende rolle.

Avedøre Stationsby

En bebyggelse opført som del af Køgebugt-finger-udviklingen i 1970 -1980-erne. Der er ca. 2000 lejligheder og en del erhverv, skoler og institutioner.

Bebyggelsen er karakteriseret ved en "ringmurs" -indramning bestående af 4 etages sammenhængende blokke, der omkranser en større mængde 2 -etages rækkehuse, institutioner mv.

Bebyggelsen består i kraft af denne "ringmur" af store sammenhængende tagflader, som er velegnede til etablering af solceller.

Bebyggelsen har i løbet af årene gennemgået en række fornyelser, og gennemlever også i disse år renovering på forskellige fronter. Så det er grundlæggende opdaterede lejligheder, men naturligvis med udgangspunktet 1970.

Avedøre Stationsby er i forvejen betjent med fjernvarme.

Varmeforsyning via grundvandet, Avedøre Stationsby

Grundlæggende er det den samme teknik som ved landsbyen, blot skal der benyttes nogle flere grundvandsboringer

(8-10), og der skal etableres brøndhuse samt hovedpumpecentral og rørføring mellem disse samt kobling til det allerede eksisterende fjernvarmenet.

Forbruget til de enkelte lejligheder kan pumpes frem med høje temperaturer, som i traditionel fjernvarme. Alternativt skal der etableres en eller form for decentral pumpeetablering, f.eks. pr. blok eller opgang.

Solceller, El-forsyning og PVT

Det vil være en stor fordel, hvis man via sit Energifællesskab også kunne drive solcelleanlæg, der kan levere strøm til pumperne dels i det centrale anlæg og dels til de enkelte husholdningers varmepumper og evt. til husholdningerne i almindelighed.

Solceller kan etableres som integrerede paneler i stedet for at lægge panelerne ovenpå f.eks. en tegl-, skifer- eller eternittagdækning. Omfanget er naturligvis afgørende for prisen, men det er karakteren af de til rådighed værende bygninger også. Solcelleintegreringen (også kaldet BIPV) fordrer, at solcelleetableringen falder sammen med en samtidig tagrenovering eller udskiftning/bearbejdning af facadedele. Tagfladernes karakter og form er afgørende for mulige optimale løsninger, og det er tillige samkøring af en bebyggelses solcelleanlæg uafhængig af matrikelskel også, hvilket med den aktuelle lovgivning ikke er muligt. Den samlede drift kunne netop forestås af Energifællesskabet. I nogle tilfælde vil det være mere hensigtsmæssigt at benytte en mark. Men det kan også være større tagflader på sports- og virksomhedshaller, hvor netop store samlede tagflader er til rådighed.

Netop muligheden for at integrere solceller i f.eks. tage og evt. facader, vil være et væsentligt vurderingspunkt for den enkelte bebyggelse, hvor bygningernes arkitektur samt f.eks. tagenes hældninger, karakter, dimensioner og orientering vil være afgørende for, om der skal findes en separat løsning.

I Avedøre Landsby er der såvel bevaringsaspekter som meget forskelligartede tagformer og tagkarakterer, som ikke gør det muligt at benytte disse i større omfang, hvorfor en separat løsning er valgt.

Omfanget af solceller er forventet i en størrelsesorden, som ikke kan integreres i de enkelte huses tagflader, og et par tilstødende sportshaller samt et mindre markareal er derfor valgt.

I Avedøre Stationsby er mulighederne på "ringmuren" derimod ganske fine for etablering af solceller. Der er gode ensartede flader, og der er gode muligheder for at integrere solcelleflader i disse.

De valgte solceller indgår i såkaldte PVT-paneler (Photo Voltaic Thermal) der indeholder et væskeelement (Glykol) som kendes fra solfangere. Panelerne kan udføres i slanke profiler, som ikke fylder meget, faktisk mindre end standard solcellepaneler, og derved er velegnede til integrering i tagflader.

PVT-paneler fungerer som en sammenlægning af solcellepanel og solfangerpanel. Den bagved solcellefladen bevægende væske i solfangeren trækker varmen ud og køler samtidig solcellefladen, hvilket øger strømproduktionen i solcellerne.

