

## Case

# Hedensted Fjernvarme med overskudsvarme og Gl. Rye med grundvandsvarmepumpe

Lars Reinholdt  
° 45 2060 3975  
lr@planenergi.dk



1 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

1

## HVEM ER PLANENERGI?

- Rådgivende ingeniørfirma
- Over 40 år med vedvarende energi
- Ca. 50 medarbejdere
- Kontorer i:
  - Skørping
  - Aarhus
  - København
- Fjernvarme
  - Masterplaner og beslutningsgrundlag
  - Fjernvarmeudvidelser og konverteringer
  - Store varmepumper
  - Overskudsvarme
  - Solvarme
  - Sæsonlagre
  - Netberegninger og -optimering
- Strategisk Energiplanlægning
  - Kortlægning
  - Strategier
  - Handlingsplaner
  - Varmeplanlægning
- Biogas
- Fysisk planlægning for solceller-parker og vindmøller
- Internationale forsknings- og udviklingsprojekter (EUFP/IEA, Horizon mv.)



2 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

2

## HVEM ER PLANENERGI?

PlanEnergi er et rådgivende ingeniørfirma etableret i 1983, og har siden begyndelsen haft fokus på udvikling og implementering af vedvarende energiløsninger. PlanEnergi har i dag 46 medarbejdere, og er repræsenteret med kontorer i Skørping, Aarhus og København.

PlanEnergi har stor erfaring med fjernvarmeprojekter for fjernvarmeselskaber, kommuner, myndigheder og brancheorganisationer samt med strategisk energiplanlægning for kommuner, regioner og myndigheder. PlanEnergis kompetencer omfatter rådgivning ifm. beslutningsgrundlag, myndighedsbehandling, projektering og etablering af fjernvarmeprojekter samt regulering og rammevilkår indenfor fjernvarmesektoren. PlanEnergi arbejder ligeledes centralt med strategisk energiplanlægning og derigennem stor erfaring med kortlægning, udvikling af strategier, handlingsplaner og varmeplaner samt procesrettelæggelse for kommuner, regioner og myndigheder.

Endvidere har PlanEnergi konkrete erfaringer med tekniske analyser og optimering af fjernvarmesystemer i TRNSYS, TERMIS og energyPRO i både Danmark og i udlandet. Fjernvarmeanalyserne omfatter forskellige kombinationer af biomasse, forgasning, solvarmeanlæg, overskudsvarme, varmepumper (baseret på bl.a. søvand, grundvand, spildevand og overskudsvarme) og energilagring (herunder især damvarmelagre og borehulslagere). PlanEnergi har bl.a. udarbejdet en plan for erstatning af det kulfyrede kraftværk i Hamborg med kombinationer af overskudsvarme, varmepumper, solvarme, biomasse og energilagring.

