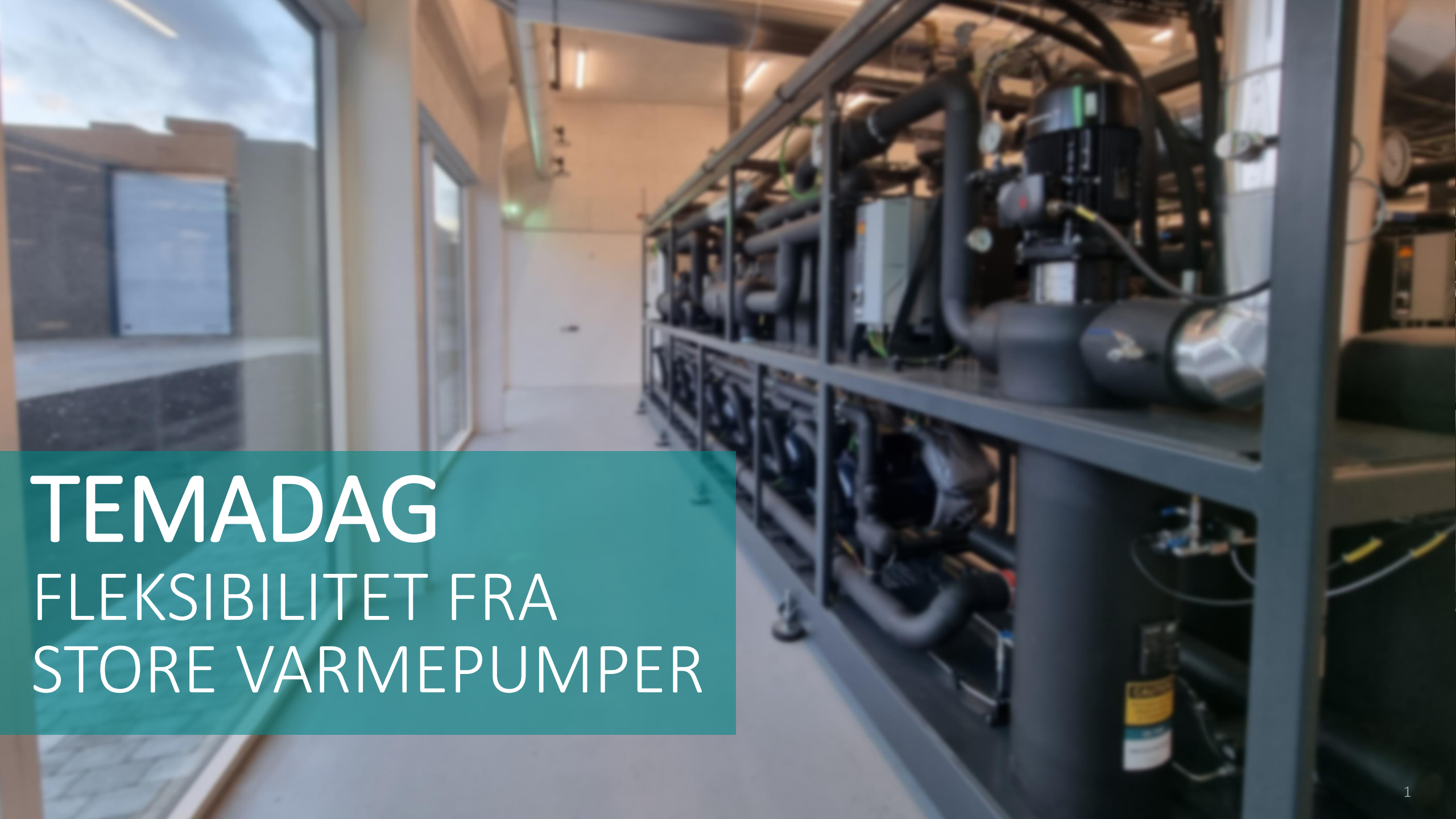




TEMADAG

FLEKSIBILITET FRA STORE VARMEPUMPER

DAGENS PROGRAM

- 9:30 Velkomst – *Jesper Nørskov, Energinet*
- 9:40 Potentialet for fleksibilitet fra varmepumper – *Henrik R. Thomsen, Dansk Fjernvarme*
- 10:00 Introduktion til systemydelse og forventninger til fremtiden for systemydelse – *Jesper Buck, Energinet*
- 10:30 *Pause og netværk*
- 10:45 Inspiration fra branchen 1: Sdr. Felding Varmeværk
– *Tonny Jensen, Sdr. Felding Varmeværk – Ebbe Nørgaard, Fenagy – Jesper Buck, Energinet.*
- 11:30 Inspiration fra branchen 2: Tørring Kraftvarmeværk
– *Jesper Kristensen og Torben Nielsen, Tørring Kraftvarmeværk*
- 12:15 *Frokost og netværk*
- 13:30 Regulatoriske barrierer og muligheder – *Jane Hansen, Energistyrelsen*
- 13:50 Praktiske erfaringer om fleksibilitet i eksisterende ammoniak-varmepumper – *Bjarke Paaske, Bjarke Paaske Rådgivning*
- 14:20 *Pause og netværk*
- 15:10 Fleksibel drift af store varmepumper – forskningsresultater og case eksempler – *Wiebke Meesenburg, DTU*
- 15:30 Opsamling og tak for i dag – *Jesper Nørskov, Energinet*

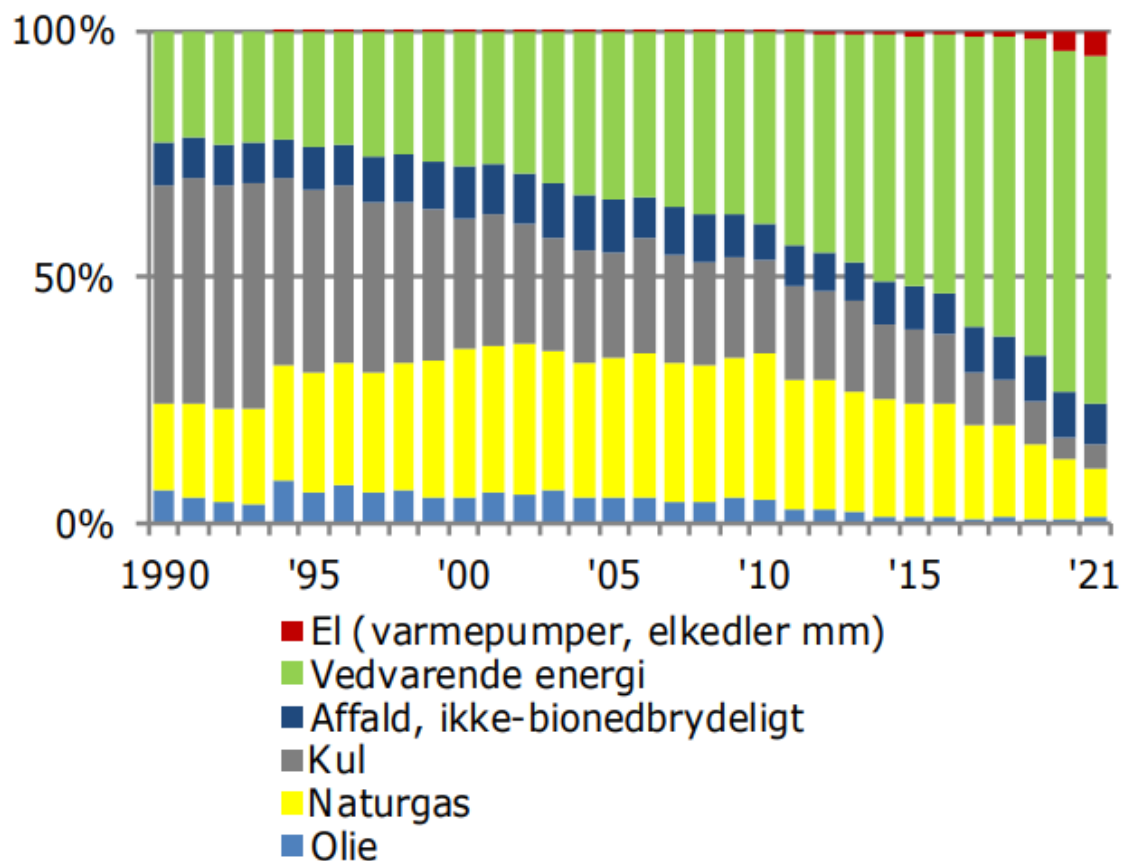
The image shows an industrial setting. On the left, there is a large, complex system of black pipes and machinery, likely a heat pump or industrial chiller, mounted on a metal frame. Below this, there are several large, white, cylindrical components, possibly storage tanks or part of the piping system. On the right, there is a large, white, industrial control cabinet. The cabinet has the brand name 'FENAGLY' printed on its upper right door. It features a small digital display screen showing a graphical interface, several blue push buttons, and a yellow emergency stop button. The cabinet is mounted on a black base with leveling feet. A small, clear plastic container filled with colorful beads or small parts is hanging from the side of the cabinet. The overall scene is brightly lit, suggesting an indoor industrial environment.

2. Potentialet for fleksibilitet fra varmepumper

- *Henrik R. Thomsen, Dansk Fjernvarme*

El til varme har historisk set fyldt forsvindende lidt

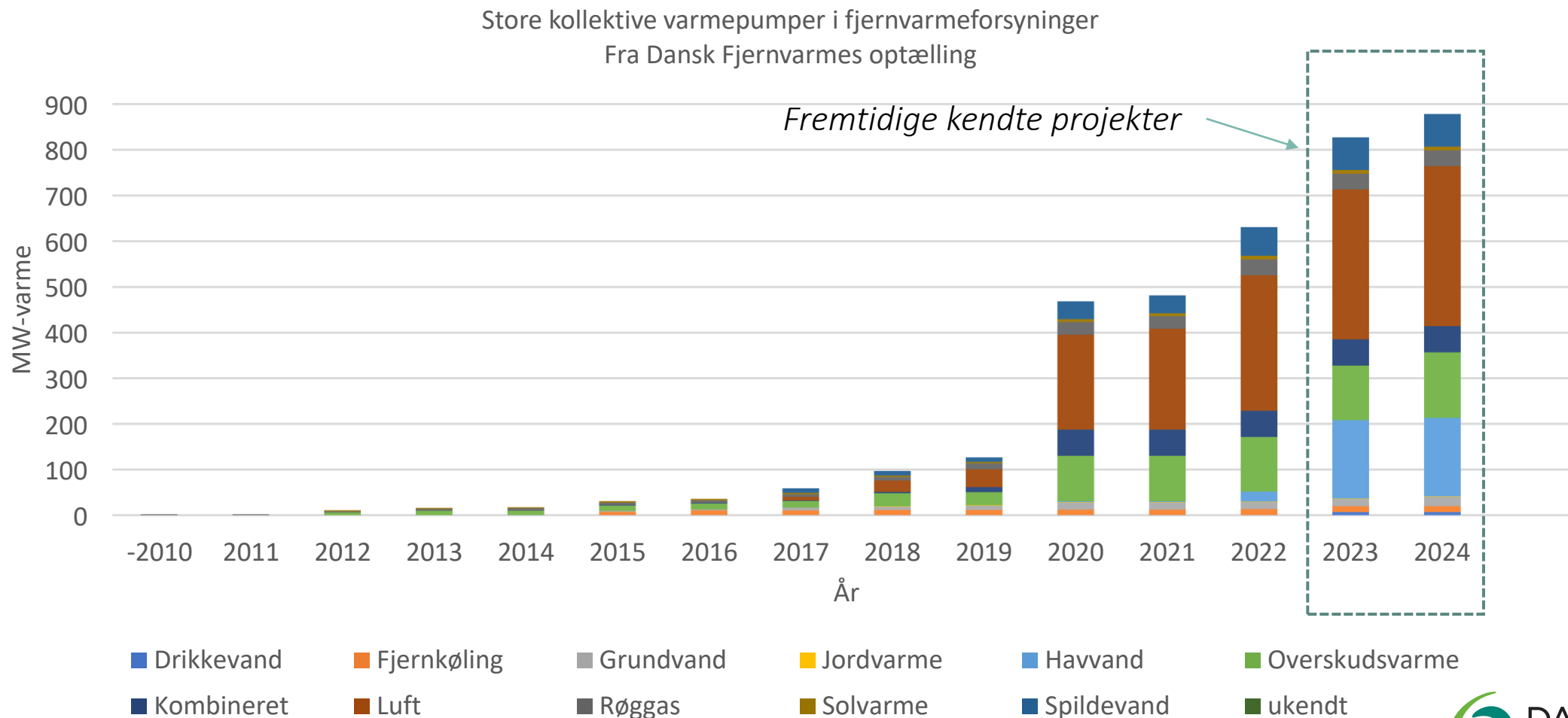
Brændselsforbrug til fjernvarmeproduktion



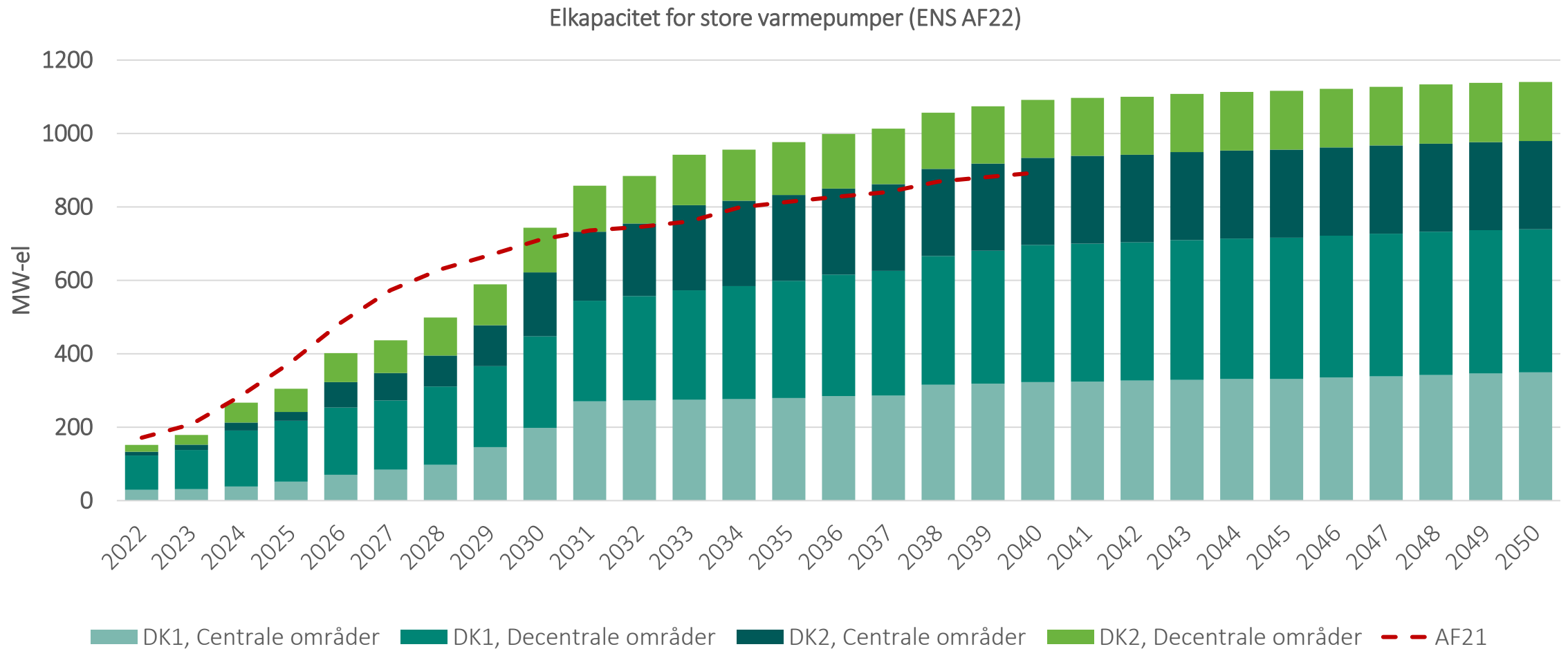
Energistyrelsens Energistatistik 2021

- El til fjernvarme: 4 762 TJ (ca. 1,3 TWh).
- Ca. 4 % af Danmarks elforbrug i 2021.

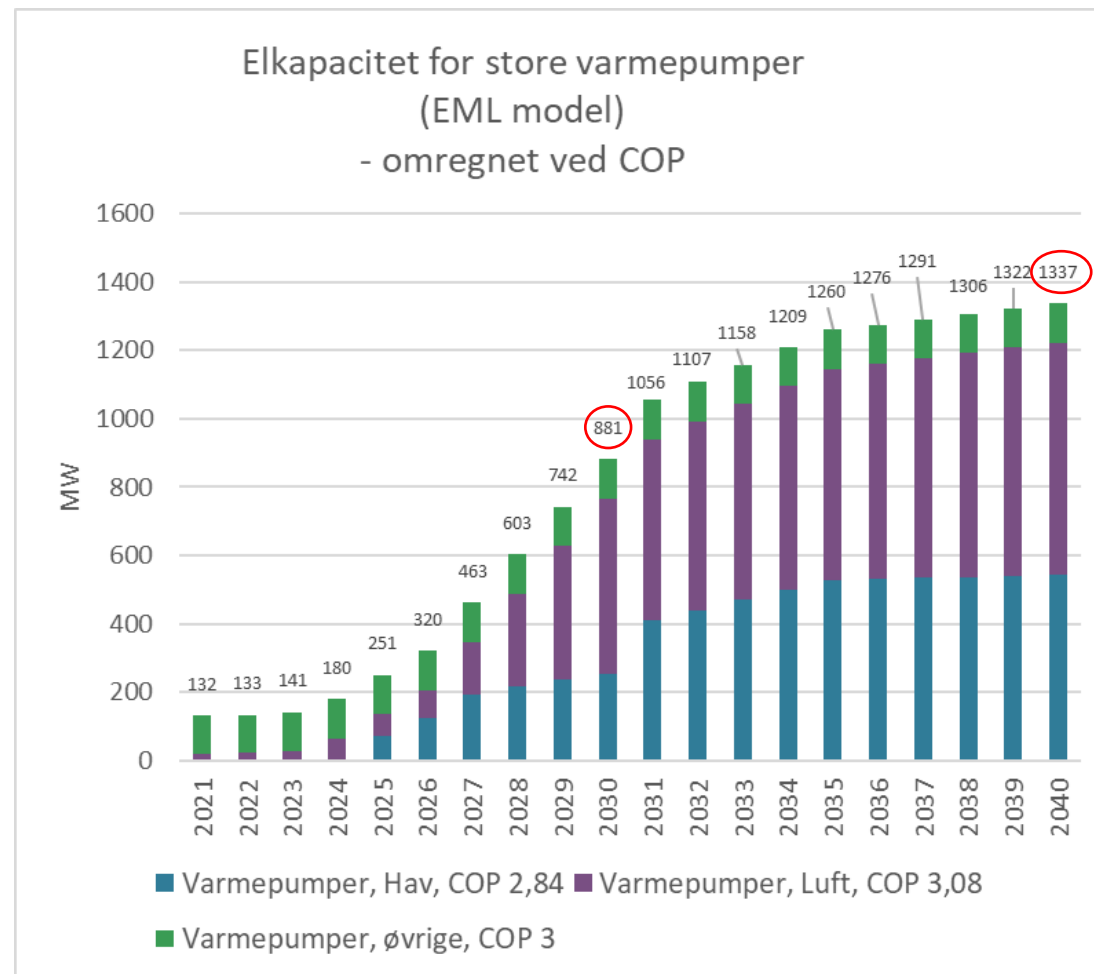
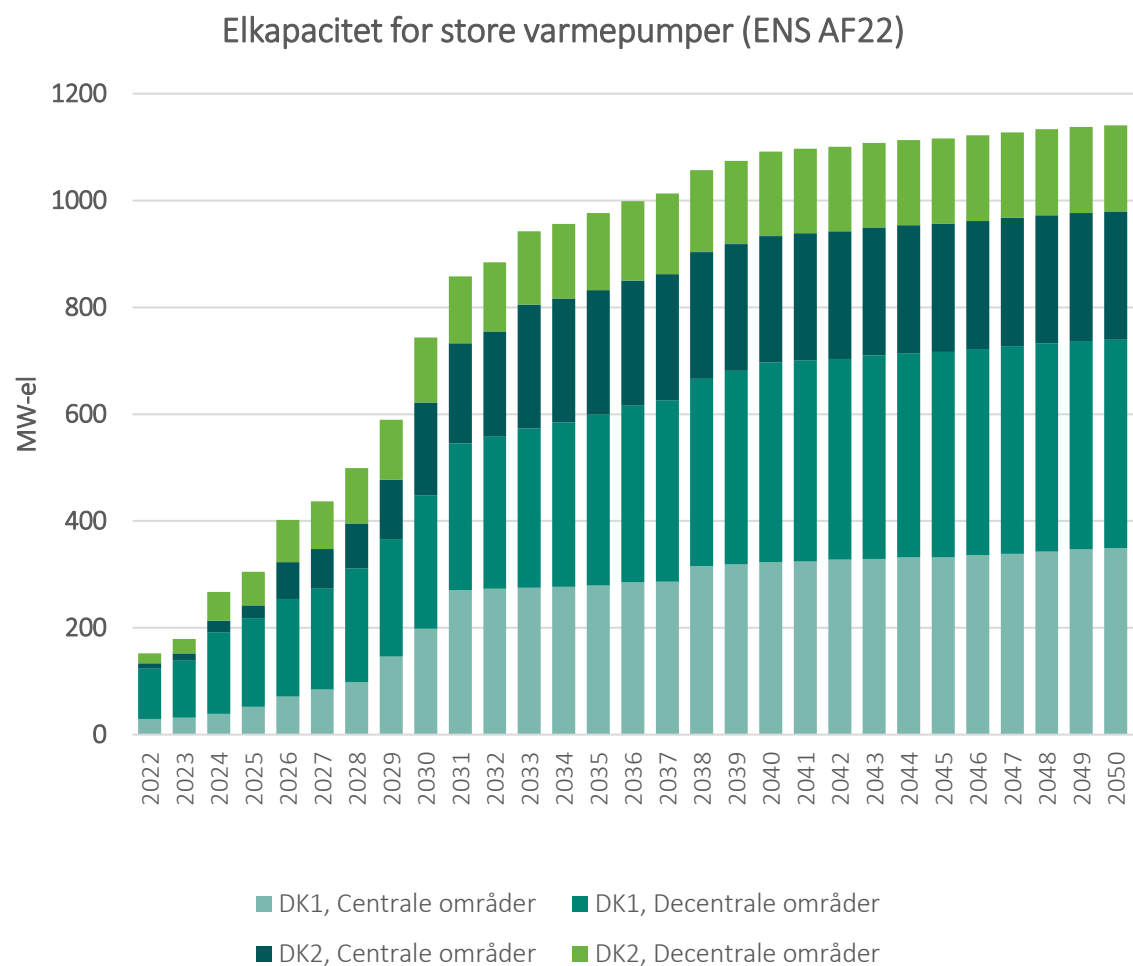
Dansk Fjernvarmes optælling på fremtidige kendte projekter (2023-24)



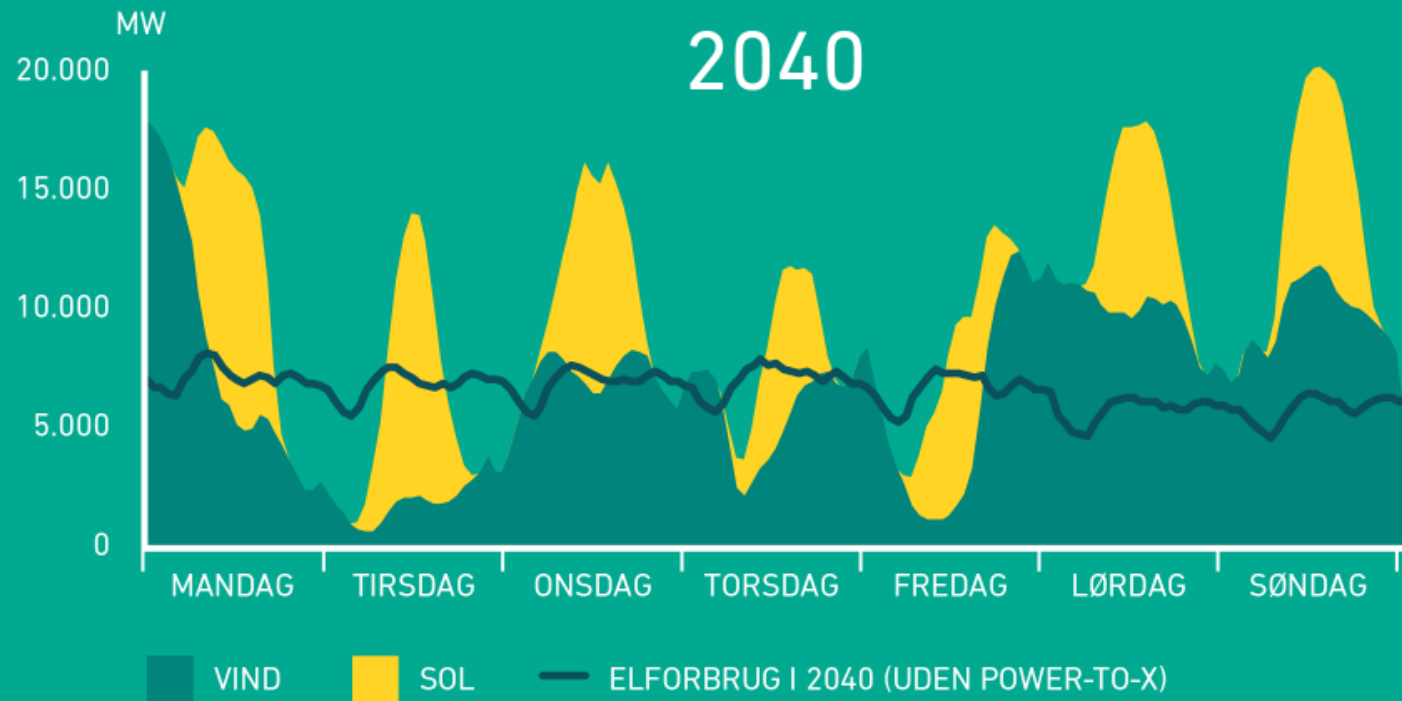
Energistyrelsens fremskrivning estimerer 743 MW i 2030 og 1092 MW i 2040...



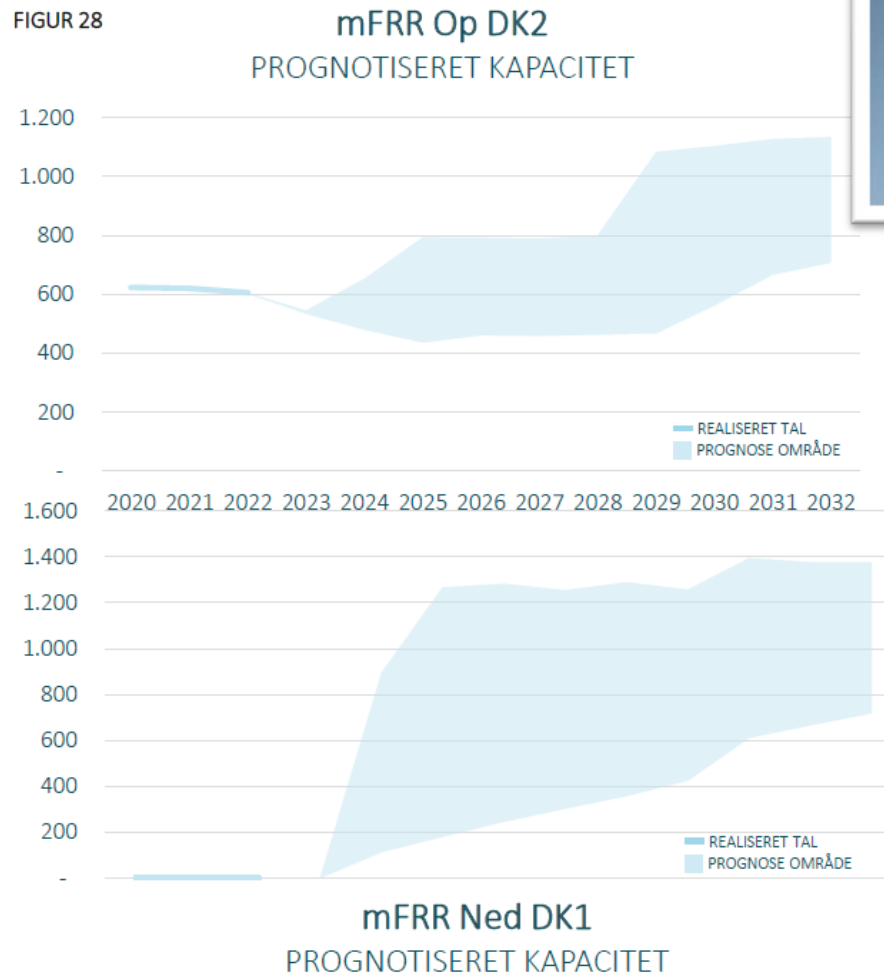
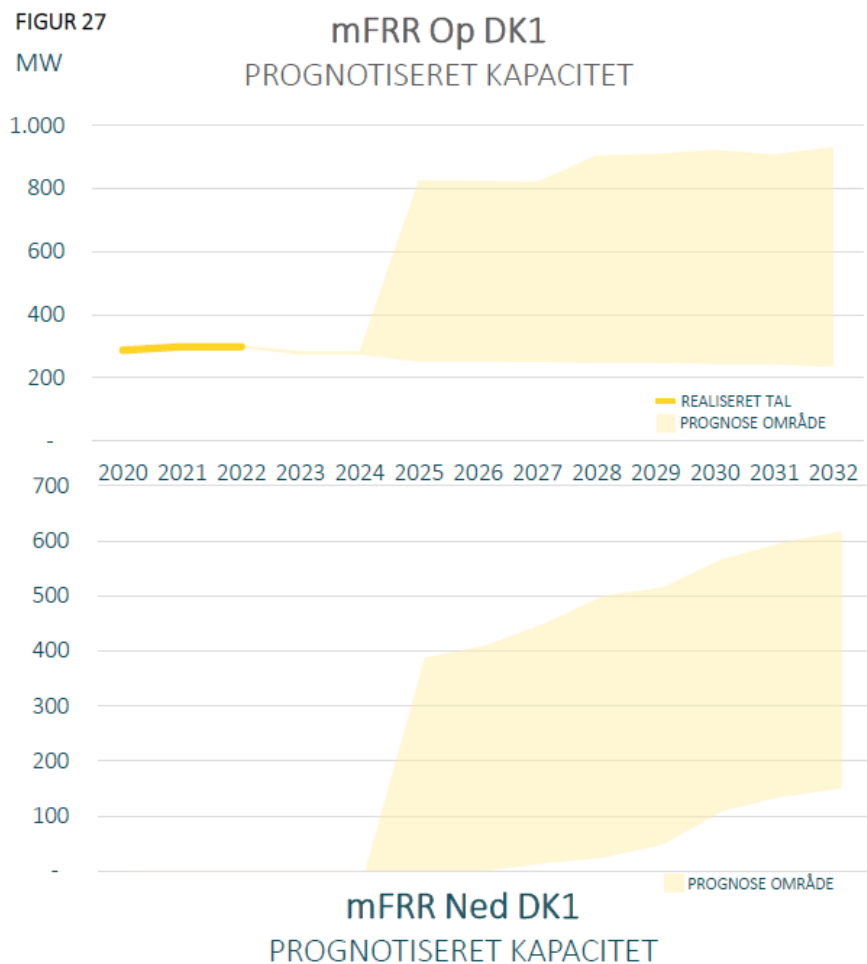
...Mens Dansk Fjernvarme estimerer 881 og 1337 MW



Et fremtidigt VE-domineret elsystem vil se flere, større og hurtigere ubalancer...



... og der bliver blandt andet brug for fleksibelt elforbrug til at sikre balancen i elsystemet

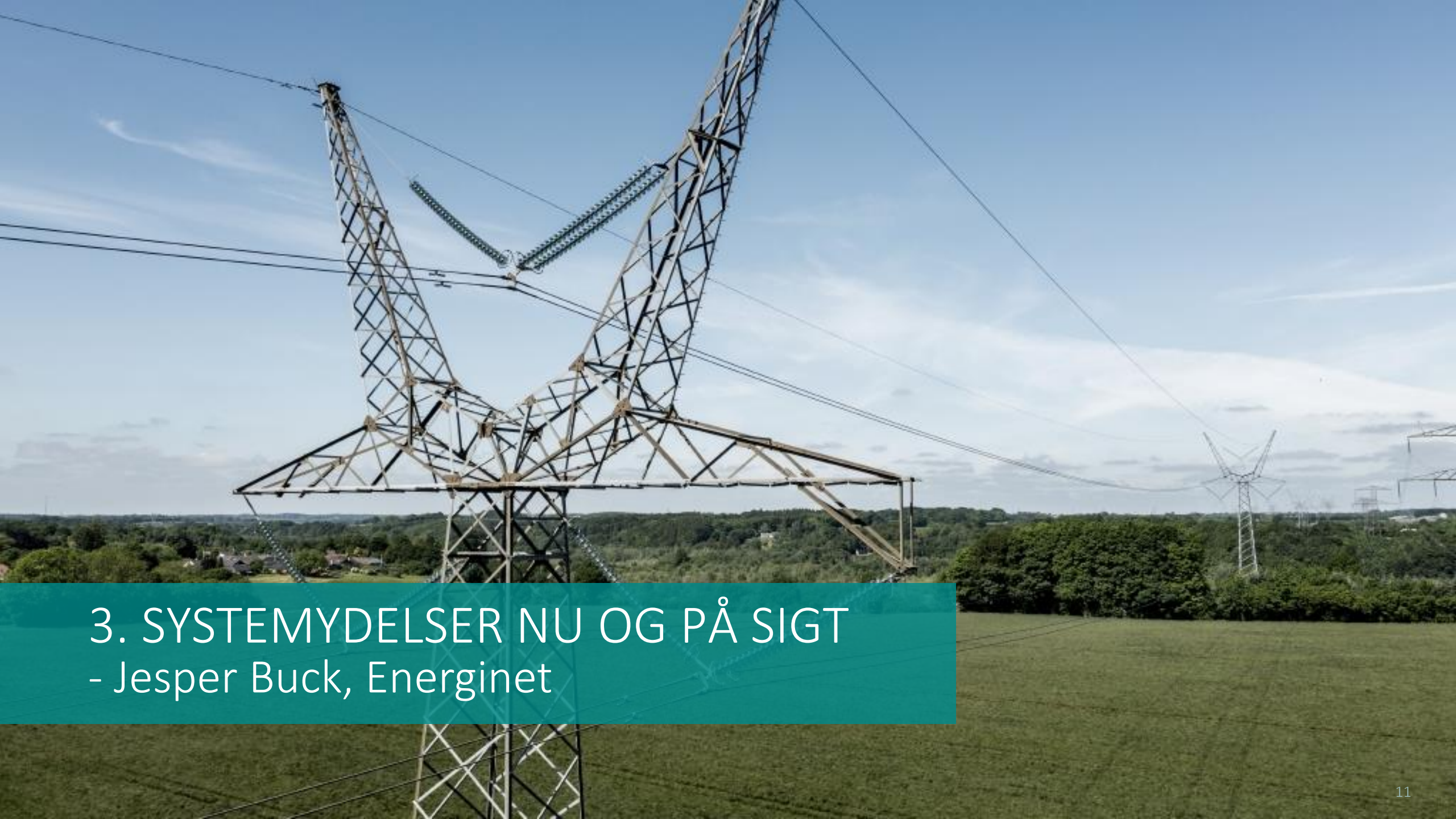




Henrik Rønne Thomsen
Chefkonsulent

hrt@danskfjernvarme.dk

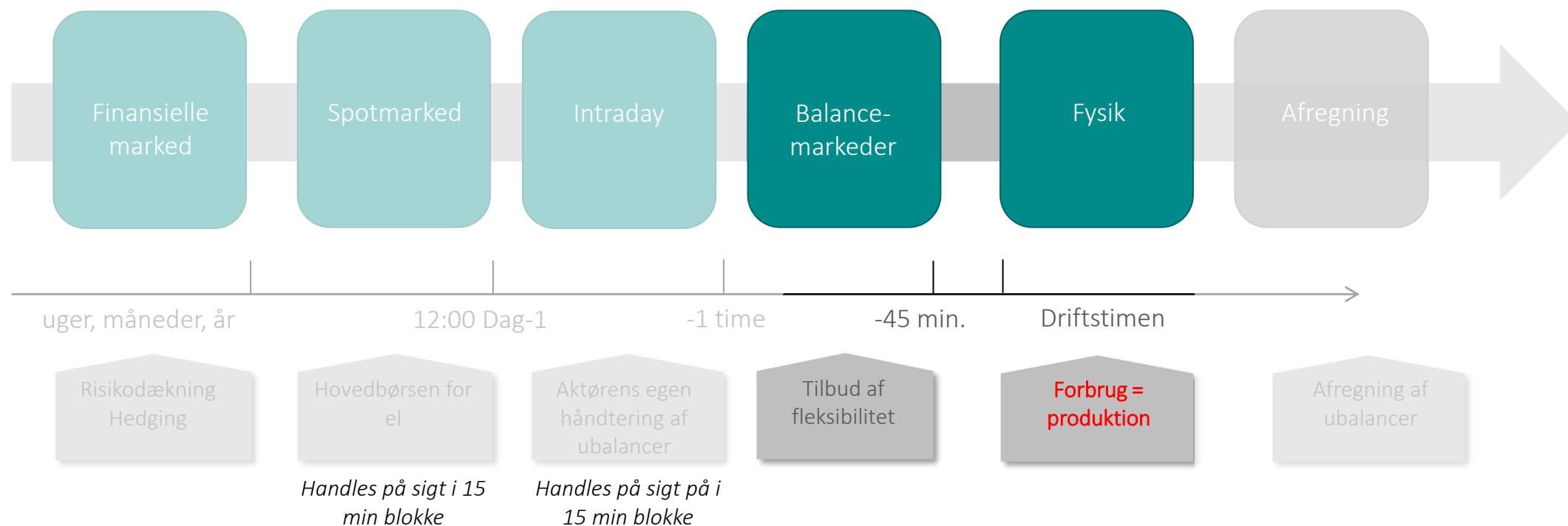
Tlf: 51 67 78 86

A large, lattice-structured electricity pylon stands prominently in the foreground, with several high-voltage power lines extending from it across the sky. The pylon is situated in a lush green field. In the background, a dense line of trees separates the field from a distant town or village. Other smaller pylons are visible further away on the right side of the image. The sky is a clear blue with some light, wispy clouds.

