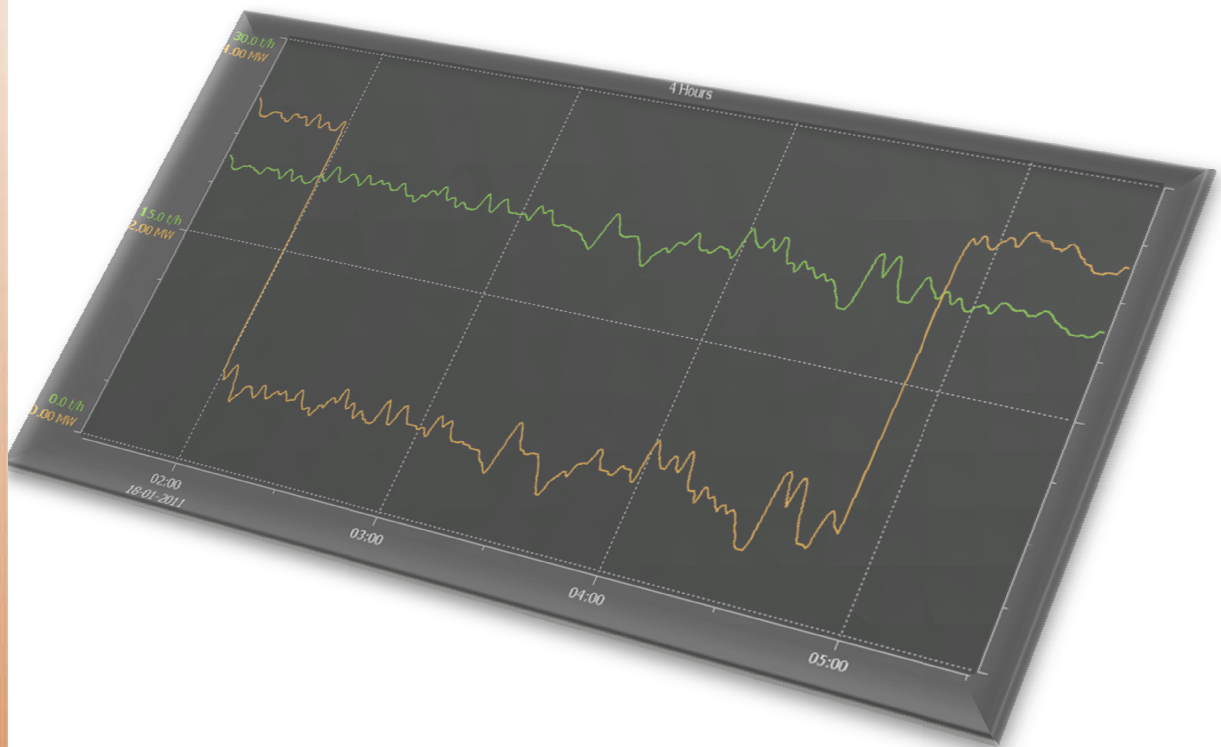




Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt



Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 1 af 68

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 2 af 68

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning og resume	5
1.1	Mere præcis budgivning i spotmarkedet	6
1.2	Aktivering af bypass i Regulerkraftmarkedet	7
1.3	Perspektivet for affaldskraftvarmeværkernes opreguleringsbud.....	7
2.	Beskrivelse af udvalgte elmarkeder i Vestdanmark.....	8
2.1.1	Spotmarkedet.....	8
2.1.2	Regulerkraftmarkedet	9
3.	Design af bypass af dampturbinen.....	11
3.1	I/S Kraftvarmeværk Thisted.....	11
3.1.1	Anlægsdata.....	11
3.1.2	Historiske produktionsdata	13
3.1.3	Anlægsbesøg med forsøg den 2. juni, 2010.....	13
3.1.4	Dynamisk simulering af anlægget med WS.SteamTurb.....	15
3.1.5	Konsekvenser på levetid og service ifm. bypass	16
3.1.5.1	Bypass-varmeveksler	16
3.1.5.2	Dampturbine	16
3.2	Simulering på Odense Kraftvarmeværk	17
3.3	Sønderborg Kraftvarmeværk I/S.....	20
3.3.1	Historiske driftsdata	21
3.4	Bypass drift hos Sønderborg Kraftvarmeværk I/S.....	22
3.5	Konklusion på design af bypass af dampturbinen.....	30
4.	Simulering af affaldskraftvarmeværkers indtjeningsevne ved bypass	31
4.1.1	Spotmarkedspriser for perioden	31
4.1.2	Priser på regulerkraftmarkedet i perioden	32
4.2	Forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted	34
4.2.1	Tekniske forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted.....	34
4.2.2	Økonomiske forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted	34
4.2.2.1	Afgifter til brug for modelleringen	35
4.2.3	Driftsstrategi for I/S Kraftvarmeværk Thisted.....	35

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 3 af 68

4.3	Modelleringsresultater for I/S Kraftvarmeværk Thisted	36
4.4	Forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S	41
4.4.1	Tekniske forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S	41
4.4.2	Økonomiske forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S	42
4.4.2.1	Afgifter til brug for modelleringen	42
4.4.3	Driftsstrategi for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S.....	43
4.5	Modelleringsresultater for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S.....	44
4.5.1	Følsomhedsberegning for bypass bud på regulerkraftmarkedet	49
4.5.2	Bypassens størrelse betydning for resultaterne	50
4.6	Konklusion på affaldsvarmeværkers indtjeningsevne ved bypass.....	52
5.	Afprøvningen af bypass drift på Kraftvarmeværk Thisted	52
	Appendiks 1: energyPRO udskrifter af scenarie 1, KVVT	55
	Appendiks 2: energyPRO udskrifter af scenarie 2, KVVT	57
	Appendiks 3: energyPRO udskrifter af scenarie 3, KVVT	59
	Appendiks 4: energyPRO udskrifter af scenarie 1, SKVV	62
	Appendiks 5: energyPRO udskrifter af scenarie 2, SKVV	64
	Appendiks 6: energyPRO udskrifter af scenarie 3, SKVV	66

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 4 af 68

1. Indledning og resume

Dette projekt er gennemført med tilskud fra Energinet.dk's Forskel (kontrakt nr. 2009-1-10233).

Projektet er gennemført af EMD International A/S og Weel & Sandvig, med bistand fra Lars T. Hansen, formand for Thisted Varmeforsyning og indtil for nyligt direktør for Houe&Olsen. I projektet er Kraftvarmeværk Thisted (KVVT) og Sønderborg Kraftvarmeværk (SKVV) analyseret for deres tekniske mulighed for og økonomiske indtjening ved at deltage i Regulerkraftmarkedet

Hidtil har de danske affaldskraftvarmeværker typisk produceret el i alle døgnets timer - men et voksende antal timer med lav eller endda negativ elpris i spotmarkedet og regulerkraftmarkedet viser, at det er dyrt at producere el så ufleksibelt.

En nærliggende mulighed for affaldskraftvarmeværkerne for at tjene mere i elmarkederne er at tilbyde nedregulering i regulerkraftmarkedet - men herved opnår affaldskraftvarmeværkerne kun "den halve økonomiske fordel".

I dette projekt er demonstreret, at "den anden halve økonomiske fordel" opnår affaldskraftvarmeværkerne ved også at tilbyde opregulering.

I de gennemførte analyser er det vist, at f.eks. et typisk 5 MW-affaldskraftvarmeværk kan tjene over 1 mill. kr årligt ved at tilbyde både opregulering og nedregulering i Regulerkraftmarkedet.

Det er vigtigt grundigt at analysere, hvilken indtjening et givet affaldskraftvarmeværk kan forvente ved at deltage i affaldskraftvarmeværkerne, f.eks. har Thisted Varmeforsyning og Sønderborg Fjernvarme hhv. idriftsat og vil idriftsætte geotermi - hvad der betyder, at KVVT og SKVV ikke kan opnå en økonomiske fordel ved at deltage i Regulerkraftmarkedet i ovennævnte omfang.

Muligheden for at tilbyde opregulering opstår ved, at al elproduktion ikke ukritisk handles ind i spotmarkedet. I de timer, hvor elproduktion ikke er handlet ind i spotmarkedet, kan der tilbydes opregulering.

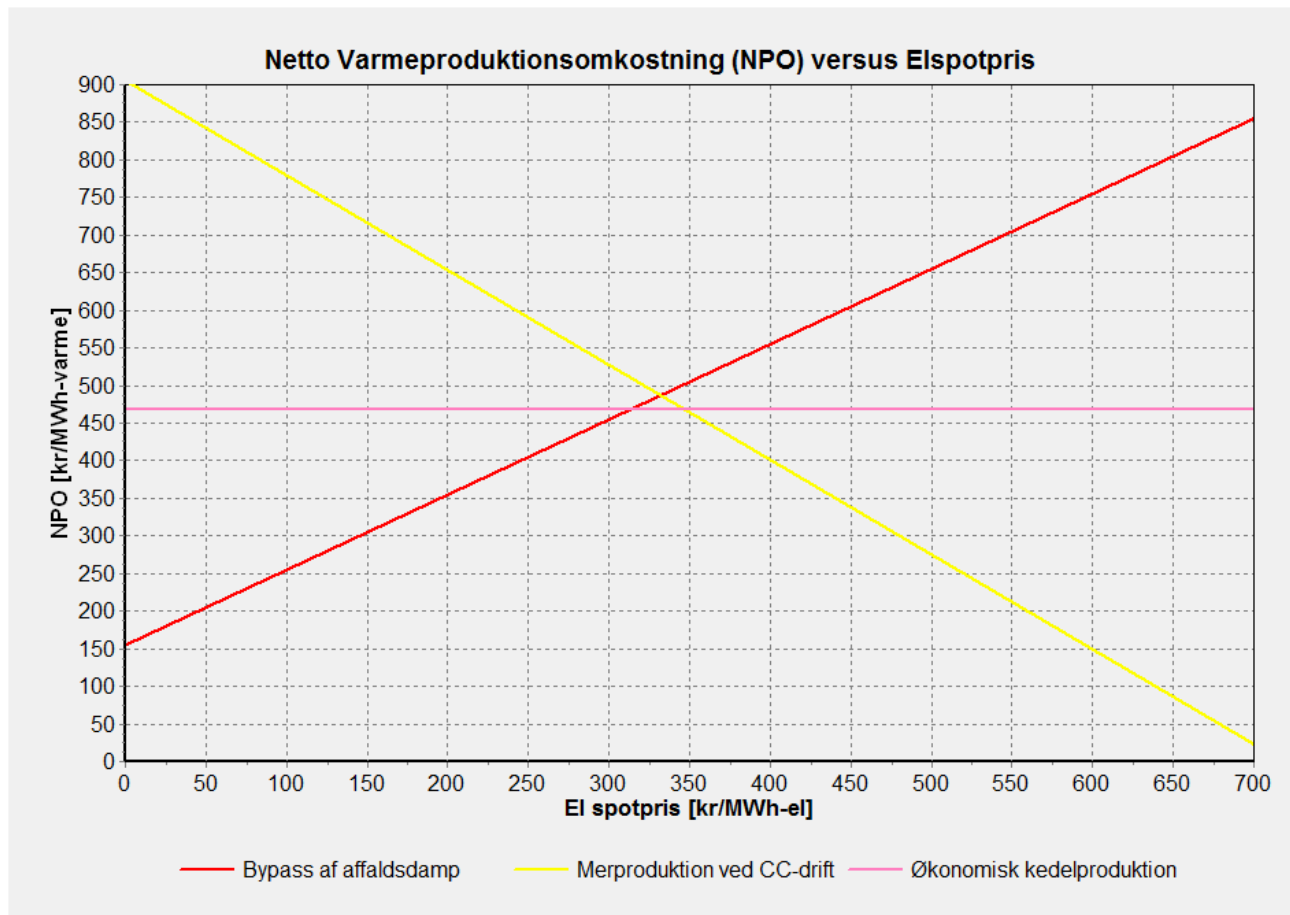
For at affaldskraftvarme kan opnå den økonomiske fordel ved at deltage i regulerkraftmarkedet, skal det være teknisk muligt tilstrækkeligt hurtigt at lede dampen fra affaldsforbrændingen uden om dampturbinen (bypasse affaldsdampen). I kapitel 3 er det eftervist, at det er muligt at etablere bypass, således at et affaldskraftvarmeværk kan leve op til Regulerkraftmarkedets krav om at kunne regulere på 15 minutter - uden at det i væsentligt omfang øger vedligeholdelsesomkostningerne på dampturbinen.

Men ud over at der skal investeres i god bypass, vil der også være "omkostninger" forbundet ved at optimere affaldskraftvarmeværkers deltagelse i elmarkederne. En væsentlig omkostning er, at der skal bruges mere tid på at planlægge buddene i elmarkederne - til gengæld vil de mere præcise bud i elmarkederne betyde, at affaldskraftvarmeværkerne får en meget større værdi for elsystemet.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 5 af 68

1.1 Mere præcis budgivning i spotmarkedet

energyPRO er blevet udvidet til at kunne regne på bypass af affaldsdamp i spotmarkedet og regulerkraftmarkedet. energyPRO planlægger i hvilke timer, der skal holdes elproduktion ude af spotmarkedet ved at beregne nettovarmeproduktionsomkostninger for alle anlæg, inklusiv for bypass af affaldsdamp.

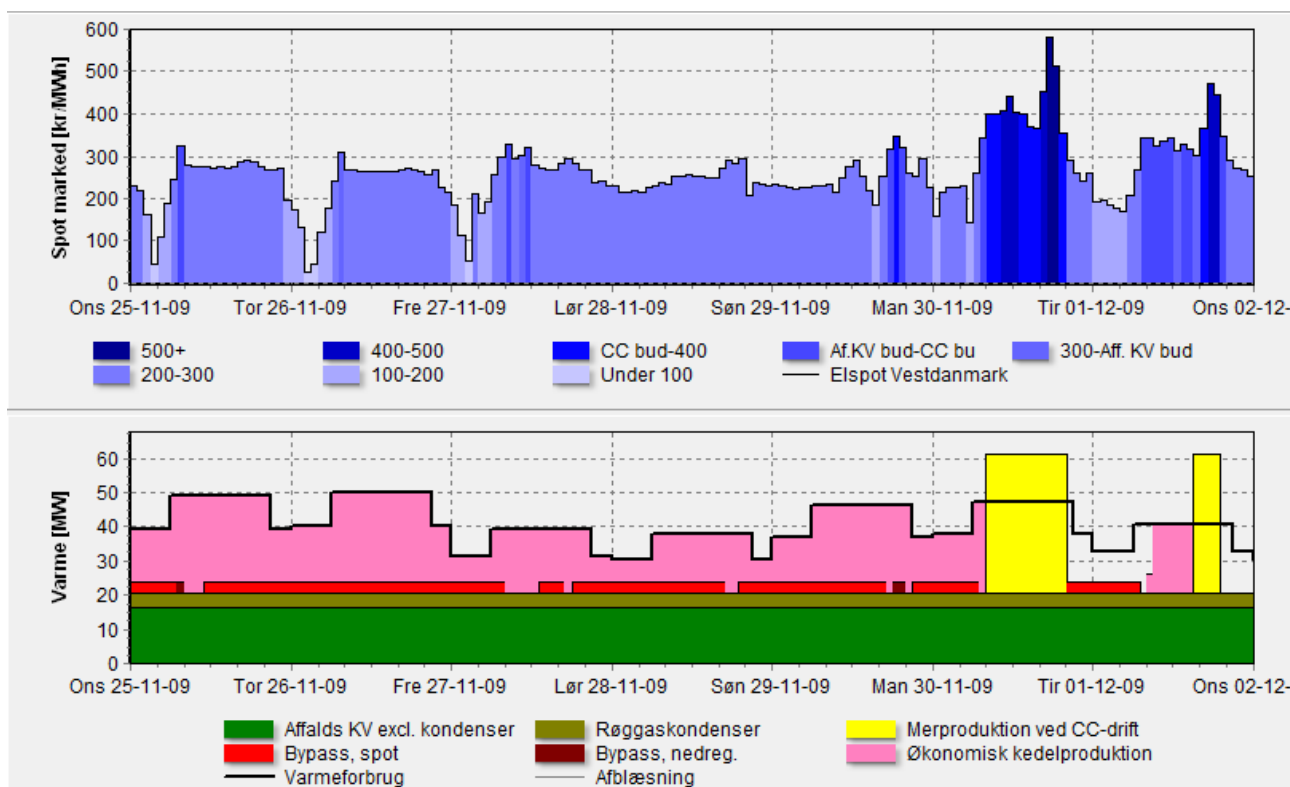


Eksempel på nettovarmeproduktionsomkostninger beregnet i energyPRO af den eksisterende drift af Sønderborg Kraftvarmeværk før idriftsættelse af geotermi. Det ses, at hvis prisen på spotmarkedet er under ca. 315 kr/MWh, så vil det være billigere at bypasse affaldsdamp fremfor at producere varmen på naturgaskedlerne.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 6 af 68

1.2 Aktivering af bypass i Regulerkraftmarkedet

I de timer, hvor elproduktion ikke er handlet ind i spotmarkedet, kan der tilbydes opregulering i Regulerkraftmarkedet ved, at den bypassede affaldsdamp sendes tilbage i dampturbinen. I de timer, hvor elproduktion er handlet ind i spotmarkedet, kan der tilbydes nedregulering ved, at affaldsdampen sendes uden om dampturbinen. I nedenstående graf er vist en simuleret drift af den eksisterende drift af Sønderborg Kraftvarmeværk før idriftsættelse af geotermi.



Eksempel på en simuleret drift af Sønderborg Kraftvarmeværk i slutningen af november 2009, hvor bypass af affaldsdamp er antaget brugt aktivt ift. spotmarkedet og regulerkraftmarkedet. Det ses, at bypass af affaldsdamp holder elproduktionen ude af spotmarkedet i det meste af ugen, og at dette reducerer brugen af naturgaskedlerne. Samtidig er der i løbet af ugen aktivering i regulerkraftmarkedet i form af både op- og nedregulering, hvor der f.eks. er opregulering d. 27/11 kl. 17-18.

1.3 Perspektivet for affaldskraftvarmeværkernes opreguleringsbud

Med en fortsat udbygning med fluktuerende produktioner fra vindmøller vil omsætningen i Regulerkraftmarkedet vokse radikalt og den systemansvarlige, Energinet.dk, vil have et voksende behov for, at der er elkapacitet til rådighed for balancering af vindmølleproduktionen.

Perspektivet er, at Energinet.dk vil kunne få fuld rådighed over mere end 200 MW-affaldskraftvarmeeffekt. I øjeblikket er der ingen priser på at stå til rådighed for opregulering i regulerkraftmarkedet, men hvis disse priser på sigt bliver bedre, vil affaldskraftvarmeværkerne kun-

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 7 af 68

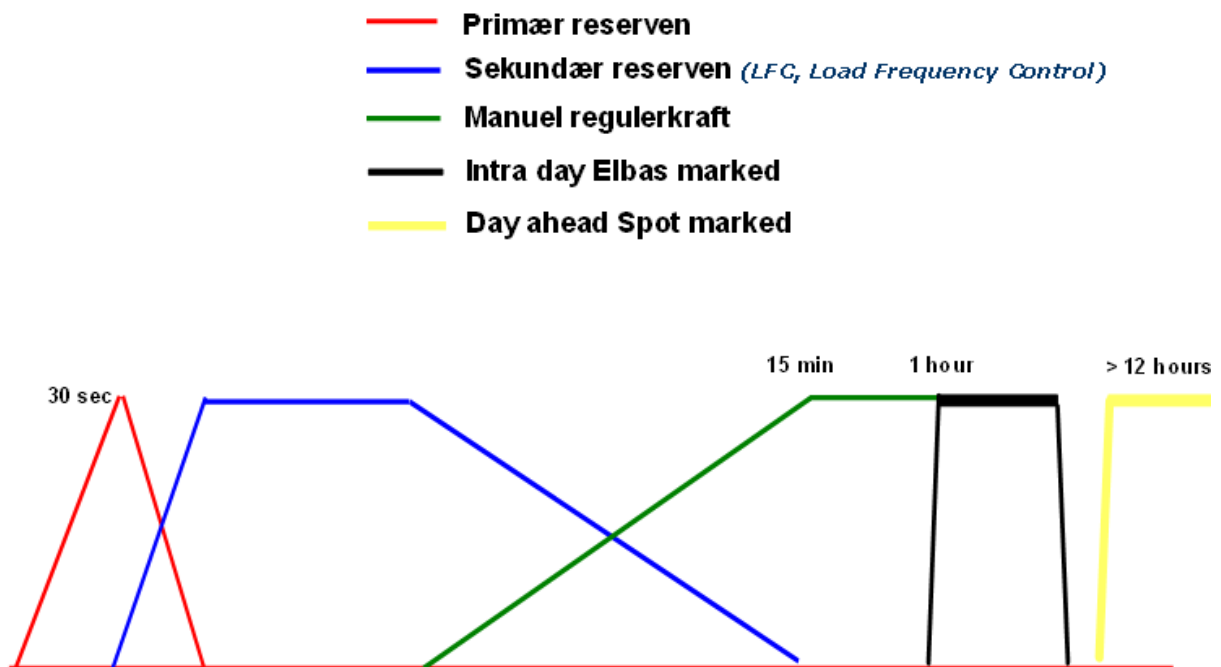
ne holde al kapacitet ude af spotmarkedet i alle døgnets timer og dermed være fuld til rådighed for balancering af vindmølleproduktionen i Regulerkraftmarkedet.

2. Beskrivelse af udvalgte elmarkeder i Vestdanmark

I denne rapport er kun analyseret affaldskraftvarmeværkers indtjeningsmuligheder i spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.

På Figur 1 findes en oversigt over de forskellige elmarkeder i Vestdanmark (DK1). De noterede tider angiver den maksimale aktiveringstid, en enhed må have for at kunne deltage på de forskellige markeder.

Markederne for balancering af elsystemet i Vestdanmark



Figur 1. Oversigt over markederne for balancering af elsystemet i Vestdanmark

Spotmarkedet og regulerkraftmarkedet er beskrevet i de følgende afsnit.

2.1.1 Spotmarkedet

Det danske spotmarked er en del af det nordiske spot marked, Nord Pool Spot, som omfatter Danmark, Estland, Finland, Norge og Sverige. Nord Pool Spot er geografisk delt ind i områder, kaldet anmeldelsesområder. Danmark er delt ind i to anmeldelsesområder. Alt vest for Storebælt udgør området DK1 og alt øst for Storebælt udgør området DK2.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 8 af 68

Handlen på Nord Pool Spot foregår dagligt og starter med, at de nordiske systemansvarlige kl. 10 oplyser hvor meget overføringskapacitet mellem prisområderne, der er til rådighed for spot markedet den efterfølgende dag. Senest kl. 12 samme dag skal alle, der ønsker at handle på spot markedet i det efterfølgende døgn have afgivet bud på heltimebasis til Nord Pool Spot. Bud kan på spot markedet enten være for de enkelte timer eller for en periode over flere timer, et såkaldt blokbud. Der afgives både købsbud og salgsbud på spot markedet. Disse købsbud og salgsbud aggregeres for alle anmeldelsesområder, og inden kl. 13 fremsender Nord Pool vundne handler til de produktionsbalanceansvarlige og forbrugsbalanceansvarlige. Det planlagte køb og salg matcher præcist hinanden for hver time den kommende dag. Handler på spot markedet er bindende og enhver ubalance ift. handlen på spot markedet medfører, at de der er skyld i en ubalance skal betale for genoprettelsen af balancen. Dette gøres vha. priserne på regulerkraftmarkedet.

Spotmarkedsprisen i en given time fastsættes efter marginal pris princippet, hvor alle enheder får den samme pris for at producere, hvilket også er prisen købere skal betale for el. Forudsat at der ikke opstår flaskehalse mellem områderne, er prisen den samme i alle anmeldelsesområderne. Opstår der flaskehals mellem anmeldelsesområderne bliver der fastsat en separat pris for én eller flere af anmeldelsesområderne. Det har siden 31. november 2009 været muligt for markedsprisen på spot markedet at være negativ. I timer med negativ pris skal producenter således betale for at producere el til spot markedet, og forbrugere bliver betalt for at forbruge el.

2.1.2 Regulerkraftmarkedet

Regulerkraftmarkedet er et af markederne for systemydelse, der er oprettet for at holde balancen mellem forbrug og produktion i elnettet. Regulerkraftmarkedet fungerer efter de samme principper som spot markedet, og benytter således også den samme geografiske inddeling. Hvor spot markedet omfatter handlen med el dagen før den faktiske levering af el fra producenter til forbrugere, tager regulerkraftmarkedet sig af de ubalancer som registreres mindst 15 min. før aktivering af bud. Derved er det ikke i alle timer, at bud på regulerkraftmarkedet aktiveres. Bud på dette marked afgives i Danmark til Energinet.dk, som også står for den eventuelle aktivering af regulerkraft.

Bud på regulerkraftmarkedet er for enkelte timer, og der tillades således ikke blokbud. Der kan afgives to forskellige slags bud på regulerkraftmarkedet. Det ene er for opregulering, og det andet er for nedregulering. Opregeringsbud er tilbud om at producere mere el eller forbruge mindre el end oprindeligt planlagt. Dette er aktuelt, når der er underskud af el ift. forbruget. Mindsteprisen for opregulering er spot prisen i anmeldelsesområdet. Nedreguleringsbud er tilbud om at producere mindre el eller forbruge mere el, og disse bud aktiveres, når produktionen af el overstiger forbruget. Modsat opregulering, hvor budgiver betales for aktivering, resulterer et aktiveret nedreguleringsbud i, at budgiver skal betale for at nedregulere (ved negative nedreguleringspriser betales budgiver dog for at nedregulere). Maksimumsprisen for nedregulering er spot prisen i anmeldelsesområdet. Priserne for regulerkraft kan ligesom spot markedspriserne være negative.

