

# Anlægsdesign og driftsoptimering med energyPRO

- Oprettelse og optimering af en elektrisk varmepumpe i energyPRO



Indlæg på Dansk Fjernvarmes kursus "Vindvenlige varmepumper til fjernvarme og -køling" d.  
9/3 2011.

## Indhold

1. Indledning .....	2
2. Præsentation af eksisterende energyPRO model .....	3
3. Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe .....	7

### 1. Indledning

Denne guide introducerer læseren til energyPRO igennem en beregning af økonomien i en elektrisk varmepumpe. Guiden er udarbejdet til brug for deltagere på Dansk Fjernvarmes kursus "Vindvenlige varmepumper til fjernvarme og -køling" d. 9/3 2011.

Det er vigtigt, at du har den nyeste version af energyPRO installeret, før du går i gang med denne guide. energyPRO kan hentes fra [www.emd.dk/energyPRO-DK/Downloads/](http://www.emd.dk/energyPRO-DK/Downloads/). Guiden er lavet til energyPRO version 4.1. Guiden vil tage udgangspunkt i at energyPRO står i Grafisk Brugerflade, og er sat til dansk sprog.

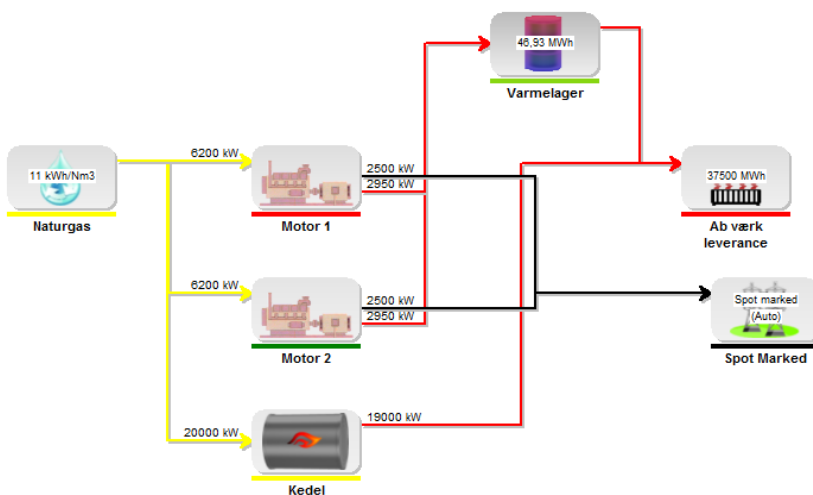
Har du spørgsmål eller forslag til forbedringer af energyPRO, er du altid velkommen til at kontakte EMD International's hotline på nummeret 96 35 44 44, eller pr e-mail: [energypro@emd.dk](mailto:energypro@emd.dk).

## 2. Præsentation af eksisterende energyPRO model

I denne guide vil der blive taget udgangspunkt i en eksisterende energyPRO model af et kraftvarmeværk i den vestlige del af Danmark. Denne energyPRO model er vedlagt energyPRO installationen.

Første skridt er at åbne energyPRO. energyPRO åbnes som en tom energyPRO model. For at åbne eksemplet der skal arbejdes med trykkes der på "Åben", enten under "Filer" eller ved brug af mappe-ikonet. Derefter skal der findes frem til de eksempler, der er vedlagt energyPRO. Eksemplerne findes i mappen energyPRO data\Dansk\Danske eksempler<sup>1</sup>. I mappen findes eksempler på kraftvarmeværker med salg af el på hhv. treledstarif og spotmarkedet. Derudover findes et eksempel på et kraftvarmeværk med solfangeranlæg, et eksempel for sammenkobling af fjernvarmebyer samt et eksempel med en elkedel, der handles ind på både spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.

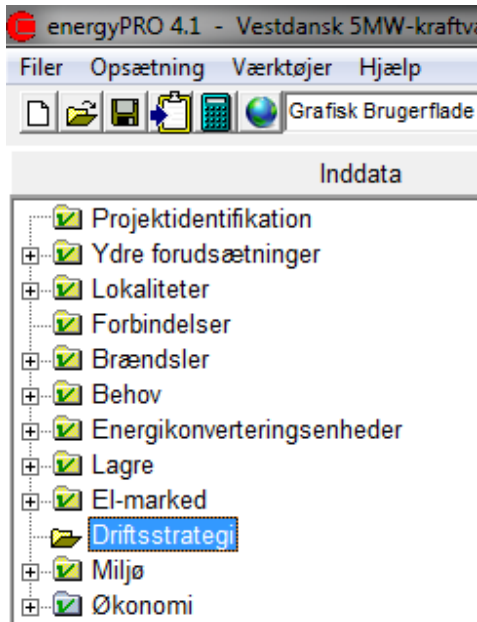
I denne guide vil der blive taget udgangspunkt i eksemplet "Vestdansk 5MW-kraftvarmeværk på markedsvilkår i 2011", åben herfor denne fil. Du præsenteres her for et kraftvarmeværk med to motorer, en kedel og et varmelager, som vist herunder.



