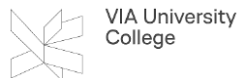




Dataindsamling fra danske termonet (HO5)

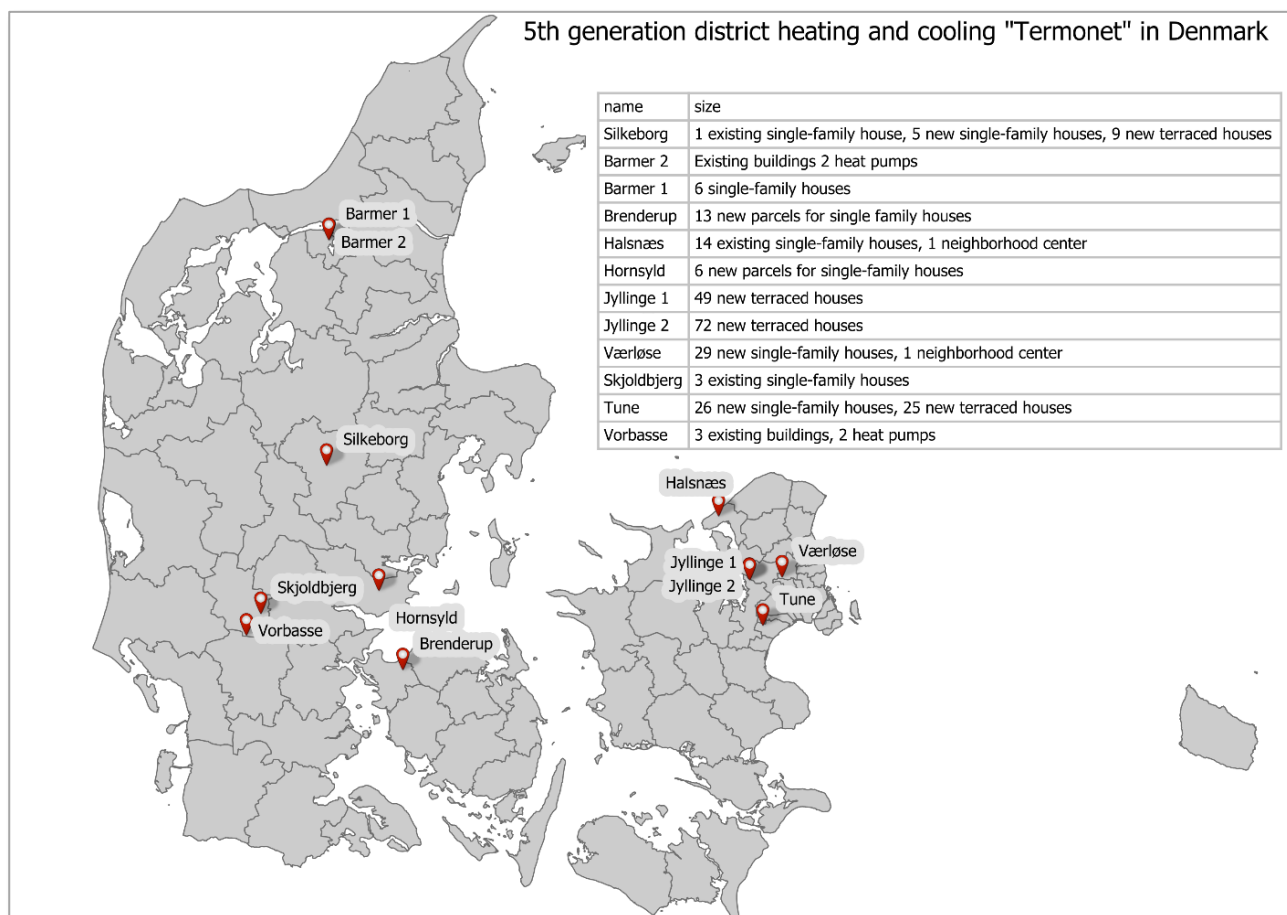
Udarbejdet af Geodrilling & VIA University College i det Interregstøttede CoolGeoHeat-projekt



Indledning

Denne korte rapport har til hensigt at give et overblik over de data der er til rådighed fra de 12 termonet i Danmark. Rapporten udstiller ikke disse data eller giver adgang hertil for den sags skyld på grund af GDPR. De data der vises er aggregeret til systemniveau, således at der ikke kan etableres forbindelse mellem data og enkelte forbrugere. Rapporten er udarbejdet af GeoDrilling og VIA University College i regi af det Interreg ÖKS-støttede projekt CoolGeoHeat.