Der produceres således strøm ved indstråling i solcellerne og varme ved optagelse af solens varme i manifoldens væskegennemløb.

Den producerede varme kan udover at bidrage til opvarmning af husrum også føres til lagring i grundvandet og dermed bidrage til den termiske balance. Produktionen fra PVT-panelerne vil især være fremherskende om sommeren, hvor til gengæld opvarmningsbehovet i husrum er begrænset.

Eksisterende fjernvarme områder

Ates teknikken anvendes også i fjernvarmeområder, hvor ATES metoden har sat sit tydelige præg i store anlæg som Bispebjerg Hospital, Københavns Lufthavn, erhvervsvirksomheder blandt mange andre.

Det er væsentligst køling som står på programmet disse steder, og på Bispebjerg Hospital klarer ATES al køling. På hospitalet suppleres tillige med varme, som derved fortrænger fjernvarmen, og dette kunne uden problemer erstatte en langt større del af fjernvarmen, hvis det ikke lige var fordi, at lovgivningen halter lidt bag efter, jf. det med trægheden i afsnittet: Den energimæssige udfordring.

Det har imidlertid vist sig, at der også kan være muligheder og balance i ATES anlæg i fjernvarmeområder, i en størrelsesorden, der minder om Avedøre Landsby. En bebyggelse i Horns Herred (Kyndbyhuse) har satset på en fremtidig energiforsyning baseret på ATES men kombineret med et eksisterende

fjernvarmenet. I dette tilfælde udnyttes undergrundens varme til en central fjernvarme produktion med en vand/vand varmepumpe, og ikke ved decentrale varmepumper ved hvert brugssted - boligerne.

Der er således flere muligheder for kombination og tilrettelæggelse af den fremtidige varmeforsyning, men et afgørende træk, er den lokale styring og drift af energiforsyningen, Energifællesskabet.

Kendt teknolog

Teknikken er ikke ny, men den har ikke nået en udbredelse i Danmark som tilfældet er i f.eks. Sverige og Holland.

Det skal til enhver tid sikres og dokumenteres, at grundvandets drikkevands kvalitet ikke forstyrres ved udnyttelse af grundvandet til opvarmning/køling.

I udlandet anvendes ATES i Tyskland, Norge, Holland, Sverige, Belgien, Frankrig, Schweiz, USA, Canada, Tyrkiet, Spanien og Kina. De første anlæg er rapporteret idriftsat i Kina i 1950'erne. I Danmark blev de første større anlæg etableret i 1990'erne. Holland er verdensførende med mere end 1000 anlæg, mens Sverige har ca. 70 anlæg og Danmark har ca. 40 større anlæg.

Solarplan Aps

Klaus Boyer

Arkitekt maa

Solarplan Aps
tlf: +45 40 32 78 82 ✉ mail: solarvent@solarplan.dk ✉ www.solarplan.dk

6.3 Hvordan fremmes brug af lokal vedvarende energi i form af solstrøm?

I Tyskland har man siden år 2000 haft en lovgivning, der fremmede brug af vedvarende energi ud fra det teknologiske stadie, der var. Det betød, at man på det tidspunkt betalte omkring 4 danske kr. pr. kWh for solcellestrøm for at støtte det såkaldte 100.000 soltags-program. Efterfølgende er denne såkaldte "feed in tarif betaling" blevet reduceret løbende i takt med at teknologien er blevet mere konkurrencedygtig.

Problemet i dag er, at denne politik ikke fremmer brug af solceller som led i overordnede planer om at gøre vores lokale samfund CO2 neutrale, men i stedet skaber et forretningsgrundlag for store typisk markplacerede solcelleanlæg med den laveste kWh pris for solstrømmen, der ofte er baseret på import af billige kinesiske solcellepaneler, der i mange tilfælde er produceret ved hjælp af el fra kulkraftværker.

Som en bedre model kan det foreslås at acceptere en højere kWh pris for solstrømmen, hvis den dels er placeret i vores lokalområder i byerne, hvor det højeste elforbrug er og dels hvis den giver et bidrag til lokale målsætninger om CO2 neutralitet, ligesom det bør tælle, at der er et positivt arkitektonisk bidrag. Og endelig bør der også indgå en overordnet livscyklus analyse (LCA) for de anvendte solcellepaneler, så det kan tælle positivt, at de er fremstillet lokalt og med et lavt CO2 forbrug f.eks. på basis af vind- eller vandkraft.