På regulerkraftmarkedet er det muligt at få betaling for at stå til rådighed for markedet i hele timer den følgende dag. Dette kan opnås ved at afgive bud senest kl. 9.30 dagen forinden, altså før

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 9 af 68

der er deadline for bud på spot markedet. Vindes der rådighedsbud er man forpligtet til at afgive aktiveringsbud i de vundne timer. Selvom man ikke har afgivet rådighedsbud, kan man stadig afgive et aktiveringsbud for en driftstime, dog opnås der således ikke rådighedsbetaling. Et aktiveringsbud på regulerkraftmarkedet kan ændres senest 45 min. før den driftstime, som buddet er afgivet for. En aktivering på regulerkraftmarkedet skal være fuldt leveret 15 min. efter meddelelsen om aktivering er givet af Energinet.dk. En aktivering på regulerkraftmarkedet er mindst 5 min., og er en enhed aktiveret i mere end 15 min. afregnes denne enhed efter marginal pris princippet. Hvis en enhed er aktiveret i 10 min. eller mindre i en given time, afregnes denne enhed til dennes afgivne bud, og holdes herved ude af den marginale pris sætning. Regulerkraftmarkedet er et nordisk marked, og hvis der ingen flaskehalse er imellem anmeldelsesområderne, vil marginal priserne for regulerkraft være ens i hele Nord Pool Spot området.

Et bud i regulerkraftmarkedet skal som minimum være på 10 MW og maksimalt 50 MW. Et bud på regulerkraftmarkedet kan dog godt dække over flere anlæg som tilsammen udgør mindstekravet på 10 MW. Anlæg på regulerkraftmarkedet skal være forsynet med afregningsmåling samt online driftsmåling af anlæggets øjeblikkelige driftstilstand, således at Energinet.dk har adgang til disse data.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 10 af 68

3. Design af bypass af dampturbinen

I dette kapitel undersøges og beskrives den teknisk gode måde at etablere bypass af dampturbinen, således at man inden for de på regulerkraftmarkedet krævede 15 minutter kan overgå til fuld elproduktion på dampturbinen, og således at mange starter ikke i uacceptabelt omfang vil fordyre reovering og vedligehold af dampturbinen.

For at et affaldskraftvarmeværk kan stå til rådighed for opregulering, skal der være mulighed for igennem længere tid (op til et døgn's varighed, hvis der bydes ind med opregulering i hele det kommende døgn) at anvende bypass af dampturbinen. Ved bypass tilbageholdes potentiel elproduktion og affaldskraftvarmeværket skal kunne overgå til fuld elproduktion på dampturbinen inden for de krævede 15 minutter.

Med et lavt varmeoptag (om sommeren), kan der være en barriere eller flaskehals for nedregulering i form af at den ekstra varmeproduktion, der finder sted ved bypass drift, ikke kan afsættes i fjernvarmesystemet og evt. eksisterende køleflader. I dette tilfælde kan muligheden for at kunne tilbyde nedregulering vha. bypass-drift således kræve installation af yderligere køleflader.

3.1 I/S Kraftvarmeværk Thisted

3.1.1 Anlægsdata

Forbrændingskapacitet er på 6 ton affald per time.

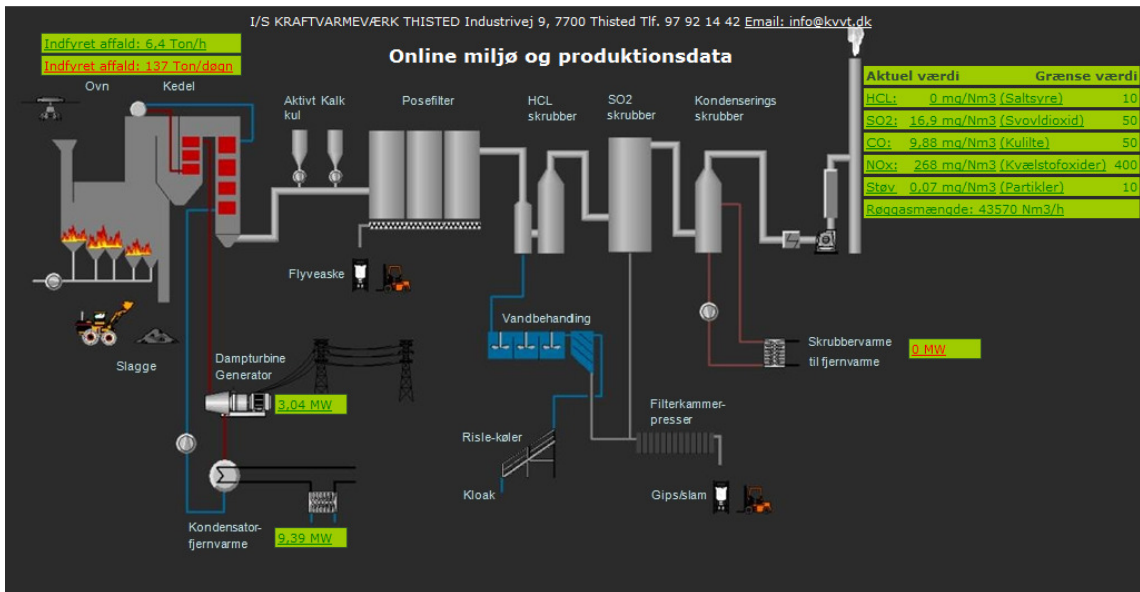
Nominel dampproduktion: 19 ton/h (Fabrikat af kedelrist: Vølund)

Damptryk: 50 bar

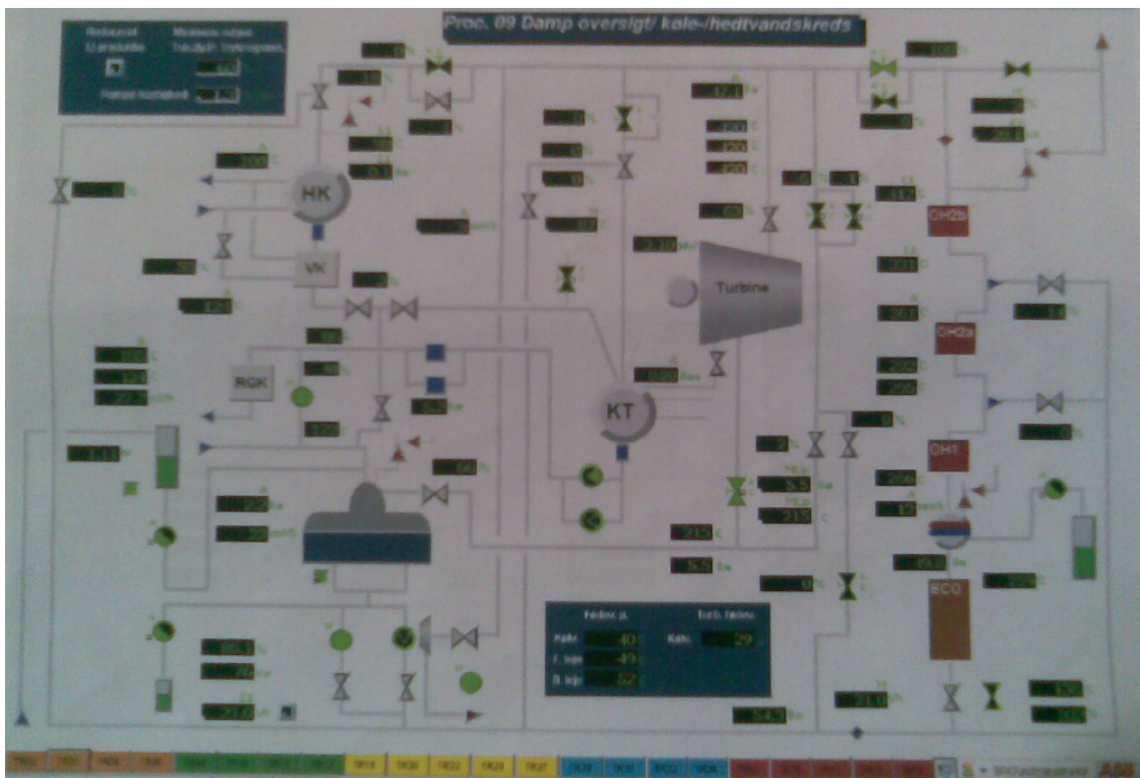
Damp temperatur: 420 C

Turbine eleffekt nominel: 3,3 MW (fabrikat: Brotherhood)

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 11 af 68



Figur 2. Anlægsskitse (<http://www.kvvt.dk/flow/kvvt.asp>).



Figur 3. Skærbillede af dampsystem med fjernvarme/bypass veksler.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 12 af 68

3.1.2 Historiske produktionsdata

Driftstimer	Enhed	2005	2006	2007	2008	2009
Ovnlíne 1 (Gl.ovn/varme)	timer	189	162	189	337	156
Driftstid i % af driftsåret	%	2,2	1,9	2,2	3,8	1,8
Ovnlíne 2 (Ny.ovn/El + varme)	timer	8.521	8.470	8.543	8.417	8.585
Driftstid i % af driftsåret	%	97,3	96,7	97,5	95,8	98,0
Turbine	timer	8.490	7.948	8.274	8.247	8.442
Driftstid i % af driftsåret	%	96,9	90,7	94,4	93,9	96,4

Driftstimerne for affaldslínerne er optalt, når kedel ydelse er over 50%

Tabel 1. Historisk drift af ovnlíner og damp turbine.

Energiregnskab	Enhed	2005	2006	2007	2008	2009
Affaldsovnlíne 1 Varme	MWh	1.578	1.668	1.634	2.892	1.349
Affaldsovnlíne 2 Varme	MWh	114.665	112.812	114.435	113.690	116.763
Affaldsovnlíne 2 Elproduktion	MWh	23.946	25.195	26.841	26.822	27.367
Energiproduktion i alt affald	MWh	140.189	139.675	142.910	143.404	145.479
Energiproduktion pr. ton affald	MWh/ton	2,72	2,67	2,75	2,70	2,70
Varmeproduktion i alt	MWh	116.243	114.480	116.069	116.582	118.112
Bortkolet varme	MWh	11.642	13.015	8.657	10.468	4.332
Varmesalg *)	MWh	104.601	101.465	107.412	106.114	113.780

*)Varmesalg er den mængde varme der sælges til Thisted Varmeforsyning.

Tabel 2. Historiske produktionsdata for el og varme.

3.1.3 Anlægsbesøg med forsøg den 2. juni, 2010

I forbindelse med besøg på KVVt den 2. juni blev der foretaget forsøg med meget hurtig nedregulering og efterfølgende opregulering af turbineeffekten, for at se om det gav anledning til uhen-sigtsmæssige forstyrrelser i driften.

Forsøget blev foretaget ved en manuel ændring af bypassventilens åbningsgrad fra 0 % til 60 %. Dette foregik ved at sætte regulator i manuel og ændre output til 60 % uden brug af rampe. Bypass-ventilen har en 4" tilgang og er fra firmaet Copes-Vulcan. Ventilens CV-værdi er på 44,5. Ventilen har indbygget et støjreducerende trim (multi pass flow path), og giver ikke anledning til støjgener.

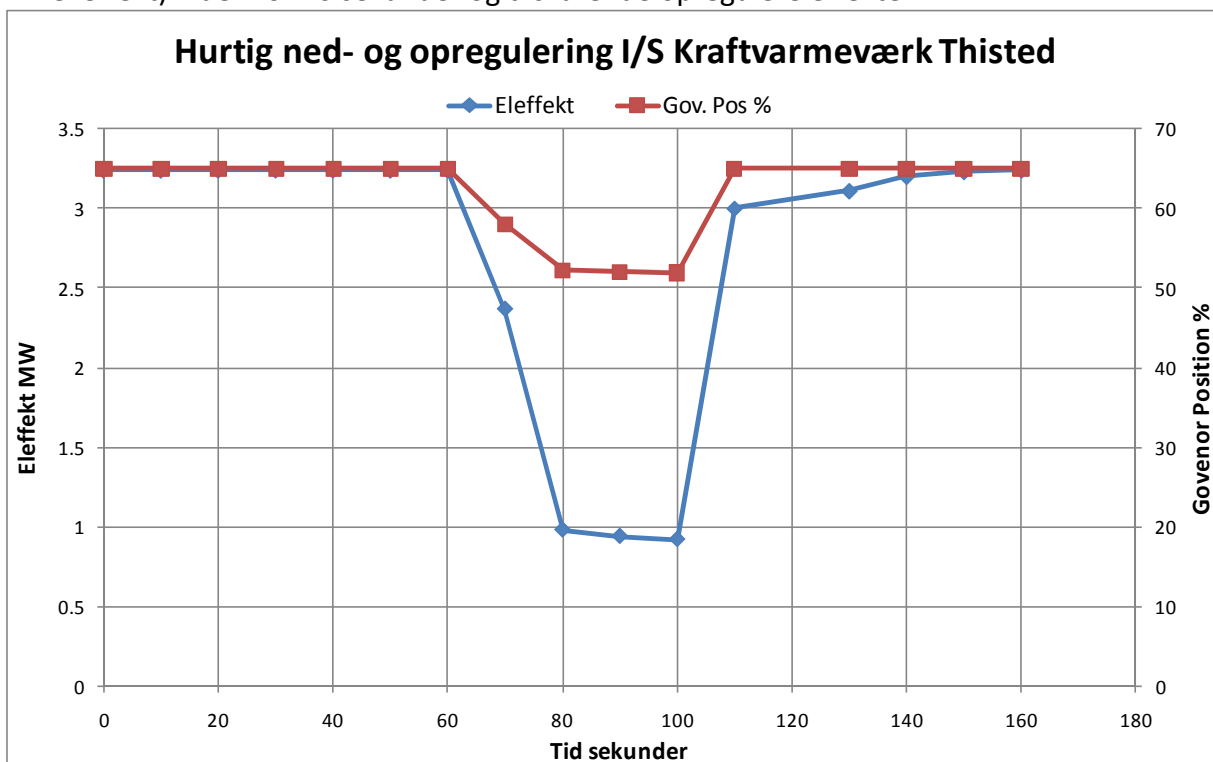
Støjniveauet bør være under 85 db(A), hvis ventilen bruges i mere end 8 timer per dag. En godt designet bypass-ventil vil have et støjniveau på 82 – 85 db(A). Hvis ikke ventilen kan leve op til kravet på mindre end 85 db(A) kan man indkapsle ventilen.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 13 af 68



Figur 4. Eksempel på bypass-ventil fra firmaet Copes-Vulcan (som anvendes på KVVVT).

Responsten for turbinens eleffekt og governor ventilens position (Gov.Pos %) under dette forsøg ses i Figur 5. Heraf fremgår at det er muligt at nedregulere effekten med ca. 2,5 MW (75 % af nominal effekt) inden for 20 sekunder og tilsvarende opregulere effekten.



Figur 5. Hurtig nedregulering ved bypass af turbinen og efterfølgende opregulering ved lukning af bypass. Tidsopløsningen af data er desværre ikke finere end 10 sek.

Under forsøget blev variationen i følgende parameter opsamlet:

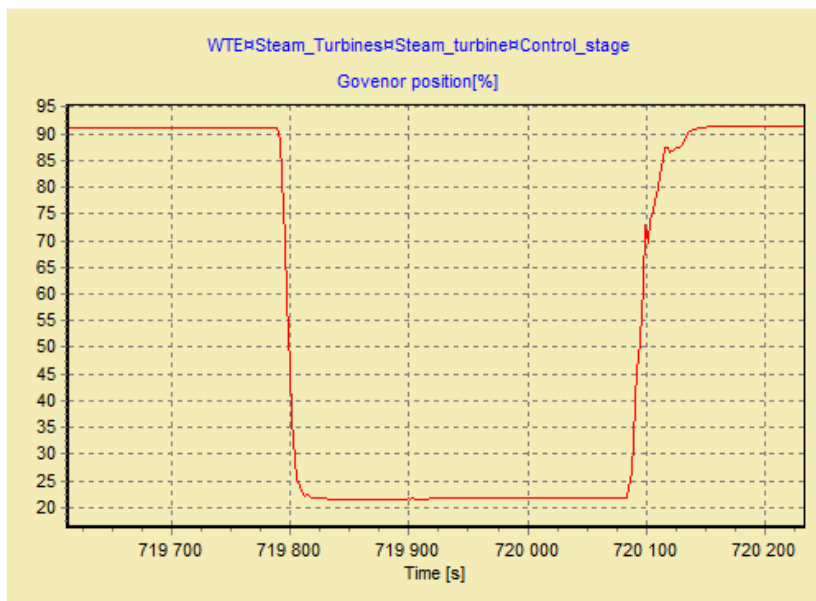
1. Bypassventil position [0 – 60 %]
2. Turbinens ventilposition (Governor position) [51 – 63 %]
3. Eleffekt [falder fra 3,3 til 0,9 MW (ca.72 % reduktion)]

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 14 af 68

4. Vibrationer turbine [Stigning op til 43 % (leje nr. 42) fra 0,87 Mils til 1,25 Mils (1 Mils = 0,001 tomme) under transienten]
5. Dampflow [1,1 ton/h, svarende til 5,5 % relativ ændring]
6. Damptryk [falder med 1,05 bar fra 47,1 bar til 46,05 bar (ca. 2,2 %)]
7. Damptemperatur [blev ikke observeret]
8. Fjernvarme flow [stiger fra 236 m³/h til 331 m³/h, (ca. 40 % stigning)]
9. Fjernvamekondensatortryk [stiger med 0,074 bar fra 0,64 bar til 0,714 bar (ca. 11,5 % stigning)]
10. Fjervarmetemperatur [stiger fra 86 C til 88,8 C (3,3 %)].

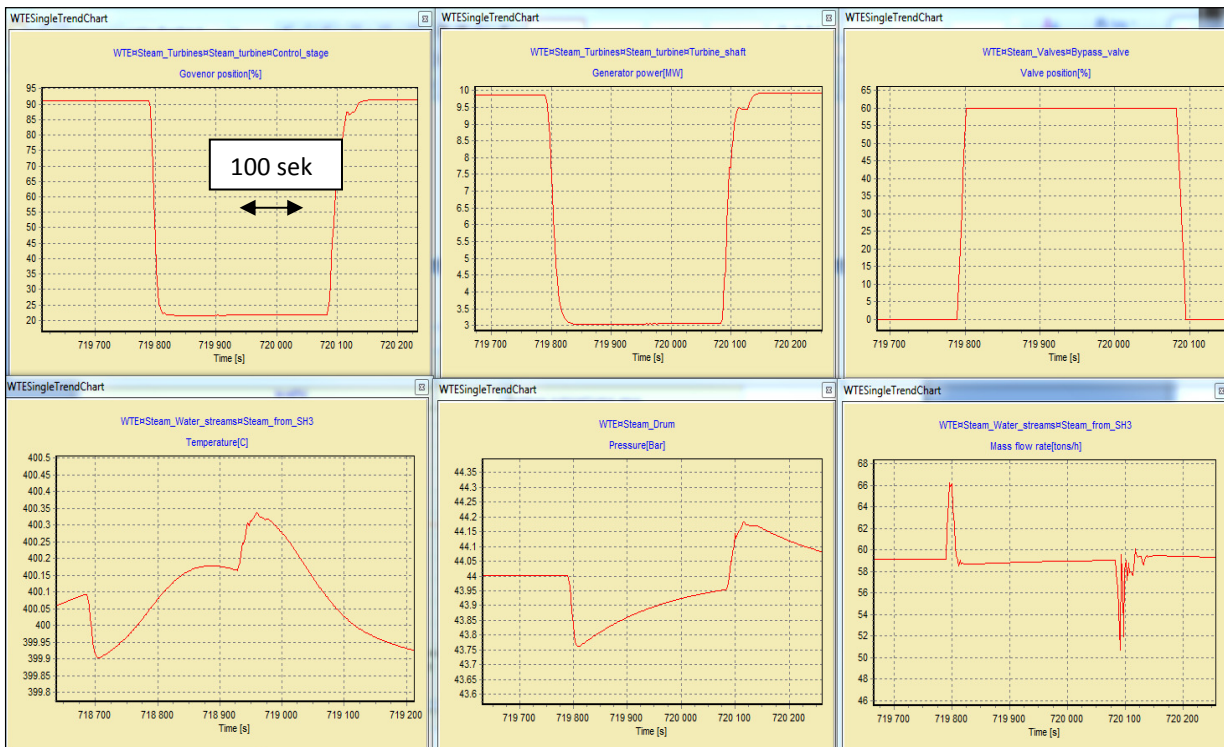
3.1.4 Dynamisk simulering af anlægget med WS.SteamTurb

Forsøget med hurtig ned- og opregulering ved anvendelse af bypass er endvidere eftervist ved hjælp af dynamisk simulering. Simuleringen beregner ud fra en model af anlægget, hvilke responser man kan forvente på anlægget, ved en sådan manøvre. Anlægget er simuleret ved hjælp af Weel & Sandvigs specialudviklede simulator til dampturbiner koblet til fjernvarmesystem (WS.Steam.Turb). Nogle resultater fra simuleringerne ses i de følgende figurer.



Figur 6. Govenor ventilens position under den simulerede nedregulering og opregulering vha. bypass.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 15 af 68



Figur 7. Responser fra simulering under bypass forsøg. Øverste fra højre ses: Bypass ventilens position, effekten fra generator og responsen på turbinens govenor ventil (også vist i Figur 6). Nederst fra venstre ses: Temperatur af damp til turbine (bemærk den fine skala), damptryk og dampflow fra overbeholder.

3.1.5 Konsekvenser på levetid og service ifm. bypass

3.1.5.1 Bypass-varmeveksler

Hvis et værk melder opregulering ind i en periode, er bypass således blevet etableret forinden denne periode indtræder. Ved en aktivering af opregulering, hvor bypass så indenfor 15 minutter skal reduceres med en ordret størrelse, vil betyde mindre varmeeffekt i bypass veksleren eller (hvis ikke separat bypass-veksler) fjernvarmekondensator. Hvis temperaturreguleringen på fjernvarmevandet er tilpas hurtig, vil det ikke give anledning til væsentlige lokale temperaturgradienter i veksleren. Med sådanne forhold er der ikke grund til at forvente væsentlig kortere levetid ved bypass-drift.

3.1.5.2 Dampturbine

Hvis dampturbinens lavtryksdel opererer i det våde område, kan der ved vedvarende bypass-drift være risiko for erosion i den sidste skovlrække i turbinen. Vandindholdet i dampen ved udløbet af turbinen vil være lavere ved dellast end ved fuldlast. Ved dellast vil dampstigheden i det sidste turbinetrin være relativt lav, hvilket betyder at de dannede dråber vil ramme de roterende skovle med større relativ hastighed end ved normal last. I hvert enkelt tilfælde anbefales derfor at under-

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 16 af 68

søge, hvor stort vandindholdet er i dampen ud af turbinen. Har man tidligere konstateret erosion i lavtryksturbinen, bør man være ekstra på vagt, hvis der køres i dellastområdet 25 – 35 %.

3.2 Simulering på Odense Kraftvarmeværk



Hovedaktiviteten på Odense Kraftvarmeværk er produktion af el og varme ved brug af brændbart affald som brændsel. Det affaldsfyrede kraftvarmeværk har tre forbrændingslinier hvoraf de to hver med kapaciteter på 8 ton affald pr. time og én med 16 ton affald pr. time.

Der kan produceres 24 MW el og den maksimale fjernvarmeydelse er på 29 + 35 MJ/s.

Figur 8. Odense Kraftvarmeværk.

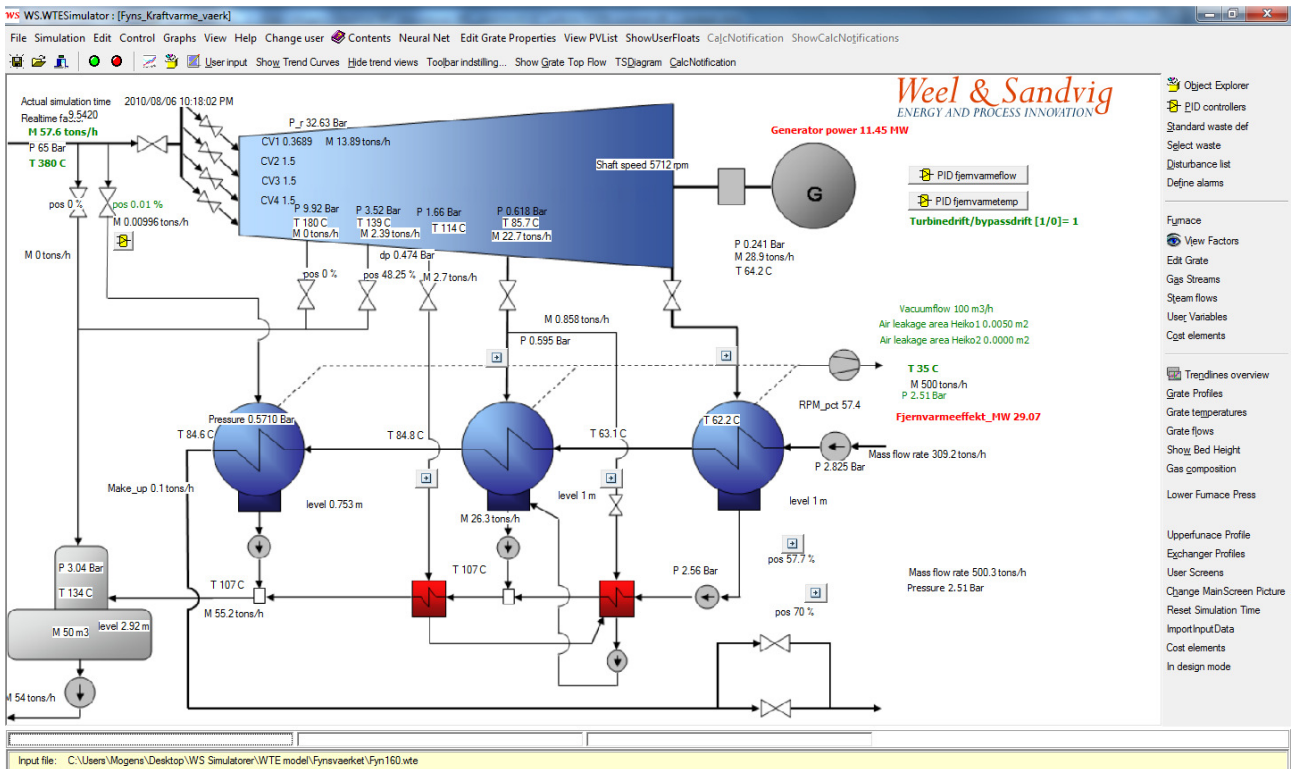
Weel & Sandvig har udviklet en dampturbinesimulator (se skærbillede i Figur 9) af anlægget, som har en separat fjernvarmeveksler (til venstre på skærbilledet), der alene anvendes til bypass damp.