## Idriftsatte varmepumper PlanEnergis referencer

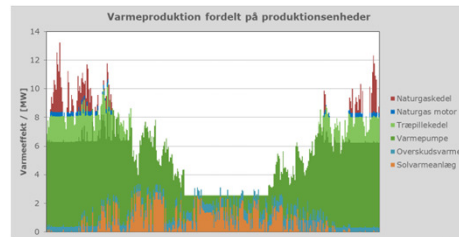
Samlet antal af anlæg	27 stk.	Samlet varmeyedelse	115 MW
Installationssted	Varmekilde	Varmeyedelse	Idriftsat år
Viborg Refer 1	Luft	7 MW	2023
Værum/Ørum	Luft	1,7 MW	2023
Hørnsyld	Overskudsvarme	3 MW	2023
Løgstrup Varmeværk	Luft	2,8 MW	2021
Præsto Fjernvarme	Luft	2,9 MW	2021
FFV Faaborg	Luft	10,5 MW	2021
Verdø Studsgaard	Luft	1 MW	2021
Glyngøre Fjernvarme	Luft	1,1 MW	2021
Brædstrup Fjernvarme	Luft	5,5 MW	2020
Dronninglund Fjernvarme	Luft	5 MW	2020
Farum Fjernvarme	Luft	16,1 MW	2020
Fensmark Fjernvarme	Overskudsvarme	2,5 MW	2020
Hedensted Fjernvarme	Overskudsvarme	8 MW	2020
Karup Varmeværk	Overskudsvarme/luft	4,8 MW	2020
Løgumkloster Fjernvarme	Luft	3,1 MW	2020
Skagen Varmeværk	Luft	12 MW	2020
Skårup	Luft	1,7 MW	2020
Slagslunde Fjernvarme	Luft	1 MW	2020
Stoholm Fjernvarmeværk	Luft	2,5 MW	2020
Strandby Varmeværk	Luft	3,0 MW	2020
Støvring Kraftvarmeværk	Luft	8 MW	2020
Broager Fjernvarmeselskab	Grundvand	4 MW	2017
Rødkaersbro Fjernvarme	Overskudsvarme (mejeri)	1,5 MW	2017
Løgumkloster Fjernvarme	Solvarme	1,3 MW	2015
Rye Kraftvarmeværk	Grundvand	2,0 MW	2015
Brædstrup Fjernvarme	Solvarme via borehulslager	1,2 MW	2012
Marstal Fjernvarme	Solvarme via damvarmelager	1,5 MW	2012

Yderligere 10 projekter i gang med i alt 57 MW.

## Udbudsform

### Funktionsudbud

- Opstille værkets krav i udbuddet.
  - Driftspunkter, der også er garantipunkter
- Lade de bydende optimere løsningen
  - Størrelse: Driftstimer pr. år
  - COP
  - Pris



5 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

5

## Hedensted vand-vand 8,6 MW

Overskudsvarme fra Air Liquide



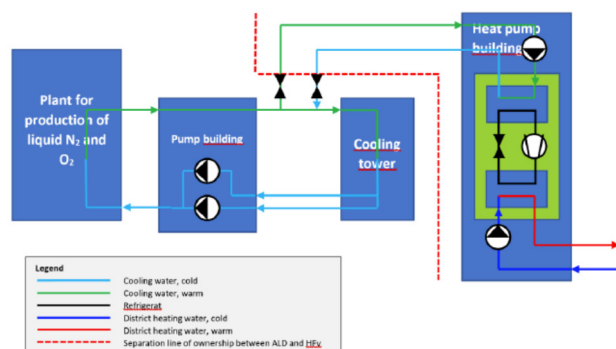
6 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

6

## Hedensted vand-vand 8,6 MW

Tilslutning Air Liquide:



7 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

7

## Hedensted vand-vand 8,6 MW

Overskudsvarme fra kølevand Air Liquid

- 7 MW udnyttes ud af 9 MW
- To stabile driftsformer, flere dage ad gangen
- Ingen elektronisk dataudveksling for at undgå problemstillinger ift. datasikkerhed og firewall.



Er dog efterfølgende ændret, så der udveksles data.

8 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

8

## Hedensted vand-vand 8,6 MW

- Ejes af Hedensted Fjernvarme
- Kølemiddel: NH<sub>3</sub>
- Leverandør: Tjæreborg (JCI)
- Overskudsvarme fra kølevand
- Overskudsvarmen vederlagsfrit
  - Besparelser for Air Liquide
- Ingen signaludveksling (oprindeligt)
- Opvarmning i tre trin
- Bestykning
  - 1 x et-trin skruekompressor
  - 2 x to-trin: skruekompressor + stempelkompressor
- Status og erfaring:
  - Afleveret med eftervist ydelse og COP
  - Kører som det skal
  - Overskudsvarmemængden viste sig ikke at være 100% som afklaret. Gav lidt udfordringer ift. styringen.
  - Afklaring om den skal udbygges til fuld kapacitet samt luft-kølegård er i gang.



