

Kosteusmittausten haasteet

*Luotettavuutta päästökauppaan liittyviin mittauksiin,
MIKES 21.9.2006*

Martti Heinonen

Tavoite

Kosteusmittaukset ovat haastavia; niiden luotettavuuden arviointi ja parantaminen on vielä haastavampaa.

- Miksi?
- Mitä?
- Miten?

Miksi?

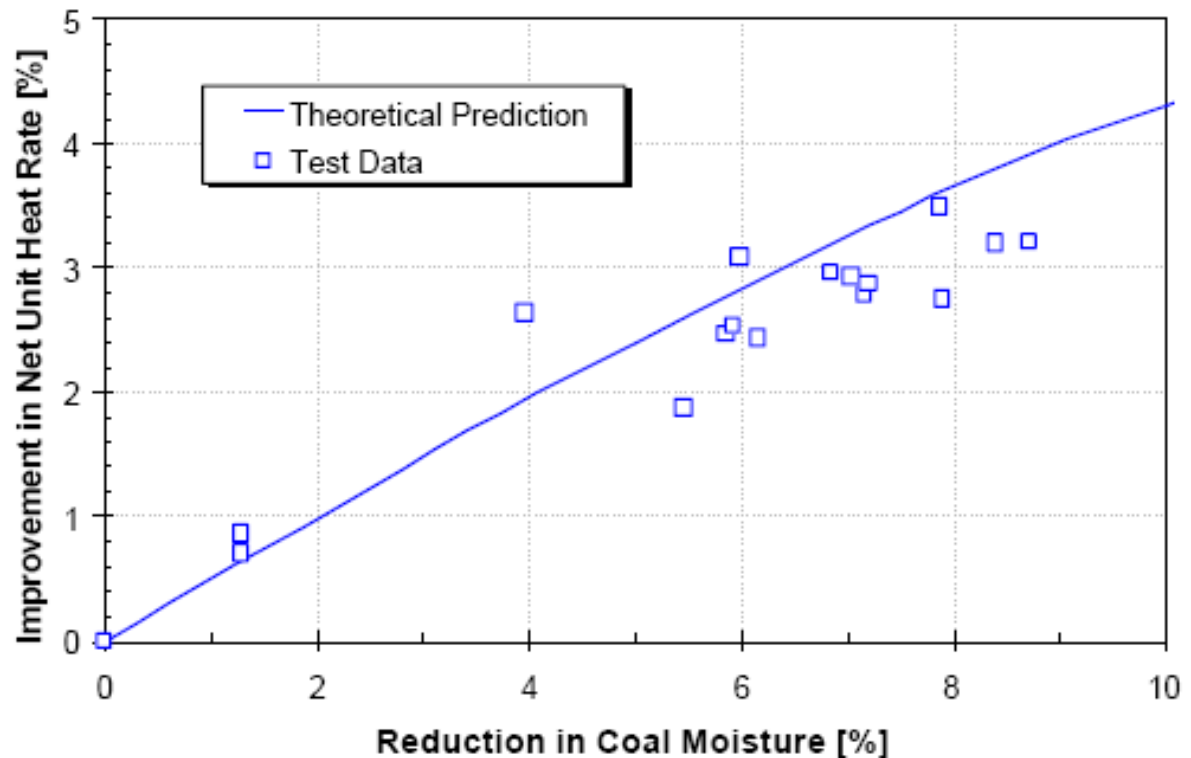
- Polttoaineen kosteus vaikuttaa polttoprosessiin
 - Lämpöarvo; hyötysuhde
 - Polttoaineen käsiteltävyys
 - Korroosio yms.



[R. Hatt, Coal Combustion, Inc.]

Hiilen kosteuden merkitys

- Kattilan hyötysuhde vähenee tyypillisesti 0.1% polttoaineena käytettävän hiilen kosteuden kasvaessa 1 %
- Vaikutus voi olla dramaattisempikin:



[Lehigh Energy Update, Vol. 20 (2) August 2002]

Mitä?

