



KV anlæggene og de nye gasser

Lars Jørgensen

ljo@dgc.dk



Disposition

- Gaskvaliteter
- Kraftvarmeanlæg i Danmark
- Styringsprincipper for gasmotorer
- Tekniske konsekvenser ved gasimport
 - Sikkerhed
 - Drift
 - Virkningsgrad
 - Emissioner
- Forventninger fra fabrikanter og leverandører
- Observerede problemer ifbm. gasimport



Regler for naturgaskvalitet

Gasreglement A, Bilag 1A, opstiller regler for kvaliteten af naturgasleverancer til Danmark.

I december 2007, har Sikkerhedsstyrelsen godkendt en udvidelse af wobble indekset fra daværende interval på 51,9 – 55,8 MJ/m³n (14,4 – 15,5 kWh/m³n) til det i dag gældende interval på 50,8 – 55,8 MJ/m³n (14,1 – 15,5 kWh/m³n).



Energinet.dk – Gaskvalitet af importeret gas

GAS

- Nyheder
- Service og drift
- Det danske gasmarked
- Produkter og handel
- ▼ Data- og gaskvalitet
 - Benchmark af gasdata
 - EDI kommunikation
 - Fall back
 - Brændværdier
 - Gaskvalitet
 - Sådan måles gaskvaliteten
 - ▼ **Gaskvalitet af importeret gas**
 - Spørgsmål og svar
- Gassystemet
- Om sikkerhed
- Om beredskab
- Selvbetjening

Du er her: Forside > GAS > Data- og gaskvalitet > Gaskvalitet af importeret gas

Sidst opdateret 25. februar 2011

Gaskvalitet af importeret gas

Energinet.dk har fra 1. oktober 2010 åbnet mulighed for fysisk at modtage gas fra Tyskland.

Danmark har siden oktober 2010 kunne importere gas fra Tyskland. Fordi produktionen i den danske del af Nordsøen er faldende, vil det i fremad være nødvendigt, at Danmark får naturgas andre steder fra. Import af naturgas vil fortsætte i fremtiden.

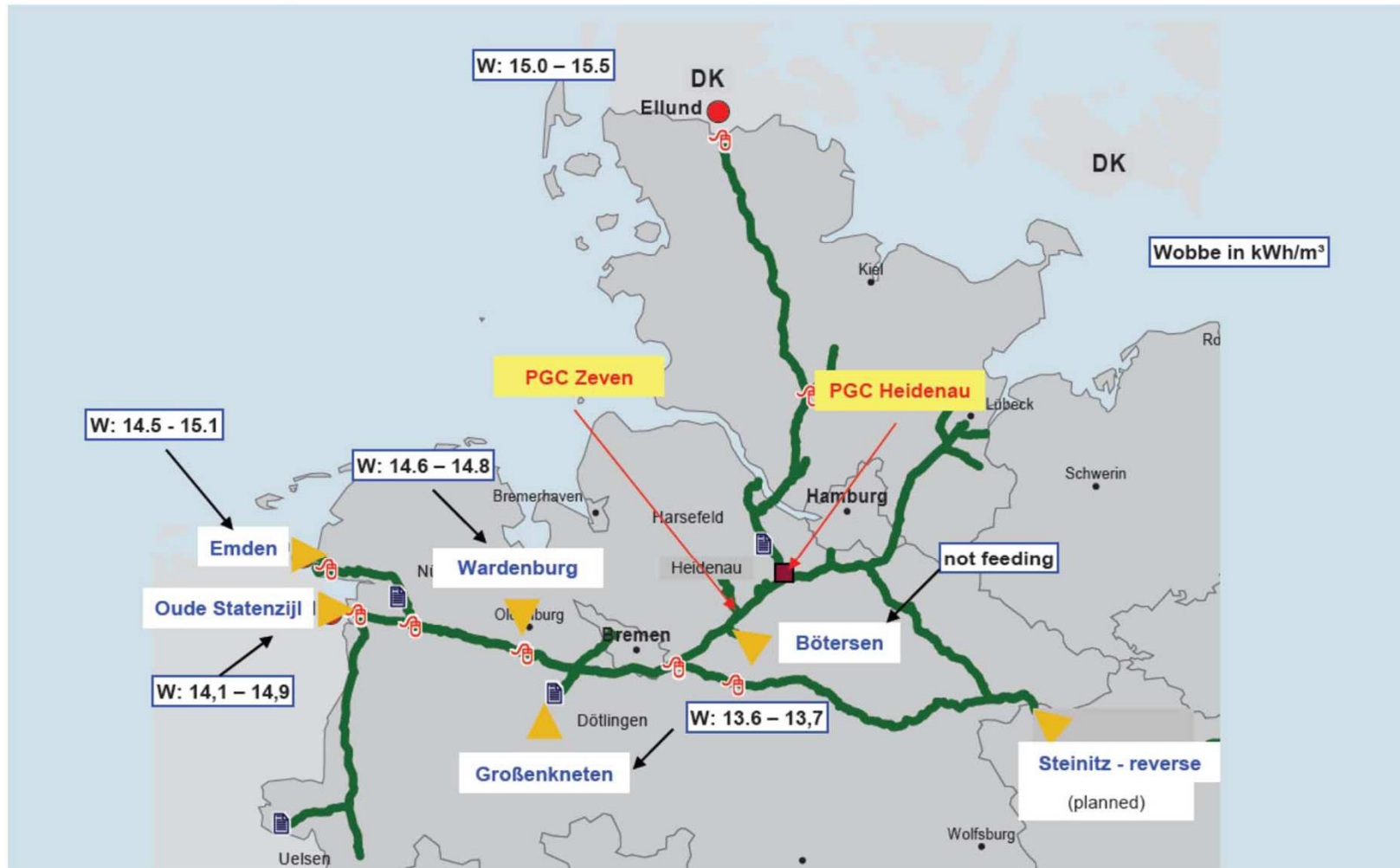
Muligheden for at importere gas fra Tyskland vil endvidere mindske risikoen for en eventuel prisstigning, som knaphed på gas ville kunne medføre. På lang sigt vil en udvidelse af importmulighederne mod resten af Europa sikre den nødvendige gasforsyning.