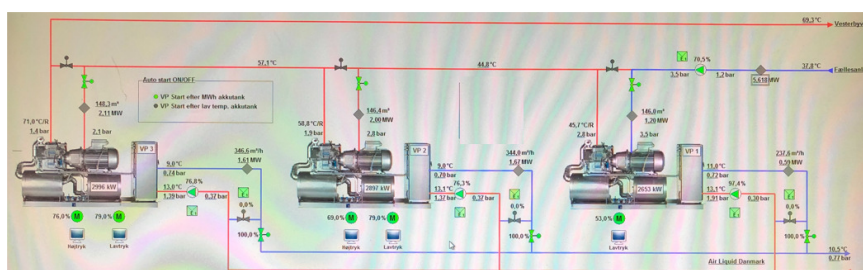
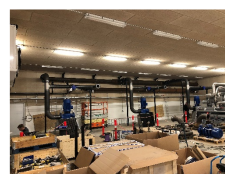
9 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

9

## Hedensted vand-vand 8,6 MW

Opvarmning i 3 trin



10 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

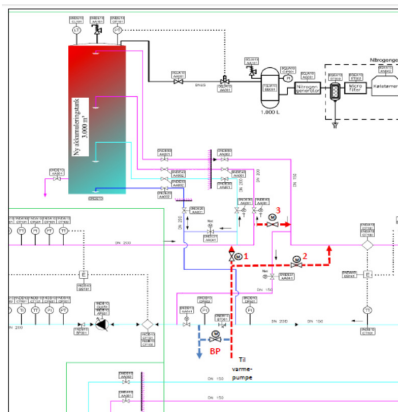
10

# Hedensted vand-vand 8,6 MW

Tilslutning til eksisterende net:

Solvarmebygningen

- Lade på akkumulerings-tanken
- Forsyne direkte
- Blande med vand fra akkumuleringstanken



11 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024



11

# Hedensted vand-vand 8,6 MW

Driftspunkter (garantipunkter)

**Tilbudsgiver skal udfylde ALLE de grønne felter!**

Entreprisenum\* 3 kr. Entreprisenum for A. Hovedtilbud eksklusiv stiplede ydelser

Pris for serviceaftale iht. stiplede ydelser pos. 52 a. kr. Serviceaftale omfattende samtlige serviceeftersyn i 10 år og 45.000 driftstimer efter aflevering

Driftspunkt nr.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	Uvægtet ant
Døllast		100%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	0,4%
<b>Kold side</b>											
Fremløbstemperatur til VP	°C	20,0	20,0	20,0	21,0	18,0	16,5	15,5	15,5	27,0	1928%
Retortemperatur, min. 10°C	°C										#DIVISION/0!
Vandmængde**	m <sup>3</sup> /h										#DIVISION/0!
Køleeffekt	kW										#DIVISION/0!
Tryktab	kPa										#DIVISION/0!
Elforbrug til pumper*	kW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
Fordampningstemp.	°C										#DIVISION/0!
<b>Varm side</b>											
Tilførseltemperatur	°C	34,0	34,0	36,0	34,0	34,0	34,0	34,0	30,0	34,0	3378%
Afgangstemperatur	°C	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	71,0	65,0	71,0	7033%
Opvarmning	K	37,0	37,0	35,0	37,0	37,0	37,0	37,0	35,0	37,0	3658%
Varme-effekt*	kW										#DIVISION/0!
Flow	m <sup>3</sup> /h	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0%
Tryktab	kPa										#DIVISION/0!
Elforbrug til pumper*	kW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
<b>El</b>											
Kompressorer*	kW										#DIVISION/0!
Samlet elforbrug	kW	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0%
<b>Effektivitet</b>											
Lorentz-virkningsgrad***											#DIVISION/0!
Nutidsværdi, gennemsnit	kr.	-31.850.716									<--- Denne nutidsværdi bruges ifm. vurdering af tilbuddets totaløkonomi (jo højere desto bedre).