3. SYSTEMYDELSER NU OG PÅ SIGT

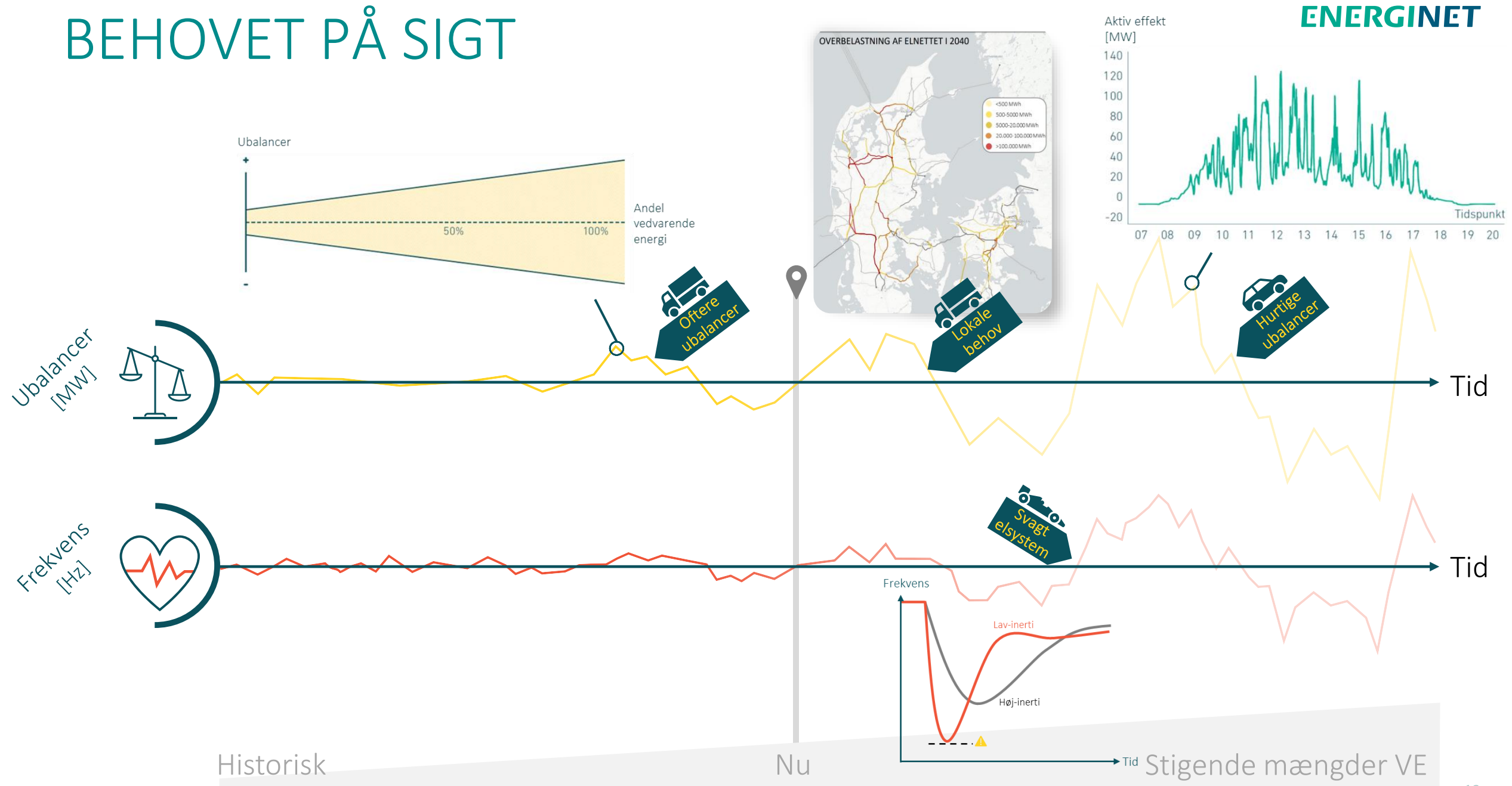
- Jesper Buck, Energinet

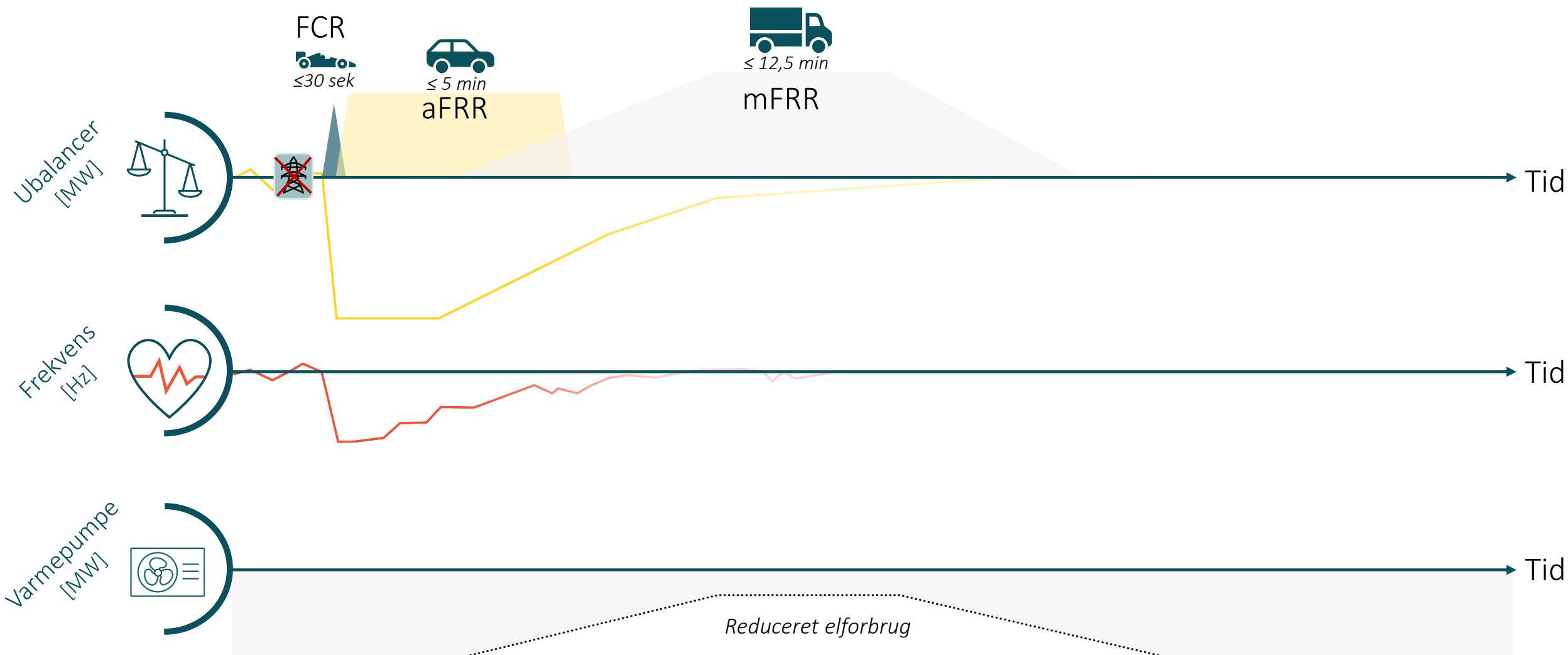
ELMARKEDET ER MERE END ÉT MARKED



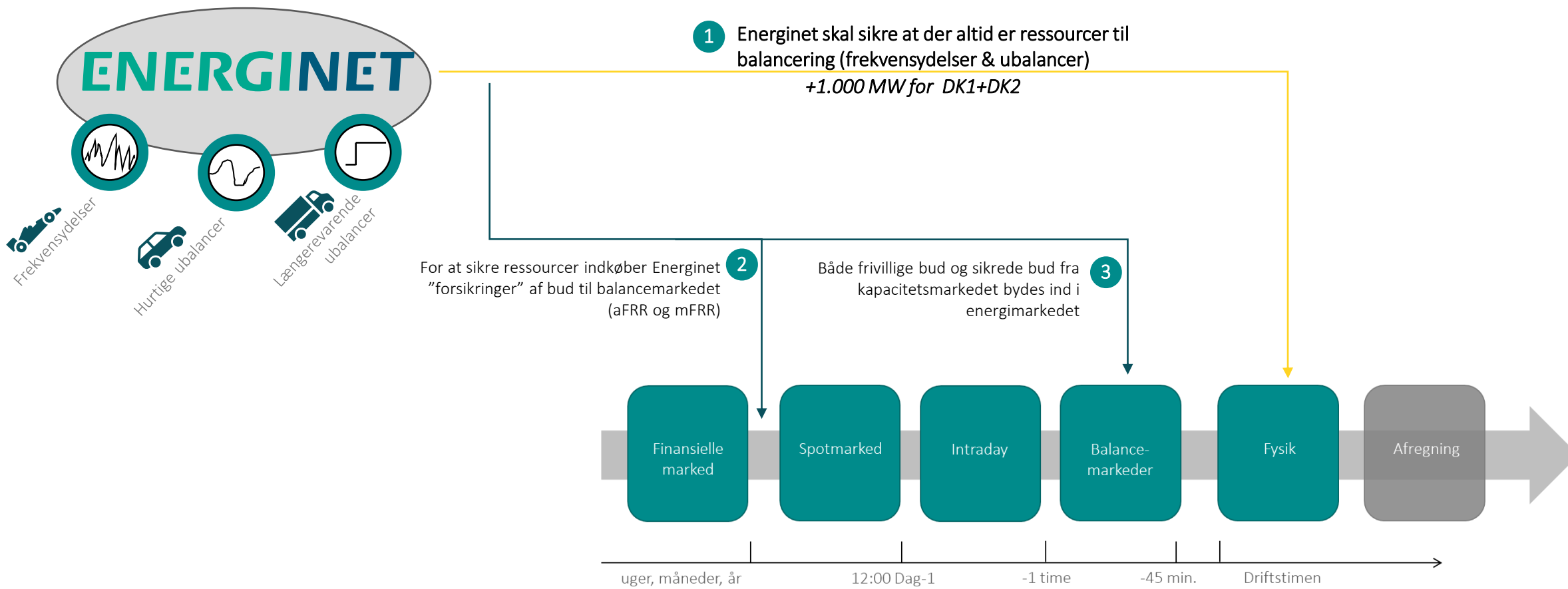
BEHOVET PÅ SIGT

ENERGINET

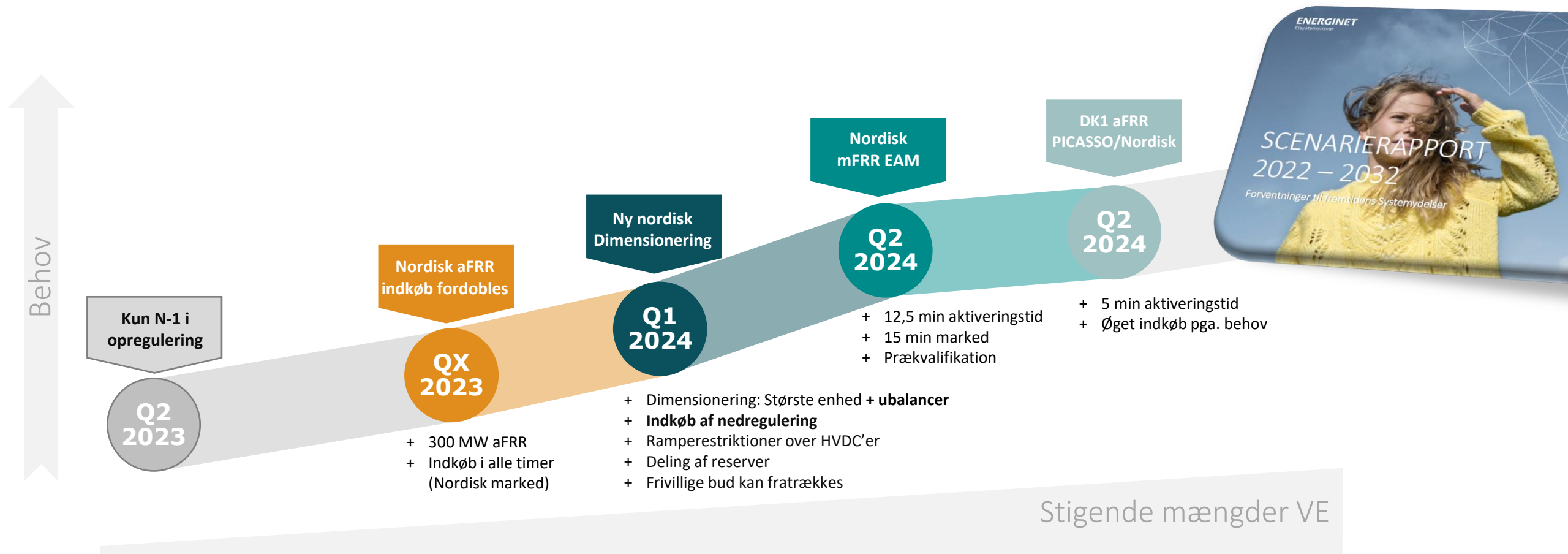




HVORDAN SKAFFER VI RESSOURCER?



KOMMENDE TILTAG OG PÅVIRKNING



PRISER FOR KAPACITET, 2022

Ydelse	Indkøbt i antal timer	DK-levering Gns. MW	Markedsstørrelse Gns. MW	Gns. pris kr/MW/h	Årsbetaling MDKK/MW
FCR symmetrisk (DK1)	8760	1	122	172	1,51
mFRR (DK1) – dag	8760	297	297	11	0,93
aFRR symmetrisk (DK1)	5328 **(8760)	100	100	1.091	(9,56)
mFRR (DK2) – dag	8760	257	257	149	1,31
mFRR (DK2) – måned	8760	346	346	96	0,84
aFRR opregulering (DK2-Nordisk)	480 *(7300)	0	300-400	708	(5,17)
aFRR nedregulering (DK2-Nordisk)	480 *(7300)	4	300-400	535	(3,91)
FCR-N symmetrisk (DK2)	8760	5	258	483	4,23
FCR-D opregulering (DK2)	8760	21	600	470	4,12
FCR-D nedregulering (DK2)	3240 *(8760)	24	159 *(600)	331	(2,90)
FFR-opregulering (DK2)	1534	6	6	2.412	3,70
aFRR opregulering (Tysk)	8760		1.700-2.800	100	0,87
aFRR nedregulering (Tysk)	8760		1.700-2.800	102	0,89

** Købes i 8760 timer. Øvrige timer er leveret af én byder.

* Antal indkøbstimer fremadrettet (nye markeder)

DIVERSITET I MIKSET AF AKTØRER

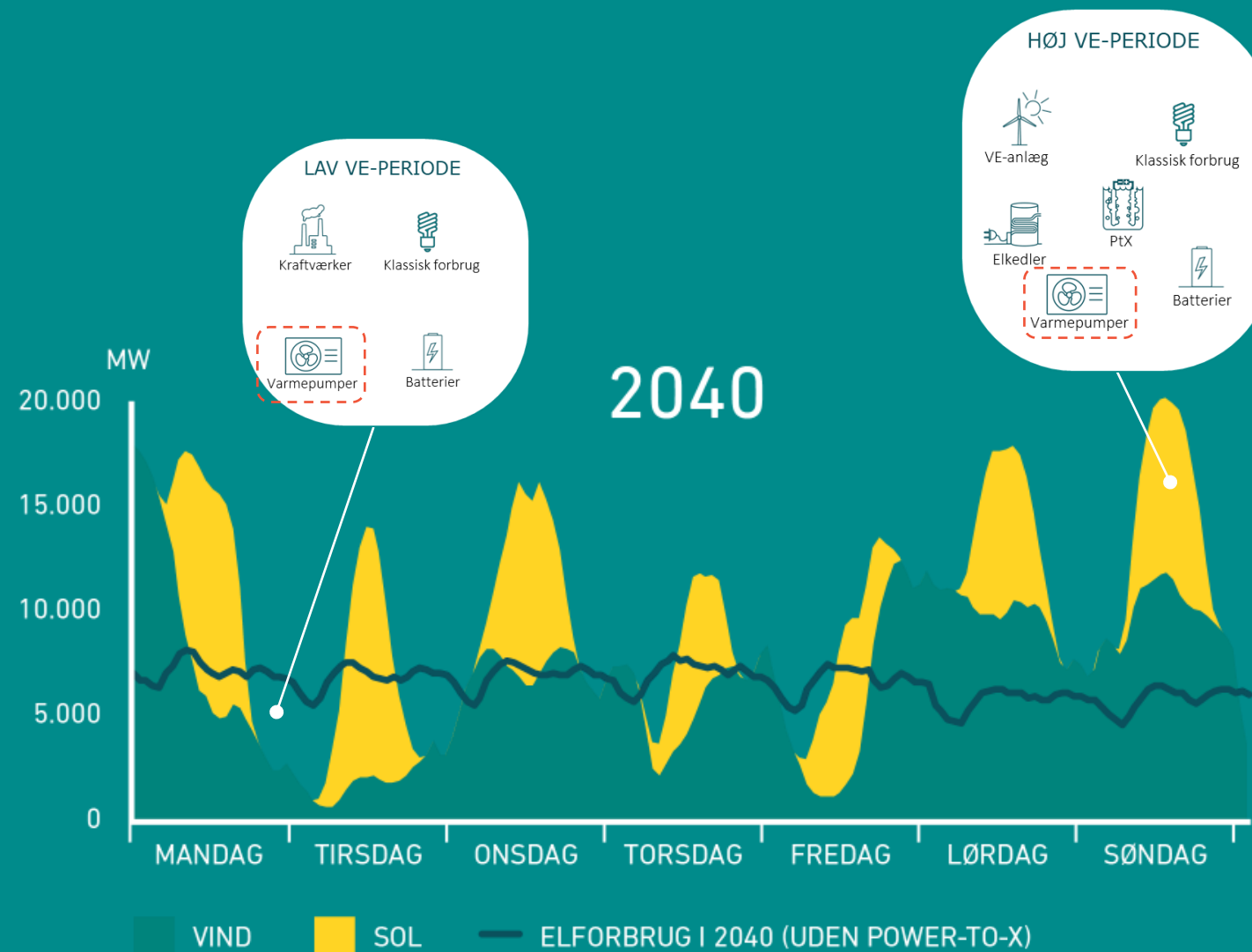


Elsystemet har behov for en bred portefølje af balanceringsressourcer for at kunne opretholde en høj forsyningssikkerhed på sigt.



Endnu ingen varmepumper godkendt til at levere systemydelse!

... Varmepumpen ved Sdr. Felding bliver den første! 🌊



HVORFOR VARMEPUMPER?

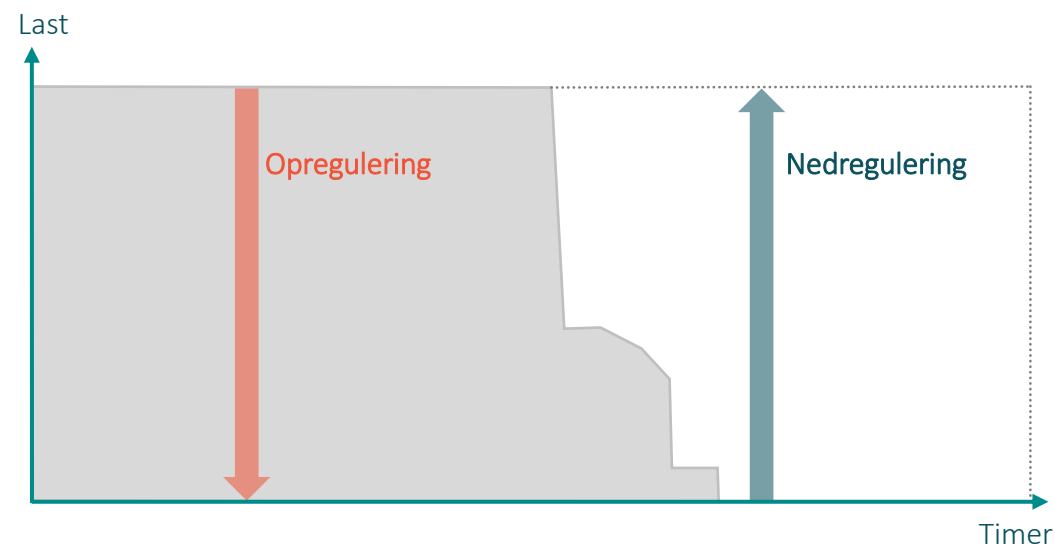
For elsystemet:

- ✓ Mange varmepumper på sigt
- ✓ Mange driftstimer
- ✓ Med lager og andre produktionsformer rummer fjernvarme enormt meget fleksibilitet.

For fjernvarmesystemet:

- ✓ Lavere varmepriser
- ✓ Lavere tariffer
- ✓ Eksport af knowhow og teknologi
- ✓ Understøtter en grønnere verden

Varighedskurve – varmepumpe last



SPØRGSMÅL



 jwb@energinet.dk

 25 17 81 27

PAUSE TIL



10.45



CASE: SDR. FELDING FJERNVARME

Indhold:

- ❑ Driftserfaring ved Sdr. Felding Fjernvarme
Tonny D. Jensen, Sdr. Felding Fjernvarme
- ❑ Potentialet for Systemydelse ved Sdr. Felding Fjernvarme
Jesper Buck, Energinet
- ❑ Varmepumpens tekniske egenskaber
Ebbe Nørgaard, FENAGY



SDR. FELDING VARMEVÆRK

- Drifter sideløbende Trolldhede Varmeværk der har en 0,8MW varmepumpe uden nævneværdig mulighed for at levere **systemydelser**.
- Har fyret med flis siden 1985.
- En teknisk udtjent 2MW fliskedel skubbede os i gang.
- Det besluttedet at "gå stort", altså have mulighed for **termisk lagring** og at deltage i **systemydelser**.
- Der indkøbes en 3,3MW Fenagy Co2 varmepumpe, en 10MW Parat elkedel og en 3370m3 akkumuleringskøleakumulator (4,5m3 pr forbruger).
- Vi stillede allerede i udbuddet krav til leverandørerne for at ruste os bedst muligt til at være fleksible og dermed kunne deltage i **systemydelser**.



DRIFTSERFARINGER OG FLEKSIBILITET

SDR. FELDING

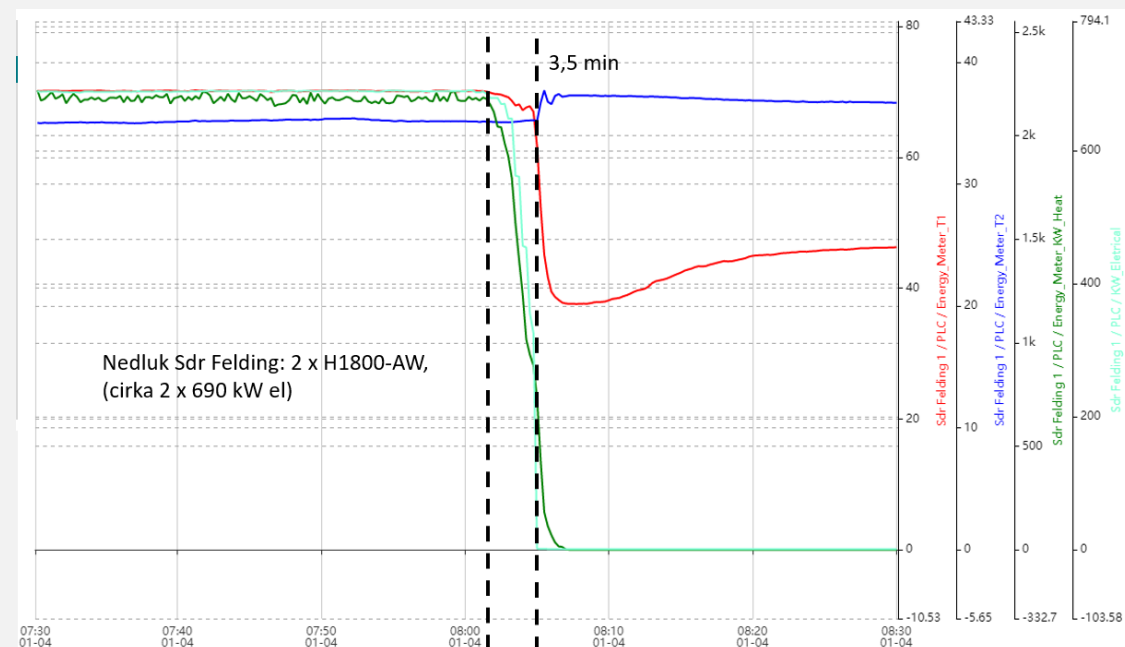
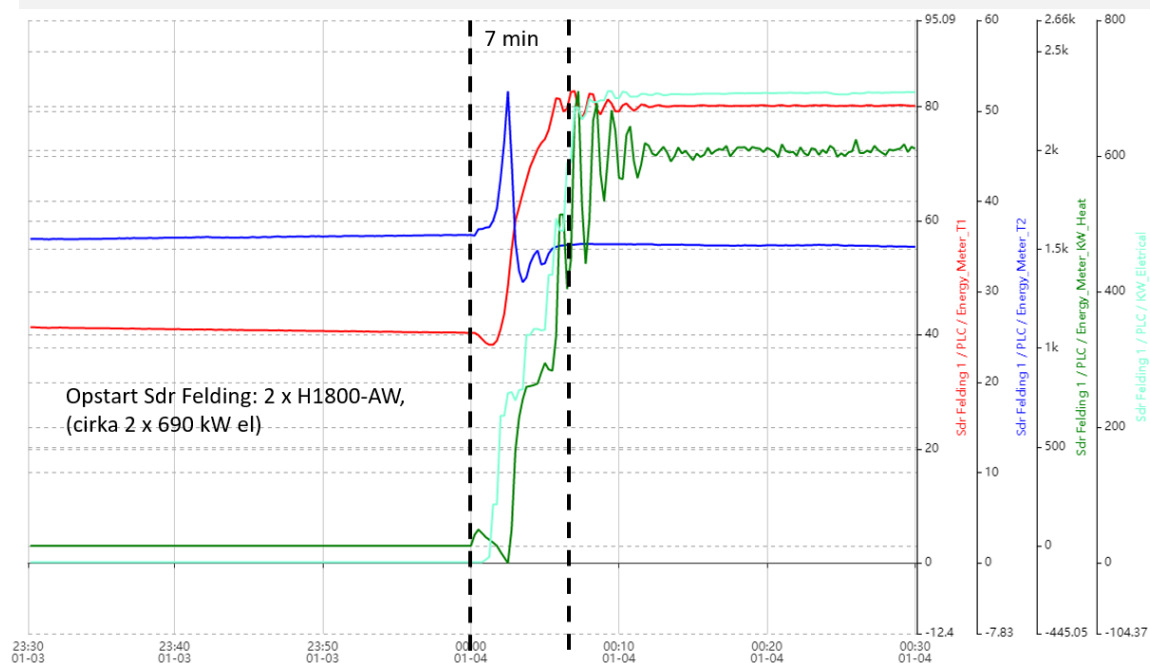
- Vi havde fra start af en holdning om hvordan især varmepumpen skulle bruges. 0% eller 100%. Altid 70grader fremløb. Men vi blev hurtigt en erfaring rigere, da akku-tanken første gang var fuld. Flexibiliteten ved at kunne levere 85 grader fremløb betyder 30% mere indhold i vores akku-tank (prisen er COP). Det udnytter vi i høj grad når der er store mængder **nedregulering**. 0% eller 100% drift er ok til nedregulering, men hvad med andre **systemydelser**?
- Vi har været nysgerrige omkring **elmarkeder** og **systemydelser** fra start af, men læringskurven har været stejl. Meget er sket ved hjælp af "trial and error".
- Akku-tanken gør at jeg har mange forskellige strategier afhængig af indhold og prognoser.
- Øvrige anlæg kan begrænse ens fleksibilitet. Vores fliskedler var ikke klar til samme fleksibilitet som varmepumpe og elkedel.
- Vi vil altid producere på det billigste anlæg, derfor er det super afgørende at man har helt styr på sine **kip-priser**.
- Erfaring viser at man skal være tilgængelig (god dag den 10/4 med stor betaling for **nedregulering**).



DE ER DESIGNET TIL AT KUNNE STARTE OG STOPPE INDENFOR 15 MINUTTER

- ❖ Nuværende styring
- ❖ FENcontrol leverer allerede indenfor mFRR
- ❖ Fuld start/ stop indenfor 15 minutter

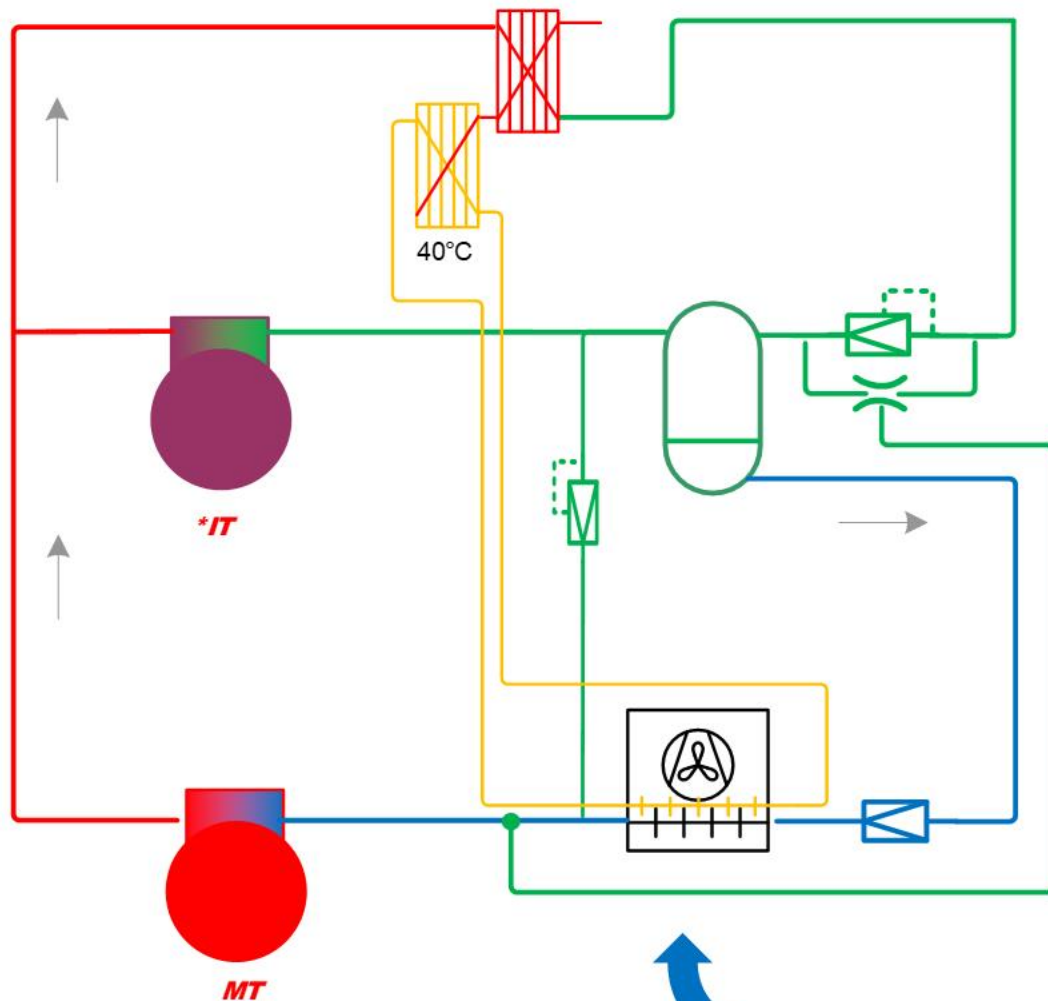
				
FFR	FCR-D FCR	FCR-N	aFRR	mFRR
Aktiveringstid				
~ 1 s	5 - 30 s	2,5 min	30 s – 15 min	15 min



FENAGY



Elektrisk indgang



Water source

Air source

Air cooled GC

HP valve

GBP valve

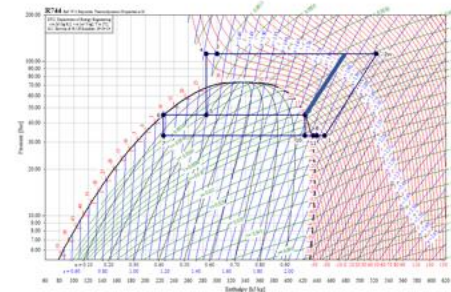
IT compressor

Oil management

Defrost

HP Ejector

Expander

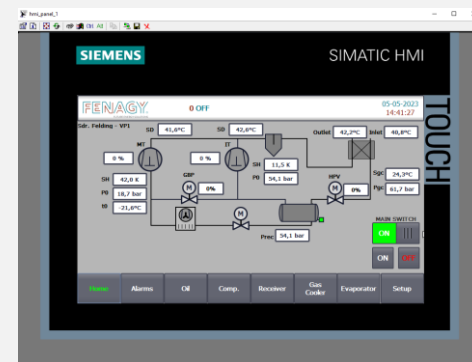
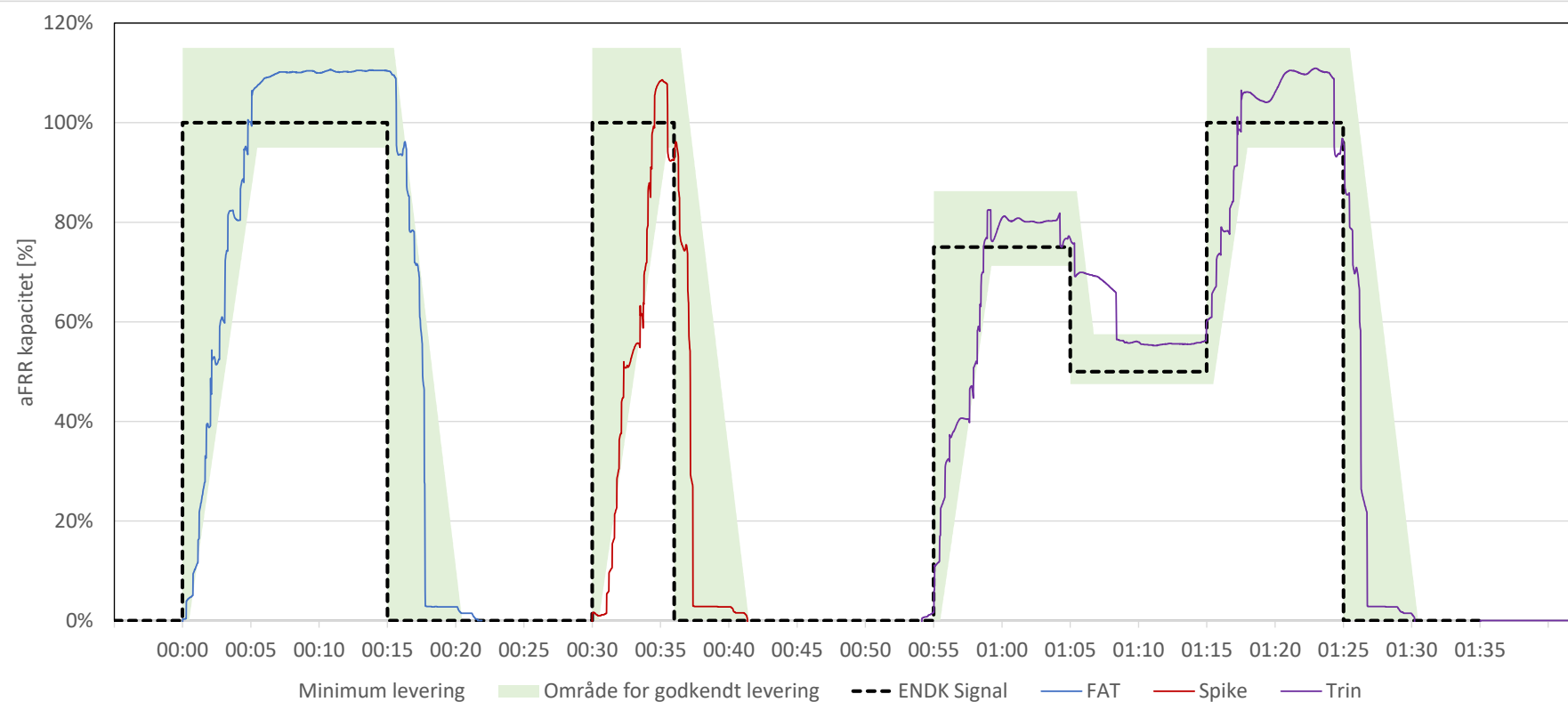


ER ET CO2 ANLÆG SÆRLIG HURTIG?

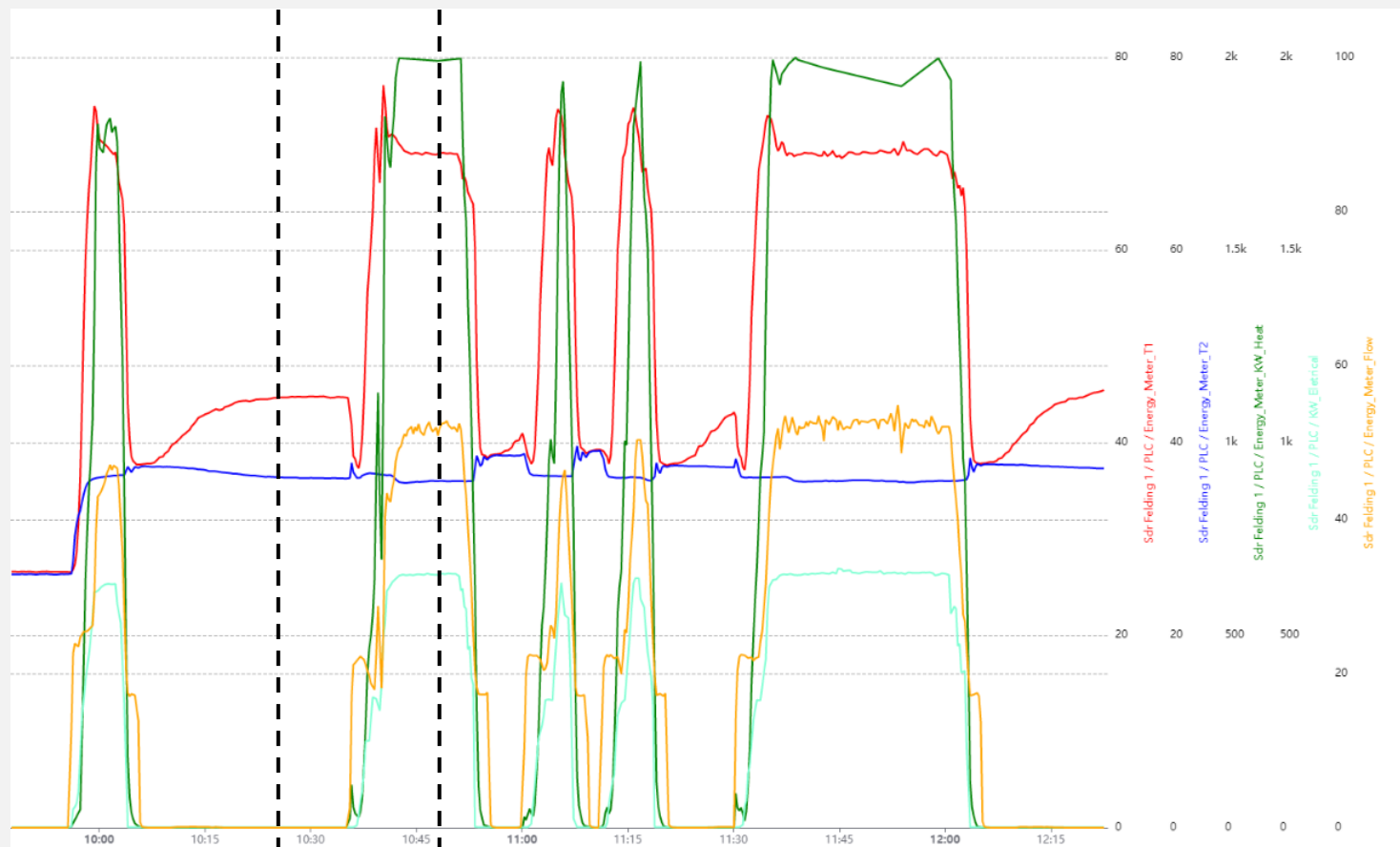
- ❖ Jo mindre komponenter desto mindre termisk masse → Hurtig temperaturudligning, mindre slid
- ❖ Relativ lille kølemiddelfyldning og stor massestrøm → Hurtig pumpdown ved stop (tømning af fordampere)
- ❖ Systemopbygning og fordampningsenthalpi for CO₂ → Lille risiko for væskeslag
- ❖ Hvis ingen IT kompressorer → kan det gå noget hurtigere (lige nu er det IT kompressorerne der tager mest tid)

HVAD HAR VI GJORT FOR AT AFKORTE REAKTIONSTID?