Hvor og hvornår?

Fysisk import er betinget af den kommercielle efterspørgsel efter transport på grænsepunktet mellem Danmark og Tyskland (Ellund). Det er derfor ikke muligt at give en nøjagtig forudsigtelse af tidspunkt og mængder.

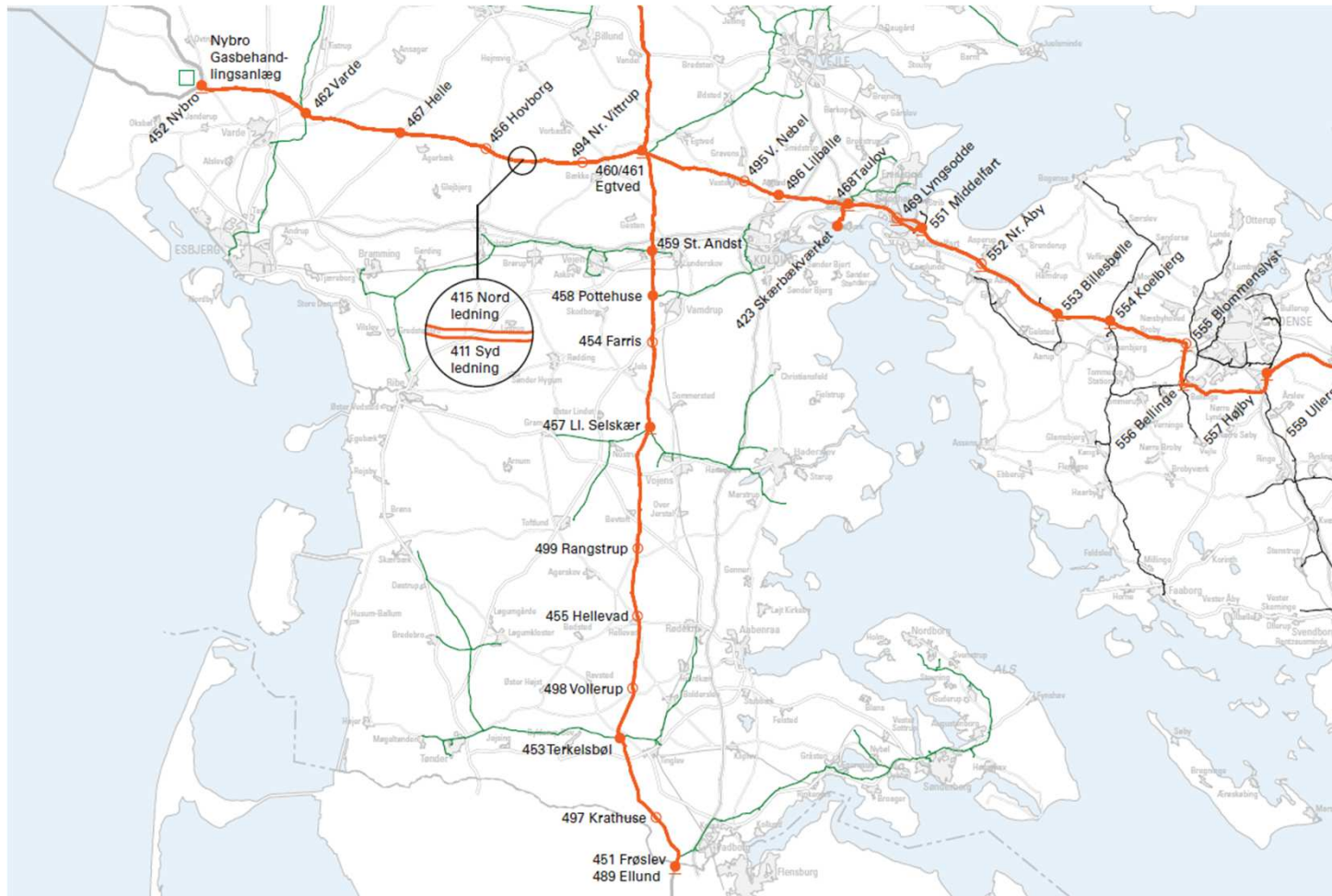


Det Nordtyske net – Wobbe indeks



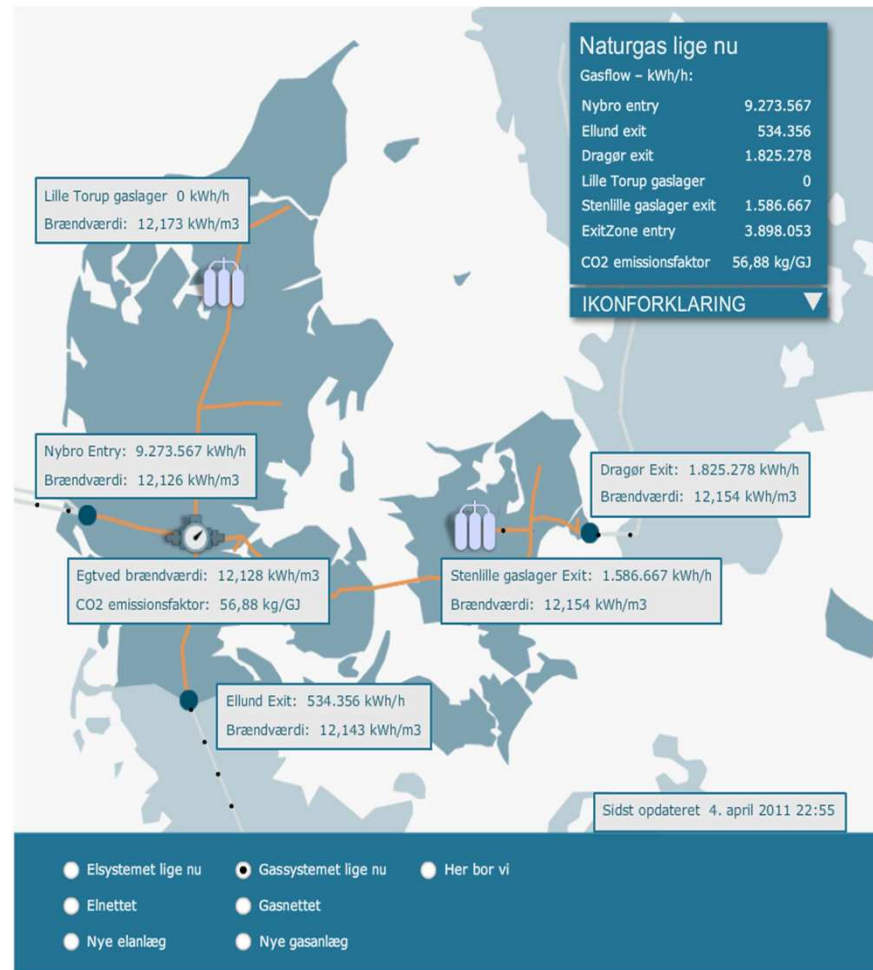


Det syd- og sønderjyske gasnet



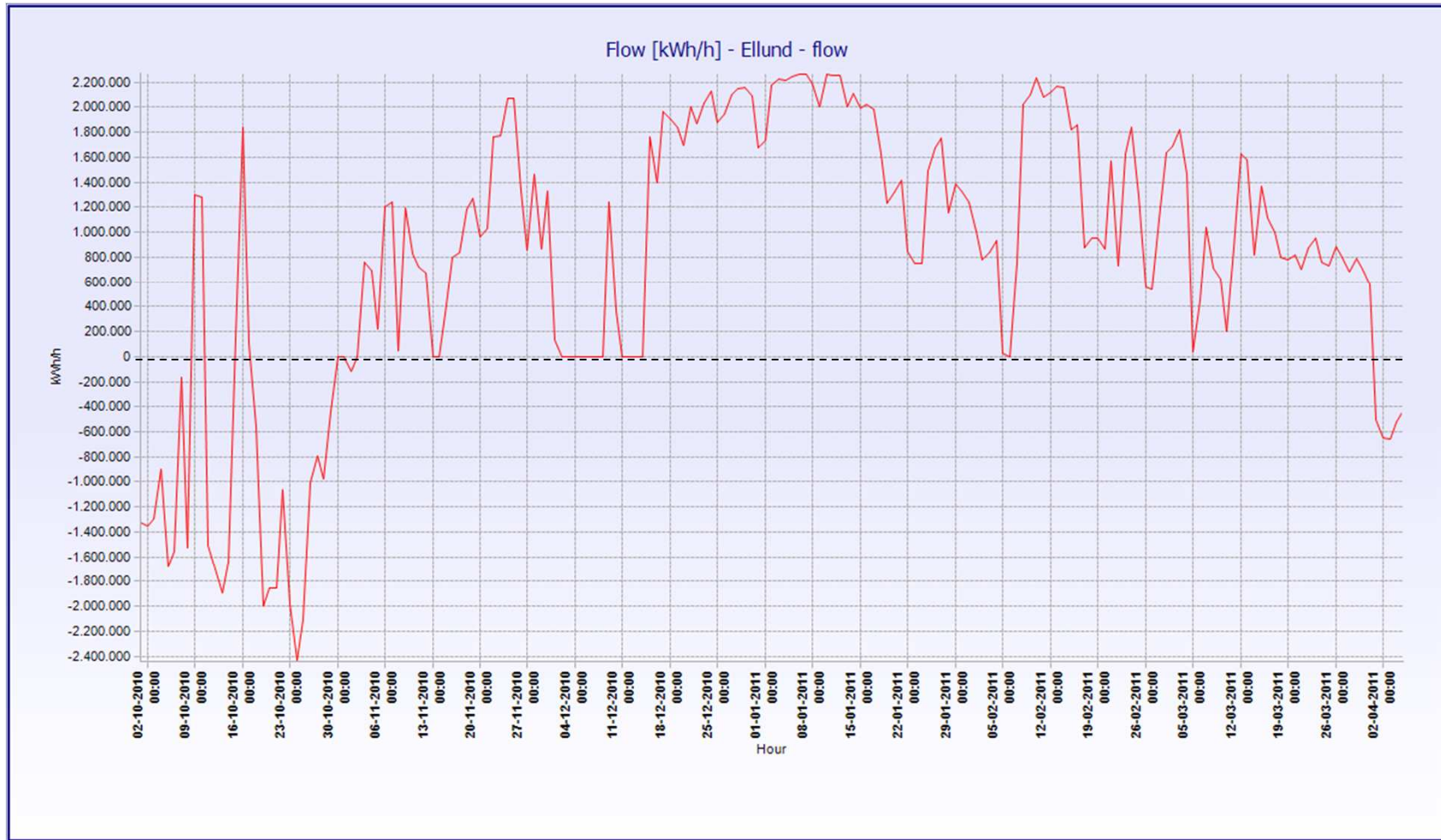


Naturgas import/eksport – lige nu



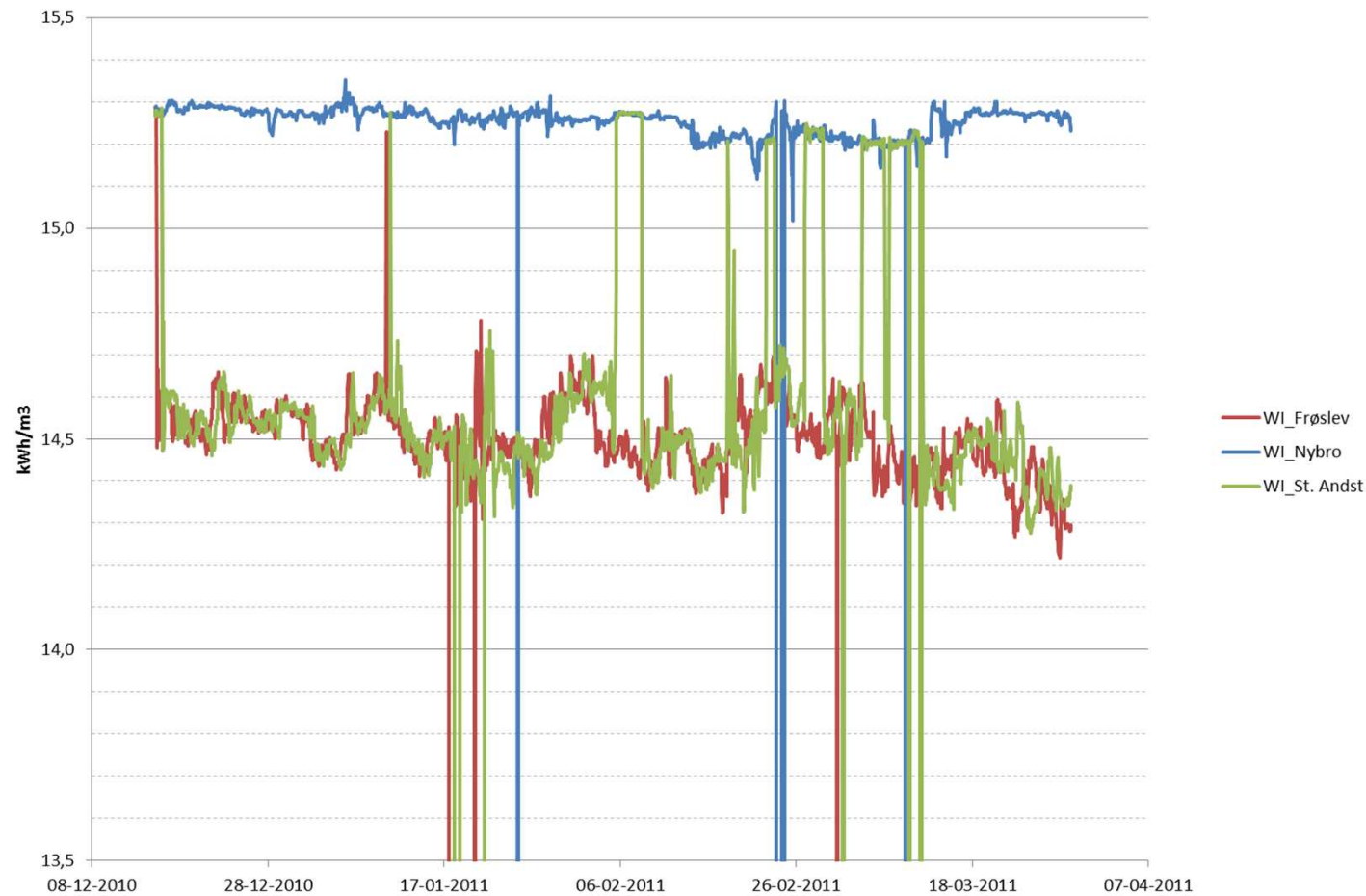


Gasflow ved Ellund





Wobbe indeks ved Frøslev, Nybro og St. Andst





Fremtidige gaskvaliteter i Danmark

Parameter	Unit	Historical Danish gas quality 2006 - 2010	Expected Normal German gas	German gas with a low wobbe index	Russian gas quality
Metane	mole- %	89,86	89,90	90,08	98,185
Ethane	mole- %	5,77	4,97	3,43	0,6848
Propane	mole- %	2,24	1,00	0,71	0,2057
i-Butane	mole- %	0,374	0,102	0,074	0,035
