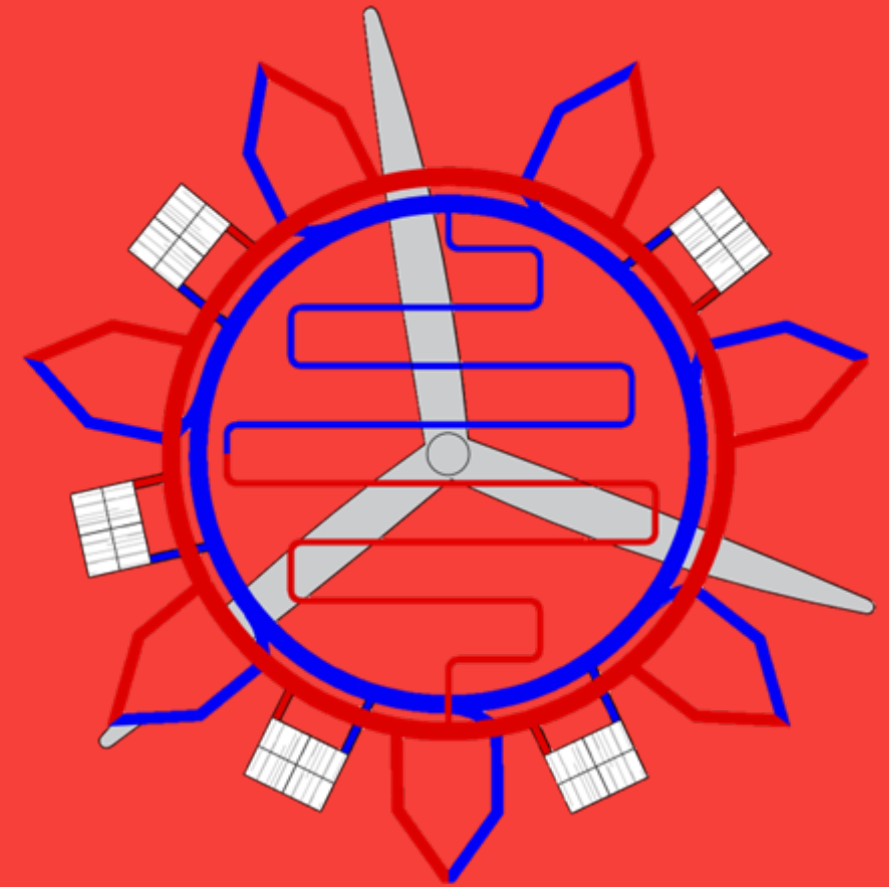


Vurdering af det fremtidige energiforbrug ved konvertering af bygningsopvarmning

Analyse af det fremtidige energiforbrug ved konvertering fra brændselsopvarmning til VE baseret opvarmning, med henholdsvis luft vand varmepumper og væske vand varmepumper, i forbindelse med oprettelsen af et energifællesskab



Indledning

Formålet med analysen er, at vise behovet for den tilførte energi i form af el, for 3 forskellige varmesystemer til rumopvarmning og varmt brugsvand. Beregningerne tager udgangspunkt i Rødvig. En by med 1.900 indbyggere og 1.244 bygninger, hvor bygningsmassen har et gennemsnitligt varmebehov på 17.252 MWh årligt.

Der sammenlignes imellem individuelle og kollektive luft vand varmepumper samt decentrale væske vand varmepumper forbundet i kollektivt jordvarmenet.

Beregningerne bidrager til vurderingen elforbruget i forbindelse med oprettelse af et energifællesskab, kombineret med konvertering af varmforsyning i den eksisterende bygningsmasse og den deraf affødte belastning af elnettet samt behov for etablering af VE anlæg. Beregningerne viser forskellen både i gennemsnitlige årsværdier og en spidslastsperiode i 2010

Det centralt opvarmede system er sammensat af en varmepumpe, der kan klare 68% af behovet og resten suppleres med elkedel og 100% gasgenerator. Dette valg er gjort ud fra økonomiske betragtninger, idet en 100% varmepumpeløsning eller supplement med et 35-100% biobrændselsanlæg, vil være så omkostningstungt, at projektet ikke er realiserbart.

Beregningerne på virkningsgrader af de enkelte systemer, tager udgangspunkt i henholdsvis lovkrav og COP tal fra de bedst ydende varmepumper, som sammenstilles med målinger fra anlæg, der har været i drift over en årrække og klimanormaler fra DMI.

Der er ikke regnet på potentialet for nye kombinationsmuligheder med eksempelvis PVT paneler, som er en kombineret solcelle og solfanger der øger årsnyttevirkningsgraden SCOP på væske vand varmepumper med 25%. PVT kan installeres både som individuelle løsninger og eller i PVT parker. Overskudsvarme fra PVT paneler, vil tilføre energi til jorden, når den ikke bruges direkte af væske vand varmepumpen. Der mangler stadig målinger som viser lagringseffekten af en øget jordtemperatur fra tilført overskudsvarme fra PVT, på horisontale jordslanger, men det vil især i starten og slutningen af fyringssæsonen være en positiv effekt.

Forudsætninger

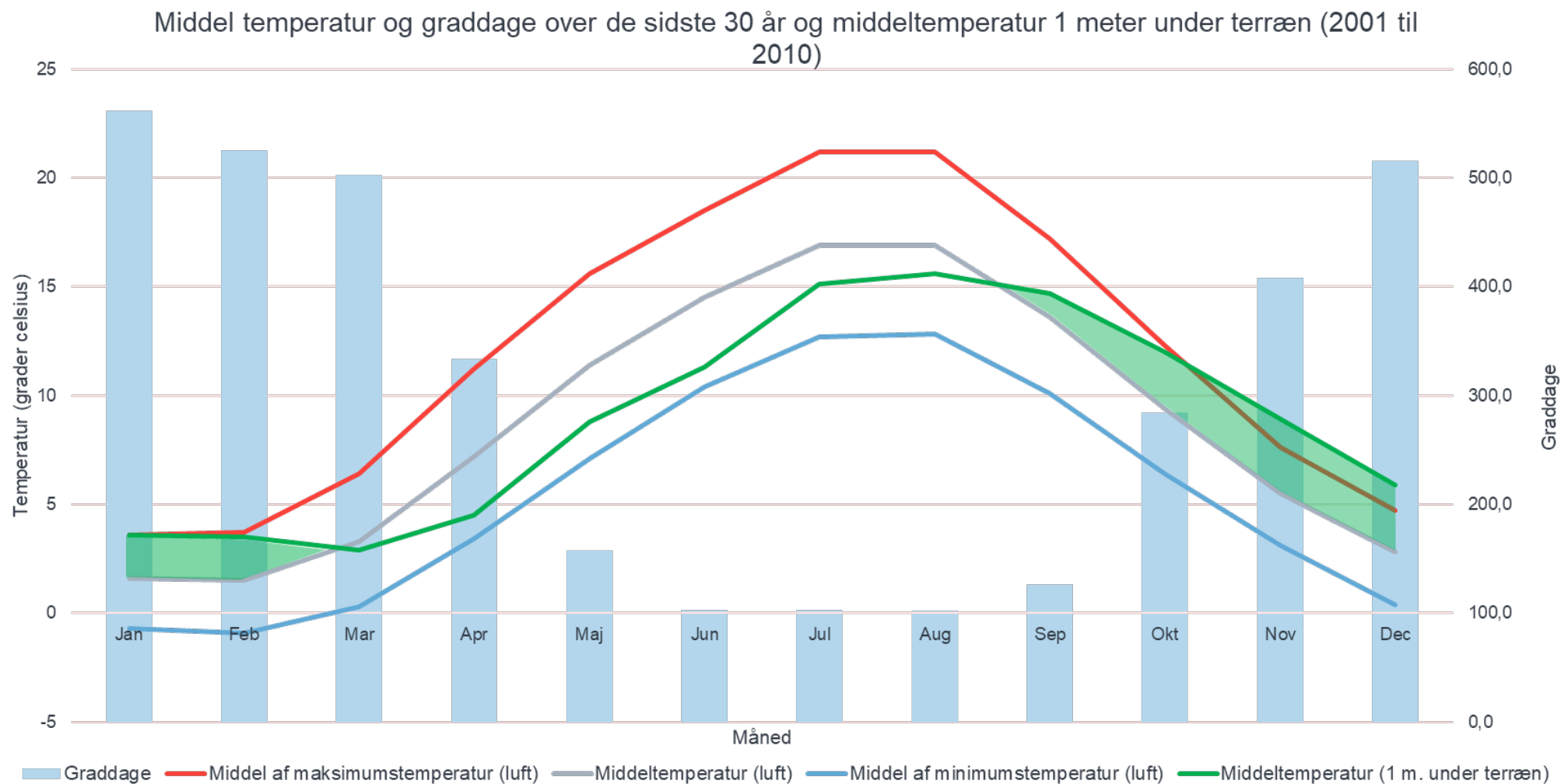
For yderligere indsigt i varmepumperne se bilag 2-3.

For yderligere indsigt i energioptimering ved brug af kollektiv jordvarme, læs baggrundsforklaring bilag 4-8.