Der er i skrivende stund (28/9-2022) etableret 12 termonet i Danmark, hvoraf 11 af dem er sat i drift (Figur 1).



Figur 1. De 12 termonet i Danmark med information om antal varmeforbrugere. Kilde: www.coolgeoheat.eu.

Fokus i CoolGeoHeat-projektet har været på at etablere adgang til forskellige typer af data fra den danske undergrund og de danske termonet.

Der er skabt adgang til 7 termiske responstest, der er udført forskellige steder i Danmark. Silkeborg, Jyllinge 1 og 2, Hornsyld, Tune, Skjoldbjerg og Brenderup.

Alle 7 responstests er udført på lokationer, hvor der enten allerede er igangsat et termonet, eller hvor der forventes at være et fungerende termonet i nær fremtid.

Der er forskellige måder at måle energi på, og det varierer fra termonet til termonet, hvilke data der er tilgængelige. I nogle tilfælde er der ikke monteret måleudstyr.

Man kan skelne mellem følgende tre målesteder:

- Mellem energikilden og termonettet
- Mellem termonettet og varmepumpen
- Mellem varmepumpen og centralvarmeanlægget

Den helt ideelle løsning ville være at finde et net, hvor man kunne måle alle tre steder. Måleudstyr er dog omkostningstungt og er sparet væk i mange termonet, da det ikke er nødvendigt for driften. Derfor findes der ikke et net, hvor den ideelle løsning er i drift. Til gengæld findes der forskellige net, der har målere etableret forskellige steder.

At måle mellem energikilden og termonettet er særligt interessant for projektet, fordi det vil skabe klarhed om samspillet mellem energikilden og selve termonettet. I langt de fleste danske termonet er energikilden lodrette jordvarmeboringer, og det er usikkert om de vandrette slanger i termonettet bidrager med varme til undergrunden eller om de spilder noget af den energi, der hentes op fra undergrunden.

Der findes to danske net, i henholdsvis Silkeborg og Tune, hvor der er mulighed for at måle mellem energikilden og termonettet. I Silkeborg er der en samlebrønd, hvor der er monteret energimålere på alle borerne. Desværre er dataopsamlingen baseret på en computer der får strøm fra et bilbatteri, der let løber tør. Dataopsamlingen herfra er upålidelig og der findes kun ganske få data, fra den spæde drift af systemet. Projektet har opnået lov til at bruge disse data, men det vurderes nødvendigt at få etableret en mere permanent dataopsamling, hvis disse data skal gøres anvendelige. Der arbejdes på at etablere ekstern finansiering til at etablere en pålidelig dataopsamling på denne del af nettet i Silkeborg. Termonettet i Tune har en pumpestation, der er placeret mellem de lodrette jordvarmeboringer og det vandrette net. Her har man i regi af Interreg projektet FUTURE etableret en energimåler og elmåler på pumpen. Disse data hjemtages til GeoDrillings dataplatform hos Kamstrup. Målerne er her tilsluttet en fast strømforbindelse, ligesom målerne er designet til at måle på den type væske, der cirkulerer i kredsen. Desværre har en analyse af data fra pumpestationen vist, at der ikke er særlig god sammenhæng mellem strømforbruget på pumpen og den energi der udtrækkes fra borerne. Det er et problem som skal undersøges nærmere af bygherre, men denne undersøgelse er ikke lavet inden projektet sluttede.

Når der alene måles mellem termonettet og varmepumpen får man kun information om den samlede virkning af energikilder og termonet. Her kan de individuelle bidrag fra termonet og kilder ikke skilles ad. Disse data kan dog stadig anvendes til at validere beregningsmodeller, da de inkluderer væsketemperaturen. Det er muligt at hente data fra tre forskellige termonet. Der er etableret målere i tre af husene på termonettet i Tune, hvor data tilgår samme platform hos GeoDrilling. Disse data inkluderer varmepumpens elforbrug, væskestrømning på termonettet, samt frem- og returløbstemperaturer. Her er det altså muligt at bestemme den energi de tre huse trækker ud af termonettet i Tune, ligesom det er muligt at bestemme virkningsgraden. Termonettet i den lille by Skjoldbjerg har målere hos de tre forbrugere, der er koblet på nettet. Desværre er der tale om ældre Kamstrup-målere, hvor data ikke hjemtages automatisk. Der arbejdes på at opnå finansiering til at udskifte regneværk, montere nye elmålere, og opsætte dataopsamling på nettet. Det sidste termonet er et nyetableret termonet i udkanten af byen Vorbasse. Her er der blot 2 varmepumper på nettet, og der er særlige undergrundsforhold, med en ganske intens grundvandsstrømning. Her er der monteret Kamstrup målepakker svarende til målerne i husene i Tune. Man kan derfor tjekke temperaturen fra termonettet og beregne virkningsgrader.