En simulering af skift fra normal drift til bypass-drift og tilbage igen viser, hvorledes dynamikken er i fjernvarmesystemet (se Figur 10) med bl.a. afvigelser i fjernvarmefremløbstemperaturen.

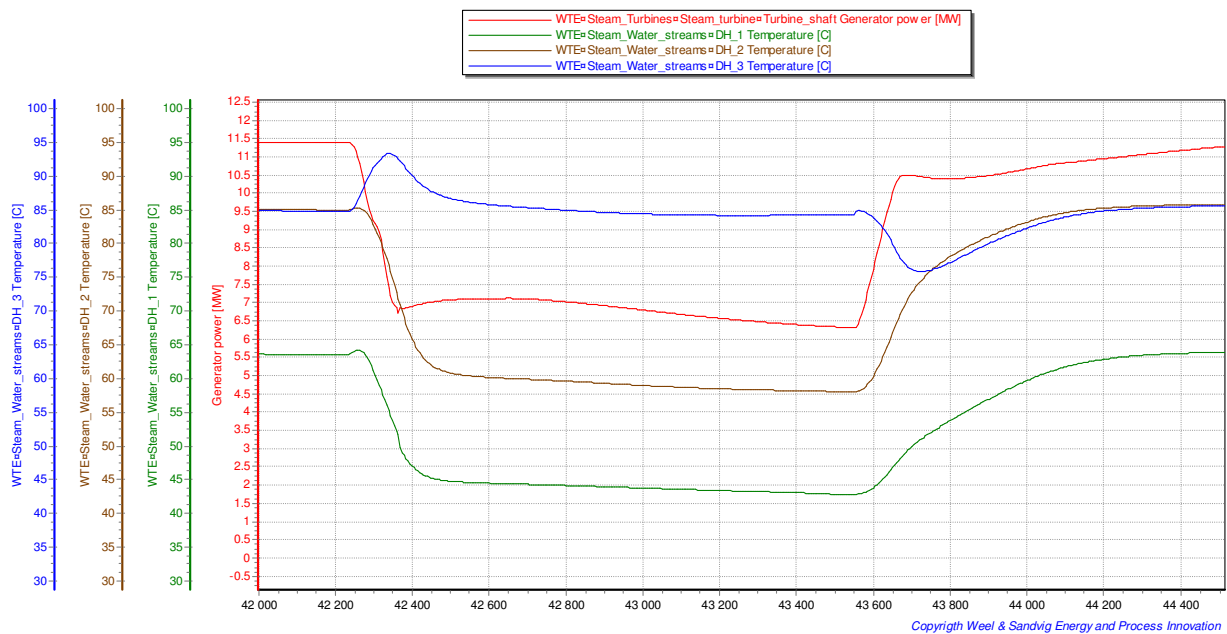
Der er for sammenligningens skyld lavet en simulering (se Figur 11), hvor bypass-dampen i stedet ledes til fjernvarmeveksleren midt i skærbilledet, som normalt modtager udtagsdamp. I Figur 12 ses samme situation, som i Figur 11, bortset fra at regulatorparametre til styring af fjernvarmeflowet er blevet tunet til en hurtigere respons.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 17 af 68

Design af bypass af dampturbinen

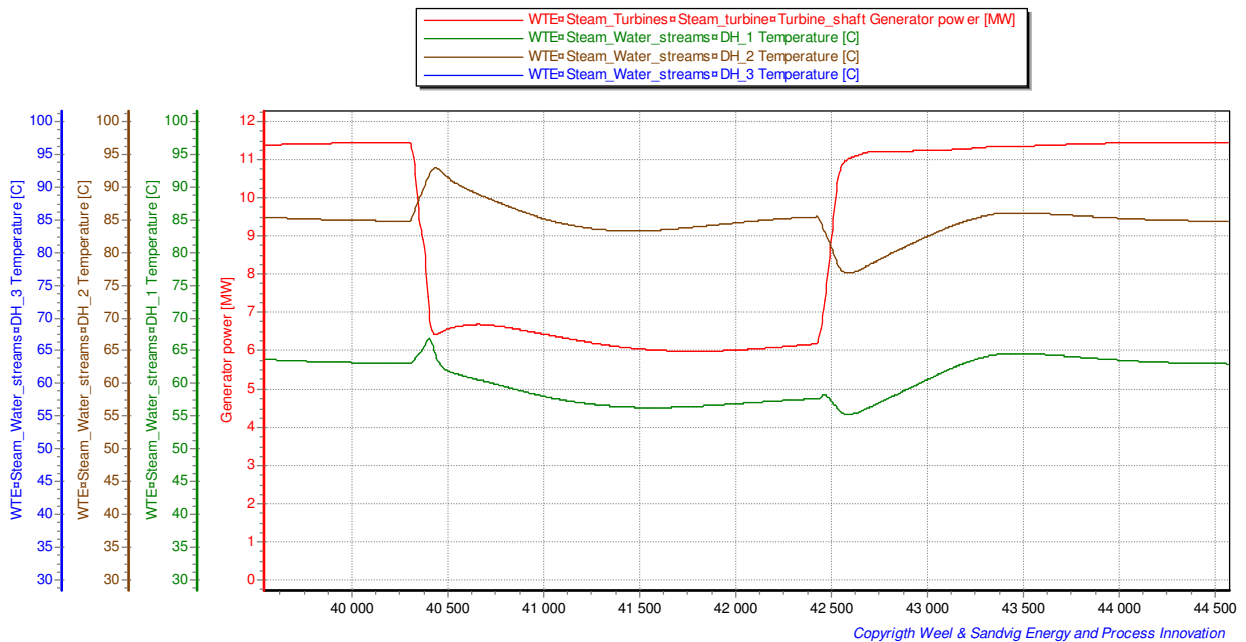


Figur 9. Turbinesimulator af Odense Kraftvarmeværk (leveret af Weel & Sandvig).

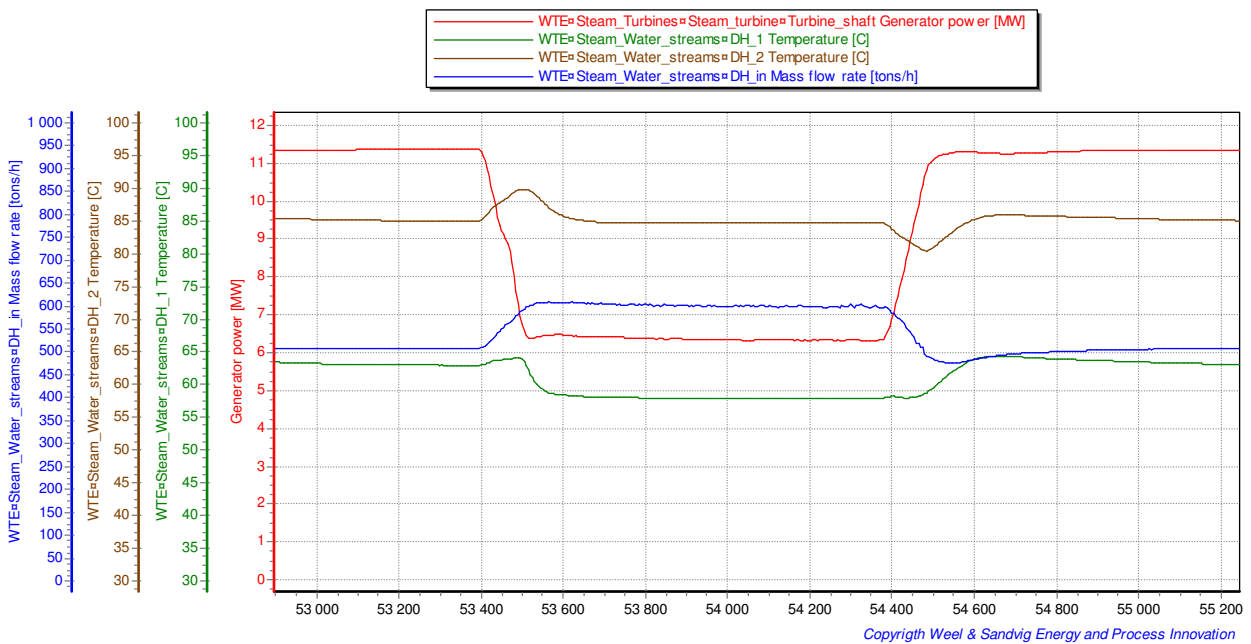


Figur 10. Skift til bypass drift med den separate bypass-kondenser og efterfølgende skift tilbage.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt	Version: 1
Dato: 03/05-2011	Side 18 af 68



Figur 11. Tilsvarende som i Figur 10 men her ledes bypass i stedet til udtagsfjernvarmeveksleren.



Figur 12. Som Figur 11 men her vist med en hurtigere regulator (tunede regulatorparametre) til styring af flowet af fjernvarme. I figuren ses tillige flowet af fjernvarme.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 19 af 68

3.3 Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Det affalds- og naturgasfyrede (CC) kraftvarmeværk har nedenstående anlægsværdier. Selskabet er kategoriseret som en K.8a virksomhed (affaldsforbrænding) samt G1 (kraftvarmeværk >50 MW indfyret effekt), i henhold til bekendtgørelse nr. 975 af 13. december 1995.

Værket består af følgende hovedkomponenter (se evt. Figur 10):

Affaldsfyret ovn/kedel

Anlægget har en affaldsfyret ovn/kedellinie dimensioneret til forbrænding af 8 tons affald/time. Affaldet tørres, forgasses og forbrændes på en rist, der mekanisk beforder affaldet langsomt igennem ovnen. Forbrændingsvarmen omsætter vandet i kedlens rør til 420°C varm damp med et tryk på 60 bar. Dampen udnyttes i en modtryksturbin og en fjernvarmeveksler.

Gasturbine med generator

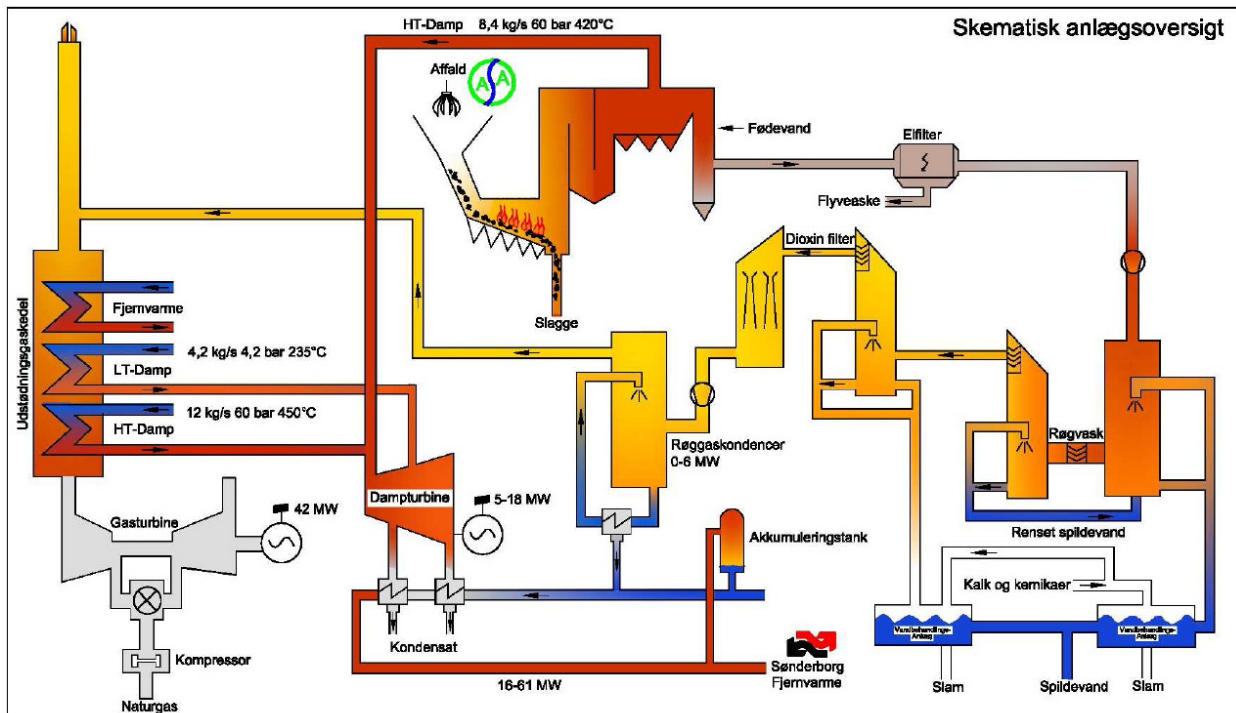
Gasturbinen driver, via et reduktionsgear, en generator, der producerer elektricitet til elnettet. Udstødsgassen fra turbinen har en temperatur på ca. 470°C. Udstødsgassen ledes til en to-tryks udstødsdampkedel, som også leverer damp til turbine.

Udstødsgaskedeler

I kedlerne produceres fra udstødsgassen damp ved 60 bar - 440°C og 4,5 bar - 220°C samt fjernvarme i en røggasveksler. De to tryktrin er valgt for at kunne udnytte en større del af arbejdspotentialiet i varmen fra udstødsgassen til dampproduktion og dermed få en større elproduktion på dampturbinen.

Endvidere er der en bypass-veksler til fjernvarme. For bypass-veksleren gælder: Tryk 8 bar på svøbside og 16 bar på rørside. Volumen rørside: 3117 l, svøbside: 11408 l. Temperatur: 200°C svøbside og 120°C rørside.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 20 af 68



Figur 13. Anlægsskitse af SKVV

3.3.1 Historiske driftsdata

Produktionen på kombianlægget har over de seneste 5 år været vigende i forhold til produktionen på affaldsanlægget (se Tabel 3 og [Error! Reference source not found.](#)).

I nedenstående tabel ses netto produktionsværdier.

		2005	2006	2007	2008	2009
el-produktion	MWh	187.493	190.002	169.957	162.637	154.945
Varmeprod. SKVV	GJ	882.705	889.193	875.122	917.565	915.260
Varmeprod. Spidslast	GJ	56.140	63.953	49.802	41.718	106.618
Varmeprod total	GJ	938.845	953.146	924.924	959.283	1.021.878
Brændt affaldsmgd. inkl. biobrændsel	tons	63.081	68.334	68.186	68.119	67.648

Gasforbrug, incl. spidslastcentralerne:

		2005	2006	2007	2008	2009
SKVV	Nm3	29.484.564	29.658.151	26.324.191	25.032.512	24.004.088
Spidslastcentraler	Nm3	1.667.867	1.899.957	1.479.567	1.239.404	2.646.580
Total	Nm3	31.152.431	31.558.108	27.803.758	26.271.916	26.650.668

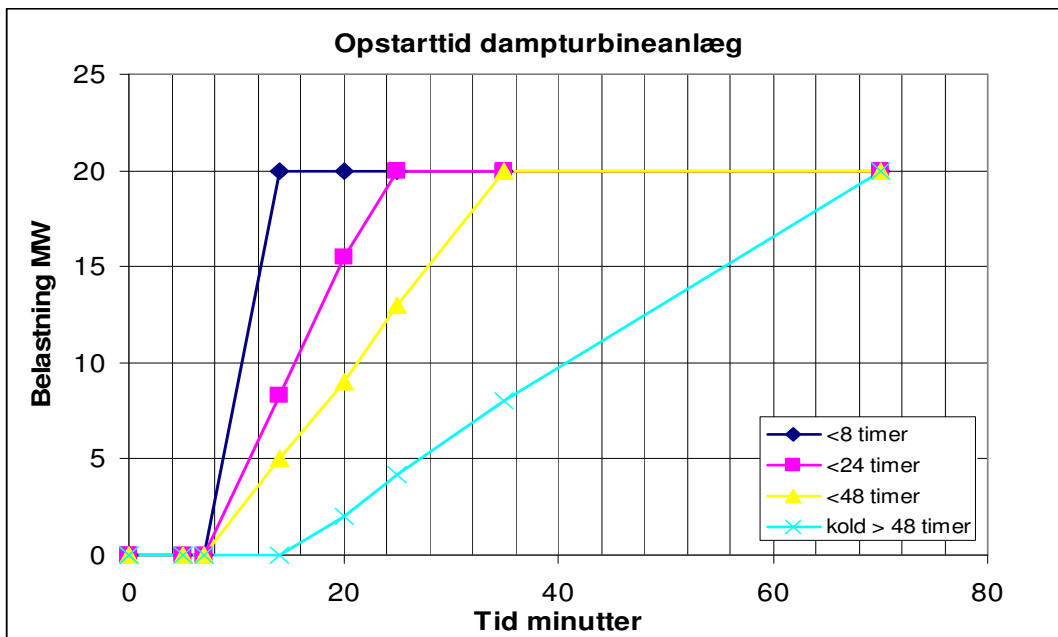
Tabel 3. Historiske produktioner på kraftvarmeanlæg og spidslastcentraler.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 21 af 68

3.4 Bypass drift hos Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Undersøgelsen viser, at SKVV teknisk set kan køre bypass ned til en turbinelast på ca. 1,1 MW.

Det er ikke muligt at stoppe dampturbinen helt, da opkøringstiden vil ligge mellem 25 minutter og 80 minutter afhængig af hvor kold dampturbinen er (kortest når turbinen er varm), se Figur 14. Længden af opkøringstiden er bestemt af termiske spændinger i turbinehus og rotor, samt temperaturforskelle mellem rotor og innercasing for at sikre nødvendigt spillerum mellem rotor og innercasing (for at undgå strejfninger) under opkørslen.



Figur 14. Typiske opstartstider for mindre dampturbiner

Der har tidligere været støj fra bypass-ventilen, men denne er udskiftet med en ny ventil med multihul-trin-ekspansion, hvorved støj fra ventilen er reduceret til under 85 db.

Dampturbinen er udlagt til at modtage damp fra affaldsforbrændingsanlægget (ca. 7,4 kg/s) og damp fra gasturbineanlægget (15 kg/s højtryksdamp og ca. 4,5 kg/s lavtryksdamp). Omdrejningstallet for dampturbinen er 5500 RPM og generatoren kører 1500 RPM. I forbindelse med revision af dampturbinen (sommer 2010) blev der konstateret omfattende erosions/korrosionsskader ved udløbet af højtryksturbinen (statorblade carrier-rings trin 42 – 47), se Figur 15.

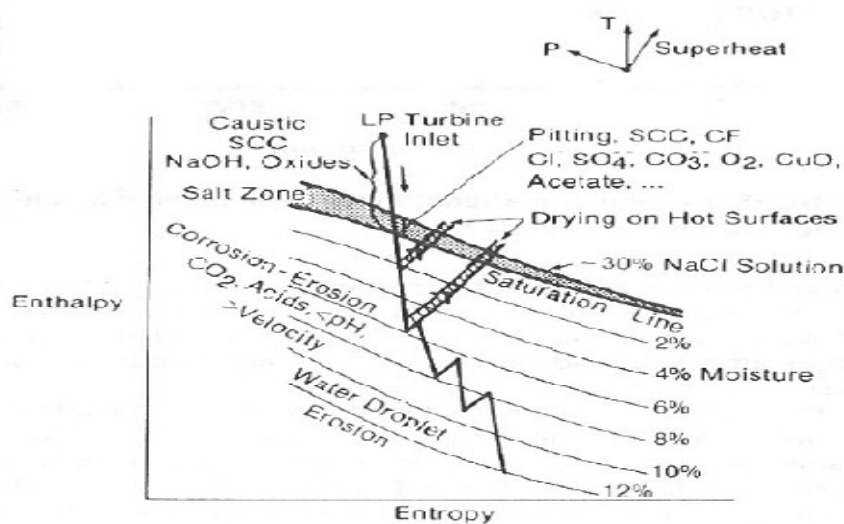
Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 22 af 68



Figur 15. Erosions/korrosions skader "stator carrier rings" i HT turbinen stator-element 42 – 47 [ref. Siemens].

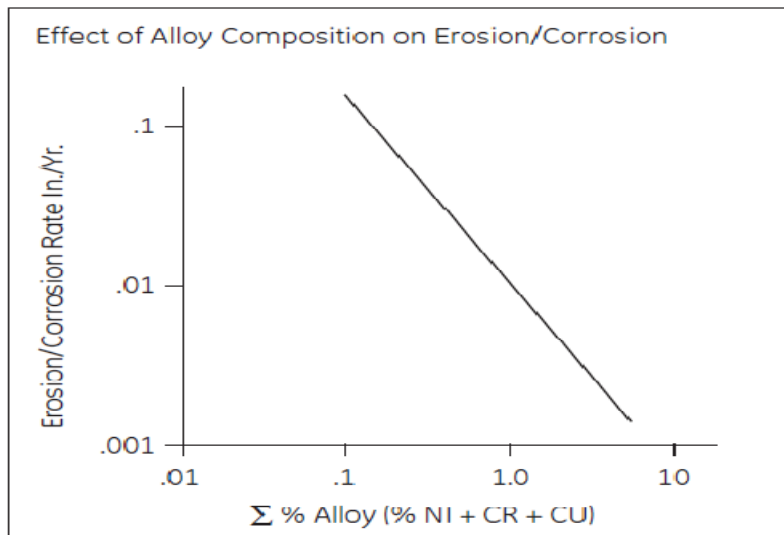
Erosion/korrosionsskaderne vurderes at opstå ved delast, fordi damptilstanden i udløbet af højtryksturbinen indeholder udkondenseret vand fra vanddampen. Det er kendt, at netop i området, hvor den første damp begynder at udkondensere, vil der samtidig ske en opkoncentrering af salte i kondensatet. Saltene stammer fra kedelvandet, fordi dette ikke er helt rent og fra opløseligheden af salte i dampen ved højt tryk. Se Figur 16 og Figur 17.

Erosion/korrosion er specielt gældende for stålgoods, som er lavt legeret.



Figur 16. Erosions/korrosionsforhold i dampturbine områder med våd damp.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 23 af 68



Figur 17. Errosions/korrosions rate som funktion af indhold af NI+ Cr+ Cu is turbine stål [ref.: http://www.gepower.com/prod_serv/products/tech_docs/en/downloads/ger4191.pdf]

SKVV har derfor ved revisionen fået udskiftet "Carrier rings" for stator 42 – 47 til nogle nye med et andet højtlegeret materiale, som bedre skal kunne modstå erosion/korrosion pga. våd damp i "phase transition zonen".

Hvis dampturbinen skal køre bypass-drift, vil dette betyde yderligere dellast og spørgsmålet er så, om dette vil kunne have indflydelse på turbinens levetid. I den forbindelse har W&S opbygget en simulatormodel af SKVVs dampturbine, til at undersøge og beregne tilstandene i turbinen under såvel stationære som transiente forhold ved bypass-drift. Simulatoren er tunet ind efter resultater fra Siemens afprøvning af dampturbinen i november 2010.

Det er specielt damptilstanden i højtryksturbinen, der kan føre til erosions- og korrosionsforhold, og som kan være kritiske. Hvis vådzone flytter sig opstrøms i turbinen ved bypass-drift, kan der opstå erosion/korrosion i de "stator carrier rings", som her ikke er blevet udskiftet til en mere ædel legering.

I Figur 18 til Figur 23 er vist hovedtilstande samt dampens ekspansionlinie i et T-S diagram for de tre lasttilstande:

1. Gas turbine drift plus WTE-drift
2. WTE drift alene
3. WTE drift og turbine bypass til minimums last.

Det bemærkes, at ved last med både gasturbine damp og WTE damp til dampturbinen, bliver dampen først våd ved indløbet til lavtryksturbinen (se Figur 18 og Figur 19). Lavtryksdampen fra gasturbines afgangskedel bevirker samtidigt, at dampen er overhedet, når den løber ind til lavtryksturbinen.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 24 af 68

Ved kun WTE drift vil dampen være våd i slutningen (se Figur 20 og Figur 21) af HT-turbinen (dampkvalitet $X=95\%$). Trin-belastningen i den sidste del af højtryksturbinen er her ca. 18 kJ/kg (specifikt arbejde per trin), hvilket betyder, at dampen vil være våd ca. 4 - 5 trin opstrøms udløbet af lavtryksturbinen. Dette stemmer fint overens med de konstaterede erosions/korrosions-skader. Det skal bemærkes, at hvis anlægget i perioder har kørt med lav damptemperatur til turbinen, vil erosions/korrosions forhold kunne forværres, da der under disse forhold vil begynde at udkondensere damp i højtryksturbinen ved højere temperatur. Hvis dampen er 400 C i stedet for 425 C vil dampens mætningslinie passeres ved henholdsvis 147 C og 140 C. Dampkondensatfilmen er mest aggressiv i temperaturområdet 140 C til 190 C¹.