- Denne udregning vil udelukkende tage udgangspunkt i et radiatorbåren systemer (uden gulvvarme), med fremløb på 55 grader for væske vand varmepumper og 65 grader på central luft vand varmepumpe. Den lavere radiator SCOP vælges pga. det er tale om konvertering af en ældre bygningsmasse.
- Analysen er baseret på en sammenligning mellem 5 luft vand og væske vand varmepumper fra forskellige producenter (varmepumpelisten fra energistyrelsen). Dimensioneret med en effektkapacitet på frekvensstyrede 12 kW hvilket giver større SCOP, mindre slitage og større fleksibilitet til intelligent styring.
- Der er den store centrale luft til vandvarmepumpe sat en minimums COP på 1,5, hvilket er det absolut bedste for en central luft til vand varmepumper. Spidsbelastning med Elkedel er forudsat have en nyttevirkning på 1. Denne benyttes kun når energifællesskabet leverer tilstrækkeligt med el eller der kan købes billig el. Når der ikke er el fra VE, vil gasgeneratoren sørge for varmeproduktionen og elproduktion til varmepumpen
- Varmepumpernes virkningsgrad afhænger af temperaturen på mediet, varmen hentes fra og temperaturen varmepumpen skal yde udregnet ved en lineær interpolering. Her tages udgangspunkt i middeltemperaturer fra DMI klimanormaler fra luft og 1 m under jordoverfladen over et år.
- Udregningerne medregner ikke eksterne varmekilder, så som overskudsvarme fra produktion. Derfor bliver den akkumulerende termiske lagring, fra f.eks. PVT, i jorden ikke medregnet.
- Beregningerne viser ikke fordelene af, at aktiv køl kan konverteres til eller kombineres med passiv køl

Kilde: Energistyrelsen beregning af SCOP

Klimanormal middeltemperaturer for luft og jord



Kilder: DMI (dansk meteorologisk institut)

For et luft vand system anvendes gennemsnits udendørs temperatur ud fra en klimanormal i de sidste 30 år.

For væske vand system anvendes gennemsnits jordtemperatur i 1 meters dybde fra 2001 til 2010 (DMI).

Jo flere graddage, der er i en måned, des større er faktoren på energiforbruget i temperaturspændet imellem kurverne

Scenarie med en central luft til vand varmepumpe med isoleret distributionsnet kontra decentrale væske vand varmepumper i Rødvig - én kold vinter uge samt et middelår

Spidslastscenariet har udgangspunkt i en 100% tilslutning og en temperatur på -23 grader, som det var tilfældet i uge 51 2010.

Med udgangspunkt i Rødvig, som case eksempel, sammenlignes et system bestående af central luft-til-vand varmepumpe. Elproduktion med planlagt lokal produceret VE kan dække cirka 50 % af elbehovet til en central varmepumpe. I tilfælde af max belastning vil det resterende behov blive dækket af en elkedel, der skal forsynes med ekstern el. Forventet tab i fjernvarmenettet er forudsat til 20%. Varmepumpen og elkedlen vil også have en akkumuleringstank for at sikre fleksibiliteten. Ved hel mangel på el fra VE benyttes gasgenerator til at lave varme og el til varmepumpen.

Rødvig har et spidslast effektbehov på 7.84 MW, man vil derfor dimensionere en central luft vand varmepumpe til 2,53 MW og resten vil køre på elkedel (3,92 MW). Samlet spidslast effekt er dermed: 6,45 MW.

På **1 uge** med max belastning, vil varmepumpen køre med laveste effekt (COP 1,5) og resten med elkedel. Vil det samlede energiforbrug i Rødvig den uge være 1.084 MWh.

Sammenlignet med det kollektive jordvarmeanlæg, hvor den effekt dækkes med decentrale væske-til-vand varmepumper med en COP på 3,5 (svarende til en brinetemperatur på -4). Spidslast effekt er 2,24 MW. Vil det samlede energiforbrug i Rødvig være 329 MWh, reelt vil det cirka være 279 MWh ud fra de faktisk målte minimums jordtemperaturer, der ligger på ca. 2 grader under klimanormalens middeltemperatur, ved en korrekt dimensionering.

Der skal derfor under spidslast bruges 330 % mere el, ved varmecentralen med luft-til-vand varmepumpe suppleret med elkedel og gasgenerator, sammenlignet med et kollektivt jordvarmeanlæg. Merforbruget kan omregnes til 3.775.000 kilometer kørt i en elbil ved 5 km/kWh svarer det til 130 biler kan pendle, et helt arbejdsår tur retur mellem Rødvig og København 5 dage om ugen.

En individuel luft vand varmepumpe vil udelukkende drifte på en elpatron, da nyttevirkningen er under 1. Dermed ville der i den uge have været et samlet elforbrug på 1.317 MWh.

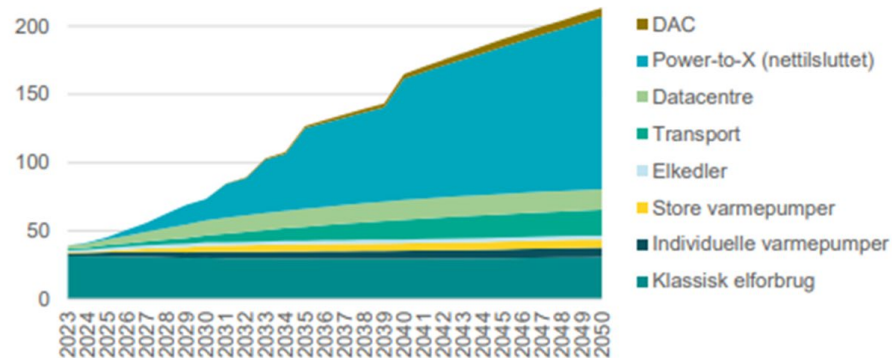
På et middel år er forskellen mellem den centrale og decentrale løsning på cirka 2.500 MWh, svarende til 425 elbiler kan pendle samme tur årligt

Det kan også omregnes til at, yderlige 560 standard huse kan opvarmes, med den samme energimængde årligt ud fra et middelår.

Centrale pointer

For yderligere indsigt i jordens termiske stabilitet se bilag 11-14.

- Decentrale løsninger medfører stor risikospredning og dermed høj forsyningsikkerhed.
- Der er ikke behov for backup systemer, til de decentrale løsninger
- Generelt et jordens gennemsnitstemperatur i fyringssæsonen højere end luftens gennemsnitstemperatur.
- Jordens temperatur påvirkes meget mindre end luften i kolde spidslast perioder, dermed vil energiforbruget til opvarmning være væsentligt mere stabilt ved jordvarme.
- Det er være muligt fordelagtigt at tilføre overskudsvarme med lav temperatur til jordvarme.
- Temperaturspændet imellem kurverne på side 4, viser også potentialet for kollektiv jordvarme, kan udnyttes til passiv køl.
- Jordvarmen bruger mindre energi end både centrale og individuelle luft til vand varmepumper og de kan styres intelligent fra central styring, der koordineres med opladning af elbiler.
- Der er et stort potentiale for optimering af decentral fjernvarme, baseret på kollektiv jordvarme med indførelse af PVT og eller overskudsvarme.
- Behovet for etablering af VE elproduktion mindskes og spidslaster reduceres.
- Den sparede el, kan bruges til opvarmning af andre bygninger og eller opladning af elbiler.
- Prisen på store og små varmepumper er effektmæssig ens og anlægsomkostningerne er billigere til jordvarme end traditionel fjernvarme.
- Ved at etablere kollektiv jordvarme kan der sættes fornuftige krav til både ydeevnen og hvilke kølegasser der benyttes, så de værst klimaskadelige undgås.
- Driften kan styres centralt, så det sikres alle varmepumper kører optimalt og tilpasses elnettets kapacitet og tariffer.



Kilde: AF23 Energistyrelsen *Figur 4: Samlet nettoforbrug af el (TWh). Dvs. ekskl. tab i nettet på ca. 7 pct.*

Prisen på el, vil følge almindelige regler for udbud og efterspørgsel. Så såfremt man ikke producerer og forbruger lokalt i et energifællesskab og dermed kan sikre sig mod store udsving i priserne.

Ligeledes har investorer kastet sit blik på at købe billig strøm for at lave den på energilagere, for at sælge den igen når prisen er steget. Disse processer er også forbundet med energitab.

Så jo større forbrug des større er risikoen ved at basere et varmesystem på at udnytte billig overskuds-el på lang sigt. Kurven til venstre viser en klar formodning om en stigende efterspørgsel.