Et sådant alternativ til en bevidstløs solcelleimport fra Kina giver efter vores mening gode muligheder for at skabe en helt ny industri for bygningsindpassede solceller, som på basis af en bevist udbredelsespolitik kan komme op i volumen og ende som et mainstreamprodukt med en konkurrencedygtig kWh pris for solstrømmen.

Skal en sådan udvikling blive mulig, er det afgørende at få fjernet en række problematiske barrierer for brug af solcellestrøm og forsøge at omfavne mulighederne i EU's Vedvarende Energi Direktiv, bl.a. med det nye forslag til brug af borger energifællesskaber og samtidig undlade at lade f.eks. matrikelgrænser være en stor barriere for en meget mere udbredt anvendelse af lokal produceret solcellestrøm.

I Danmark er det aftalt, at det er de lokale elnetselskaber, der skal bcoste tilslutningsudgifterne fra vedvarende energianlæg fra år 2024, hvor det hidtil har været noget, det statslige selskab EnergiNet har taget sig af. Det betyder, at der herefter vil være et mere sandt økonomisk billede af, hvad det koster at producere solstrøm, når der ses på hhv. store solcelleparker placeret på landet og så på lokale solcelleanlæg placeret på bygningstage tæt på hvor elforbruget er.

Situationen er at med den vedtagne politik både nationalt og i EU-regi om at opnå CO2 neutralitet i løbet af en kortere årrække, så er der lagt op til en udbredt indsats med forskellige bogholderi kneb for at påvise betydelige CO2 besparelser, uden at man reelt ændrer verden med alt for meget.

Problemet er jo, at stærke aktører inden for energisektoren bestemt ikke ønsker at forringe de forretningsmetoder, de lever af.

Og her er det tydeligt, at det virker mere tillokkende at arbejde med nye centrale energianlæg til vedvarende energiproduktion som havvindmølleparker og solcelleparker på landet end brug af mere lokale vedvarende energiløsninger som f.eks. bygningsindpassede solcelleanlæg.

Lokale solcelleløsninger er et afgørende element i den grønne omstilling. For at det overhovedet skal være muligt at få sat denne i gang, skal der efter undertegnede mening hurtigst muligt indføres et "feed in tarif" system, hvor man får en fair pris for at bidrage med den lokale solenergi. Systemet med nettoafregning af

solstrøm, som vi har brugt hidtil i Danmark, er svær at få til at fungere hensigtsmæssigt, og da man ændrede den årlige nettoafregning for solstrøm til timeafregning, var det i princippet dødsstødet til lokale solcelleløsninger med en væsentlig dækning af elforbruget fra solcellestrøm.

I Tyskland har man i flere tilfælde accepteret den konklusion, at hvis der skal gennemføres en grøn omstilling med en målsætning om CO2 neutralitet, så er det nødvendigt at få organiseret hele elforsyningssystemet på en ny måde, der stemmer overens med det. Et eksempel på dette er bystyret i Berlin som nu har tilbagekøbt det samlede elforsyningssystem i Berlin fra firmaet Vattenfall og som udnytter dette til at stille et nyt krav til alt nybyggeri og større renoveringsprojekter, at de skal levere lokal solstrøm til elnettet fra år 2023. Her har man erkendt, at det ikke er hensigtsmæssigt at lade matrikelgrænser afgøre, hvordan det skal være muligt at bidrage med lokal produceret solstrøm.

Den virkelige transformation af samfundet med lokale vedvarende energiløsninger placeret hvor alle kan se dem, sker ikke lige "over night". Det vil være ligesom vindenergien, hvor den første udrulning skete med vindmøller på land, som samtidigt skabte nogle forskellige udfordringer, så det endte med at blive havvindmøllerne, der løb med udbygningsvolumenet på trods af, at de var væsentlig dyrere.