n-Butane	mole- %	0,530	0,123	0,091	0,033
i-Pentane	mole- %	0,126	0,021	0,015	0,005
n-Pentane	mole- %	0,080	0,017	0,011	0,000
Hexane	mole- %	0,058	0,016	0,012	0,000
Carbondioxid	mole- %	0,67	1,31	0,81	0,03
Nitrogen	mole- %	0,29	2,54	4,76	0,82
Total	mole- %	100,00	100,00	100,00	100,00
Calculated values (ISO 6976)					
Upper heating value	MJ/m ³ n	43,68	40,66	39,26	39,89
GCV	(kWh/ m ³ n)	12,13	11,30	10,91	11,08
Lower heating value	MJ/m ³ n	39,50	36,72	35,44	35,96
Wobbe index	MJ/m ³ n	54,97	51,78	50,30	53,06
Wobbe index	(kWh/ m ³ n)	15,27	14,38	13,97	14,74
Density	kg/m ³ n	0,82	0,80	0,79	0,73
Relative density	-	0,63	0,62	0,61	0,57
Molecular weight	g/mole	18,24	17,82	17,61	16,34
Compressibility	-	0,99683	0,99722	0,99742	0,99755
Methane number (not ISO 6976)		73	83	87	≈ 100



Elementer i et KV anlæg

- Gasledningerne/gasnettet
- Gasrampen
- Styre- og sikkerhedssystem
- Kraftvarmeproducerende enhed (motor/turbine)