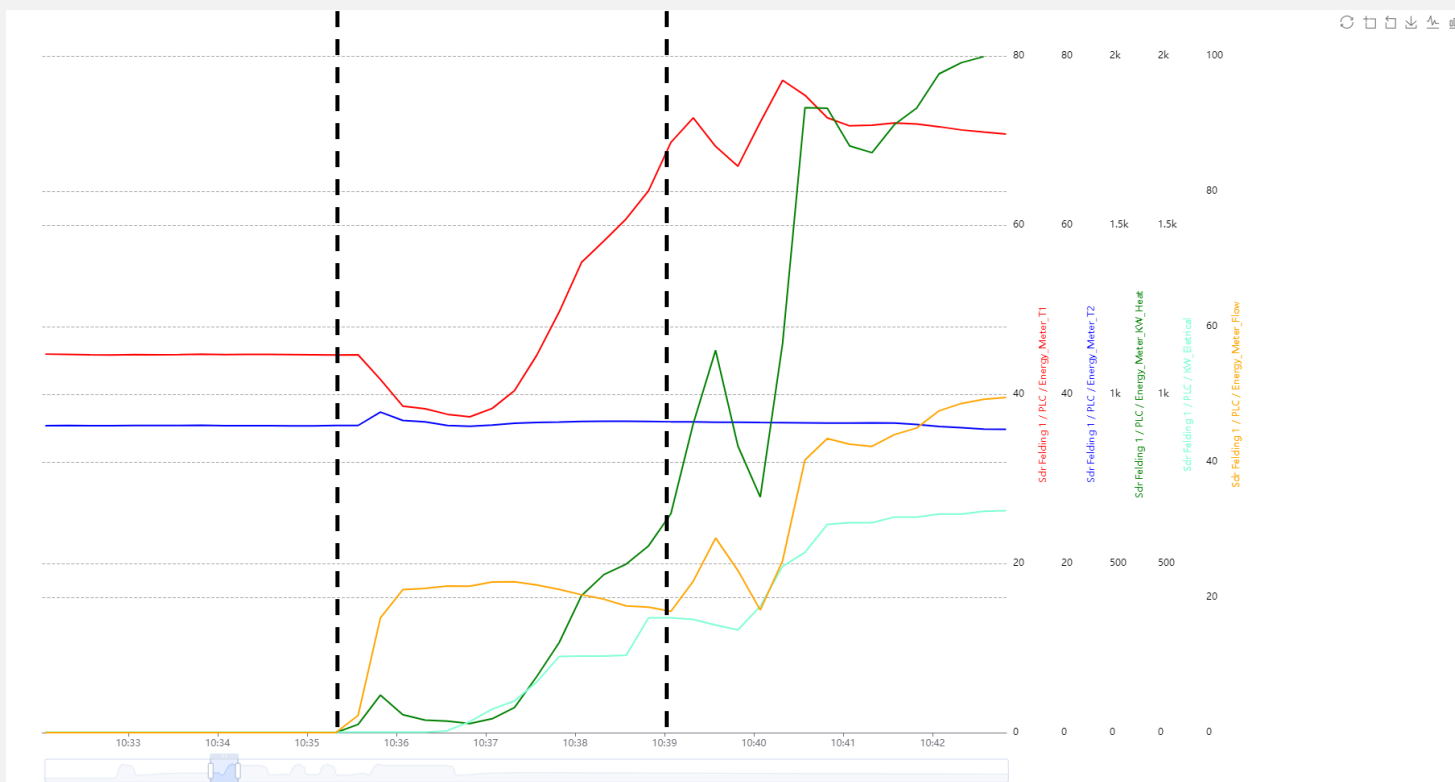
- ❖ Fjernet opstartssekvens med recirkulation af vand for at undgå koldprop
- ❖ Forberedelse og ændring af rigtig mange styringsparametre i FENcontrol – testen udført remote af Mads og Jonas



TEMPERATUR OG FLOW



TEMPERATUR OG FLOW



Timestamp: 2023-05-04 10:35:34

- Energy_Meter_T1: 44.66999816894531
- Energy_Meter_T2: 36.30999755859375
- Energy_Meter_KW_Heat: 24.0
- KW_Eletrical: 0.9044912457466125
- Energy_Meter_Flow: 2.5299999713897705

Timestamp: 2023-05-04 10:39:04

- Energy_Meter_T1: 69.7699966430664
- Energy_Meter_T2: 36.75
- Energy_Meter_KW_Heat: 647.0
- KW_Eletrical: 339.0278015136719
- Energy_Meter_Flow: 17.920000076293945

- ❖ 3,5 minutter før temperatur setpkt er nået
- ❖ Flow 18..20 m³/h = **1,2 m³ på 3,5 minut**

HVAD SÅ NU?

- ❖ 2 start / stop per time er Fenagy standard og aFRR krav – Fenagy garanti uændret
- ❖ Det kan trimmes endnu mere, men under 30 sekunder bliver formentlig ikke hele kapaciteten (FCR?)
- ❖ Forskellige ændringer kræves på forskellige anlæg – mest software og måske lidt hardware
- ❖ Der skal laves individuel indkøring og test på alle

MODEL- SDR. FELDING

Variabler:

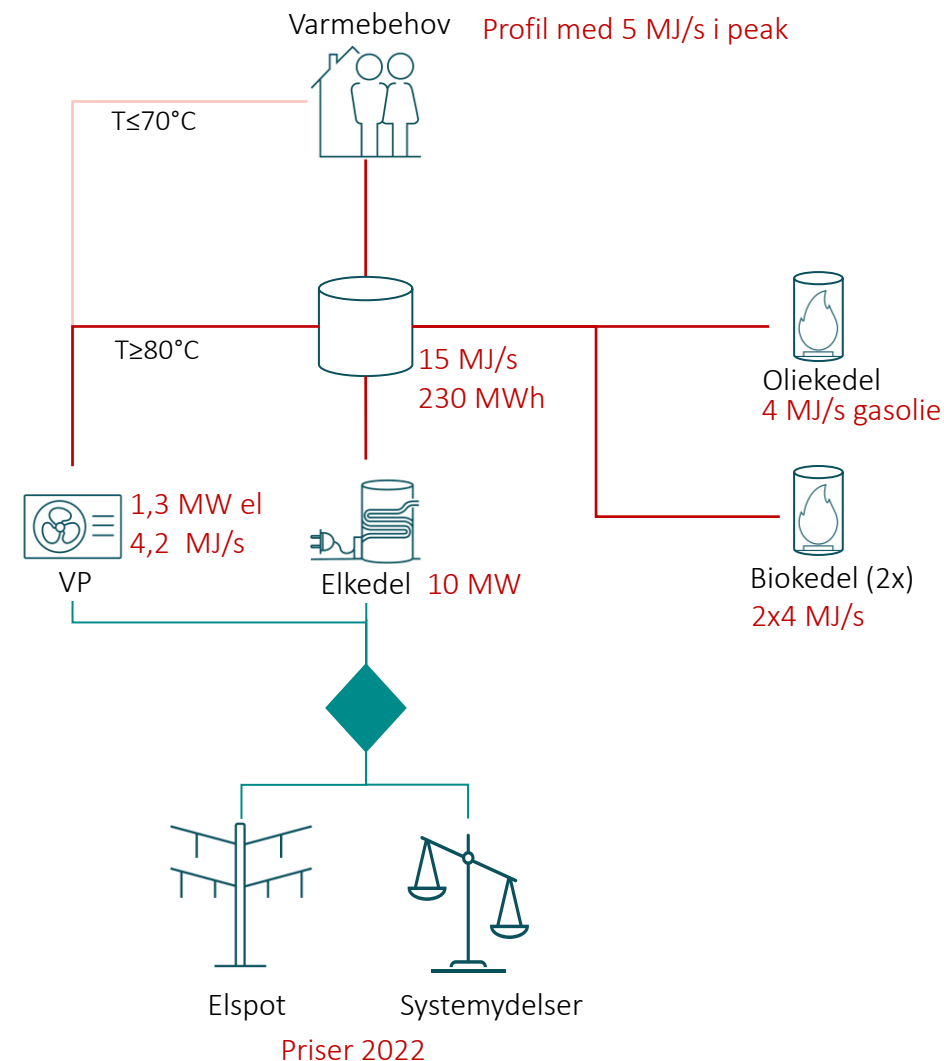
- Varmelager/kedler/varmepumper
- El/varme/opstart/VP-temperatur/systemydelser (kun kapacitetsmarkeder)
- Dispatcher på timeniveau

Forudsætninger:

- Variable driftsomkostninger baseret på Sdr. Felding Fjernvarme.
- COP baseret på udetemperatur på timeniveau
- Priser baseret på 2022
- Varmepumpe og elkedler kan levere alle ydelser

Mangler i modellen:

- Perfect foresight – alt kendes på forhånd!
- Pristager – man påvirker ikke prisen
- Energibetalingen er ikke optimeret og beregnet efterfølgende

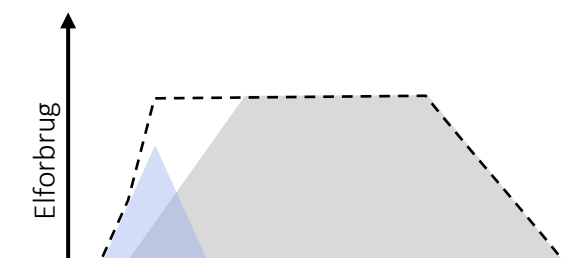
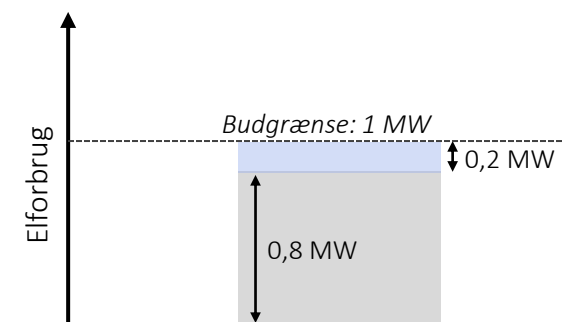
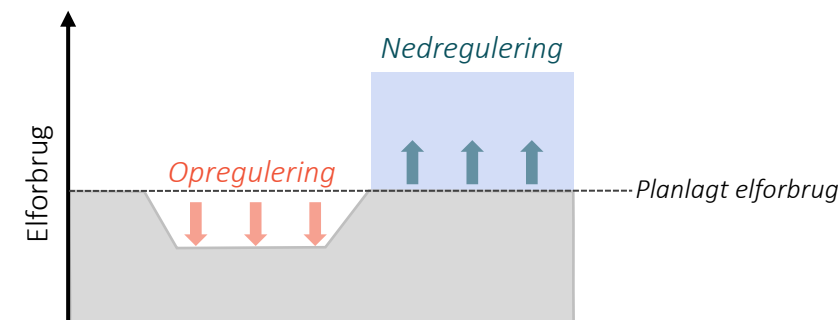
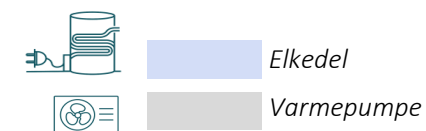


SYNERGIER MELLEM VARMEPUMPER OG ELKEDLER

Varmepumper har typisk mange driftstimer og er derfor oplagte **opregulerings**ressource (nedregulering af elforbrug).

Elkedler har typisk få driftstimer og er derfor oplagte **nedregulerings**ressource (opregulering af elforbrug).

- Varmepumpen kan levere **opregulering**, mens elkedel leverer **nedregulering** => Levering i **begge retninger**.
- Elkedlen kan supplere med op/nedregulering for at ramme **hele MW'er** til budindmelding.
- Elkedler kan endvidere også supplere ift. **leveringshastigheder**.



SCENARIER

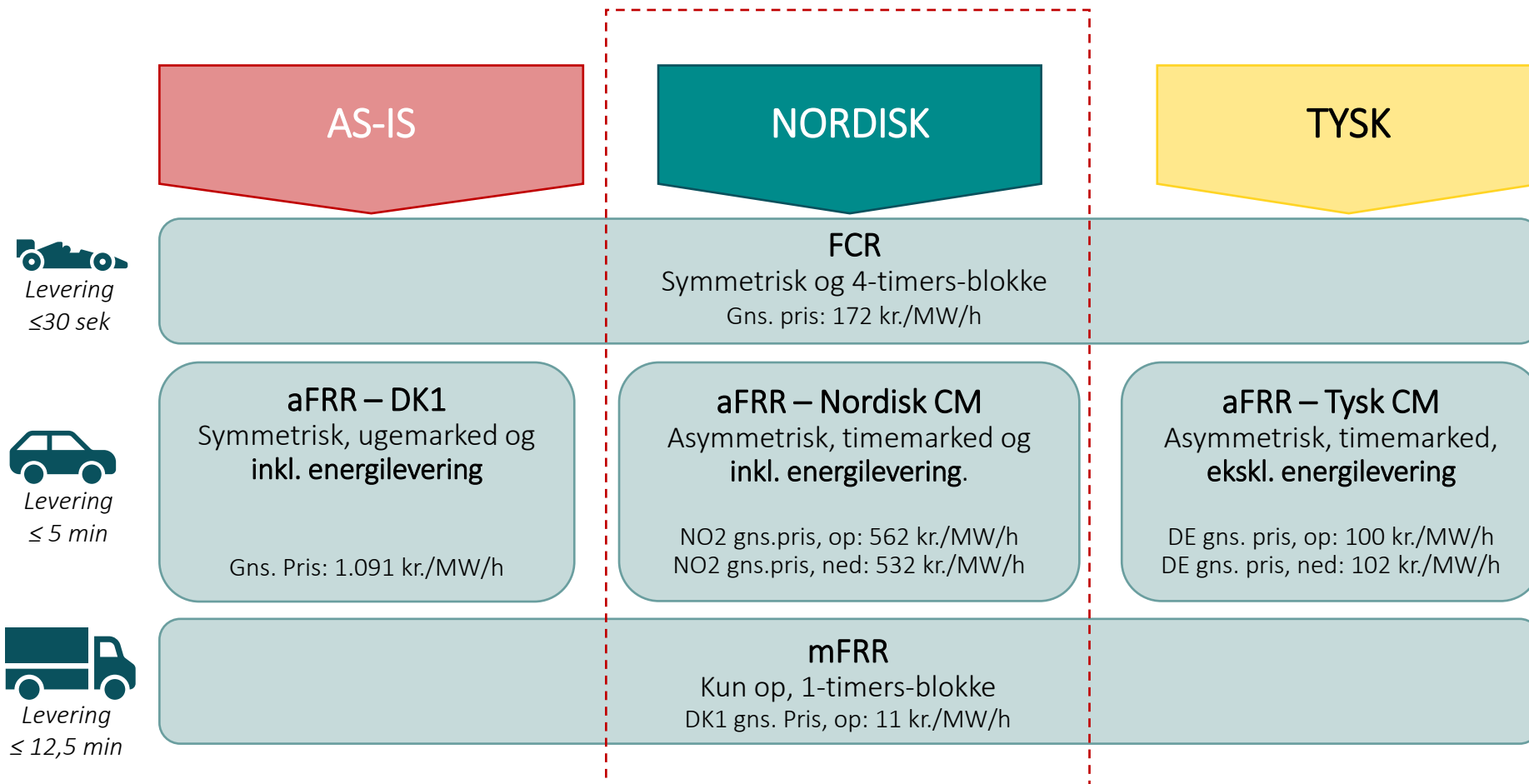
ER SDR. FELDING KONKURRENCEDYGTIG?

❖ **Reference**
Uden systemydelse

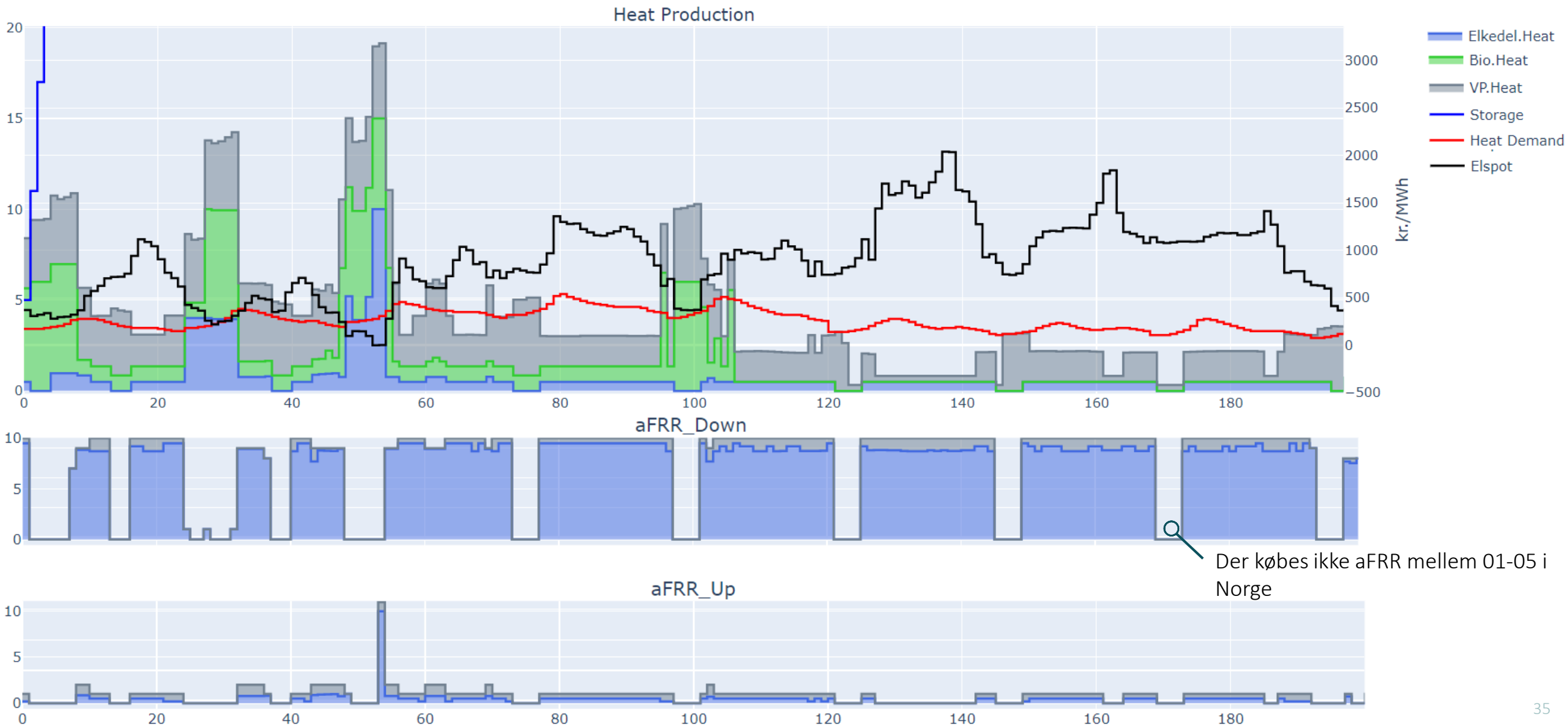
❖ **AS-IS**
Danske aFRR priser

❖ **Nordisk**
Norske aFRR priser (NO2)

❖ **Tysk**
Tyske aFRR priser
NB: Energi bydes for sig.

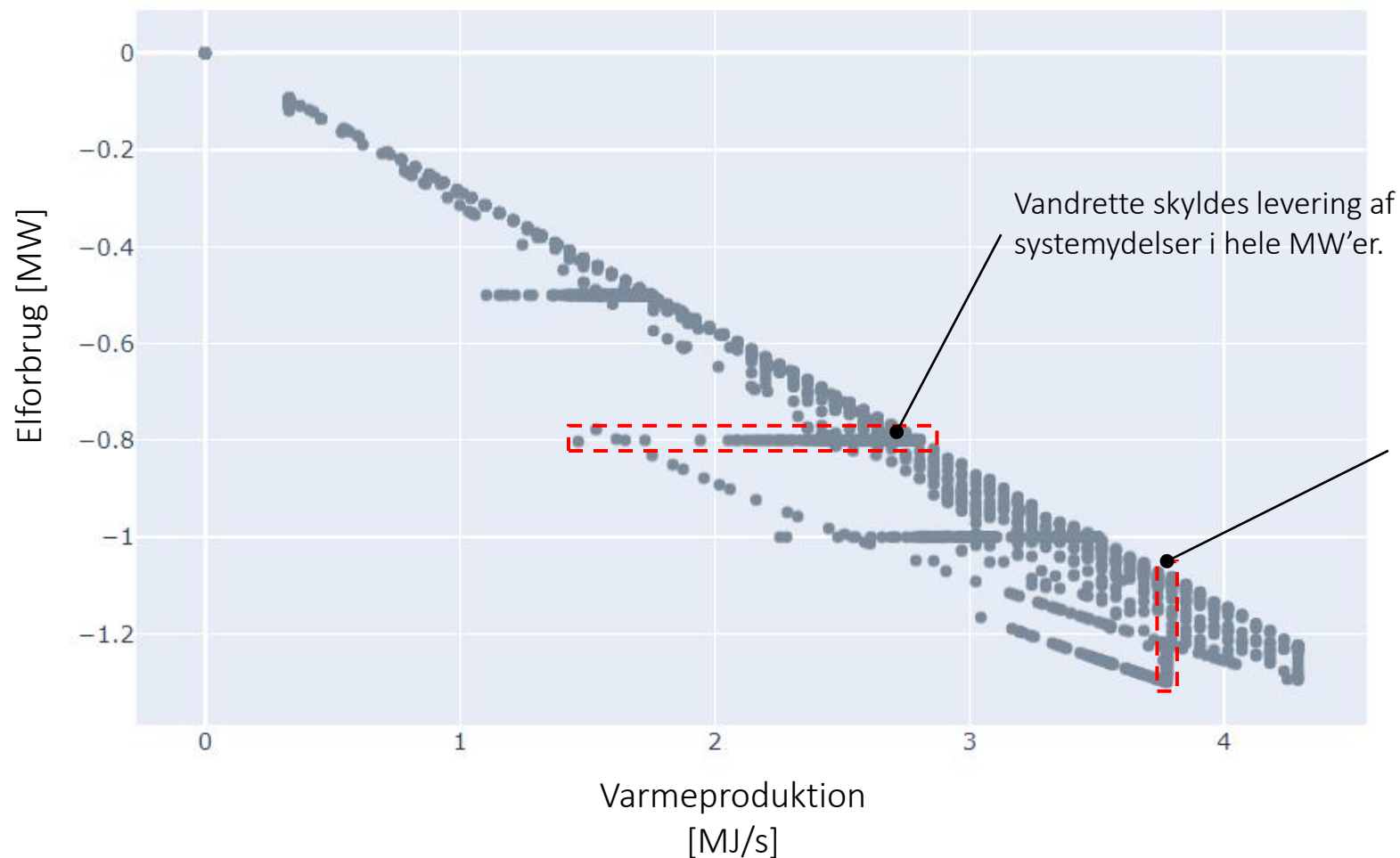


DEEP DIVE NORDISK – UDSNIT: JANUAR 2022



DEEP DIVE NORDISK – SIMULERET VP DRIFT

Driftsdiagram - Varmepumpe



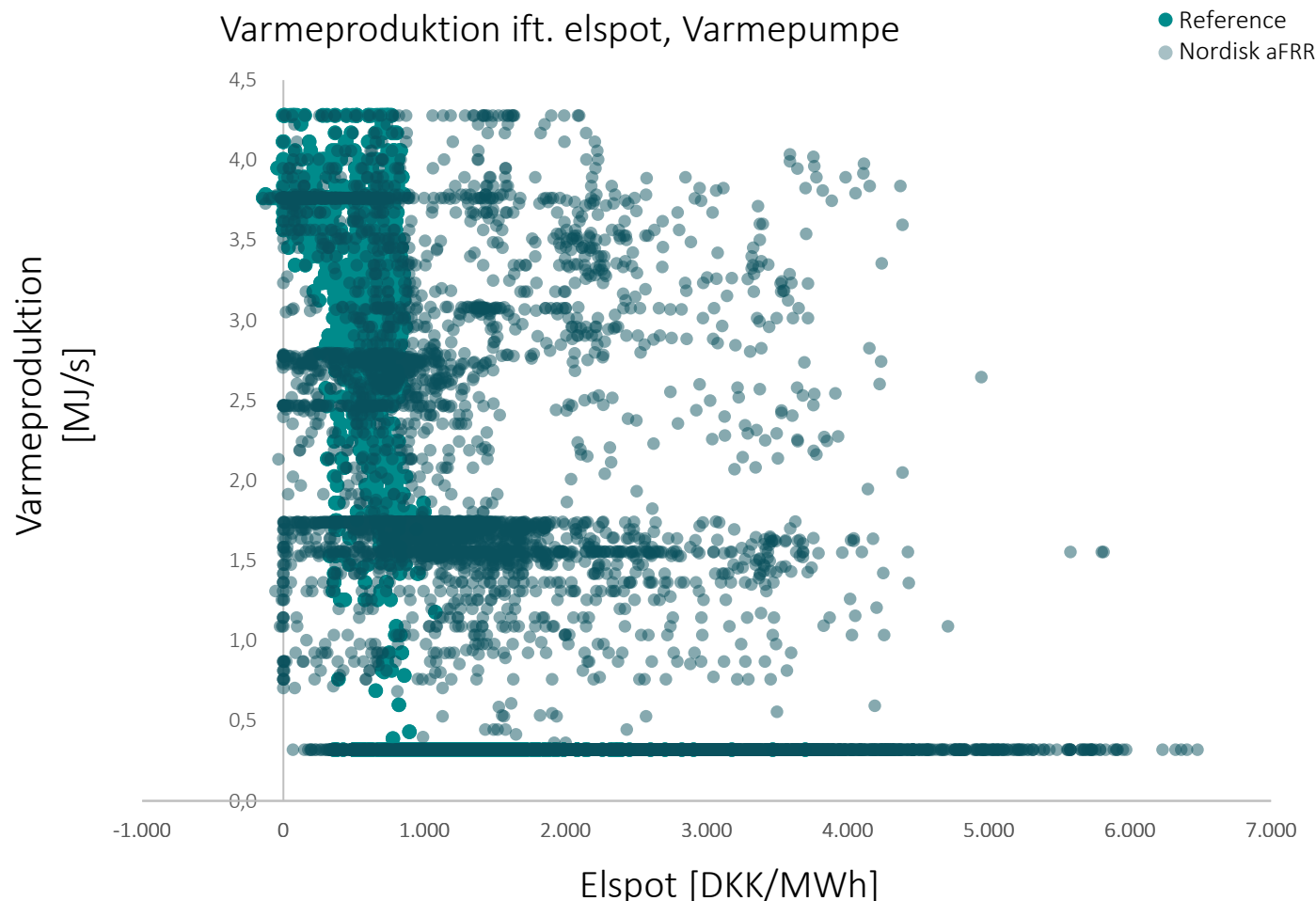
Vertikalt skyldes varierende COP og/eller øget fremløbstemperatur.

Indregnes systemydelser øges fremløbstemperaturen 2-4 gange så ofte ift. referencen uden systemydelser.



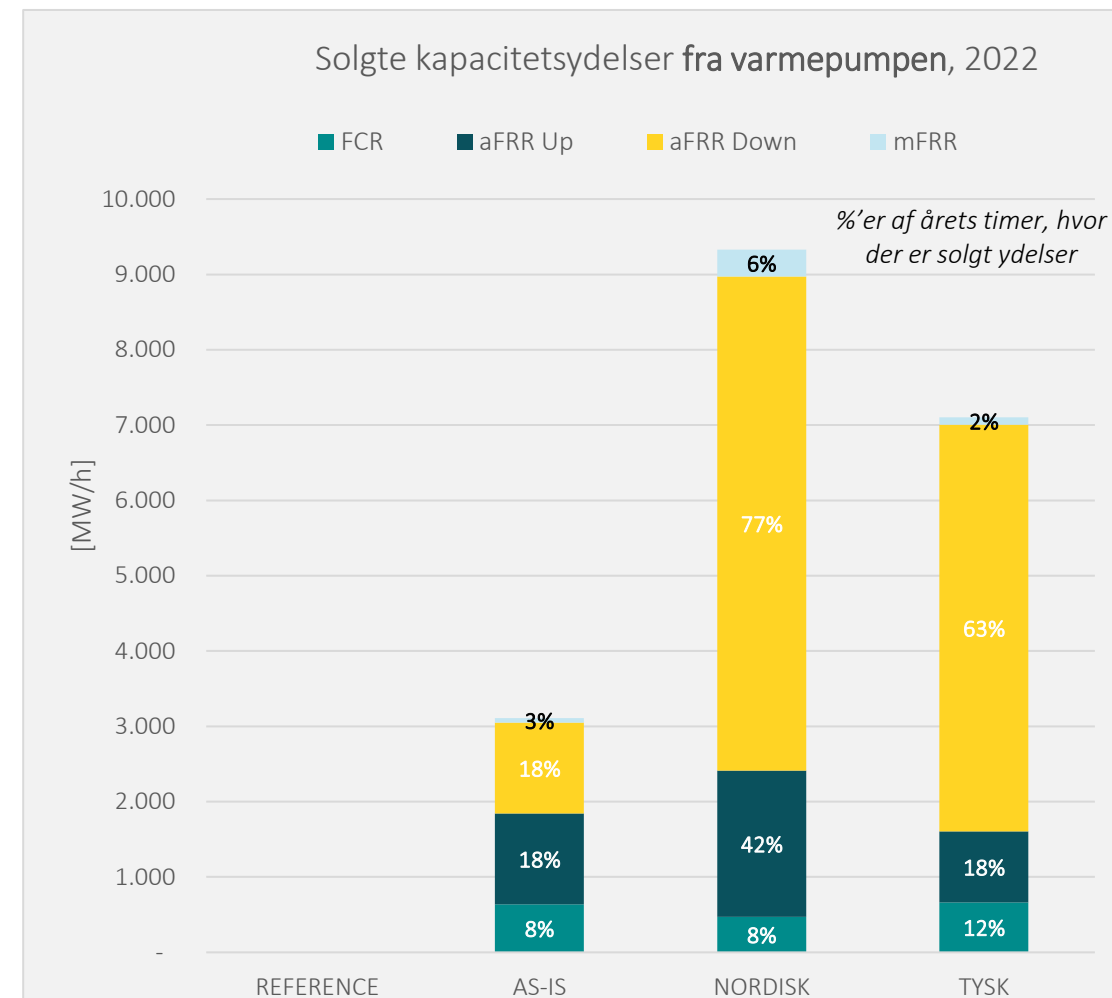
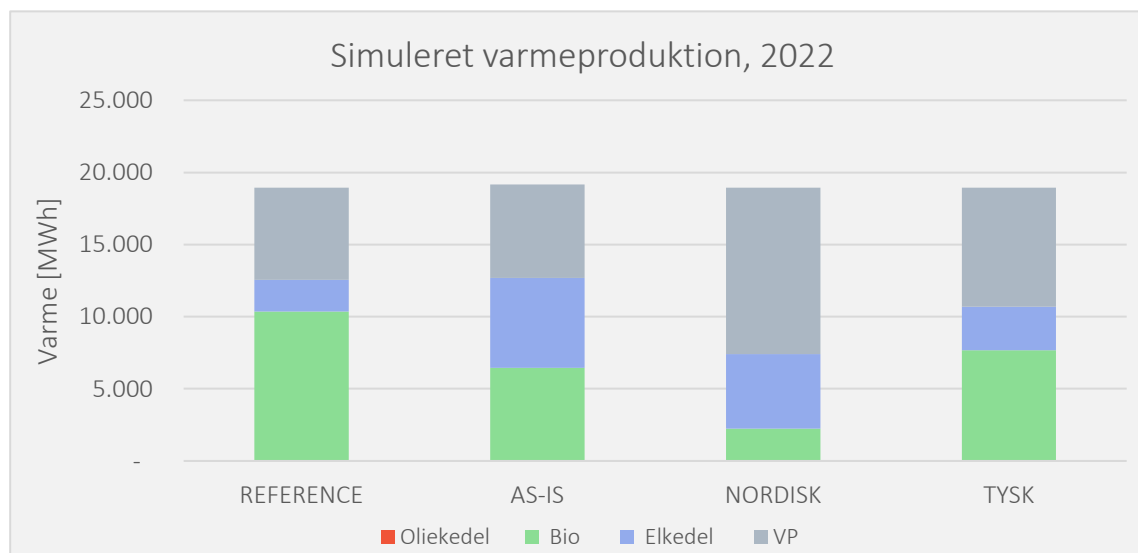
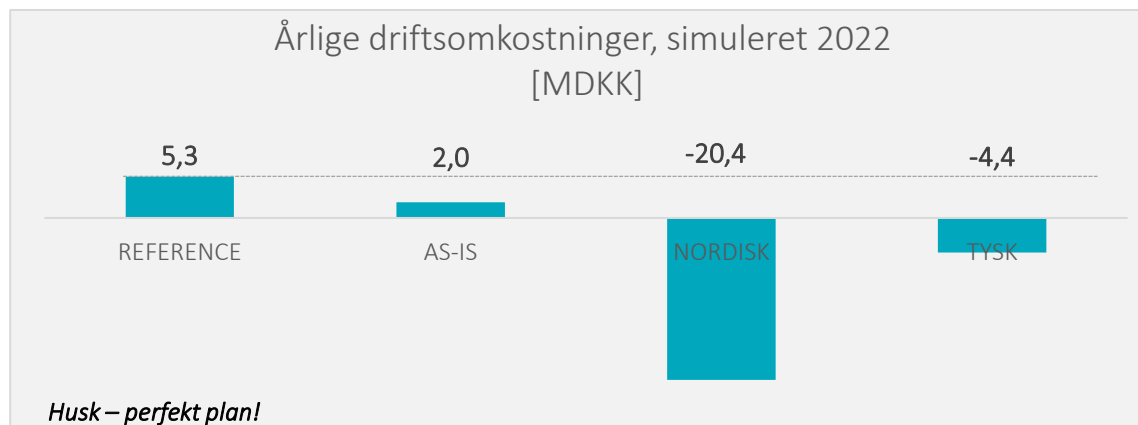
Hvor høj en COP skal man jage?