Og nu er det så her det foregår, dels fordi priserne efterfølgende er blevet mere konkurrencedygtige, men lige så meget fordi at så er der ingen naboprotester (not in my back yard!).

På samme måde med solcellerne. Lige nu er de importerede solcellepaneler fra Kina den klart billigste løsning, så en hurtig omstilling til solenergistrøm planlægges derfor til at skulle ske på store områder ude på landet. Men samtidigt sker der hele tiden forbedringer af solceller som bygningsmaterialer både til tage og facader. Når så den folkelige modstand øges, så er det jo heldigt, at man har dette som alternativ. Og i takt med den større brug og også om krav til bæredygtighed i fremstilling af solcellepanelerne, så vil anvendelsen øges og den sande transformation til energiproducerende bygninger vil kunne ske.

7. Resume og fremtidsperspektiver vedr. CO2 neutral byudvikling med ATES og BIPV

CO2 neutral byudvikling med ATES og BIPV

Der er allerede etableret flere eksempler på anvendelse af "grundvand" til køle formål i Danmark. Disse kan typisk ved varmeveksling med grundvand give en energi og CO2 besparelse på 90% i forhold til brug af normale kompressor køleanlæg. Og i mange tilfælde kombineres denne type anlæg med varmepumper, der i varmesæsonen kan udnytte varmetilskuddet til grundvandet, der er skabt om sommeren, til at opnå en forbedret varmepumpe drift med mindre elforbrug (såkaldte ATES systemer)

Disse systemer sikrer samtidigt, at grundvandets temperaturniveau på årsbasis ikke påvirkes i opadgående eller nedadgående retning. Således at grundvandet i princippet bare fungerer som et sæsonbaseret varmelagrings medie.

Sådanne ATES systemer er med gunstig brugerøkonomi bl.a. anvendt til Københavns Lufthavn samt til en række hoteller og industrivirksomheder. Og som seneste skud på stammen kan nævnes etableringen af et nyt ATES system til Bispebjerg Hospital i København, der er indkørt med succes i 2020.

Et interessant perspektiv ved den her nævnte ATES teknologi er, at den kan udnyttes som led i hel eller delvis CO2 neutral byudvikling, også i områder uden eller med begrænset mulighed for tilførsel af spildvarme om sommeren. Dette skyldes, at det kan være et alternativ at producere solvarme i sommerhalvåret og tilføre denne til grundvandet med høj effektivitet, samtidigt med at man supplerer med lokale solcelleanlæg til at modsvare en stor del af det årlige el behov til varmepumpe driften. En anden mulighed i den forbindelse kan også være at udnytte såkaldte PVT-solceller, som er væskekølede solceller, der både kan levere solvarme og solstrøm fra det samme panel.

Perspektiverne for den nævnte ATES teknologi, i samspil med lokale solenergi løsninger, er ganske betydelige med hensyn til at få sikret en udvikling af CO2 neutrale byområder bl.a. som oplagt mulighed for samtidig at opnå en elektrificering af fjernvarmen i Danmark.

Dette kan både opnås ved hjælp af centralt placerede ATES anlæg med varmepumper og tilhørende solenergianlæg eller ved at kombinere et centralt placeret ATES anlæg med placering af lokale varmepumper og lokale solenergianlæg i f.eks. et boligområde, således at der udsendes såkaldt "kold" fjernvarme fra ATES anlægget, hvilket giver mulighed for brug af prisbillige varmedistributionsnet med meget begrænset eller ingen isolering.

Faktisk kan den sidstnævnte løsning bane vejen for hel CO2 neutral byudvikling med en god brugerøkonomi, både for nybyggede boligområder og for eksisterende boligområder der i dag udnytter naturgas.

Og her er det en interessant mulighed, at fordi der er tale om fælles varmeforsyning, så er det muligt at etablere et lokalt varmeforsynings selskab eller energifællesskab og i den forbindelse sikre en finansiering med kommunegaranterede lån, på samme måde som man gør med lokale fjernvarme projekter.

De her nævnte fælles varmeforsynings løsninger har nogle klare fordele sammenlignet med blot at udrulle individuelle luftbaserede varmepumpe løsninger, som normalt vil udgøre en større investering og hvor CO2 besparelsen/energifleksibiliteten er mere begrænset.