Ved bypass-drift vil dampkvaliteten i udløbet af højtryksturbinen igen stige pga. af drøvling i dampturbinens indløbsventiler samt reduceret indre virkningsgrad i HT-turbinen jf. Figur 22 og Figur 23.

Vha. WS.SteamTurb-simulatoren er desuden undersøgt om transiente lastændringer har betydning for dampkvaliteten (vandindholdet i dampen under ekspansionen i dampturbine). I den forbindelse har vi set på dampkvaliteten ud af dampturbine ved følgende scenarier:

1. Til $t=0$ sekunder køres WTE-drift alene
2. Til $t=300$ sekunder åbnes for bypassventilen på 25 sekunder
3. Til $t=950$ sekunder åbnes for bypassventilen på 25 sekunder
4. Til $t=1600$ sekunder åbnes for bypassventilen på 25 sekunder
5. Til $t=2400$ sekunder lukkes for bypassventil på 80 sekunder
6. Til $t=400$ sekunder pålægges fuld damp fra gasturbineanlæg på 220 sekunder
7. Til $t=5500$ sekunder udkobles damp fra gasturbineanlægget på 220 sekunder.

I simuleringen er det antaget, at dampen fra gasturbinens afgaskedel har den nominelle temperatur (430 C) fra det øjeblik den begynder at blive lastet ind på turbinen, og at der umiddelbart forinden ikke er damp, som føres til bypass-kondenseren.

Responsen, som funktion af tiden, er vist i Figur 24 for følgende parametre:

- Generatoreffekt MW (blå)
- Dampkvalitet HT turbine udløb (rød)
- Dampkvalitet LT1 udløb (grøn)
- Dampkvalitet LT2 udløb (brun)
- Fjernvarmefremløbstemperatur.

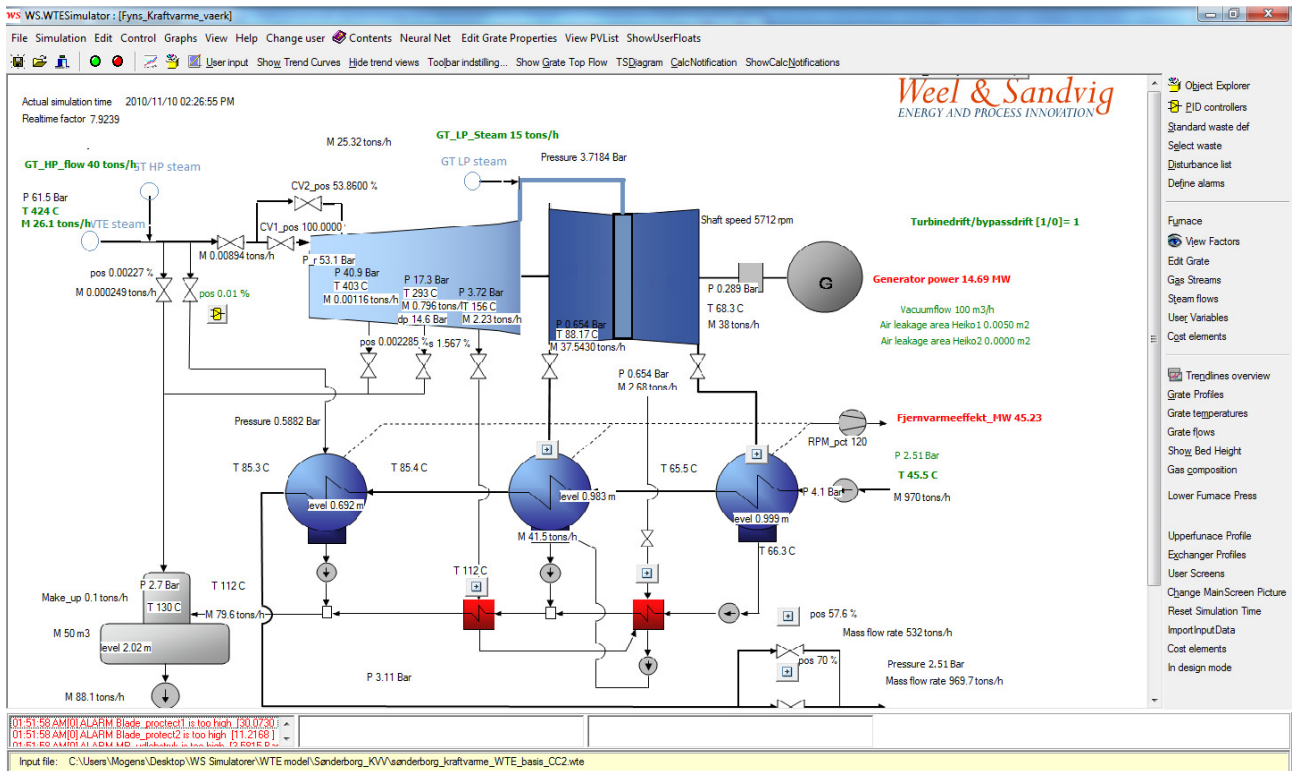
Det bemærkes, at der under de simulerede forhold ikke er konstateret væsentlige forhold, som giver anledning til mistanke om forøget risiko for erosion/korrosion i HT-turbinen. Med hensyn til variation i fremløbstemperaturen af fjernvarme, ses et stort undersving ved overgangen fra bypass-drift til normaldrift (fremløbstemperaturen af fjernvarme falder fra 85 C til 74 C). Dette skyldes, at fjernvarmereguleringen (i simulatoren) ikke reagerer hurtigt nok på den ændrede drift,

¹ Ref. Expermientelle Modeluntersuchungrn zur erosionskorrosions an nassdampffbeaufschlagten Turbinenbauteilen, Gerhard Sörgel

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 25 af 68

Design af bypass af dampturbinen

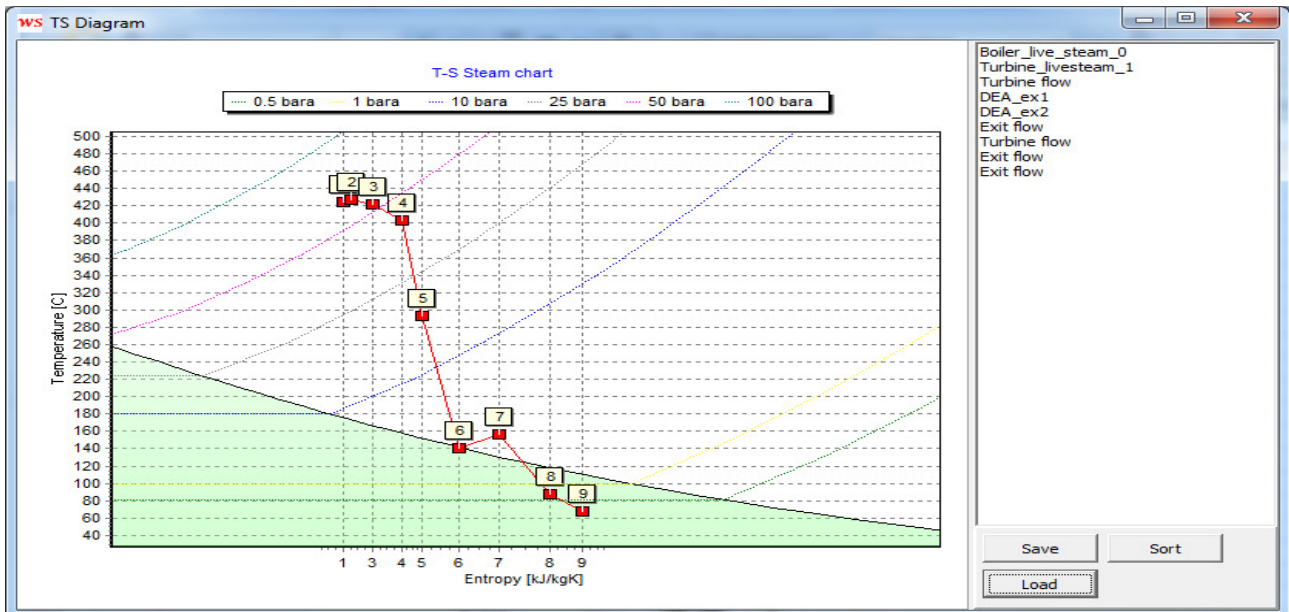
selvom den har indbygget et feedforward signal, som tager hensyn til bypass eller ikke bypass drift.



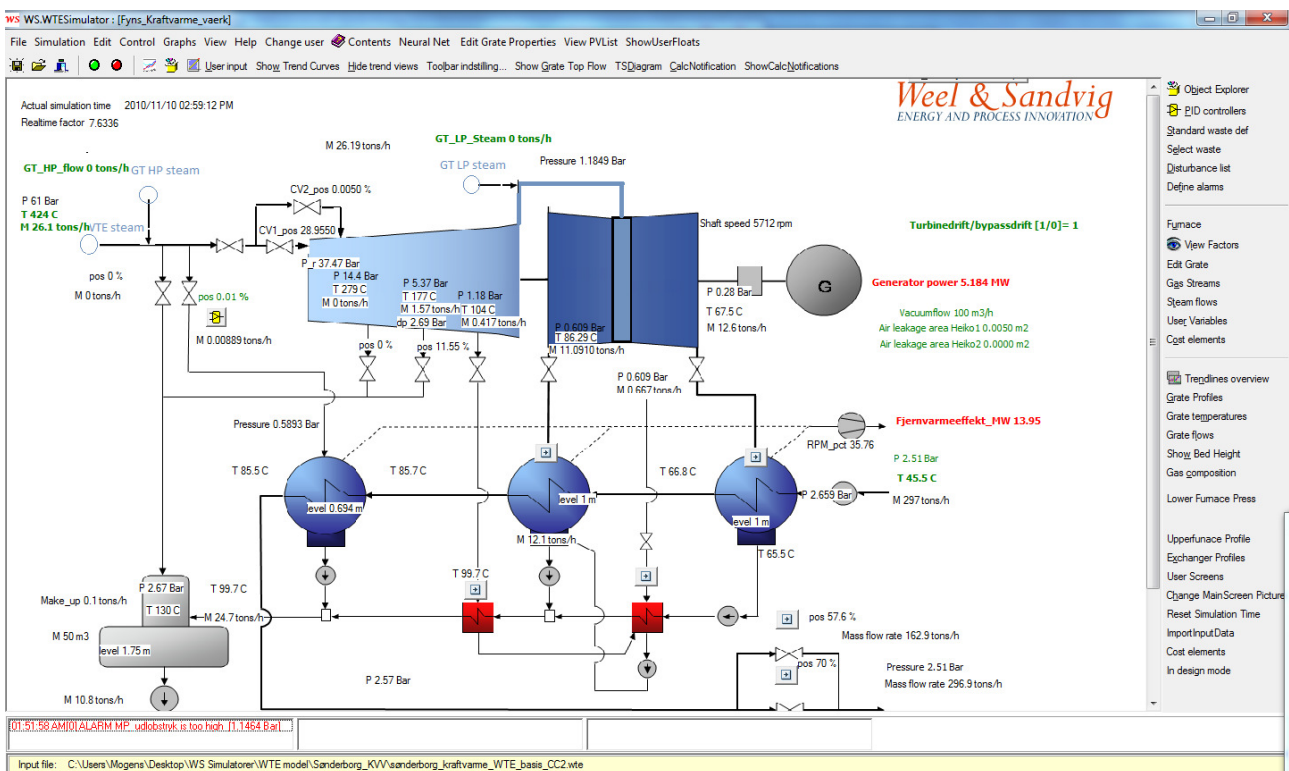
Figur 18. Simulator med CC damp og WTE-damp.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 26 af 68

Design af bypass af dampturbinen



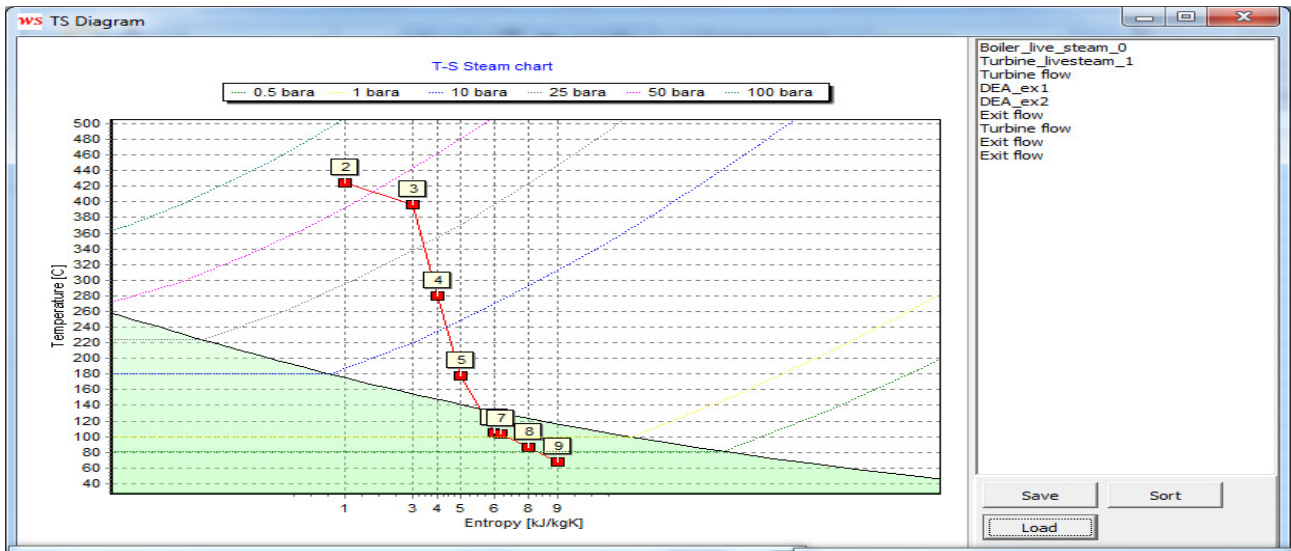
Figur 19. T-S diagram turbine ekspansion ved WTE+CC drift (6: damptilstand ved udløb af HP turbine, Damptilstand ved indløb til LP turbine, 8: damptilstand udløb af LP-turbine1, 9: damptilstand ved udløb af LP-turbine2).



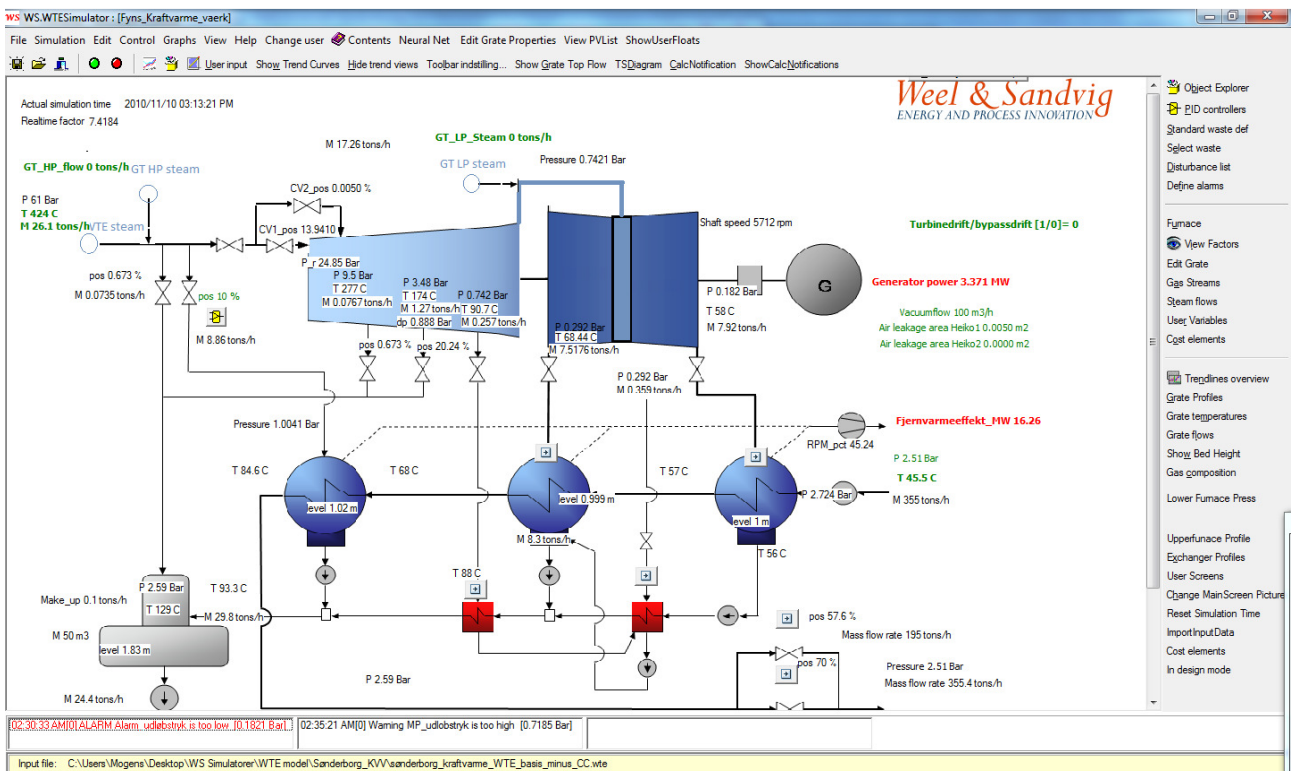
Figur 20. Simulering WTE drift alene(der kommer kun damp fra affaldsforbrænding til dampturbine).

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt	Version: 1
Dato: 03/05-2011	Side 27 af 68

Design af bypass af dampturbinen



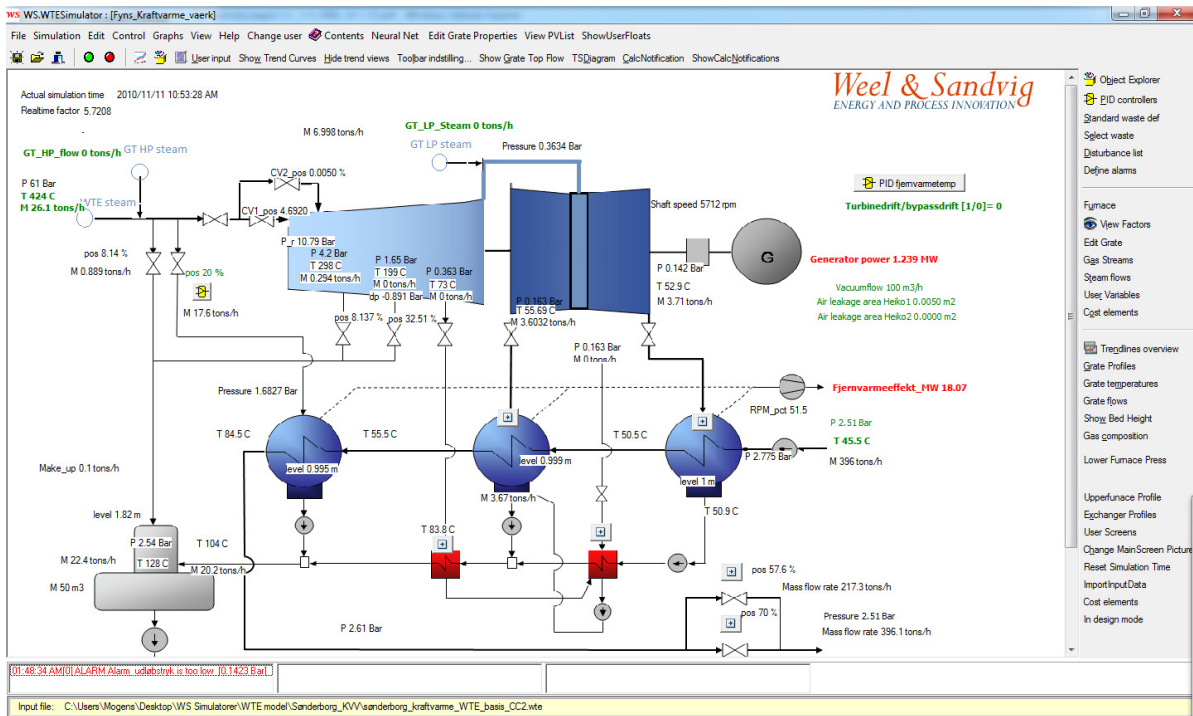
Figur 21. T-S diagram turbine ekspansion ved WT-drift alene. (6: damptilstand ved udløb af HP turbine, Damptilstand ved indløb til LP turbine, 8: damptilstand udløb af LP-turbine1, 9: damptilstand ved udløb af LP-turbine2).



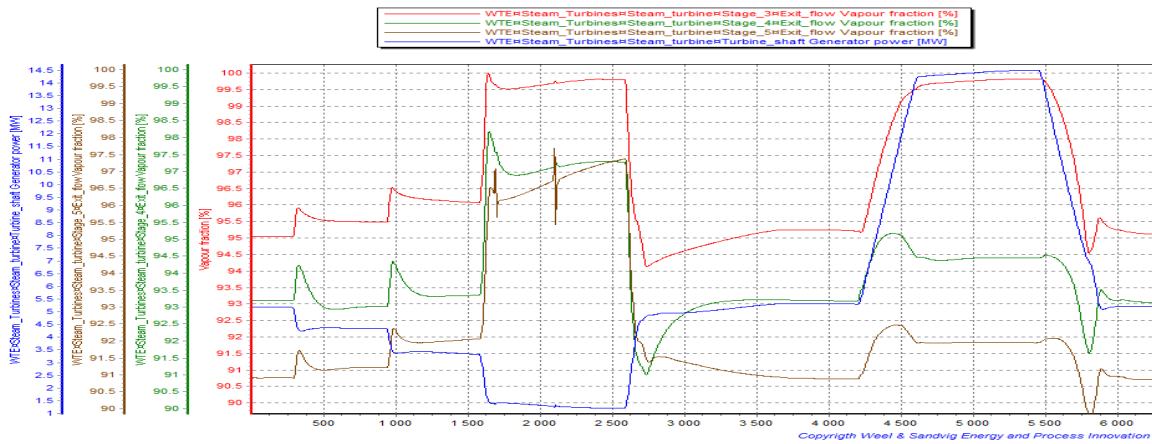
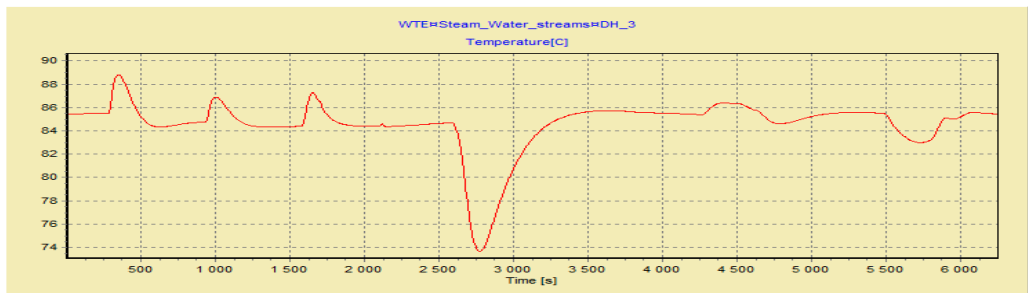
Figur 22. WTE-drift bypass 8,5 ton/h (svarende til en elreduktion på ca. 1,2 MW).

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 28 af 68

Design af bypass af dampturbinen



Figur 23. Simulering ved WTE_alene og bypass drift (17,6 tons damp bypasses, i forhold til WTE drift er elproduktionen reduceret med ca. 4 MW).



Figur 24. Dampturbine effekt (blå) og dampkvalitet (rød grøn og brun) og fjernvarmetemperatur (øverste kurve) ved forskellige driftssituationer for dampturbinen på Sønderborg Kraftvarmeværk, som funktion af tiden (sekunder).

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt	Version: 1
Dato: 03/05-2011	Side 29 af 68

Skovelvibrationer ved lav last i lavtryksturbinen.

Ved meget lav last kan der være risiko for at der opstår flow induceret vibrationer på de sidste skovelrykker i lavtryksturbinen. Dette forhold har ikke været muligt at undersøge nærmere i dette projekt.

3.5 Konklusion på design af bypass af dampturbinen

Forsøg på KVVT har vist, at anlægget er i stand til at foretage endog meget hurtig ned- og opregulering ved benyttelse af dampturbins eksisterende bypass system med en separat bypass fjernvarmeveksler. Den hurtige ned- og opregulering gav ikke anledning til væsentlige transienter i driftsparametre.

Simulering af tilsvarende systemer er udført med software udviklet af Weel & Sandvig. Disse simuleringer viser, at reguleringen er robust over for en brat ændring i fordelingen af varme- og elproduktion. De korrosionsforhold som er set på SKVV, er specielt relateret til deres turbine, fordi de sidste skovelrykker af højtryksturbinen på SKVV arbejder med våd damp, når turbinen alene drives af damp fra affaldsværket. Ved øget bypassdrift på SKVV vil korrosionsrisikoen ikke forværres.

På den baggrund anses det for sandsynligt at opregulering vha. bypass-drift ikke vil give anledning til væsentlige termiske belastninger på dampturbine eller fjernvarmevekslere.