Baggrundsmateriale

Bilag 1: Decentral fjernvarme (kollektiv jordvarme) er endnu bedre

Bilag 2-3: Lineær interpolering af varmepumpers virkningsgrad under forskellige temperaturer

Bilag 4-5: Varmepumpers ydelsesgrad (COP) ved middeltemperatur

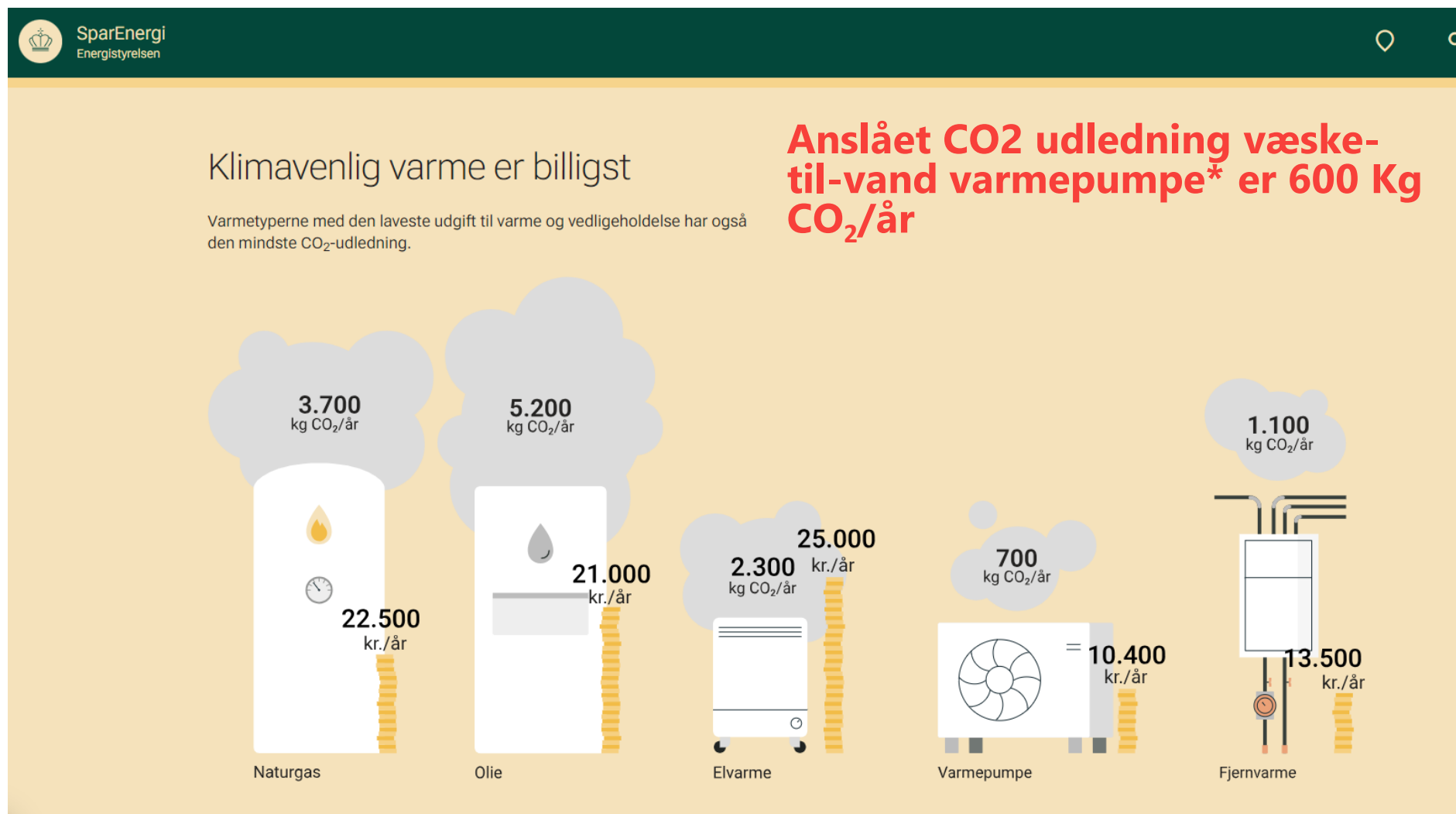
Bilag 6-8: Energiforbrug i Rødvig

Bilag 9-10: Spidslast beregninger

Bilag 11-14: Erfaringstal fra jordvarmeanlægs termiske egenskaber (Vorbasse)

Bilag 15: Juridisk baggrund

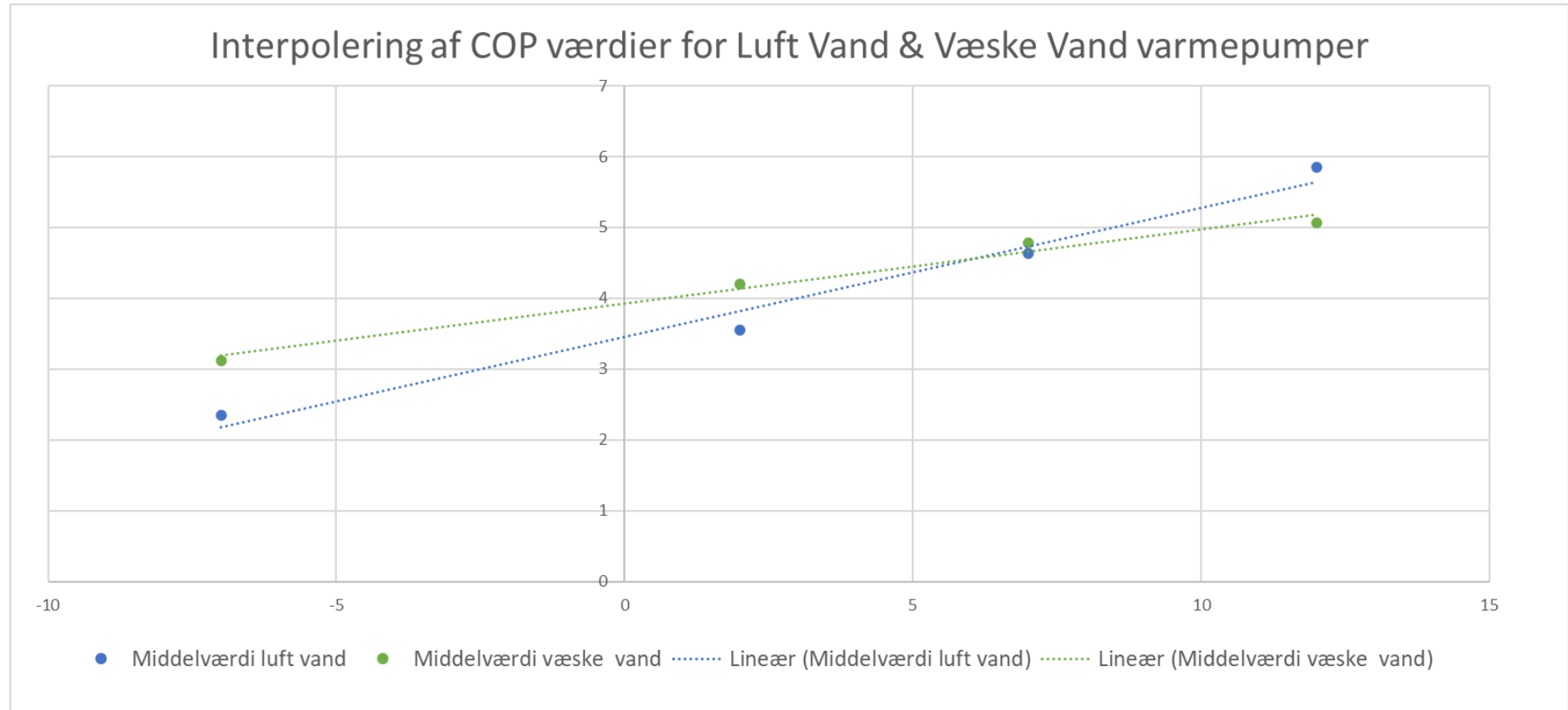
Bilag 1: Decentral fjernvarme (kollektiv jordvarme) er endnu bedre



Kilde: SparEnergi (Energistyrelsen)
*Baseret på 4 bedste væske til vand varmepumper iht. BAT

Bilag 2: Scenarier med tilhørende månedlig COP-værdi for luft-til-vand varmepumper

1. Gennemsnitlig middeltemperatur på månedsbasis de sidste 30 år
2. Eksempel på et koldt år – middeltemperatur i 2010
1. COP-faktor baseret på jordtemperaturdata fra DMI (2001 til 2010) i 1 meters dybde.
2. Scenariet er forudsat sænket 4 grader hele året end den målte middeltemperatur
3. Opstillet scenarie med en jordtemperatur på -4 i vinterhalvåret (Januar, februar, marts, november og December).



Bilag 3:

5 væske-til-vand Jordvarmepumper

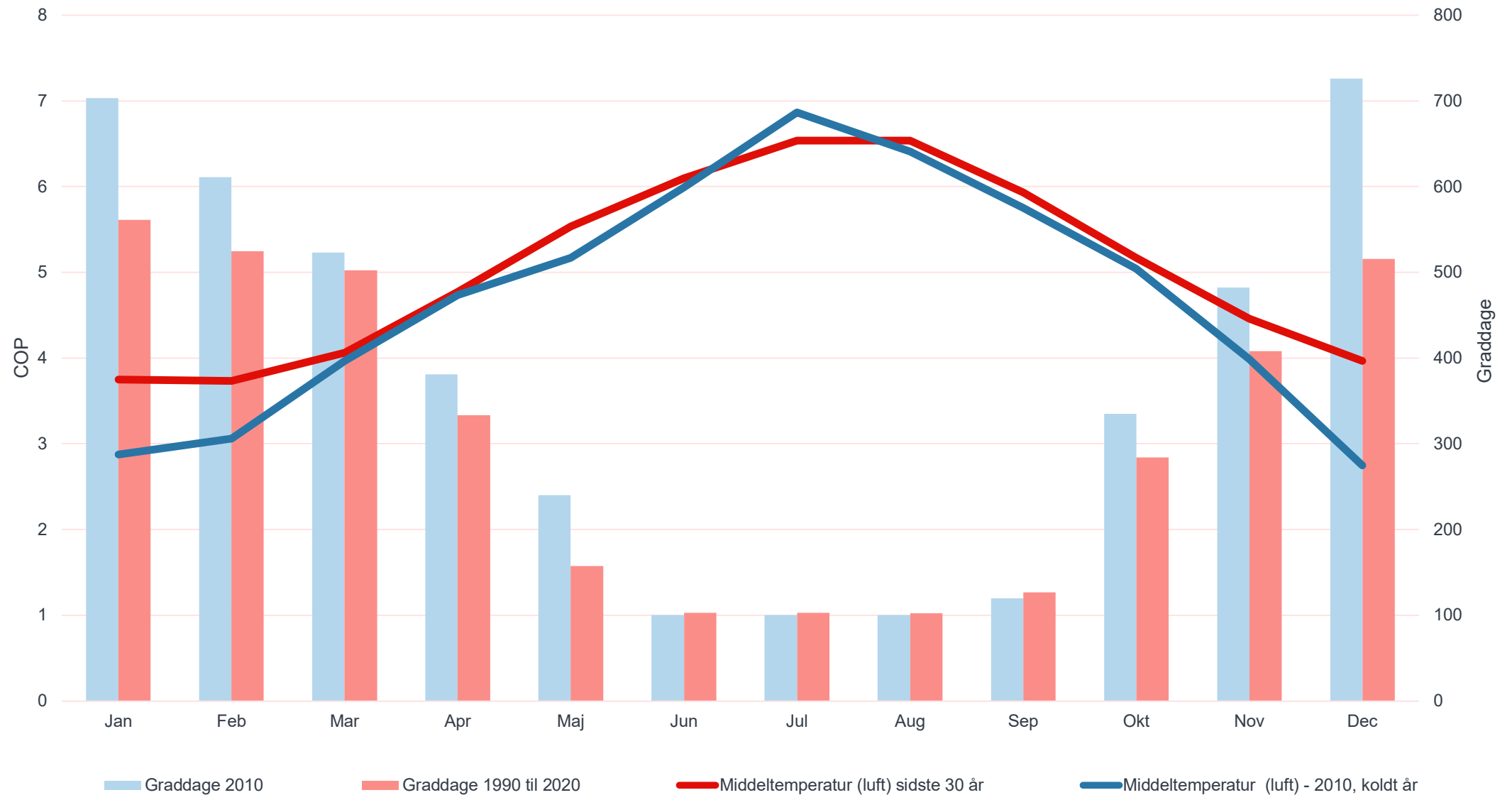
Producent og model	SCOP (radiator)	Kølemiddel	Link
Thermia - Calibra 12kW 400V	4,12	R452B	G3 W-W.xls (thermia.se)
CTC - GSi 612 12 kW	4,08	R407C	https://www.gastech.dk/wp-content/uploads/2018/12/129670-produktdatablad-CTC-GSi-12-1.pdf
Vølund - S1255 12kW	3,95	?	https://volundvt.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiles%2fEnergimaerkning%2fext_S1255-12kW_Energimaerkning.pdf
Bosch - Compress 7800i LW 12 kW	4,17	R410A	https://b5-web-product-data-service.azurewebsites.net/pdf/dk/8738213110.pdf
DVI - VV12 12 kW	3,5	R407C	https://www.dvienergi.com/media/ox3kocdg/dvi-a4-datablad-vv-jordvarme_5_7_9_12_16_2023_06_marts.pdf

5 luft-til-vand varmepumper

Producent og model	SCOP (radiator)	Kølemiddel	Link
Thermia - Athena 14 400V H (7,8 – 14 kW)	3,65	R410A	G3 W-W.xls (thermia.se)
Bosch - CS7000iAW 13 OR-T (13,1 kW)	3,65	R410A	https://b5-web-product-data-service.azurewebsites.net/pdf/dk/8738209131.pdf
Vølund - NIBE S2125-12	3,8	Propan R290	https://volundvt.dk/Admin/Public/DWSDownload.aspx?File=%2fFiles%2fFiles%2fEnergimaerkning%2fext_S2125-12_energimaerke-310.pdf
DVI - LV12 12kW	3,29	R407C	https://www.dvienergi.com/media/2duhpzuq/dvi-a4-1.pdf
Metro Therm - Metroair I 12	3,8	R410A	https://www.metrotherm.dk/download/18.4ccfd67f186f21bb596531f/1684241300291/Varmepumpe_MetroAir_112_346632012_346632022_Energim%C3%A6rke.pdf

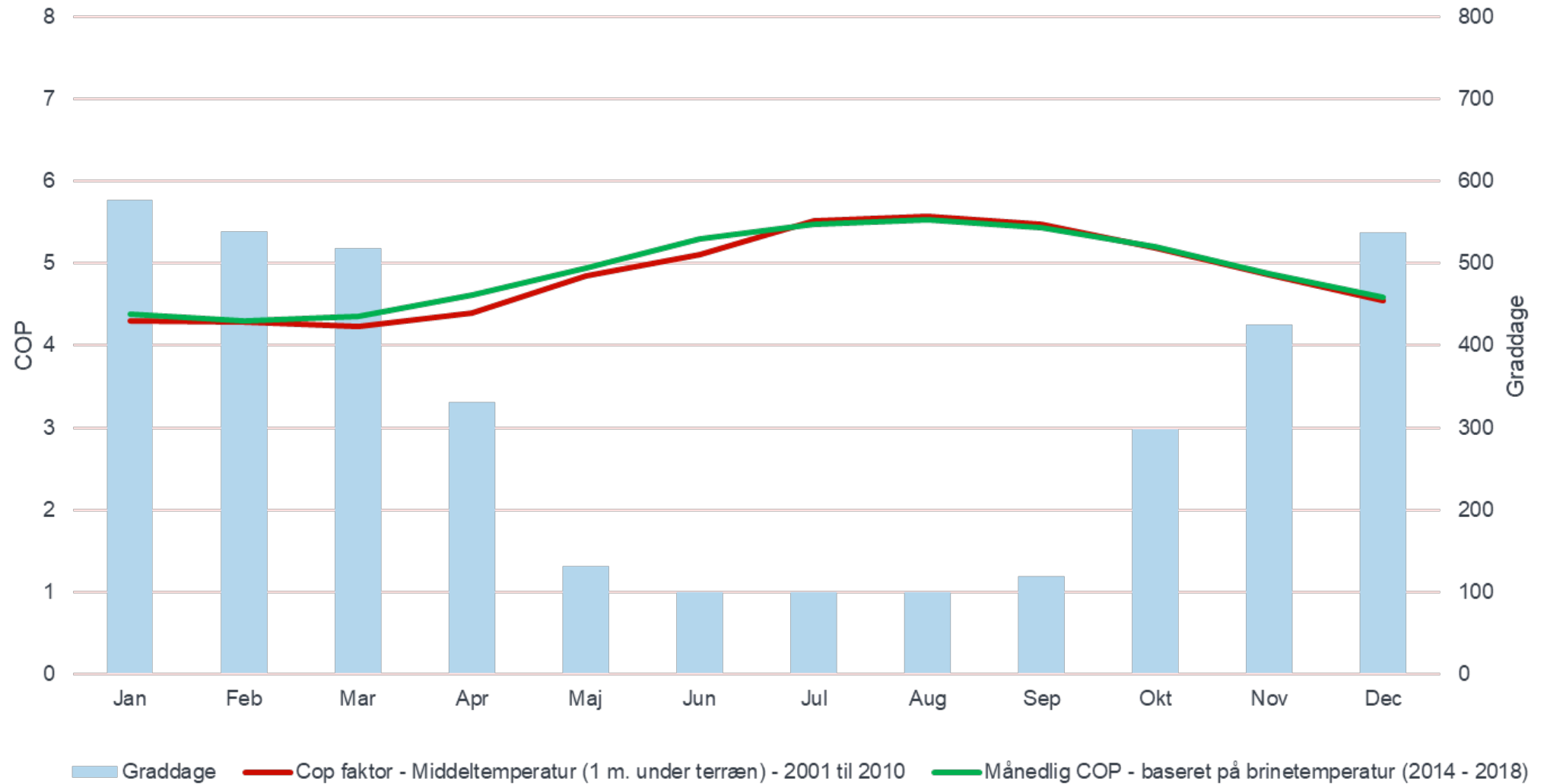
Bilag 4:

COP faktor for Individuelle luft-til-vand varmepumper iht. Sæsoneffekt ved gennemsnitlig middeltemperatur sammenlignet med middeltemperaturen i 2010