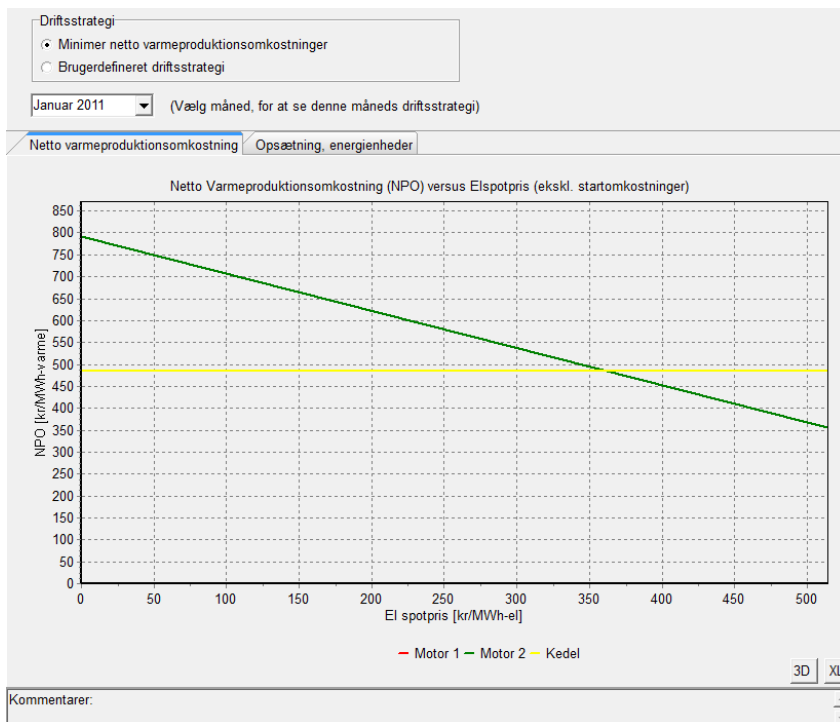
Værkets driftsstrategi findes under "Inddata" ved at åbne "Driftsstrategi", som vist herunder.

<sup>1</sup> Placeringen af denne mappe vælges under installationen af energyPRO. Som standard placeres den på adressen C:\energyPRO data

## Præsentation af eksisterende energyPRO model

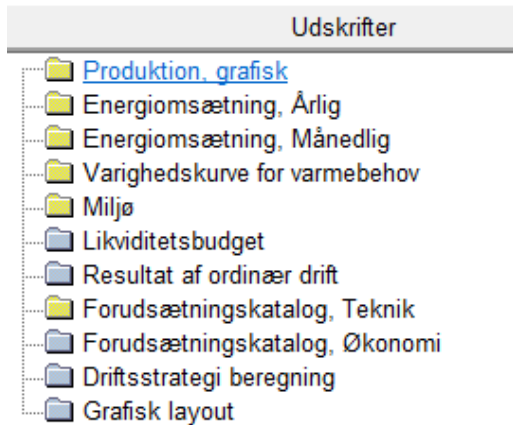


Dette vil præsentere dig for følgende graf, hvor motorernes budspris på spotmarkedet ses som skæringspunktet mellem motorernes og kedlens graf. Det ses, at for januar 2011 bydes motorerne ind på spotmarkedet med en buspris på ca. 360 kr/MWh.