- Efterfølgende udstyr (lyddæmper/røggaskøler/katalysator, skorsten osv.)



Delelementerne kan have indstillinger eller karakteristika, der kan rumme begrænsninger



Energidata for naturgas-
fyrede gasmotorer i
Danmark opgjort på
motorfabrikater

Gasmotor- fabrikat	Elkapacitet [MW]	Elproduktion [TJ]	Naturgas-forbrug [TJ]	Naturgas- forbrug, andel [%]	Naturgas- forbrug, akk. [%]
A	228,9	2236,6	5598,5	28,8	28,8
B	227,2	1893,6	5032,4	25,9	54,8
C	238,5	1800,5	4239,9	21,8	76,6
D	179,9	1390,7	3417,4	17,6	94,2
E	11,4	150,3	456,1	2,3	96,5
F	43,2	157,7	306,7	1,6	98,1
G	5,0	44,6	129,0	0,7	98,8
H	2,0	37,4	95,9	0,5	99,3
I	5,3	13,3	39,4	0,2	99,5
J	7,7	14,0	37,8	0,2	99,7
K	1,1	10,0	29,7	0,2	99,8
L	0,7	3,3	10,0	0,1	99,9
M	2,8	2,0	5,2	0,0	99,9
N	0,2	1,1	4,3	0,0	99,9
O	0,0	0,5	3,9	0,0	100,0
P	2,5	1,6	3,7	0,0	100,0
Q	2,8	0,8	2,2	0,0	100,0
R	0,0	0,5	1,7	0,0	100,0
S	0,0	0,3	1,1	0,0	100,0
T	0,0	0,0	0,1	0,0	100,0
U	0,4	0,0	0,0	0,0	100,0
Hovedtotal	959,8	7758,9	19414,9	-	-