12 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024



12



## Solvarme- og grundvandsvarmeanlæg hos Rye Kraftvarmeværk



13 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

13

## Dimensionering af solvarme og varmepumpe

- Solvarmeanlæg
  - Optimeret ud fra eksisterende akkumuleringstank på 500 m<sup>3</sup> og tilgængeligt landareal syd for værket.
  - 2.400 m<sup>2</sup> (12 % dækning af årligt varmebehov)
- Varmepumpe
  - Økonomisk optimal størrelse: 1-1.2 MW<sub>varme</sub> med 5-6.000 driftstimer pr. år
    - Ringe fleksibilitet i forhold til at hjælpe el-systemet
  - Overdimensioneret: 2-2.4 MW<sub>varme</sub> med 2-3.000 driftstimer pr. år
    - Kører kun når elpriserne er lavest (perioder med højst andel af vindkraft i elsystemet)
    - Støttet af EUDP for at demonstrere evnen til at bruge og hjælpe et elsystem med en høj andel af fluktuerende vedvarende energi, primært fra vindmøller.



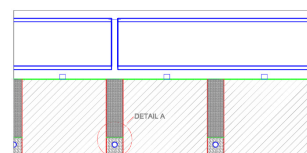
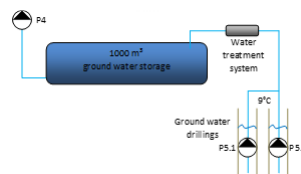
14 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

14

## Dimensionering

- Grundvandsforsyning
  - Antallet af grundvandsboringer og størrelse af grundvandslagertank er optimeret økonomisk.
  - Placering af boringer og påvirkning af andre grundvandsinteresser (herunder drikkevandsforsyning) eftervist med en numerisk hydrogeologisk model. (Også et myndighedskrav)
  - Behov for sandfilter til filtrering af jern og mangan
- Nedsivningsanlæg
  - Baseret på målinger og beregninger af infiltrationskapaciteten af undergrunden.
  - 1.830 m drænrør



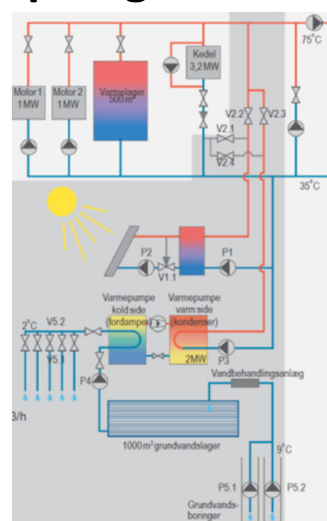
15 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

15

## Anlægsdata og principdiagram

- Kraftvarmeværket er etableret i 1995
- Forbrugere: 365 (2014)
- Årligt varmegrundlag: 9.300 MWh (2014)
- Naturgaskedel 3,2 MW varme
- To naturgasmotorer:
  - Samlet 2 MW varme
  - Samlet 1,6 MW el
  - 500 m³ akkumuleringstank
- Solvarmeanlæg
  - Etableret i 2014
  - 2.444 m² solfangere
  - Dækningsgrad ca. 12% af det årlige varmebehov
  - Maks effekt 1,7 MW varme
- Varmepumpe
  - Idriftsat i 2015
  - Nominel varmeeffekt 2,05 MW
  - Nominel eleffekt 509 kW
  - Nominel COP 4 ekskl. grundvandspumper
  - Grundvandsflow 195 m³ / time
  - Grundvandstemperatur, 9 °C ind og 2 °C ud
  - Vandbehandlingsanlæg
  - 1.000 m³ grundvandslager
  - Nedsivningsanlæg 1.830 m. drænrør, fordelt på 15 strenge
  - Fjernvarmetemperatur, maks. 75 °C