DEEP DIVE NORDISK – SIMULERET VP DRIFT



- ❖ Slukket perioder er filtreret fra.
- ❖ Uden systemydelse ses en tydelig KIP-pris for varmepumpen, svarende til varmeprisen for biomassekedlen.
- ❖ Varmepumpen driftes i væsentlig flere timer, når man indregner kapacitetsbetalingen.
- ❖ Ved minimumslast leveres primært nedregulering
- ❖ Ved maksimal last leveres primært opregulering

RESULTATER

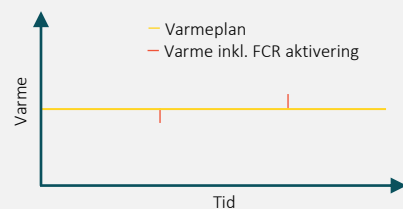


FAKTISK AKTIVERING

FCR



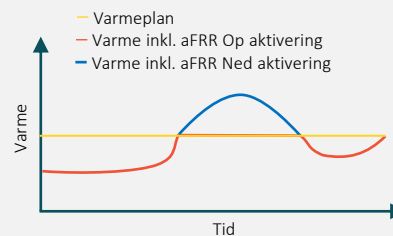
- ❖ Gennemsnitligt 1/8 timer kræver en aktivering.
- ❖ En typisk aktivering er ca. 10-20% af budstørrelsen.
- ❖ Leveringen er typisk <30 sekunder.
- ❖ **Påvirker ikke varmeplanen.**



aFRR



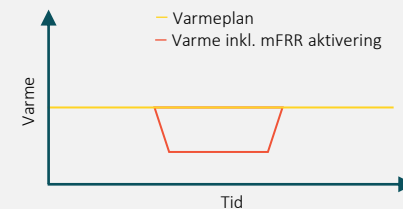
- ❖ Kontinuerlig aktivering.
- ❖ Leverancer fra 10-100% af budstørrelsen.
- ❖ Fra 2025 kan aktiveringsgraden styres gennem energipris.
- ❖ **Påvirker varmeplanen.**



mFRR



- ❖ Kontinuerligt behov.
- ❖ Aktiveringsgraden kan styres gennem energipris.
- ❖ Leverancer fra 0-100% af budstørrelsen.
- ❖ **Påvirker varmeplanen ved aktivering**





5. INSPIRATION FRA BRANCHEN 2: TØRRING KRAFTVARMEVÆRK

Erfaringer med at deltage i forskellige el-markeder

Personale:



Direktør
Torben
1. feb. 2021



Driftsmester
Jesper
1. aug. 2021



Komm.-HR chef
Maria
1. aug. 2022



Controller
Sara
1. feb. 2023



Bogholder
Tina
1. feb. 2023



Økonomiass.
Helle
1. nov. 2022



Driftstekniker
Bjarke
1. okt. 2022



Driftsassistent
Filip
19. sep. 2022



Vagtafløser
Morten
1. sep. 1987



Flex medhjælper
Bruno
4. juli 2022

Produktionskapacitet

Produktions diversitet 2022

- Gaskedler 2 stk. 6,8 MW
- Gasmotor kraftvarme 5,6 MW
- Træpille kedel 2 stk. 1,9 MW
- Elektrisk varmepumpe 1,0 MW
- El kedel / gaskedel 1, 2 MW nedlægges 8,0 MW
- Midlertidig 4 x 0,25 træpille kedler Ølholm 1,0 MW
- Solvarme 7.000 MWh årlig produktion
- Lager kapacitet 4.360 m³

Planlagte udvidelser og produktions diversitet:

- Elektrisk varmepumpe 3,0 MW – Ølholm
- Opgradering/udvidelse solvarmeanlæg 3.500 MWh årlig produktion
- Lager kapacitet 2.500 m³ - Tørring
- Lager kapacitet 1.000 m³ - Ølholm

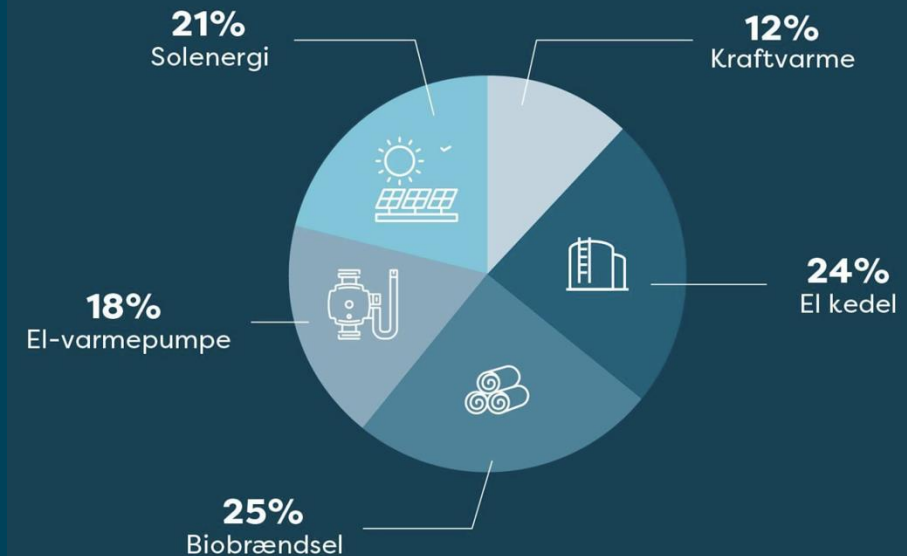
Erfaringer med at deltage i forskellige el-markeder

Planlægning og prioritering

- **Hvad har vi behov for**
 - Varme eller kapital
- **Hvilke muligheder har vi**
 - Produktionsudstyr
 - Indkøb og salg af energi
 - Alternativer



Varmekilder



- Rådighedsbud
- Regulerkraft
- Blokbud
- Balance
- Intraday

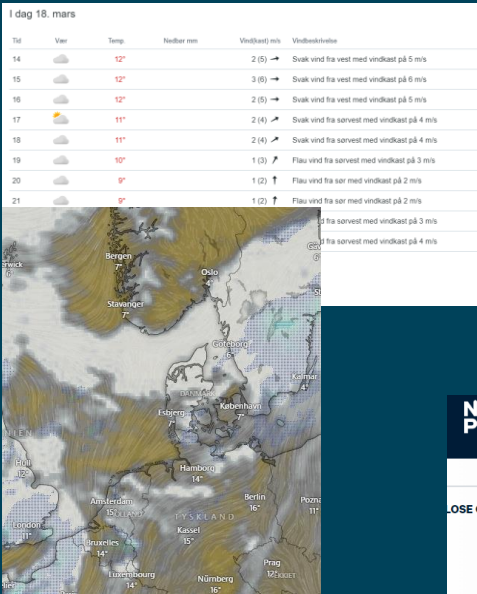


Planlægning og prioritering



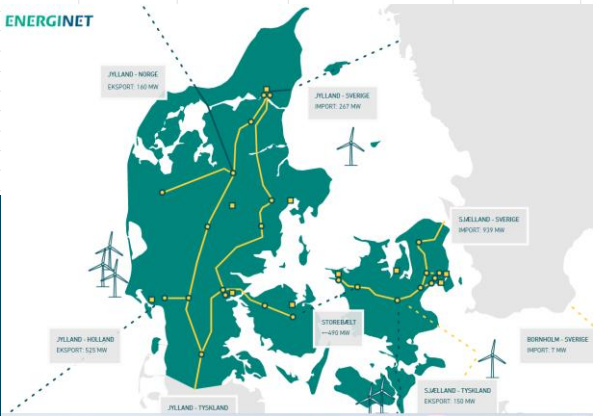
Hvordan skaber vi hurtig overblik og træffer beslutninger

- Vejrudsigter
- Energi børser
- Varmepri beregner
- Sund fornuft



Dagsændringer		
Gas pris	4,1	kr/m3n
El spotpris - DK1	1458	Kr/Mwh
Træpiller	0	Kr/ton
Nedreguleringsbud gasmotor	167	kr/Mwh-el
Ønsket varmepri	531	Kr/Mwh - varme
Indtastningsværdi		
AFGIFTER ÆNDRER UNDER DE ENKELTE FANEBLADE, IDET DE ANSES FOR AT VÆRE FASTE		
Beregningsvariabler		
Brændværdi gas	39,60	MJ/m3n
Gas motor indfyret effekt	11,33	Mwh
Gasmotor totalvirkningsgrad	0,85	
Gasmotor elvirkningsgrad	0,41	
Taget fra Neas Direct		
Gaskedel Varmevirkningsgrad		
	1,05	
Taget fra Neas Direct		
Brændværdi pille		
Brændværdi indfyret	18000	KJ/kg
Træpilleforbrug	227	kg/Mwh
Varme pillefy	1100	Kw/h
Taget ud fra produktions år 2020		
Tages fra IGSS / sro		
COP Varmepumpe		
	2,70	
Tages fra IGSS / sro		
Nettarif - Lav (B-lav)	16,57	øre/kWh
Nettarif - Høj (B-lav)	30,89	øre/kWh
Nettarif - Spids (B-lav)	45,44	øre/kWh
Indfødningstarif - gasmotor	1,34	øre/kWh
Taget fra N1's hjemmeside		
Nettarif - Lav (B-høj)	12,27	øre/kWh
Nettarif - Høj (B-høj)	23,63	øre/kWh
Nettarif - Spids (B-høj)	35,49	øre/kWh
Taget fra N1's hjemmeside		
Nettarif - Lav (A-lav)	3,81	øre/kWh
Nettarif - Høj (A-lav)	6,96	øre/kWh
Nettarif - Spids (A-lav)	10,12	øre/kWh
Taget fra N1's hjemmeside		

Lavlast - alle weekender og helligedage, hverdage i perioden april-september kl. 23-07 og hverdage i perioden oktober-marts kl. 00-06			
Højlast - Hverdage i perioden april-september kl. 07-23 og hverdage i perioden oktober-marts kl. 06-07 og 20-24			
Spidslast - Hverdage i perioden oktober-marts kl 07-20			
Varmepri			
lavlast	højlast	spidslast	
Varmepumpe	651,93	704,96	758,85 kr/Mwh-varme
Pillefy	10,00	10,00	10,00 kr/Mwh-varme
Gas motor	-195,00	-195,00	-195,00 kr/Mwh-varme
Gas kedel	621,75	621,75	621,75 kr/Mwh-varme
Elkedel	1649,09	1680,91	1712,83 kr/Mwh-varme
Ønsket varme pris - elpris udregning			
lavlast	højlast	spidslast	
el pris - generator	678,88	678,88	678,88 Kr/Mwh - el
el pris - varmepumpe	1131,50	988,30	842,80 Kr/Mwh - el
el pris - Elkedel	383,96	380,78	388,26 Kr/Mwh - el
Nedreguleringsbud gasmotor			
lavlast	højlast	spidslast	
Varme på gaskedel nedregulering	-581,23	-581,23	-581,23 Kr/Mwh-varme
Varme på varmepumpe nedregulering	-551,05	-498,01	-444,13 Kr/Mwh-varme
Varme på elkedel nedregulering	446,11	477,93	509,85 Kr/Mwh-varme
Besparselse nedreguleringspris kontra gasmotor			
lavlast	højlast	spidslast	
Varme på gaskedel nedregulering	386,22	386,22	386,22 Kr/Mwh-varme
Varme på varmepumpe nedregulering	356,05	303,01	249,12 Kr/Mwh-varme
Varme på elkedel nedregulering	-641,11	-672,93	-704,85 Kr/Mwh-varme



TØRRING
KRAFT
VARME
VÆRK

Konsekvenser og krav



Hvad kræver det at være med på energimarkederne

- Personale og tid
- Vedligehold af udstyr
- Udnyttelse af produktions udstyr
- Økonomisk opfølgning
- Oplysning om konsekvensen ved at lade være
- En god Bestyrelse



Kan det betale sig?

Case studie - 1 MW ammoniak varmepumpe

Elektrisk drevet luft-vand varmepumpe

Årgang 2020

1 MW

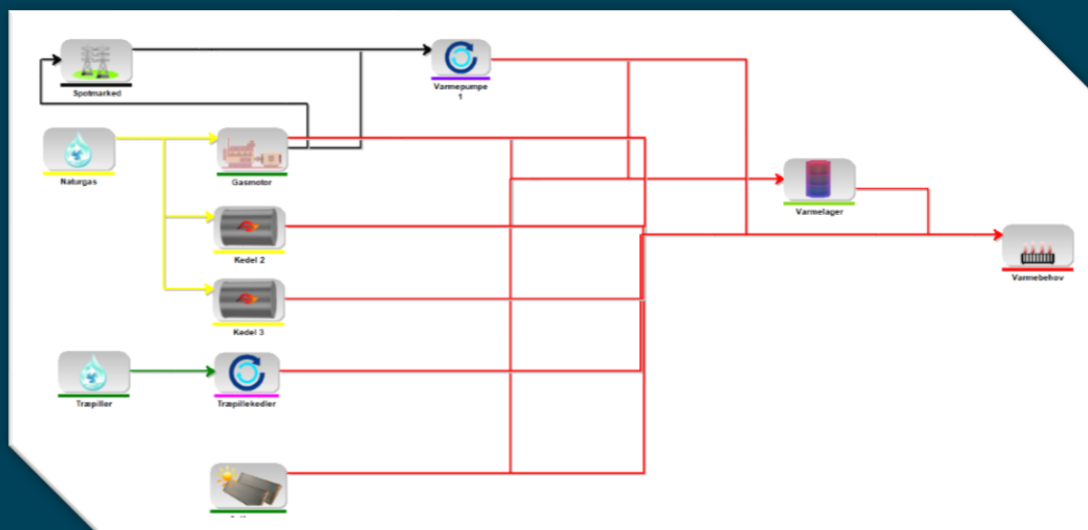
Varmepumpen har en COP-værdi på 3, hvilket vil sige at 1 kWh el bliver til 3 kWh varme.

Ved drift med solvarme bliver COP-værdien 3,6.

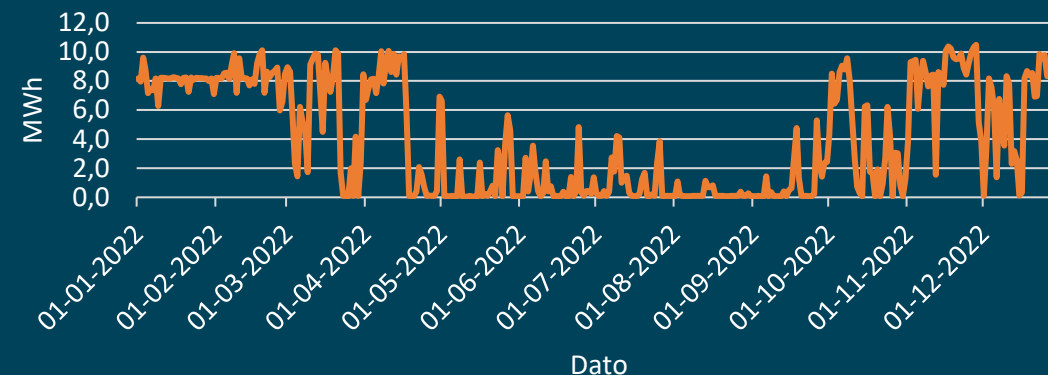


Beregninger på driften i 2022

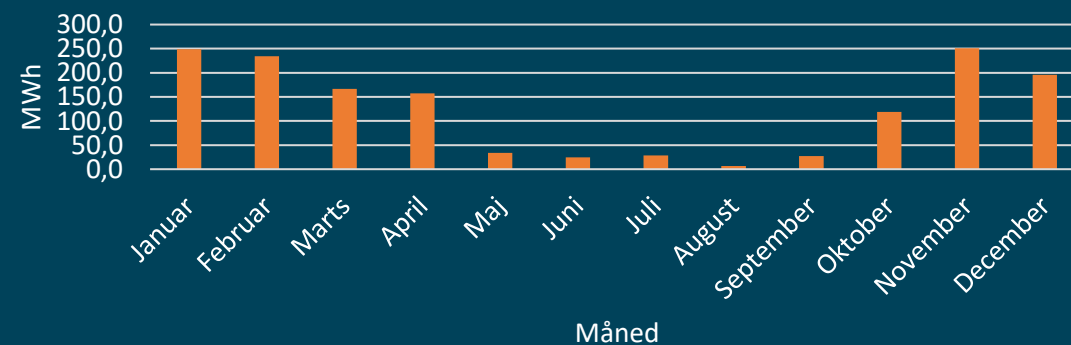
- Varmepumpen har især budt ind på regulerkraftmarkedet i 2022
- Især stor indtjening på ned- og specialregulering
- Varmepumpen har i 2022 haft et elforbrug på 1.493,6 MWh.
 - 535 MWh været i form af nedregulering.
 - Herudover har varmepumpen leveret 42 MWh i opregulering



Målt elforbrug - samlet forbrug pr. dag

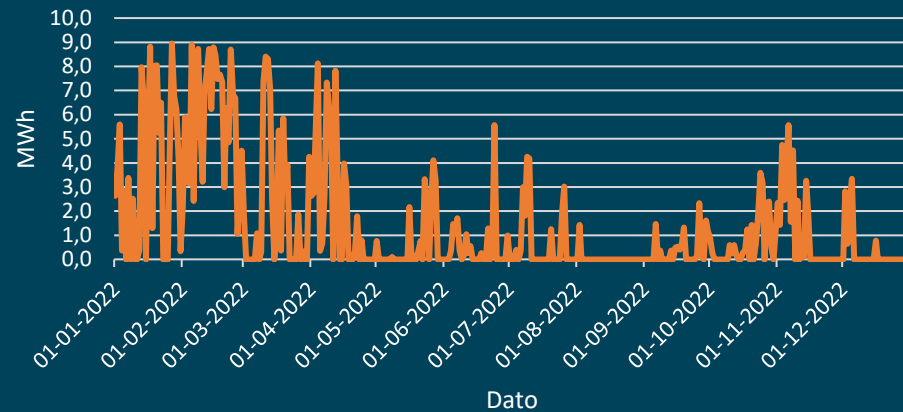


Målt elforbrug - samlet forbrug pr. måned



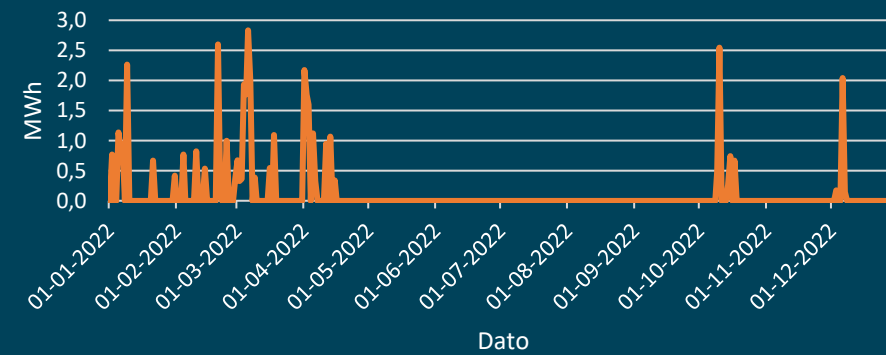
Leveret nedregulering

MWh hentet fra nedreguleringsmarkedet pr. dag

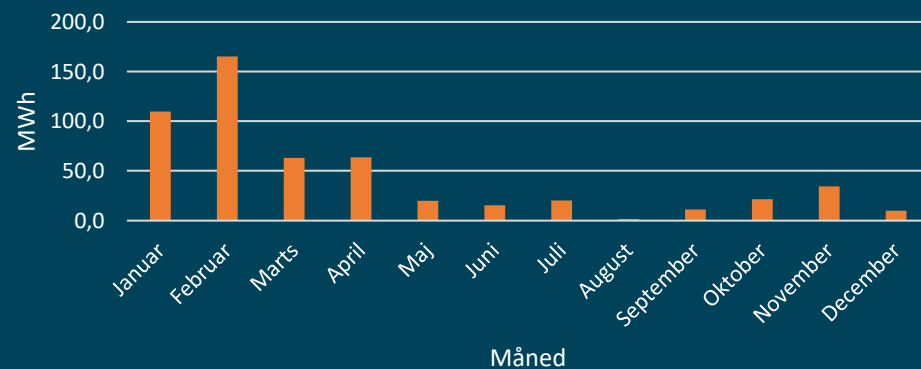


Leveret opregulering

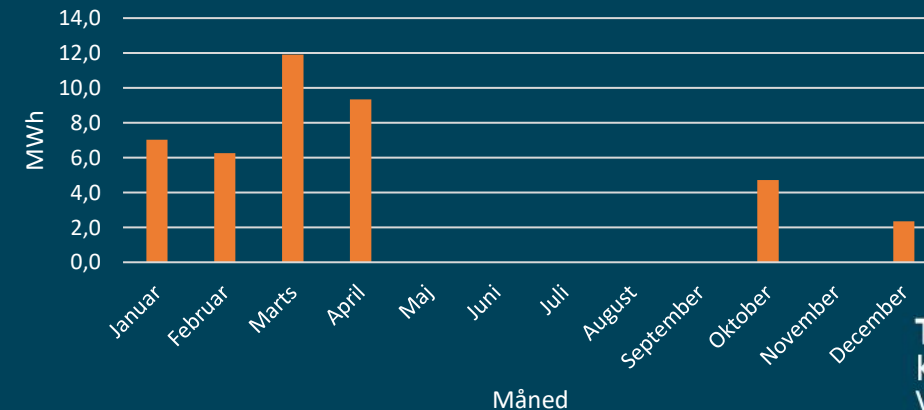
MWh leveret opregulering pr. dag



MWh hentet fra nedreguleringsmarkedet pr. måned



MWh leveret opregulering pr. måned



Selskabsøkonomiske fordele ved nuværende drift

Fortjeneste ved drift på regulerkraftmarkedet		
	SUM	kr./MWh
Drift som i 2022:	1.178.028	789
Kun spotmarkedet:	1.579.334	1.057
Fortjeneste	401.306 kr.	

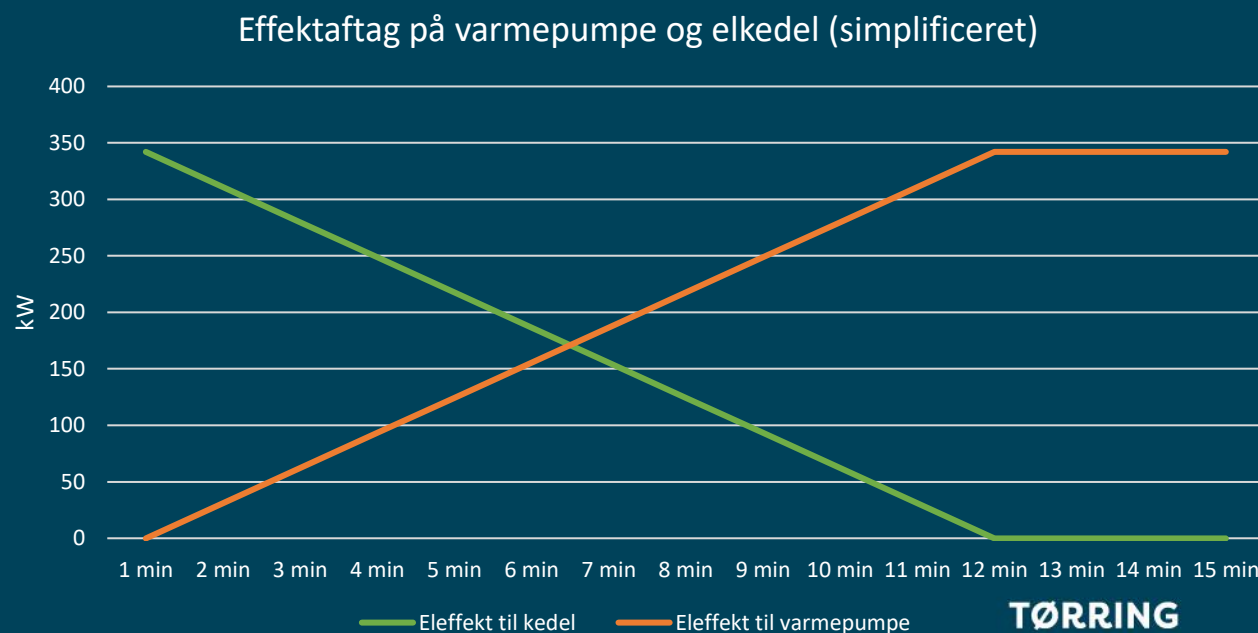
Højere omkostninger til drift og vedligehold end forventet i 2022 (ca. 66.000 kr./år)

- Ikke sikkert at det hele skyldes den mere fleksible drift.

Der er regnet på potentialer for at levere flere systemydelser:

Det forudsættes at der etableres en elkedel på 400 kW (samme el-effekt som varmepumpen)

Tanken er at anlæggene skal bydes ind og driftes i samspil

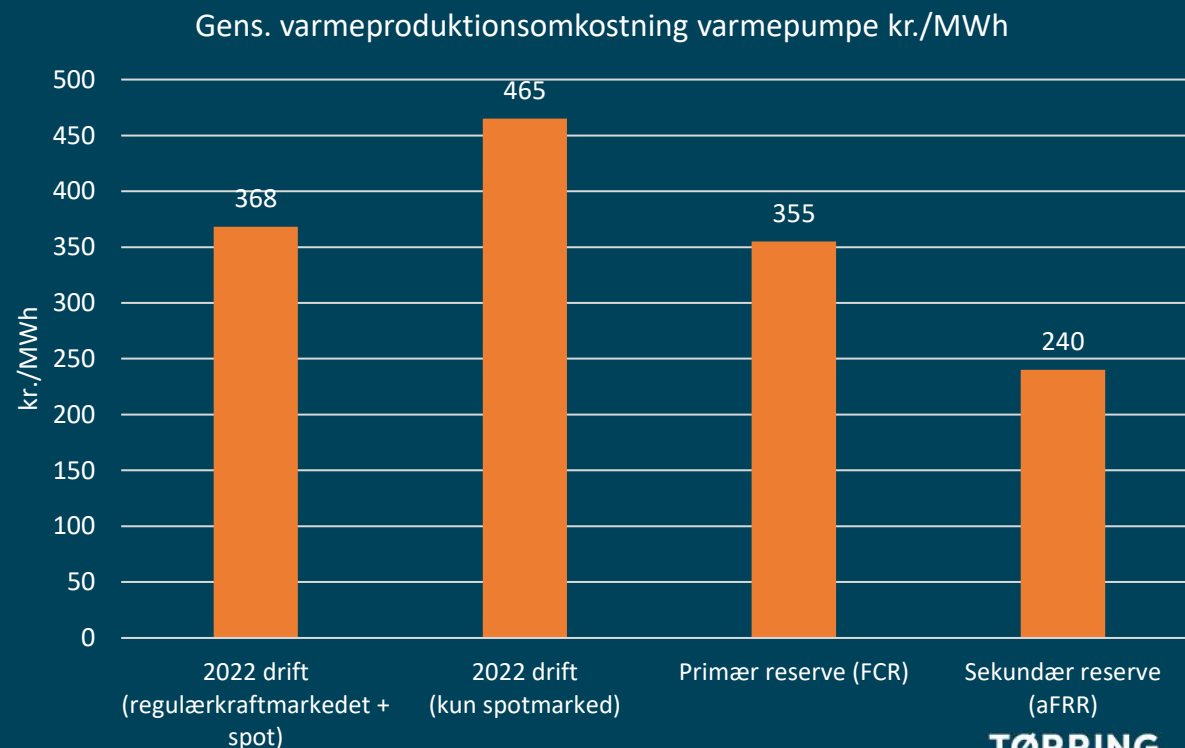


Der er regnet på potentialer for at levere flere systemydelser

Der er lavet en energyPRO model hvor alle økonomiske forhold medregnes.

Her opstilles der 4 scenarier:

1. Drift på regulærkraftmarkedet (op- og ned) som nu
2. Drift kun på spot markedet
3. Drift på FCR – i samspil med en elkedel
4. Drift på aFRR – i samspil med en elkedel



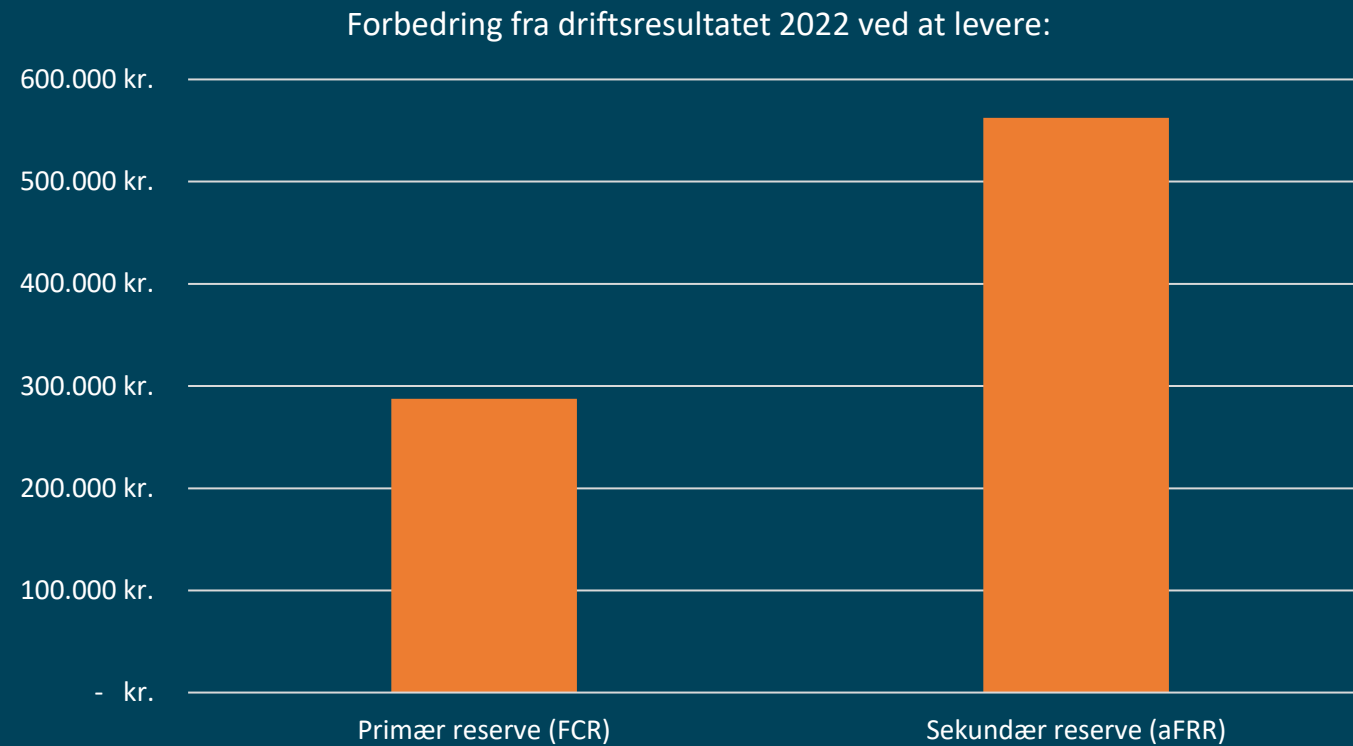
Selskabsøkonomi - konklusioner

Mindre varmeproduktion ved at levere systemydelser har konsekvenser – især når gas er alternativet

		2022 drift (regulærkraftmar- kedet + spot)	2022 drift (kun spotmarked)	Primær reserve (FCR)	Sekundær reserve (aFRR)
Samlet elforbrug varmepumpe	MWh	1.493	1.493	774	800
GNS. varmeproduktionsomkost ning varmepumpe	kr./MWh	368	465	355	240
Forbedring fra driftsresultatet 2022	tkr./år		- 401	-469	-150

Selskabsøkonomi - konklusioner

Når vi har etableret ny grundlastkapacitet ændres resultatet betydeligt.



Udfordringer:

- Kræver ombygninger og styringsændringer – også for at kunne levere mFRR i fremtiden
- Primære og sekundære reserver kan kun leveres i samspil med elkedel (på nuværende ammoniak varmepumpe)
- Evt. flere...

Tak for jeres tid

Eventuelle spørgsmål?



FROKOST

Frem til 13.30



6. REGULATORISKE BARRIERER OG MULIGHEDER ENERGISTYRELSEN



regulatoriske barrierer og muligheder

Nyt fra reguleringsfronten

- Klimaaf tale om grøn strøm og varme

Mulige regulatoriske barrierer

- §20 i Varmeforsyningsloven "nødvendige omkostninger" og projektbekendtgørelsen
- Overskudsvarme – nyt prisloft
- Vandsektorloven - vand og fjernvarme.

Klimaaftale om grøn strøm og varme 2022



klimaaftale om grøn strøm og varme 2022

Nedslagspunkter vedr. dagens fokus

FLEKSIBILITET I
PRODUKTION OG
FORBRUG

BEDRE VILKÅR FOR
INVESTERINGER

MERE GRØN
VARME

UDFASNING AF
NATURGAS I DK
OG LEDNINGSGAS
I FJERNVARMEN



Status på de politiske aftaler fra 2022

UDFASNING AF GAS TIL RUMVARME FREM MOD 2035

Modeller for stop for
nyinstallation af gasfyr
analyseres.

Evida kortlægger
områder, som kan
nedlukkes eller
konverteres.

Rådgivning til borgere er
styrket.

Regulering af termonet
afklares.

RAMMER FOR FJERNVARMEN

Forenklet godkendelse af
fjernvarmeprojekter i
2022-23 er indført.

Mulighed for automatisk
ja tak-ordning afklares.

Der arbejdes endvidere
på:

- Justering af regn-
skabsmæssige vilkår.
- Indførsel af et
fjernvarmeprisloft.
- Afskaffelse af
samfundsøkonomikrav.
- Udfasning af fossile
brændsler i fjernvarmen.

AFTALE MED KL

Kommunerne har
udarbejdet varmeplaner
og informeret
ejendomsere om planer
og muligheder.

Projektforslag udarbejdes
og godkendes som
udgangspunkt i 2023 mhp.
udrulning senest i 2028.

Der er oprettet lokale
koordinationsfora.

ØKONOMISK HJÆLP

Serviceeftersyn af
tilskudspuljerne er
igangsat.

Bygningspuljen opsplittes
i to og målrettes
konverteringer og
energirenoveringer.

Erhvervspuljen justeres.

MERE GRØN GAS

Der er indført regulering
for metantab,

Der sker en fremrykning
af en pulje i
Biogasudbuddet.



Økonomisk regulering af varme og bedre vilkår for investering

- Aftalepartierne bag Klimaaftalen er bl.a. enige om at:
- fastholde den omkostningsbestemte regulering af sektoren, men øge investeringssikkerheden for nye grønne investeringer
- Selskaberne skal have bedre finansieringsvilkår for investeringer i den grønne omstilling gennem justering af eksisterende forrentningsregler og fjernelse af henlæggelsesregler.
- indføre et prisloft på forbrugerpriserne på fjernvarme, som sættes ud fra en individuel VE-varmeforsyningsløsning, fx en varmepumpe.
- afskaffe samfundsøkonomikravet i forbindelse med indførelse af et prisloft



§20 varmemforsyningsloven

-nødvendige omkostninger

Systemydelse og varmeforsyningsloven



To ofte omtalte barrierer er

- branchens usikkerhed, omkring hvad der kan indregnes som en nødvendig omkostning jf. VFL § 20
- samt i hvor høj grad investeringer og omkostninger ifm. systemydelser og fleksibilitet til elmarkedet, kan indregnes i hhv. varmepriser og projektforslag.

Godkendelse af nye anlægsprojekter kan godt bero på selskabs og samfundsøkonomiske beregninger inklusiv indtægt fra f.eks. systemydelser.

Læs mere i [vejledning i samfundsøkonomiske analyser paa energiomraadet 2021.pdf \(ens.dk\)](#).

Kommunale fjernvarmeselskaber må ganske vist kun drive virksomhed med fjernvarme eller relaterede områder. Men dette betyder blot, at anlæggets energiforbrug overvejende skal bruges til fjernvarmeproduktion. § 2b

Øvrige fjernvarmeselskaber må indrette sig efter forsyningstilsynets praksis ifht. vurdering af nødvendige omkostninger.



Mulighed for at udvide varmeproduktions- eller lagerkapacitet for at levere fleksibilitetsydelser til elnettet

Vejledning til samfundsøkonomiske analyser på energiområdet:

Kapacitet: "Ved fastlæggelse af et anlægs varmekapacitet tages udgangspunkt i varmebehovet i det konkrete projekt. Andre forhold, fx varmetab, varmelager/varmtvandsbeholder og muligheder for at levere fleksibilitetsydelser til elnettet, kan herudover påvirke behovet for varmekapacitet. Behovet for varmekapacitet kan derfor være forskellig i projekt, reference og relevante alternativer – særligt mellem fjernvarme og individuelle løsninger."

Elpris: "Endelig, hvis der modtages betaling for fleksibilitetsydelser til elnettet, kan den forventede, fremtidige betaling for disse, der relaterer sig til den konkrete situation, medtages i beregningerne."

Vurdering af usikkerhed og følsomhedsanalyse: "Ud over de parametre, som indgår i både projekt, reference og relevante alternativer, kan der være forudsætninger, der kun påvirker enkelte scenarier. Disse kan fx være: [...] antagne fleksibilitetsydelser til elnettet [...] Det kan [...] være relevant at belyse andre centrale parametre, hvis de vurderes usikre, som fx "[...] betaling for et anlægs fleksibilitetsydelser til elnettet"

Samfundsøkonomiske beregningsforudsætninger for energipriser og emissioner:

"I konkrete tilfælde kan der lokalt og under inddragelse af det lokale netselskab eller Energinet fastlægges andre tariffer baseret på de faktiske omkostninger forbundet med leveringen, fx i tilfælde af systemydelser, herunder afbrydelighed/fleksibilitet. Såfremt sådanne lokale priser ikke kan fremskaffes, anvendes tallene i tabel 8."

Overskudsvarme- bekendtgørelsen

-nyt prisloft



Overskudsvarme – en barriere eller mulighed ?

Større varmepumper til kollektiv varmeproduktion opstilles hyppigere til udnyttelse af overskudsvarme.

Overskudsvarme er ofte udtryk for et decideret kølebehov i produktionen – og der kan derfor teknisk set være behov for både koldt og varmt lager ved ønske om fleksibilitet ifht. til elforbruget.

- Prisloftet er nyt og rammerne uprøvet. Prisloftet tolkes af myndigheder som gennemsnit og er derfor ikke umiddelbart en barriere for fleksibilitetsydelser eller variable elpriskontrakter.
 - Vær opmærksom på at VFL. §20.stk.1. om nødvendige omkostninger og substitutionsprincippet stadig er gældende.
- Varmepumper installeret i forbindelse med overskudsvarme er ligestillet med øvrige varmeproduktionsanlæg ifht. projektbekendtgørelsen og kommunalbestyrelsens godkendelse (slide 8-9).



Nyt prisloft på overskudsvarme

Det nye prisloft får virkning fra 2024.

Prisloftet afløser det nuværende prisloft, som alene beregnes på baggrund af Energistyrelsens Teknologikatalog, uden særlige hensyn til elpriser og uden fleksibilitetsmekanismer.

Det ny prisloft rummer en række fleksibilitetsmekanismer:

- Fastlåsning: Mulighed for ubegrænset fastlåsning af det prisloft, Forsyningstilsynet udmelder.
- Individuelt prisloft: I særlige tilfælde kan der efter ansøgning hos Forsyningstilsynet opnås individuelt prisloft. Det individuelle prisloft kan fastlåses ubegrænset efter aftale mellem parterne.
- Midlertidigt forhøjet prisloft: Mulighed for at nye anlæg efter ansøgning hos Forsyningstilsynet kan opnå midlertidig forhøjelse af prisloftet i op til tre år mod tilsvarende sænkning efterfølgende. Formålet er at give mulighed for høje afskrivninger. Dette prisloft kan også fastlåses i igangsættelsesåret.



Vandsektorloven - vand og fjernvarme



Hjemmel til vandselskabers ejerskab af varmepumpe – og mulige barrierer

Overskudsvarme fra drikkevand og spildevand betragtes som udgangspunkt som udnyttelse eller salg af vandselskabets egne energiressourcer.

Hovedpointerne ved udnyttelse af egne ressourcer er:

- Der er tale om hovedvirksomhed (ift. vandselskabet)
- Der vil være krav om regnskabsmæssig udskillelse, hvis varmeproduktionskapaciteten > 250 kW, da dette betragtes som et kollektivt varmeforsyningsanlæg.

De mulige barrierer er:

- Indtægter indgår i vandselskabets indtægtsramme (ikke overskuddet) jf. ØR-bek*.
- Der er ikke krav om selskabsmæssig udskillelse i vandsektorloven, men i varmeforsyningsloven, VFL.

*ØR-bek ' Bekendtgørelse for økonomiske rammer for vandselskaber'



Varmeforsyningsselskab ejer varmepumpen: Vandselskabet sælger overskudsenergi

- Vandselskabet må gerne udleje areal og sælge overskudsenergi.
- Vandselskabet skal indgå aftaler (om f.eks. salg af energi) på markedsmæssige vilkår.
- Varmeselskabet må gerne betale den markedsmæssige pris for energien tilført varmepumpen, når blot de samlede omkostninger til udnyttelse af overskudsvarme holdes under prisloftet.
- Varmeselskabet kan således godt foretage investeringer på vandselskabets ejendom, såfremt der foreligger en privatretslig aftale på markedsmæssige vilkår.

Cases:

Fjernvarme Fyn får overskudsvarmen gratis, da markedsværdien af vandudledningen vurderes til nul.

Frederiksberg forsyning, fjernvarmen får overskudsvarmen fra drikkevandsboringen gratis, da værdien af den overskydende varme i drikkevandet vurderes til nul.



Vandselskabet ejer varmepumpen og sælger fjernvarmeproduktion :

- Vandselskaber kan godt investere i en varmepumpe og få indtægter fra salg af varme til et energiselskab.
- Udnyttelse af vandselskabets egne energiresourcer betragtes som en del af vandselskabets hovedaktivitet. Vandselskabet behøver altså ikke oprette et energiselskab.
- Hvis varmepumpen har en varmekapacitet på 0,25 MW eller derover så betragtes den som et kollektivt varmforsyningsanlæg, som kræver projektgodkendelse og hvor prisen er reguleret af VFL.
- Alle indtægter skal indgå i vandselskabets indtægtsramme.



Spørgsmål ?





Ekstra slides



Nyt prisloft på overskudsvarme –

Faktiske priseftervisninger

Faktiske priseftervisninger indgår i fastsættelsen af prisloftet

Det er Forsyningstilsynet, der beregner prisloftet. Der gøres på følgende måde:

- Faktiske priseftervisninger for varmeproduktionsomkostninger anvendes til at fastlægge et *interval* for produktionsomkostninger, inden for hvilket prisloftet fastsættes.
- Energistyrelsens Teknologikatalog anvendes til at beregne varmeproduktionsomkostninger for VE-teknologi for at fastsætte prisloftet i intervallet.



Nyt prisloft på overskudsvarme

Robusthed i forhold til elpriser

Store udsving i elpriser gør robusthed vigtig så prisloftet ikke svinger for meget, men også er realistisk.

For at opnå robusthed i prisloftet, anvendes en vægtet elpris, der balancerer anvendelse af historiske og forventede priser.

Som en yderligere robusthed i forhold til elpriser er kraftvarme udeladt af interval-beregningen, da disse værker har indtægter fra el-produktion og dermed kan fremstå med billige varmeproduktionsomkostninger.