Hermed betragtes det som demonstreret, at et typisk affaldsværk er i stand til at levere opregulering på gældende tekniske vilkår.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 30 af 68

4. Simulering af affaldskraftvarmeværkers indtjeningsevne ved bypass

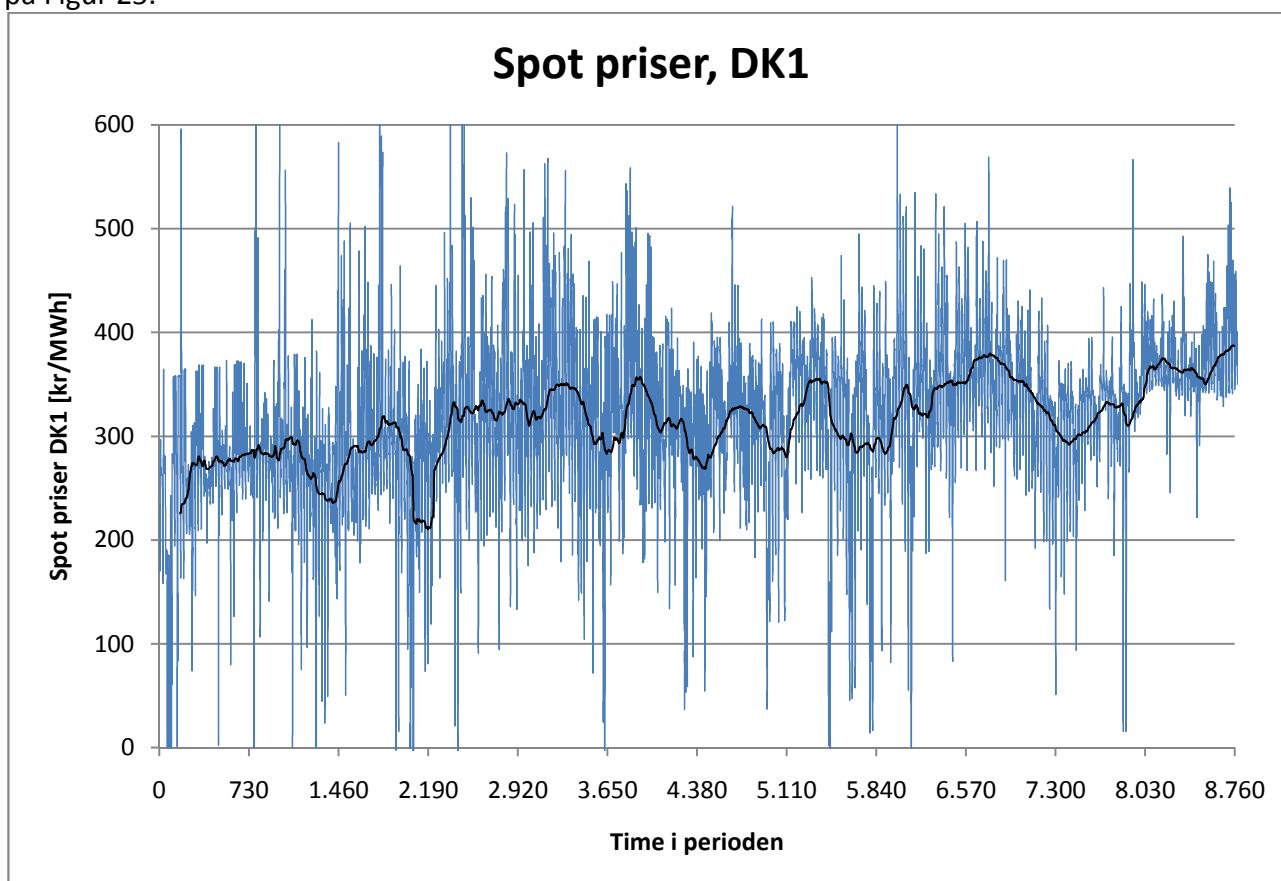
I dette kapitel vil KVV og SKVV's indtjeningsevne ved brug af bypass af affaldsdamp blive analyseret. For at kunne beregne denne indtjeningsevne er der modelleret 3 forskellige scenarier for både KVV og SKVV for perioden 1/10 2009 – 30/9 2010. De 3 scenarier er som følger:

1. Referencen, hvor driften uden brug af bypassen af affaldsdamp er modelleret.
2. Som 1, men en del af bypassens samlede kapacitet bruges aktivt ift. spot markedet. For SKVV bruges 3,1 MW af bypassens samlede kapacitet på 5,1 MW, og for KVV bruges 2,2 MW af den samlede kapacitet på 2,8 MW.
3. Som 2, men bypassen benyttes her aktivt ift. både spot markedet og regulerkraftmarkedet.

Det er relevant først at præsentere priserne på spotmarkedet og regulerkraftmarkedet før de separate analyser af hhv. KVV og SKVV beskrives. Begge disse affaldskraftvarmeværker er placeret i prisområdet DK1, og de benyttede markedsdata er herved alle for DK1.

4.1.1 Spotmarkedspriser for perioden

Spotmarkedspriserne for den modellerede periode samt det løbende uge gennemsnit, kan findes på Figur 25.



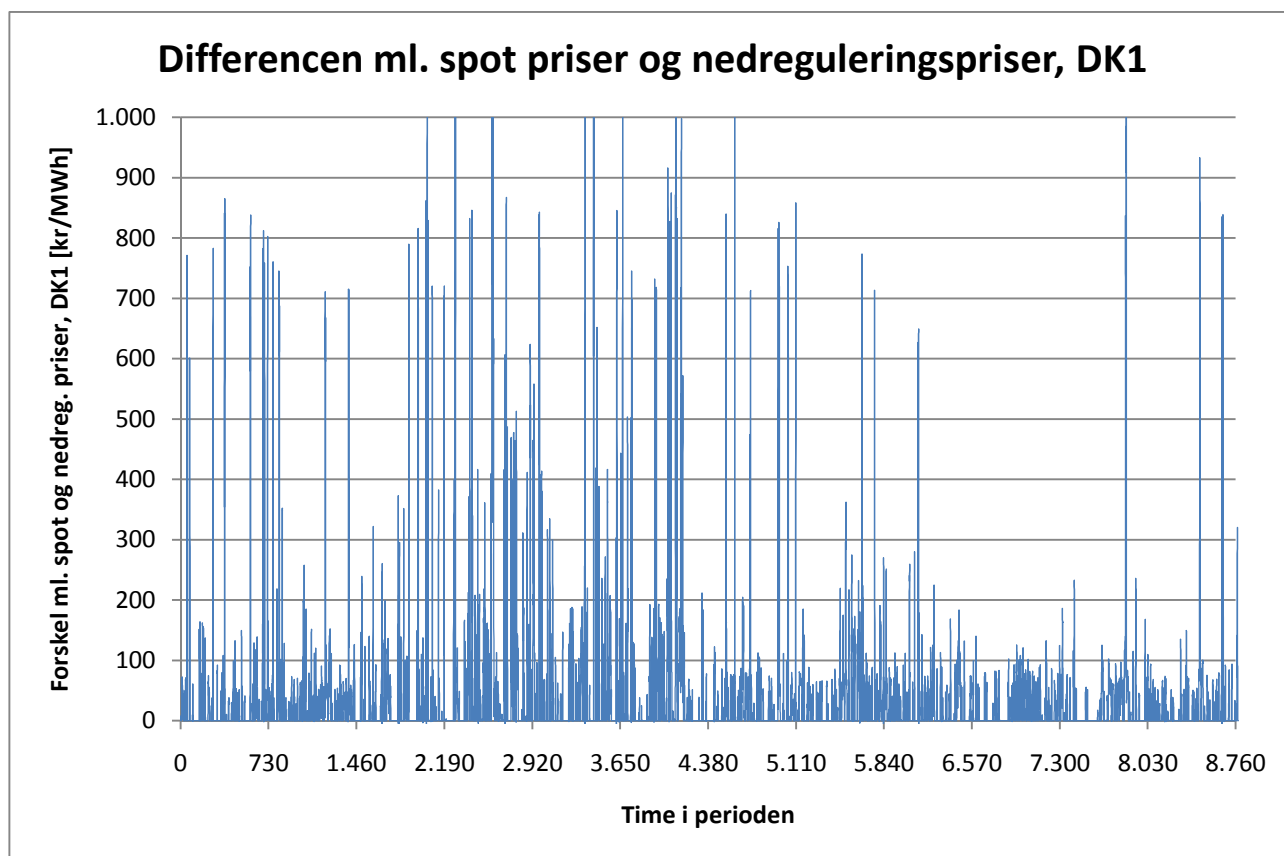
Figur 25. Spotmarkedspriserne for DK1 (Vestdanmark) fra 1/10 2009 – 30/9 2010. Den sorte linje viser det løbende uge gennemsnit for spot markedsprisen i DK1

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 31 af 68

Spotmarkedspriserne lå hovedsageligt mellem 200-500 kr/MWh for perioden, med enkelte timer hvor prisen var over 600 kr/MWh samt enkelte timer med negative priser. Periodens laveste pris var -892 kr/MWh og periodens højeste pris var 706 kr/MWh. Gennemsnitsprisen for DK1 i perioden var 314 kr/MWh. I perioden blev der købt ca. 16 TWh via spot markedet i DK1, og der blev solgt ca. 19 TWh.

4.1.2 Priser på regulerkraftmarkedet i perioden

For at præsentere priserne på regulerkraftmarkedet er det relevant at tage udgangspunkt i differencen mellem spotmarkedsprisen og prisen for nedregulering eller opregulering i en given time. Dette kan for nedreguleringspriserne ses på Figur 26, hvor nedreguleringspriserne er fratrukket spotmarkedspriserne.

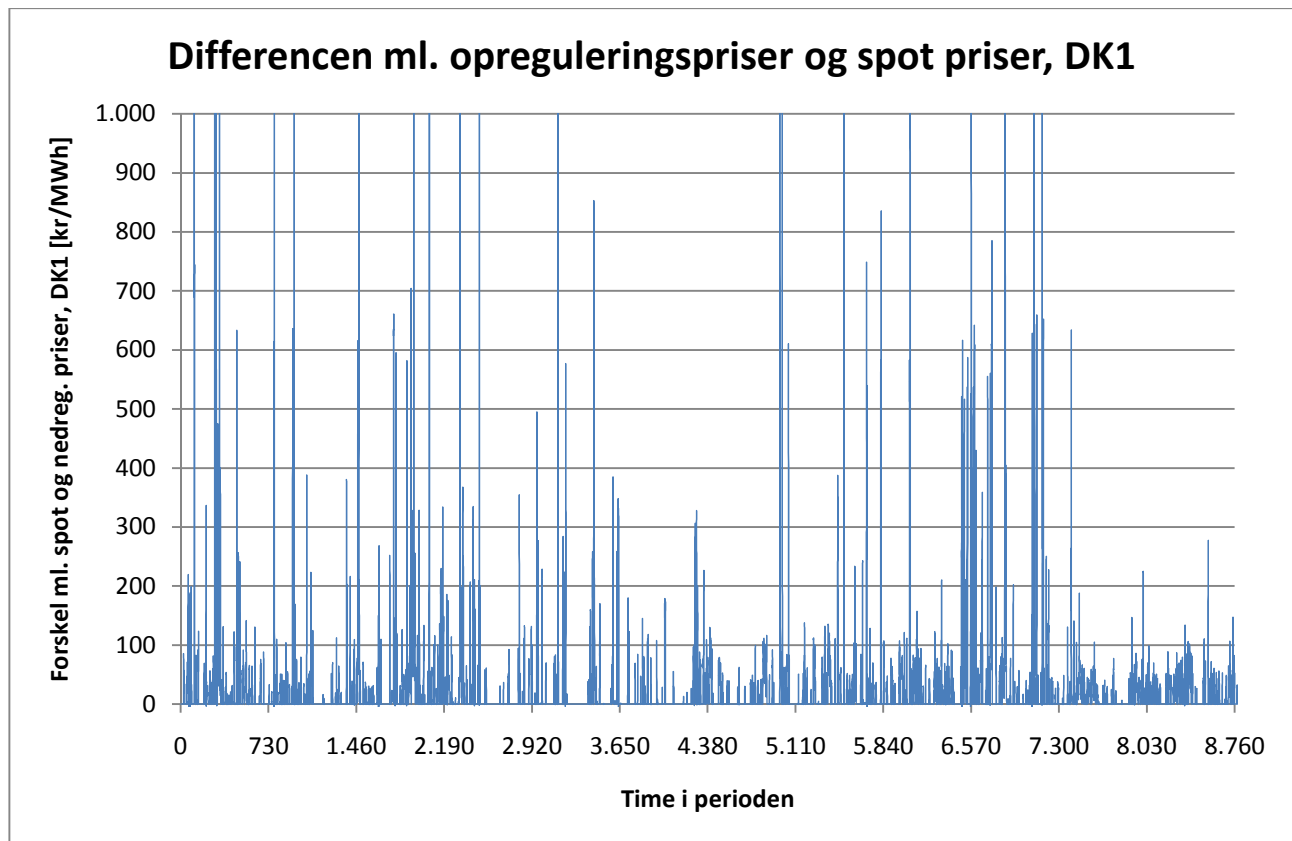


Figur 26. Differencen mellem spot priser og nedreguleringspriser for DK1 (Vestdanmark) fra 1/10 2009 – 30/9 2010

Den laveste pris for nedregulering var i perioden -1.500 kr/MWh og den højeste var 620 kr/MWh. I perioden blev der i alt aktiveret 159 GWh nedregulering i DK1.

Ud fra samme princip som ved nedreguleringspriserne præsenteres priserne for opregulering. Dog trækkes spot priserne fra opreguleringspriserne. Dette giver værdierne, som ses på Figur 27.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 32 af 68



Figur 27. Differencen mellem spot priser og opreguleringspriser for DK1 (Vestdanmark) fra 1/10 2009 – 30/9 2010

Den laveste opreguleringspris i perioden var 50 kr/MWh og den højeste var 5.000 kr/MWh. I perioden blev der i alt aktiveret 273 GWh opregulering i DK1.

Rådighedsprisen for opregulering var i perioden i gennemsnit 16 kr/MW/h, hvor den højeste betaling var 289 kr/MW/h og den mindste var 1 kr/MW/h. Rådighedsprisen for nedregulering var i gennemsnit 0,8 kr/MW/h, hvor den højeste betaling var 300 kr/MW/h og den mindste var 0 kr/MW/h.

De to værkers specifikke forudsætninger og resultater er beskrevet separat i de følgende afsnit.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 33 af 68

4.2 Forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted

4.2.1 Tekniske forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted

Der regnes med varmelagre med en samlet nettokapacitet på 185 MWh_{varme}. Den årlige varmeleverance af værk er sat til 178.385 MWh.

De brugte kapaciteter for produktionsenhederne kan findes i Tabel 4.

Enhed	Indfyret kapacitet	Varmekapacitet	Elkapacitet
Naturgaskedel	38,0 MW	40,0 MW	
Halmfyret kedel	12,5 MW	11,5 MW	
Affaldskraftvarme	18,0 MW	13,7 MW	2,8 MW

Tabel 4. Kapaciteter for produktionsenhederne ved I/S Kraftvarmeværk Thisted

Affaldskraftvarmeenheden er den samlede kapacitet for skrubbervarme, kondensat og hedtvand. Halmen antages at have en brændværdi på 13,25 GJ/ton.

Der antages et eget elforbrug på værket på 0,6 MW, og det antages, at denne mængde stadig ønskes at blive produceret, når der bypasses, og bypassen sættes derved til 2,2 MW.

Der er yderligere et geotermi-anlæg ved KVVVT på 6 MW_{varme}, hvilket vil blive beskrevet yderligere i næste afsnit, da produktionen på dette anlæg er afhængig af produktionen på andre enheder.

4.2.2 Økonomiske forudsætninger for I/S Kraftvarmeværk Thisted

Det forudsættes, at de årligt faste omkostninger forbliver uændret i alle scenarierne. Derved holdes disse ude af modelleringen, og kun de produktionsafhængige betalinger medtages. Medmindre andet er noteret, holdes de økonomiske forudsætninger konstant igennem hele modelleringsperioden.

Prisen for naturgas inkl. distribution, mm. sættes til 2,6 kr/Nm³ for hele perioden. Variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger (D&V) for naturgaskedlen sættes til 5 kr/MWh.

Prisen for halm sættes til 436 kr/ton halm. Der antages en variabel D&V for den halmfyrede kedel på 10 kr/MWh_{varme}, samt et elforbrug på 10 kWh_{el} pr produceret MWh_{varme} som afregnes til 618 kr/MWh_{el}.

Der modelleres med en samlet handels- og balanceomkostning for elsalg på 11 kr/MWh.

Der antages en CO₂-kvote pris på 115 kr/ton CO₂ med en CO₂-udledning på 56,9 kg/GJ naturgas.

For at drive geotermi-anlægget skal der bruges el svarende til 67 kWh_{el} pr MWh_{geotermisk-varme}, hvilket afregnes til 618 kr/MWh_{el}. Herudover skal der også benyttes hedtvand til at drive geotermi-anlægget, som produceres enten på halmkedlen eller bypassen.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 34 af 68

4.2.2.1 Afgifter til brug for modelleringen

Der anvendes for hele perioden de afgiftsregler, der var gældende pr. 1. januar 2010, jf. SKATs "Punktafgiftsvejledning 2010-2" fra 20. juli 2010.

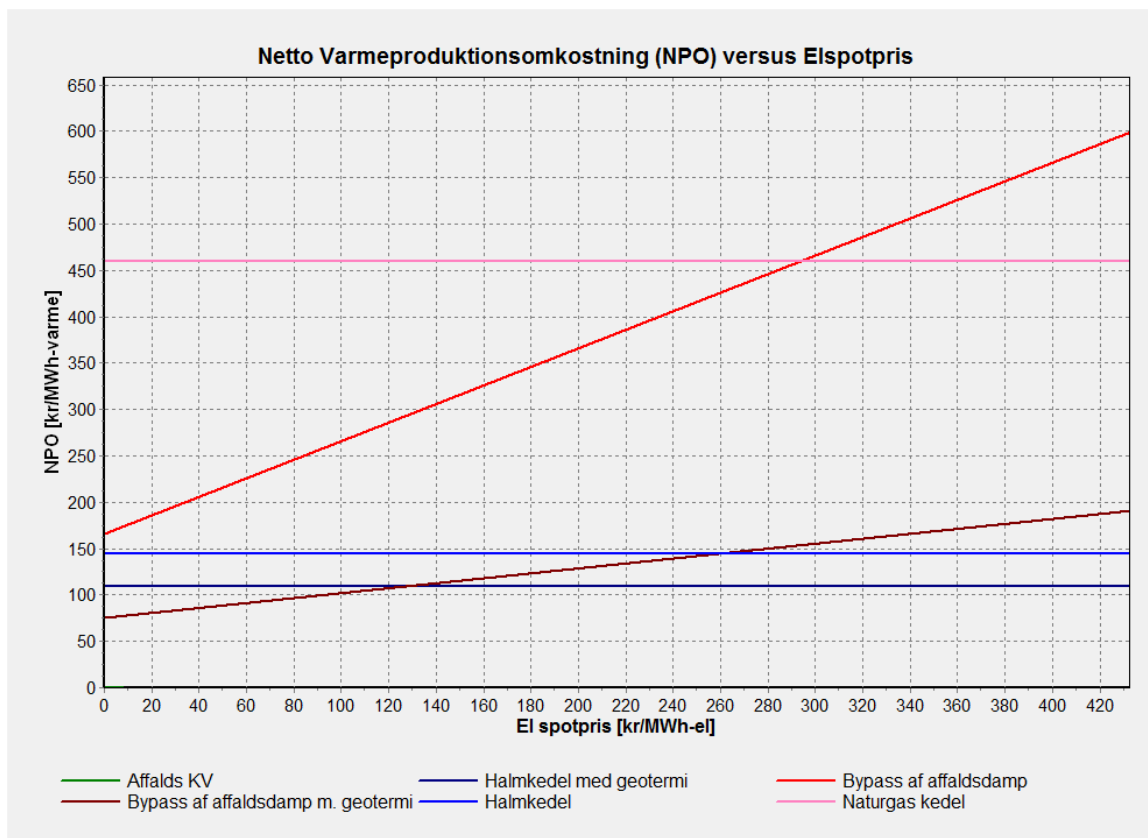
Der medtages to afgiftstyper for naturgas i modelleringen. Disse er naturgasafgiften og CO₂-afgiften. NO_x-afgiften medtages ikke, da denne vurderes at have så lille en størrelse, at den ikke påvirker modelleringens resultater. Afgifterne på naturgasforbruget ved kedelproduktion sættes i modelleringen til at være den tilbagebetalingsgrænse, der er for energiafgiften og CO₂-afgiften, når naturgassen benyttes til fjernvarmeproduktion uden samproduktion af el. Denne grænse er for energiafgiften 45,9 kr/GJ_{varme} og for CO₂-afgiften 11,8 kr/GJ_{varme}.

Ved bypass af damp fra affaldsforbrændingen overgår den ellers producerede el mængde til varme, og bliver herved underlagt de afgifter, der er for produktion af varme. To afgifter skal medtages ved bypass af affaldsdamp. Disse er affaldsvarmeafgiften på 19,6 kr/GJ_{varme}, som betales af den leverende varmemængde fra affaldsforbrænding, og tillægsvarmeafgift på 26,5 kr/GJ_{varme}, som betales for den producerede varmemængde ved affaldsforbrænding. I modelleringen medtages disse afgifter kun for bypassen, da varmen, produceret og leveret, fra affalds KV'en (ekskl. bypassen) holdes konstant i alle scenarierne, og herved opstår der kun forandring i afgiftsbetalingen afhængig af brugen af bypassen.

4.2.3 Driftsstrategi for I/S Kraftvarmeværk Thisted

Når halmkedlen benyttes til at drive geotermi-anlægget kan dette anses som at øge varmekapaciteten for halmkedlen fra 11,5 MW til 17,5 MW, og for bypassen kan det anses som at øge dennes varmekapacitet fra 2,2 MW til 8,2 MW. Hvilken enhed der i en given driftssituation bruges til at drive geotermi-anlægget, afhænger af netto varmeproduktionsomkostningen set ift. spotprisen. Dette vises i Figur 28, hvor netto varmeproduktionsomkostningerne for de forskellige enheder vises ift. forskellige spotpriser.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 35 af 68



Figur 28. Netto varmereproduktionsomkostningerne for de forskellige produktionsenheder ved forskellige spotpriser

På Figur 28 kan det ses, at når spotprisen er under ca. 130 kr/MWh, er det billigst at drive geotermi-anlægget med bypassen. Er spotprisen over de 130 kr/MWh drives geotermi-anlægget i stedet af halmkedlen. Det ses yderligere ud af Figur 28, at hvis det er halmkedlen, og ikke bypassen, der driver geotermi-anlægget, så er det billigere at producere varme på halmkedlen fremfor bypassen. Herved vil bypassen ved en spotpris over ca. 130 kr/MWh kun konkurrere om varmegrundlaget med naturgaskedlerne, hvor bypassen vil være billigere end naturgaskedlen, så længe spotprisen er under ca. 295 kr/MWh.

Når halmkedlen driver geotermien antages der at være en lineær sammenhæng mellem geotermi-anlægget og halmkedlens produktion, og at den lavest mulige kapacitet for begge disse samlet er 2,2 MW_{varme}. Det tillades halmkedlen med geotermi at producere til varmelageret, hvorimod det ikke tillades halmkedlen uden geotermi at producere til varmelageret.

4.3 Modelleringsresultater for I/S Kraftvarmeværk Thisted

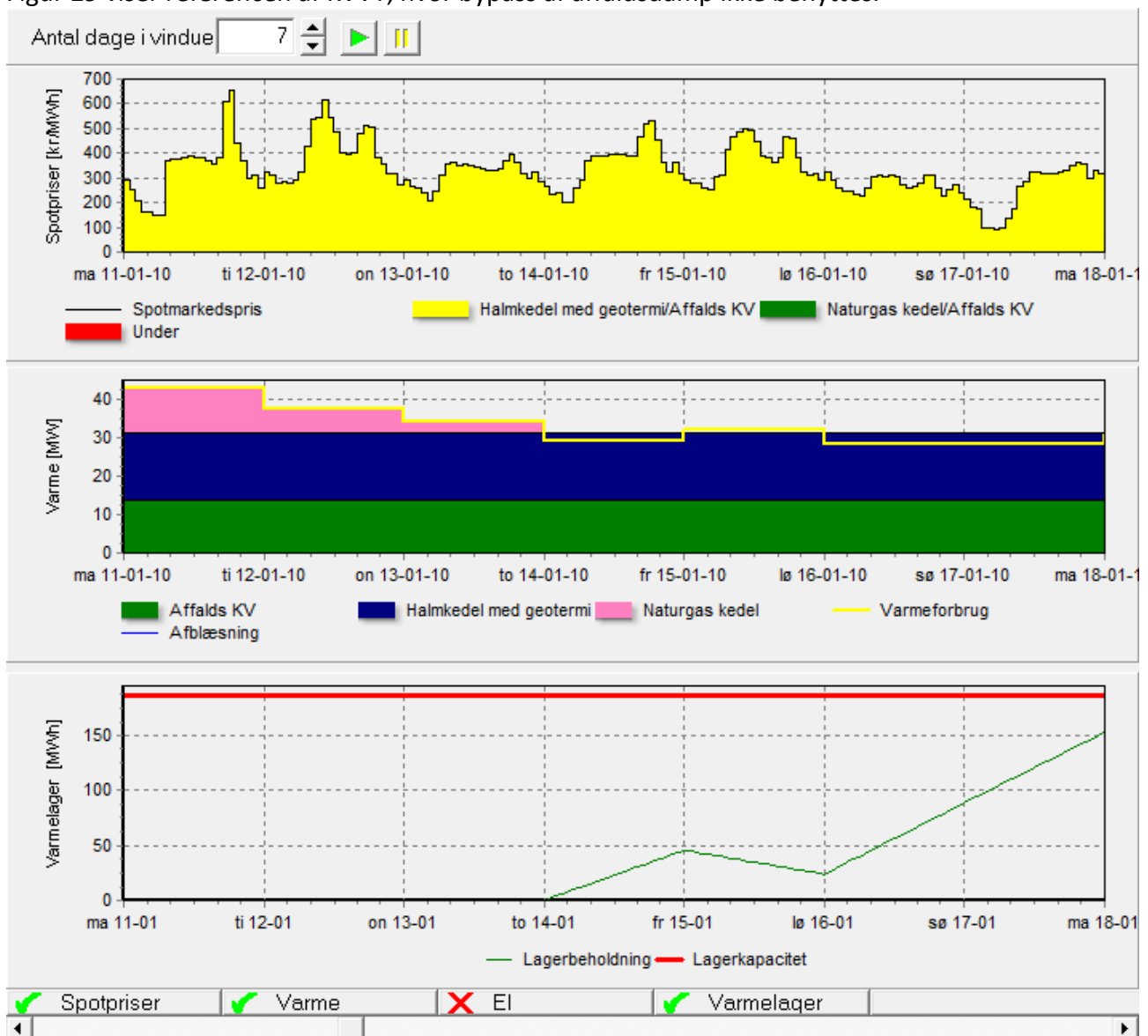
Modelleringen af bypassen i spotmarkedet vil ske med den budstrategi, der er beskrevet i afsnit "4.2.2 Økonomiske forudsætninger for".