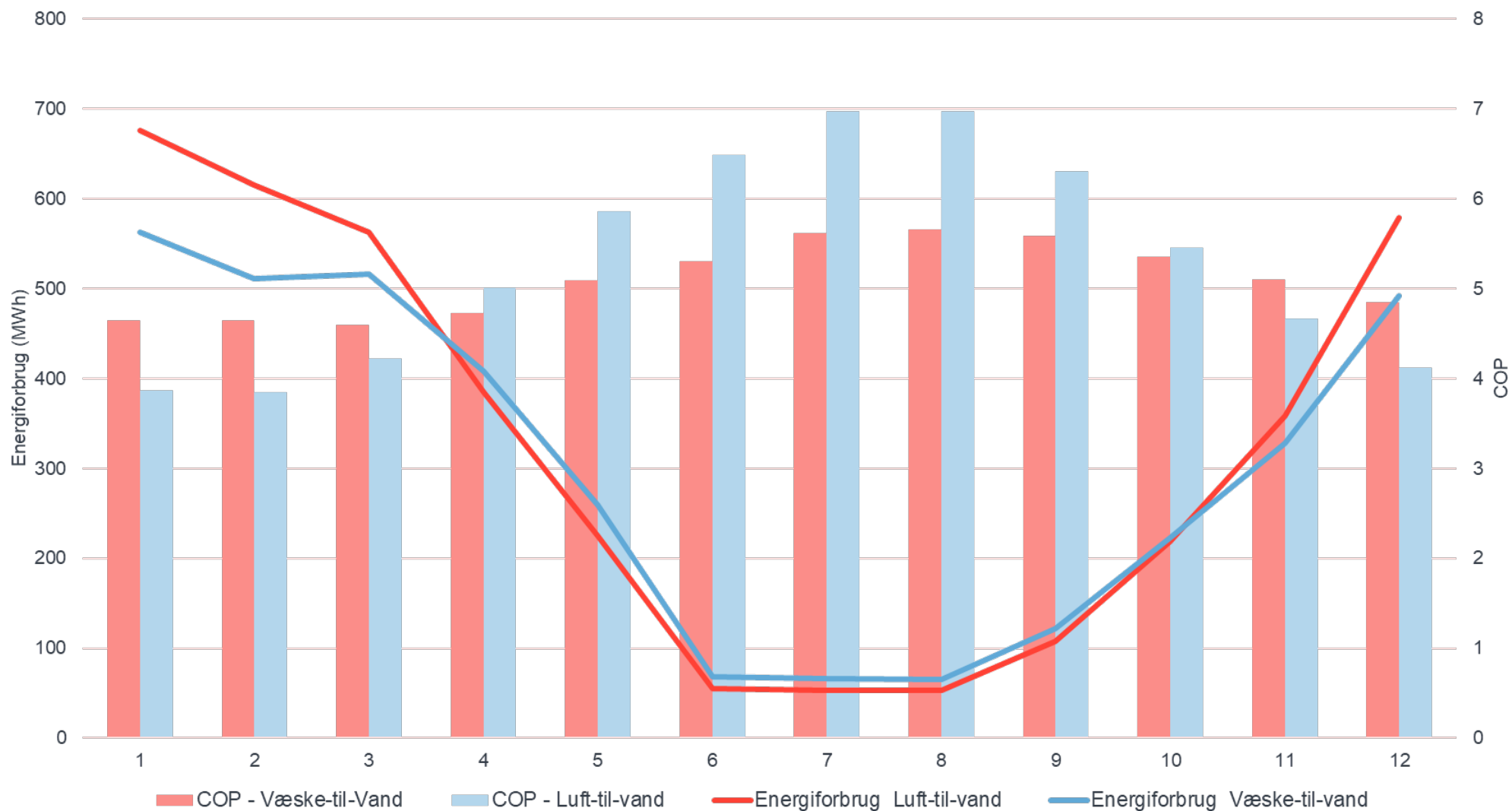
Bilag 5:

Væske til vand - COP faktor baseret på gennemsnitstemperatur 2001 - 2010 (DMI) og gennemsnitlige målinger ved brinetemperatur i jordvarmeanlæg Vorbasse (2014 til 2018)



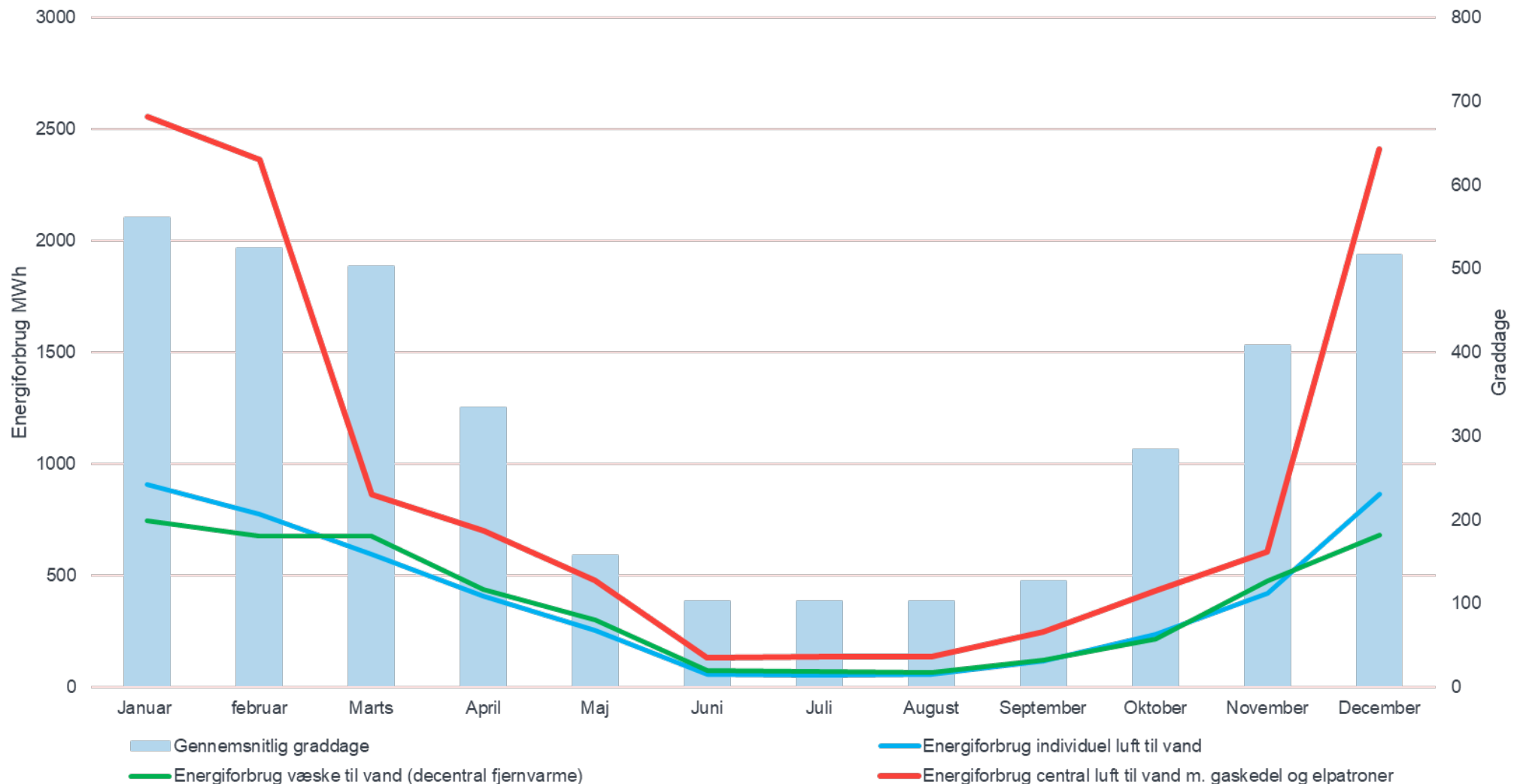
Bilag 6:

Sammenligning af energiforbrug mellem individuel luft vand varmepumper og væske vand varmepumper baseret på månedlig middeltemperatur for 100 % tilslutning i Rødvig



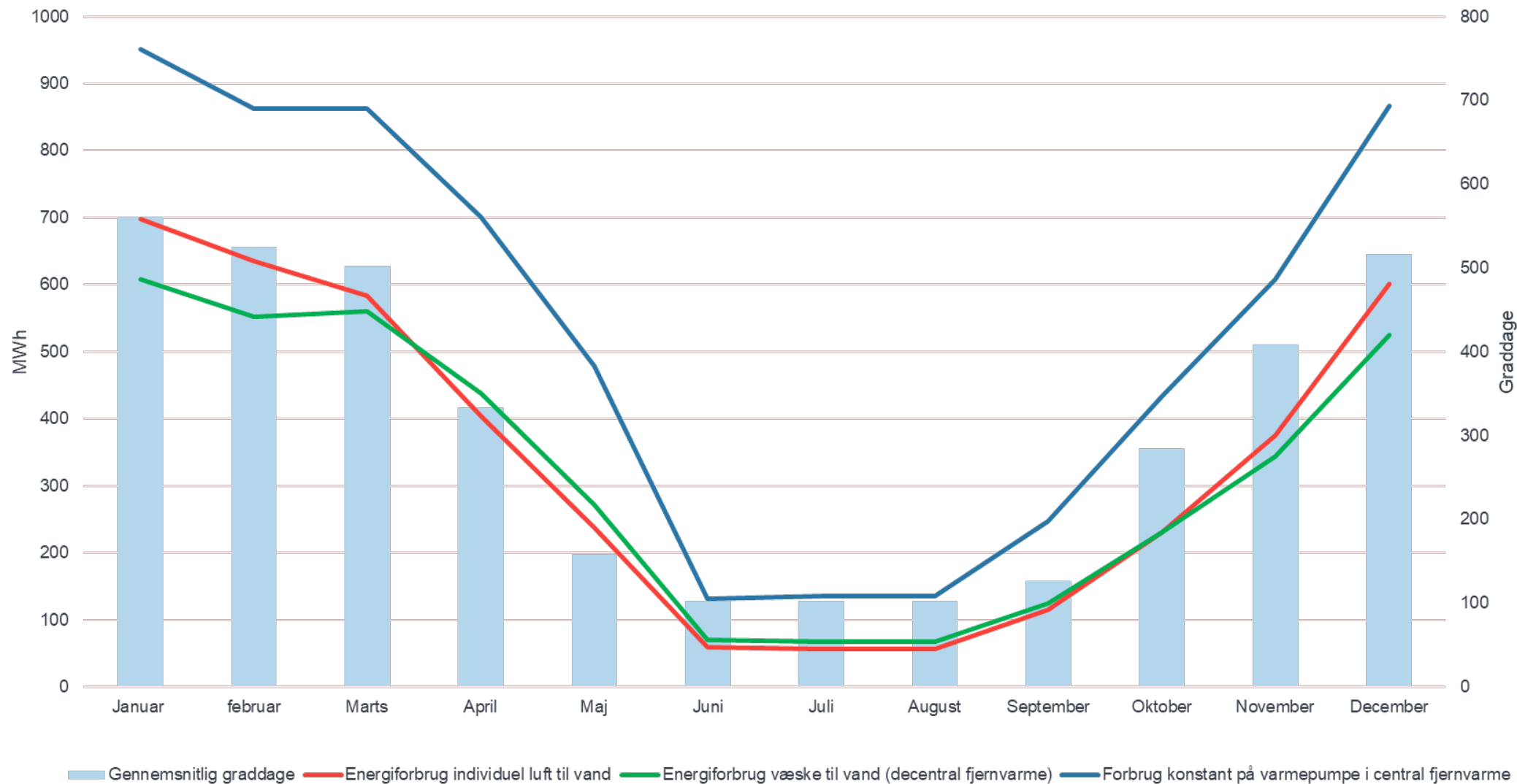
Bilag 7:

Energiforbruget for en centralt luft til vand fjernvarme (med elkedel og gasgenerator i fyringssæson) sammenlignet med individuel luft til vand og decentral fjernvarme (termonet) i Rødvig iht. Middel graddage



Bilag 8:

Energiforbrugs scenarie: 100 % Central luft-til-vand fjernvarme sammenlignet med individuel luft-til-vand og decentral fjernvarme (termonet) i Rødvig iht. middel graddage år

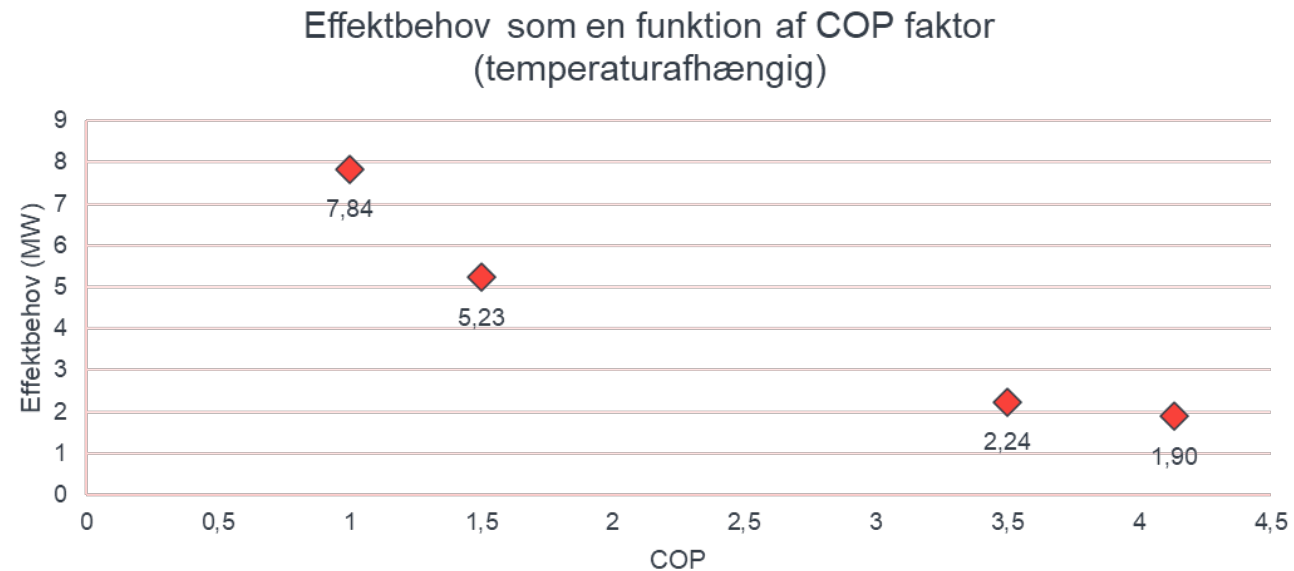


Bilag 9: Peak - spidslast

Scenarie under ekstrem kold temperaturer (-23 grader) baseret på minimumstemperatur fra uge 51 2010.

Scenariet bygger på antagelser vedrørende:

- Minimums COP på 1,5 for de bedste centrale luft-til-vand varmepumper (ved -30 grader – teknologisk institut)
- Minimum vil ellers være 1 COP (elkedel)
- Jordvarmeanlæg har en absolut tilladte minimum temperatur på -4 grader (jf. jordvarmebekendtgørelsen)
- Tilføj middeltemperatur COP kolonne i jorden



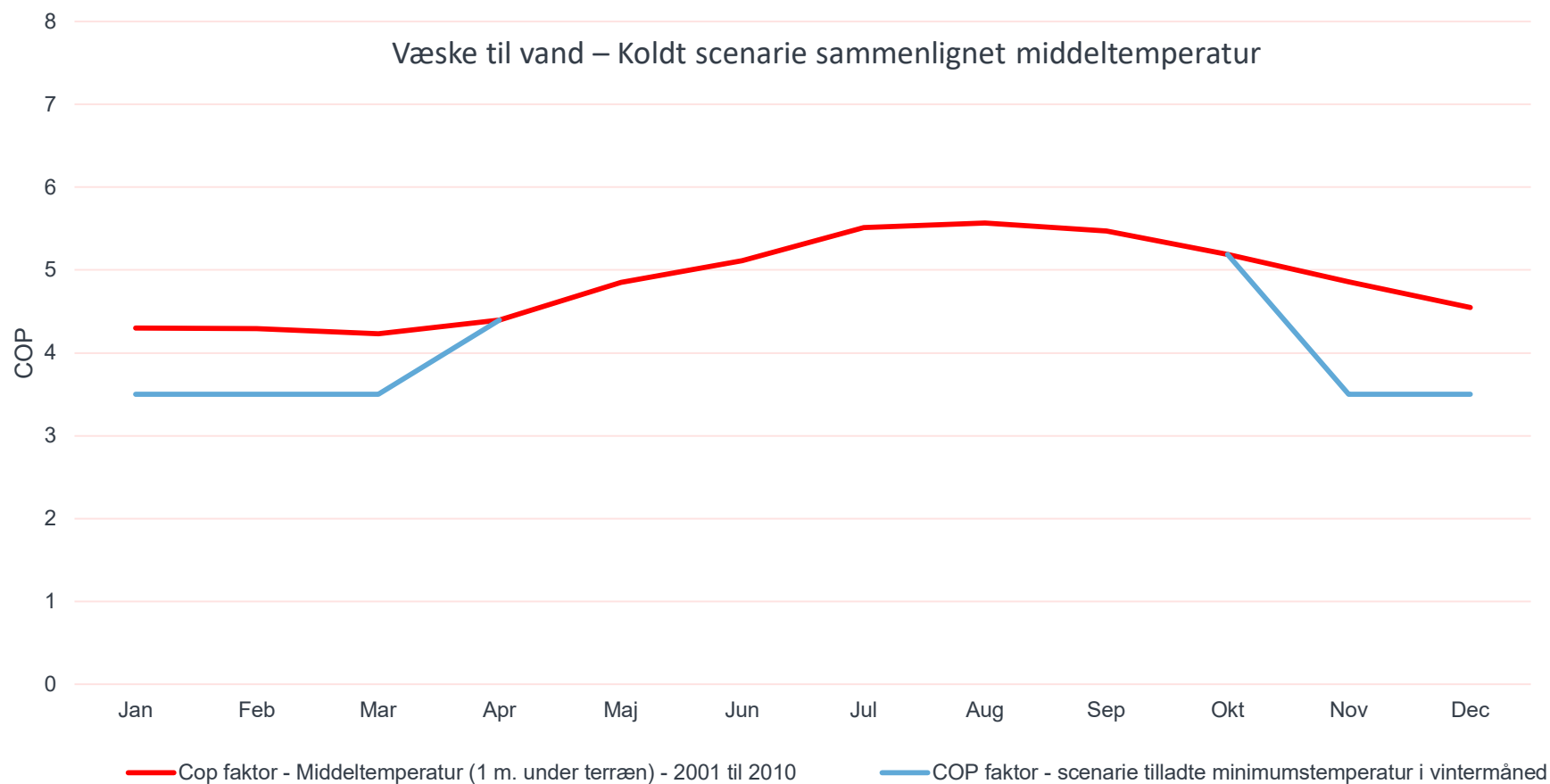
Peak - spidslastbehov	Udetemperatur på -23 grader med elpatron	Udetemperatur på -23 grader med luft-til-vand varmepumpe	Jordtemperatur på tilladt minimum -4 grader	Målt minimumstemperatur (2014 til 2018) på 2 grader
COP	1	1,5	3,5	4,13
Effekt behov [MW]	7,84	5,23	2,24	1,9

Bilag 10:

Koldt scenarie

Ved lavest tilladte brinetemperatur (Blå kurve), vil man minimum opnå en COP på 3,5 for jordvarmelsangerne. I et tænkt eksempel er brinetemperaturen sat til det minimum tilladte i potentielle frostmåned. Resten ligger på middeltemperaturen.