7. PRAKTISKE ERFARINGER OM FLEKSIBILITET I EKSISTERENDE AMMONIAK-VARMEPUMPER

Slagslunde Fjernvarme

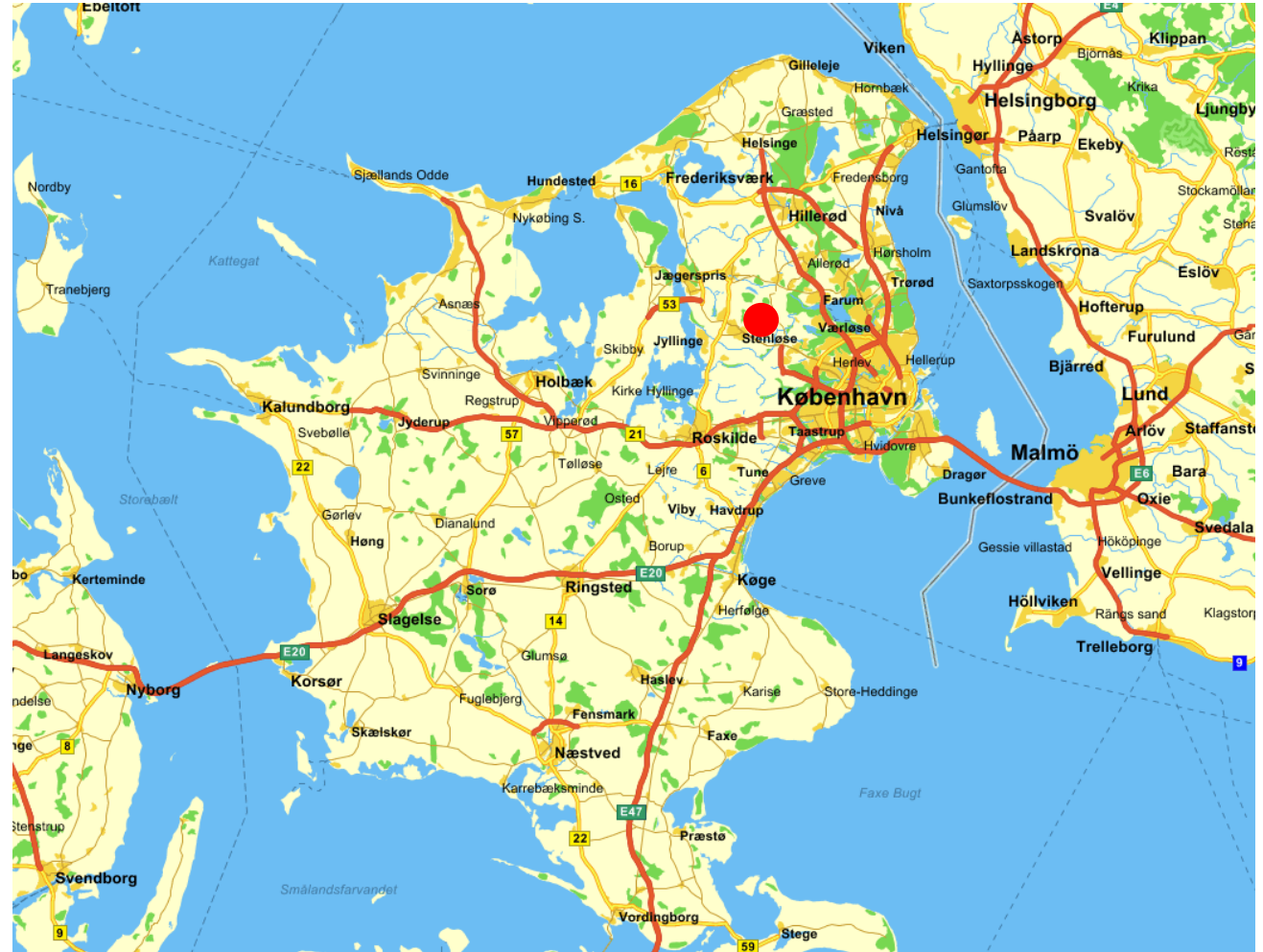
Lille decentralt kraftvarmeværk

Etableret i 1995

Ca. 250 forbrugere

Gaskedel + Gasmotor

Ca. 6.600 MWh/år



Slagslunde Fjernvarme

Varmepumpe 2019

Ca. 900 kW (vinter)

Grundlastenhed

Tilskud fra Energistyrelsen

Tilskud fra Energispareord.



Slagslunde Fjernvarme

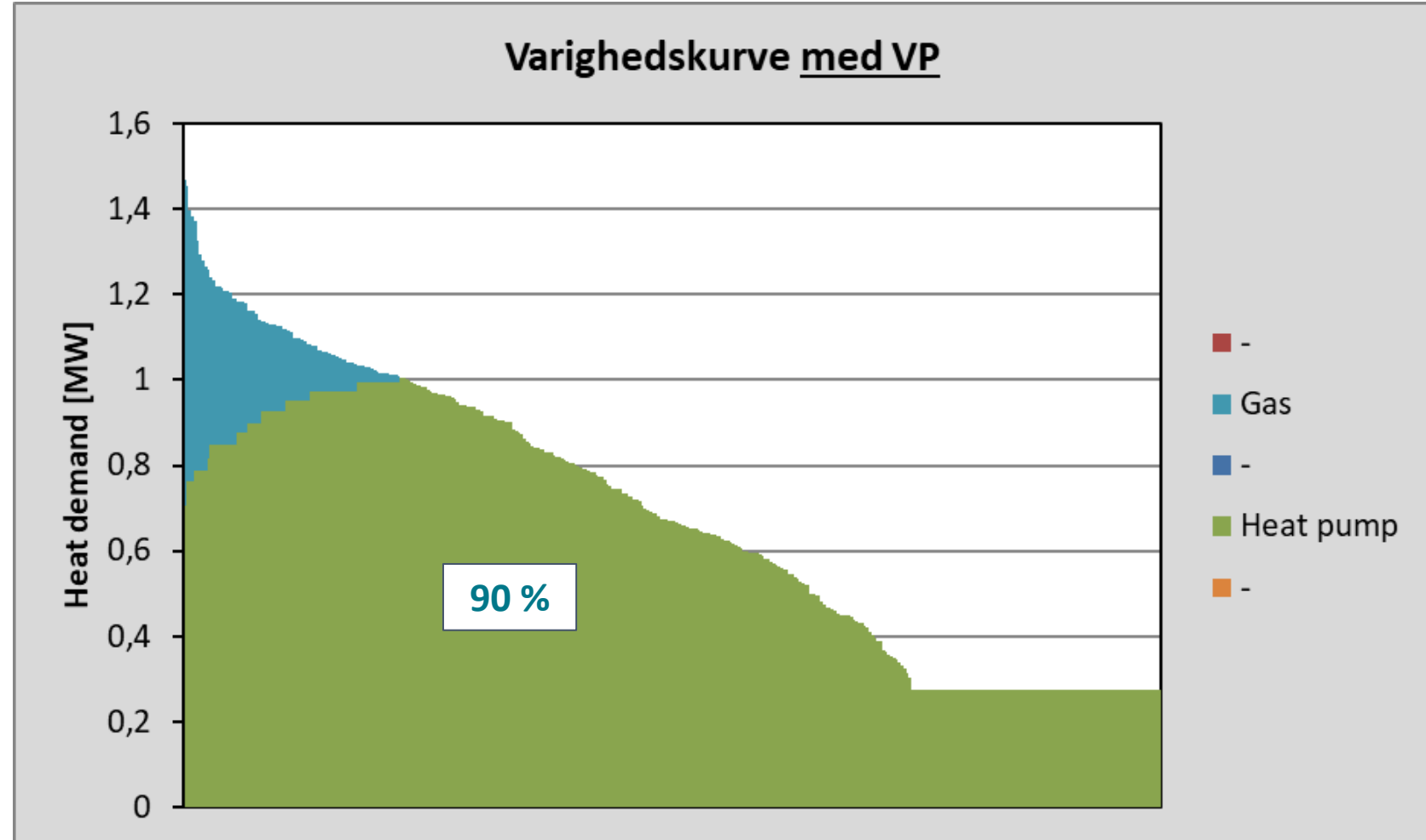
Varmepumpe 2019

Ca. 900 kW (vinter)

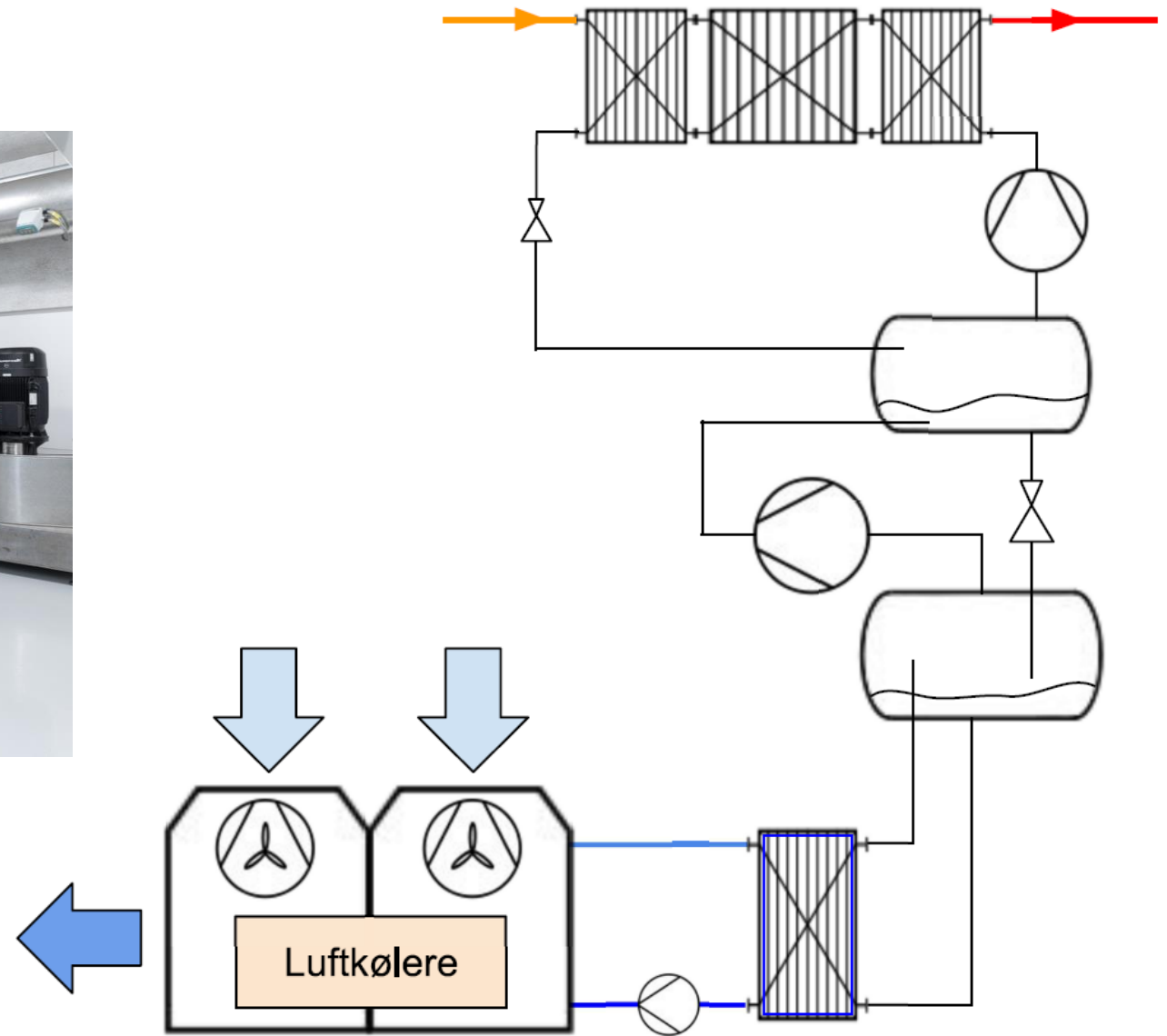
Grundlastenhed

Motor til regulerkraft

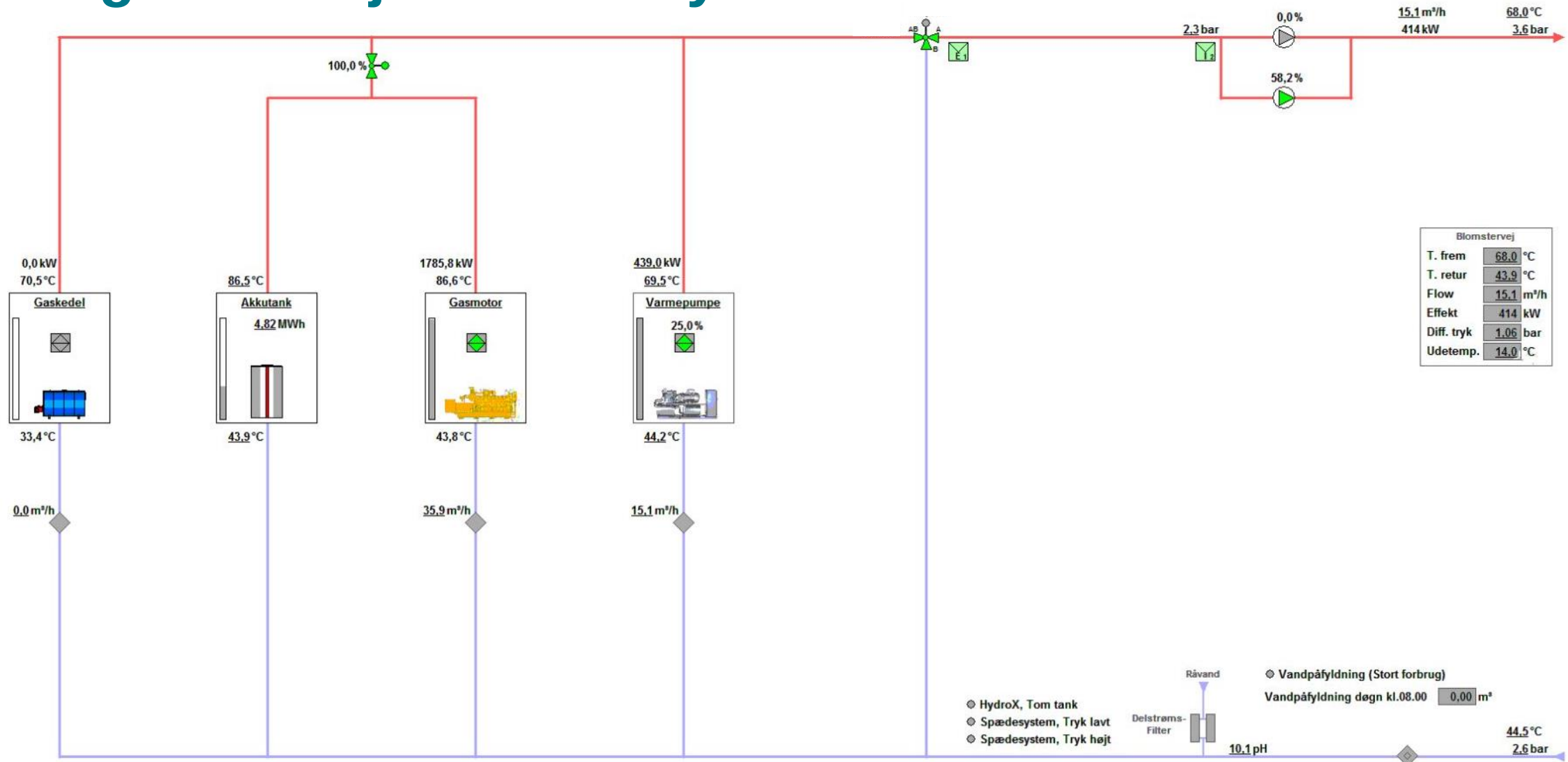
Start/stop 15 min.



Bestykning



Integration i fjernvarmesystem



Slagslunde Fjernvarme

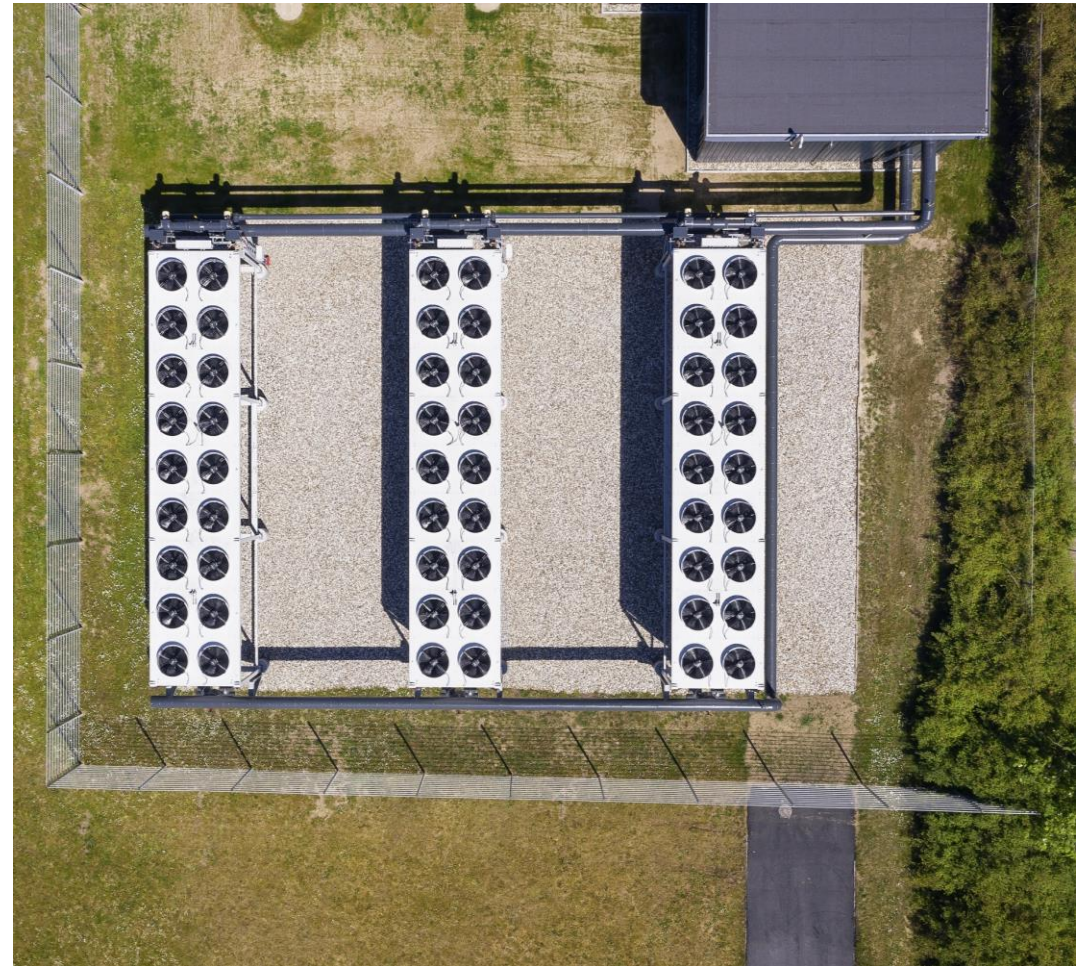
Tre styringsstrategier:

- 1) Fast varmekapacitet (fx 600 kW)
- 2) Automatisk regulering efter byens behov
- 3) Fast eloptag (fx 350 kW)

Systemydelser

Manuel Frekvensmarked (15 minutter)

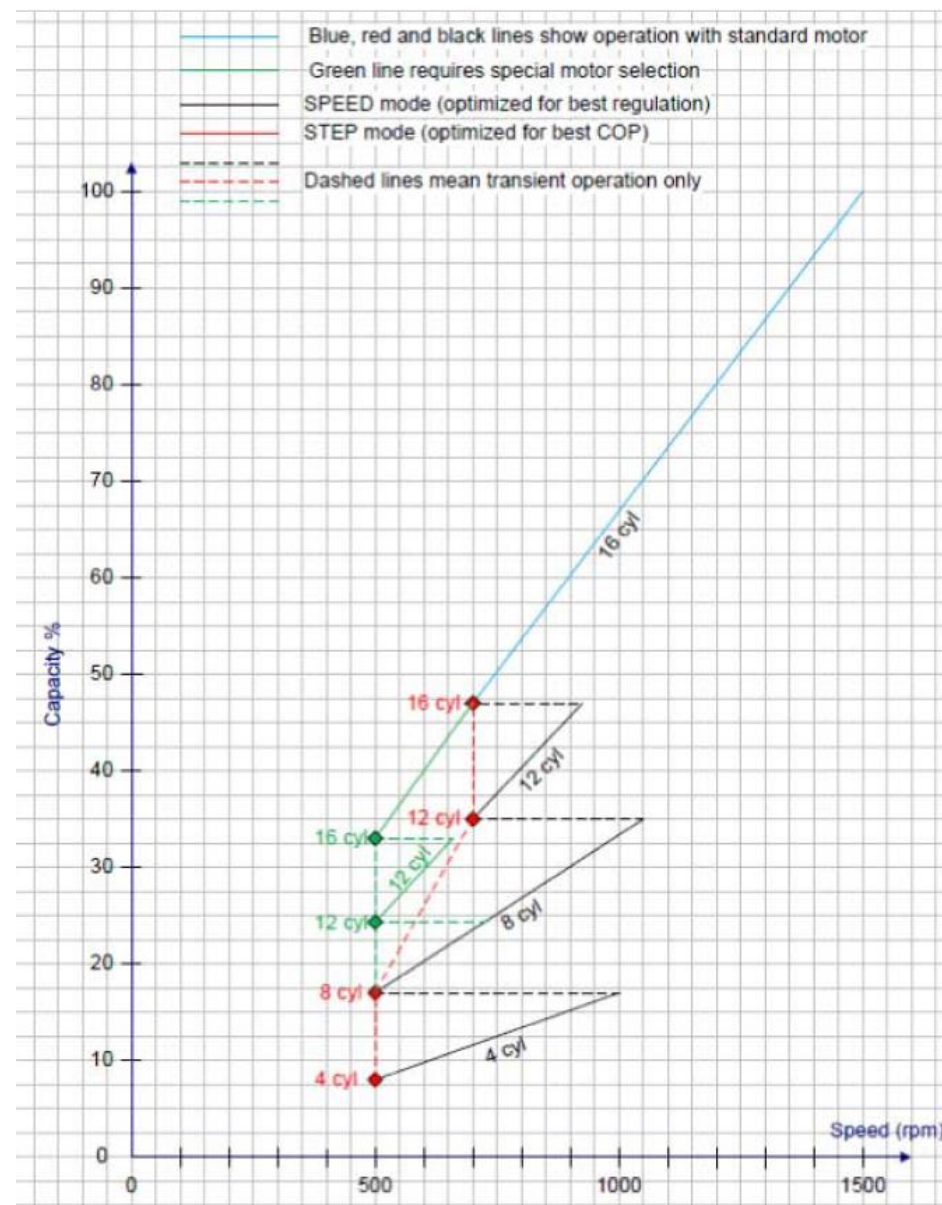
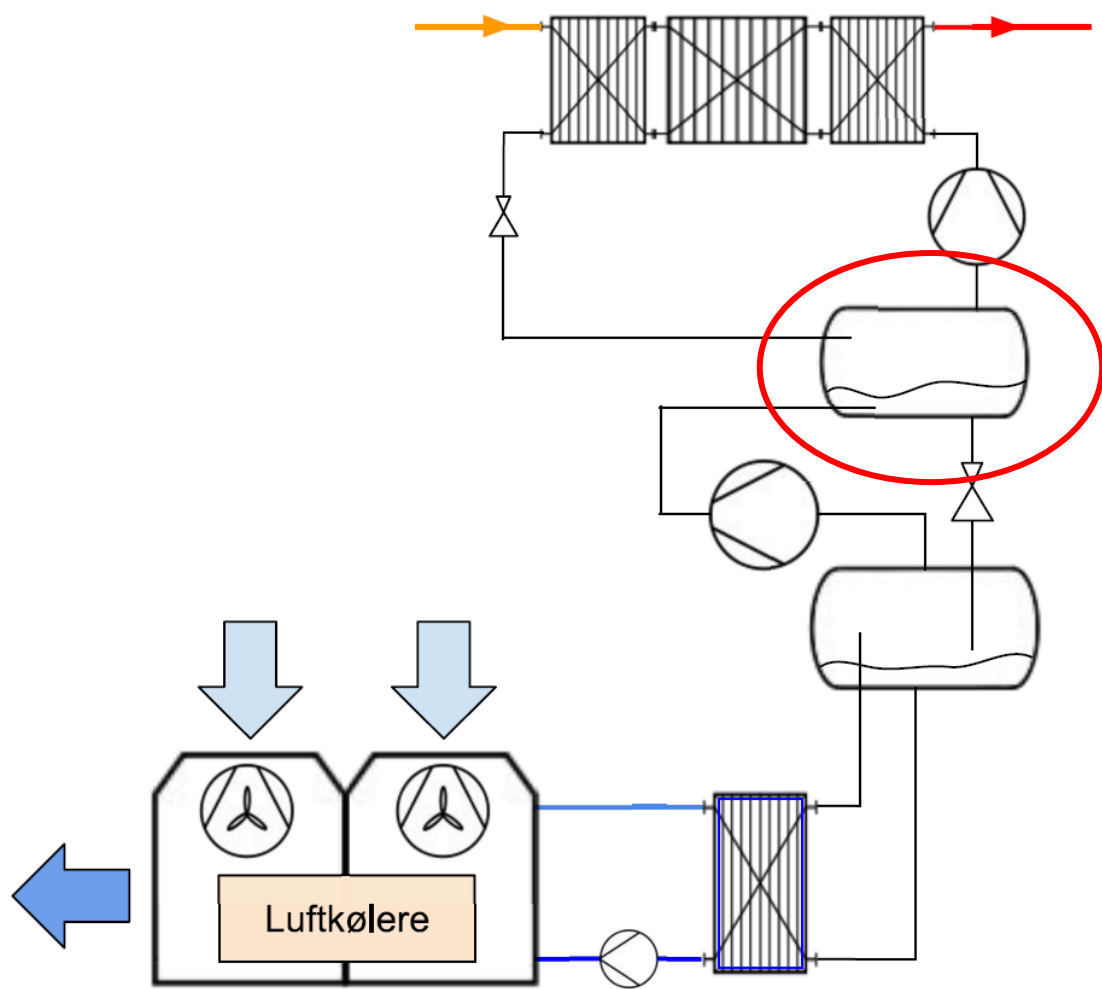
- Opregulering: Standser på 1-2 minutter
- (Nedregulering): Starter på ca. 10 minutter



Systemydelser

DK2	FFR 	FCR-D 	FCR-N 	aFRR 	mFRR 
Produktnavn	Fast Frequency Reserve	Frequency Containment Reserve for Disturbances	Frequency Containment Reserve for Normal operation	Automatic Frequency Restoration Reserve	Manual Frequency Restoration Reserve
Funktion	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensgenopretning	Balanceudligning
Tekniske specifikationer					
Reaktionstid	0,7 – 1,3 sekunder	50% på 5 sekunder 50% på 25 sekunder	2,5 minutter	5 minutter	15 minutter
Min. leveringstid	5 sekunder	N/A	N/A	1 time	1 time eller 1 måned
Max. reetableringstid	15 minutter	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid
Karakteristika for levering	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren modtager et automatisk signal fra Energinet hvert 4. sekund via Scada system	Leverandøren modtager et manuelt signal fra Energinet ved behov.
Load faktor (2021) <i>aktiveret energi ift. solgt kapacitet</i>	0 %	0,05 %	Net: ↓0,5 %	-	100 %
Markeds- specifikationer					
Min. budstørrelse	0,3 MW	0,1 MW	0,1 MW	1 MW	5 MW
Max. budstørrelse	N/A	N/A	N/A	50 MW	50 MW
Indkøbes som	Opregulering som et asymmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Op- og nedregulering som et symmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Opregulering som et asymmetrisk produkt

Hurtige lastændringer



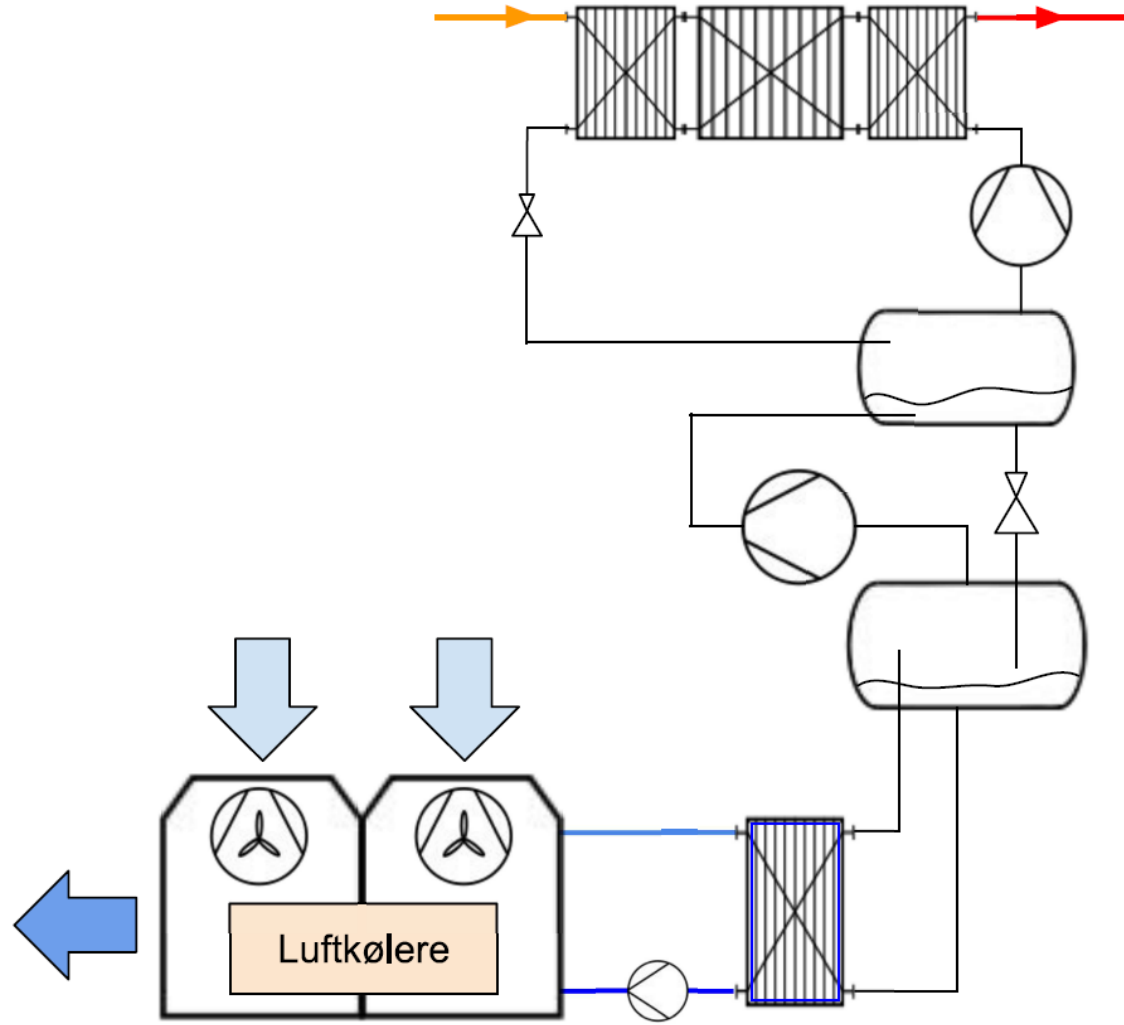
Systemydelser

DK2	FFR 	FCR-D 	FCR-N 	aFRR 	mFRR 
Produktnavn	Fast Frequency Reserve	Frequency Containment Reserve for Disturbances	Frequency Containment Reserve for Normal operation	Automatic Frequency Restoration Reserve	Manual Frequency Restoration Reserve
Funktion	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensgenopretning	Balanceudligning
Tekniske specifikationer					
Reaktionstid	0,7 – 1,3 sekunder	50% på 5 sekunder 50% på 25 sekunder	2,5 minutter	5 minutter	15 minutter
Min. leveringstid	5 sekunder	N/A	N/A	1 time	1 time eller 1 måned
Max. reetableringstid	15 minutter	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid
Karakteristika for levering	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren modtager et automatisk signal fra Energinet hvert 4. sekund via Scada system	Leverandøren modtager et manuelt signal fra Energinet ved behov.
Load faktor (2021) <i>aktiveret energi ift. solgt kapacitet</i>	0 %	0,05 %	Net: ↓0,5 %	-	100 %
Markeds-specifikationer					
Min. budstørrelse	0,3 MW	0,1 MW	0,1 MW	1 MW	5 MW
Max. budstørrelse	N/A	N/A	N/A	50 MW	50 MW
Indkøbes som	Opregulering som et asymmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Op- og nedregulering som et symmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Opregulering som et asymmetrisk produkt

Praktiske udfordringer

Varmepumpe

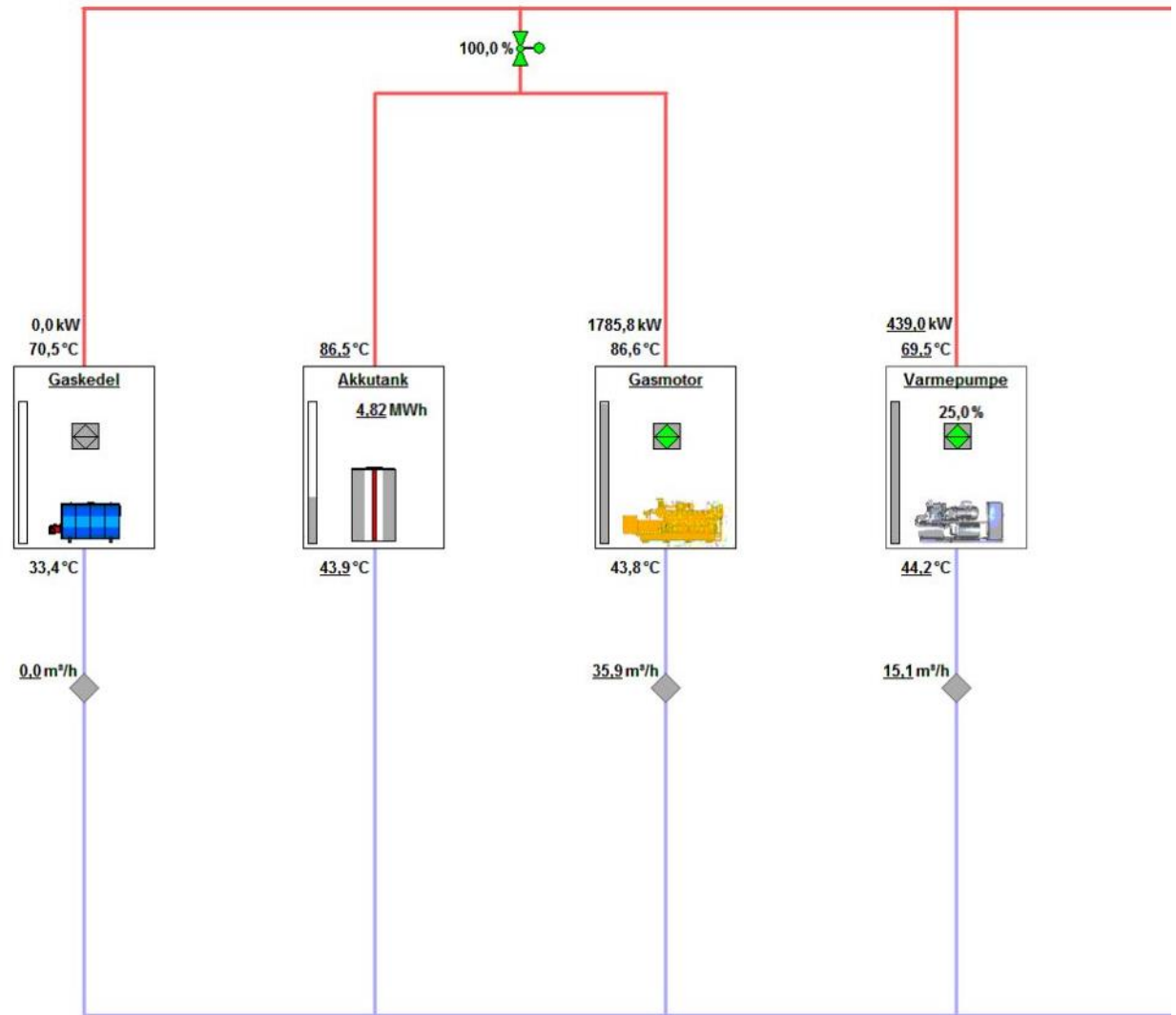
- Regulering af kompressorer
- Regulering af kølemiddel
- Glykolpumper / luftkølere



Praktiske udfordringer

Fjernvarmesystem

- Fremløb til byen
- Akkumuleringstank
- Efteropvarmning



Konklusioner – Slagslunde Fjernvarme

Manuel op- og nedregulering er mulig (op til 350 kW)

Varme skal erstattes af gas/olie (1 MW)

100 % opregulering på 5 eller 2,5 min. er også muligt

Øvrige muligheder

Delvis nedregulering er mulig – 50 % på 5 minutter

Hurtig nedregulering med fuld effekt

Ændringer i styring hvis fuld effekt

Reduceret fremløbstemperatur

Hvad er indtjeningsmulighederne???

Farum Fjernvarme

Større decentral varmforsyn.

Ca. 4.000 målere

Overskud Vestforbrænding

Egne gaskedler

Ca. 100.000 MWh/år



Farum Fjernvarme

Varmepumpe 2020

Ca. 14 MW (vinter)

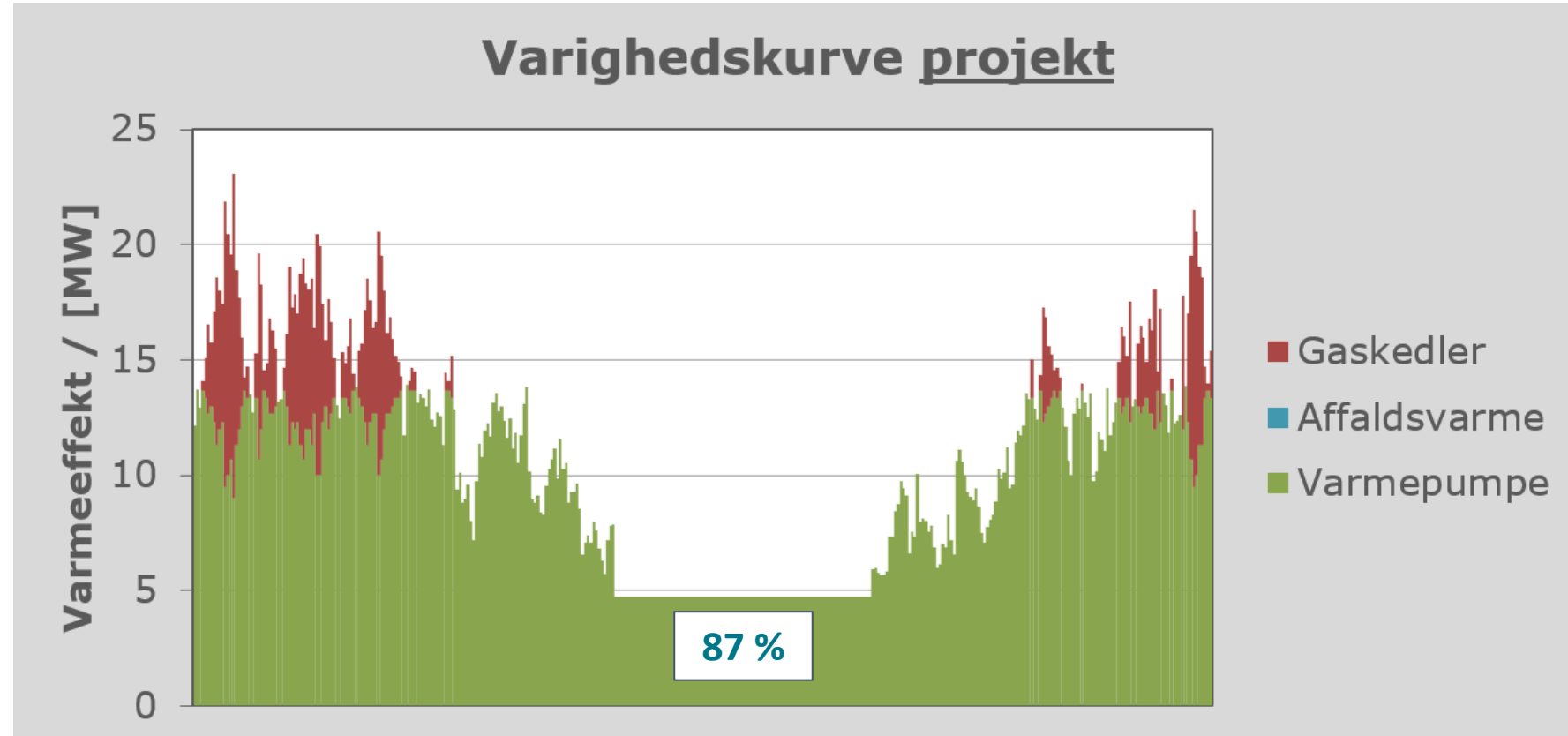
Grundlastenhed

Energispareordning

Gaskedler til spids

Ingen akkutank

Start/stop 15 min.