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 36 af 68

Ved deltagelse som nedregulering på regulerkraftmarkedet antages det, at bypassen ved nedregulering ikke benyttes til at drive geotermi-anlægget, og budprisen for nedregulering skal herved ses ift. omkostningen ved i stedet at producere den samme mængde varme på naturgaskedlen. Budprisen for nedregulering sættes herved til 305 kr/MWh. Deltagelse på regulerkraftmarkedet som opregulering sker i timer, hvor bypassen holder affaldskraftvarmeanlægget ude af spotmarkedet. I disse timer afgives der opreguleringsbud på 305 kr/MWh, hvilket igen er pga. omkostningen ved i stedet at producere på naturgaskedlen. Det antages yderligere, at der kan opnås rådighedsbetaling for opregulering i disse timer.

Figur 29, Figur 30 og Figur 31 illustrerer hvorledes KVVt er blevet simuleret. Figureerne viser et eksempel på en uges simuleret drift af KVVt i begyndelsen af januar 2010.

Figur 29 viser referencen af KVVt, hvor bypass af affaldsdamp ikke benyttes.



Figur 29. Uges simuleret drift af KVVt i januar 2010, referencen.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 37 af 68

Det ses ud af Figur 29, at varmebehovet i starten af ugen er så højt, at naturgaskedlerne bliver taget i brug for at kunne dække dette behov. I slutningen af ugen falder varmebehovet, og naturgaskedlerne bliver ikke brugt, herudover bliver der fyldt på varmelageret.

Figur 30 viser simuleringen af scenarie 2, hvor bypass af affaldsdamp benyttes aktivt ift. spotmarkedet.

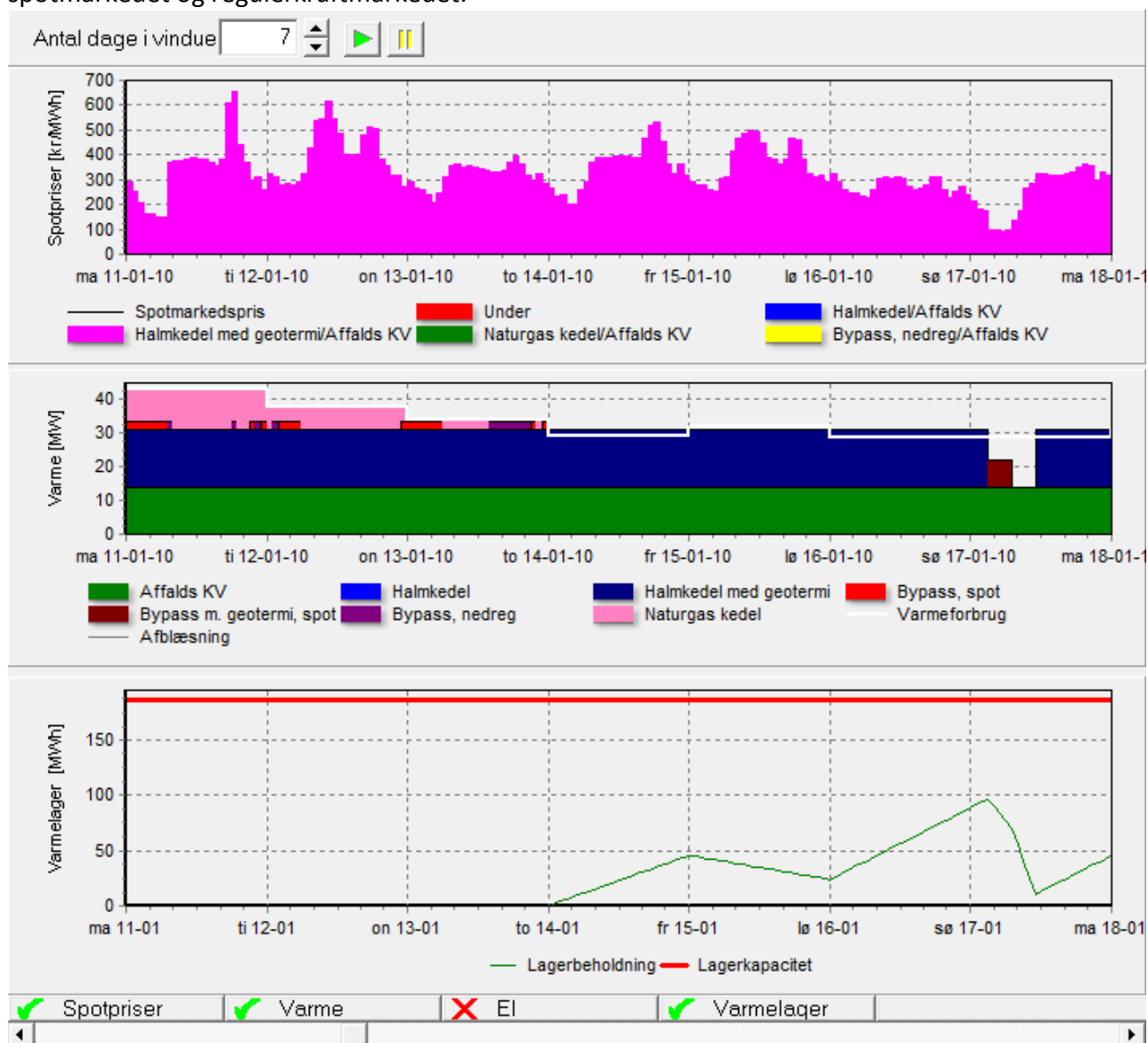


Figur 30. Samme uge som i Figur 29, med bypassen i spotmarkedet.

Det ses på Figur 30, at Bypass uden geotermi reducerer behovet for naturgaskedelproduktion i starten af ugen. Herudover ses det, at grundet lave spotpriser søndag d. 17/1 kl. 3-7 erstattes også noget halmkedelproduktion med produktion på bypassen.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 38 af 68

Figur 31 viser simuleringen af scenarie 3, hvor bypass af affaldsdamp benyttes aktivt ift. både spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.



Figur 31 Samme uge som i Figur 29 og Figur 30, med bypassen i spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.

Det ses på Figur 31, at med deltagelsen i regulerkraftmarkedet reduceres naturgaskedlens produktion yderligere pga. vundne nedreguleringer.

Den resulterende energiomsætning i den simulerede periode af KVVt i de 3 scenarier findes i Tabel 5.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 39 af 68

	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Varmeproduktion [MWh]			
Affaldskraftvarme	120.012	120.012	120.012
- Varmeafblæsning	-15.907	-15.907	-15.907
Halmkedel med geotermi	68.178	66.252	66.310
Halmkedel uden geotermi		482	568
Bypass med geotermi		1.509	1.328
Bypass uden geotermi		1.324	1.437
Naturgaskedel	6.102	4.713	4.637
Samlet, varmeproduktion	178.385	178.385	178.385
Elproduktion [MWh]			
Affaldskraftvarme	19.272	17.543	17.479

Tabel 5. Modelleret energiomsætning for KVVVT

De økonomiske resultater af modelleringen af KVVVT findes i Tabel 6.

<i>(Alle beløb i 1.000 kr.)</i>	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Indtægter			
Spotsalg	6.049	5.703	5.704
Salg af opregulering (vundet opregulering)			127
Rådighedsbetaling, opregulering			13
Samlet, indtægter	6.049	5.703	5.844
Omkostninger			
Køb af nedregulering (vundet nedregulering)			75
Handels- og balanceomkostninger, elsalg	212	193	193
Naturgaskøb	1.370	1.058	1.041
Naturgasafgifter	1.268	979	963
Forbrug af CO ₂ -kvoter	137	105	104
Halmkøb	5.769	5.668	5.684
Variable driftsudgifter – naturgaskedel	31	24	23
Variable driftsudgifter – halmkedel	725	712	715
Variable driftsudgifter – geotermi	968	987	981
Bypass affaldsvarmeafgift		122	126
Bypass tillægsaffaldsvarmeafgift		165	171
Samlet, omkostninger	10.480	10.013	10.076
Netto varmeproduktionsomkostninger	4.431	4.310	4.232
Forbedring ift. referencen		121	199

Tabel 6. Modellerede indtægter og omkostninger for perioden 1/10 2009 – 30/9 2010

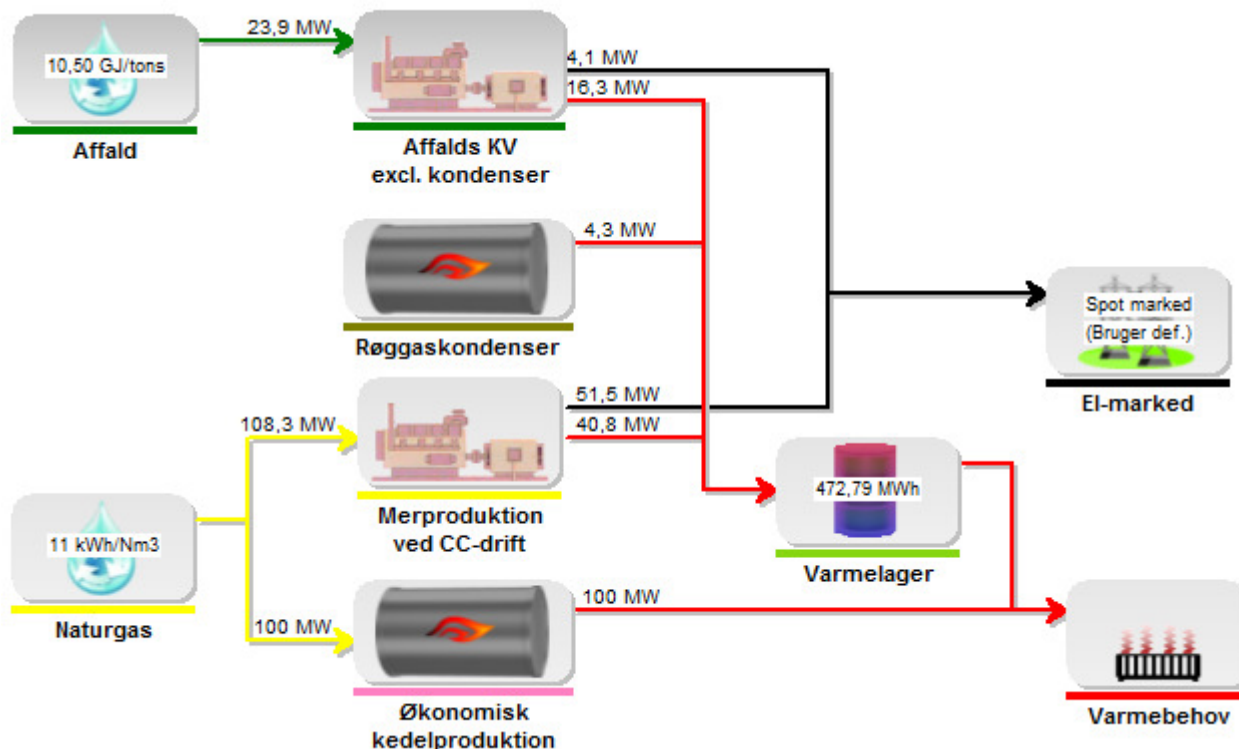
I Tabel 6 ses det, at KVVVT i perioden 1/10 2009 – 30/9 2010 ville have tjent ca. 121.000 kr/år ved at deltage aktivt i spot markedet med bypassen fremfor ikke at benytte bypassen. Hvis bypassen i stedet benyttes aktivt ift. både spot markedet og regulerkraftmarkedet vil denne indtjening stige til ca. 199.000 kr/år.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 40 af 68

4.4 Forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

4.4.1 Tekniske forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Den tekniske opsætning af reference scenariet for SKVV modelleres som vist på Figur 32.



Figur 32. Den tekniske opsætning af referencen for SKVV

SKVV ligger udenfor Sønderborg by, men er forbundet til fjernvarmenettet via en rørledning med en kapacitet på 60 MW. Der er ingen kedler på selve anlægget, men det er relevant at modellere den del af kedelproduktionen, som forekommer pga. priserne på elmarkedet. Derved er den teknisk betingede kedelproduktion holdt ude af modelleringen, hvilket er gjort ved at reducere ethvert varmebehov over 60 MW til 60 MW, og økonomisk kedelproduktion refererer herved til den kedelproduktion, der opstår pga. priserne på elmarkedet. Det modellerede varmebehov af værk for perioden er 268.166 MWh.

”Merproduktion ved CC-drift” refererer til naturgasturbinens drift og den deraf forøgede damp-turbinedrift.

I perioden 1.-21. august udføres den årlige vedligeholdelse af affalds KV'en, denne enhed tages herved ud af drift i denne periode.

Værkets eget elforbrug er modelleret som konstant værende 1 MW, når det er i drift, hvilket er trukket fra affalds KV'ens eleffekt, således at de 4,1 MW_{el}, der er vist på Figur 32 er netto eleffekten.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 41 af 68

Der gives i modelleringen tilladelse til, at affalds KV'en og røggaskondenseren kan bortkøle produceret varme i timer, hvor der produceres mere end der forbruges, og der samtidig ikke er ledig kapacitet i varmelageret.

4.4.2 Økonomiske forudsætninger for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Det forudsættes, at de årligt faste omkostninger forbliver uændret i alle scenarierne. Derved holdes disse ude af modelleringen, og kun de produktionsafhængige betalinger medtages.

Der modelleres med en samlet handels- og balanceomkostning for elsalg på 11 kr/MWh.

Der antages en CO₂-kvote pris på 115 kr/ton CO₂ med en CO₂-udledning på 56,9 kg/GJ naturgas.

Den marginale naturgaspris inkl. transmission og distribution er for kedeldriften sat til 2,6 kr/Nm³ for hele perioden. For CC-driften er naturgasprisen sat til 2,5 kr/Nm³. Prisforskellen er grundet forskel i distributionsomkostningerne for de forskellige enheder.

De variable drift- og vedligeholdelsesomkostninger for CC-drift er sat til 26 kr/MWh_{varme}, og for kedelproduktionen er den sat til 0 kr/MWh. Startomkostningerne for CC-drift er sat til 5.000 kr/start.

4.4.2.1 Afgifter til brug for modelleringen

Som ved modelleringen af KVVVT anvendes der for hele perioden de afgiftsregler, der var gældende pr. 1. januar 2010, jf. SKATs "Punktafgiftsvejledning 2010-2" fra 20. juli 2010.

Der medtages to afgiftstyper for naturgas i modelleringen. Disse er naturgasafgiften og CO₂-afgiften. NO_x-afgiften medtages ikke, da denne vurderes at have så lille en størrelse, at den ikke påvirker modelleringens resultater. For naturgasforbruget ved CC-drift er satsen for naturgasafgiften 2,27 kr/Nm³, og satsen for CO₂-afgiften er 0,351 kr/Nm³. Den andel af naturgassen, som kan tilskrives elproduktionen er fritaget for både naturgasafgiften og CO₂-afgiften. Fritagelse af CO₂-afgiften er dog kun mulig for CO₂-kvotefattede virksomheder. Størrelsen af afgiftsgrundlaget kan beregnes på to måder, vha. e-formlen eller v-formlen. Ved E-formlen findes afgiftsgrundlaget ved at trække elproduktionen divideret med 0,65 fra brændselsforbruget. Ved v-formlen findes afgiftsgrundlaget ved at dividere varmeproduktionen med 1,25. Det er op til det enkelte værk at vælge mellem de to metoder til at finde afgiftsgrundlaget, hvor valget vil afhænge af effektiviteten på kraftvarmeenhederne. Ved modelleringen af SKVV benyttes e-formlen til udregning af afgiftsgrundlaget.

De anvendte afgifter for naturgasforbruget ved kedelproduktion sættes i modelleringen til at være den tilbagebetalingsgrænse, der er for energiafgiften og CO₂-afgiften, når naturgassen benyttes til fjernvarmeproduktion uden samproduktion af el. Denne grænse er for energiafgiften 45,9 kr/GJ_{varme} og for CO₂-afgiften 11,8 kr/GJ_{varme}.

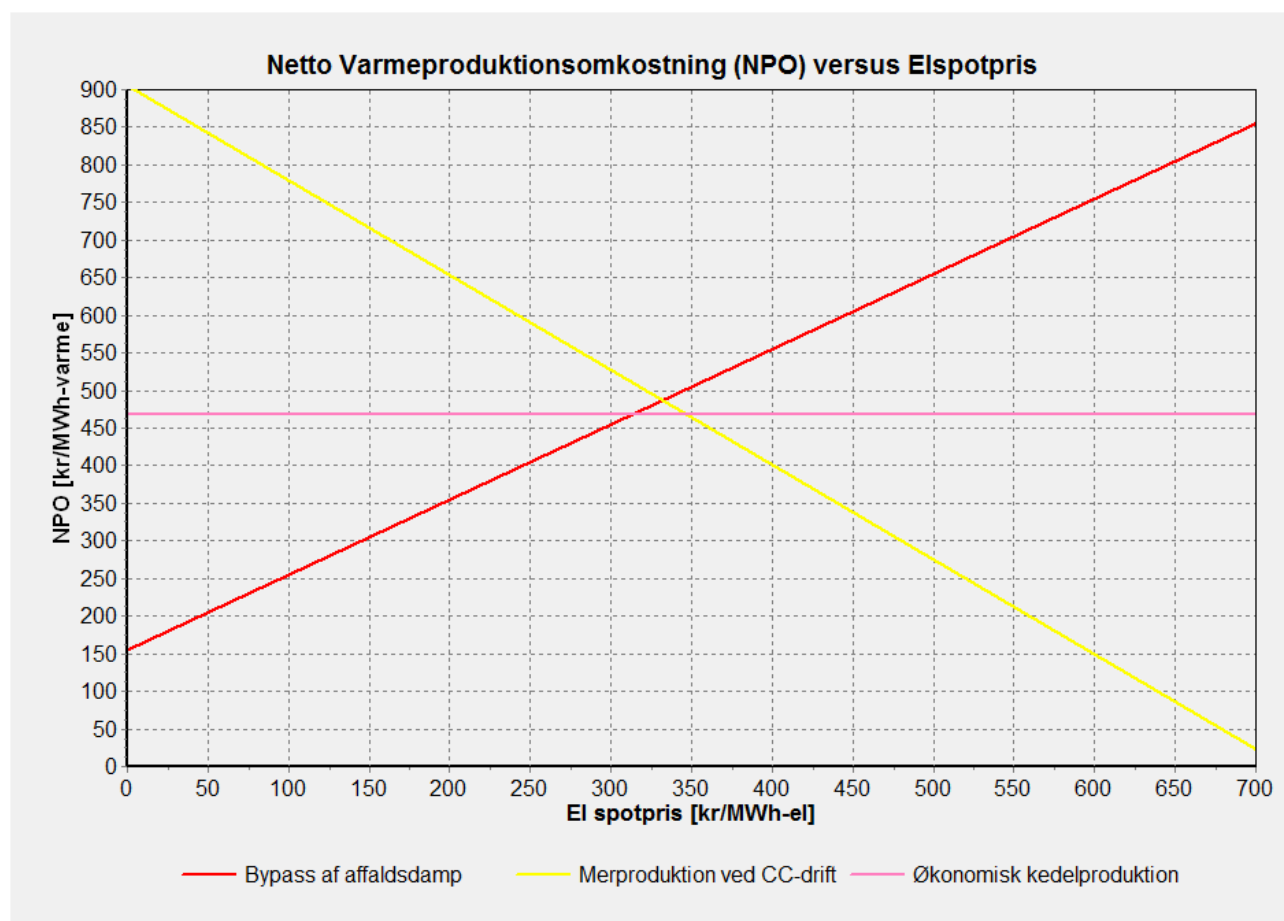
Ved bypass af damp fra affaldsforbrændingen overgår den ellers producerede el mængde til varme, og bliver herved underlagt afgifter for produktion af varme. To afgifter skal medtages ved by-

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 42 af 68

pass af affaldsdamp. Disse er affaldsvarmeafgiften på 19,6 kr/GJ_{varme}, som betales af den leverende varmemængde fra affaldsforbrænding, og tillægsvarmeafgift på 26,5 kr/GJ_{varme}, som betales for den producerede varmemængde ved affaldsforbrænding. I modelleringen medtages disse afgifter kun for bypassen, da varmen, produceret og leveret, fra affalds KV'en (ekskl. bypassen) holdes konstant i alle scenarierne, og herved opstår der kun forandring i afgiftsbetalingen afhængig af brugen af bypassen.

4.4.3 Driftsstrategi for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Som ved KVV er det relevant at sammenholde de økonomiske forudsætninger for produktionsenhederne ved SKVV med forskellige spotmarkedspriser, således at det findes hvilke enheder, der billigst kan producere varme ved forskellige spotmarkedspriser. Herved vises netto varmeproduktionsomkostningerne for de forskellige enheder ift. forskellige spotmarkedspriser på Figur 33. Der er i figuren ikke medtaget affalds KV'en og røggaskondenseren, da disse enheder i modelleringen antages at køre i alle årets timer (undtagen i perioden for den årlige vedligeholdelse).



Figur 33. Netto varmeproduktionsomkostningerne ift. spotmarkedsprisen

Det ses af Figur 33, at det er billigere at producere varme vha. bypass af affaldsdamp end naturgaskedlen så længe, at spot prisen er under ca. 313 kr/MWh, og at bypassen er billigere end Merproduktion ved CC-drift så længe spot prisen er mindre end ca. 332 kr/MWh. Det er yderligere

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 43 af 68

billigere at producere varme vha. Merproduktion ved CC-drift fremfor naturgaskedlerne når spot prisen er over 347 kr/MWh.

4.5 Modelleringsresultater for Sønderborg Kraftvarmeværk I/S

Til modellering af bypassen i spot markedet benyttes en simpel betragtning, hvor det antages, at bypassen fortrænger naturgaskedelproduktion. Herved vil Affalds KV'en blive budt ind på spot markedet med en budpris på 313 kr/MWh.

I regulerkraftmarkedet vil bypassen blive brugt aktivt ift. nedregulering i timer, hvor Affalds KV'en har vundet spot salg. I timer hvor Affalds KV'en holdes ude af spot markedet begrundet i bypass, vil Affalds KV'en blive budt ind som opregulering. I analysen medtages ikke indtjeningsmuligheden for at byde på markedet for rådighedsbetaling, da betalingen for rådighed i perioden har været lav, og derved kun vil påvirke resultatet minimalt, hvis medtaget.

Der er for nedreguleringen simpelt benyttet et bud på 313 kr/MWh, hvilket er fastsat ift. netto varmeproduktionsomkostningerne for bypass overfor kedelproduktion, jf. Figur 33. Herved antages det, at en nedregulering som udgangspunkt vil erstatte en tilsvarende mængde kedelproduktionen. For opreguleringen er der også fastsat et bud på 313 kr/MWh, hvor det herved antages, at en opregulering vil resultere i en tilsvarende større kedelproduktion. Da bypassen også har indvirkning på CC-driften, er der for disse to budpriser i regulerkraftmarkedet lavet følsomhedsberegninger i afsnit 4.5.1.

Figur 34, Figur 35 og Figur 36 illustrerer hvorledes SKVV er blevet simuleret i de forskellige scenarier. Figureerne viser et eksempel på en uges simuleret drift af SKVV i begyndelsen af januar 2010.

Figur 34 viser referencen af SKVV, hvor bypass af affaldsdamp ikke benyttes.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 44 af 68



Figur 34. Uges simuleret drift af SKVV i januar 2010, referencen.

Det ses ud af Figur 34, at priserne i denne uge er således, at Merproduktion ved CC-drift bliver idriftsat hver dag, dog i forskelligt omfang. Varmebehovet er i denne uge dog så højt, at varmelageret kun i mindre grad benyttes, og at kedelproduktionen må stå for en meget stor del af fjernvarmeproduktionen.

Figur 35 viser simuleringen af scenarie 2, hvor bypass af affaldsdamp bruges aktivt ift. spotmarkedet.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 45 af 68



Figur 35. Samme uge som Figur 34, med 3,1 MW bypass i spotmarkedet.

Det ses på Figur 35 at ved at benytte bypass af affaldsdamp aktivt i spotmarkedet reduceres brugen af naturgaskedlerne, da det i mange timer er billigere at producere varmen ved at bypasse affaldsdampen. Dog er naturgaskedlerne stadig meget i brug, da bypass kapaciteten ikke er stor nok til at dække varmebehovet.

Figur 36 viser simuleringen af scenarie 3, hvor bypass af affaldsdamp benyttes aktivt ift. både spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 46 af 68

Simulering af affaldskraftvarmeværkers indtjeningsevne ved bypass



Figur 36. Samme uge som Figur 34, med 3,1 MW bypass i både spotmarkedet og regulerkraftmarkedet.