Måling mellem varmepumpen og centralvarmeanlægget er kun muligt på ét af de etablerede termonet. I Silkeborg er der to energimålere på den varme side af varmepumpen. Her måles henholdsvis varme til rumopvarmning på den ene måler og varme til varmt brugsvand på den

anden måler. Der er også en elmåler, som måler strømforbruget på varmepumpen i alle 15 huse i Silkeborg (undtagen i et enkelt af husene). Det er derfor muligt at bestemme virkningsgrader for 14 ud af 15 varmepumper og skelne mellem forbrug til henholdsvis rumvarme og varmt brugsvand. Der er kun tale om nye huse, der er relativt velisolerede.

Selvom der er etableret adgang til data fra de termonet, hvor der i dag er monteret måleudstyr, er det en svaghed at ingen af disse termonet kombinerer opvarmning og køling. GeoDrilling har derfor fremskyndet en forretningsidé om at etablere 25 års garanti på individuelle lodrette jordvarmeboringer, under forudsætning af at der monteres en målerpakke og at data må stilles til rådighed for forskning. Kunderne har taget overraskende godt imod initiativet. Således er der solgt 8 målerpakker, der alle er monteret i projektperioden. Mindst tre af disse huse anvender deres lodrette jordvarmeboringer til både opvarmning og køling, hvorfor det bliver muligt at regne virkningsgrad på både opvarmning og passiv køling. Disse data er tilgængelige for forskning i regi af foreningen Termonet Danmark

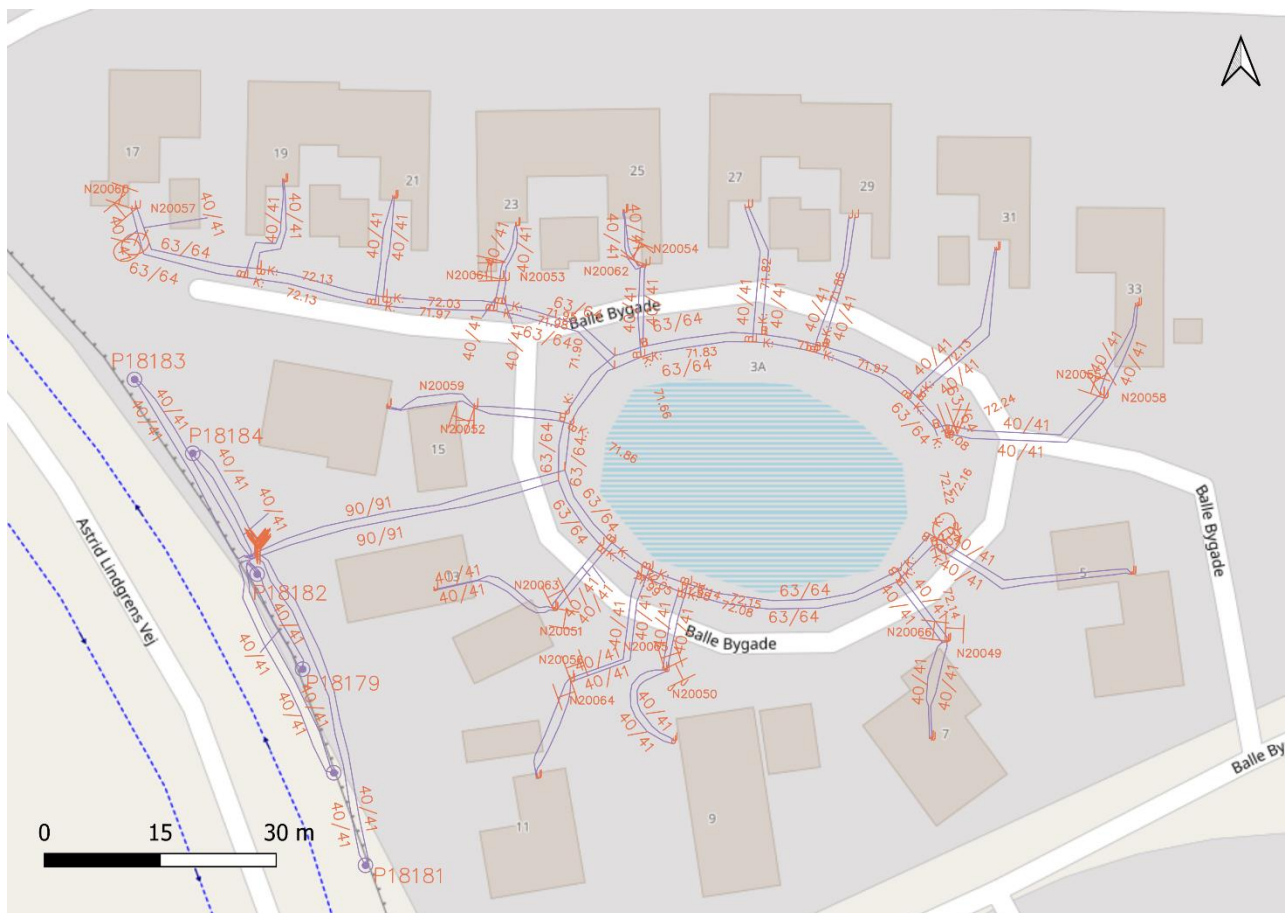
Endelig råder GeoDrilling over data tilbage fra 2015, der er indhentet fra 10 forskellige anlæg i Danmark. Disse data er alle fra individuelle anlæg, men måles med almindelige fjernvarmemålere, hvor man ikke kan være sikker på at energimængden beregnes rigtigt. Her hjemtages flow, samt frem- og returløbstemperatur i en opløsning, hvor der sker målinger hvert minut. Fordelen ved disse data er den høje opløsning og lange driftsperiode.