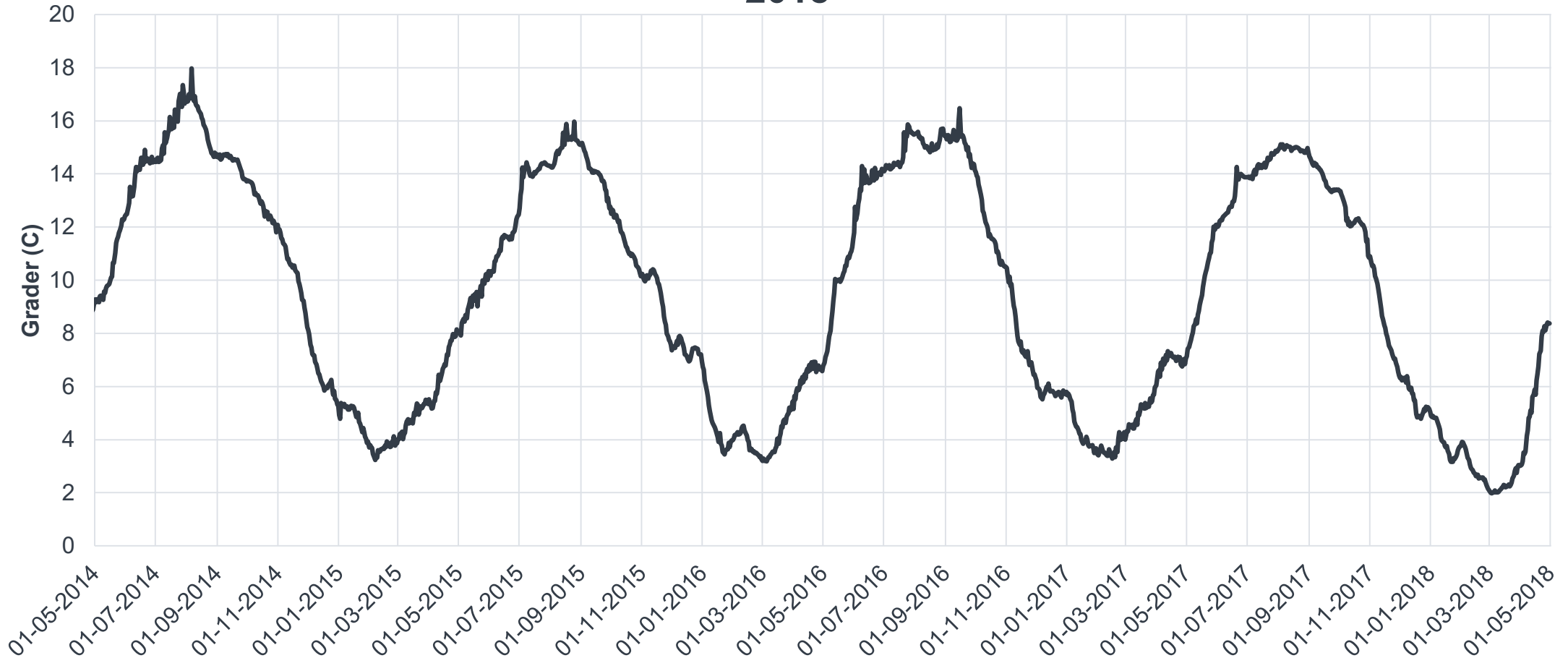
Er anlægget dimensioneret korrekt vil den følge 2 grader under den røde kurve viser målinger.



Bilag 11:

Termisk stabilitet ved jordvarmeanlæg Indset med COP kurve erfaringsmåling

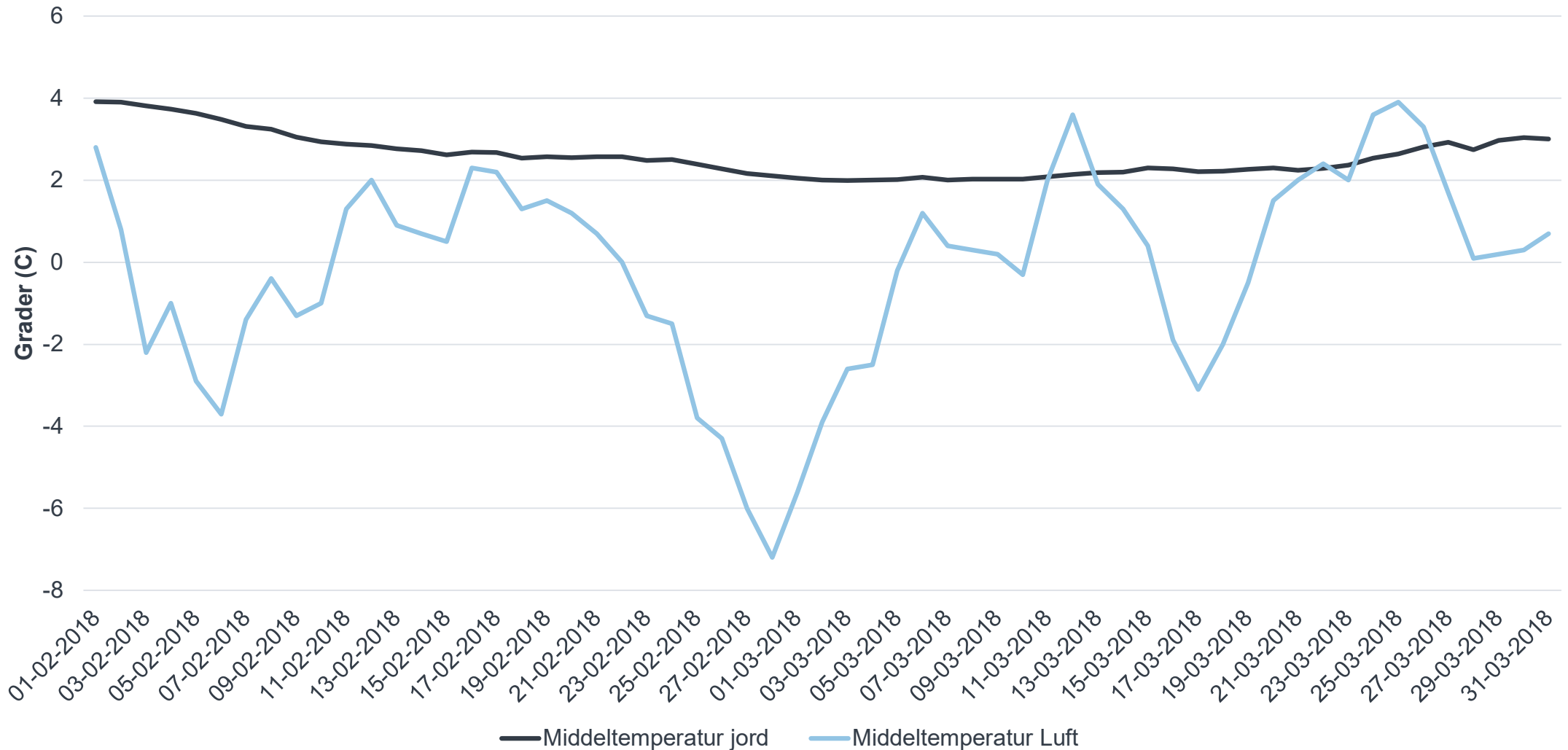
Middeltemperatur I brinen ved jordvarmeanlæg 01-05-2014 til 01-05-2018



Bilag 12:

Termisk stabilitet i en kold periode...

