

Datacentre og energisystemet

Der er adskillige muligheder – men også barrierer – for at udnytte varmen fra datacentre i den danske varmeforsyning.

Af Stig Libori, Lektor på Fredericia Maskinmesterskole, Cand.Polyt, PhD

Vi har i de seneste årtier set en markant forøget mængde databehandling på datacenterniveau. Danmark har nu flere hyperscale datacentre, og flere er sandsynligvis på vej. Datacentre har et betydeligt energiforbrug, som i princippet kan udnyttes til varmeproduktion i for eksempel fjernvarmesystemet. I praksis har det dog vist sig vanskeligt at få udnyttet varmen fra datacentrene i vores varmeforsyningssektor. Her vil jeg se på, hvilke muligheder, der er, men også identificere mulige barrierer for en klimavenlig udnyttelse af datacentres varmeproduktion til opvarmning af den danske bygningsmasse.

Jeg vil følge opdelingen af datacentre, der er foreslået af energistyrelsen og COWI i (1). Når det gælder varmesystemet, vil jeg skelne mellem fjernvarme, mindre fjernvarmesystemer og termonet. For at sikre en logisk fremstilling vil jeg starte med de små enheder: Mikrodatacentre og termonet – og arbejde mig fremad mod hyperscale

datacentre og fjernvarmesystemer. Kølemæssigt vil jeg skelne mellem luftkølede og væskekølede mikroprocessorer uden at skelne mellem de forskellige metoder til væskekøling, idet mit fokus ligger på muligheden for udnyttelse af varmen til bygningsopvarmning.

Ifølge (1) forventes datacentrene i Danmark at have et maksimalt effektbehov på 1250 MW og et samlet energiforbrug på 10.000 GWh (36.000 TJ) i 2030. Det betyder, at datacentrenes årlige energiforbrug vil svare til næsten 32 procent af det årlige fjernvarme-forbrug i Danmark i 2021, hvilket var på 112.617 TJ (2). Datacentrene har således et stort potentiale som leverandører af varme til bygninger.

Urbane/mikro/edge-datacentre og termonet

Ifølge (1) er det vanskeligt at udnytte varmen fra meget små datacentre. De skriver om udnyttelsen af overskudsvarmen: »Potentielt muligt, men vil ofte være for små«. Nu er rapporten fra før krigen i Ukraine, som jo via forsyningsproblematikker har skabt en markant interesse for at få boligopvarmningen væk fra fossile brændsler.

Blandt andet ser vi lige nu en markant interesse for kollektiv varmeforsyning ved hjælp af termonet. I skrivende stund er der 12 fungerende termonet i Danmark, ligesom der er 150 'medlemmer' på termonet.dk – herunder en del forsyningselskaber og energivirksomheder (3).

Termonet er i udgangspunktet en slags kollektivt jordvarmeanlæg, hvor der typisk placeres varmepumper på de enkelte matrikler, mens jordvarmeslangerne er en fælles varmeforsyningskilde. Det er en interessant varmeforsyningsmetode, fordi små varmeforsyningskilder kan køles via jordslangerne. Ud over små datacentre kan det være lokale butikker, transformatorer eller sågar køling af drikkevand og/eller spildevand. I et enkelt projekt har man opsamlet varme fra regnvand, der trænger gennem klimaasfalt (permeabel asfalt).

Jordslangerne er en betydelig del af investeringsudgiften ved termonet. Mikro-datacentre kan være med til at betale denne udgift mod at få lov at udnytte jordslangerne til køling. Muligheden er interessant, fordi et meget stort antal landsbyer forventes at få besked om, at der desværre ikke kan

udbygges med fjernvarme i deres landsby, så der er et betydeligt potentiale for termonet.

Så længe overskudsvarmen fra datacenteret ikke dækker mere end grundlastvarmebehovet i landsbyen, er der mindre risiko for, at varmen fra datacenteret føres bort af højt-flydende grundvand – ligesom denne risiko mindskes af, at jordslangerne vil dække et større sammenhængende område, fordi landsbyen deler jordslangerne.