I COOLGEOHEAT-projektet valgte man at fokusere på dataindsamlingen fra Silkeborg. Det viste sig nemlig at alle varmepumper var koblet til internettet, at og der var lagret data i skyen hos Thermia, der også var partner i projektet. Efter at have indhentet tilladelse, fik projektet adgang til historiske driftsdata fra varmepumperne. Disse inkluderede temperaturmålinger på den kolde side af varmepumpen, hvilket gjorde dataene fra Silkeborg langt mere relevante og interessante for projektet. Termonettet i Silkeborg og de tilhørende driftsdata beskrives i det følgende.

Termonettet på Balle Bygade, Silkeborg

Topologi og varmekilder

Termonettet på Balle Bygade i Silkeborg består af ca. 1340 m uisolerede PE frem-, retur- og forbrugertilslutningsrør med dimensionerne Ø40, Ø50, Ø63 og Ø90 mm. Termonettet forbinder seks 120 m lange borehulsvarmevekslere (BHE) med individuelle brine-til-vand varmepumper i 15 parcelhuse (Figur 2).



Figur 2. Termonettet på Ballegaarde i Silkeborg med de 15 tilsluttede forbrugere. Ballegaarde, 9 er det eksisterende, ældre hus fra 1979.

De lukkede geotermiske borer er placeret i en støjvold og forbundet til en manifold med ekspansionsbeholder i et centralt mandehul, hvorfra brinen strømmer til og fra den indre ring med hovedledninger til frem- og returløb (lilla ringe, der omslutter etiketten "10a" i Figur **Fejl! Henvisningskilde ikke fundet.**). Den centrale fordelingsring forbinder direkte til 11 af husene, mens de 4 resterende huse (Ballegaarde 17, 19, 21 og 23) er forbundet til en ekstra gren af hovedledninger. Der er ingen central brinepumpe, og strømmingen på termonettet sker alene ved brinecirkulationspumperne i de enkelte varmepumper.