Farum Fjernvarme

Ca. 14 MW varme (vinter) – 5 MW el (sommer)



Bestykning

4 stk. Skruekompr.

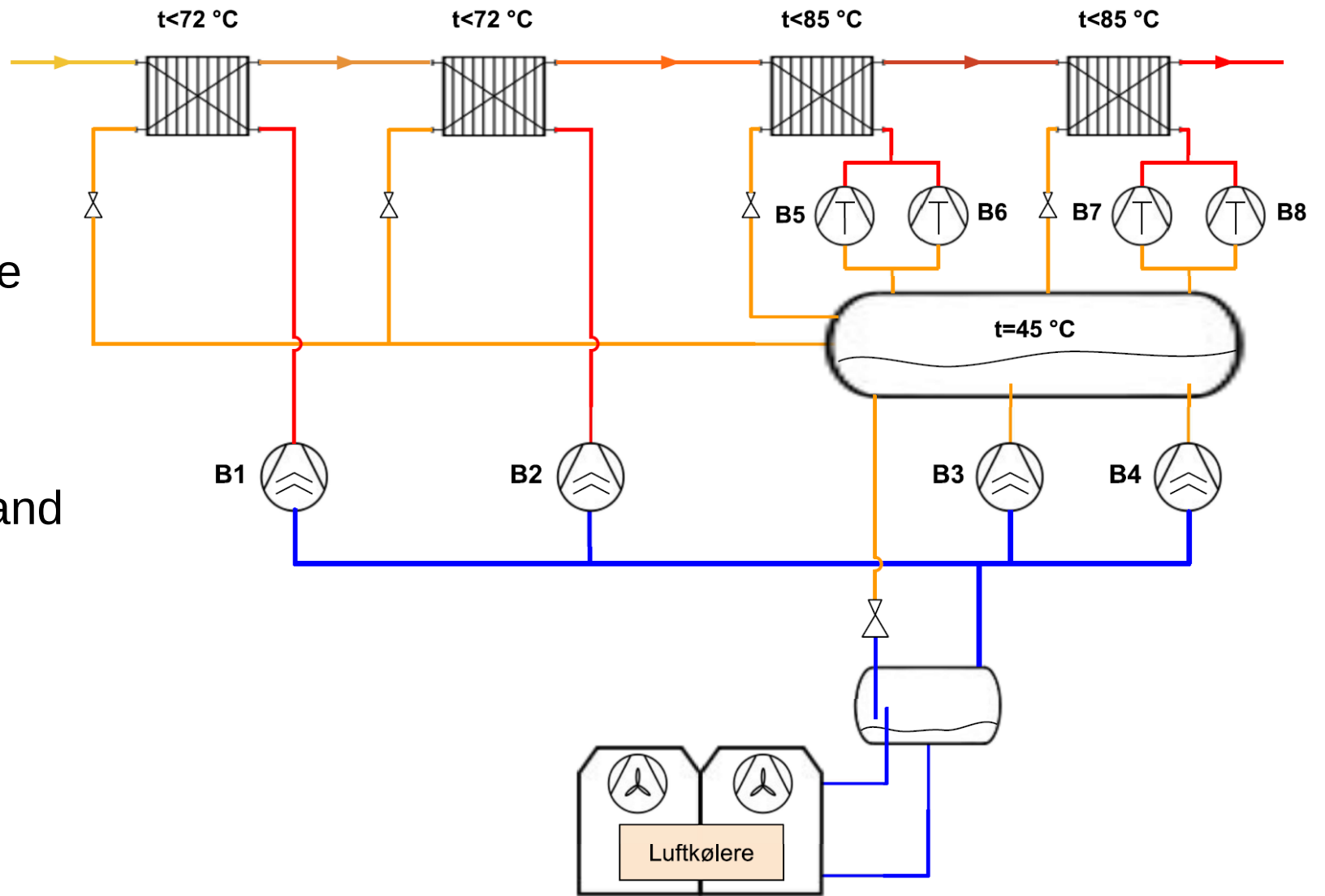
4 stk. Stempelkompr.

64 luftkølere / fordampere

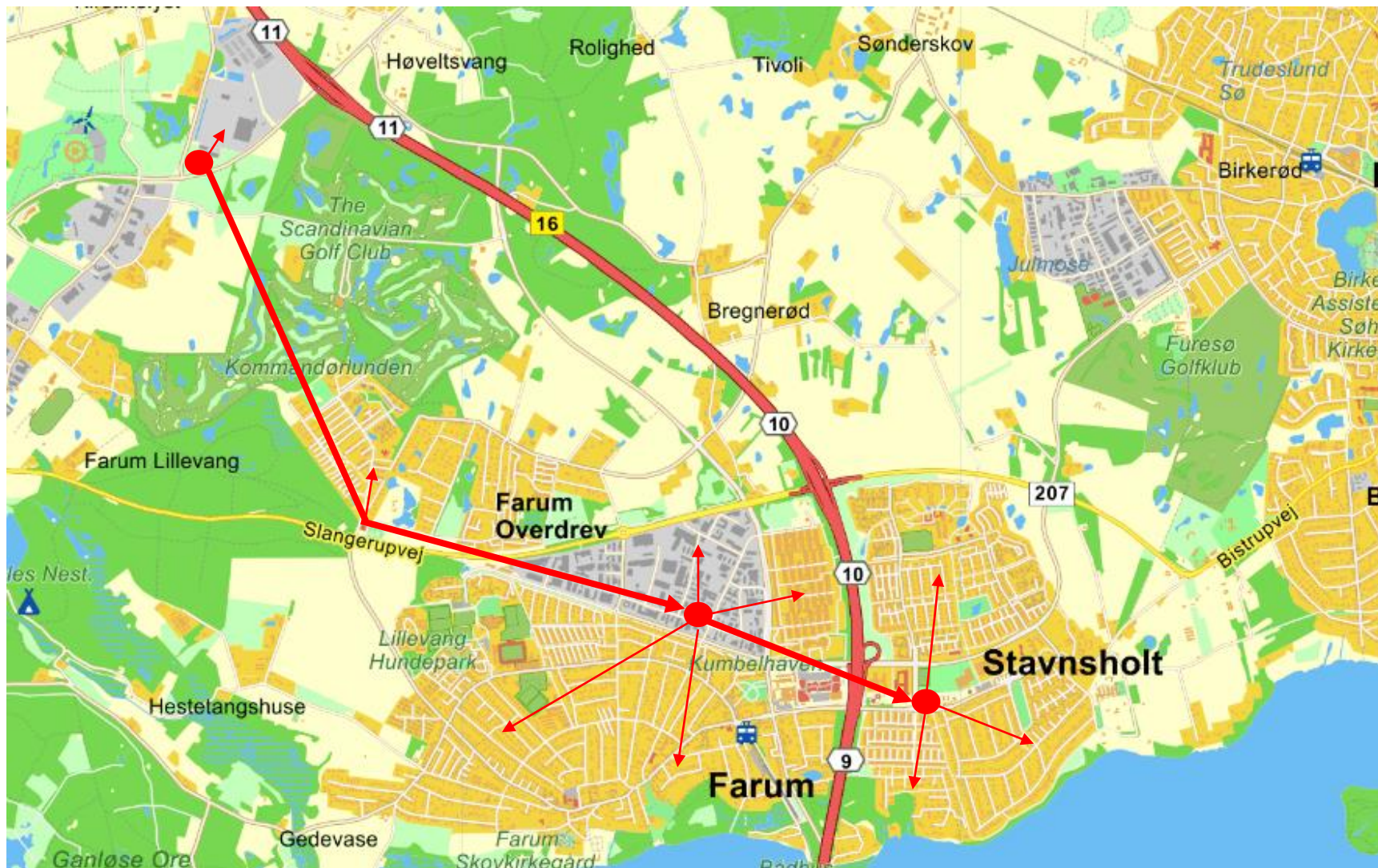
16 stænkudskillere

512 ventilatorer

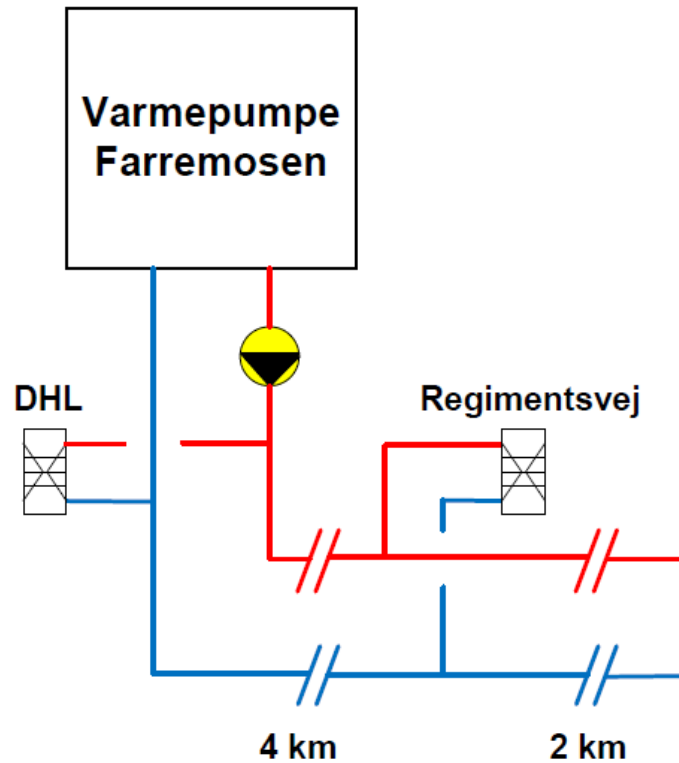
16 pladevarmev. til FV-vand



Integration i fjernvarmesystem



Integration i fjernvarmesystem



Farum Fjernvarme

Een styringsstrategi:

- 1) Varmepumpe kører altid (efter byens behov)
- 2) Undgå utilsigtede udfald (stadig under færdiggørelse)
- 3) Standses ved meget høje elpriser (erstattes med olie eller gas)

Systemydelse (ingen PT)

Manuel Frekvensmarked (15 minutter)

- Opregulering: Standser på 1-2 minutter
- **(Nedregulering):** Regulering er bevist meget træg – 30-60 minutter til fuld last

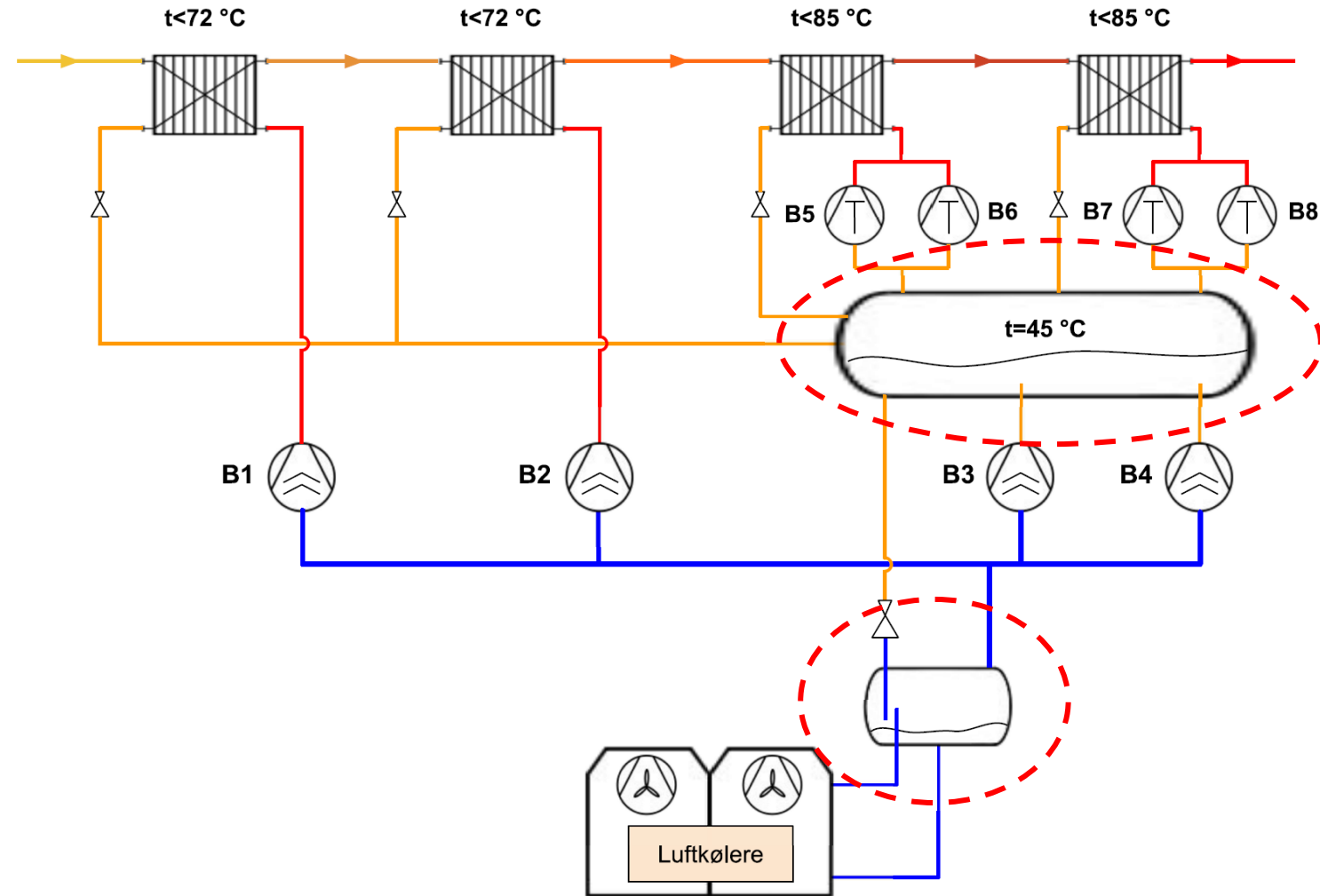
Systemydelsler

DK2	FFR 	FCR-D 	FCR-N 	aFRR 	mFRR 
Produktnavn	Fast Frequency Reserve	Frequency Containment Reserve for Disturbances	Frequency Containment Reserve for Normal operation	Automatic Frequency Restoration Reserve	Manual Frequency Restoration Reserve
Funktion	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensgenopretning	Balanceudligning
Tekniske specifikationer					
Reaktionstid	0,7 – 1,3 sekunder	50% på 5 sekunder 50% på 25 sekunder	2,5 minutter	5 minutter	15 minutter
Min. leveringstid	5 sekunder	N/A	N/A	1 time	1 time eller 1 måned
Max. reetableringstid	15 minutter	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid
Karakteristika for levering	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren modtager et automatisk signal fra Energinet hvert 4. sekund via Scada system	Leverandøren modtager et manuelt signal fra Energinet ved behov.
Load faktor (2021) aktiveret energi ift. solgt kapacitet	0 %	0,05 %	Net: ↓0,5 %	-	100 %
Markeds-specifikationer					
Min. budstørrelse	0,3 MW	0,1 MW	0,1 MW	1 MW	5 MW
Max. budstørrelse	N/A	N/A	N/A	50 MW	50 MW
Indkøbes som	Opregulering som et asymmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Op- og nedregulering som et symmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Opregulering som et asymmetrisk produkt

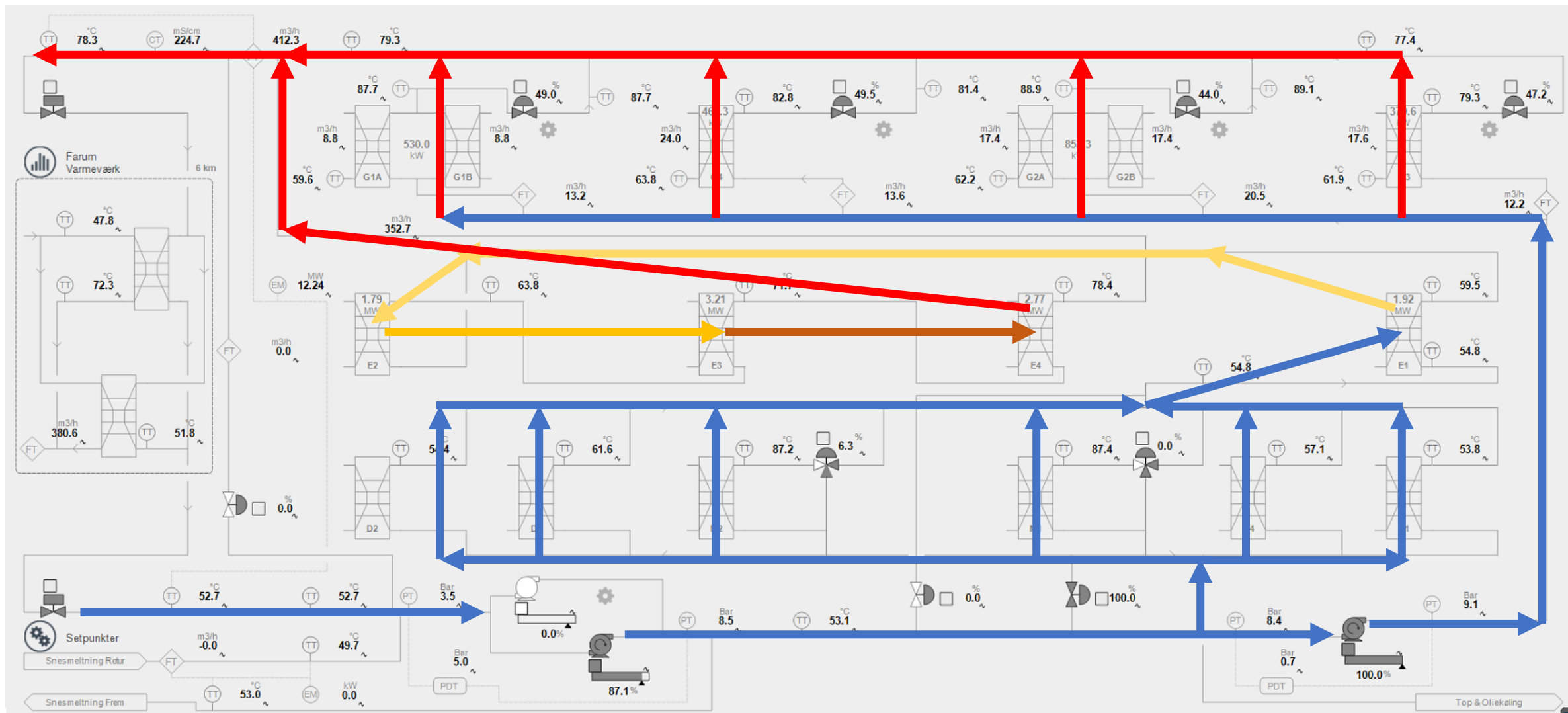
Hurtige lastændringer

"Reaktiv regulering"

- Kompressor
- Stærkudskillere
- Vandpumper



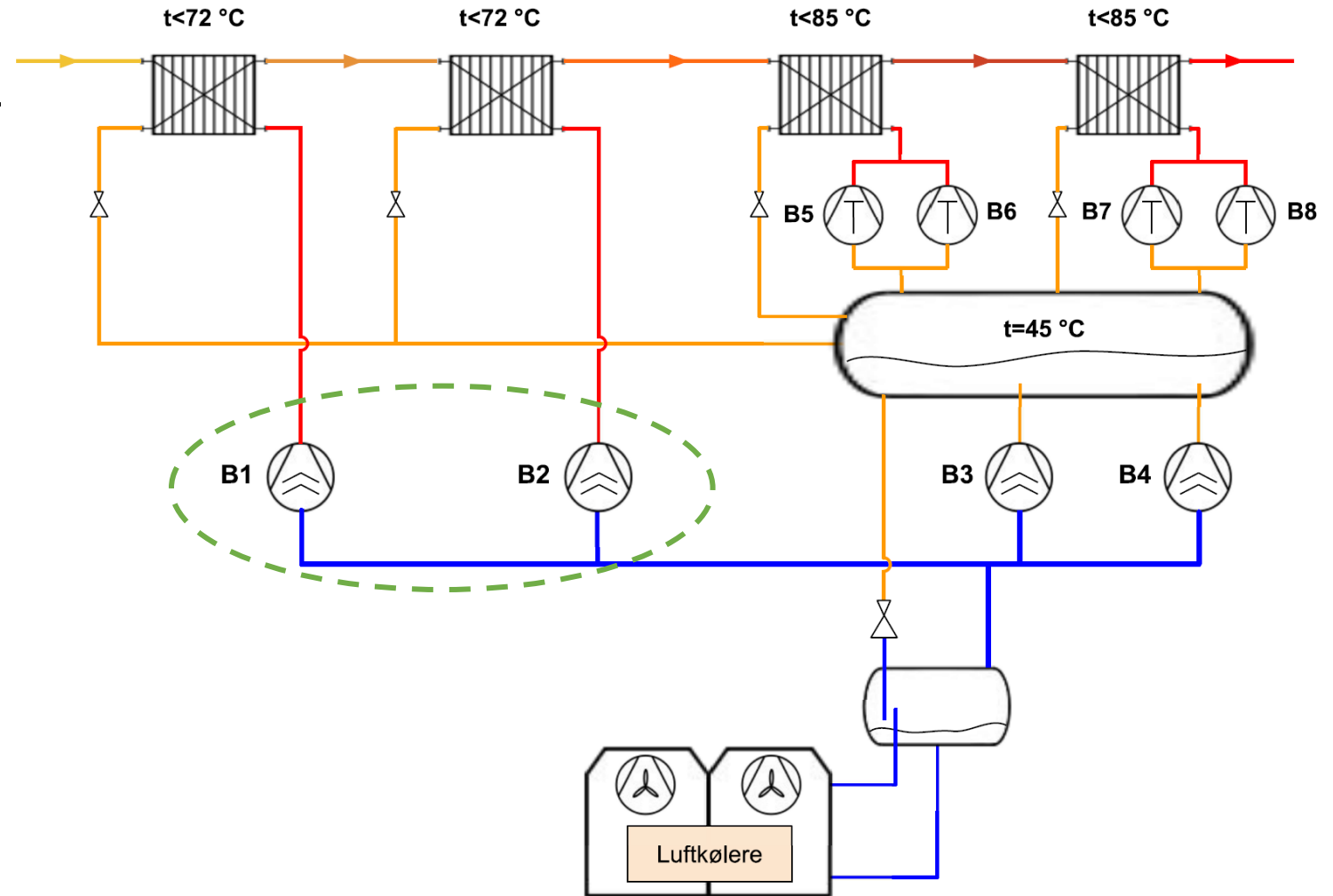
Vandsystemet skal balancere



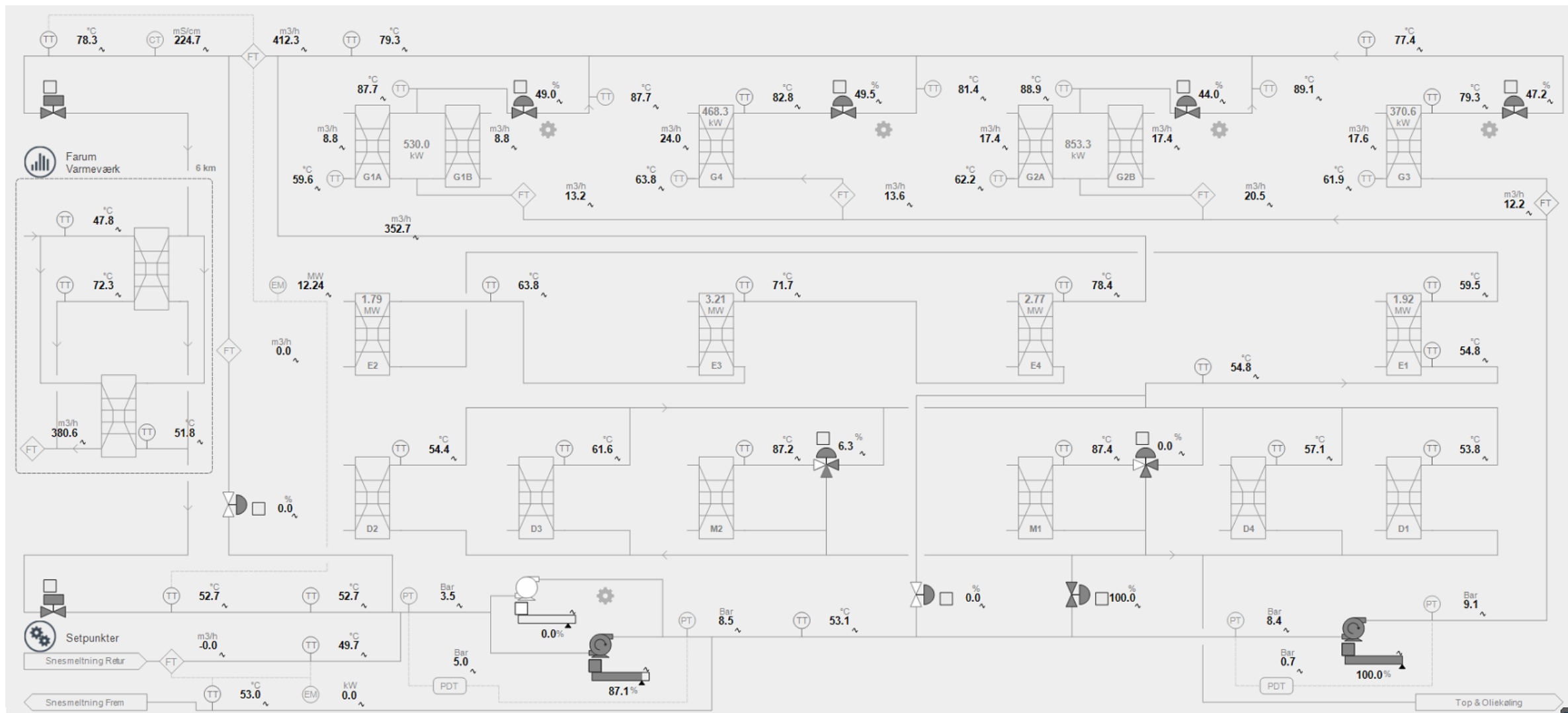
Delvis lastændringer er simple (fx 50 %)

1-2 MW el-effekt

- Kun et-trins kompressorer
- Ændret styring
 - Stænkudskillere
 - Vandsystem



Vandsystemet skal balancere



Praktiske udfordringer

Varmepumpe

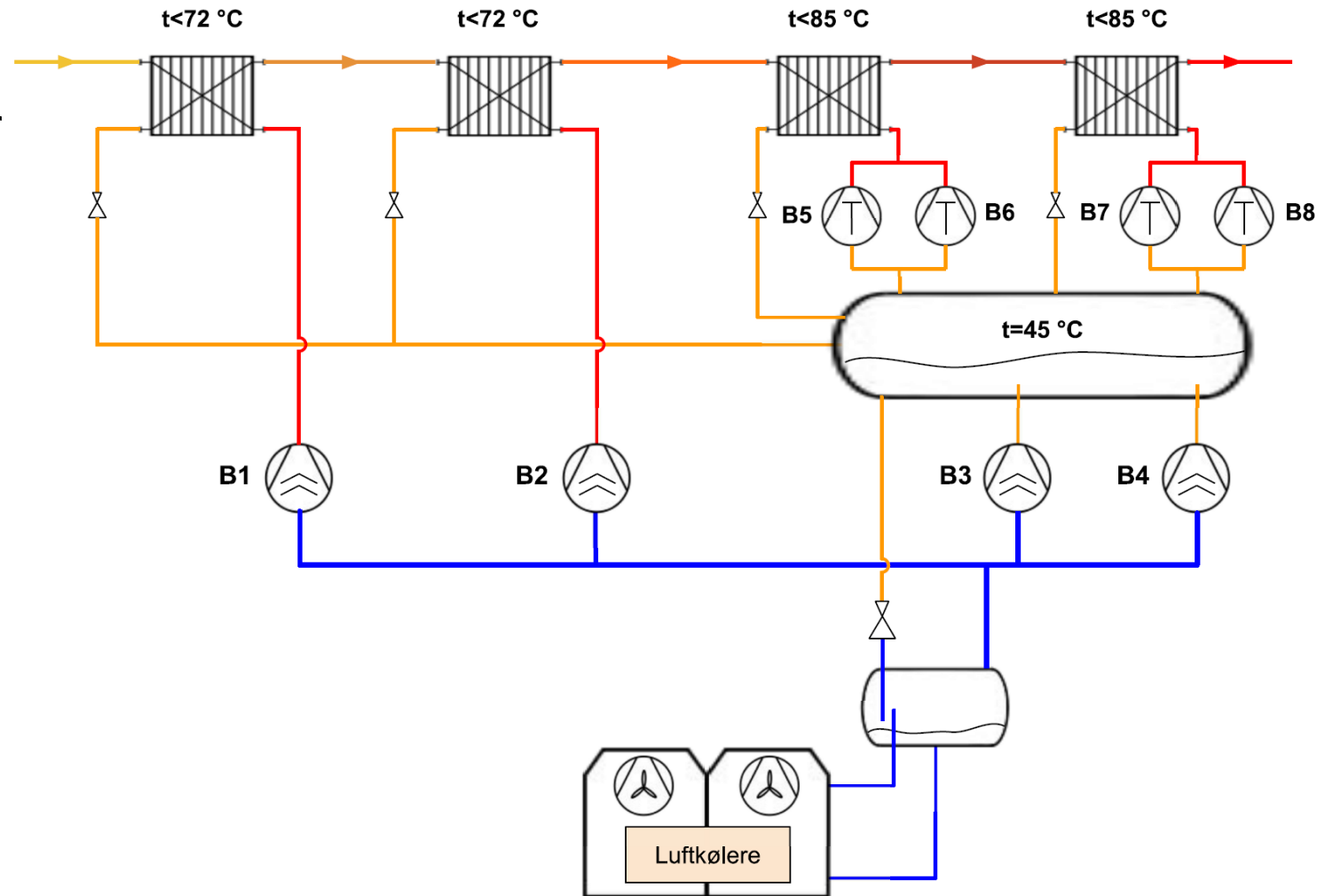
- Regulering af kompressorer
- Regulering af kølemiddel

Fjernvarmesystem

- Fremløb til byen
- Oliekølere m.m.
- Efteropvarmning

Kræver markante ændringer

- Styring skal omtænkes
- Akkumuleringstank



Systemydelser

DK2	FFR 	FCR-D 	FCR-N 	aFRR 	mFRR 
Produktnavn	Fast Frequency Reserve	Frequency Containment Reserve for Disturbances	Frequency Containment Reserve for Normal operation	Automatic Frequency Restoration Reserve	Manual Frequency Restoration Reserve
Funktion	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensstabilisering	Frekvensgenopretning	Balanceudligning
Tekniske specifikationer					
Reaktionstid	0,7 – 1,3 sekunder	50% på 5 sekunder 50% på 25 sekunder	2,5 minutter	5 minutter	15 minutter
Min. leveringstid	5 sekunder	N/A	N/A	1 time	1 time eller 1 måned
Max. reetableringstid	15 minutter	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid	Ingen reetableringstid
Karakteristika for levering	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren måler selv frekvensen i elnettet og leverer ved frekvensfald/-stigninger	Leverandøren modtager et automatisk signal fra Energinet hvert 4. sekund via Scada system	Leverandøren modtager et manuelt signal fra Energinet ved behov.
Load faktor (2021) aktiveret energi ift. solgt kapacitet	0 %	0,05 %	Net: ↓0,5 %	-	100 %
Markeds-specifikationer					
Min. budstørrelse	0,3 MW	0,1 MW	0,1 MW	1 MW	5 MW
Max. budstørrelse	N/A	N/A	N/A	50 MW	50 MW
Indkøbes som	Opregulering som et asymmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Op- og nedregulering som et symmetrisk produkt	Opregulering og nedregulering som to asymmetriske produkter	Opregulering som et asymmetrisk produkt

Konklusioner – Farum Fjernvarme

Manuel opregulering er mulig (op til 5 MW)

Varme skal erstattes af gas/olie (15 MW)

100 % opregulering på 5 eller 2,5 min. er også muligt

Øvrige muligheder

Akkutank kan erstatte olie/gas i forår/sommer ved opregulering

Hurtig nedregulering

Ændringer i styring hvis stor effekt

Akkutank

Hvad er indtjeningsmulighederne???

Konklusioner – Farum Fjernvarme

Manuel opregulering er mulig (op til 5 MW)

Varme skal erstattes af gas/olie (15 MW)

100 % opregulering på 5 eller 2,5 min. er også muligt

Øvrige muligheder

Akkutank kan erstatte olie/gas i forår/sommer ved opregulering

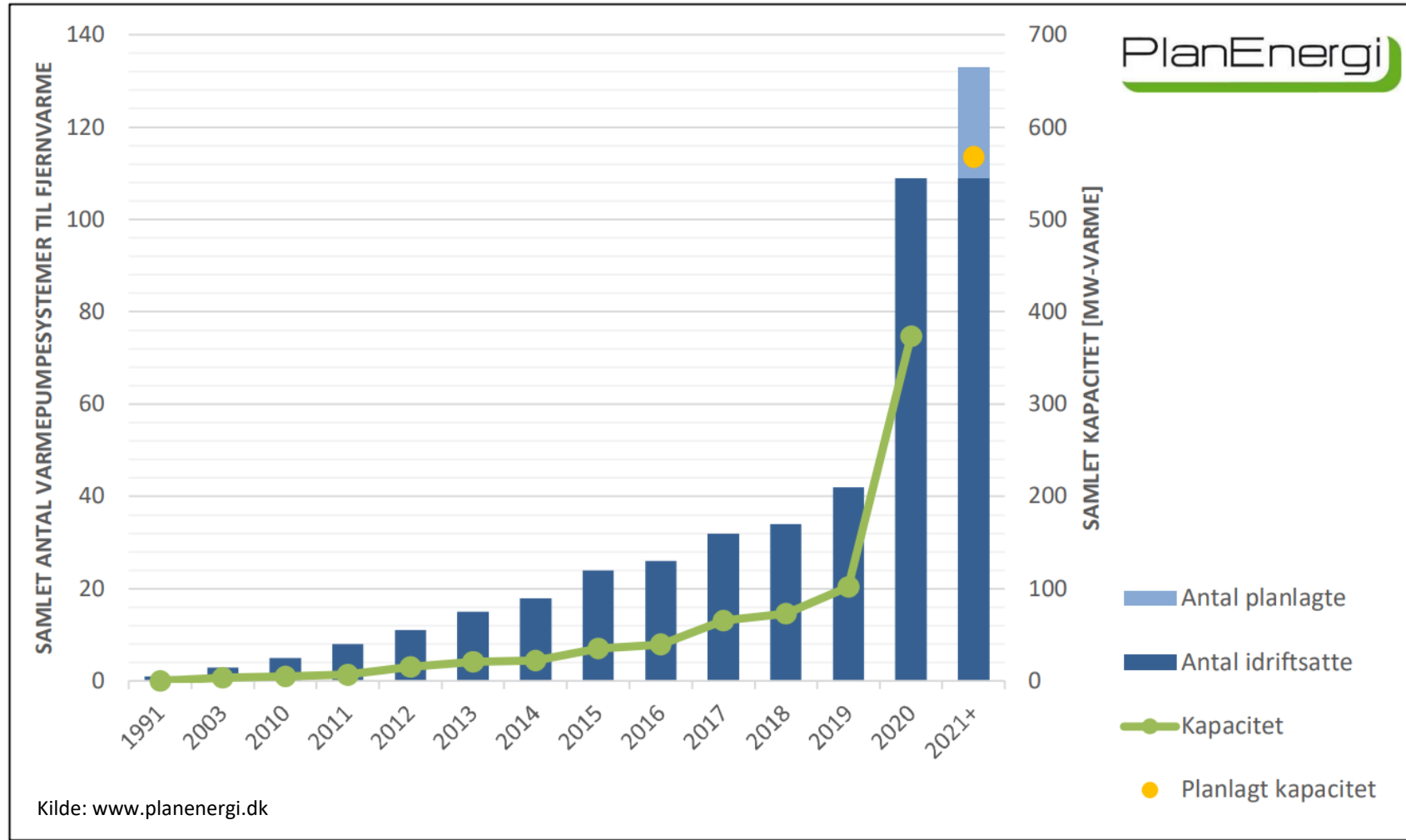
Hurtig nedregulering

Ændringer i styring hvis stor effekt

Akkutank

Hvad er indtjeningsmulighederne???

Efterhånden mange VP'er + Elpatroner



Hvad er indtjeningsmulighederne?

Funktion	Indkøb	
	Vestdanmark	Østdanmark
Frekvensstabilisering (Primær reserve)	FCR ¹ ca. +/- 23 MW	FFR ¹ FCR-N ² ca. +/- 18 MW
		FCR-D op- og nedregulering ¹ ca. +/- 38 MW
		aFRR ³ +/- 0/38/52 MW
Frekvensgenopretning (Sekundær reserve)	aFRR +/- 100 MW	aFRR ³ +/- 0/38/52 MW
Balanceudligning (tertiær reserve)	mFRR + 284 MW	mFRR + 623 MW

Kan det betale sig at investere i tiltag for hurtigere regulering???