Sammenligning dagsmiddel målt brinetemperatur og lufttemperatur i kold periode

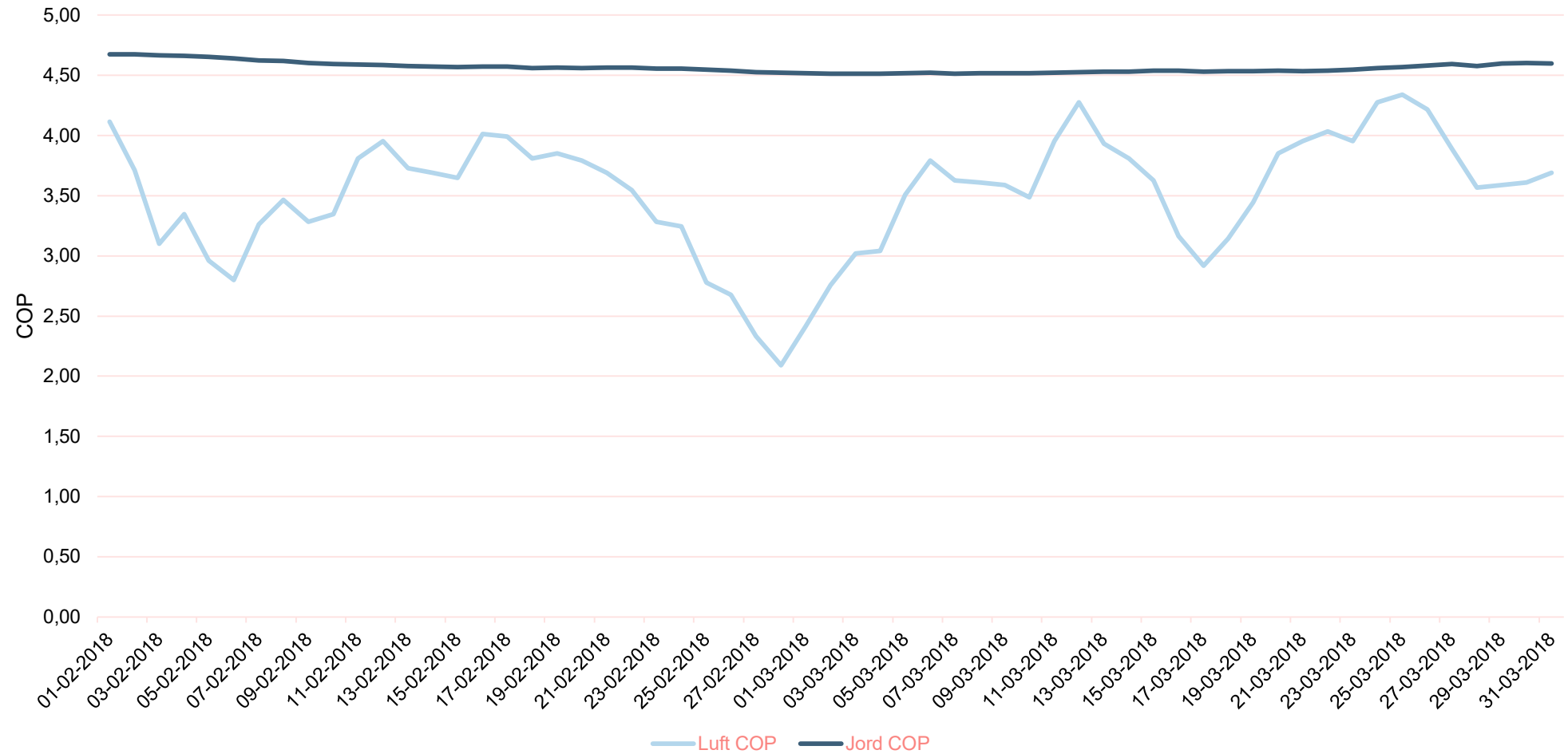


*Jordvarmeanlæg placeret i våd jord i Vorbasse, Syddanmark

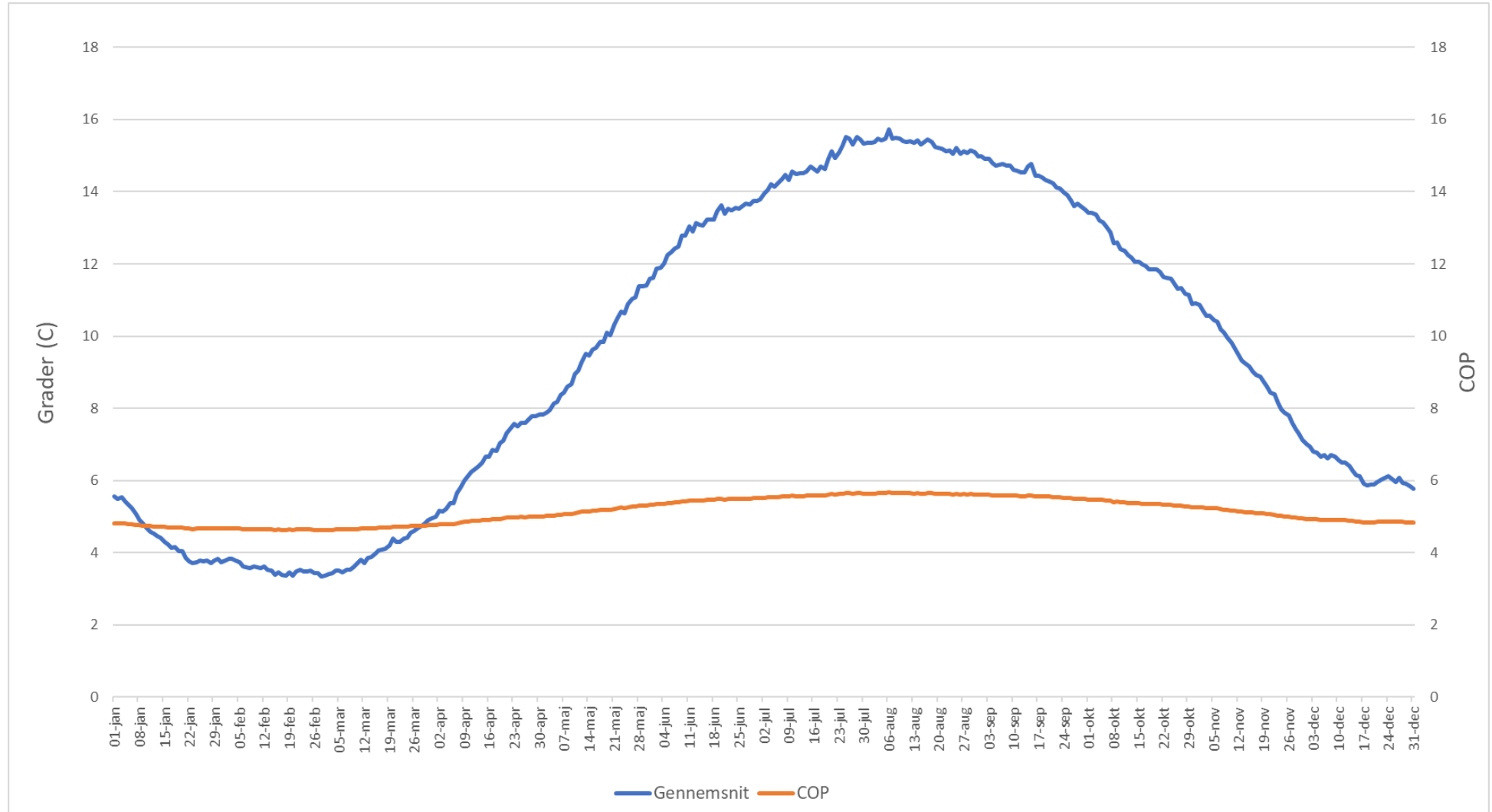
Bilag 13: ... hvordan det påvirker COP'en

Slide
overgår til
kilde bilag

COP Faktor sammenligning luft-til-vand varmepumpe og væske-til-vand varmepumpe



Bilag 14: Gennemsnitlig Brinetemperatur (2014 til 2018) og den tilsvarende COP



Bilag 15:

Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg **Denne slide skal i kilde henvisninger**

§ 14.Stk. 4. Dybe anlæg eller terrænnære borede anlæg skal dimensioneres sådan, at indløbstemperaturen til varmepumpen er mindst 0 °C... En lavere indløbstemperatur kan accepteres i kortere perioder, dog må indløbstemperaturen ikke på noget **tidspunkt** være under -4 °C.

(Bekendtgørelse om jordvarmeanlæg)

Kommissionens forordning (EU) 813/2013 stiller krav til varmepumpens årsvirkningsgrad, som afhænger af, hvorvidt det pågældende produkt er en lav- eller højtemperaturvarmepumpe. Varmepumpeanlæg til rumopvarmning og varmepumpeanlæg til kombineret rum- og brugsvandsopvarmning med undtagelse af lavtemperaturvarmepumper:

Årsvirkningsgraden ved rumopvarmning må ikke være under 110 %, svarende til: SCOP = 2,95 for jordvarmepumper SCOP = 2,83 for luft-til-vand varmepumper

Kilder

Varmepumpelisten: [Vælg den rette varmepumpemodel \(spareenergi.dk\)](http://www.spareenergi.dk)

Teknologi kataloget

Kollektive løsninger: [technology data catalogue for el and dh.pdf \(ens.dk\)](http://www.ens.dk)

Individuelle løsninger: [technology data catalogue for individual heating installations.pdf \(ens.dk\)](http://www.ens.dk)

DMI årstemperatur sidste 30 år: [Klimanormaler Danmark \(dmi.dk\)](http://www.dmi.dk)

DMI månedstabeller: [Tabeller - måned \(dmi.dk\)](http://www.dmi.dk)

DMI jordtemperatur: [Har jordtemperatur indflydelse på dit havearbejde? Få et overblik her \(bolius.dk\)](http://www.bolius.dk)

Energistyrelsen beregning af SCOP: [teknisk rapport -
beregning af scop for varmepumper efter en14825.pdf \(ens.dk\)](http://www.ens.dk)

Fenagy erfaringstal: [FENAGY_SDRFELDING_UK.pdf \(squarespace.com\)](http://www.squarespace.com)

Jordvarmebekendtgørelsen: [Jordvarmebekendtgørelsen \(retsinformation.dk\)](http://www.retsinformation.dk)

Kommissionens forordning Nr. 813/2013: [L_2013239DA.01013601.xml \(europa.eu\)](http://europa.eu)

AF23 Energistyrelsen: [Microsoft Word - AF23 - Sammenfatningsnotat.docx \(ens.dk\)](http://www.ens.dk)