Udbygges der ikke med termonet, vil alternativet ude i landsbyerne ofte være individuelle luft-vand-varmepumper. Sammenlignet med varmepumperne til termonet støjer luft-vand varmepumperne mere, og de bruger mere strøm, når det er koldt. Dette dels fordi, deres 'sædvanlige' COP falder kraftigt, når det er koldt, men også fordi man så vil bruge el på at forhindre tilisning af kølefladerne. I nogle landsbyer vil peak-elforbruget med mange luft-vand varmepumper kunne overstige det lokale elnets kapacitet. Især når der med tiden desuden kommer flere elbiler, som også bruger mere el om vinteren. Termonet kan derfor i nogle landsbyer vise sig at være den eneste realistiske varmeforsyning på længere sigt.

Jeg finder ingen datacenter-medlemmer inde på termonet.dk's hjemmeside, hvilket illustrerer, at der er et behov for at få en større dialog mellem datacentre og termonet-interessenter – hvilket selvsagt også kan opfattes som en markedsmulighed for aktører med ønske om at opstille små datacentre i landsbyer.

Juridisk falder termonet i øjeblikket 'mellem to stole', fordi det er en hybridløsning mellem individuelle og kollektive anlæg. Politisk kan man med fordel overveje, om der er et behov for at få tilpasset varmeforsyningslovens §2, så termonet inkluderes som et kollektivt forsyningsanlæg (4). Det ville for eksempel muliggøre, at eksisterende fjernvarmeselskaber ejer og driver termonetsystemer, ligesom det ville muliggøre kommunale lånegarantier til anlæggene.

Termonet skiller sig ud ved, at der ofte er et stort lokalt engagement omkring dem, hvor man identificerer lokale varmekilder og finder på kreative løsninger – for eksempel varme fra tørkølere, når luften er varmere end jordvæsken. Har landsbyen først fået etableret et termonet, har den et 'salgsargument' i forhold til at tiltrække erhverv med kølebehov. På den led kan mikrodatacentre være en del af en lokal udviklingsproces. Men man skal som datacenter omvendt have lyst til at være part i sådan en udviklingsproces, som måske kan være mindre strømlinet end samarbejdet med offentlige myndigheder. Der er stadig lidt 'græsrodsbevægelse' over termonet, men potentialet er så stort, at man nok får strømlinet processerne med tiden?

Det bemærkes at små datacentre i landsbyer kan være en del af 'edge-computing'-koncepter, fordi det peger mod decentraliserede datacentre. Omvendt kan et underdimensioneret elnet være en problematik i mindre landsbyer, så det nogle gange især vil være datacentre med mulighed for at sænke elforbruget i 'kogespidsen', som vil være mest interessante, hvis elnettet er hårdt belastet i landsbyen.

Det samlede potentiale for termonet kendes ikke. Varmeplan Danmark 2021 anbefaler en udbygning med fjernvarme til områder med en energitæthed på mindst 10 kWh/m²

og noterer, at 70 procent af bygningsmassen så kan få fjernvarme, idet de antager 100 procent tilslutning (5). Det betyder, at omkring 30 procent af boligmassen stadig vil stå med valget mellem individuel varmeforsyning versus anden kollektiv varmeforsyning end fjernvarme.

Mindre fjernvarmeområder og enterprise/co-location-datacentre

Går vi lidt op i enhedsstørrelse, har energivirkningsomheden E.ON Danmark på baggrund af data fra Aalborg Universitet 'screenet' Sjælland for egnede landsbyer til mindre fjernvarmesystemer baseret på en centralt placeret varmepumpe. Af hensyn til energitætheden interesserer de sig kun for landsbyer, hvor der potentielt er mindst 500 tilsluttede boliger – hvilket vel må opfattes som en slags minimumstørrelse på et fjernvarmesystem baseret på varmt vand, hvis det skal være økonomisk rentabelt. De har identificeret 160 interessante landsbyer, som jo må svare til mere end 80.000 boliger (5).