Gasmotorer, Anlægsportefølje

Caterpillar

CAT 3400
CAT 3500
CAT 3600
G16CM34

Rolls-Royce-Bergen

KVGS
KRGS
B35:40

Wärtsilä

175 SG
220 SG
25 SG
28 SG
32 DF
32 GD
34 SG

Mest betydende motorfabrikater/serier



Jenbacher

JMS 200
JMS 300
JMS 400
JMS 600
Andet JMS

DEUTZ/MWM

G 234
G 604
G 616/620

Waukesha

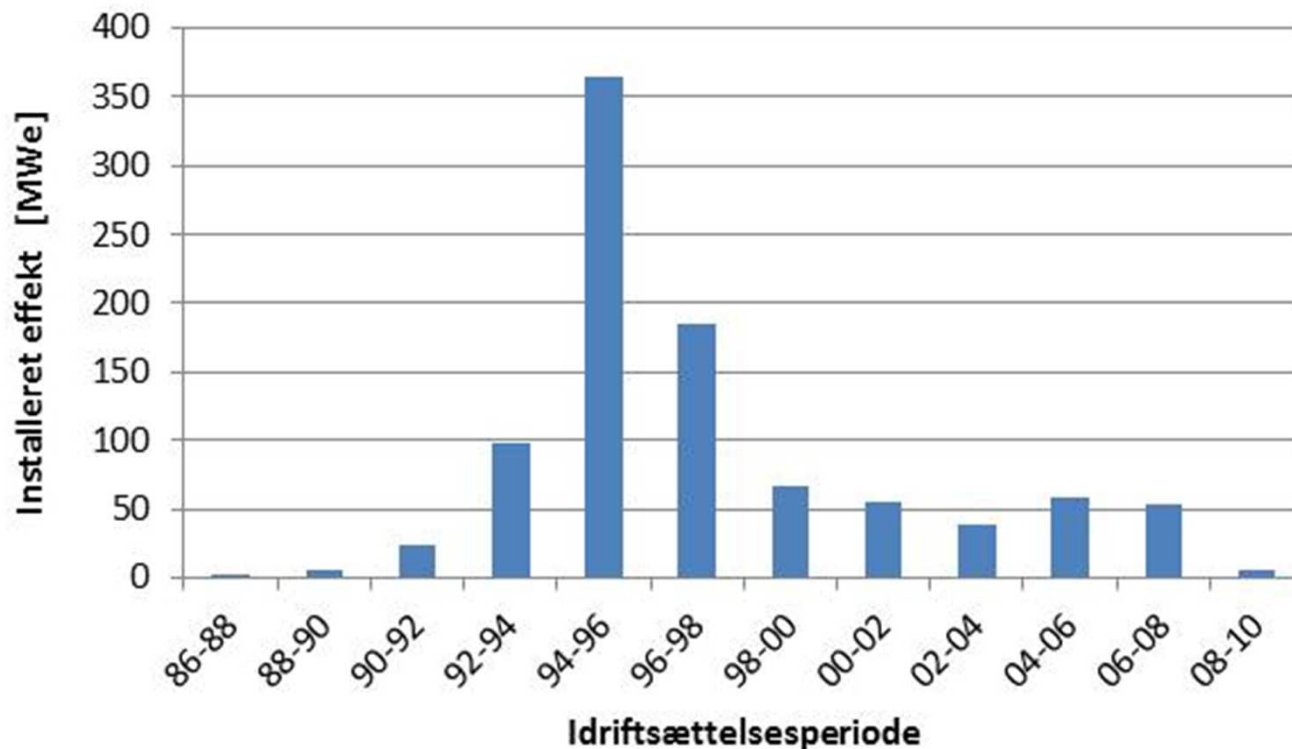
GLD 18
VFG 18
H24
L36
P48

L5790

I alt ca. 700 motorer tilsluttet, inst. effekt er ca. 1000 MW_e, samlet årligt gasforbrug 490 mio. m³n
Mere end 25 fabrikater, disse har ofte flere serier. Fire fabrikater > 90 % af gasforbruget.



Installeret effekt og idriftsættelsestidspunkt for værker med naturgasfyrede gasmotorer



Aldersspredningen medfører, at der på trods af opgraderinger, kan være forskel på bl.a. motorstyringernes udformning, hvilket igen har indflydelse på motorernes evne til at håndtere ændringer i gaskvalitet mht. driftsstabilitet, emissioner og virkningsgrad.

**Siemens**

V-64

Tidl. EGT, nu Siemens

Typhoon

Tornado

Rolls Royce

TRENT 50/60

GE-General Electric

GE- Frame 6

LM 2500

LM 6000

Solar

Mars

Centaur

**Gasturbiner
Anlægsportefølje****ABB**

GT 10

GT 35

Alison/Centrax

KB 5

Centrax

Turbec

T-100



Ca. 44 gasturbiner tilsluttet, inst. effekt (GT) ca. 725 MW_e, samlet årligt gasforbrug 690 mio. m³n.
Oprindeligt 8 fabrikater, oftest flere serier. Fem fabrikater > 97 % af gasforbruget.



Naturgasforbrug for naturgasfyrede gasturbiner i Danmark

Turbinefabrikat og -model	Naturgasforbrug [TJ]	Andel af naturgasforbrug [%]
ABB	2870,3	10,5
Allison	117,6	0,4
EGT European Gas Turbines	3679,8	13,5
GE General Electric	9596,6	35,1
Rolls-Royce	6948,5	25,4
Siemens	3655,4	13,4
Solar Gasturbines	456,3	1,7
Turbec	27,0	0,1
Hovedtotal	27351,4	



Gasmotorer - styringsprincipper

- Lastregulering
 - Lastreguleringen vil søge at holde setpunktet for elproduktionen samt sørge for, at motoren ikke bevæger sig uden for de i styringen definerede grænser.

- Bankesensorer
 - Bankesensorer sikrer ved tændingsforstilling og/eller derating (lastreduktion), at motorernes driftspunkt flyttes bort fra drift med bankning. Ved udtalt bankning vil styringen indledningsvis foretage lastreduktion, sidenhen nødvendigt autostop.



