

# Brændselsanalyse – Info om et par analyseparametre

## Aske – hvad er det - og hvad betyder det for driften?

Der ikke aske i et brændsel, men den rest, der bliver tilbage ved en standardiseret, total afbrænding af brændslet i en laboratorieovn benævnes "aske" eller "askeindholdet". Jo større rest, des mere aske skal der bortskaffes efter en termisk omsætning af brændslet - og hvis askens smeltetemperatur er lav, er der mulighed for store slaggeproblemer.

Bestemmelse af aske foretages for de faste mineralske brændsler vedkommende ved en udglødning ved 815 °C til konstant vægt og for biobrændslerne vedkommende, en udglødning ved 550 °C. Den lavere glødetemperatur for biobrændslerne skyldes, at biomasse ofte indeholder større mængder af uorganiske salte, som vil fordampe ved temperaturer over 600 °C. I fuldskalaanlæg vil de afdampede salte på gasform efterfølgende kondensere til fine partikler, når røggastemperaturen falder i konvektionsdelen.

## De flygtige bestanddele – hvad er det, og hvad fortæller det os?

De flygtige bestanddele bestemmes i laboratoriet som den del af brændslet, udover vand, der afgives ved en opvarmning til 900 °C uden adgang af luft i præcis 7 minutter. De flygtige bestanddele er en empirisk kulkvalitetsparameter, som anvendes til vurdering af kuls reaktivitet. For kul ligger indholdet fra under 10 % i antracitkul til op omkring 70 % på vand- og askefri basis i brunkul.

Da faste biobrændsler fremstillet af almindelig biomasse, dvs. ikke pyrolyseret eller komposteret biomasse, generelt er reaktive brændsler, er der ingen grund til at bestemme flygtige bestanddele. Indholdet af de flygtige bestanddele i almindelig biomasse ligger lige omkring 80 % på vand- og askefri basis for langt de fleste biomasser.

Ud fra indholdet af de flygtige bestanddele kan beregnes det såkaldte "Fixed carbon" (der findes ikke et tilsvarende begreb på dansk), idet Fixed carbon er den koksrest udover aske, der forbliver tilbage ved opvarmningen til de 900 °C. Altså:  $\text{Fixed carbon} = 100\% - \% \text{vand} - \% \text{aske} - \% \text{flygtige bestanddele}$ .

## Brændværdi – men hvilken?

Det, vi måler i laboratoriet, er den Øvre brændværdi ved konstant volumen. Den øvre brændværdi er den højeste brændværdi, idet den inkluderer vandets kondensationsvarme, dvs. at alt vand efter en forbrænding regnes på væskeform. I Europa er det almen praksis at anvende den Effektive (eller Nedre) brændværdi ved konstant tryk ved karakterisering og handel med brændsler.

Den effektive brændværdi beregnes ud fra den øvre brændværdi, idet denne fratrækkes vandets kondensationsvarme for både indeholdt vand (i brændslet) og det ved en forbrænding dannede vand (som beregnes ud fra indholdet af hydrogen, H, i brændslet), dvs. alt vand regnes her at være på dampform.

Den effektive brændværdi kan også beregnes ved konstant volumen, - men vær opmærksom på, at denne værdi er højere end værdien ved konstant tryk (som svarer mest til de virkelige forbrændingsforhold).

$$q_{p,net,M} = q_{V,gr,M} - 212 \times H_M - 0,8 \times (O_M + N_M) - 24,4 \times M$$

idet

- $q_{p,net,M}$  er den effektive brændværdi ved konstant tryk, ved et vandindhold på M vægt%, i J/g  
 $q_{V,gr,M}$  er den øvre brændværdi ved konstant volumen, ved et vandindhold på M vægt%, i J/g  
 $H_M$  er indhold af hydrogen ved et vandindhold på M vægt%, eksklusiv hydrogen i indeholdt vand  
 $O_M$  er indhold af oxygen ved et vandindhold på M vægt%, eksklusiv oxygen i indeholdt vand  
 $N_M$  er indhold af nitrogen ved et vandindhold på M vægt%  
 $M$  er indholdet af vand, i vægt%

Formel 1. Beregningsformel for effektiv/nedre brændværdi, ved M % vand

For at beregne den effektive brændværdi ved konstant tryk kræves således, - udover den øvre brændværdi, også kendskab til indholdet af hydrogen samt i mindre betydende grad, kendskab til indholdet af nitrogen og oxygen. For velkendte brændsler som kul, træ og halm kan bruges empiriske formler, som f.eks Seylers formel, eller typiske default værdier for fastsættelse af indholdet af hydrogen. For mere ukendte brændsler eller brændselstyper, hvor hydrogenindholdet kan være meget varierende (som olivengranulater, med varierende restindhold af olivenolie) vil det være nødvendigt at bestemme indholdet af hydrogen for at kunne beregne den effektive brændværdi.