- Kosteudella kuvataan veden määrää jossakin aineessa (kaasumainen, nestemäinen tai kiinteä aine; monifaasiset aineet).
- Kaasun kosteudella (engl. *humidity* tai *moisture*) kuvataan johonkin kaasuun sekoittuneen kaasumaisen (eli vesihöyryn) veden määrää.
- Materiaalin kosteudella (engl. *moisture*) kuivaan materiaaliin sitoutuneen tai sekoittuneen veden määrää.
- Kaasun vesipitoisuudella kuvataan kaasun sisältämän vesihöyryn sekä nestemäisen ja kiinteän veden määrää (monifaasi).

MITÄ?

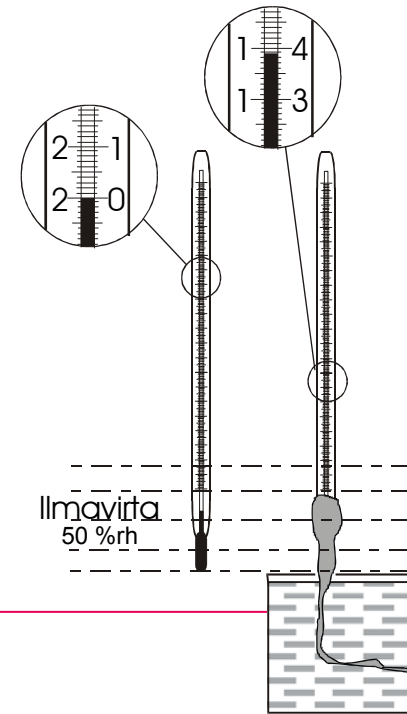
- Mitä kosteus on?
- Mitä kosteusmittauksella halutaan selvittää?
- Miten olosuhteet vaikuttavat kosteuteen?

Kaasun kosteus

- Kaasun lämpötila (ja paine) määrittelee maksimimäärän siihen sekoittuneelle vesihöyrylle:
 - Mitä korkeampi lämpötila sitä enemmän kaasussa voi olla kaasumaista vettä eli vesihöyryä.
- Suhteellinen kosteus (RH):
 - Kaasussa tarkasteluhetkellä olevan vesihöyryn määrä suhde maksimimäärään (tarkasteluhetken lämpötilassa ja paineessa)
- Kastepistelämpötila (t_d):
 - Lämpötila, jossa vesihöyryn määrä saavuttaa maksiminsa, kun tarkasteltavaa kaasua jäähdytetään painetta muuttamatta (vettä alkaa tiivistyä).