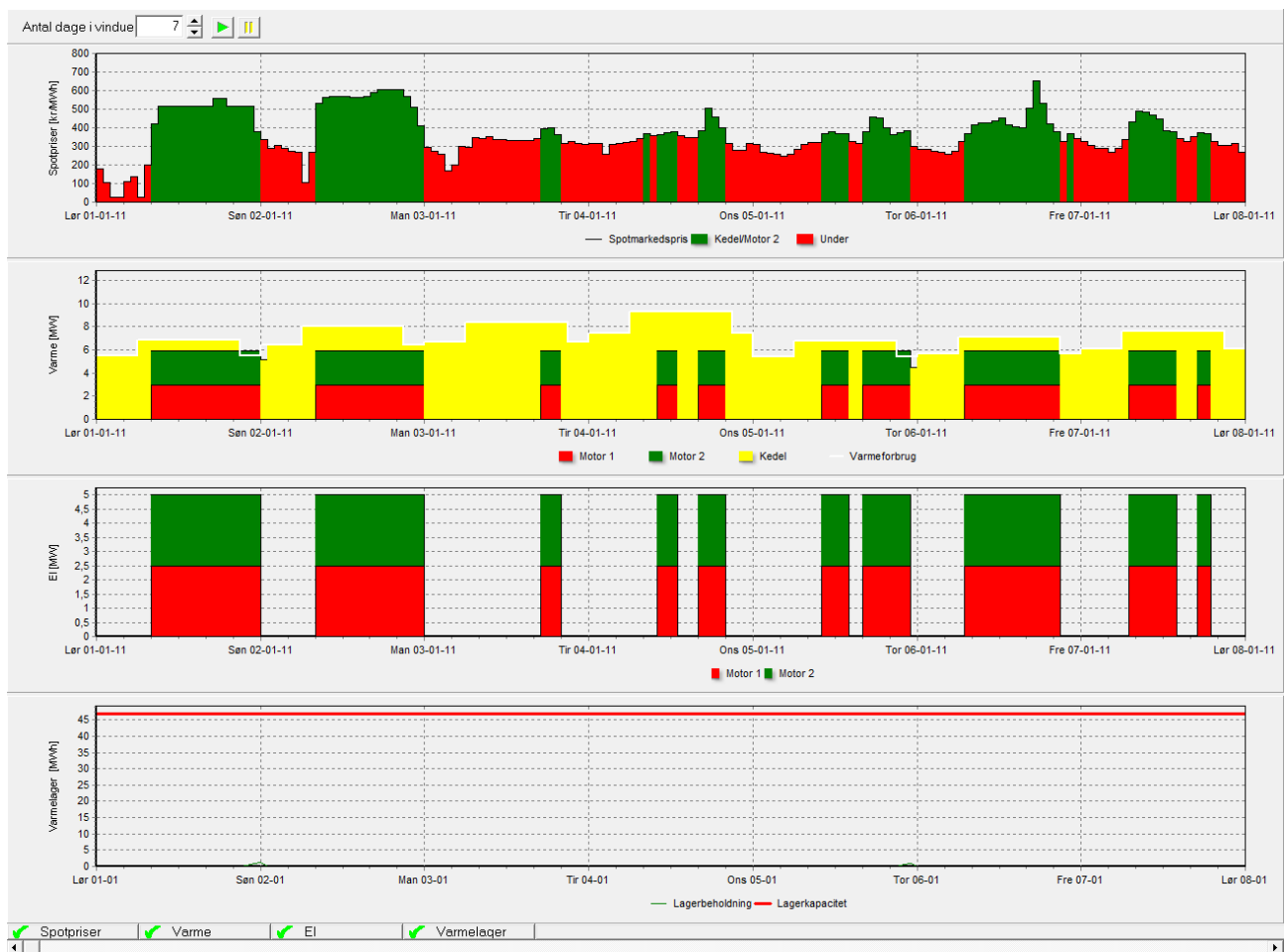


Disse grafer bygger på enhedernes effektiviteter og omkostninger. Det er i energyPRO også muligt at se, hvordan driften er for hver time. For at gøre dette skal "Driftsstrategi"-vinduet først lukkes ned. Herefter vælges "Produktion, grafisk" under "Udskrifter", som vist herunder.

## Præsentation af eksisterende energyPRO model



Dette sætter energyPRO i gang med at beregne driften af værket baseret på de data, der allerede er sat ind i modellen. Vent indtil du præsenteres for en grafik, som vist herunder.



Du kan nu nærstudere hele årets drift ved at flytte baren nederst i vinduet. Når der modelleres i energyPRO er "Produktion, grafisk" meget nyttig til at se, om ens modellering er fornuftig.


Ønsker du i stedet at se en opsummering af økonomien for driften, kan dette findes ved at vælge "Resultat af ordinær drift" under "Udskrifter", som vist herunder.

## Præsentation af eksisterende energyPRO model



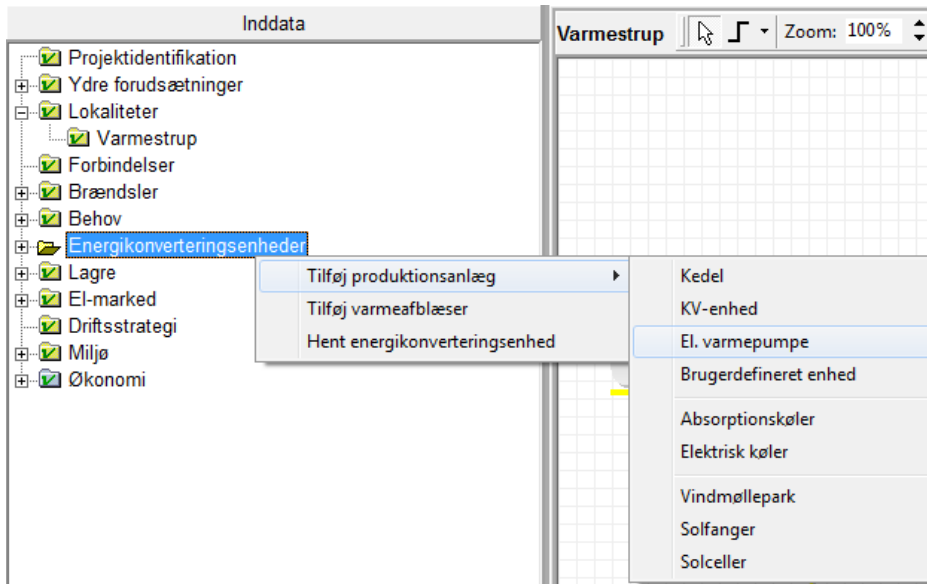
Dette frembringer først en menu, hvor der kan vælges, hvordan udskriften skal designs. Dette kan sættes op som ønsket. Herefter klikkes "Okay", hvorefter der fremkommer en udskrift for "Resultat af ordinær drift", som den vist herunder.