Gasmotorer - styringsprincipper

- Tændingsreguleringen kan virke globalt på alle cylindre eller individuelt på den enkelte cylinder. Nogle motorfabrikater/-typer kører med fast tændingsforskydning, mens andre anvender reguleringen aktivt til at ligge så tæt som muligt på bankegrænsen for derved at optimere elvirkningsgraden.
- Styring efter en konstant forbrændingstemperatur, typisk røggastemperatur før turbolader. Som følge deraf holdes lambda overvejende konstant, selvom gaskvaliteten skulle ændres mod lavere brændværdi.

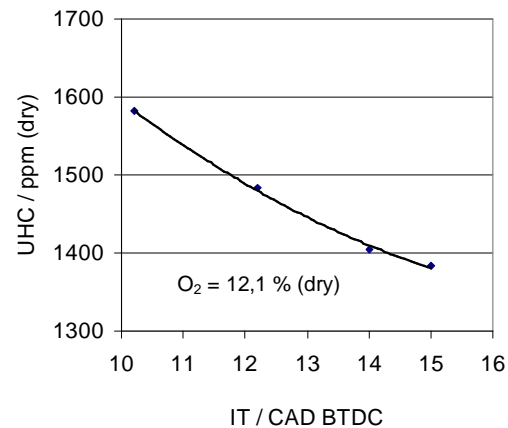
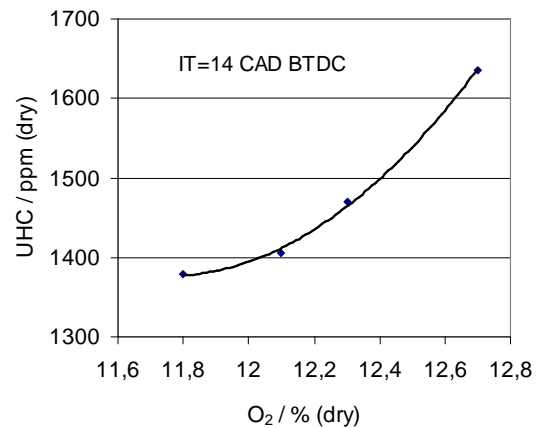
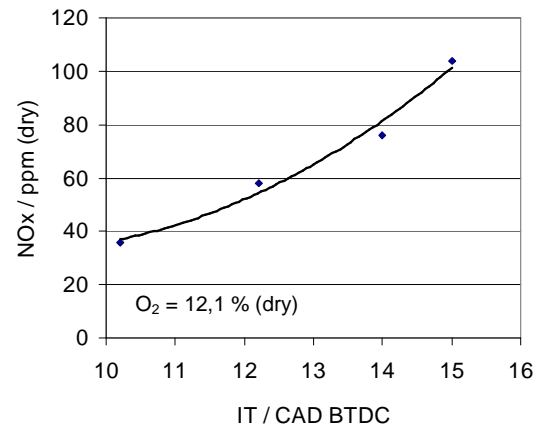
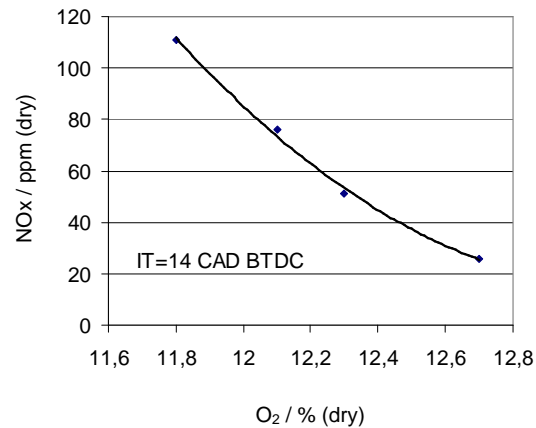


Gasmotorer - styringsprincipper

- Nogle motorer opererer med et fast gas/luftforhold og vil køre mere magert, såfremt naturgaskvaliteten går mod lavere brændværdi.
- Derved falder røggastemperaturen med faldende NO_x til følge. UHC og evt. CO vil typisk stige, da der vil forekomme udsættelse og uregelmæssig drift.



