



Af Torben Kvist,
Dansk Gasteknik Center a/s

Hvad er værst – NO_x eller kulbrinteemission?

Samfundsøkonomiske fordele ved at reducere NO_x gennem ændring af motorindstillinger, selv om det øger gasforbrug og kulbrinteemission.

I Danmark er der udbredt brug af naturgasfyrede kraftvarmeværker til elproduktionen vha. af naturgasfyrede motorer. I alt er der installeret produktionskapacitet på godt 900 MW el.

De naturgasfyrede motorbaserede kraftvarmeværker passer perfekt ind i et elsystem med fluktuerende produktion fra f.eks. vindmøller, idet motoranlæggene hurtigt kan skrue op og ned i effekt for at kompensere for svingende elproduktion fra vindkraft.

Fra de naturgasfyrede motorer er der en vis emission af NO_x, CO og uforbrændte kulbrinter. Disse emissioner kan reduceres kraftigt vha. forskellige røggasrensningsteknologier. Som alternativ til installering af udstyr til røggasrensning, kan man ændre motorernes driftsindstillinger.

Der er dog visse begrænsninger. Det er f.eks. velkendt, at hvis man ændrer luftoverskuddet eller tændingstidspunktet for at reducere NO_x-emissionen, vil det typisk medføre forøgede emissioner af uforbrændte kulbrinter. Der er desuden en tendens til, at motorernes elvirkningsgrad falder, når man ændrer motorindstillinger for at reducere NO_x-emission.

NO_x er sundhedsskadeligt

NO_x i indåndingsluften kan være kræftfremkaldende og kan udløse astma og forværre tilstanden hos mennesker, der lider af astma.

Uforbrændte kulbrinter fra naturgasmotorer består primært af metan, der er en kraftig drivhusgas.

For at vurdere, om de sam-

lede skadesvirkninger i form af sundhedsomkostninger og skader som følge af klimaeffekter kan reduceres ved at ændre motorindstillinger, er der gennemført et forskningsprojekt med deltagelse af gasmotorproducenterne Rolls-Royce og Wärtsilä samt Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) og Dansk Gasteknik Center (DGC). I det følgende præsenteres nogle af resultaterne fra dette arbejde.

Måling på gasmotorer

For at vurdere i hvilken grad reduktion af NO_x-emissioner ved ændring af motorindstilling påvirker de øvrige emissioner og motorernes varme- og elvirkningsgrader er der foretaget målinger på fire forskellige motorer ved forskellige driftsindstillinger.

De udvalgte motorer er i drift på naturgasfyrede kraftvarmeværker. Motormodeller og størrelser fremgår af nedenstående tabel 1.

Nr.	Model	Størrelse
#1	Rolls Royce B35:40	4990 kW _e
#2	Rolls Royce KVG5-G4	2075 kW _e
#3	Wärtsilä V25SG	3140 kW _e
#4	Wärtsilä V34SG	6060 kW _e

Tabel 1. Model og størrelse af undersøgte motorer.

Motor nummer #1, Rolls Royce B35:40, er en relativ ny motor-model, mens de tre øvrige er meget anvendt på danske kraftvarmeværker. De fire motortyper udgør ca. 40 % af det samlede naturgasforbrug for motorer på de danske kraftvarmeværker.

Der er blevet målt emissioner og virkningsgrader ved syv forskellige kombinationer af luftoverskud og tændingstidspunkt for hver af de fire motorer.

NO_x kan reduceres med 60 %

Figur 1 viser sammenhængen mellem kulbrinteemission (UHC), CO-emission og NO_x-emission for de undersøgte kombinationer af tændingstidspunkt og én af de undersøgte motorer.

Det fremgår her, at det er muligt at reducere NO_x-emissionen fra ca. 150 ppm., som svarer til ca. 500 mg/m³ ved 5 % O₂, til omkring 60 ppm., hvilket svarer til ca. 200 mg/m³ ved 5 % O₂. Det er tilfældet for alle fire motorer.

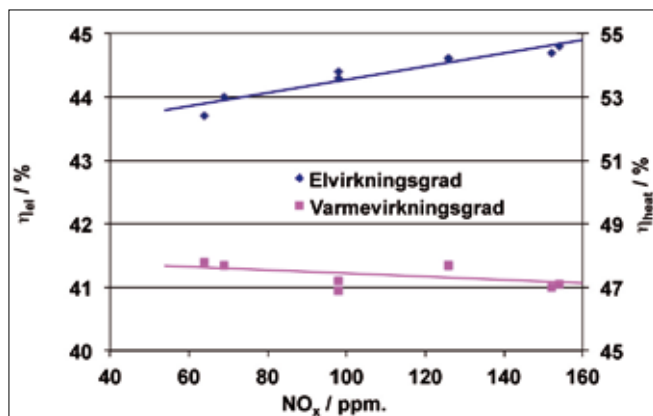
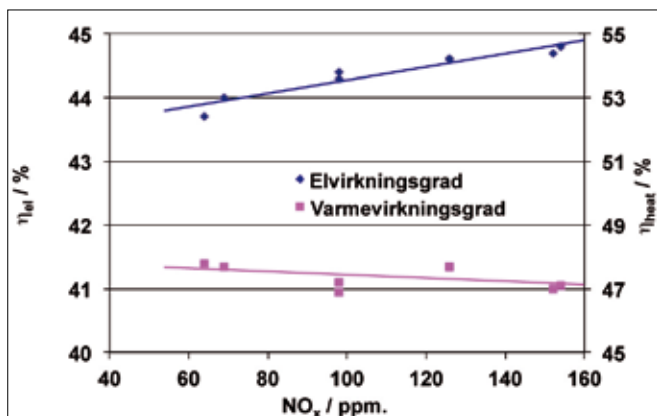
Målingerne viser desuden, at NO_x-emissionen fra motorerne er mere følsom over for ændrede motorindstillinger end emissionen af de øvrige stoffer. Ved at reducere NO_x-emissionen fra 500 til 200 mg/m³ ved 5 % O₂ sås, at UHC-emissionen steg mellem 10 og 50 % for de fire motorer.