16 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

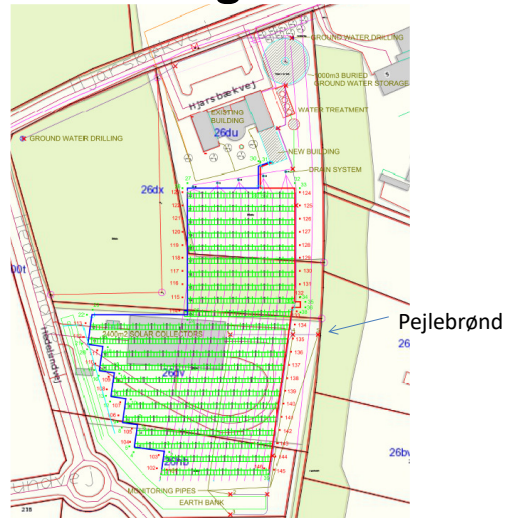
PlanEnergi

16



## Implementering

### Anlægslayout Situationsplan



17 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

17

## Implementering

### Grundvands boringer



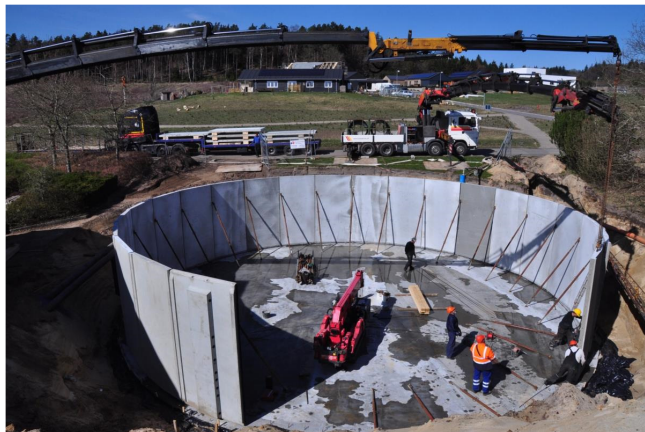
18 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

18

## Implementering

### Grundvandstank



19 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

19

## Implementering

Pladsopbygget  
varmepumpe fra JCI  
Lavtrykskompressorer



Højtrykskompressorer



20 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

20

# Implementering

Nedsivningsanlæg



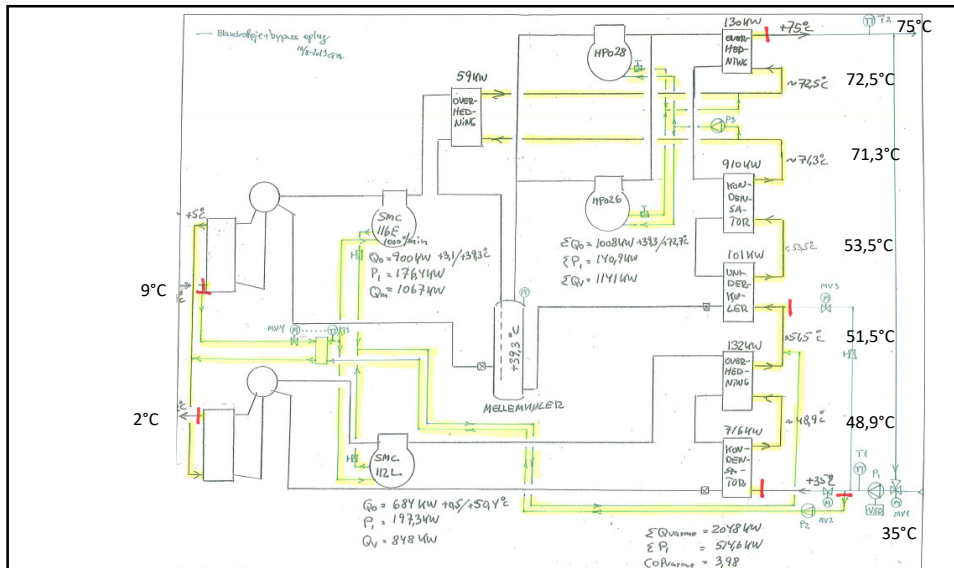
Solvarmepaneller



21 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024



21



- Et 1-trins lavtryksanlæg i serie med et 2-trinsanlæg, der består af en lavtryk og to højtrykstrin
1. Trin køler grundvandet fra 5 °C til 2°C og opvarmer fjernvarmevandet fra 35°C til 52 °C
  2. Trin køler grundvandet fra 9 °C til 5°C og opvarmer fjernvarmevandet fra 52°C til 75 °C