Da landsbyerne er lidt større, kan det potentielt have interesse for lidt større datacentre. Omvendt kan denne mulighed være begrænset af, at både co-location- og enterprise-datacentre har restriktioner på, hvor de ønsker at placere sig. Men for databranchen er det måske værd at vide, at placeringen ved et mindre fjernvarmesystem synes mest lovende, hvis der er tale om væskekølede processorer, fordi køletemperaturer så er så høje, at det lettere integreres med fjernvarmesystemet. Det gælder især ved lavtemperatur-fjernvarmesystemer, som især vil handle om nyere udstykninger. Om udnyttelsen af overskudsvarmen fra mellemstore datacentre skriver (1): 'God mulighed for udnyttelse af overskudsvarme afhængigt af type kølesystem.'

Co-location- og enterprise-datacentre vil i dag ofte være placeret ved større byområder. Her vil mulighederne for udnyttelse af overskudsvarme også afhænge af det konkrete kølesystem, ligesom de konkrete forhold ved det lokale fjernvarmenet kan være afgørende.

Det er min opfattelse, at co-location- og enterprise-datacentre ofte vil have svært ved at få udnyttet deres produktion af overskudsvarme, men at det for flere centre kan blive lettere, når de med tiden skifter til væskekøling af processorerne på grund af et stigende behov for databehandling, hvilket medfører en øget energitæthed i datacentre.

Mikroskala-datacentre er også en mulighed i små fjernvarmesystemer, men de er mest interessante, hvis deres samlede kølebehov 'batter noget' i relation til systemets behov – eller alternativt at de er lette at integrere i fjernvarmesystemet, eksempelvis fordi de er væskekølede og placeret lige ved et muligt tilslutningspunkt.

Hyperscale-datacentre og større fjernvarmesystemer

På trods af det betydelige potentiale leverede kun et af Danmarks hyperscale-datacentre fjernvarme i midten af 2022 (7). Det kostede 135 millioner kroner, da Fjernvarme Fyn installerede varmepumper, så Metas (Facebooks) hyperscale-datacenter kunne levere fjernvarme til fynboer- ▶