Gasmotorer - styringsprincipper

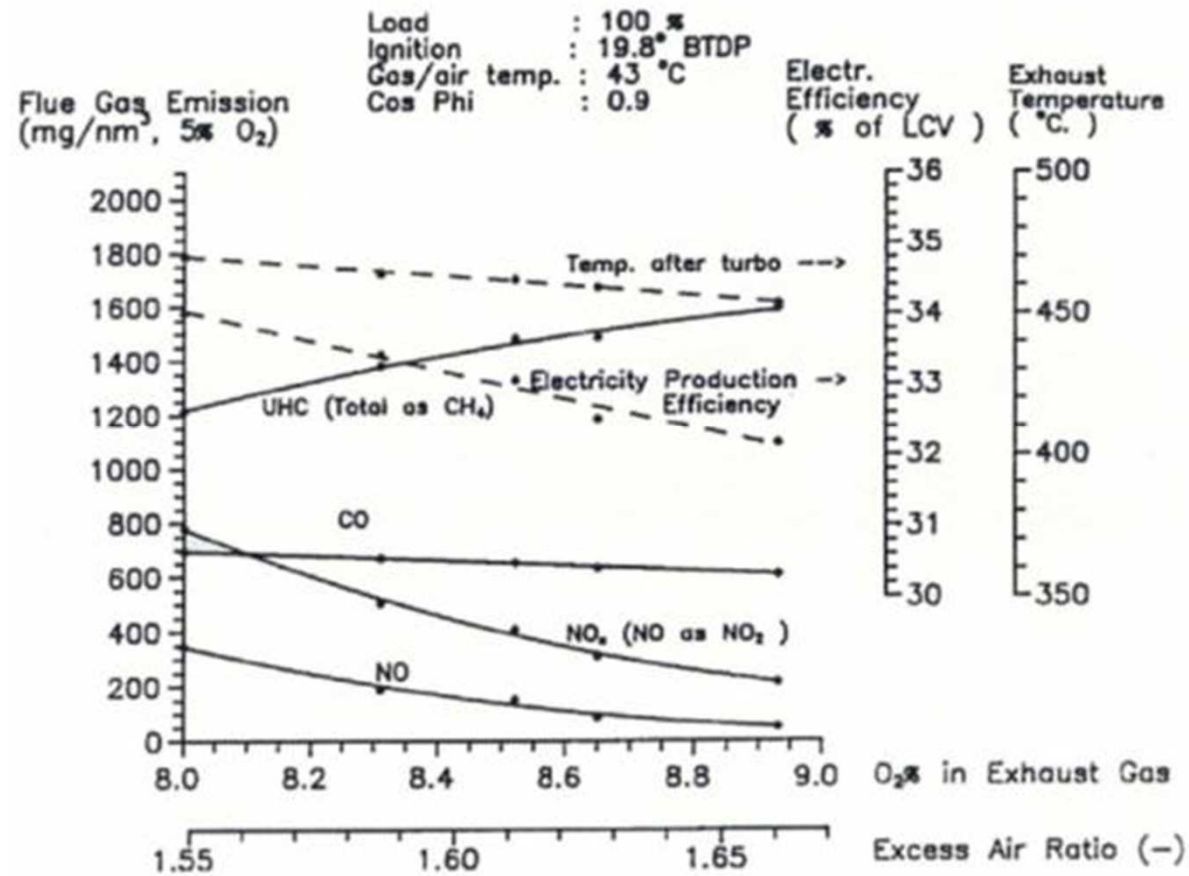


Effekt af variation af luftoverskud (O₂) og tændingsindstilling (IT) på forkammer motor

Fra projektet:
"Environmental optimisation of natural gas fired engines"



Gasmotorer - styringsprincipper



Drifts- og emissions-sammenhænge for åbenkammermotor som funktion af luftoverskud (lambda)/iltindhold i røggas



Gasmotorer – sikkerhed og drift

Sikkerhed:

Ikke problematisk!

Drift

- Motorer bør kunne køre på alle de viste gasser.
- Dynamik: På visse motorer eller anlæg vil formentlig skulle foretages udstyrsændring/udskiftning for at kunne håndtere skift.
- Et skift mellem "yderpunktsgasser" over ca. 20 minutter vil så kunne håndteres af hovedparten af motorerne. Et enkelt betydende fabrikat kræver iht. specifikationer væsentligt længere tid.
- For et antal motorer skal der ske fornyet indregulering/indtrimning af styring, gasrampe mv.
- Kendskab til aktuel gas ved start og indregulering vil være ønskelig/nødvendig



Gasmotorer – emissioner og virkningsgrad

Hovedkonklusioner

- Få oplysninger om kvantitative ændringer i emissioner og virkningsgrad ved skift i gaskvalitet.
- Tre af de mest betydende leverandører forventer ingen betydende ændringer i NO_x emissioner eller elvirkningsgrad. Der kan dog forekomme et marginalt fald i virkningsgrad afhængig af styringsstrategi (NO_x, bankning mv.)
- Den fjerde af de 4 store leverandører forventer konstant elvirkningsgrad, 10 % fald i NO_x, og 10 – 30 % stigning i UHC ved skift fra dansk naturgas til tysk gas med lavt wobbetal.



Gasmotorer – emissioner og virkningsgrad

- For små motorer, samt motorer med simple styringer, kan det ikke udelukkes, at ændring i emissioner og virkningsgrad bliver mere udtalte.
- På baggrund af eksisterende viden kan der forventes fald i NO_x på mere end 50 % og stigning i UHC på ca. 40 % ved skift fra dansk naturgas til tysk gas med lavt wobbeindeks. Disse motorer omsatte under 10 % af det samlede naturgasforbrug i Danmark i 2009.



Gasmotorer – emissioner og virkningsgrad

- Nogle motoranlæg kræver nye sensorer og kontrolsystemer for at emissioner og elvirkningsgrad kan holdes uændrede.
- Mindre fokus på fintuning af virkningsgrad – driftsstabilitet prioriteres højere.
- Ved konstant-NO_x drift forventes 0,3 % point fald i elvirkningsgrad pr. 10 enheders stigning i metantal ved skift fra dansk til tysk gas (pga. mindre reduktion i forbrændingshastighed)



Gasmotorer – emissioner og virkningsgrad

- Der kan være problemer med gasfremføring ved skift til gas med lav brændværdi. Øget gasforbrug kan medføre trykfald i gasrør og motorenes gasramper (ændrede gasramper eller kompressorer).
- Enkelte oplevelser med udsættelse og ustabil drift ved fuldlast (tilskrives trykforhold i gassystemet).
- Metantalsmåler kan være et redskab til forbedret opstart efter stilstand og skift i gaskvalitet.