22 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024



22

## Myndighedskrav, dokumentation og overvågning (ved etableringen)

- Projektforslag i.h.t. Varmeforsyningsloven for solvarme og grundvandsvarmepumpe
- Etablering af grundvandsanlæg
  - VVM screening af prøveboring
  - Ansøgning om tilladelse til etablering af boring inkl. prøvepumpning og udledningstilladelse
  - Etablering af boring og analyse af boreprøve
  - Prøvepumpning og datatolkning herunder grundvandsmodel
  - Tilladelse til nedsivningsanlæg
- Arkæologiske undersøgelser
- VVM-screening for solvarme og grundvandsvarmepumpe
- Lokalplan og evt. kommuneplantillæg
- Miljøgodkendelse jf.§19 i miljøbeskyttelsesloven

23 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

23

## Myndighedskrav, dokumentation og overvågning (ved etableringen)

- Overvågning og logning af:
  - Temperatur af oppumpet og reinfiltret vand til nedsivning
  - Flow
  - Vandstand i produktionsboringer
- Årlige vandanalyser af vand fra produktionsboringer (boringskontrol) og afledt vand fra anlægget (målinger af stoffer fra PVC og rustfrit stål til grundvandet)
- Overvågning af tre §3 vandhuller med ugentlig pejling.
- Monitoringsboringer i og udenfor nedsivningsareal for overvågning af opstuvet grundvand (alarm og automatisk stop af anlæg)

24 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

24

## Driftsstrategier

- Overordnet driftsstrategi
  - Minimere produktionsomkostningerne
    - 1) Vælg den til enhver tid billigste produktionsenhed (Planlægges et døgn i forvejen ud fra prognoser for elmarkedet og varmeforbrug)
    - 2) Drift hver enkelt produktionsenhed så effektivt som muligt
      - Solvarmeanlæg og varmepumpe drift ved så lav temperatur som muligt til enhver tid.
    - 3) Optimere fremløbs- og returtemperatur i fjernvarmenettet.

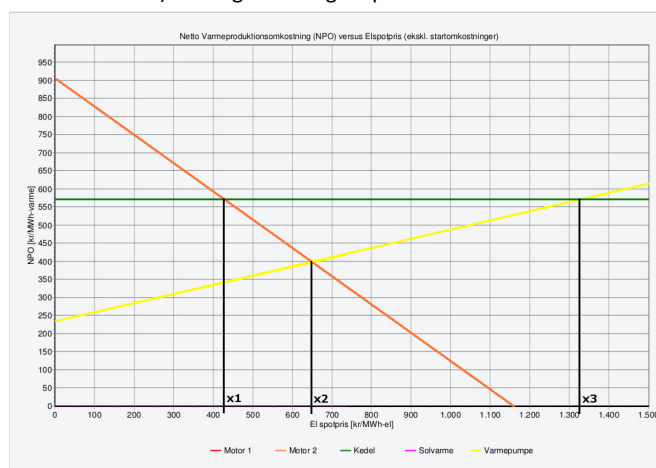
25 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