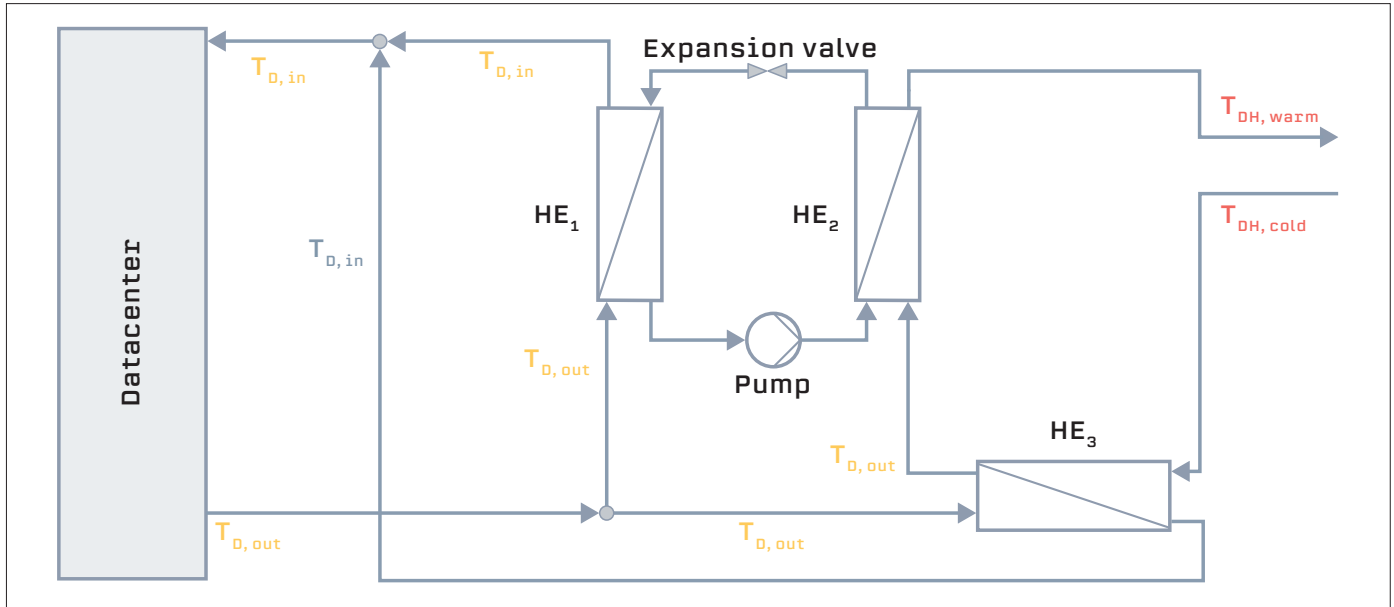


Illustration 1: Simplificeret varmepumpe og varmeveksler til køling af væskekølet datacenter

ne. Nu udvides anlægget, hvilket forventes at koste yderligere 130 millioner kroner (8). Det oplyses i artiklen, at den 'nye' investering kan levere 20 MW varme på 70 grader »ude hos forbrugerne«, mens (9) oplyser, at det oprindelige anlæg kan levere 25 MW varme.

Det fremgår af (7), at en del af problemet er placeringen: »I et land som Danmark virker det helt tosset, at man ikke får placeret de her datacentre, så man kan udnytte den spildvarme, der kommer ud af det. Det kunne give fjernvarme til tusindvis af husstande, siger Søren Dyck-Madsen, der er seniorkonsulent i tænketanken Concito.»

Placeringsproblemet går også igen, da Ingeniøren spørger ind til, hvorfor Microsofts nye hyperscale datacentre i Roskilde samt Køge ikke kobles på fjernvarmen: »I Roskilde kommune bygges datacentret i Gadstrup, og det bliver ikke opkoblet fjernvarmenettet, blandt andet fordi der simpelthen ikke er den nødvendige fjernvarme infrastruktur. Ifølge Jens Daniel Thornsen, Erhvervschef i Roskilde kommune, var det heller ikke muligt for Microsoft at blive placeret andre steder i kommunen, fordi der ikke er en anden stor erhvervsgrund.« (10)

Placeringen er dog kun delvist årsagen til, at det i Høje-Taastrup lykkedes at få Microsoft til at tilslutte det kommende hyperscale-datacenter til fjernvarmesystemet ifølge (10): »Vi sagde til Microsoft, at de måtte finde en løsning på det, så overskudsvarmen kan udnyttes, og det har de så gjort,« siger Lars Christensen, Centerchef for Teknik og Miljø i Høje-Taastrup Kommune. Samt: »Derfor har dialogen med techgiganten taget udgangspunkt i krav til blandt andet udnyttelse af overskudsvarme, som Microsoft har været imødekommende over for. Desuden bygges datacentret i Høje-Taastrup i nærheden af fjernvarmenettet.«

Lars Christensen gør desuden opmærksom på, at man skal påbegynde debatten om fjernvarme med datacenterselskabet lige fra projektets begyndelse.

Størrelsen på hyperscale-centrene gør det altså svært at integrere dem med fjernvarmesystemet. Ifølge (1) er de end-

videre typisk adiabatisk kølede – altså med blæsere – som blæser luft ind i den ene ende af bygningen og suger det ud i den modsatte ende. Man tilsætter eventuelt forstøvet vand ved indblæsningen for at øge kølingen per kubikmeter luft, man kører gennem bygningen. (1) oplyser også, at hyperscale-centrene typisk placeres i 'landlige omgivelser', og at det er virksomheden selv, som står for byggeriet.