PAUSE TIL



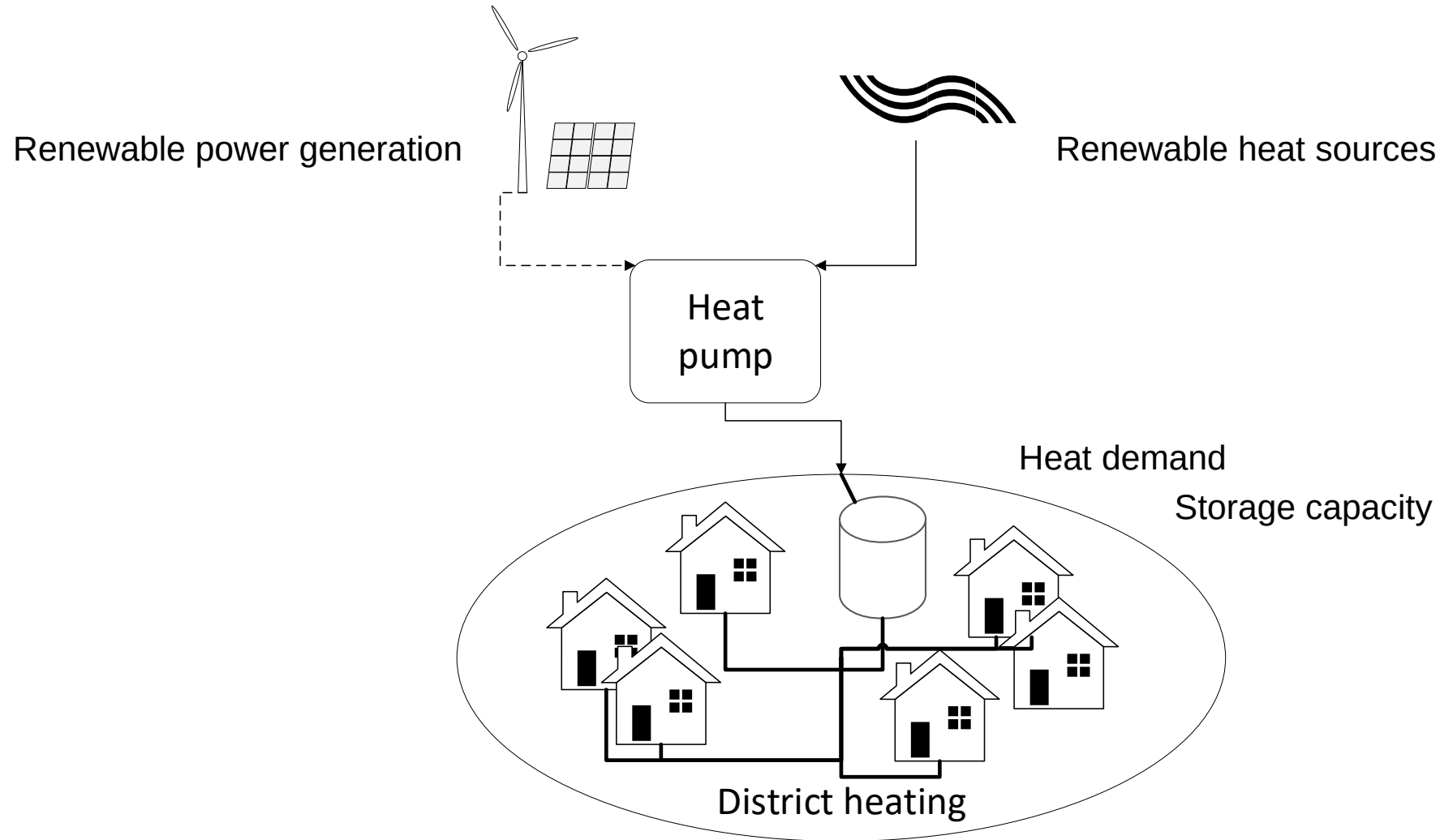
15.10



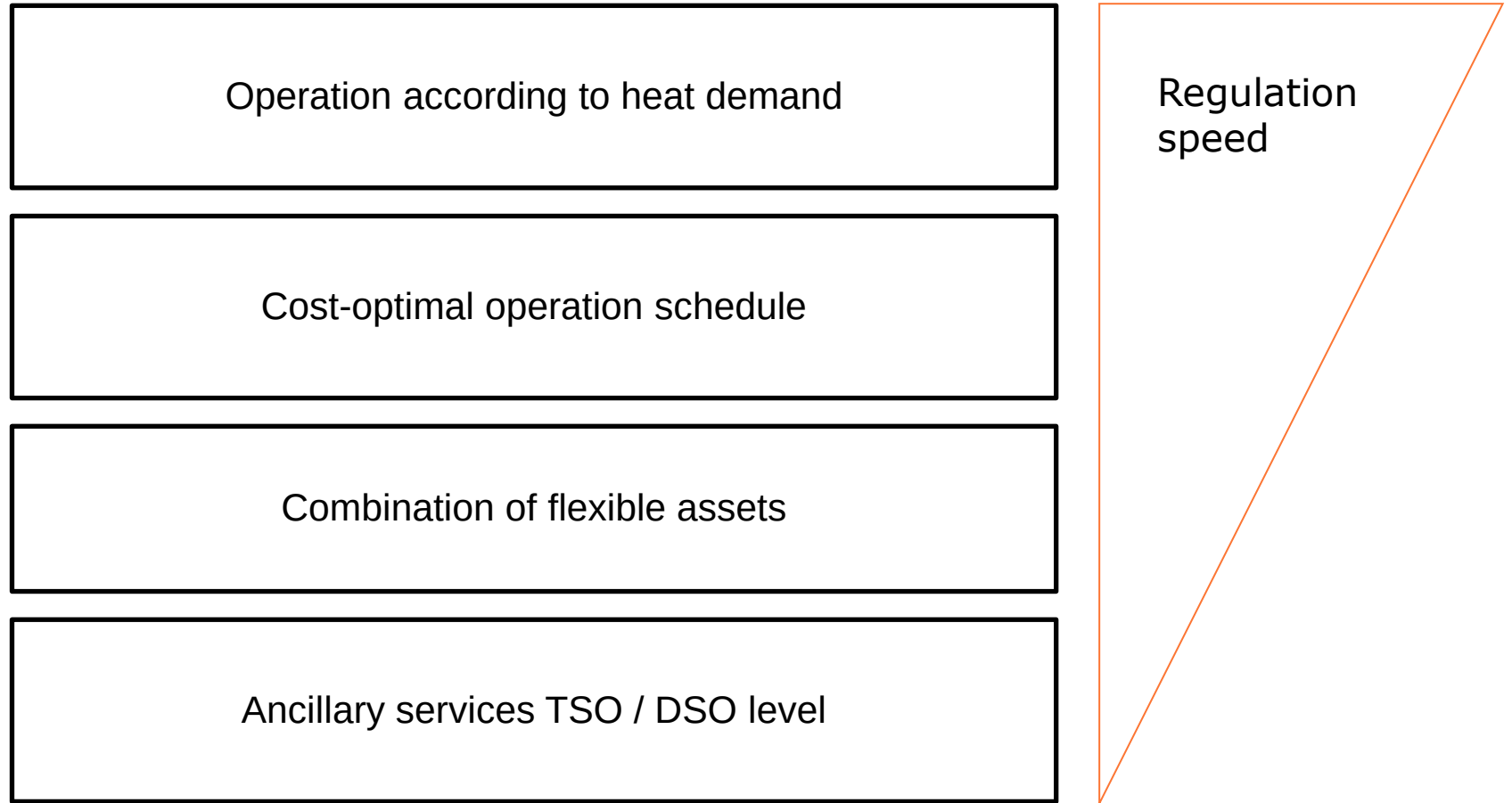


8. Fleksibel drift af store varmepumper – forskningsresultater og case eksempler

Sector coupling using large-scale heat pumps

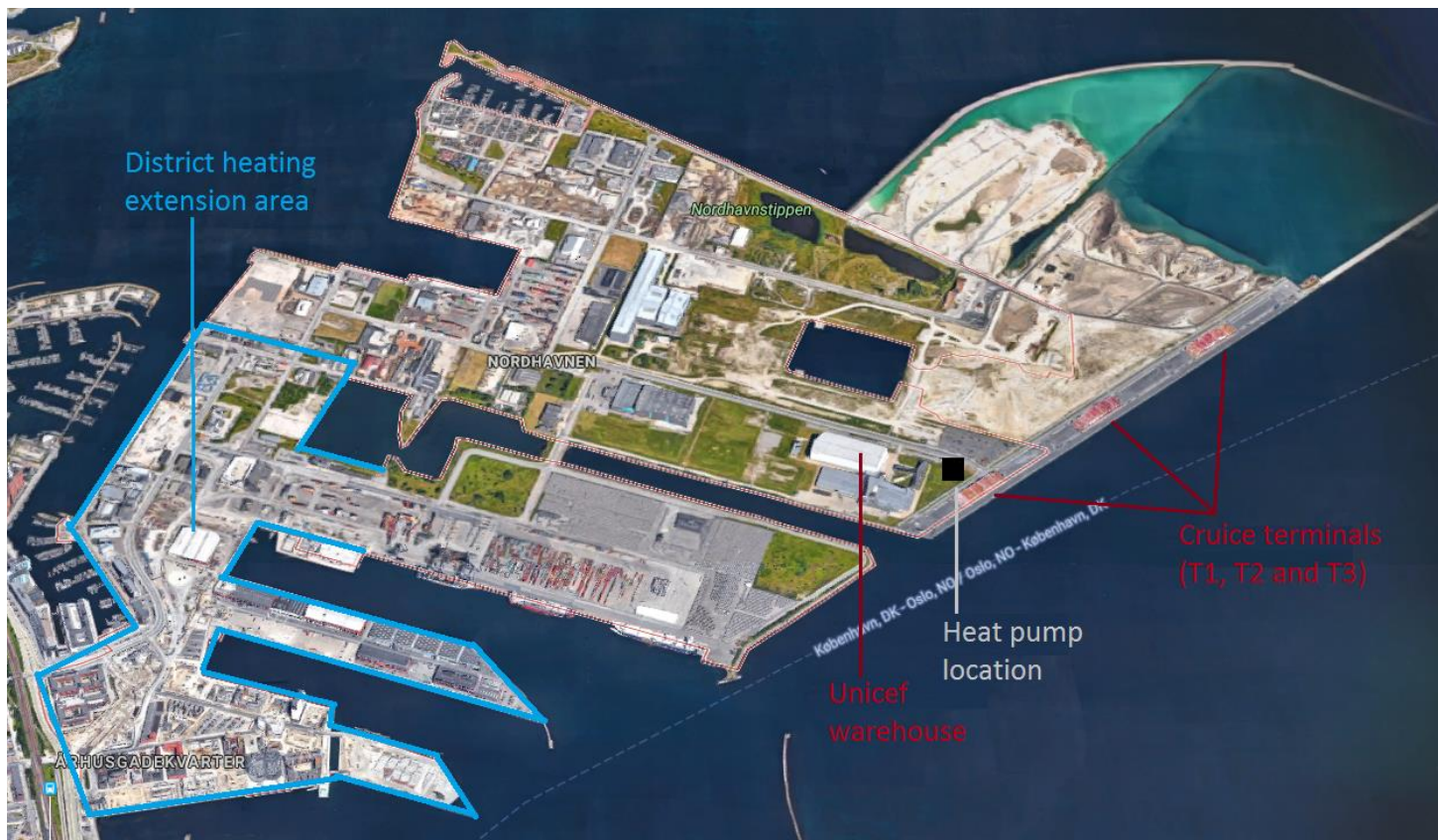


Helping the integration of energy sectors

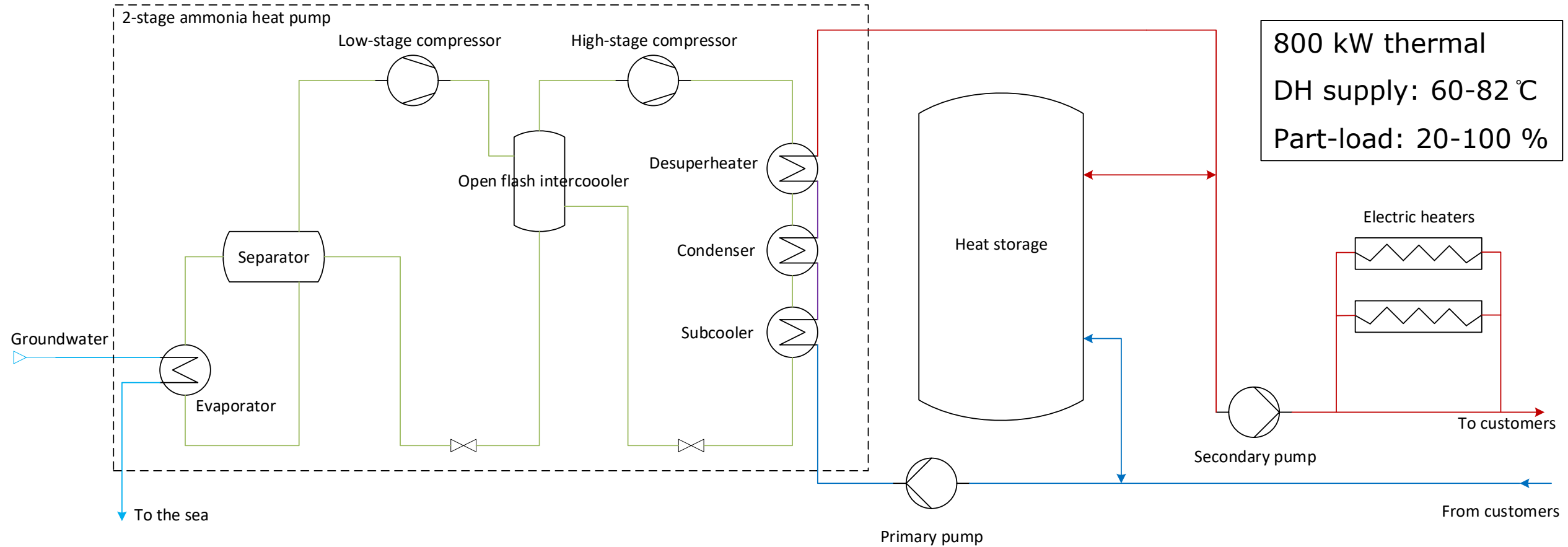


Fast regulation of ammonia heat pump

The demonstration case – FlexHeat Nordhavn

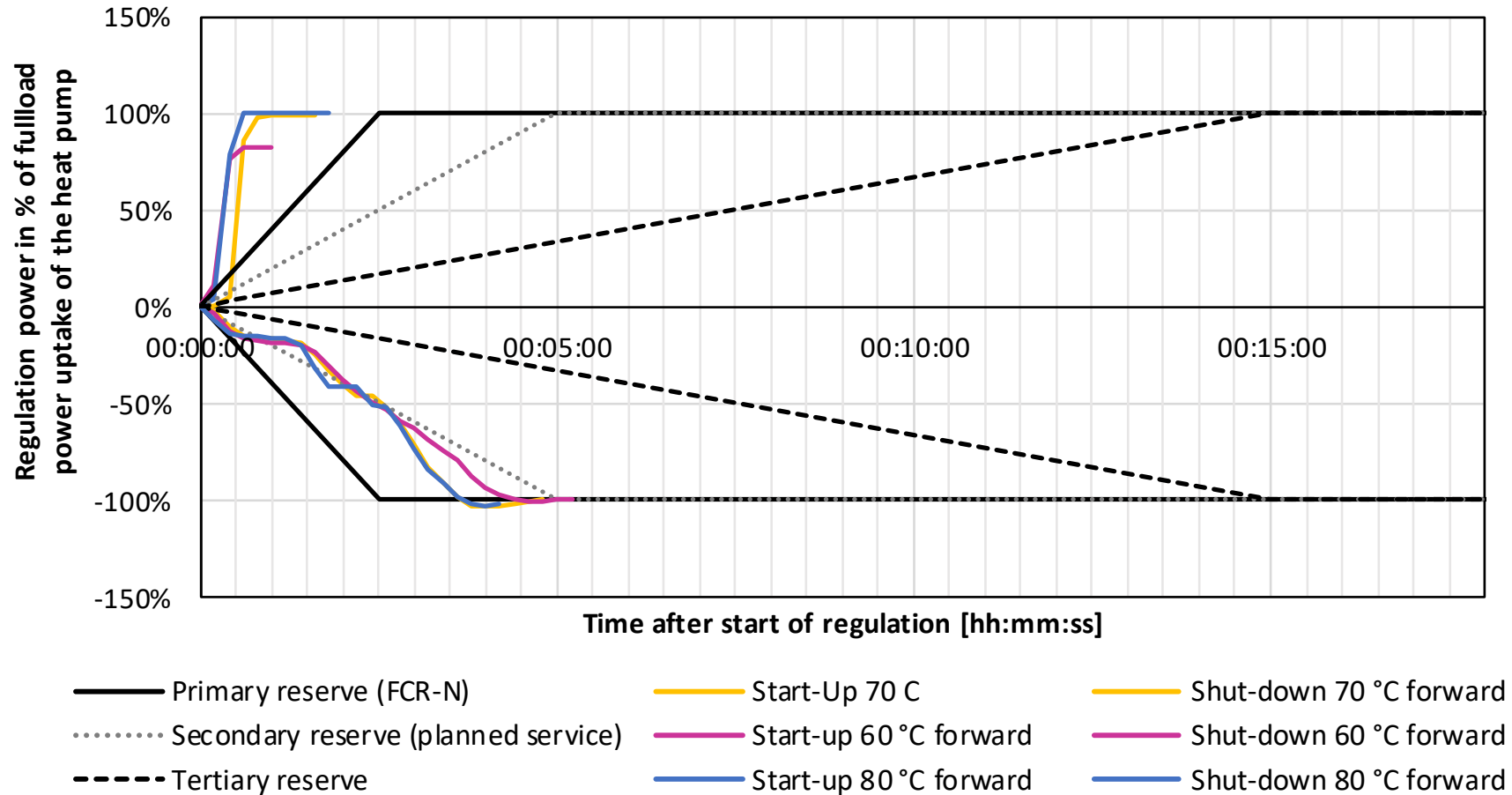


The demonstration case – FlexHeat Nordhavn



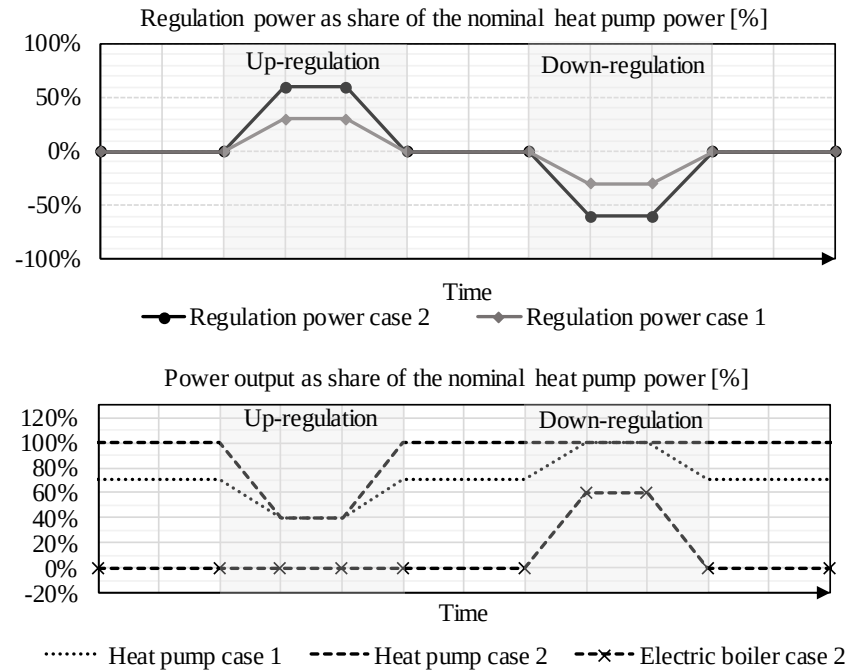
Delivery of frequency regulation

Start-up and shut-down times of FlexHeat heat pump compared to required regulation times in Eastern Denmark

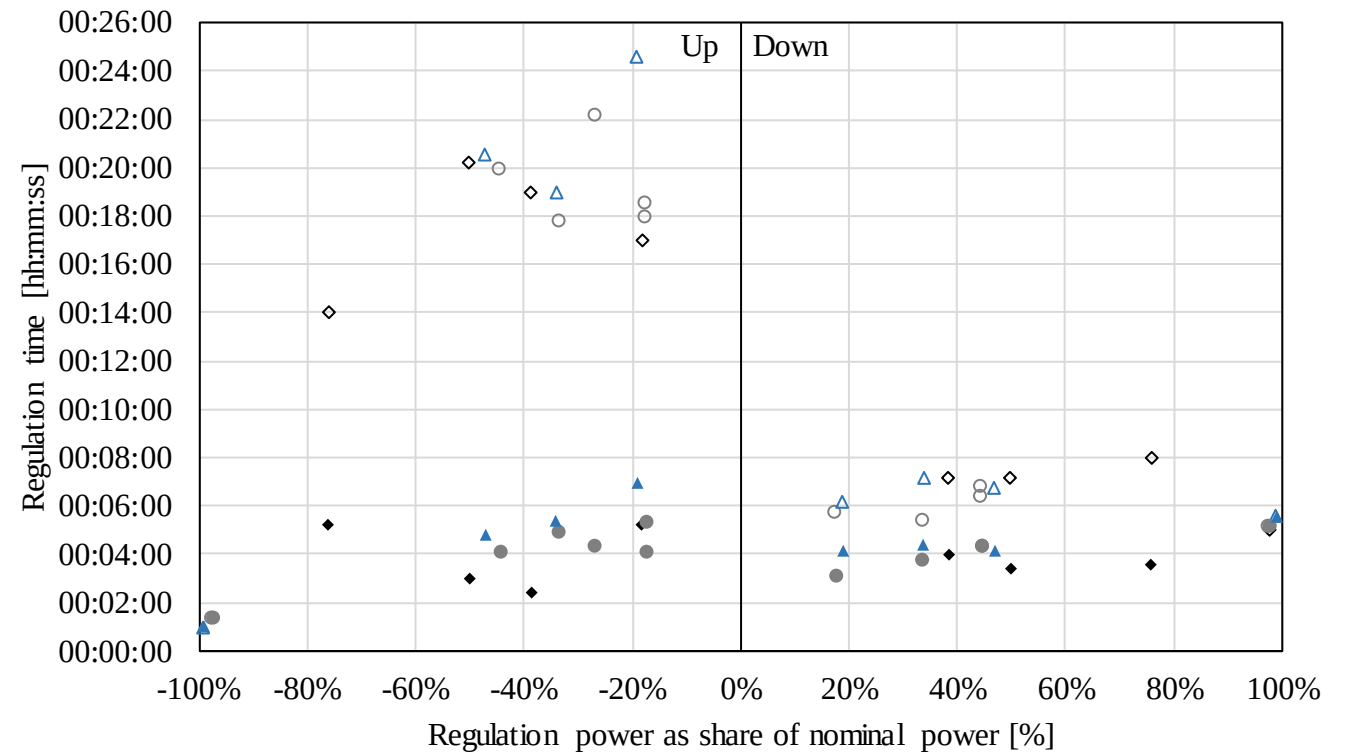


Demonstration case: Ramping times

Testing scheme



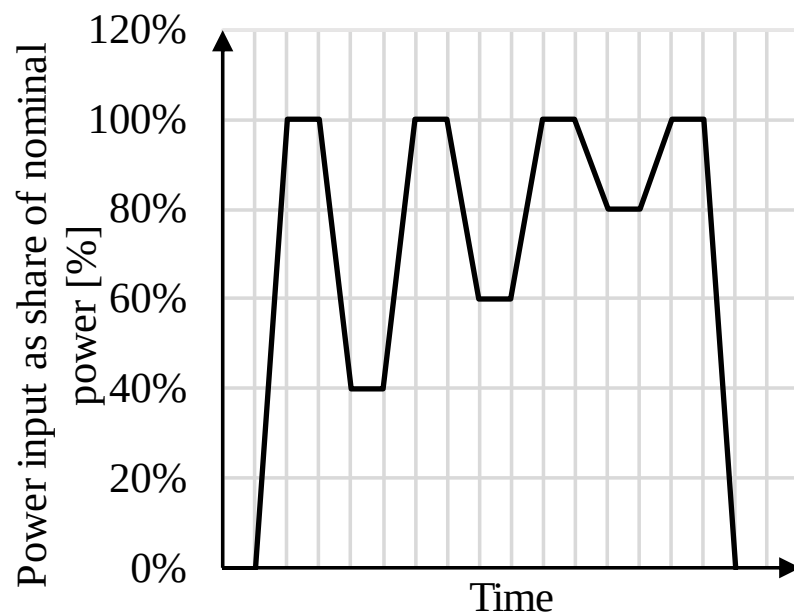
Measurement for 70 °C forward temperature



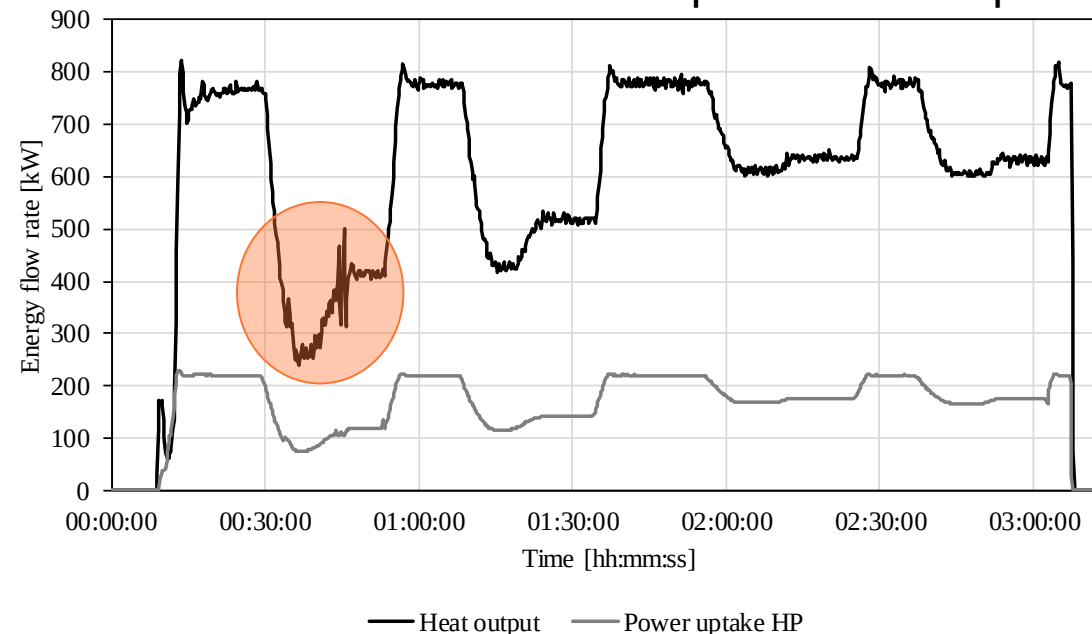
- ◆ 60 °C Actual value ○ 70 °C Actual value ▲ 80 °C Actual value
- ◆ 60 °C Electric boiler support ● 70 °C Electric boiler support ▲ 80 °C Electric boiler support

Demonstration case: Ramping into part-load

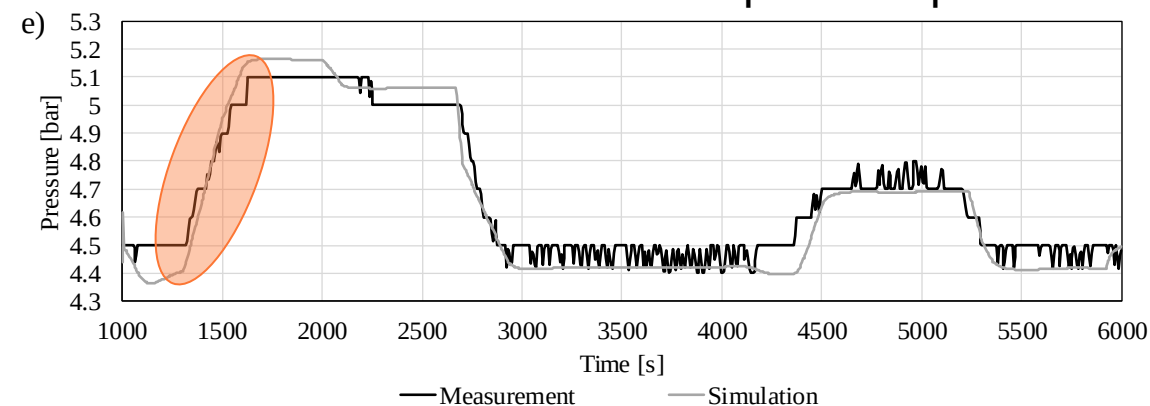
Testing scheme

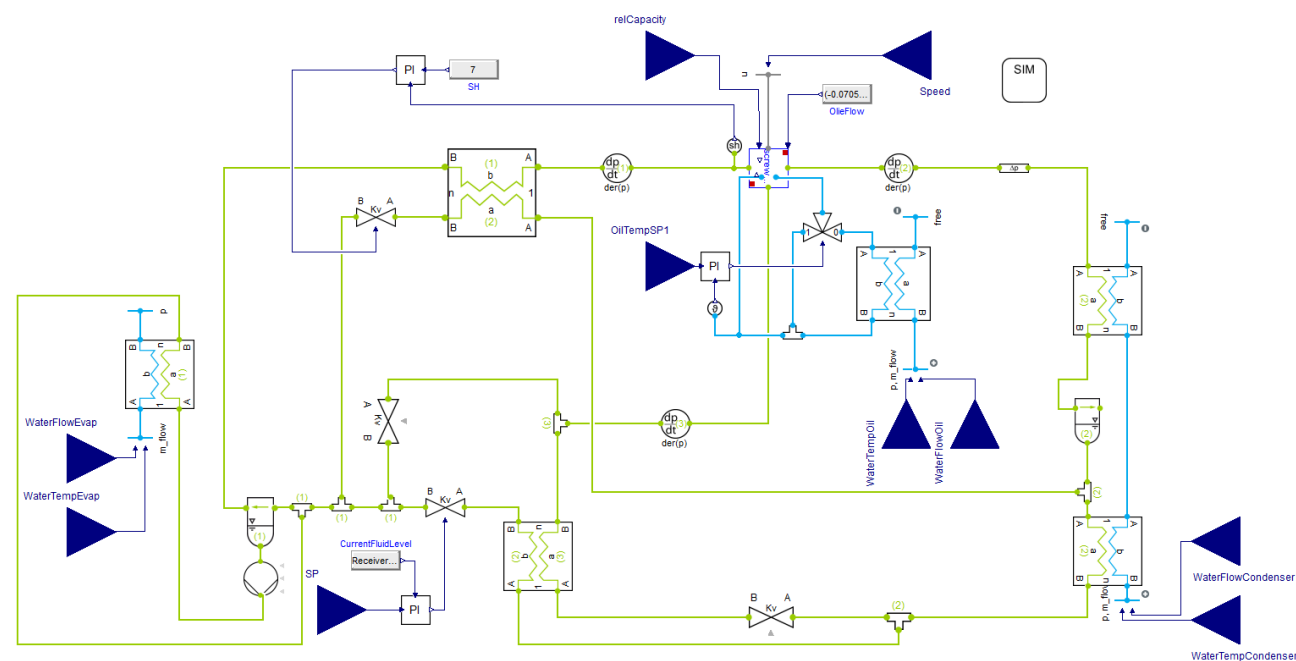
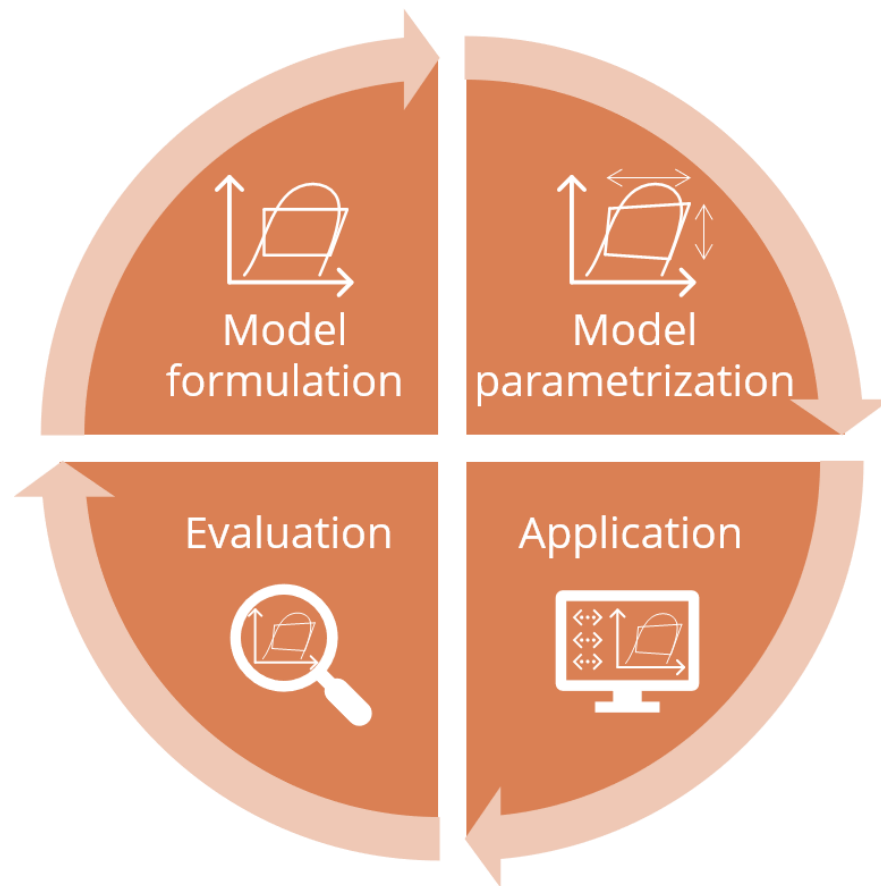


Heat output & Power uptake

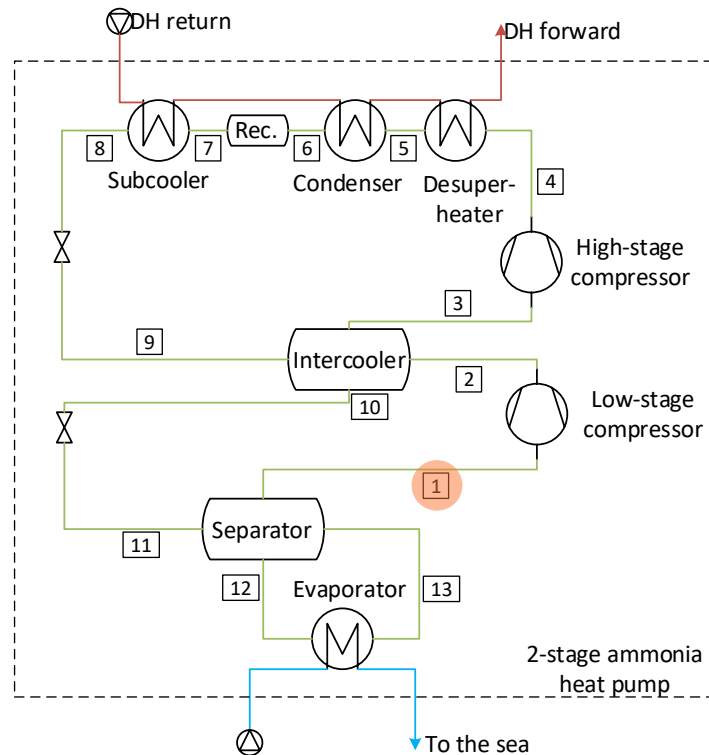


Evaporation pressure

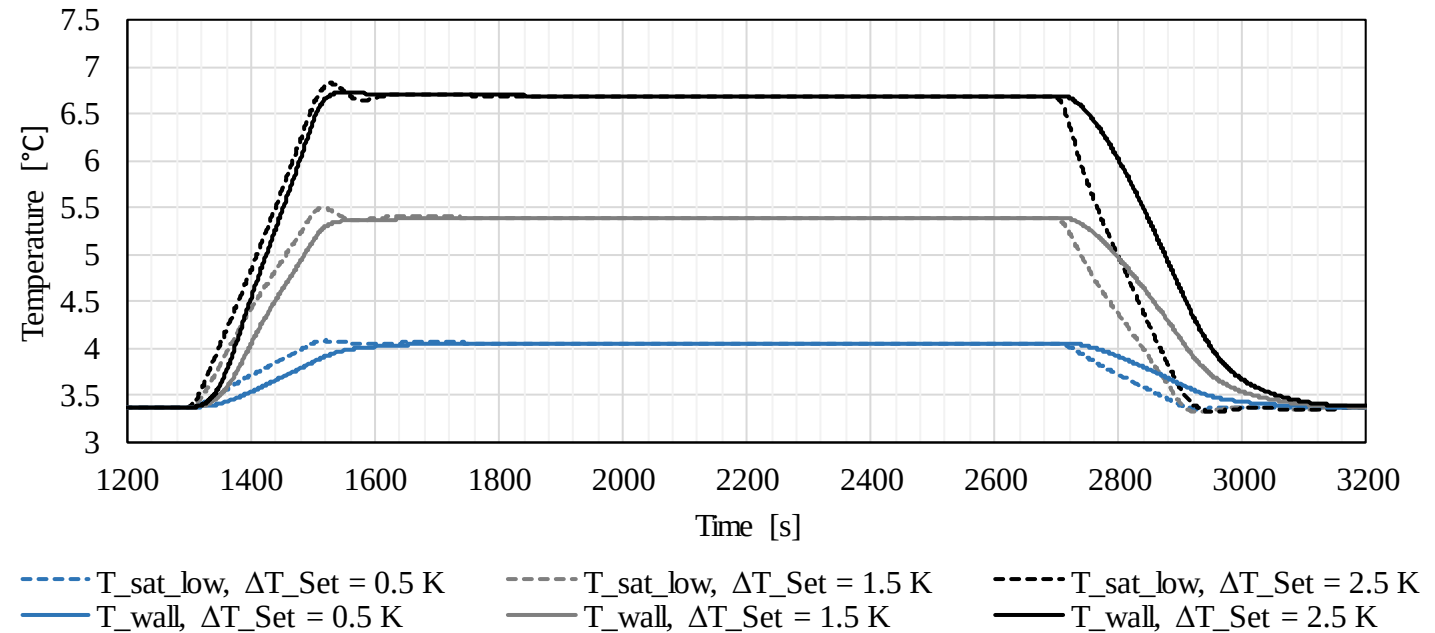




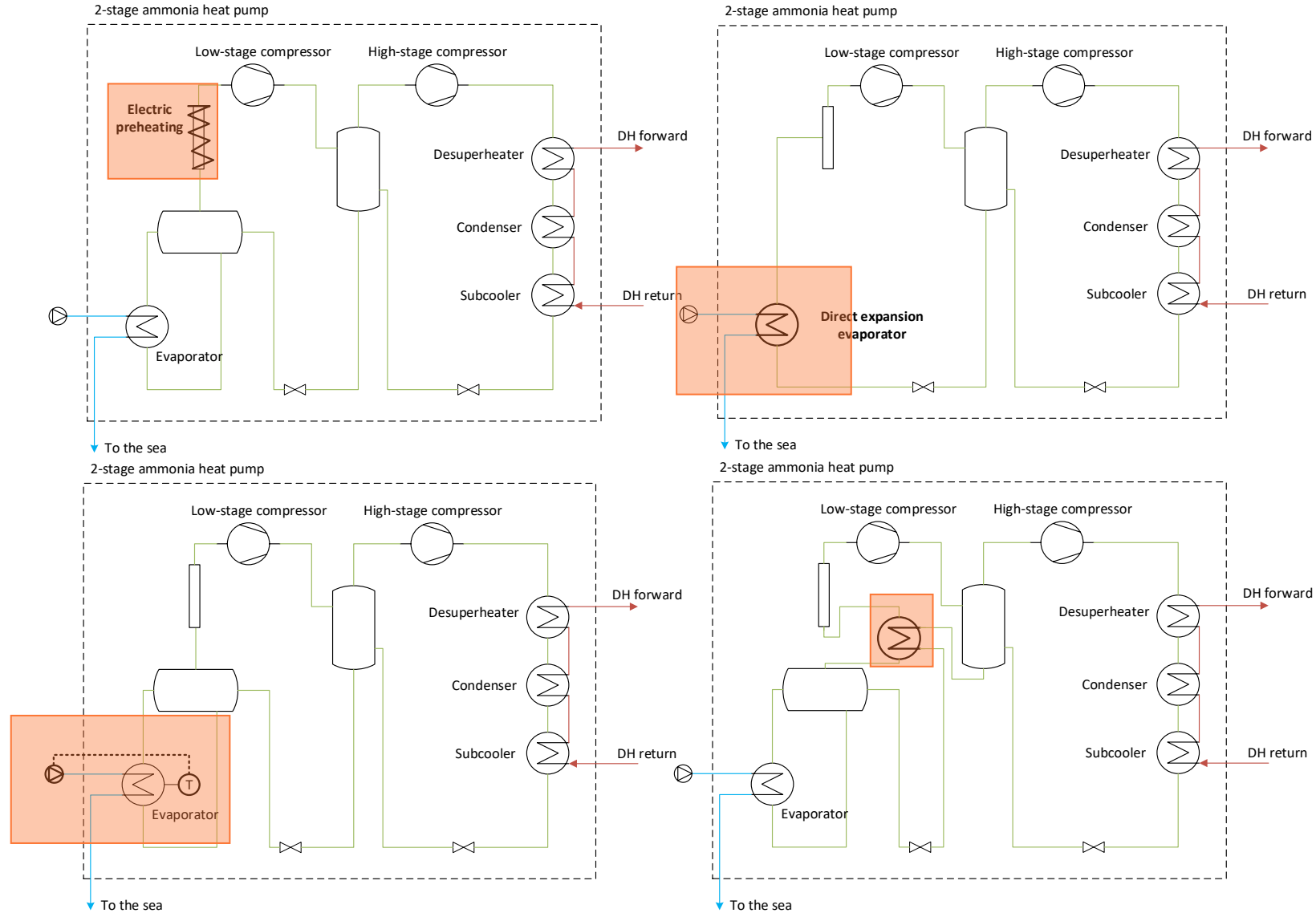
Risk of condensation in the suction line during fast ramp-downs