Det er dog muligt også at kombinere individuelle varmepumpe løsninger med lokal produceret vedvarende energi, typisk i form af lokale bygningsindpassede solcelleanlæg.

Udover det højere prisniveau for den samlede løsning er samspillet med det samlede energisystem dog typisk ringere for denne type anlæg, når der ses på det tidsmæssige forhold mellem energiforbrug og vedvarende energiproduktion.

I det følgende gennemgås kort en anden ide til, hvordan ATES baserede løsninger med varmepumper kan bringes i spil som en fremtidsorienteret energiløsning.

Fremtidsorienteret ide til at kombinere affaldsforbrændingsanlæg med lokale ATES systemer med varmepumper.

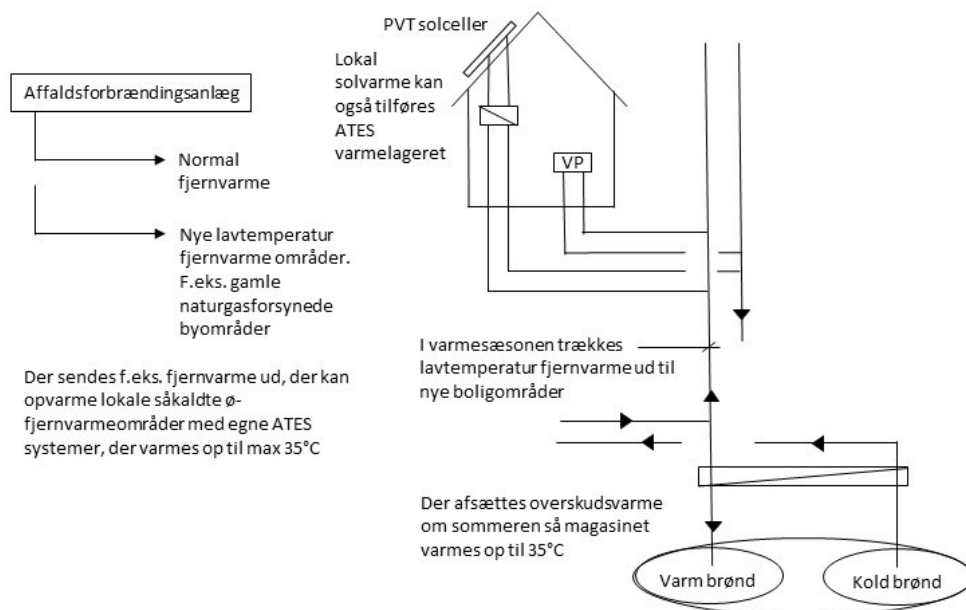
Det er en eksisterende udfordring for de danske affaldsforbrændingsanlæg, at de har store mængder overskudsvarme fra affaldsforbrændingen om sommeren, som ikke rigtigt kan bruges til noget.

En oplagt løsning på dette problem er at gennemføre udbygningen af nye fjernvarmeområder med ultra lavtemperatur fjernvarme, baseret på lokale ATES anlæg og varmepumper.

Dette kan ske som \emptyset -anlæg, der f.eks. kan etableres i de byområder, der hidtil har været forsynet med naturgas, men nu skal finde nye løsninger.

På vedlagte figur er vist et eksempel på hvordan, dette kan gøres ved at affaldsforbrændingen via en ny fjernvarmeledning til ø-anlæggene kan opvarme grundvandet til op til 35°C i løbet af sommeren, hvorefter lokale varmepumper udnytter kold fjernvarme fra grundvandslageret i varmesæsonen, der bliver boostet op til at dække lokale varmebehov ved hjælp af eldrevne varmepumper. Dette kan samtidigt kombineres med brug af en ny type varmeproducerende solceller (PVT), som kan tilføre yderligere varme til grundvandet om sommeren.

Forslag til fremtidig udvidelse af fjernvarmeområder der udnytter affaldsforbrænding



8. Formidling, workshops og webinarer om Smart Energy Green Cities initiativet

I 2019 blev der i regi af Foreningen Bæredygtige Byer og Bygninger, FBBB, samt European Green Cities dels arrangeret en konference hos SBI/AAU samt en workshop i Odense Kommune, som tog udgangspunkt i Smart Energy Green Cities projektet.