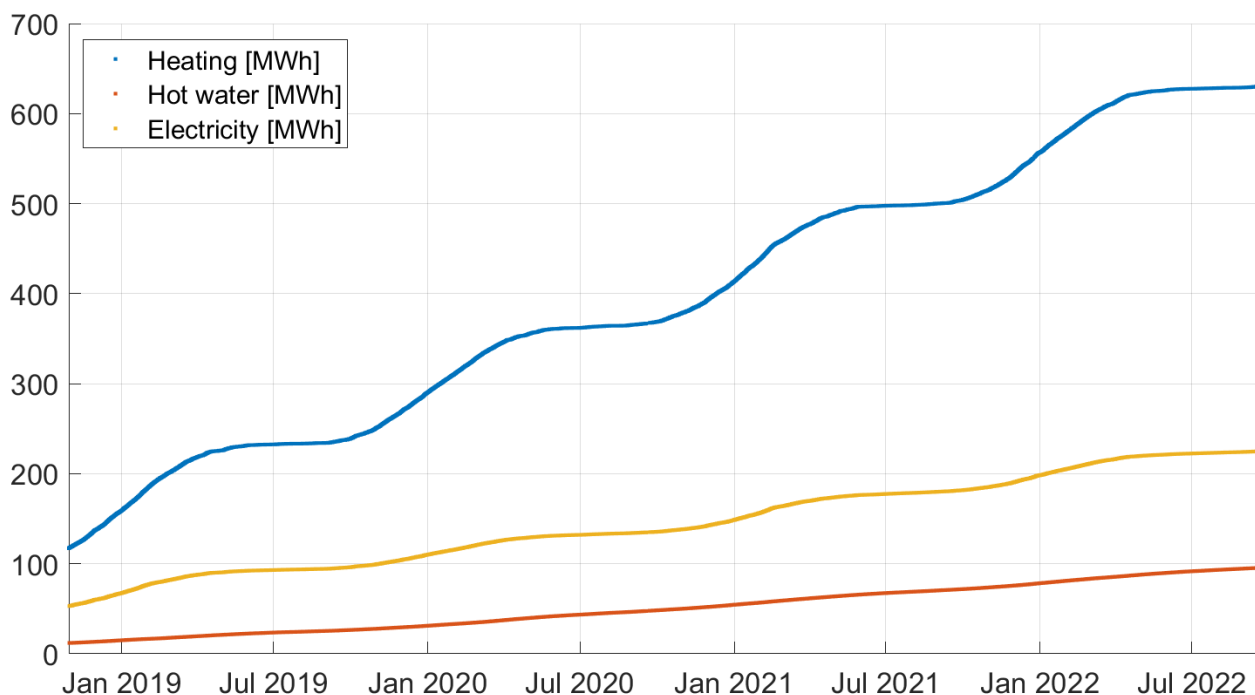
Der er udført Termisk Respons Test (TRT) på en enkelt boring med henblik på at bestemme jordens varmeledningsevne og den termiske modstand af borehullet. Disse parametre gør det muligt at bestemme det samlede antal boremeter, der skal til for at kunne levere varmeenergien i husene. Den estimerede gennemsnitlige varmeledningsevne langs boringen er 2,36 W/m/K og borehulsmodstanden er 0,12 K/m/W. På den baggrund, blev borefeltet dimensioneret til 6 borer med en længde på 120 m (720 boremeter i alt).

Varmeforbrug og driftsdata

Et enkelt hus er fra 1979, mens de resterende 14 boliger blev opført i 2017. De 15 huse har et samlet opvarmet areal på 1976 m² eller ca. 130 m²/hus. Hver husstand har en Thermia Diplomat Optimum G3 brine-til-vand varmepumpe med en nominel effekt på 6 kW. Det ældre parcelhus fra 1979 har den samme varmepumpe men med en effekt på 10 kW.

Driftsdata fra de enkelte varmepumper registreres på platformen "Thermia Online". Hvert hus har en separat elmåler til måling af varmepumpens elforbrug. Desuden registrerer energimålere rumopvarmning og varmt brugsvandsforbrug separat. Termonettet anvendes ikke til køling eller sæsonvarmelagring. Den målte årlige COP er 3,3.

Varmemålinger samt måling af elforbruget til varmepumperne foreligger på timebasis. Det samlede el og varmeforbrug på nettet er vist nedenfor. Bemærk der er opsamlet data fra marts 2018, men af fortrolighedshensyn vises her kun det samlede varmeforbrug for de 15 husstande der er tilkoblet termonettet (Figur 3).