Tilsammen gør det udnyttelse af overskudsvarmen fra hyperscale datacentre mest realistisk, hvis de placeres i 'udkanten' af en storby i forbindelse med et velfungerende fjernvarmesystem og elnet. De store varmepumper fordyrer selvsagt udnyttelsen af varmen til fjernvarme – men nævnes ikke specifikt som problematisk. Varmepumpesystemet ved Metas oprindelige tilkobling på 25 MW kan ifølge (8) opvarme 6.900 boliger. Investeringen på 130 millioner svarer altså til cirka 19.000 kroner per husstand, hvilket ikke i sig selv er prohibitivt dyrt, blot varmen kan leveres billigt.

På baggrund af erfaringerne med, hvor svært det er at få hyperscale-centrene på fjernvarmenettet, kan man overveje, om det er hensigtsmæssigt, at forhandlingerne foregår mellem kommune og datacenter. Måske ville det være mere hensigtsmæssigt, hvis forhandlingerne foregår på statsligt niveau, hvor kommunerne så kan byde ind med egnede placeringer – underlagt et krav om, at placeringen skal være velegnet til at få udnyttet kølebehovet til fjernvarme.

Ifølge (11) er det ikke sandsynligt, at EU vil pålægge datacentre, at de skal udnytte overskudsvarmen, men det er sandsynligt, at kravene til, at man skal overveje og dokumentere mulighederne for udnyttelse af spildvarme vil øges. Det kunne tale for en mere aktiv og normativ proces for at få integreret datacentre i alle størrelser med varmeforsyningen.

Fordele ved væskekølede datacentre

Når man skal have integreret et datacenter med fjernvarme, går det lettere, hvis datacenteret er væskekølet. Oprindeligt var væskekølede computere noget ekstreme 'game-

re' gjorde i hjemmecomputerens ungdom for at kunne overclocke deres computere ekstra meget. Det danske firma Asetek drev dog udviklingen videre, og i dag findes deres vandkølingssystemer på adskillige supercomputere og universitetscomputere verden over. Aseteks system arbejder med rørføring direkte ved processorerne, hvorved en meget effektiv køling kan opnås, selv ved 60 grader varmt vand (efter kølingen): . »Det kan være meget interessant for integration med fjernvarmesystemet. Dels vil man i nogle fjernvarmesystemer ikke have behov for mere end 60 grader varmt vand, så man vil kunne bruge kølevandet direkte, uden varmepumpe (12).«

Men selv hvis man har returvand på 35 grader, som man gerne vil have opvarmet til eksempelvis 80 grader varmt fremløbsvand, giver det store fordele, som det ses af Illustration 1. I figuren er tab ignoreret, så man lettere kan følge temperaturerne rundt i systemet. Det opvarmede kølevand fra datacenteret har en temperatur TD, OUT – 60 grader i vores eksempel. Noget af kølevandet føres til varmeveksleren He3, hvor det via varmeveksleren forvarmer returvandet fra TDH, cold til TD, OUT (realistisk nok snarere til 59 grader). Derved er denne del af kølevandet fra datacenteret igen afkølet til temperaturen TD, IN og kan sendes tilbage for at køle i datacenteret.

Den del af det varme kølevand, som ikke blev sendt til varmeveksler He3, sendes til varmeveksleren i en varmepumpe (He1). Her afkøles vandet, så det også kan sendes tilbage for at køle i datacenteret. Varmen fra He2 pumpes op i temperatur af en pumpe, hvor det i en tredje varmeveksler (He2) afleverer sin varme til det fjernvarmevand, som blev forvarmet i varmeveksler He3. Derved opvarmes fjernvarmevandet yderligere, så det når den ønskede fjernvarmetemperatur (TDH, WARM – her 80 grader).