Det var oprindeligt planen at afholde i alt 4 mindre workshops / temadage i FBBB-regi kombineret med 2 afsluttende større konferencer.

På grund af pandemien og restriktionerne i perioden fra marts 2020 og frem, har det været nødvendigt at få lov til at arbejde med en ny tilgang til den lovede formidlingsopgave.

Det blev derfor aftalt mellem European Green Cities og projektpartnerne, at der skulle laves en Smart Energy Green Cities videofilm, som kunne udnyttes til et antal temadage arrangeret i FBBB-regi. Og d. 26. maj 2021 lykkedes det så at præsentere denne videofilm, der var fremstillet af firmaet Wavemakers, på et velbesøgt webinar, som nu kan findes på www.fbbb.dk under "tidligere arrangementer". Link til filmen også her: <https://vimeo.com/554457538/e8ca063c66>

Samtidigt er der lavet en aftale med FBBB om at præsentere videoen på yderligere 2 arrangementer i løbet af august / september 2021, det ene af disse i samarbejde med Frederiksberg Kommune med fokus på en CO2 neutral udvikling af Frederiksberg Hospital grunden.

Det er desuden lykkedes at opnå en dialog med flere nye områder i Danmark, som er interesserede i at arbejde med CO2 neutral byudvikling ved hjælp af Smart Energy løsninger. Dette er primært sket via webbaserede møder., ligesom der har været flere ekskursioner til ATES anlægget på Bispebjerg Hospital.

I den forbindelse kan nævnes dels en indsats i Sydlejren på den nedlagte Flyvestation Værløse i Furesø Kommune og dels samarbejde med aktører i Vinge Nord i Frederikssund Kommune. Desuden skal nævnes et Smart Energy orienteret samarbejde med Frederiksberg Kommune og Frederiksberg Forsyning, som Kuben Management har haft et samarbejde med om at se på brug af solceller til Frederiksberg Hospital, der er under udvikling til et helt nyt byområde. Her er man meget interesserede i ATES teknologien og i den løsning, der er lavet til Bispebjerg Hospital med godt resultat og god økonomi.

Umiddelbart vil man være positive overfor at lave ATES borer på hospitalsgrunden, som så kan forsyne "fjernkølingssystemet" på Frederiksberg med køling, samtidigt med at grundvandsmagasinerne på hospitalsgrunden opvarmes og kan sikre en forbedret varmepumpe drift til byggerierne i området.

Samtidigt er man også positive overfor at se på nye muligheder for finansiering af tagmonterede solceller på hospitalsgrundens bygninger inkl. muligheden for at disse ejes af Frederiksberg Forsyning.

Det kan desuden nævnes at Enopsol har haft en meget positiv dialog med Horsens Kommune og transportfirmaet DSV. DSV skal etablere nye lagerhaller på i alt 100.000 km² tæt på motorvejen ved Horsens, og da der er et stort behov for køling, er ATES muligheden oplagt i stedet for normal kompressorkøling og med en meget stor økonomisk besparelse ifølge Enopsols beregninger. Samtidigt ønsker man også at opsætte et større solcelleanlæg på tagarealerne. Så alt i alt en rigtig interessant case.

I Avedøre regner Avedøre Fjernvarme med at have en kombineret ATES løsning/PVT-installation til Avedøre Landsby, som skal være klar i løbet af 2 år. Også for Avedøre Landsby er der lavet en beregningsmodel, som viser en god økonomi for projektet. Det er som nævnt i projektbeskrivelsen sådan at FBBB-databasen, www.baereedygtigebygninger.dk, også er anvendt til at formidle flere af projekterne, der er arbejdet med i Smart Energy Green Cities projektet. Og det er også ideen, at vise projektresultater på den engelsksprogede website, www.activehouserofsandfacades.com, som Solarplan og Cenergia har arbejdet med i tidligere projekter, samt på websiden www.activehouseBIPV.com, som er på dansk. Og allerede nu er der af Peder Vejsig Pedersen i samarbejde med Solarplan lavet en helt ny hjemmeside, www.carbonzerocities.dk / www.CO2-neutralby.dk, som indeholder en række af Smart Energy Green Cities resultaterne. Altså her med hovedvægt på CO2 neutral byudvikling.