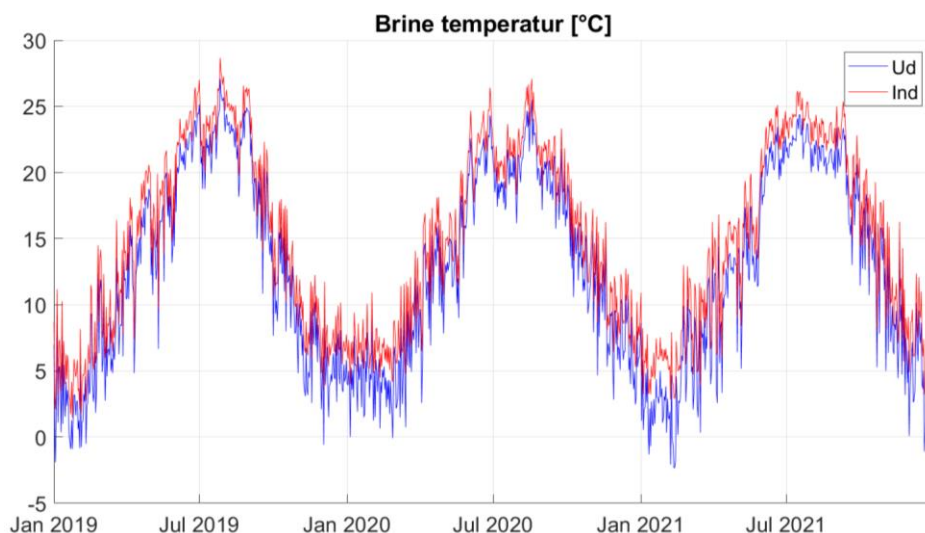


Figur 3. Summeret varmeforbrug fordelt på varmt brugsvand og rumvarme. Varmepumpernes elforbrug er også vist.

Driftsdata fra varmepumperne opsamles med få minutters mellemrum, men ikke med en fast opsamlingsfrekvens. De opsamlede data aggregeres til timeniveau, så de bliver samtidige med varmemålingerne og kan sammenholdes med disse i analyser og modelarbejde.

Varmeforbruget i de nybyggede huse er ca. 10 MWh per år, hvilket overstiger de forventede 8 MWh, der nævnes i projektets slutrapport og som er baseret på energirammeberegninger. Det er uklart hvorfor der er denne afvigelse men det er ikke usædvanligt at varmeforbrugsberegninger er for optimistiske, på samme måde som at nye huse er designet til ikke at have et kølebehov. Dette er tydeligvis ikke i tråd med virkeligheden.

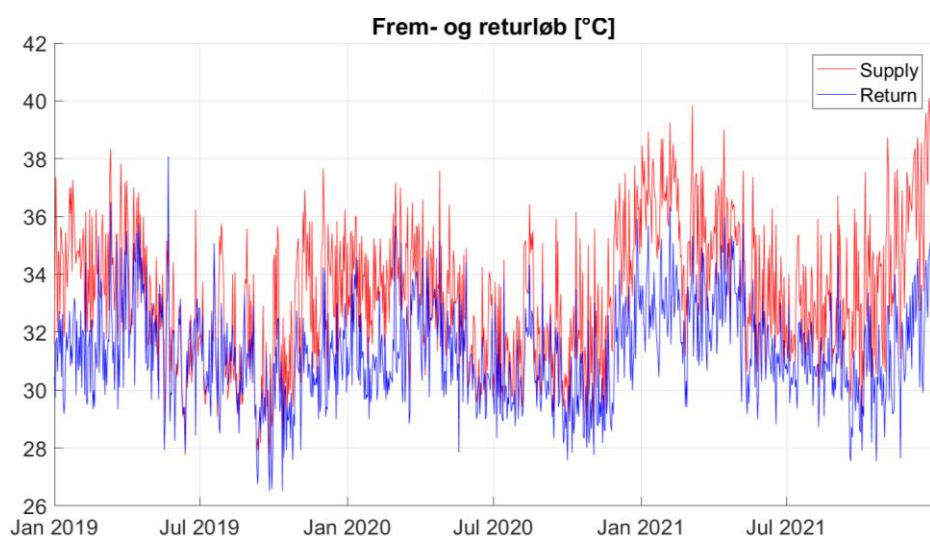
Nedenfor er vist de gennemsnitlige brinetemperaturer på den kolde side af varmepumperne (Figur 4).



Figur 4. De gennemsnitlige brinetemperaturer til og fra varmepumperne på Balle Bygade i Silkeborg.