Det betyder besparelser på varmepumpen. Dels skal den ikke levere så meget varme til fjernvarmevandet, fordi det allerede er forvarmet i varmeveksleren (He3), dels betyder et mindre temperaturløft 'kun' fra 60 grader til 80 grader, at varmepumpen ikke skal arbejde så meget per energimængde, som den skal tilføre til vandet. Det giver en mindre og billigere varmepumpe, som også bruger langt mindre el, end hvis den skulle hente varme fra eksempelvis 30 grader varm luft fra datacenteret.

Teknologisk er en del af datacenterne på vej mod væskekøling. Dels fordi den stigende grad af billedbehandling samt kunstig intelligens er så datakrævende, at man naturligt får et behov for væskekøling for at kunne få kølet tilstrækkeligt. Googles TPU 3.0 er eksempelvis væskekølet (13). Bemærk, at de ikke skriver vandkølet: Google har en del patenter på processorer kølet direkte i en dielektrisk væske – en dielektrisk væske er en ikke-ledende væske, lidt på samme måde som dielektrikummet i en elektrisk kondensator ikke er elektrisk ledende. Jeg ved dog ikke, om Googles TPU 3.0 faktisk er kølet i en dielektrisk væske?

Man kan dog næppe forlade sig på, at alle datacenterne af sig selv bliver væskekølede, så integrationen med fjernvarmesystemet bliver markant lettere. Men politisk kan man naturligvis stimulere en udvikling i retning af at de datacentre, som placerer sig i Danmark, faktisk egner sig til at

samarbejde med vores veludbyggede kollektive opvarmningssystemer.

Billig el til datacenterne ved brug af systemintegration

Da datacentre bruger så meget el, er el naturligvis en væsentlig udgift for datacenterne. Det gør det naturligt at fokusere på, om der findes mulighed for at placere datacenterne på en måde, så de bruger færre penge på el?

De senere år er der sket en betydelig udvikling i de faktiske priser på el i Danmark. Dels er nettatarifferne ændret i retning af, at de i langt højere grad skal afspejle de faktiske omkostninger ved at få strømmen igennem elnettet. Det har betydet markant højere priser på transport af el i 'koge-spidsen'. Priserne på el forventes også at fluktuere mere, efterhånden som en større andel af elproduktionen foregår med fluktuierende kilder (vindmøller og solceller). Endelig må det forventes, at elafgifterne på et tidspunkt omlægges til klimaatgifter, så de kommer til at 'forstærke' prisudsvingene på el.

Også for elproducenterne er der stærkt forøgede indfødningsstariffer, som afspejler Energinets omkostninger til udbygningen af elnettet. Man kan finde tal for de aktuelle tariffer for både forbrugere og producenter i (14). For datacentre gør tariffsystemet det meget interessant at undgå det dyre strømforbrug, hvis man kan.

Her har datacenterne dog nogle potentielle allierede. Man kan få inspiration til tankegangen ved at læse et ind- ▶

www.multikoel.dk
www.datacentergruppen.dk



VARMEPUMPELØSNINGER TIL ET HVERT BEHOV

ENERGI-OPTIMERING I INDUSTRIEN

Multi Køl & Energi er din professionelle samarbejdspartner inden for Køl, Klima, Frost, Varmepumper og VGV.

Vi leverer projektering og installering af varmepumper til industrien og varmesektoren.

Kontakt os i dag og få en snak med en af vores salgssingeniører.



multi | køl | energi

Rådgivning | Projektering | Salg | Service

AARHUS Tlf. 8747 7000	KØBENHAVN Tlf. 4460 0200	KOLDING Tlf. 7025 2777	GRENAÅ Tlf. 8747 7000	HOLSTEBRO Tlf. 9742 7057
--------------------------	-----------------------------	---------------------------	--------------------------	-----------------------------



læg om PtX, som Energinet selv har publiceret (15). Den grundlæggende idé er, at hvis en stor elforbruger – i rapporten et elektrolyseanlæg, men det kunne også være et datacenter – gerne vil spare på nettarifene på elforbruget, kan man placere sig sammen med for eksempel en vindmøllepark, så man kan få noget af strømmen direkte fra vindmøllerne uden nettarif.