Vestdansk 5MW-kraftvarmeværk på markedsvilkår i 2011						energyPRO 4.1.1.33
						Udskrivt Side 02-03-2011 09:33:28 / 1
						Ingeniører : EMD International A/S Niels Jernesvej 10 DK-9220 Aalborg Ø +45 9835 4444
Resultat af ordinær drift fra 01-01-2011 00:00 til 31-12-2011 23:59						
<b>(Alle beløb i kr)</b>						
<b>Driftsindtægter</b>						
Produktionsuafhængigt tilskud	:			=	1.414.569	
Spotafregning	:			=	7.105.704	
Elproduktionstilskud	:			=	640.000	
<b>Ialt Driftsindtægter</b>						<b>9.160.274</b>
<b>Driftsudgifter</b>						
Indfødningsstarifel	:	16.600,0 MWh	å	4,5	=	74.700
Gaskøb	:	5.454.651,2 Nm3	å	2,5	=	13.636.628
<b>Naturgas og CO2-afgift</b>						
Motor 1	:	2.005.418,1 Nm3	å	2,668	=	5.350.455
Motor 2	:	1.737.127,3 Nm3	å	2,668	=	4.634.656
Refusion af afgifter på motorer	:	2.283.175,0 Nm3	å	-2,668	=	-8.091.511
Kedel	:	17.891,5 MWh	å	213,036*	=	3.811.530
<b>Naturgas og CO2-afgift ialt</b>						<b>7.705.130</b>
<b>NOx-afgifter</b>						
Motor 1	:	2.005.418,1 Nm3	å	0,028	=	56.152
Motor 2	:	1.737.127,3 Nm3	å	0,028	=	48.640
Kedel	:	1.712.105,8 Nm3	å	0,008	=	13.697
<b>NOx-afgifter ialt</b>						<b>118.488</b>
<b>Metan-afgifter</b>						
Motor 1	:	2.005.418,1 Nm3	å	0,061	=	122.331
Motor 2	:	1.737.127,3 Nm3	å	0,061	=	105.965
<b>Metan-afgifter ialt</b>						<b>228.295</b>
CO2-kvoter	:	12.245,3 ton CO2	å	115,0	=	1.408.207
<b>Drift- og vedligehold</b>						
Motor 1	:	8.895,0 MWh	å	60,0	=	533.700
Motor 2	:	7.705,0 MWh	å	60,0	=	462.300
Kedel	:	17.891,5 MWh	å	10,0	=	178.915
<b>Drift- og vedligehold ialt</b>						<b>1.174.915</b>
<b>Ialt Driftsudgifter</b>						<b>24.346.363</b>
<b>Resultat af ordinær drift</b>						<b>-15.186.090</b>

Der er nu skabt et overblik over driften af det modellerede kraftvarmeværk, og vi kan lukke ned for udskriften igen. Dette gøres ved at trykke på ikonet  i toppen af vinduet.

### 3. Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

energyPRO står nu som da eksemplet først blev åbnet, og det er tid til at tilføje en elektrisk varmepumpe. Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe kan gøres flere forskellige steder i energyPRO, men det kan bl.a. gøres ved at højre-klikke på "Energikonverteringsenheder" under "Inddata", som vist herunder.



Her vælges "Tilføj produktionsanlæg" og herefter "El. varmepumpe". Herved kommer der en ny energikonverteringsenhed, som i den grafiske del af energyPRO er placeret oppe i venstre hjørne. Det er muligt at flytte rundt med denne enhed, som man ønsker. Dette gøres ved at venstre-klikke på enheden og holde museknappen i bund, mens man flytter rundt med enheden. Man kan placere ikonet ved at slippe museknappen igen. Alternativt kan man få energyPRO til at sætte ikonet et andet sted ved at klikke på ikonet , som auto-arrangerer hele opstillingen.

For at give den elektriske varmepumpe en kapacitet og evt. et andet navn skal enheden åbnes. Dette gøres ved at dobbelt-klikke på dens ikon eller dens navn i grenstrukturen i "Inddata". Dette frembringer følgende vindue.

## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

Navn: Ny Elektrisk varmepumpe

Produktionsenhed: Elektrisk varmepumpe  Årlige udetider

Brændsel: (ingen brændsel)

Effektenhed: kW

Minimum køretid (timer): 0

Last linier	Varme [kW]	Elforbrug. [kW]
Lineær	0,0	0,0

Tilføj linie Slet linie  Tillad formler i effektkurver

Drift afhænger af anden enhed

Kommentarer:

Der er her tre elementer, som er relevante for denne modellering. Disse er markeret herover. Øverst kan man definere navnet på varmepumpen. Den kunne evt. blot hedde Varmepumpe. Næste del er valget mellem at benytte kW eller MW til enhedens kapacitet. Vi vælger her at benytte MW i stedet for kW. Den nederste markering er den vigtigste, her sættes enhedens kapaciteter. Som eksempel indsættes her en varmekapacitet på 3 MW og en elkapacitet på 1 MW (altså en varmepumpe med COP 3). Vinduet kan nu lukkes ned ved at klikke på "Ok".

Det ses, at varmepumpen er koblet på varmekonsumet med en rød linje og elmarkedet med en sort linje. Det vil nok være ønskeligt, at varmeproduktionen fra varmepumpen kan gemmes i varmelageret. For at gøre dette åbnes "Driftsstrategi" i "Inddata". Herunder vælges fanebladet "Opsætning, energienheder", som vist herunder.

Driftsstrategi

Driftsstrategi

Minimer netto varmeproduktionsomkostninger

Brugerdefineret driftsstrategi

Januar 2011 (Vælg måned, for at se denne måneds driftsstrategi)

Diverse	Produktion til varmelager tilladt	Dellast tilladt	Valgt prioritet i driftsstrategi
Motor 1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Beregnet
Motor 2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Beregnet
Kedel	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Beregnet
Varmepumpe	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Beregnet



## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

Dette frembringer forskellige driftsmuligheder for de forskellige enheder. For at give varmepumpen adgang til varmelageret skal dette afkrydses i kolonnen "Produktion til varmelager tilladt", som allerede er gjort ovenover. Herefter kan vinduet lukkes ned ved at klikke på "Ok". Det ses nu, at varmepumpens varmeproduktion går til lageret i stedet for direkte til varmebehovet.