Hvis man kender den effektive brændværdi ved ét vandindhold, kan man beregne den effektive brændværdi ved et andet indhold:

$$q_{p,net,M^*} = (q_{p,net,M} + 24,4 \times M) \times \frac{100 - M^*}{100 - M} - 24,4 \times M^*$$

idet

- $q_{p,net,M^*}$  er den effektive brændværdi ved konstant tryk, ved et vandindhold på M\* vægt%, i J/g  
 $q_{p,net,M}$  er den effektive brændværdi ved konstant tryk, ved et vandindhold på M vægt%, i J/g

Formel 2. Beregningsformel for omregning af effektiv brændværdi fra et vandindhold til et andet

SI-enheden for brændværdierne er J/g (= kJ/kg), men opgives ofte også i andre enheder, f.eks:

MJ/kg = værdi i J/g divideret med 1000

kcal/kg = værdi i J/g divideret med 4,1868

kWh/kg = værdi i J/g divideret med 3600

Brændselsanalyseparametre kan angives/rapporteres på forskellig prøvebasis, f.eks rapporterer FORCE Technology den effektive brændværdi på følgende, tre prøvebasis:

- **indleveret prøvebasis**, dvs. effektiv brændværdi ved det foreliggende vandindhold i prøven. Det svarer til energiindholdet for det indfyrede brændsel.

- **vandfri eller tør prøvebasis**, dvs. effektiv brændværdi for tørstoffet af den indleverede prøve. Erfaringsværdier for energiindholdet af den vandfri prøve bruges i nogle kontrakter for afregning af leverede partier (sammen med aktuelt målt vandindhold).
- **vand- og askefri basis**, dvs. effektiv brændværdi for den rent brændbare del af prøven. Energiindholdet på vand- og askefri basis er et nyttigt nøgletal, da det ligger på et fast niveau for den pågældende brændselstype. F.eks:

32 MJ/kg for almindeligt (bituminøst) kul

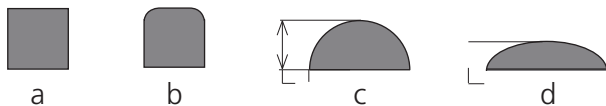
19 MJ/kg for træ (idet løvtræ ligger lavest i værdi og nåletræ højest)

18 MJ/kg for halm og græs

17 MJ/kg for korn.

### Brændselsaskens smelteforløb - standardmetoder

En indikation for brændselsaskens smelteforløb kan fås ved bestemmelse af "de karakteristiske temperaturer" jf. standarden ISO 540 for de faste mineralske brændsler og CEN/TS 15370-1 for de faste bio-brændsler. Metoden i de to standarder er i princippet ens, men i CEN/TS 15370-1 sættes flere begrænsninger (f.eks. må kun anvendes et lille cylinderformet prøvelegeme), og asken fremstilles ved en lavere temperatur. Ved testen fremstilles en repræsentativ analyseprøve af brændslet, som foraskes i laboratoriet. Af asken fremstilles et lille prøvelegeme, som observeres under en langsom opvarmning til 1500 °C under kontrollerede betingelser. Under forløbet fastlægges de karakteristiske temperaturer ud fra profilerne nedenfor.



Profiler for de karakteristiske temperaturer.

Profilerne viser:

- a) Start
- b) Blødgøringstemperatur
- c) Halvkugletemperatur
- d) Flydetemperatur

Testen kan enten foretages i reducerende atmosfære (CO/CO<sub>2</sub>) eller oxiderende atmosfære (luft). Anvendelse af reducerende atmosfære giver generelt de laveste Blødgøringstemperaturer.

#### Yderligere information

Susanne Westborg: Tlf. 43 25 06 73 / E-mail: [swe@force.dk](mailto:swe@force.dk)