25

## Driftsstrategier

- 1) Vælg den billigste produktionsenhed



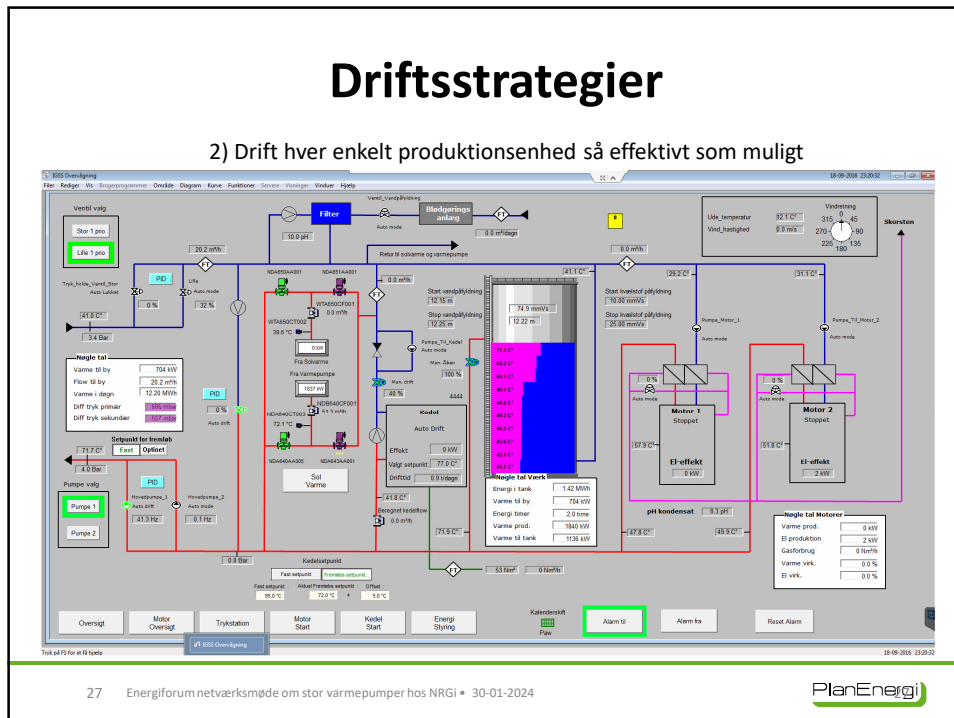
26 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

26

## Driftsstrategier

2) Drift hver enkelt produktionsenhed så effektivt som muligt



27

## Driftsstrategier

3) Optimere fremløbs- og returtemperatur i fjernvarmenettet

- Fremløbstemperatur justeres automatisk ud fra varmebehovet for at opnå lavest mulig temperatur
  - Simpelt system uden varmebehovsprognose eller vejrprognose.
  - Har resulteret i nogle fluktuerende fremløbstemperaturer og øget returtemperatur.
  - Det anbefales at indbygge en simpel varmeproggnose.

28 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergy

28



## Måleresultater

### Varmepumpe design data:

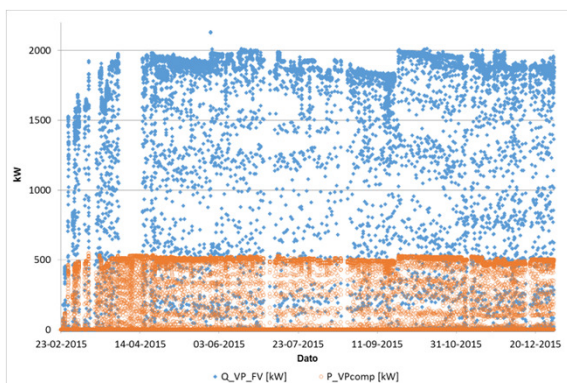
Varmeeffekt: 2.048 kW  
 Elektrisk effekt: 509,4 kW  
 COP ekskl. pumper : 4.02

### Målt gennemsnitsværdi 2015:

COP ekskl. pumper: 3,74

### Årsværdier 2016

Varme: 5.567 MWh  
 El kun VP: 1 445 MWh  
 El inkl. pumper: 1 572 MWh  
 COP Ekskl./inkl. pumper: 3,85 / 3,54



29 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

29

## Driftserfaringer

- Varmepumpen er følsom overfor høj returtemperatur
- Ujævn fordeling i nedsivningsanlæg
- Vandspild ved start/stop
- Problemer med olieretursystem (Ophobning af olie i fordamper)
- Økonomi bedre end forventet – derfor evt. udvidelse af grundvandskapacitet

30 Energiforum netværksmøde om stor varmepumper hos NRGi • 30-01-2024

PlanEnergi

30

## Tak fordi I lyttede

Lars Reinholdt  
Mobil: 2060 3975  
Mail: [lr@planenergi.dk](mailto:lr@planenergi.dk)