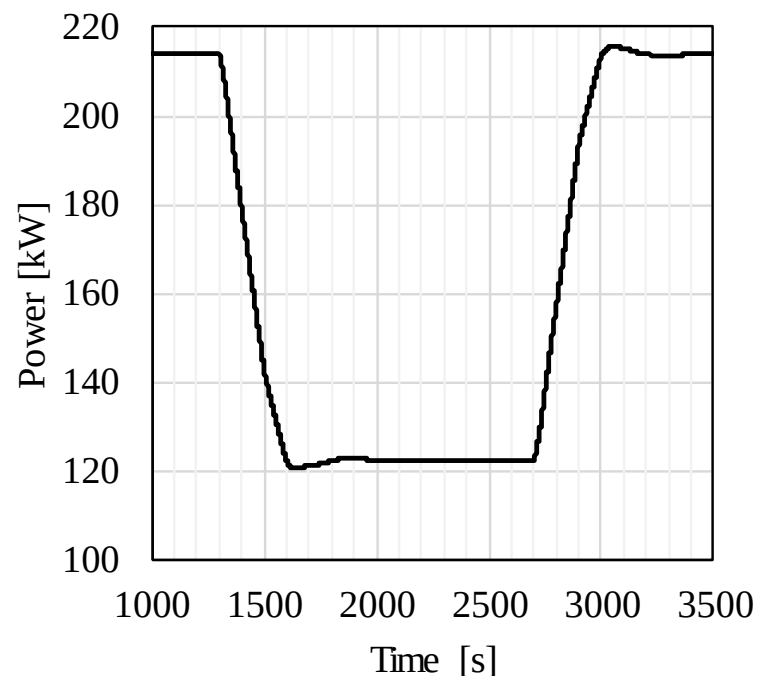
Saturation temperature and wall temperature in the low-stage suction line



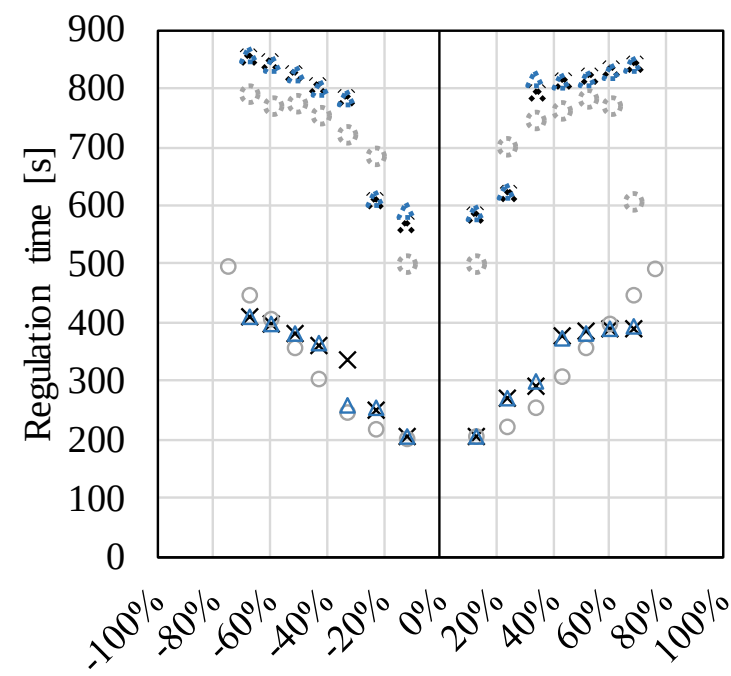
Avoiding the risk of droplet formation



Improved controller parametrisation - Model



— Reaction of power uptake to a change in $T_{\text{source_out_set}}$ of 2 K



✱ 0.10% 29.3 bar

✱ 0.10% 33.2 bar

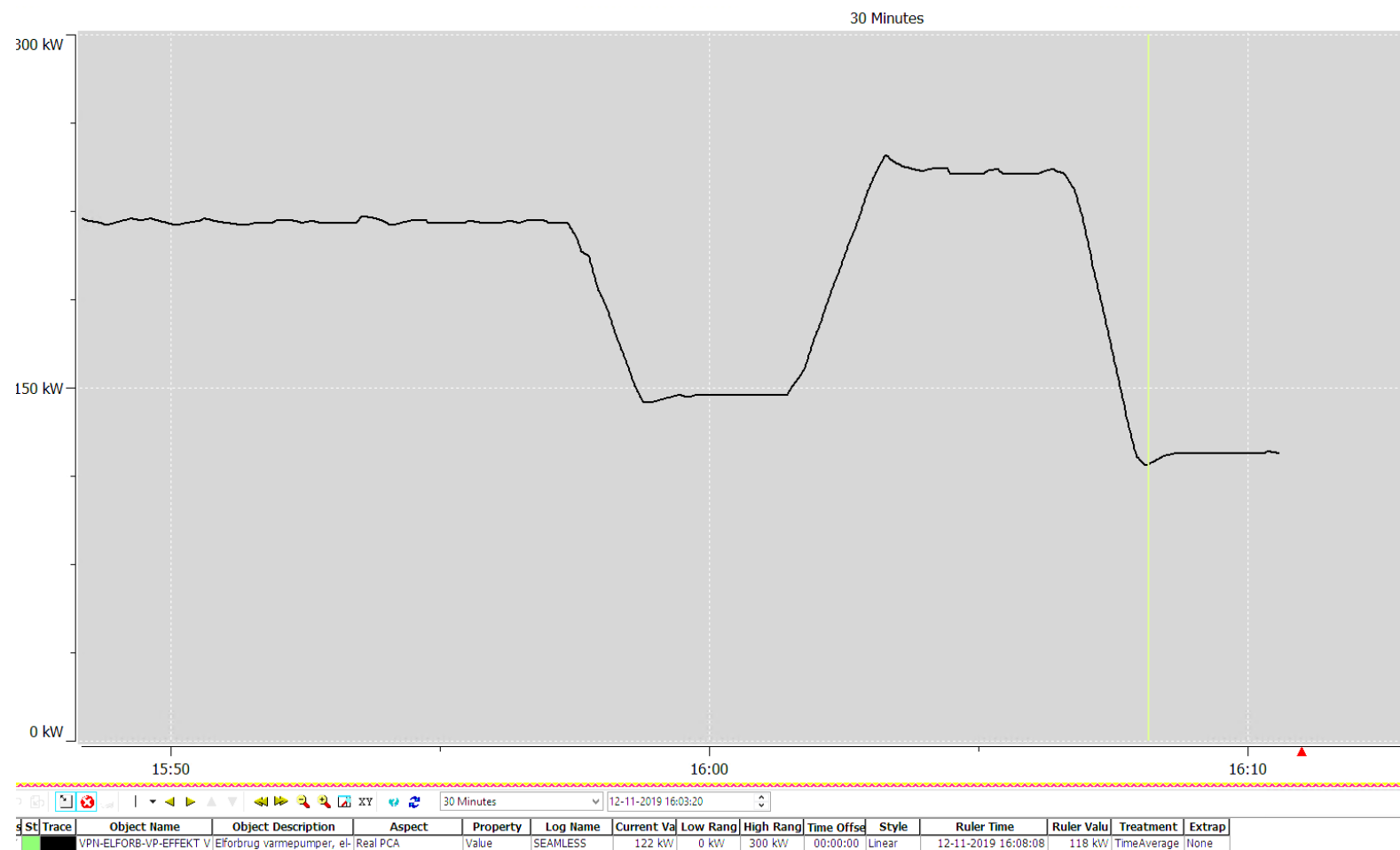
✱ 0.10% 38.5 bar

× 1.00% 29.3 bar

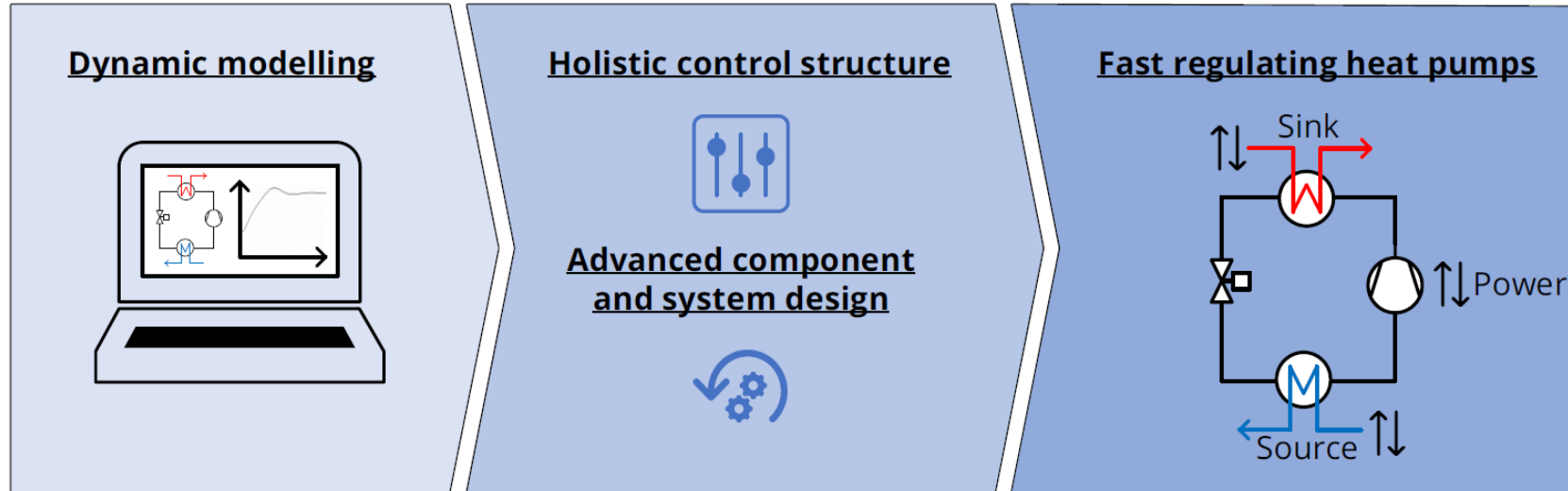
○ 1.00% 33.2 bar

△ 1.00% 38.5 bar

Improved controller parametrisation – real plant



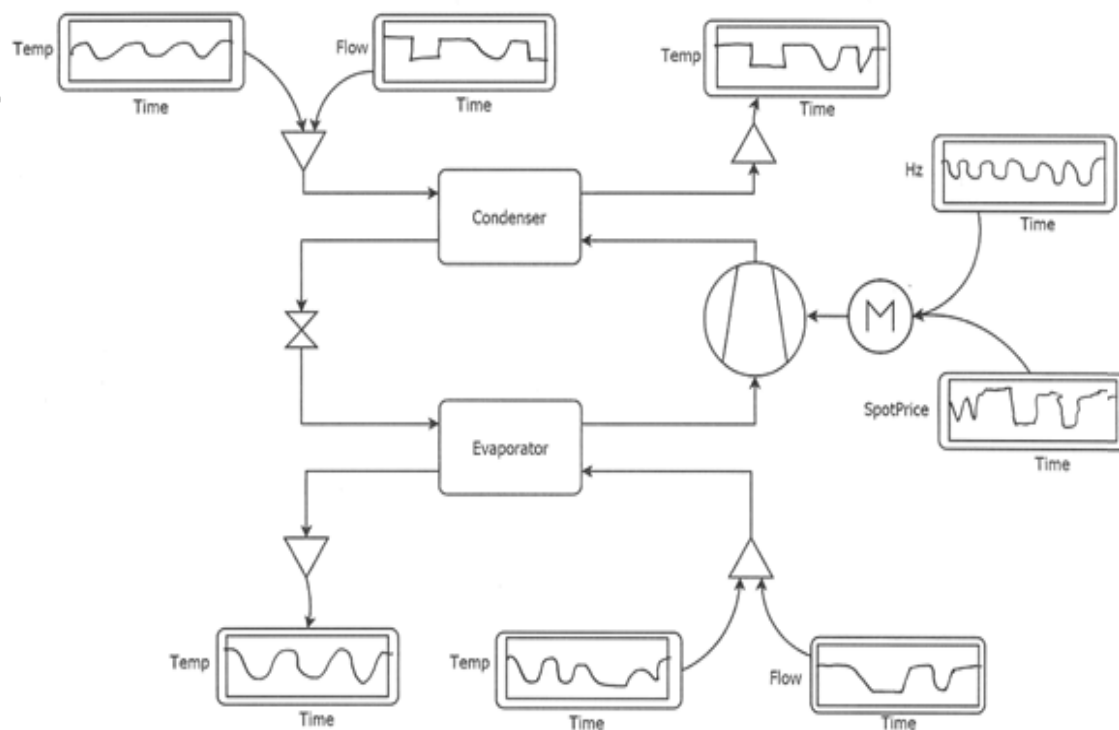
Current research project: Development of fast regulating heat pumps using dynamic models



- WP 1 - Develop advanced dynamic component models
- WP 2 - Analysis of selected system configurations under dynamic operating conditions (Model and reality)
- WP 3 - Optimizing system design considering dynamic operation
- WP 4 - Based on the mathematical model, a holistic management must be developed

DTU Robust operation of heat pumps

- Sudden variations of flow and inlet temperature of the sink or source streams may cause similar problems to fast ramp downs
- Holistic control structures that can limit the pressure gradients to an acceptable maximum while keeping reaction times to a minimum
- Design systems according to the required dynamic response.

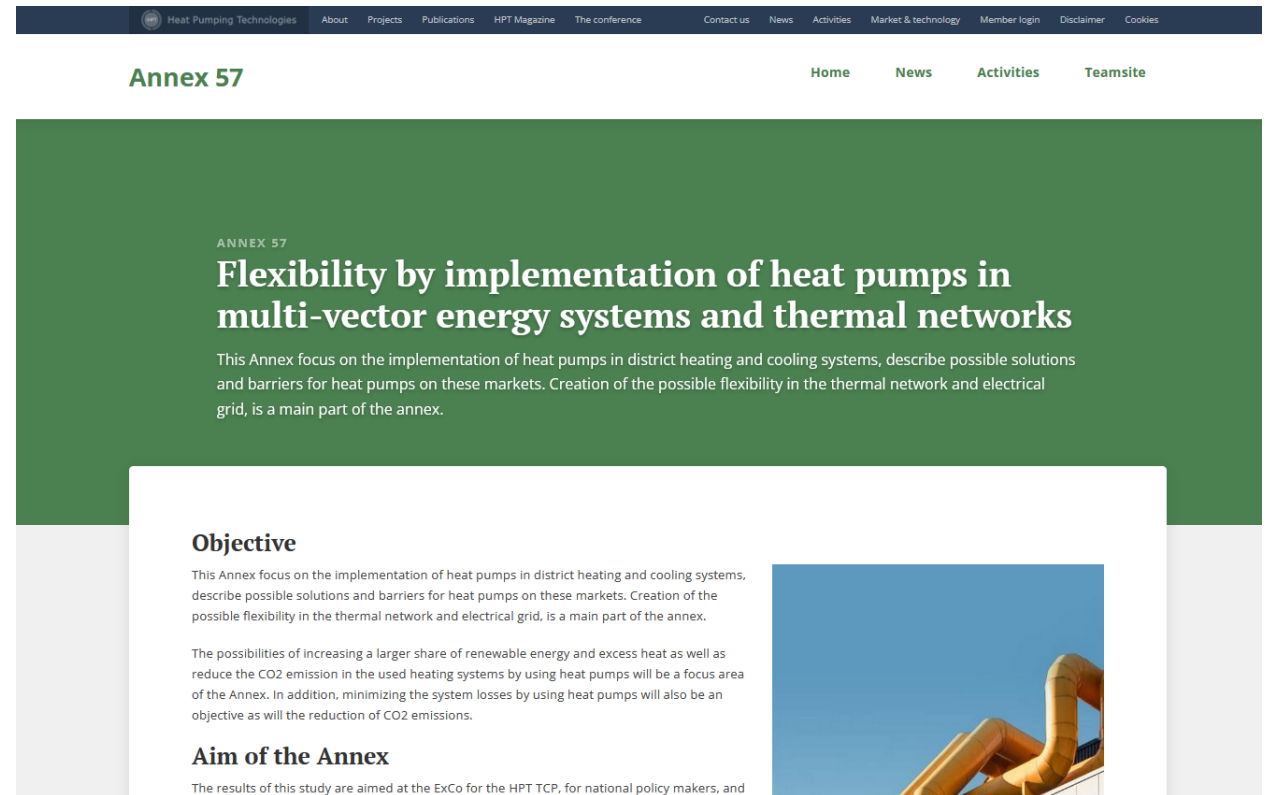


Other types of heat pumps

DTU IEA Annex 57: Case studies of flexible heat pump

Participating countries:

- Austria
- Denmark
- France
- Germany
- Netherlands
- Sweden



The screenshot shows the IEA Annex 57 website. The top navigation bar includes links for Heat Pumping Technologies, About, Projects, Publications, HPT Magazine, The conference, Contact us, News, Activities, Market & technology, Member login, Disclaimer, and Cookies. Below this, the 'Annex 57' title is displayed, along with links for Home, News, Activities, and Teamsite. The main content area features a green background with the title 'ANNEX 57 Flexibility by implementation of heat pumps in multi-vector energy systems and thermal networks'. A subtitle states: 'This Annex focus on the implementation of heat pumps in district heating and cooling systems, describe possible solutions and barriers for heat pumps on these markets. Creation of the possible flexibility in the thermal network and electrical grid, is a main part of the annex.' Below this, there are two sections: 'Objective' and 'Aim of the Annex'. The 'Objective' section describes the focus on district heating and cooling systems, solutions, barriers, and flexibility. The 'Aim of the Annex' section states that the results are aimed at the ExCo for the HPT TCP, for national policy makers, and

Objective

This Annex focus on the implementation of heat pumps in district heating and cooling systems, describe possible solutions and barriers for heat pumps on these markets. Creation of the possible flexibility in the thermal network and electrical grid, is a main part of the annex.

The possibilities of increasing a larger share of renewable energy and excess heat as well as reduce the CO₂ emission in the used heating systems by using heat pumps will be a focus area of the Annex. In addition, minimizing the system losses by using heat pumps will also be an objective as will the reduction of CO₂ emissions.

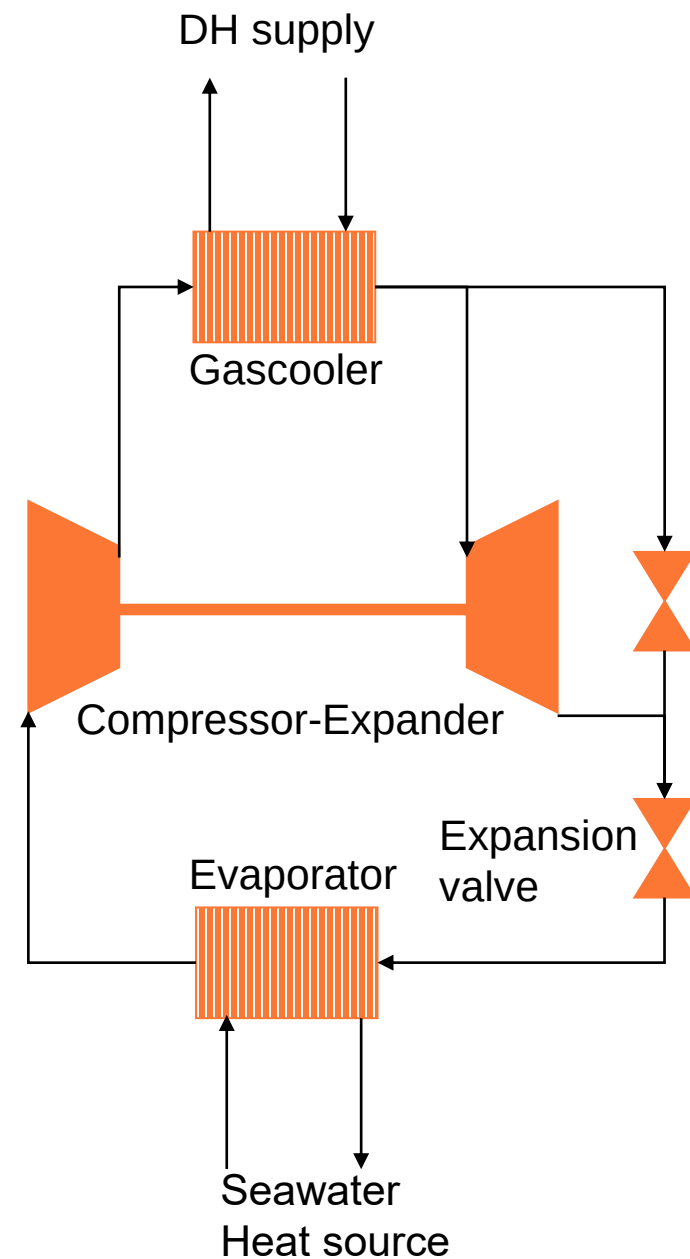
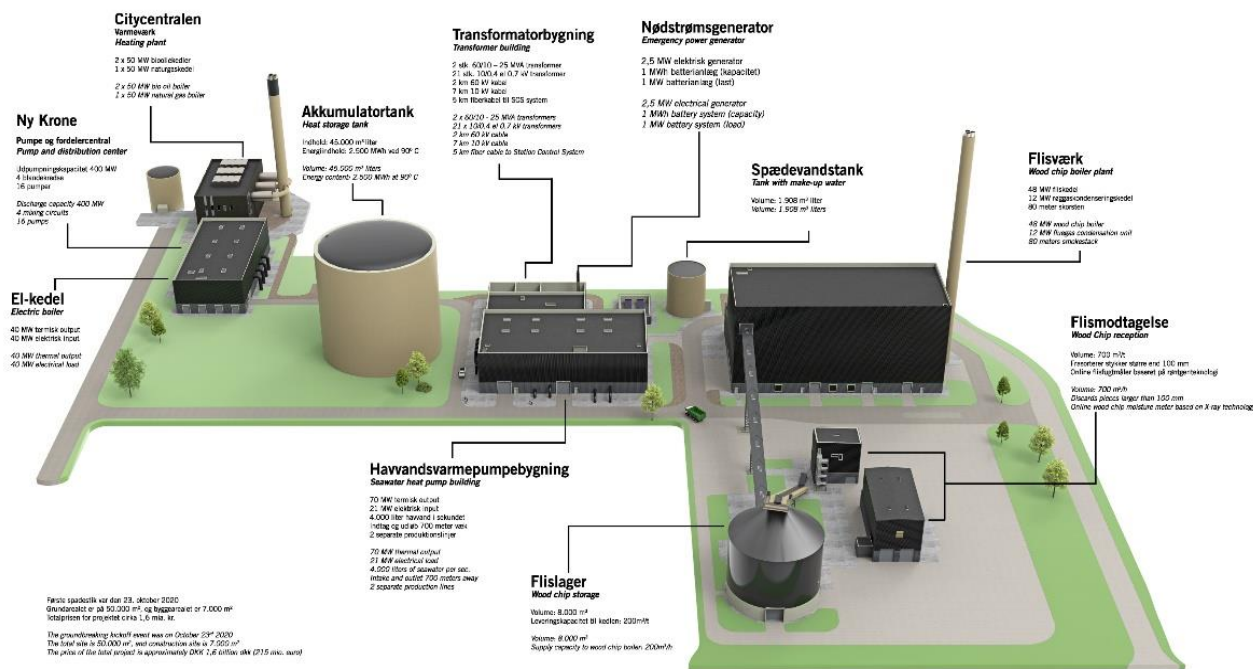
Aim of the Annex

The results of this study are aimed at the ExCo for the HPT TCP, for national policy makers, and



Example: Esbjerg (DinForsyning)

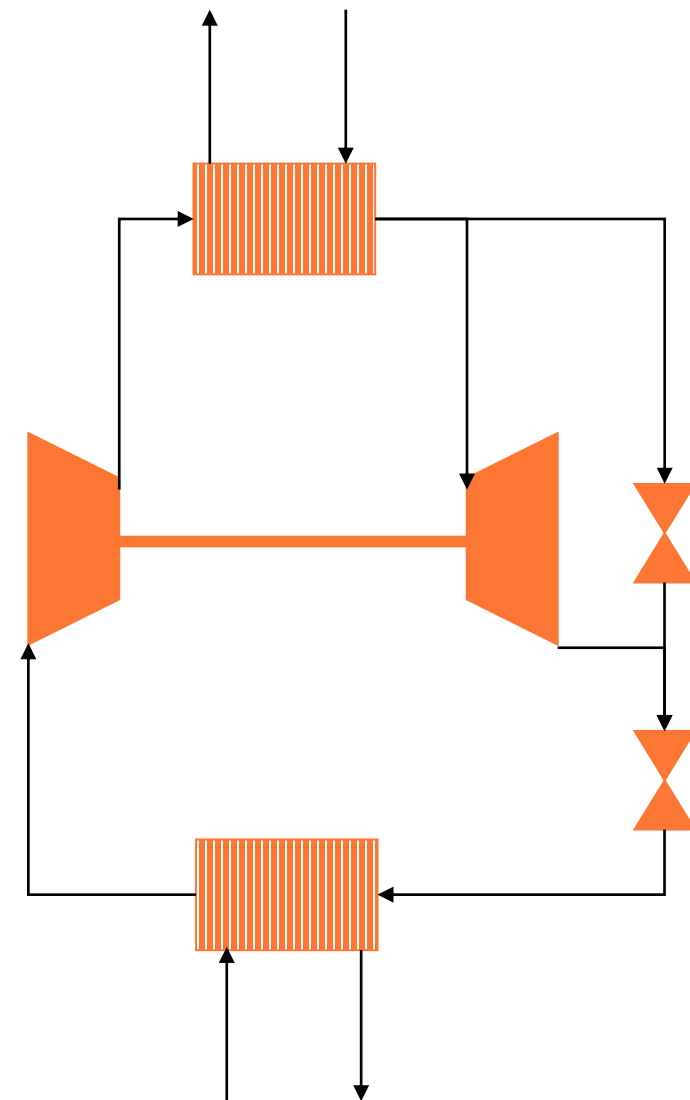
Fremtidens Fjernvarme District heating of the future



DTU Example: Esbjerg (DinForsyning)

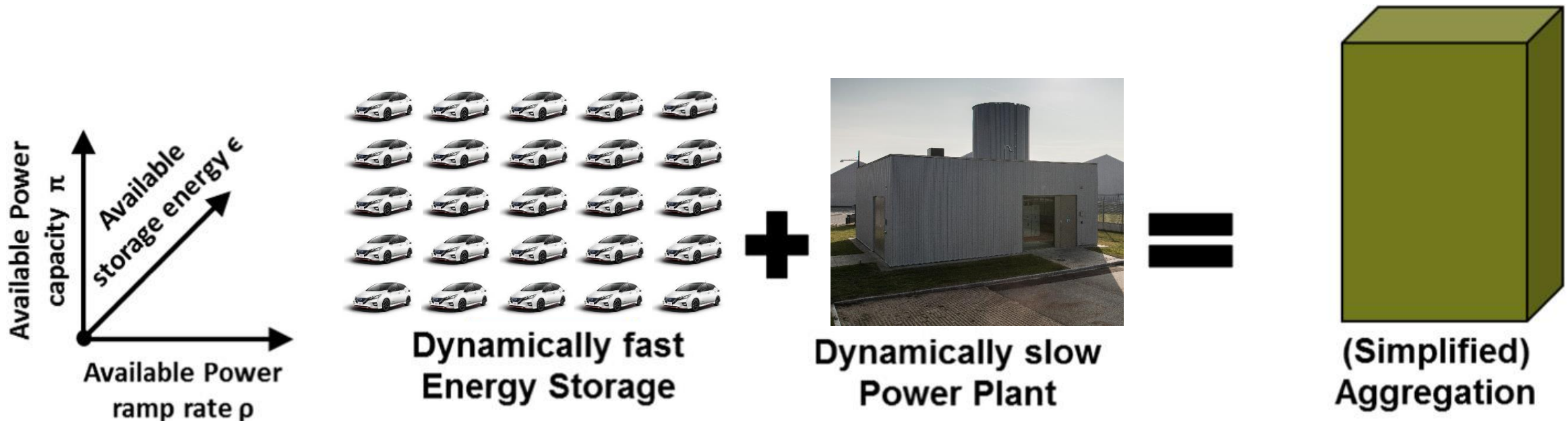
Max achieved process parameter (FAT Test, MAN)

- CO₂ pressure: < 160 bar
- Hot supply: 60° C to 109° C
- Heat supply: 18 - 38 MW_{th}
- Fast load change : 2 - 9 MW/30 sec
- Min evap. Temperature: -5° C
- Max evap. Temperature: 25° C
- CO₂ mass measurement
- QT diagram of DH HEX (approach of approx. 1K)
- Noise emissions < 96 dB
- Wet gas Compression inlet : robust operation of Compressor
- 2-phase Expansion stage outlet : robust operation



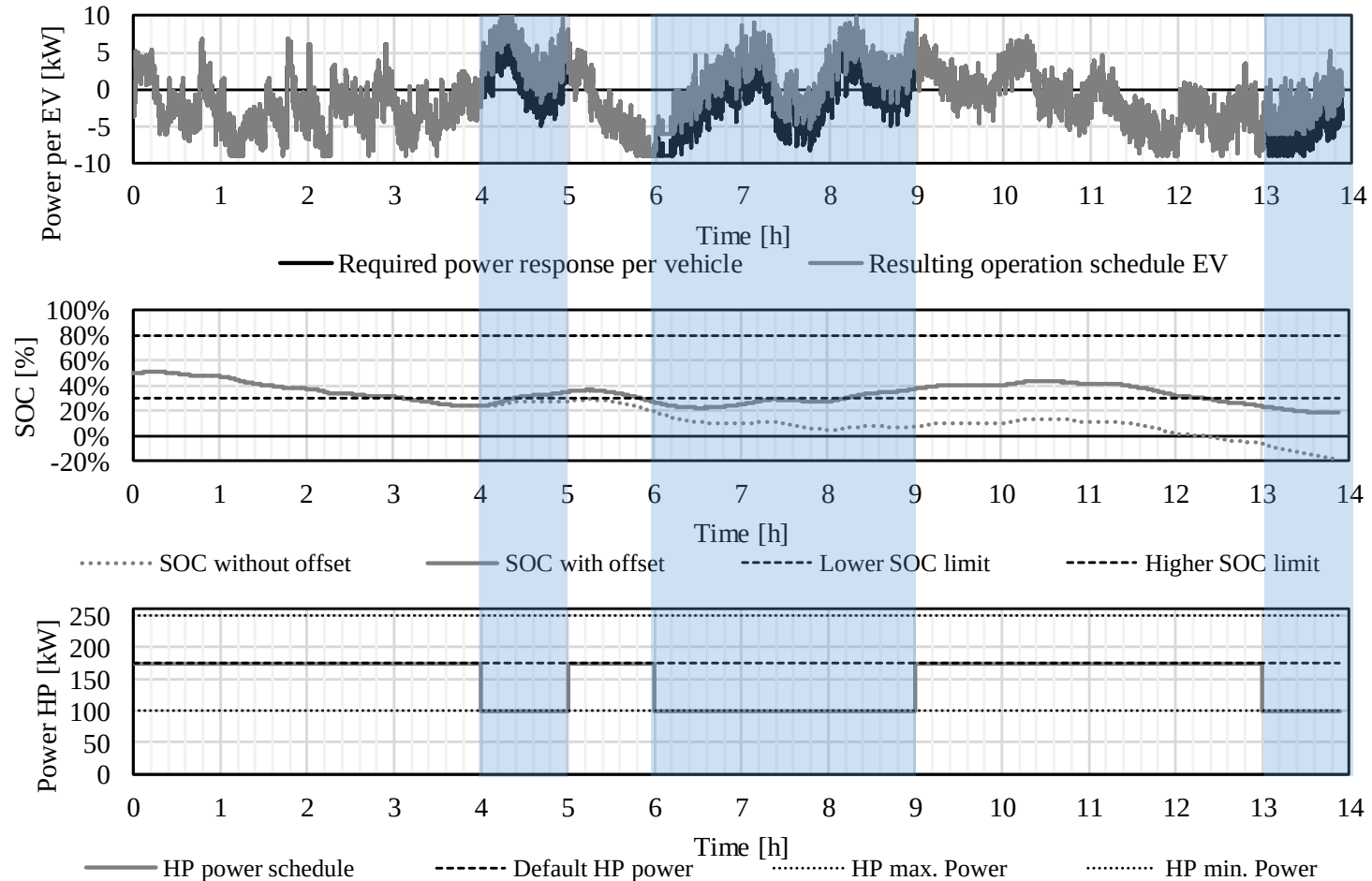
Delivering primary frequency regulation from combined flexible units

Alternative: Combination of flexible assets

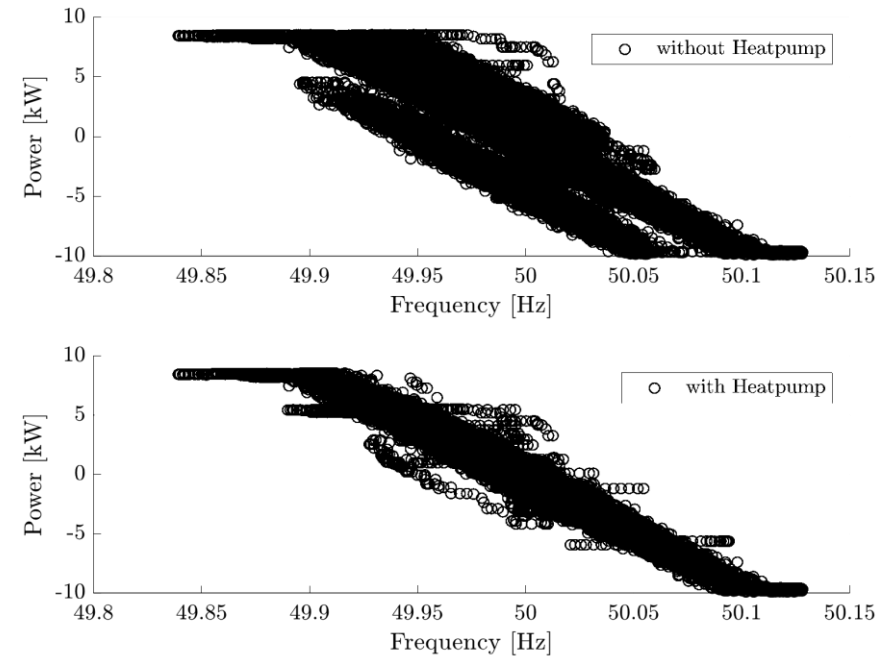
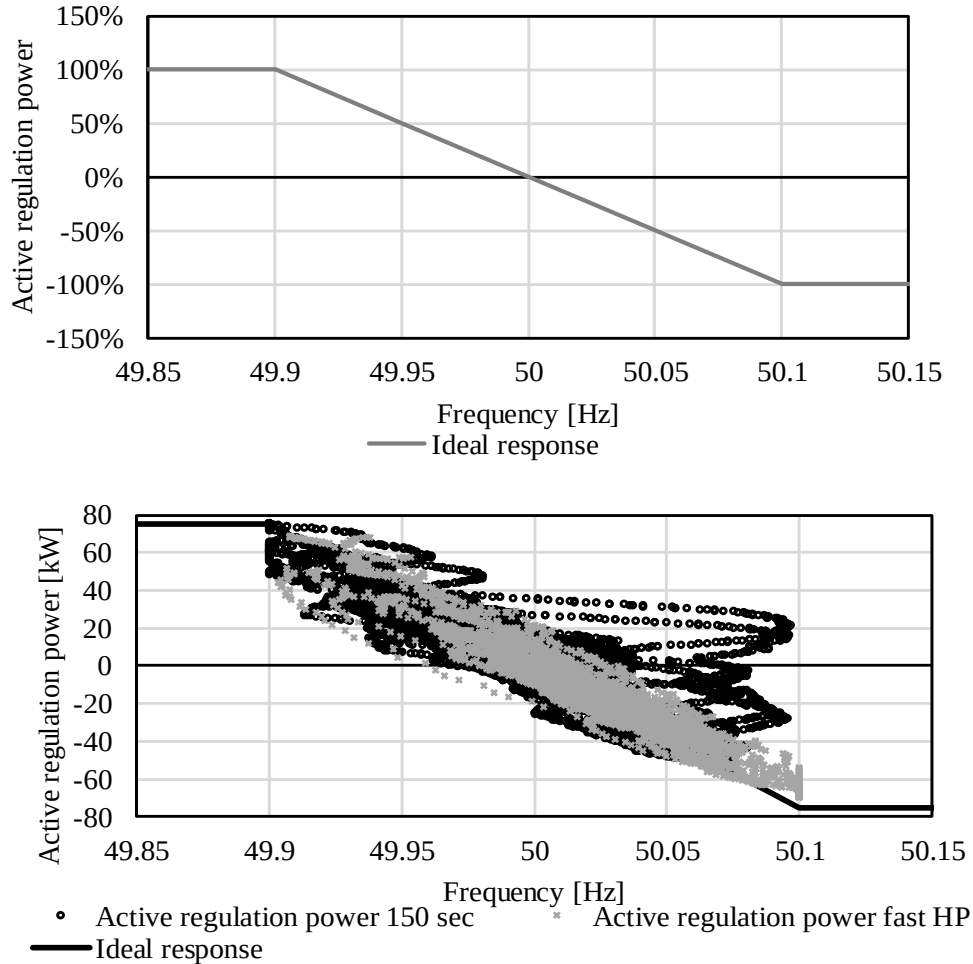


Source: Ulbig A, Andersson G. Analyzing operational flexibility of electric power systems. Int J Electr Power Energy Syst 2015;72:155e64. <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.02.028>.

Principle of combined provision of FCR-N



Power response heat pump and electric vehicles



*Diagram (including experiment design and conduction) by Andreas Thingvad, in: [Meesenburg, W., Thingvad, A., Elmegaard, B., Marinelli, M., 2019 Combined provision of primary frequency regulation from Vehicle-to-Grid \(V2G\) capable electric vehicles and community-scale heat pump. Submitted to Sustainable Energy, Grids and Networks](#)

Summary & Conclusion



Factors influencing the regulation time of large-scale heat pumps

Working fluid (change of saturation temperature with pressure, superheating before compressor)

System complexity

Control structure

Controller parametrisation

Compressor type

The desired dynamic behaviour should to be taken into account in the design phase of the system and the system control.

Do you want to know more?

- Publications: <https://orbit.dtu.dk/en/persons/wiebke-meesenburg/publications/>
- Energylab Nordhavn homepage: <http://www.energylabnordhavn.com/>
- Annex 57 homepage: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex57/>

Contact:

Wiebke Meesenburg, Ph.D.

wmeese@dtu.dk

[linkedin.com/in/wiebke-meesenburg-73473a196](https://www.linkedin.com/in/wiebke-meesenburg-73473a196)

DTU



Thank you!



9. OPSAMLING