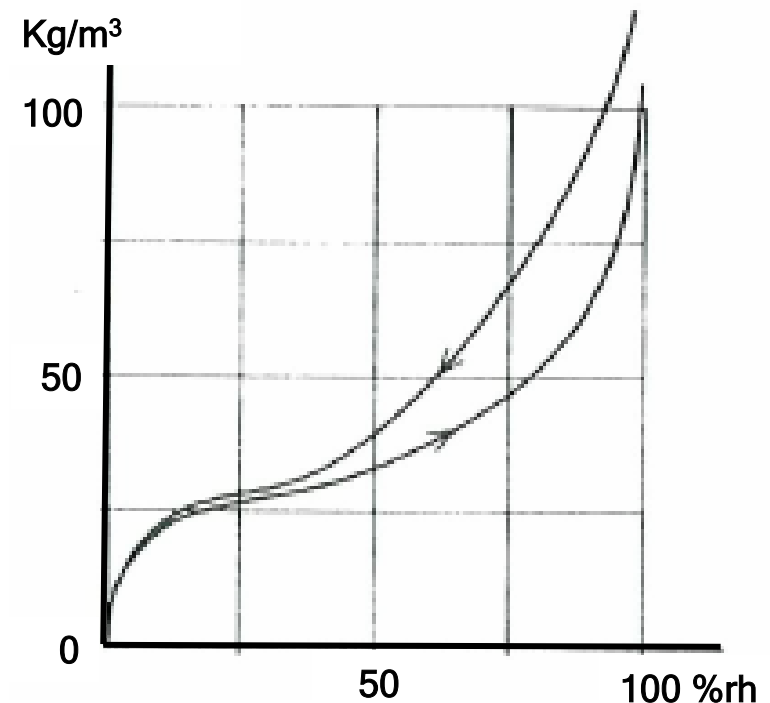
Kaasun kosteus

- Kosteussuhde (höyrystuhde):
 - Veden massan suhde kuivan kaasun massaan
- Muita mittaussuureita: märkälämpötila (wet-bulb temperature), absoluuttinen kosteus (eli vesihöyryn osatiheys) yms....



Materiaalin kosteus

- Materiaalissa kosteus voi olla vapaana tai sitoutuneena vetenä.
- Usein halutaan mitata kokonaisvesipitoisuutta eli veden massan suhdetta kokonaismassaan.
- Muita: tasapainokosteus (esim. rakenteet), veden aktiivisuus (esim. ruoka-aineet) jne.



Erään betonilaadun tasapainokosteuskäyrä 20 °C:ssa
[Ympäristöopas 28, YM 1997]

Materiaalin kosteus

- Tyypillisiä arvoja [VTT Tiedote 2045, Espoo 2000]:
 - Kivihiili: $10\%_w$
 - Turve: $35\%_w - 50\%_w$
- Haihtuva vesi jäähdyyttää
- Lämpötilan noustessa:
 - Ilman suhteellinen kosteus pienenee
 - Materiaaleista vapautuu vettä
 - Materiaalin tiheys muuttuu
- Kosteus siirtyy yleensä hitaasti
→ kosteuserot tavallisia

Näytteenotto

- Kaasut:
 - Lämpötila
 - Veden haihtuminen ja tiivistyminen/adsorboituminen
 - Edustavuus
- Materiaalit
 - Edustavuus
 - Stabiilius
 - Säilytys (tiiviyys, materiaalit)
 - Käsittely

MITEN?

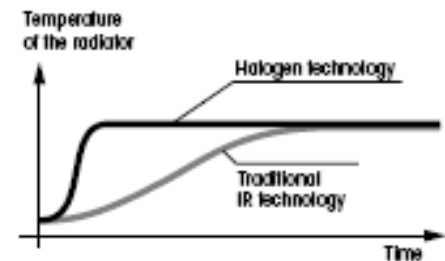
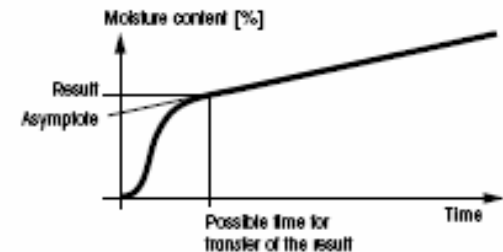
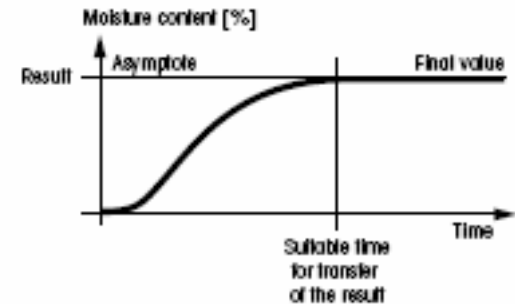
- Miten materiaalien kosteutta mitataan?
- Mitkä asiat vaikuttavat mittaustuloksiin?

Referenssimenetelmä

- Punnitus-kuivaus -menetelmä:
 - Näytteenotto ja -käsittely
 - Punnitus
 - Uunikuivaus; tyypillisesti $(105 \pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ / 16 h ... 24 h
 - Punnitus
 - Vesipitoisuus:
$$\frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%$$
- Aikaa vievä laboratoriomenetelmä.
- Suuri käsityön määrä virhemahdollisuuksineen.
- Muut haihtuvat aineet vaikuttavat tulokseen.
- Näytteen kuiva-aine voi muuttua mittauksen aikana.