Siden rapporten blev skrevet, er indfødningsstarifferne for elproducerende anlæg skudt i vejret, så nu kan vindmølleparken eller solcelleanlægget begge spare på det: Hvis man allerede under opførelsen af vindmølleparken ved, at eksempelvis et datacenter på matriklen stort set altid kan aftage eksempelvis 50 MW, kan man i princippet spare indfødningsstarif for de 50 MW, når parken tilsluttes elnettet.

De nye tarifysystemer lægger derfor i høj grad op til, at datacentre med fordel kan forsøge at få samarbejder i stand med vindmølle- og solcelleopstillere. Det vil dog medføre et problem i relation til at få udnyttet overskudsvarmen til fjernvarme. Så skal vi være lidt realistiske omkring udnyttelse af overskudsvarmen fra datacentre til kollektiv varmforsyning, kræver det nok, at vi får udviklet "Intercity-fjernvarme" langs det overordnede vejnet og elnetets transmissionsnet. Heldigvis følger de to hinanden ret godt, da de begge er beregnet til at transportere noget mellem de store byer.

Flere spændende perspektiver

Gennemgangen har vist nogle interessante resultater: Små datacentres overskudsvarme udnyttes mest realistisk i termonet. Der er en meget stor interesse for alternative kollektive varmforsyninger i landsbyer, som er for små til fjernvarmesystemer, så små datacentre og små landsbyer burde kunne finde hinanden. Til en begyndelse skal interesserede folk fra datacentersiden nok melde sig ind i Termonet Danmark, så parterne kan finde hinanden. Det er et samarbejde, hvor man skal tænke i mange bække små, men totalt set handler det nok om mange potentielle termonet. Men politisk bør man overveje, om varmforsyningslovens §2 skal ændres, så

termonet kommer med i definitionen på et kollektivt varmforsyningssystem? Dels da fjernvarmforsyningen så kan drive dem, og dels så der kan stilles kommunale lånegarantier for investeringerne.

For de lidt større byer har energivirkomheden E.ON. peget på, at der findes muligheder for fjernvarme med en central varmepumpe i 160 byer i Østdanmark med mindst 500 huse. Her skal datacentre nok være lidt større og meget gerne væskekølede, hvis parterne skal få et succesfuldt samarbejde. Da E.ON også er interesseret i Termonet, kan man eksempelvis få kontakt med dem ad den vej.

Når vi taler om de helt store datacentre, blev der identificeret problematikker vedrørende selve forhandlingsprocessen samt placeringen af datacentre. Der er for få hyperscale datacentre, som leverer fjernvarme i den virkelige verden. Selve forhandlingsforløbet mellem kommune og datacenter synes at være en del af problematikken. Man kan overveje, om forhandlingerne ville ligge bedre i overkommunalt regi, ligesom man kan overveje, om der bør stilles mere normative krav til datacentre.

Normative krav om fjernvarme kunne for eksempel øge presset for, at datacentre placeres og opbygges på en måde, som fremmer samarbejdet mellem datacentre og fjernvarmesystemer. Væskekølede datacentre vil i sig selv styrke det samarbejde – og vil derfor relativt set fremmes af normative krav om fjernvarme. Omvendt vil de betydelige og stigende eludgifter til datacentre og på samme tid øge datacentrenes lyst til at placere sig væk fra byerne for i stedet at placere sig sammen med vindmølle- og solcelleparker. Skal vi som samfund håndtere den udvikling, bør vi overveje "intercity-fjernvarme" mellem de større byer, som følger det overordnede vejnet, samt det elektriske transmissionsnet.