Modelleringen af varmepumpen er dog ikke færdig endnu, da der stadig ikke er sat omkostninger på brugen af varmepumpen. For at gøre dette udvides punktet "Økonomi" under "Inddata" ved at klikke på + tegnet til venstre for punktet, hvis dette ikke allerede er gjort. Herunder ses der både driftsindtægter og driftsudgifter. For at drive varmepumpen skal der købes elektricitet fra spotmarkedet. Dette sættes derfor ind som en driftsudgift. Dette gøres ved at højre-klikke på "Driftsudgifter" og vælge "Tilføj betaling" som vist herunder.



Der kommer nu en ny betalingslinje, som først skal navngives. Den kunne f.eks. hedde Elkøb.

Betalingslinjen åbnes herefter ved at dobbelt-klikke på den. Dette frembringer følgende vindue.

Det første der skal gøres, er at vælge hvad betalingen vedrører. Dette vælges under "Betaling vedrører". Her vælges "Modtaget elektricitet", som henviser til, at betalingen omhandler den elektricitet som værket modtager fra elmarkedet. Når dette vælges fremkommer der umiddelbart nedenunder "Betaling vedrører" et punkt kaldet "Spotmarkedsbetaling". Vælges dette vil al elektricitet modtaget fra elmarkedet blive afregnet til spotmarkedsprisen. Dette er relevant for varmepumpens elforbrug, så denne mulighed vælges herfor til. Herefter klikkes der "Ok".

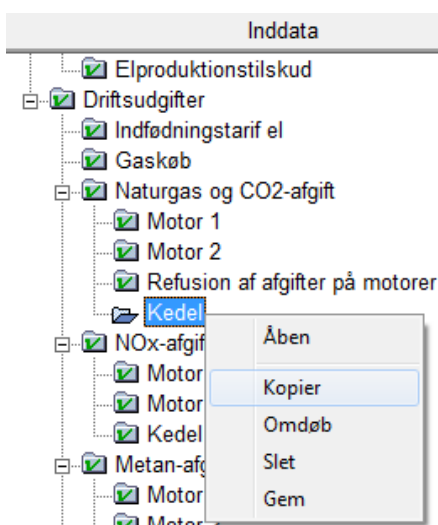
## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

Udover betaling for købet af elektricitet skal der også medtages omkostninger for drift- og vedligeholdelse (D&V) af varmepumpen. Dette tilføjes ved at oprette en betalingslinje som beskrevet tidligere. Denne betalingslinje åbnes, og der vælges "Produktionsenhed" under "Betaling vedrører". Dette giver muligheden for at vælge mellem produktionsenheder i menuen "Produktionsenhed". Det antages, at varmepumpens D&V er 10kr/MWh<sub>varme</sub>. Derfor vælges "Varmeproduktion" under "Type". Herefter skrives der 10 i feltet "Pris pr. enhed i regnskabsåret". Derved bliver betalingslinjen som vist herunder.

The screenshot shows a configuration window for a payment line. It contains several sections:

- Udvælgelse af enhed**: A dropdown menu for "Betaling vedrører" is set to "Produktionsenhed", and another dropdown for "Produktionsenhed" is set to "Varmepumpe".
- Type**: A dropdown menu is set to "Varmeproduktion".
- Formel for månedsmængde**: A text input field contains the formula "HP(Varmepumpe)".
- Pris pr. enhed i regnskabsåret**: A checkbox is checked, the input field contains "10,0000", the unit is "kr/MWh", and the period is "(i Januar 2011)". A dropdown menu is set to "Fixed monthly price".
- Inkluder i driftsstrategi**: A checkbox is checked with the label "Betaling indgår i driftsstrategi".