Virkningsgraderne påvirkes også af de ændrede motorindstillinger. Ved at reducere NO_x-emissionen fra 500 til 200 mg/m³ reduceredes elvirkningsgraden mellem 0,5 og 1 % point for de undersøgte motorer, jvf. figur 2.

Effekt af emissioner

Emission af skadelige stoffer kan have en række forskellige negative påvirkninger på mennesker. Blandt disse kan nævnes:

- Nedsat aktivitet og sygdom
- Astma



1. Målte emissioner for en af de undersøgte motorer.

2. Virkningsgrader for en af de undersøgte motorer.

- Kronisk bronkitis (KOL)
- Kræft

Danmarks Miljøundersøgelser (DMU) har som en del af projektet værdisat de sundhedsmæssige omkostninger ved emissioner fra de undersøgte motorer.

Det er sket ved at udføre modelberegninger, der viser, hvordan de emitterede stoffer spredes, og hvordan de reagerer kemisk i atmosfæren. Spredningsberegningerne er blevet kombineret med data fra CPR-registeret, der beskriver befolkningstætheden og befolkningssammensætningen. Herved kan man bestemme hvor mange personer, der udsættes for en øget eksponering som følge af emission fra kraftvarmeværket.

På baggrund af disse beregninger er de samfundsøkonomiske omkostninger, der ikke betales via prisen for el/varme (eksternalitetsomkostninger) ved emissioner fra de undersøgte kraftvarmeværker blevet bestemt (tabel 2).

	Kr./kg
NO _x (Sundhed)	125 – 195
CO (Sundhed)	0,005 – 0,010
HCHO (Sundhed)	0,0048 – 0,0175
C ₂ H ₄ (Sundhed)	1,2 – 3,3
CO ₂ (klima)	0,125
CH ₄ (klima)	2,63

Tabel 2. Samfundsøkonomiske omkostninger ved emissioner fra de undersøgte kraftvarmeværker.

Undersøgelsen konkluderer, at naturgasbestanddelene CH₄, C₂H₆ og C₃H₈ ikke giver anledning til sundhedsrisici i de koncentratio-

ner, der er til stede i røggas fra gasmotorer.

Omkostningerne i Tabel 2 er angivet som kr. pr. kilo emitteret af det pågældende stof.

Heraf fremgår bl.a., at de sundhedsrelaterede omkostninger, der er forbundet med NO_x-emission er 125-195 kr. pr. kg NO_x emitteret. Til sammenligning kan det nævnes, at der fra primo 2010 er indført en NO_x-afgift på 5 kr./kg.

NO_x langt det største problem

Værdierne er blevet sammenholdt med de målte emissioner og med målt elproduktion.

Beregninger af eksternalitetsomkostningerne, der er forbundet med emissionerne ved produktion af 1 MWh el på et naturgasfyret motorbaseret kraftvarmeværk viser som ventet, at omkostningerne, der er forbundet med NO_x-emission, stiger næsten lineært, men også at NO_x resulterer i flere samfundsøkonomiske omkostninger end alle de øvrige emissioner tilsammen.

Hvor kulbrinteemissioner er højest, er omkostninger forbundet med NO_x-emission 5 - 8 gange højere end omkostninger forbundet med kulbrinteemissioner for

de fire undersøgte motorer.

Ved en NO_x-emission på ca. 500 mg/m³ ved 5 % O₂ (grænseværdien er 550 mg/m³ ved 5 % O₂) er omkostningerne forbundet med NO_x-emission for de fire undersøgte motorer 15 - 25 gange højere end omkostningerne, forbundet med kulbrinteemissioner.

Øvrige stoffer uden betydning

Betydningen af de øvrige emissioner, som formaldehyd (HCHO), ethen (C₂H₄) og CO, der øges, når NO_x-emissionen reduceres vha. ændring af motorindstillinger, er samfundsøkonomisk uden betydning i forhold til emission af NO_x og klimagasser.

Som tidligere beskrevet falder elvirkningsgraden, når motorerne justeres for at opnå lave NO_x-emissioner. Det betyder, at gasforbruget øges for at opretholde samme elproduktion. Faldet i eksternalitetsomkostninger overstiger langt omkostninger til øget gasforbrug, hvis motorindstillingerne ændres for at reducere NO_x-emissionerne.

Projektrapporten kan ses på www.dgc.dk. Projektet er støttet af Energinet.dk via ForskEl.



SONLINC
- forsyning i system

SonWin -
Komplet naturgasløsning
fra handel til slutafregning

CHARLOTTENLUND · KOLDING
TLF +45 3990 9191 · WWW.SONLINC.DK