Det ses på Figur 36 at deltagelse på regulerkraftmarkedet øger produktionen af varme vha. bypass af affaldsdamp, som yderligere reducerer brugen af naturgaskedlerne.

Tabel 7 viser energiomsætningen for de tre scenarier i den simulerede periode for SKVV.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 47 af 68

	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Varmeproduktion, MWh			
Affalds KV ekskl. kondenser	134.573	134.573	134.573
Røggaskondenser	32.302	32.302	32.302
Bypass af affaldsdamp, spot		9.520	8.473
Bypass af affaldsdamp, nedreg.			1.810
Merproduktion ved CC-drift	49.205	47.410	47.450
Økonomisk kedelproduktion	62.870	55.145	54.341
Afblæsning	-10.783	-10.783	-10.783
Samlet, varmeproduktion	268.166	268.166	268.166
Elproduktion, MWh			
Affalds KV ekskl. kondenser	33.850	24.330	23.567
Merproduktion ved CC-drift	62.109	59.843	59.895
Samlet, elproduktion	95.959	84.173	83.461

Tabel 7. Modelleret energiomsætning for SKVV med 3,1 MW bypass

De økonomiske resultater af modelleringen af SKVV med 3,1 MW bypass findes i Tabel 8.

	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Indtægter, 1.000 kr			
Spotsalg	35.328	32.176	32.192
Salg af opregulering (vundet opregulering)			404
Samlet, indtægter	35.328	32.176	32.596
Omkostninger, 1.000 kr			
Handels- og balanceomkostninger, elsalg	1.056	926	926
Variabelt gaskøb til CC-drift	29.684	28.601	28.626
Variabelt gaskøb til økonom. kedeldrift	14.860	13.034	12.844
Variable driftsudgifter på CC-drift	1.279	1.233	1.234
Startomkostninger på CC-drift	850	795	795
Naturgasafgifter af CC-drift	8.353	8.048	8.055
Naturgasafgifter af kedeldrift	13.059	11.455	11.288
Forbrug af CO ₂ kvoter	4.558	4.264	4.247
Bypass affaldsvarmeafgift		672	726
Bypass tillægsaffaldsvarmeafgift		908	981
Køb af nedregulering (vundet nedregulering)			413
Samlet, omkostninger	73.699	69.936	70.135
Netto varmeproduktionsomkostninger, 1.000 kr	38.371	37.760	37.539
Forbedring ift. reference, 1.000 kr		611	832

Tabel 8. Modellerede indtægter og omkostninger for perioden 1/10 2009 – 30/9 2010

Det findes igennem modelleringen, at der med 3,1 MW bypass kan tjenes ca. 0,6 mio. kr/år ved at deltage aktivt i spot markedet med bypass muligheden, og hvis bypass muligheden benyttes aktivt ift. både spot markedet og regulerkraftmarkedet vil denne indtjening stige til ca. 0,8 mio. kr/år.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 48 af 68

4.5.1 Følsomhedsberegning for bypass bud på regulerkraftmarkedet

For at undersøge effekten af at benytte andre nedreguleringsbud er det undersøgt, hvordan indtjeningen ændres ved brug af anden nedreguleringsbud. Alle andre forhold holdes uændret i modellen. Dette kan findes i Tabel 9.

Opreguleringsbud [kr/MWh]	Forbedring ift. ref. (i 1.000 kr)
250	815
275	831
300	835
313	832
325	827
350	816

Tabel 9. Indtjeningen ved forskellige nedreguleringsbud

Det findes, at ved en mindre reduktion af budet for nedregulering til ca. 300 kr/MWh vil der opnås en minimal forbedring af profitten på 4.000 kr/år, hvilket må anses for at være en ubetydelig forskel.

Følsomhedsberegningerne på budet for opregulering kan findes i Tabel 10.

Opreguleringsbud [kr/MWh]	Forbedring ift. ref. (i 1.000 kr)
275	827
300	836
313	832
325	829
350	816

Tabel 10. Indtjeningen ved forskellige opreguleringsbud

Det ses ud af Tabel 10, at en reduktion af budet for opregulering til ca. 300 kr/MWh vil give en mindre årlig forbedring på 4.000 kr, ift. at benytte det oprindelige bud på 313 kr/MWh. Denne ændring skyldes, at der opstår ekstra produktion af CC-drift, hvilket giver et øget salg på spot markedet. Igen er denne forbedring dog minimal.

Modelleres der således med bud på 300 kr/MWh for både opregulering og nedregulering, jf. Tabel 9 og Tabel 10, bliver de samlede netto varmeproduktionsomkostninger ca. 37.533.000 kr/år, svarende til en forbedring ift. reference scenariet på ca. 838.000 kr/år.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 49 af 68

4.5.2 Bypassens størrelse betydning for resultaterne

Den tekniske vurdering af den lavest mulige turbinelast, som kan nås, uden at bypassens mulighed for at deltage i regulerkraftmarkedet som opregulering og nedregulering forsvinder, er fundet til at være 1,1 MW. Bypassens kapacitet kan derved hæves til 4 MW, hvis dette ønskes. Herved er det ønskeligt at undersøge, hvad betydning en forøgelse af bypassens effekt fra 3,1 MW til 4 MW vil betyde for analysens resultater. Der benyttes samme tilgang som ved 3,1 MW bypass.

Energiomsætningen ved benyttelse af en 4 MW bypass findes i Tabel 11.

	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Varmeproduktion, MWh			
Affalds KV ekskl. kondenser	134.573	134.573	134.573
Røggaskondenser	32.302	32.302	32.302
Bypass af affaldsdamp, spot		12.280	10.924
Bypass af affaldsdamp, nedreg.			2.264
Merproduktion ved CC-drift	49.205	47.206	47.165
Økonomisk kedelproduktion	62.870	52.589	51.722
Afblæsning	-10.783	-10.783	-10.783
Samlet, varmeproduktion	268.166	268.166	268.166
Elproduktion, MWh			
Affalds KV ekskl. kondenser	33.850	21.570	20.661
Merproduktion ved CC-drift	62.109	59.586	59.534
Samlet, elproduktion	95.959	81.155	80.195

Tabel 11. Modelleret energiomsætning med for SKVV med bypass på 4 MW

De modellerede indtægter og omkostninger for SKVV med 4 MW bypass findes i Tabel 12.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 50 af 68

	Reference	Kun spot	Spot og regulerkraft
Indtægter, 1.000 kr			
Spotsalg	35.328	31.409	31.389
Salg af opregulering (vundet opregulering)			520
Samlet, indtægter	35.328	31.409	31.909
Omkostninger, 1.000 kr			
Handels- og balanceomkostninger, elsalg	1.056	893	892
Variabelt gaskøb til CC-drift	29.684	28.478	28.453
Variabelt gaskøb til økonom. kedeldrift	14.860	12.430	12.225
Variable driftsudgifter på CC-drift	1.279	1.227	1.226
Startomkostninger på CC-drift	850	795	790
Naturgasafgifter af CC-drift	8.353	8.014	8.007
Naturgasafgifter af kedeldrift	13.059	10.924	10.744
Forbrug af CO ₂ kvoter	4.558	4.191	4.168
Bypass affaldsvarmeafgift		866	931
Bypass tillægsaffaldsvarmeafgift		1.172	1.258
Køb af nedregulering (vundet nedregulering)			513
Samlet, omkostninger	73.699	68.990	69.207
Netto varmeproduktionsomkostninger, 1.000 kr	38.371	37.581	37.298
Forbedring ift. reference, 1.000 kr		790	1.073

Tabel 12. Modellerede indtægter og omkostninger for bypass på 4 MW for perioden 1/10 2009 – 30/9 2010

Det findes således, at ved brug af større bypass kapacitet stiger indtjeningen ved at benytte bypass muligheden aktivt ift. elmarkederne. Ved brug af 4 MW bypass i stedet for 3,1 MW stiger indtjeningen ved kun spot marked fra ca. 0,6 mio. kr/år til ca. 0,8 mio. kr/år. For både spot marked og regulerkraftmarked stiger indtjeningen fra ca. 0,8 mio. kr./år til ca. 1,1 mio. kr/år ved at bruge 4 MW bypass i stedet for 3,1 MW. Det vil herved være økonomisk fordelagtigt at udnytte en så stor bypass kapacitet som muligt for at øge den økonomiske indtjening så vidt muligt.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 51 af 68

4.6 Konklusion på affaldsvarmeværkers indtjeningsevne ved bypass

Analyserne af KVVt viste at der for KVVt kan tjenes ca. 121.000 kr/år ved at deltage aktivt i spot markedet med bypassen. Hvis KVVts bypass i stedet benyttes aktivt ift. både spot markedet og regulerkraftmarkedet vil denne indtjening stige til ca. 199.000 kr/år.

Ved analyserne af SKVV var indtjeningspotentialerne større i og med, at der med 3,1 MW ud af bypassens samlede kapacitet på 5,1 MW kan tjenes ca. 0,6 mio. kr/år ved at deltage aktivt i spot markedet med bypass. Hvis 3,1 MW af SKVVs bypass benyttes aktivt ift. både spot markedet og regulerkraftmarkedet vil denne indtjening stige til ca. 0,8 mio. kr/år. Det blev yderligere fundet at dette indtjeningspotentialer for SKVV kan øges, hvis en større del af bypassens samlede kapacitet benyttes.

Forskellen i indtjeningsevne ved de to værker er hovedsageligt grundet i hvilke andre produktionsenheder, som bypass af affaldsdamp erstatter. Det blev fundet, at det hovedsageligt er produktion på naturgaskedler, der med fordel kan erstattes af varme produceret ved bypass af affaldsdamp.

5. Afprøvningen af bypass drift på Kraftvarmeværk Thisted

Anlægget er begyndt at deltage i Regulerkraftmarkedet. Deltagelsen i Regulerkraftmarkedet sker dog stadig manuelt, f.eks. aktiveres en nedregulering manuelt efter en opringning fra Nordjysk El-handel ved at driftsassistenten på værket åbner for bypass ventilen. I praksis betyder det at selve nedreguleringen sker inden for 60 sekunder. Den tilbudte regulerings-effekt er på ca. 2,3 MW, svarende til at dampturbinen lige netop kan dække kraftvarmeværkets eget forbrug på ca. 0,6 MW.

I perioden har KVVt være aktiveret ca. 4 gange, med en varighed af ca. 3 – 4 timer.

Ved f.eks. en nedregulering vil Turbine bypass trykreguleringsventilen tvinges langsomt op til de procenter der er indtastet i SRO-anlægget. Man kan ligeledes angive en rampehastighed for hvor hurtigt bypass trykreguleringsventilen skal lukke op.

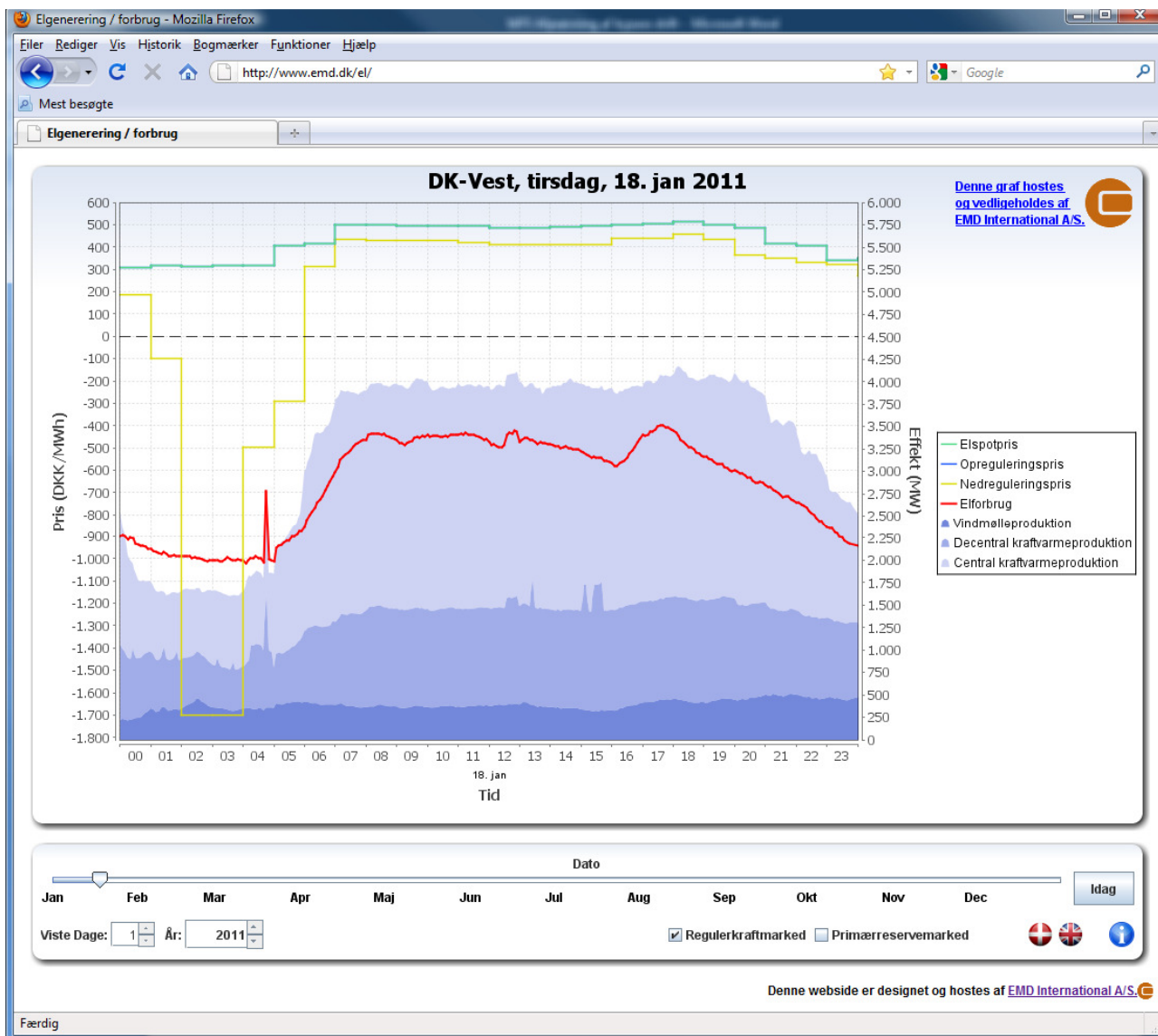
Ved 62% åben vil der fortsat være en elproduktion på ca. 0,6 MW-el, hvilket svarer til KVVt's eget forbrug.

For at sikre at damptemperaturen ikke bliver for høj ved bypass drift, åbner en vandindsprøjtningssystemventil ved ca. 120°C. Herved ledes der vand fra fødevandskredsløbet ind i den 420 °C varme damp, der afkøles inden den kommer ned i kondensatoren.

Som eksempel på den praktiske afprøvning af deltagelse i regulerkraftmarkedet er nedenfor vist en gennemført regulering den 18-1-2011 kl. 2 om natten. Der var i dette tilfælde tale om en vundet nedregulering i Regulerkraftmarkedet. Som det fremgår af Figur 37 var der fra kl. 2 til 4. en meget velbetalt nedregulering. Man fik 1700 kr/MWh-el for at "undlade" at producere den el, som man i spotmarkedet i forvejen havde solgt til ca. 300 kr/MWh-el i spotmarkedet .

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 52 af 68

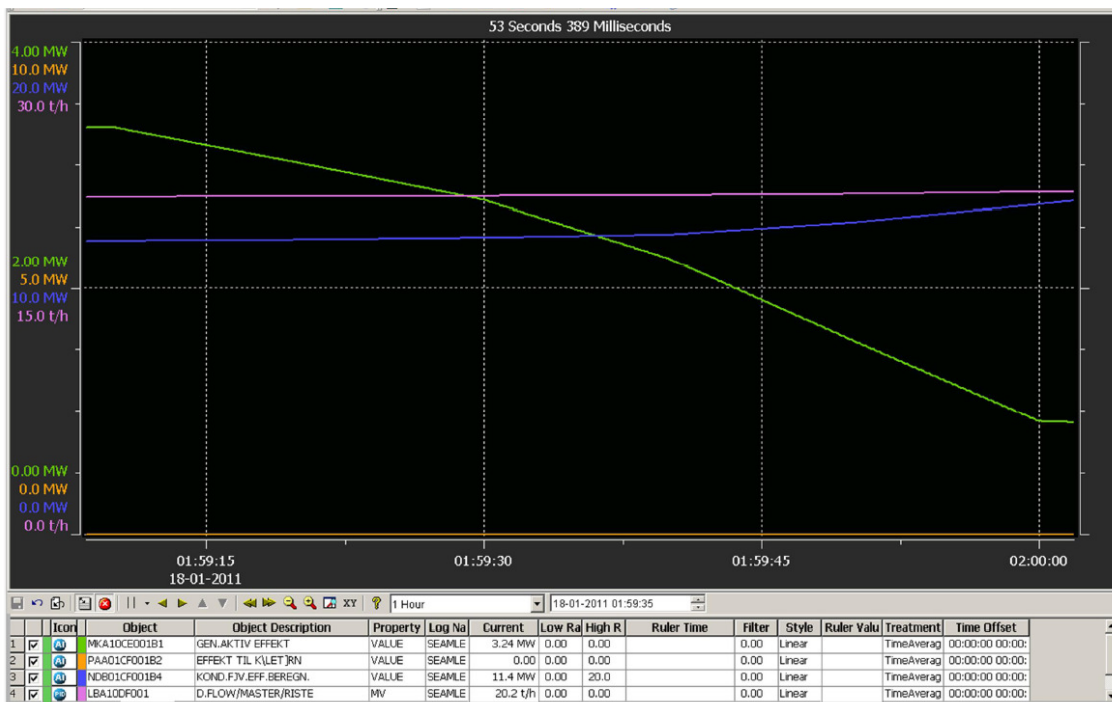
Afprøvningen af bypass drift på Kraftvarmeværk Thisted



Figur 37. Der var hårdt brug for nedregulering den 18. januar 2011 fra kl. 2-4.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 53 af 68

Afprøvningen af bypass drift på Kraftvarmeværk Thisted



Figur 38: Nedreguleringen af turbine/ generator fra ca. 3,2 MW til 0,5 M sker på mindre end 60 sec den 18. januar 2011 kl. 2.

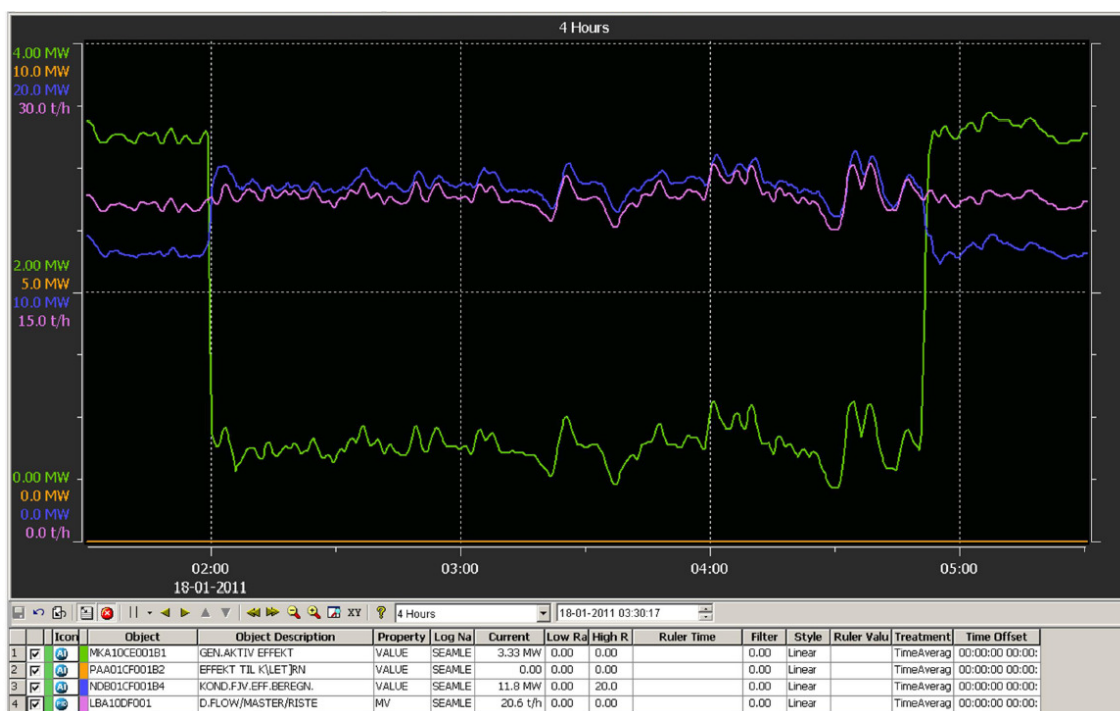


Figure 39: Nedreguleringen set over 4 timer interval.

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 54 af 68

Appendiks 1: energyPRO udskrifter af scenarie 1, KVVT

energyPRO 4.0.2.164

automatisk drift - Thisted drift uden bypass

Thisted, drift uden brug af bypass
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 301. september 2010

Udskriv/Side
 03-02-2011 14:20:51 / 1
 Brugernavn:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energisætning, Årlig

Beregnetperiode: fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

Varmebehov:

Varmebehov i Thisted 178.200,0 MWh
 Max. varmebehov 45,3 MW

Varmeproduktioner:

AffaldsKV	120.012,0 MWh/år	
Halmkedel med geotermi	68.178,1 MWh/år	
Naturgas kedel	6.102,4 MWh/år	
Varmeafblæsning (total for site)	-15.907,1 MWh/år	
Ialt	178.385,4 MWh/år	100,0 %

Elproduktion fra energianlæg:

	Alle perioder [MWh]	Af årlig produktion
AffaldsKV	19.272,0	100,0%

Elproduktion maks. opnået:

AffaldsKV 2.200,0 kW-el.

Driftstimer:

	Ialt [h/år]	Af årlig timer
AffaldsKV	8.760,0	100,0%
Halmkedel med geotermi	5.613,0	64,1%
Naturgas kedel	1.029,0	11,7%
Ud af total i periode	8.760,0	

Starter:

AffaldsKV	12
Halmkedel med geotermi	9
Naturgas kedel	9

Brændsler:

Efter brændsel

Brændselsforbrug

Naturgas	527.022,2 Nm3
Affald	61.700,9 tons
Halm	13.231,3 Ton halm

Efter produktionsenhed

AffaldsKV	157.880,0 MWh	=	61.700,9 tons
Halmkedel med geotermi	48.698,7 MWh	=	13.231,3 Ton halm
Naturgas kedel	5.797,2 MWh	=	527.022,2 Nm3
Ialt	212.175,9 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 55 af 68

automatisk drift - Thisted drift uden bypass

Thisted, drift uden brug af bypass
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 301. september 2010

Udstreval/Size
 03-02-2011 14:22:07 / 1
 Brugere: **EMD International A/S**
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Resultat af ordinær drift fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

(Alle beløbi1000 kr)

Driftsindtægter					
Elsopsalg	:			=	6.049
Handelsomkostninger	:	19.272,0 MWh	å	-0,006	= -116
Balanceomkostninger	:	19.272,0 MWh	å	-0,005	= -96
Ialt Driftsindtægter					5.837
Driftsudgifter					
Naturgaskøb til kedeldrift	:	527.022,2 Nm3	å	0,003	= 1.370
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	21.968,5 GJ	å	0,058	= 1.268
Variable driftsudgifter på naturgaskedel	:	6.102,4 MWh	å	0,005	= 31
Forbrug af CO2-kvoter	:	1.187,5 kvote	å	0,115	= 137
Halm pris	:	13.231,3 Ton halm	å	0,436	= 5.769
Variable driftsudgifter på halmkedel m geotermi	:	44.802,8 MWh	å	0,01	= 448
Udgifter til elforbrug til halmkedel	:	448,0 MWh-el	å	0,618	= 277
Udgifter til elforbrug til geotermi	:	1.566,1 MWh-el	å	0,618	= 968
Ialt Driftsudgifter					10.267
Resultat af ordinær drift					-4.429

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 56 af 68

Appendiks 2: energyPRO udskrifter af scenarie 2, KVV7

energyPRO 4.0.2.164

automatisk drift - Thisted Eksisterende drift med 2,2 MW bypass

Thisted, drift med 2,2 MW bypass aktiv ift. spot handel
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 30. september 2010

Udstrebet Side
 03-02-2011 15:21:18 / 1
 Brugernavn:
 EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energisætning, Årlig

Beregnet periode: fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

Varmebehov:

Varmebehov i Thisted	178.200,0 MWh
Max. varmebehov	45,3 MW

Varmeproduktioner:

AffaldsKV	120.012,0 MWh/år	
Halmkedel med geotermi	88.251,7 MWh/år	
Bypass, spot	1.324,4 MWh/år	
Bypass m. geotermi, spot	1.508,8 MWh/år	
Halmkedel	482,3 MWh/år	
Naturgas kedel	4.713,2 MWh/år	
Varmeafblæsning (total for site)	-15.907,1 MWh/år	
Ialt	178.385,4 MWh/år	100,0 %

Elproduktion fra energianlæg:

	Alle perioder [MWh]	Af årlig produktion
AffaldsKV	19.272,0	100,0%

Elforbrug fra energianlæg:

	Af årlig [MWh]
Bypass, spot	1.324,4
Bypass m. geotermi, spot	404,8
Ialt	1.729,2

Elproduktion maks. opnået:

AffaldsKV	2.200,0 kW-el.
-----------	----------------

Driftstimer:

	Ialt [h/år]	Af årlig timer
AffaldsKV	8.760,0	100,0%
Halmkedel med geotermi	4.953,0	56,5%
Bypass, spot	602,0	6,9%
Bypass m. geotermi, spot	184,0	2,1%
Halmkedel	45,0	0,5%
Naturgas kedel	796,0	9,1%
Ud af total i periode	8.760,0	