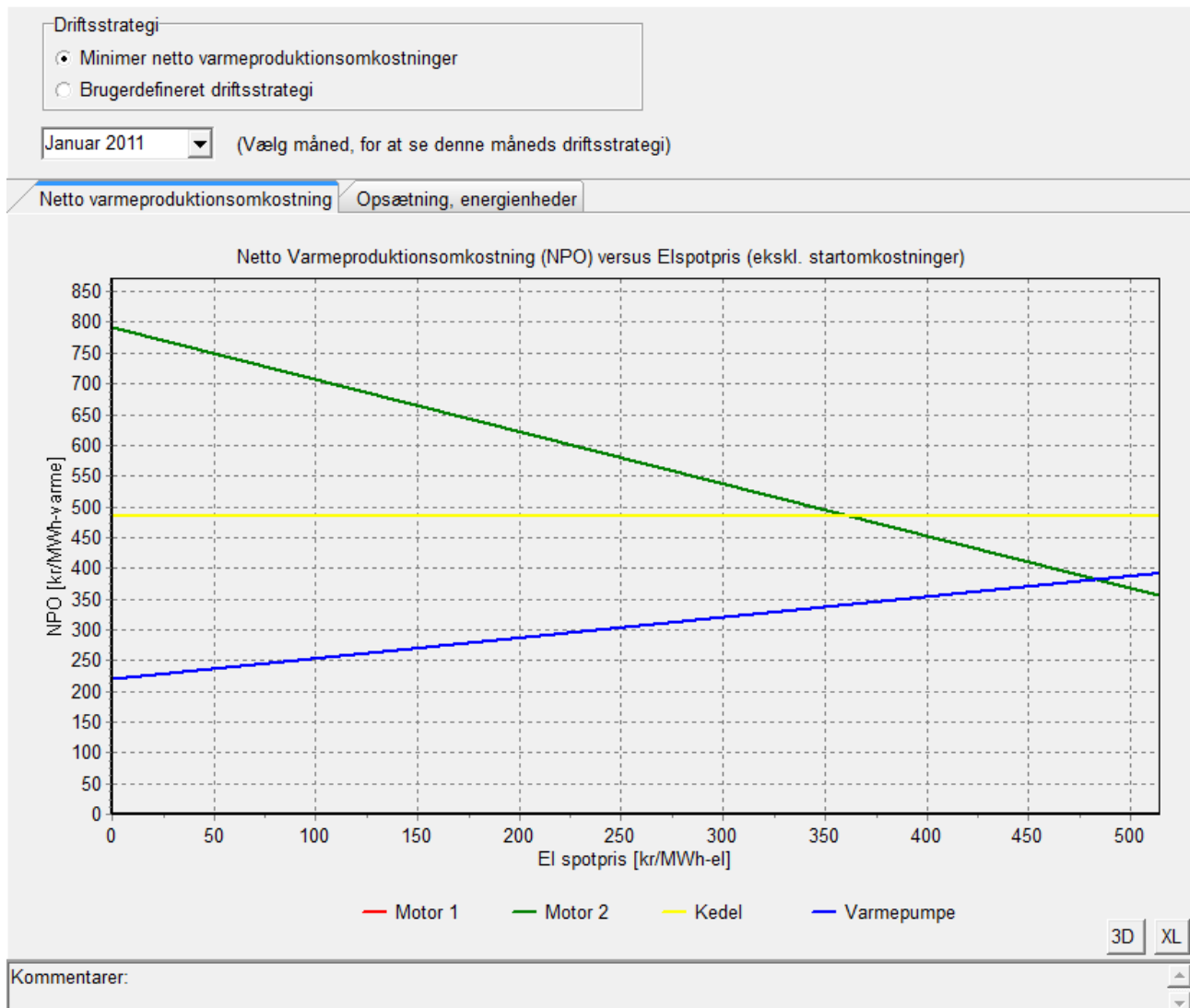
Udover elkøb og D&V skal der også betales afgifter på driften af varmepumpen. Afgifterne er på den varme, som varmepumpen producerer, og dens størrelse er den samme som afgiften på naturgaskedlen. Det letteste er derfor blot at kopiere den eksisterende afgiftsbetaling for Naturgas og CO2 for kedlen. Dette gøres ved at højreklikke på denne betalingslinje og vælge "Kopier", som vist herunder.



## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

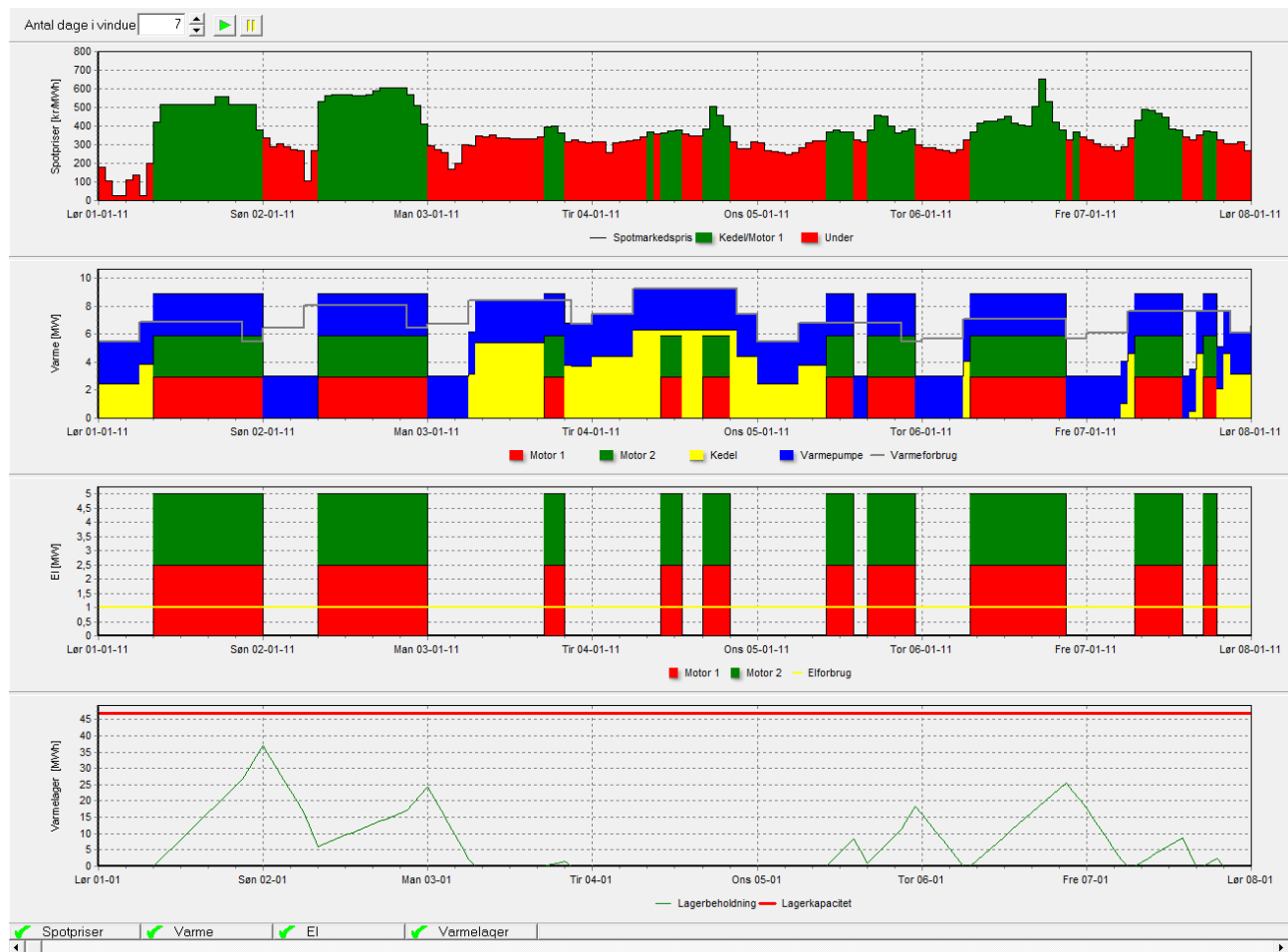
Dette opretter en kopi af betalingslinjen, som navngives til eksempelvis Varmepumpe. Denne nye betalingslinje åbnes herefter og i øverste højre hjørne af vinduet under "Produktionsenhed" vælges varmepumpen. Herefter klikkes der "Ok".