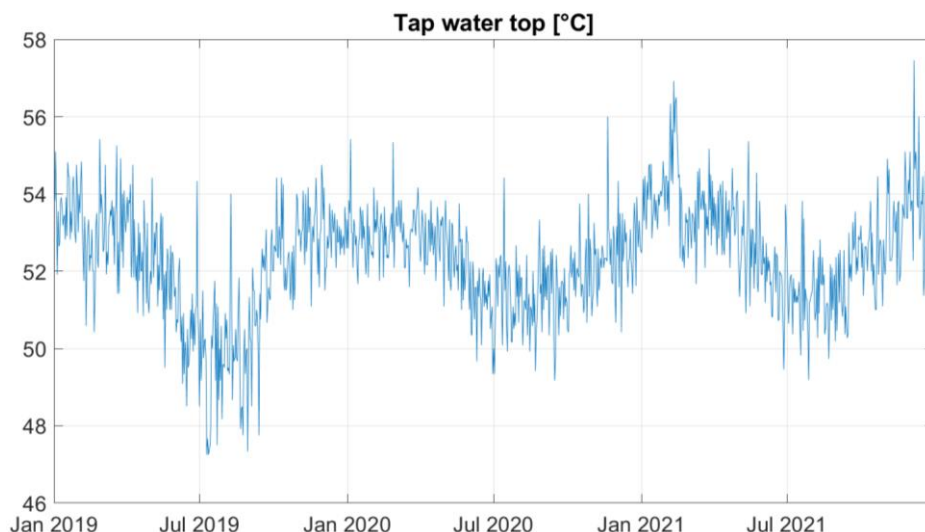
Brinetemperaturerne på indløbet til varmepumperne er overvejende ganske fornuftige med et minimum på et par grader i de koldeste vintermåneder men ofte højere. Termonettet fremstår veldimensioneret med gode arbejdsbetingelser for varmepumperne.

Termonettets varmepumper leverer rumvarme primært via gulvvarmesystemet i husene. Fremløbet hertil ligger derfor i intervallet 32-40°C i vintermånederne (Figur 5), der styres ud fra forbrugernes ønskede rumtemperatur, der typisk ligger på 22°C.



Figur 5. Gennemsnitlig, frem- og returløbstemperatur på den varme side af varmepumperne på Balle Bygade i Silkeborg.

Termonettet leverer også varmt brugsvand til forbrugerne. Temperaturen heraf varierer mellem 47 og 58°C med de højeste temperaturer i vintermånederne (Figur 6).



Figur 6. Gennemsnitlig temperatur af det varme brugsvand fra varmepumperne på Balle Bygade i Silkeborg.

For de i alt knap 5 år termonettet har været i drift har det leveret alt det varme brugsvand og rumvarme som forbrugerne har efterspurgt. Brinetemperaturerne viser at termonettet er veldimensioneret med gode arbejdsbetingelser for varmepumperne. Det er således uklart, hvorfor virkningsgraden på varmepumperne ikke er højere givet disse betingelser. Virkningsgraden er dog stadig væsentligt højere end hvad der kan opnås med en individuel luft-vandvarmepumpe.

Forbrugeroplevelsen

Morgenavisen Jyllands-Posten bragte den 1. september 2017 en artikel, hvor forbrugeren Jesper Ahrenholt blev interviewet om sine oplevelser med termonettet i Silkeborg. Jesper Ahrenholt udtaler følgende (citat) "Silkeborg forsyning står for service på varmepumpen – hvis den går i stykker, er det dem, der har ansvaret så jeg har ingen uforudsete udgifter. Hvis det var mit eget anlæg skulle jeg jo selv bekoste en eventuel reparation. Jeg forventer heller ikke, at jeg skal gå og skrue og regulere på det hele tiden. Jeg har egentligt intet at gøre med jordvarmen ud over at jeg betaler det det koster i varme". Jesper Arnholt udtaler videre om brine-vandvarmepumpen: "... der er ikke noget støj fra det. Vi er på ingen måde generet af det.". Selvom det er anekdotisk, antyder citaterne, at forbrugeren værdsætter de lave støjniveauer og bekvemmeligheden ved ikke at eje, servicere og regulere varmepumpen ud over forudsigelige omkostninger, uden uforudsete udgifter. Der er her tale om fordele, der normalt forbindes med traditionel fjernvarme, hvilket indikerer, at den optimale forretningsmodel for termonet skal kunne levere bekvemmelighed, lavt støjniveau og forudsigelige omkostninger. Der skal foretages yderligere undersøgelser for at vurdere den generelle mening blandt forbrugerne.