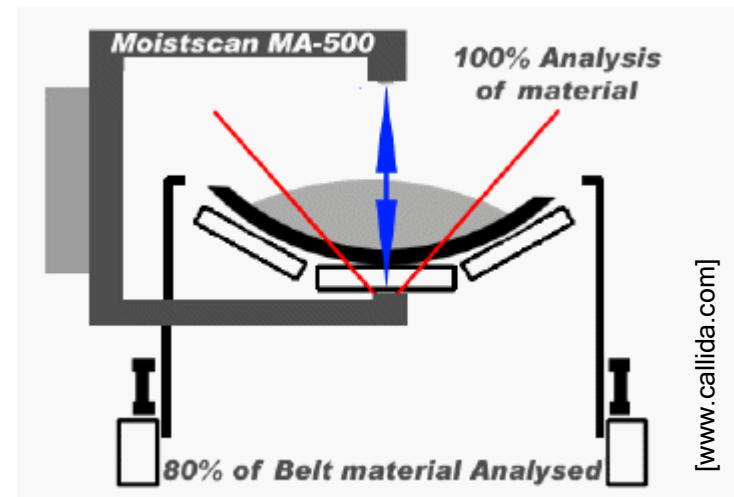
Muita termogravimetrisiä menetelmiä

- Tyhjiöuunikuivaus
 - Alipaine; alhaisempi lämpötila
- IR- ja halogeenikuivaus
 - Dynaaminen massan mittaus
 - Nopea
- Mikroaaltokuivaus
 - Dynaaminen massan mittaus
 - Nopea
 - Ei sovi alhaisen kosteuden määrittämiseen (< 2%)



Mikroaaltokosteusmittaus

- Polaarisen aineena vesi lisää merkittävästi mikroaallon vaimenemista ja hidastumista aineessa.
- On-line mittaus: mm. hiili
- Viritys mitattavalla materiaalilla + kosteuskalibrointi
- Yleensä herkkä tiheys- ja lämpötilamuutoksille (kompensointimenetelmiä on kehitetty)



IR-kosteusmittaus

- Vedellä suuria absorptiopiikkejä IR-alueella: IR-säteilyn intensiteetti pienenee.
- Mittaus vähintään kahdella aallonpituudella, jotta voidaan poistaa harmaataso
(eli muusta kuin kohteen kosteudesta aiheutuva absorption muutos)
- On-line kosteusmittaus turpeesta: mitattu heijastuneen IR-säteilyn absorptiota
→ vain pinnasta
- Viritys mitattavalla materiaalilla + kosteuskalibrointi
- Yleensä herkkä tiheys- ja lämpötilamuutoksille

Muita

- Ionisoivaan (neutroni) säteilyyn perustuvia menetelmiä.
- NMR
 - Kallis eikä sovellu muutenkaan kenttäkäyttöön
- Johtavuuteen perustuva
 - Herkkä monenlaisille muutoksille mittauskohteessa ja mittapäässä
- Tasapainokosteuteen perustuva
 - Esim. turpeessa vesipitoisuus usein liian korkea

KOSTEUSMITTAUSTEN HAASTEET

- Johtopäätöksiä -

Haasteet

- Mittauskohde:
 - Epähomogeeninen ja epästabiili
 - Kenttäolosuhteet
- Mittaustekniikka:
 - On-line mittaukset riittävän luotettavalle tasolle
 - Uusia mittausmenetelmiä?
 - Uusia/parempia laadunvarmennusmenetelmiä?
 - Varmenavissa laboratoriomittauksissa näytteenoton ja -käsittelyn laadun hallinta
- Mittausepävarmuus alle 1 %

KIITOS!

Keskustellaan/ideoidaan lisää:

Martti Heinonen

Puh: 010 6054 402

E-mail: martti.heinonen@mikes.fi