Nu er de variable betalinger for varmepumpen oprettet. Ved at vælge "Driftsstrategi" kan varmepumpens produktionsomkostning ved forskellige spotpriser ses. For januar 2011 ser grafen således ud:

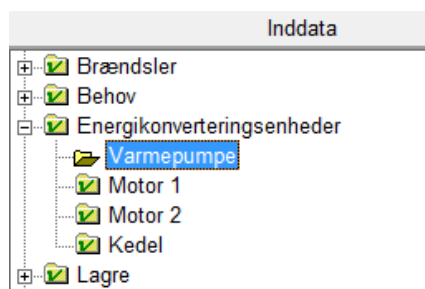


Det ses, at med mindre spotprisen er meget høj, er det billigere at producere varme på varmepumpen frem for naturgaskedlen. Varmepumpen producerer også varme billigere end motorerne ved en spotpris under ca. 480 kr/MWh. Derved vil varmepumpen i langt de fleste tilfælde være den billigste enhed, og vil derved benyttes som en grundlast enhed for fjernvarmeproduktionen. Dette kan tydeligt ses ved at lukke "Driftsstrategi"-vinduet ned igen, og vælge "Produktion, grafisk" under udskrifter. Her vises en produktionen lignende den vist herunder.

## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

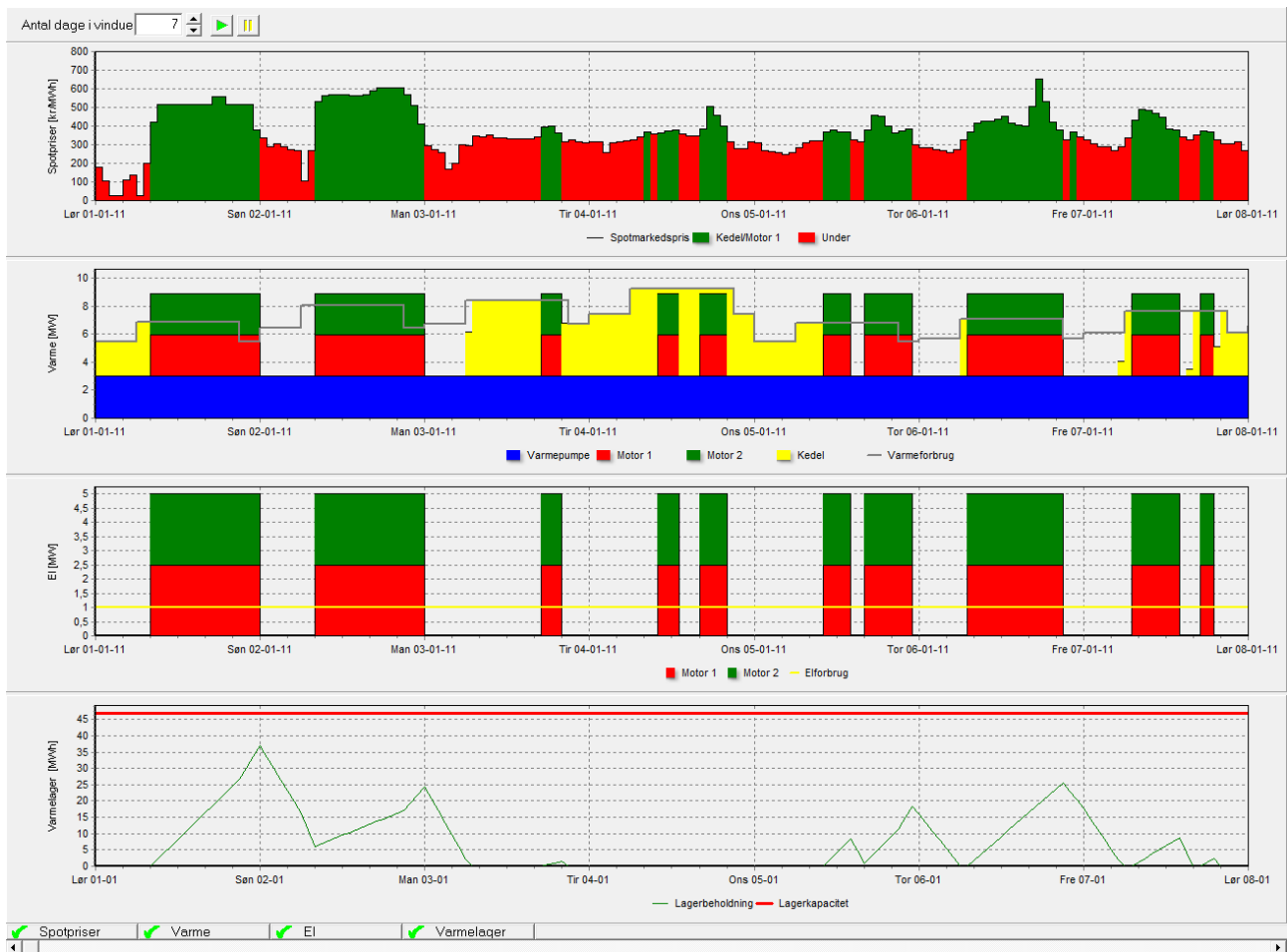


Eftersom varmepumpen producerer nærmest konstant ville det lette oveblikket her, hvis varmepumpen kom nederst i grafen. Dette kan gøres ved at sørge for, at varmepumpen ligger øverst i "Energikonverteringsenheder" i "Inddata", hvilket gøres ved at "hive" i varmepumpens placering i grenstrukturen på samme måde, som da varmepumpens ikon blev flyttet.



Bliver varmepumpen placeret som vist ovenover, vil "Produktion, grafisk" ændres til at se således ud.

## Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe



For at se om varmepumpen giver en bedre økonomi for kraftvarmeværket, åbnes ”Resultat af ordinær drift” under ”Udskrifter”. Her fås en udskrift lignende den vist herunder.

# Tilføjelse af en elektrisk varmepumpe

energyPRO 4.1.1.33

Vestdansk 5MW-kraftvarmeværk på markedsvilkår i 2011

Udleveret Side  
02-03-2011 11:13:10 / 1  
Erhvervsnavn :  