Kilder

1. Udviklingen af datacentre og deres indvirkning på energisystemet; januar 2021, COWI for Energistyrelsen: https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Basisfremskrivning/cowi_udviklingen_for_datacentre_og_deres_indvirkning_paa_energisystemet.pdf
2. Energistatistik 2021; december 2022; Energistyrelsen: <https://ens.dk/sites/ens.dk/files/Statistik/energistatistik2021.pdf>

3. <https://termonet.dk/>
4. <https://www.retsinformation.dk/eli/ta/2020/1215>
5. Varmeplan Danmark 2021 – En Klimaneutral Varmeforsyning; 2021; Aalborg Universitet; Mathiesen, Brian Vad; Lund, Henrik; Nielsen, Steffen; Sorknæs, Peter; Morena, Diana Thellufsen, Jakob Zinck: https://vbn.aau.dk/ws/portalfiles/portal/449742535/Varmeplan_Danmark_2021_Hovedrapport.pdf
6. Landsbyer får fristende tilbud om eldreven fjernvarme; oktober 2022; Green Power Danmark; <https://greenpowerdenmark.dk/nyheder/landsbyer-faar-fristende-tilbud-om-eldreven-fjernvarme>
7. Techgiganters datacentre kan varme massevis af danske huse, men gør det ikke: 'Det er helt tosset'; 18. juni 2022; DR; Nisgaard, Allan; Mirzaei-Fard, Marcel; Moltke, Henrik: <https://www.dr.dk/nyheder/viden/teknologi/techgiganters-datacentre-kan-varme-massevis-af-danske-huse-men-goer-det-ikke>
8. Fjernvarme Fyn udvider ved Facebook: 12.000 fynboer kan få grøn varme; 03. marts 2020; Fyns.dk; Christiansen, Jakob Haugaard: <https://fyens.dk/erhverv/fjernvarme-fyn-udvider-ved-facebook-12-000-fynboer-kan-faa-groen-varme>
9. Facebook unveils 'hyperscale' district heat system at Danish data centre; 09. juli 2020; Euroheat & Power; <https://www.euroheat.org/resource/facebook-unveils-hyperscale-district-heat-system-at-danish-data-centre.html>; oprindeligt skrevet af Keating, Cecilia; 07. juli 2020 i Businessgreen: <https://www.businessgreen.com/news/4017483/facebook-unveils-hyperscale-district-heat-danish-centre>
10. Kun et ud af tre planlagte datacentre fra Microsoft bliver opkoblet fjernvarmenettet; 16. februar 2023; ing.dk; Nørskov, Simon Stokholm: <https://ing.dk/artikel/kun-et-ud-af-tre-planlagte-datacentre-fra-microsoft-bliver-opkoblet-fjernvarmenettet>
11. Will data centres be required to recover excess heat in the EU?; 4. januar 2023; Pedersen, Kristian Uldall Skov; Larsen, Cecilie; Ramboll: <https://ramboll.com/extract-heat-from-data-centers/will-data-centers-be-required-to-reuse-excess-heat>
12. Vandkøling af datacentre med professor i energiplanlægning Henrik Lund; 3 år gammel Youtube video: <https://www.youtube.com/watch?v=NA2u7wIPIJg#action=share>
13. When Air No Longer Cuts It: Inside Google's AI-Driven Shift to Liquid Cooling; 31. juli 2018; Sverdlik, Yevgeniy; DataCenter Knowledge: <https://www.datacenter-knowledge.com/google-alphabet/when-air-no-longer-cuts-it-inside-google-s-ai-driven-shift-liquid-cooling>
14. Energinets tariffer for el dækker omkostninger til drift, afskrivninger, finansiering og administration: <https://energinet.dk/el/elmarkedet/tariffer/aktuelle-tariffer/>
15. PtX i Danmark før 2030; April 2019, Energinet: <https://energinet.dk/om/publikationer/publikationer/rs-analyse-april-2019-ptx-i-danmark-foer-2030/>