Som sagt er det aftalt at bruge videofilmen som udgangspunkt for afsluttende webinarer, som vil være rettet mod hele landet. Og det er også aftalt at bringe en række artikler om projektets resultater, der er medtaget i slutrapporten, dels i FBBB-databasen, ligesom de vil blive tilbudt til relevante fagblade.

Eksempel på databasen omfatter i første omgang Bispebjerg Hospital, Avedøre Green City og ideerne vedr. Frederiksberg Hospital grunden, og Furesø, Vinge Nord, Køge Nord og SOLTAG2 er også på vej. Ligesom Enopsols beregningsprogrammer kan tilgås. "Prosumer" eksempel projekterne vil samtidigt understøtte arbejdet med udformning af generel "Smart Energy" design guidelines. Se også:

Link til artikel om Smart Energy Design Guidelines

<https://www.dropbox.com/s/apjog8qfohr35a3/OAG30%20European%20Green%20Cities%20PRO%20V4%20-%20pvp.pdf?dl=0>

Det er i European Green Cities besluttet at fortsætte kampagnearbejdet for udvikling af "Smart Energy" byområder også i tiden efter "Smart Energy Cities" projektets afslutning. Dette vil både omfatte brug af FBBB-databasen www.bæredygtigebygninger.dk og de 2 platforme www.activehouserooofsandfacades.com (på engelsk) og www.activehouseBIPV.com (på dansk)

Dette vil dels bygge videre på de beregningsmodeller, som Enopsol har udviklet og som kan tilgås fra www.bæredygtigebygninger.dk, ligesom vi også har tilføjet "Smart Energy" eksempel projekter i databasen, som en ny type "Smart Energy prosumer" kategori for byområder, der ikke kun viser bæredygtige eksempelbyggerier, men også viser hvordan de understøtter den grønne omstilling ved dels at levere lokal vedvarende energi, men også støtter arbejdet med elektrificering af varmeforsyningen samt understøtter et fleksibelt elforbrug.

Der kan i den forbindelse nævnes at Enopsol, som noget nyt er blevet en del af den svenske koncern "Energy Machines" afdeling i Danmark, og at man herfra er meget interesseret i at udnytte www.bæredygtigebygninger.dk databasen til formidling af eksempelprojekter.

I det følgende er der vist oplæg til webinarer om "Fremtidens Energisystem", hvor Smart Energy Green Cities videofilmen blev vist, samt links både til videofilmen og til den følgende debat.

SOMMERENS SOLENERGI OPBEVARES I GRUNDVANDET

Tiderne kalder på nedbringelse af CO2 udledningen, det er på høje tid, og det skal gå hurtigt. Men der skal fortsat varme og el til for at drive dagligdagen og de øvrige dage. Der er derfor behov for at etablere bæredygtige og leveringsdygtige løsninger, som kan overtage den fremadrettede forsyning, i områder som i dag betjenes af gasfyr og oliefyr.

Vi har et kæmpe lager til opbevaring af sommerens solenergi i grundvandet, så det er klar til at bruge om vinteren, når det bliver koldt. Suppleret med varmepumper kan selv yderområder og landsbyer forsynes med god og billig fjernvarme. Det er hverken "rocket science" eller fremtidsteknologi – det er erfaringer fra over 40 anlæg i Danmark og mange flere i Holland. Et af de største anlæg er på Bispebjerg Hospital. Men systemet er faktisk også meget velegnet til mindre bysamfund, der står overfor at skulle afvikle olie- og gasfyr. Denne såkaldte ATES teknologi har sammen med solenergiløsninger været i fokus i "Smart Energy Green Cities" projektet, som er gennemført siden starten af 2019.

På webinarer viser vi først en film om "Fremtidens Energisystem", og herefter forklarer eksperterne, hvordan det hænger sammen med solenergi og grundvandslagring (ATES). Efterfølgende gennemgås, hvordan systemet kan fungere i en landsby. Eksemplet er Avedøre Landsby i Hvidovre Kommune.