EMD International A/S  
Niels Jernesvej 10  
DK-9220 Aalborg Ø  
+45 9835 4444

## Resultat af ordinær drift fra 01-01-2011 00:00 til 31-12-2011 23:59

(Alle beløb i kr)

<b>Driftsindtægter</b>					
Produktionsafhængigt tilskud	:		=		1.414.569
Spotafregning	:		=		3.129.561
Elproduktionstilskud	:		=		640.000
<b>Ialt Driftsindtægter</b>					<b>5.184.130</b>
<b>Driftsudgifter</b>					
Indfødningsstarifel	:	6.780,0 MWh	å	4,5	= 30.510
Gaskøb	:	2.407.064,8 Nm3	å	2,5	= 6.017.662
<b>Naturgas og CO2-afgift</b>					
Motor 1	:	1.090.072,7 Nm3	å	2,668	= 2.908.314
Motor 2	:	842.072,7 Nm3	å	2,668	= 2.246.650
Refusion af afgifter på motorer	:	929.099,3 Nm3	å	-2,668	= -2.478.837
Kedel	:	4.962,9 MWh	å	211,537*	= 1.049.837
Varmepumpe	:	22.404,0 MWh	å	215,303*	= 4.823.658
<b>Naturgas og CO2-afgift ialt</b>					<b>8.549.620</b>
<b>NOx-afgifter</b>					
Motor 1	:	1.090.072,7 Nm3	å	0,028	= 30.522
Motor 2	:	842.072,7 Nm3	å	0,028	= 23.578
Kedel	:	474.919,3 Nm3	å	0,008	= 3.799
<b>NOx-afgifter ialt</b>					<b>57.899</b>
<b>Metan-afgifter</b>					
Motor 1	:	1.090.072,7 Nm3	å	0,061	= 66.494
Motor 2	:	842.072,7 Nm3	å	0,061	= 51.366
<b>Metan-afgifter ialt</b>					<b>117.861</b>
CO2-kvoter	:	5.403,7 ton CO2	å	115,0	= 621.423
<b>Drift- og vedligehold</b>					
Motor 1	:	4.835,0 MWh	å	60,0	= 290.100
Motor 2	:	3.735,0 MWh	å	60,0	= 224.100
Kedel	:	4.962,9 MWh	å	10,0	= 49.629
<b>Drift- og vedligehold ialt</b>					<b>563.829</b>
Elkøb	:				= 1.774.442
D&V varmepumpe	:	22.404,0 MWh	å	10,0	= 224.040
<b>Ialt Driftsudgifter</b>					<b>17.957.286</b>
<b>Resultat af ordinær drift</b>					<b>-12.773.156</b>

Som vist på side 6 var resultatet før varmepumpen blev implementeret -15.186.090 kr. Dvs. at varmepumpen har forbedret resultatet med ca. 2,4 mio. kr/år.