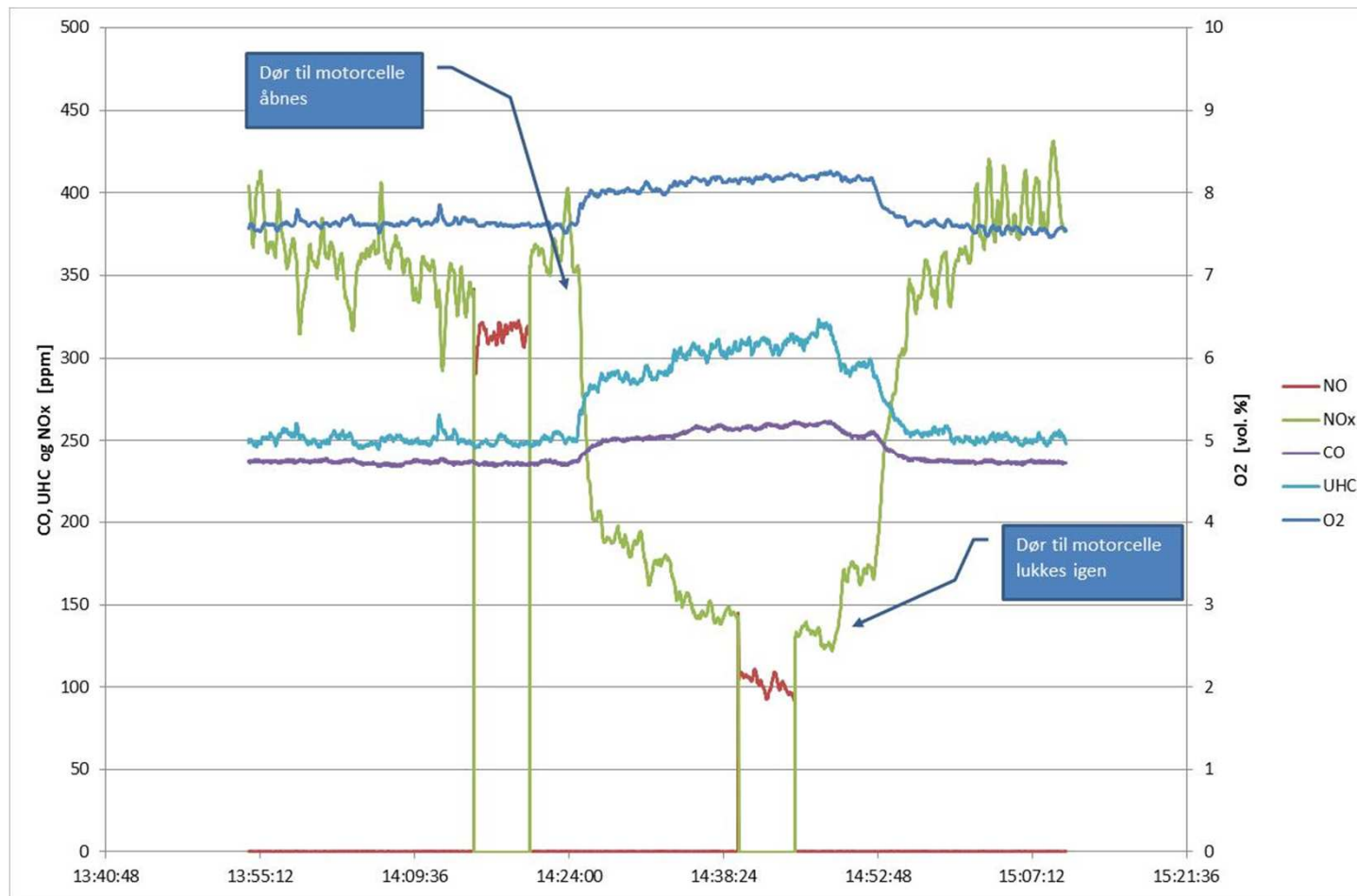


Gasmotorer – varmeevkningsgrad

- Der kan forventes et fald på ca. 0,5 % point i varmeevkningsgrad ved skift fra dansk til tysk/russisk naturgas for motorer uden automatisk styring af gas/luft forholdet
- For motorer med automatisk regulering af gas/luftforhold, herunder motorer, der styrer efter konstant røggastemperatur, forventes ikke signifikant ændring af varmeevkningsgraden, da temperaturforhold og røggasmængder kun forventes at ændres marginalt ved skift i gaskvalitet.



Emissioner fra mindre gasmotor – et eksempel





Gasturbiner – sikkerhed og drift

Sikkerhed:

Ikke problematisk på de anførte gastyper!

Drift

- Gasturbinerne bør kunne køre på alle de viste gasser.
- Det må klarlægges, om det fornødne gastryk kan leveres ved gasforsyning med lav brændværdi.
- Flere leverandører anfører, at indregulering skal foretage med gas midt i området, frem for "yderpunktsgas".
- Flere leverandører har +/- acceptgrænse på Wobbetal; udvidelsen vil kræve ekstraudstyr.

- Dynamik: Flere leverandører anfører, at et skift mellem gastyper skal/bør ske over minutter frem for sekunder.



Gasturbiner – emissioner og virkningsgrad

- Seneste (men få) udmeldinger fra gasturbineleverandører: Der forventes ikke signifikante ændringer i emissioner eller elvirkningsgrad ved skift dansk og tysk naturgaskvalitet.
- Erfagrupperen for gasturbiner meddelte i 2009, at gasturbineanlæggene generelt ikke var parat til at klare gasleverancer med en svingende kvalitet som den forventede import af tysk gas forventes at udgøre (driftsstabilitet og opstartsproblemer).



Gasturbiner – emissioner og virkningsgrad

- Enkelte af de store kraftværksturbiner har installeret gaskromatograf (tilbagekoblede gaskromatografer kan være nødvendige for justering af brænderne).
- Et enkelt værk har investeret i et nyt pulsationsovervågningsystem for at understøtte flammestabilisering og derved undgå pulsering i brændkammer samt overholde emissionsgrænser, når gaskvaliteten varierer.
- Gasaturbiner med nyere low NO_x (premix) brændere er mere følsomme for ændringer i gaskvalitet, idet der kan opstå pulsationer, flash back, auto-ignition og lean blowout.



Observerede problemer ved import efterår 2010

Gasturbiner

- DGC har ikke kendskab til rapporterede problemer; der er observeret øget m³-forbrug.

Gasmotorer

- Et antal motorer har ikke kunnet holde fuldlastydelse.
- Observeret øget m³-forbrug, på enkelte anlæg >15 %.
- Der er meldt om fald i virkningsgrad.
- Enkelte anlæg har haft problem med elnet-synkronisering.
- Enkelte med startproblem.

Observationerne er alle fra det syd- og sønderjyske område; de fleste af problemerne knytter sig til et fabrikat.



FAU-GI projekt – ydelse og virkningsgrad

I forbindelse med import af gas fra Tyskland med lav brændværdi/Wobbetal i efteråret 2010 kom der meldinger fra et antal gasmotorbaserede kraftvarmeanlæg i Syd/Sønderjylland om eksempelvis:

- Forringet ydelse
- Øget forbrug
- Dårligere virkningsgrad

For at skaffe sikker og faktuel viden om disse forhold udføres der kontrollede fuldlastydelses-, virkningsgrads- og emissionsmålinger på udvalgte anlæg i det syd- og sønderjyske område. Der udføres måling på dage/tidspunkter med henholdsvis vanlig dansk naturgas og på andet tidspunkt med importeret gas med lav brændværdi.



INTELLIGENT GAS TECHNOLOGY



Tak for opmærksomheden