Starter:

AffaldsKV	12
Halmkedel med geotermi	52
Bypass, spot	120
Bypass m. geotermi, spot	61
Halmkedel	18
Naturgas kedel	13

Brændsler:

Efter brændsel

	Brændselsforbrug
Naturgas	407.053,1 Nm3
Affald	61.700,9 tons
Halm	12.999,9 Ton halm

Efter produktionsenhed

AffaldsKV	157.680,0 MWh	=	61.700,9 tons
Halmkedel med geotermi	47.322,7 MWh	=	12.857,5 Ton halm
Bypass, spot	0,0 MWh	=	0,0 Ton halm
Bypass m. geotermi, spot	0,0 MWh	=	0,0 Ton halm
Halmkedel	524,3 MWh	=	142,4 Ton halm
Naturgas kedel	4.477,8 MWh	=	407.053,1 Nm3
Ialt	210.004,5 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 57 af 68

automatisk drift - Thisted Eksisterende drift med 2,2 MW bypass

Thisted, drift med 2,2 MW bypass aktiv ift. spot handel
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 30. september 2010

Udskriv: Side
 03-02-2011 15:22:43 / 1
 Brugeren :
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9835 4444

Resultat af ordinær drift fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

(Alle beløbi1000 kr)

Driftsindtægter					
Elsportsalg	:			=	5.703
Handelsomkostninger	:	17.542,8 MWh	å	-0,006	= -105
Balanceomkostninger	:	17.542,8 MWh	å	-0,005	= -88
Ialt Driftsindtægter					5.510
Driftsudgifter					
Naturgaskøb til kedeldrift	:	407.053,1 Nm3	å	0,003	= 1.058
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	18.967,7 GJ	å	0,058	= 979
Variable driftsudgifter på naturgaskedel	:	4.713,2 MWh	å	0,005	= 24
Forbrug af CO2-kvoter	:	917,2 kvote	å	0,115	= 105
Halm pris	:	12.999,9 Ton halm	å	0,436	= 5.688
Variable driftsudgifter på halmkedel	:	482,3 MWh	å	0,01	= 5
Udgifter til elforbrug på halmkedel	:	4,8 MWh-el	å	0,618	= 3
Variable driftsudgifter på halmkedel med geotermi	:	43.536,8 MWh	å	0,01	= 435
Udgifter til elforbrug på halmkedel med geotermi	:	435,4 MWh-el	å	0,618	= 269
Udgifter til elforbrug på geotermi med halmkedel	:	1.521,9 MWh-el	å	0,618	= 941
Bypassaffalds varmeafgift	:	4.767,8 GJ-mervarme	å	0,02	= 93
Bypassillægsaffalds varmeafgift	:	4.767,8 GJ-mervarme	å	0,026	= 126
Udgifter til elforbrug på geotermi med bypass	:	74,0 MWh-el	å	0,618	= 46
Bypassaffalds varmeafgift m. geotermi	:	1.457,3 GJ-mervarme	å	0,02	= 29
Bypassillægsaffalds varmeafgift m. geotermi	:	1.457,3 GJ-mervarme	å	0,027	= 39
Eikeb	:			=	0
Ialt Driftsudgifter					9.820
Resultat af ordinær drift					-4.310

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 58 af 68

Appendiks 3: energyPRO udskrifter af scenarie 3, KVVT

energyPRO 4.0.2.164

automatisk drift - Thisted Eksisterende drift med 2,2 MW bypass i reg

Thisted, drift med 2,2 MW bypass aktiv ift. spot og regulerkraft handel
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 30. september 2010

Udskriv/Side
 03-02-2011 14:30:41 / 1
 Brugernavn :
 EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energiomsætning, Årlig

Beregnetperiode: fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

Varmebehov:

Varmebehov i Thisted	178.200,0 MWh
Max. varmebehov	45,3 MW

Varmeproduktioner:

AffaldsKV	120.012,0 MWh/år	
Halmkedel	568,2 MWh/år	
Halmkedel med geotermi	66.310,2 MWh/år	
Bypass, spot	1.029,7 MWh/år	
Bypass m. geotermi, spot	1.328,4 MWh/år	
Bypass, nedreg	407,0 MWh/år	
Naturgas kedel	4.637,0 MWh/år	
Spot salg inden opreg, MWh	0,0 MWh/år	
Solgt opreg., alle priser	0,0 MWh/år	
Solgt spot el i opreg, neg. priser	0,0 MWh/år	
Solgt spot el i opreg, pos. priser	0,0 MWh/år	
Betaling for nedreg, el, neg. priser	0,0 MWh/år	
Betaling for nedreg, el, pos. priser	0,0 MWh/år	
Rådighedsindtjening, opregulering	0,0 MWh/år	
Varmeafblæsning (total for site)	-15.907,1 MWh/år	
Ialt	178.385,4 MWh/år	100,0 %

Elproduktion fra energianlæg:

	Alle perioder [MWh]	Af årlig produktion
AffaldsKV	19.272,0	100,0%

Elforbrug fra energianlæg:

	Af årlig [MWh]
Bypass, spot	1.029,7
Bypass m. geotermi, spot	358,4
Ialt	1.388,2

Elproduktion maks. opnået:

AffaldsKV	2.200,0 kW-el.
-----------	----------------

Driftstimer:

	Ialt [h/år]	Af årlig timer
AffaldsKV	8.760,0	100,0%
Halmkedel	53,0	0,6%
Halmkedel med geotermi	4.963,0	56,7%
Bypass, spot	600,0	6,8%
Bypass m. geotermi, spot	184,0	2,1%
Bypass, nedreg	185,0	2,1%
Naturgas kedel	815,0	9,3%
Spot salg inden opreg, MWh	8.760,0	100,0%
Solgt opreg., alle priser	154,0	1,8%
Solgt spot el i opreg, neg. priser	2,0	0,0%
Solgt spot el i opreg, pos. priser	151,0	1,7%
Betaling for nedreg, el, neg. priser	13,0	0,1%
Betaling for nedreg, el, pos. priser	168,0	1,9%
Rådighedsindtjening, opregulering	783,0	8,9%
Ud af total i periode	8.760,0	

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 59 af 68

automatisk drift - Thisted Eksisterende drift med 2,2 MW bypass i reg

Thisted, drift med 2,2 MW bypass aktiv ift. spot og regulerkraft handel
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 30. september 2010

Udrevet Side
 03-02-2011 14:30:41 / 2
 Brugernavn :
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energisætning, Årlig

Starter:

AffaldskV	12
Halmkedel	19
Halmkedel med geotermi	53
Bypass, spot	120
Bypass m. geotermi, spot	62
Bypass, nedreg	73
Naturgas kedel	14
Spot salg inden opreg, MWh	12
Solgt opreg., alle priser	64
Solgt spot el i opreg, neg. priser	2
Solgt spot el i opreg, pos. priser	66
Betaling for nedreg. el, neg. priser	11
Betaling for nedreg. el, pos. priser	72
Rådighedsindtjening, opregulering	147

Brændsler:

Efter brændsel

	Brændselsforbrug	
Naturgas	400.464,4 Nm3	
Affald	61.700,9 tons	
Halm	13.036,6 Ton halm	
Afregning	332.755,2 kr	

Efter produktionsenhed

AffaldskV	157.680,0 MWh	=	61.700,9 tons
Halmkedel	617,6 MWh	=	167,8 Ton halm
Halmkedel med geotermi	47.364,4 MWh	=	12.868,8 Ton halm
Bypass, spot	0,0 MWh	=	0,0 Ton halm
Bypass m. geotermi, spot	0,0 MWh	=	0,0 Ton halm
Bypass, nedreg	0,0 MWh	=	0,0 Ton halm
Naturgas kedel	4.405,1 MWh	=	400.464,4 Nm3
Spot salg inden opreg, MWh	17.547,2 MWh	=	17.547,2 kr
Solgt opreg., alle priser	126.984,0 MWh	=	126.984,0 kr
Solgt spot el i opreg, neg. priser	3,3 MWh	=	3,3 kr
Solgt spot el i opreg, pos. priser	81.452,5 MWh	=	81.452,5 kr
Betaling for nedreg. el, neg. priser	9.321,4 MWh	=	9.321,4 kr
Betaling for nedreg. el, pos. priser	84.521,8 MWh	=	84.521,8 kr
Rådighedsindtjening, opregulering	12.925,0 MWh	=	12.925,0 kr
Ialt	542.822,3 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 60 af 68

automatisk drift - Thisted Eksisterende drift med 2,2 MW bypass i reg

Thisted, drift med 2,2 MW bypass aktiv ift. spot og regulerkraft handel
 Automatisk driftstrategi
 Periode: 1. oktober 2009 til 30. september 2010

Udskrivet Side
 03-02-2011 14:34:47 / 1
 Brugeren :
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Resultat af ordinær drift fra 01-10-2009 00:00 til 01-10-2010 00:00

(Alle beløbi1000 kr)

Driftsindtægter					
Elsportsalg	:			=	5.704
Handelsomkostninger, spot salg	:	17.547,2 kr	å	-0,006	= -105
Balanceomkostninger, spot salg	:	17.547,2 kr	å	-0,005	= -88
Solgt opregulering	:				= 127
Rådighedsbetaling, opregulering	:				= 13
Ialt Driftsindtægter					5.651
Driftsudgifter					
Naturgaskøb til kedeldrift	:	400.464,4 Nm3	å	0,003	= 1.041
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	16.693,0 GJ	å	0,058	= 963
Variable driftsudgifter på naturgaskedel	:	4.637,0 MWh	å	0,005	= 23
Forbrug af CO2-kvoter	:	902,3 kvote	å	0,115	= 104
Halm pris	:	13.036,8 Ton halm	å	0,436	= 5.684
Variable driftsudgifter på halmkedel	:	568,2 MWh	å	0,01	= 6
Udgifter til elforbrug på halmkedel	:	5,7 MWh-el	å	0,618	= 4
Variable driftsudgifter på halmkedel med geotermi	:	43.575,3 MWh	å	0,01	= 438
Udgifter til elforbrug på halmkedel med geotermi	:	435,8 MWh-el	å	0,618	= 269
Udgifter til elforbrug på geotermi med halmkedel	:	1.523,2 MWh-el	å	0,618	= 941
Bypassaffaldsvarmeafgift	:	5.172,2 GJ-mervarme	å	0,02	= 101
Bypassillægsaffaldsvarmeafgift	:	5.172,2 GJ-mervarme	å	0,026	= 137
Udgifter til elforbrug på geotermi med bypass	:	65,1 MWh-el	å	0,618	= 40
Bypassaffaldsvarmeafgift m. geotermi	:	1.283,1 GJ-mervarme	å	0,02	= 25
Bypassillægsaffaldsvarmeafgift m. geotermi	:	1.283,1 GJ-mervarme	å	0,027	= 34
Betaling for nedregulering	:				= 75
Elspotkøb	:				= 0
Ialt Driftsudgifter					9.884
Resultat af ordinær drift					-4.233

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 61 af 68

Appendiks 4: energyPRO udskrifter af scenarie 1, SKVV

energyPRO 4.0.2.164

Sønderborg Eksisterende drift

Sønderborg eksisterende drift uden bypass og kun spot handel
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed Page
 23-12-2010 11:08:47 / 1
 Licensed user:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energyconversion, annual

Calculated period: from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00

Heat demands:

Abværk fra KV-værk 267.709,6 MWh
 Max heat demand 60,0 MW

Heat productions:

Affalds KV excl. kondenser	134.572,8 MWh/year	
Røggaskondenser	32.301,6 MWh/year	
Merproduktion ved CC-drift	49.204,8 MWh/year	
Økonomisk kedelproduktion	62.870,0 MWh/year	
Heat Blow Off (total for site)	-10.783,3 MWh/year	
Total	268.165,9 MWh/year	100,0 %

Electricity produced by energy units:

	All periods [MWh]	Of annual production
Affalds KV excl. kondenser	33.849,6	35,3%
Merproduktion ved CC-drift	62.109,0	64,7%
Total	95.958,6	100,0%
Of annual production	100,0%	

Peak electric production:

Affalds KV excl. kondenser	4.100,0 kW-elec.
Merproduktion ved CC-drift	51.500,0 kW-elec.

Hours of operation:

	Total [h/Year]	Of annual hours
Affalds KV excl. kondenser	8.256,0	94,2%
Røggaskondenser	7.512,0	85,8%
Merproduktion ved CC-drift	1.206,0	13,8%
Økonomisk kedelproduktion	3.251,0	37,1%
Out of total in period	8.760,0	

Turn ons:

Affalds KV excl. kondenser	12
Røggaskondenser	11
Merproduktion ved CC-drift	170
Økonomisk kedelproduktion	114

Fuels:

By fuel

	Fuel consumption
Naturgas	17.589.071,9 Nm3
Affald	67.652,0 tons

By energy unit

Affalds KV excl. kondenser	197.318,4 MWh	=	67.652,0 tons
Røggaskondenser	0,0 MWh	=	0,0 tons
Merproduktion ved CC-drift	130.609,8 MWh	=	11.873.618,6 Nm3
Økonomisk kedelproduktion	62.870,0 MWh	=	5.715.453,4 Nm3
Total	390.798,2 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt	Version: 1
Dato: 03/05-2011	Side 62 af 68

Sønderborg Eksisterende drift

Sønderborg eksisterende drift uden bypass og kun spot handel
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed Page
 23-12-2010 11:09:23 / 1
 Licensed user:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Operation Income from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00

(All amounts in 1000kr)

Revenues					
Elsportsalg	:			=	35.328
Handelsomkostninger	:	95.958,6 MWh	at	-0,008	= -576
Balanceomkostninger	:	95.958,6 MWh	at	-0,005	= -480
Total Revenues					34.272
Operating Expenditures					
Variabelt gaskøb til CC-anlæg	:	11.873.618,6 Nm3	at	0,002	= 29.684
Variabelt gaskøb til økonom. kedeldrift	:	5.715.453,4 Nm3	at	0,003	= 14.860
Variable driftsudgifter på CC	:	49.204,8 MWh	at	0,026	= 1.279
Startomkostninger på CC	:	170,0 turn on	at	5,0	= 850
Naturgasafgifter af CC-drift	:	3.187.045,1 Nm3	at	0,003	= 8.353
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	226.332,0 GJ	at	0,058	= 13.059
Forbrug af CO2-kvoter	:	39.632,4 kvote	at	0,115	= 4.558
Total Operating Expenditures					72.644
Operation Income					-38.371

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 63 af 68

Appendiks 5: energyPRO udskrifter af scenarie 2, SKVV

energyPRO 4.0.2.164

Sønderborg Eksisterende drift med 3,1 MW bypass

Sønderborg, drift med 3,9 MW bypass aktiv ift. spot handel
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed Page
 23-12-2010 11:09:51 / 1
 Licensed User:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energyconversion, annual

Calculated period: from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00

Heat demands:

Varmebehov ab værk, KV-værk 267.709,6 MWh
 Max. heat demand 60,0 MW

Heat productions:

Affalds KV excl. kondenser	134.572,8 MWh/year	
Røggaskondenser	32.301,6 MWh/year	
Merproduktion ved CC-drift	47.409,6 MWh/year	
Bypass, spot	9.520,1 MWh/year	
Økonomisk kedelproduktion	55.145,1 MWh/year	
Heat Blow Off (total for site)	-10.783,3 MWh/year	
Total	268.165,9 MWh/year	100,0 %

Electricity produced by energy units:

	All periods [MWh]	Of annual production
Affalds KV excl. kondenser	33.849,6	36,1%
Merproduktion ved CC-drift	59.843,0	63,9%
Total	93.692,6	100,0%
Of annual production	100,0%	

Electricity consumed by energy units:

	Of annual [MWh]
Bypass, spot	9.520,1

Peak electric production:

Affalds KV excl. kondenser	4.100,0 kW-elec.
Merproduktion ved CC-drift	51.500,0 kW-elec.

Hours of operation:

	Total [h/Year]	Of annual hours
Affalds KV excl. kondenser	8.256,0	94,2%
Røggaskondenser	7.512,0	85,8%
Merproduktion ved CC-drift	1.162,0	13,3%
Bypass, spot	3.071,1	35,1%
Økonomisk kedelproduktion	3.068,0	35,0%
Out of total in period	8.760,0	

Turn ons:

Affalds KV excl. kondenser	12
Røggaskondenser	11
Merproduktion ved CC-drift	159
Bypass, spot	258
Økonomisk kedelproduktion	116

Fuels:

By fuel

	Fuel consumption
Naturgas	16.453.608,3 Nm3
Affald	67.652,0 tons

By energy unit

Affalds KV excl. kondenser	197.318,4 MWh	=	67.652,0 tons
Røggaskondenser	0,0 MWh	=	0,0 tons
Merproduktion ved CC-drift	125.844,6 MWh	=	11.440.418,6 Nm3
Bypass, spot	0,0 MWh	=	0,0 Nm3
Økonomisk kedelproduktion	55.145,1 MWh	=	5.013.189,8 Nm3
Total	378.308,1 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 64 af 68

Sønderborg Eksisterende drift med 3,1 MW bypass

Sønderborg, drift med 3,9 MW bypass aktiv ift. spot handel
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed Page
 23-12-2010 11:10:23 / 1
 Licensed user:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Operation Income from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00

(All amounts in 1000kr)

Revenues					
Elsportsalg	:			=	32.176
Handelsomkostninger	:	84.172,5 MWh	at	-0,006	= -505
Balanceomkostninger	:	84.172,5 MWh	at	-0,005	= -421
Total Revenues					31.250
Operating Expenditures					
Variabelt gaskøb til CC-anlæg	:	11.440.418,6 Nm3	at	0,003	= 28.601
Variabelt gaskøb til økonom. kedeldrift	:	5.013.189,8 Nm3	at	0,003	= 13.034
Variable driftsudgifter på CC	:	47.409,6 MWh	at	0,026	= 1.233
Startomkostninger på CC	:	159,0 turn on	at	5,0	= 795
Naturgasafgifter af CC-drift	:	3.070.788,2 Nm3	at	0,003	= 8.048
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	198.522,3 GJ	at	0,058	= 11.455
Bypasaffaldsvarmeafgift	:	34.272,4 GJ-mervarme	at	0,02	= 672
Bypasillægsaffaldsvarmeafgift	:	34.272,4 GJ-mervarme	at	0,027	= 908
Forbrug af CO2-kvoter	:	37.073,9 kvote	at	0,115	= 4.264
Total Operating Expenditures					69.010
Operation Income					-37.760

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 65 af 68

Appendiks 6: energyPRO udskrifter af scenarie 3, SKVV

		energyPRO 4.0.2.164	
Sønderborg Eksisterende drift med 3,1 MW bypass i reg marked		Printed Page 23-12-2010 11:12:09 / 1	
Sønderborg drift med 3,1 MW bypass i både spot og regulerkraft		Licensed user: EMD International A/S	
Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010		Niels Jernesvej 10 DK-9220 Aalborg Ø +45 9635 4444	
Energyconversion, annual			
Calculated period: from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00			
Heat demands:			
Abværk fra KV-værk			267.709,6 MWh
Max heat demand			60,0 MW
Heat productions:			
Affalds KV excl. kondenser		134.572,8 MWh/year	
Røggaskondenser		32.301,6 MWh/year	
Merproduktion ved CC-drift		47.450,4 MWh/year	
Bypass, spot		8.472,6 MWh/year	
Bypass, nedreg.		1.810,4 MWh/year	
Økonomisk kedelproduktion		54.341,3 MWh/year	
Betaling for nedreg. el, pos. priser		0,0 MWh/year	
Betaling for nedreg. el, neg. priser		0,0 MWh/year	
Solgt spot el, pos. priser		0,0 MWh/year	
Solgt spot el, neg. priser		0,0 MWh/year	
Solgt opreg., alle priser		0,0 MWh/year	
Spot salg inden opreg, MWh		0,0 MWh/year	
Heat Blow Off (total for site)		-10.783,3 MWh/year	
Total		268.165,9 MWh/year	100,0 %
Electricity produced by energy units:			
	All periods	Of annual	
	[MWh]	production	
Affalds KV excl. kondenser	33.849,6	38,1%	
Merproduktion ved CC-drift	59.894,5	63,9%	
Total	93.744,1	100,0%	
Of annual production	100,0%		
Electricity consumed by energy units:			
	Of annual		
	[MWh]		
Bypass, spot	8.472,6		
Bypass, nedreg.	1.810,4		
Total	10.283,0		
Peak electric production:			
Affalds KV excl. kondenser	4.100,0 kW-elec.		
Merproduktion ved CC-drift	51.500,0 kW-elec.		
Hours of operation:			
	Total	Of annual	
	[h/Year]	hours	
Affalds KV excl. kondenser	8.258,0	94,2%	
Røggaskondenser	7.512,0	85,8%	
Merproduktion ved CC-drift	1.183,0	13,3%	
Bypass, spot	3.075,1	35,1%	
Bypass, nedreg.	584,1	6,7%	
Økonomisk kedelproduktion	2.998,0	34,2%	
Betaling for nedreg. el, pos. priser	558,1	6,4%	
Betaling for nedreg. el, neg. priser	21,0	0,2%	
Solgt spot el, pos. priser	8.210,0	93,7%	
Solgt spot el, neg. priser	18,0	0,2%	
Solgt opreg., alle priser	342,0	3,9%	
Spot salg inden opreg, MWh	8.258,0	94,2%	
Out of total in period	8.780,0		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt	Version: 1
Dato: 03/05-2011	Side 66 af 68

Sønderborg Eksisterende drift med 3,1 MW bypass i reg marked

Sønderborg drift med 3,1 MW bypass i både spot og regulerkraft
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed Page
 23-12-2010 11:12:09 / 2
 Licensed User:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Energyconversion, annual

Turn ons:

Affalds KV exol. kondenser	12
Røggaskondenser	11
Merproduktion ved CC-drift	159
Bypass, spot	258
Bypass, nedreg.	237
Økonomisk kedelproduktion	114
Betaling for nedreg. el, pos. priser	235
Betaling for nedreg. el, neg. priser	16
Solgt spot el, pos. priser	27
Solgt spot el, neg. priser	8
Solgt opreg., alle priser	129
Spot salg inden opreg, MWh	12

Fuels:

By fuel

	Fuel consumption
Naturgas	16.390.386,3 Nm3
Affald	67.652,0 tons
Afregning	33.149.404,7 kr

By energy unit

Affalds KV exol. kondenser	197.318,4 MWh	=	67.652,0 tons
Røggaskondenser	0,0 MWh	=	0,0 tons
Merproduktion ved CC-drift	125.952,9 MWh	=	11.450.264,0 Nm3
Bypass, spot	0,0 MWh	=	0,0 Nm3
Bypass, nedreg.	0,0 MWh	=	0,0 Nm3
Økonomisk kedelproduktion	54.341,3 MWh	=	4.940.122,3 Nm3
Betaling for nedreg. el, pos. priser	435.479,0 MWh	=	435.479,0 kr
Betaling for nedreg. el, neg. priser	22.520,8 MWh	=	22.520,8 kr
Solgt spot el, pos. priser	32.197.878,7 MWh	=	32.197.878,7 kr
Solgt spot el, neg. priser	5.213,8 MWh	=	5.213,8 kr
Solgt opreg., alle priser	404.300,9 MWh	=	404.300,9 kr
Spot salg inden opreg, MWh	84.211,6 MWh	=	84.211,6 kr
Total	33.527.017,4 MWh		

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 67 af 68

Sønderborg Eksisterende drift med 3,1 MW bypass i reg marked

Sønderborg drift med 3,1 MW bypass i både spot og regulerkraft
 Periode: 1. oktober 2009 til 1. oktober 2010

Printed/Page
 23-12-2010 11:13:06 / 1
 Licensed user:
EMD International A/S
 Niels Jernesvej 10
 DK-9220 Aalborg Ø
 +45 9635 4444

Operation Income from 01-10-2009 00:00 to 01-10-2010 00:00

(All amounts in 1000kr)

Revenues					
Elsalg	:			=	32.192
Handelsomkostninger, spot salg	:	84.211,6 MWh	at	-0,006	= -505
Balanceomkostninger, spot salg	:	84.211,6 MWh	at	-0,005	= -421
Solgt opregulering	:			=	404
Total Revenues					31.670
Operating Expenditures					
Variabelt gaskøb til CC-anlæg	:	11.450.264,0 Nm3	at	0,003	= 28.626
Variabelt gaskøb til økonom. kedeldrift	:	4.940.122,3 Nm3	at	0,003	= 12.844
Variable driftsudgifter på CC	:	47.450,4 MWh	at	0,026	= 1.234
Startomkostninger på CC	:	159,0 turn on	at	5,0	= 795
Naturgasafgifter af CC-drift	:	3.073.410,8 Nm3	at	0,003	= 8.055
Naturgasafgifter af kedeldrift	:	195.628,8 GJ	at	0,058	= 11.288
Bypassaffaldsvarmeafgift, spot	:	30.501,5 GJ-mervarme	at	0,02	= 598
Bypasstillægsaffaldsvarmeafgift, spot	:	30.501,5 GJ-mervarme	at	0,027	= 808
Betaling for nedregulering	:			=	413
Bypassaffaldsvarmeafgift, nedreg.	:	6.517,4 GJ-mervarme	at	0,02	= 128
Bypasstillægsaffaldsvarmeafgift, nedreg.	:	6.517,4 GJ-mervarme	at	0,027	= 173
Forbrug af CO2-kvoter	:	36.931,5 kvote	at	0,115	= 4.247
Total Operating Expenditures					69.209
Operation Income					-37.538

Aktivering af 200 MW affaldskraftvarme opreguleringseffekt		Version: 1
Dato: 03/05-2011		Side 68 af 68