Webinaret afsluttes med en "sofadedbat", hvor Energirebellerne – bagmændene bag fremtidens energisystem – diskuterer perspektiverne og svarer på spørgsmål fra deltagerne.

WEBINAR om FREMTIDENS ENERGISYSTEM

Smart Energy Green Cities v/Energirebellerne



ONSDAG DEN 26.MAJ KL. 10 - 11

SOMMERENS SOLENERGI OPBEVARES I GRUNDVANDET

Vi har et kæmpe lager til opbevaring af sommerens solenergi i grundvandet, så det er klar til at bruge om vinteren, når det bliver koldt. Suppleret med varmepumper kan selv yderområder og landsbyer forsynes med god og billig fjernvarme.

Det er hverken "rocket science" eller fremtidsteknologi – det er erfaringer fra over 40 anlæg i Danmark og mange flere i Holland. Et af de største anlæg er på Bispebjerg Hospital. Vi har optaget en film, der forklarer, hvordan det fungerer.

Men systemet er faktisk også meget velegnet til mindre bysamfund, der står overfor at skulle afvikle oliefyrene.

På Webinaret viser vi først filmen "Fremtidens Energisystem", og herefter forklarer eksperterne, hvordan det hænger sammen med solenergi og grundvandslagring (ATES). Efterfølgende gennemgås, hvordan systemet fungerer i en landsby. Eksemplet er Avedøre Landsby i Hvidovre Kommune.

Webinaret afsluttes med en "sofadebat", hvor Energirebellerne – bagmændene bag fremtidens energisystem – diskuterer perspektiverne og svarer på spørgsmål fra deltagerne.

PROGRAM

- Vi viser filmen "Fremtidens energisystem" – den varer ca. 15 minutter.
- Efter filmen uddybes teknologierne bag fremtidens energisystem –
 - Varmepumper og ATES v/Stig Niemi Sørensen, ingeniør, ENOPSOL
 - Seneste udvikling indenfor solceller – PVT v/Klaus Boyer, arkitekt, SolarPlan
- Gennemgang af Avedøre Landsby som model/eksempel v/Klaus Boyer, arkitekt, SolarPlan
- "Sofa-debat" med Energirebellerne: "Hvordan kommer vi videre?!" – og svar på spørgsmål fra deltagerne v/Stig Niemi Sørensen, Klaus Boyer, samt Jakob Klint, senior advisor, KUBEN Management and Peder Vejsig Pedersen, ingeniør, European Green Cities.
- SLUT

Webinaret er gratis. Tilmelding her:

EGC Norsgade 17 DK-8000 Aarhus C Tel +45 2757 1955 CVR 29 41 74 90 MERKUR 84011197104

PROGRAM:

10:00 Fremvisning af filmen "Fremtidens energisystem"

10:15 Efter filmen uddybes teknologierne bag fremtidens energisystem

- Varmepumper og ATES v/Stig Niemi Sørensen, civilingeniør, Ph.d. og direktør, ENOPSOL

- Seneste udvikling indenfor solceller – PVT v/Klaus Boyer, arkitekt maa., SolarPlan

10:35 Gennemgang af Avedøre Landsby som model/eksempel v/Klaus Boyer, SolarPlan

10:45 "Sofa-debat" med Energirebellerne: "Hvordan kommer vi videre?!" – og svar på spørgsmål fra deltagerne

v/Stig Niemi Sørensen, Klaus Boyer, samt Jakob Klint, chefkonsulent, KUBEN Management og Peder Vejsig Pedersen, bestyrelsesformand og civilingeniør, European Green Cities

11:00 SLUT

Deltagelse er gratis - pladser gives efter først-til-mølle-princippet. Webinaret er finansieret af projektet Smart Energy Green Cities, der er støttet af Klima-, Energi- og Forsyningsministeriet.

Link til video om "Fremtidens Energi: <https://vimeo.com/554457538/e8ca063c66>

Link til webinar om Fremtidens Energisystem på www.fbbb.dk:

https://www.youtube.com/watch?v=ZLHTHDrF0cU&feature=emb_imp_woyt