



MAASEUTU.FI

Euroopan maaseudun
kehittämisen maatalousrahasto:
Eurooppa investoi maaseutualueisiin.



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus



Pellettikoe

Kosteuden vaikutus savukaasuihin

Koetestaukset, Energon

Jussi Kuusela

LAMK

Lahden ammattikorkeakoulu
Lahti University of Applied Sciences

HAMK
HÄMEEN AMMATTIKORKEAKOULU
HÄME UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



LUT
Lappeenranta
University of Technology



PRO
Agria Etelä-
Suomi



PRO
Agria Keskusten
Liitto

Johdanto

- Tässä kokeessa LAMKin ympäristötekniikan opiskelijat havainnollistivat miten puupellettien kosteuden muutos vaikuttaa palamisprosessiin
- Kokeessa keskityttiin savukaasujen analysointiin
- Kokeet tehtiin Energonilla 31.10. ja 7.11.

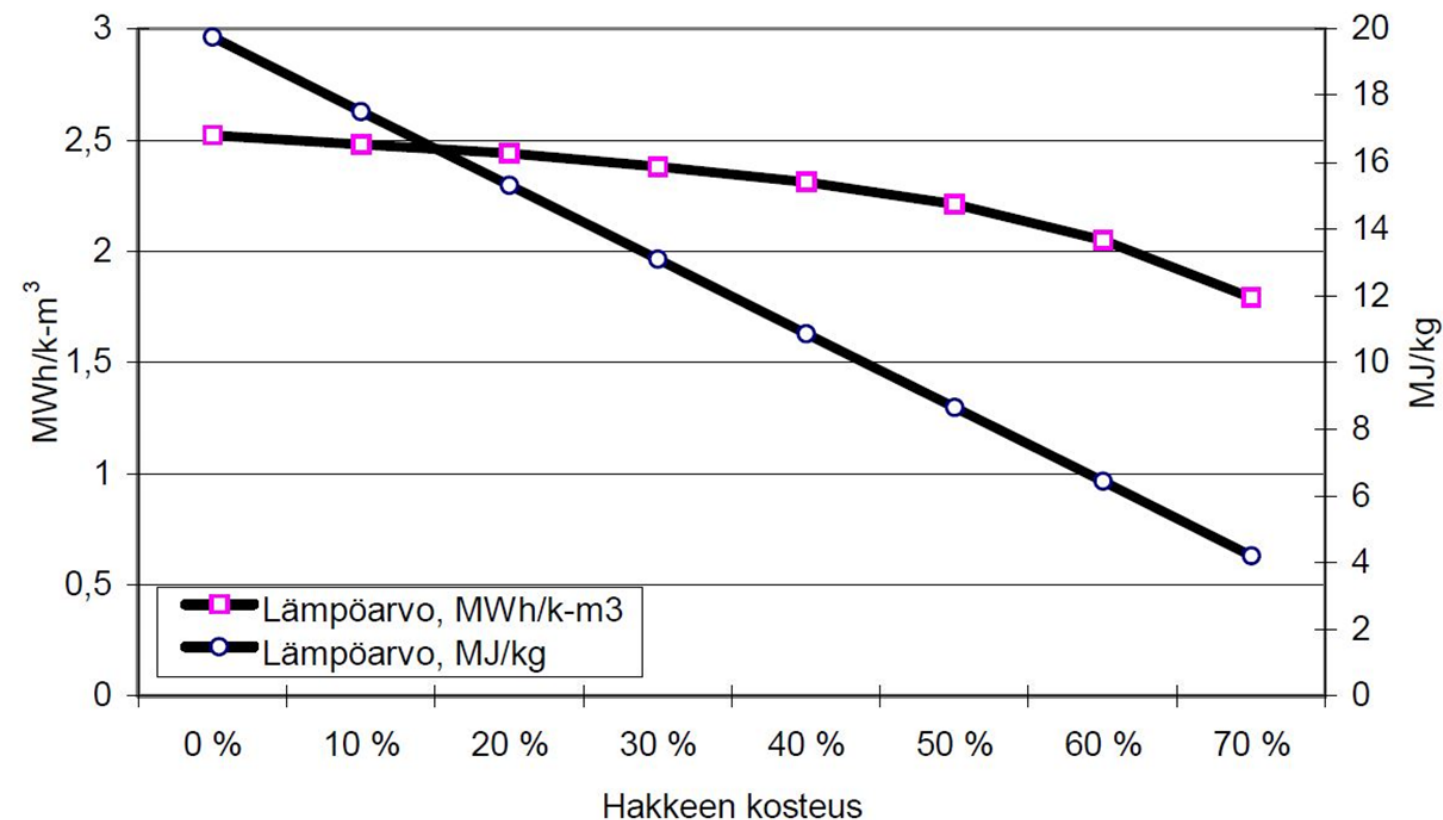


Johdanto



- Energiapuun tärkein laatuominaisuus on sen sisältämä kosteuden määrä
- Energiapuun lämpöarvo (MJ/kg) laskee suoraviivaisesti kosteuden kasvaessa
- Kosteudella selvä vaikutus energiatiheyteen eli tilavuusyksikön energiasisältöön (MWh/m³)





Kuva. Hakkuutähteen tehollisen lämpöarvon riippuvuus kosteudesta (MWh/m³ ja MJ/kg) Alakankaan (2000) mukaan.

Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT tiedotteet nro. 2045



Johdanto



- Loppukäyttäjän kannalta kosteus ja sen avulla määritetyt määrä- ja laatusuuret kuvaavat energiapuun käyttöarvoa parhaiten, mm.:
 - Tehollinen lämpöarvo laskee (veden haihduttaminen kuluttaa energiaa)
 - Hyötysuhde alenee epätäydellisen palamisen ja alentuneen palamislämpötilan seurauksena
 - ”Veden” kuljettaminen lisää kustannuksia
- Kosteuden lisääntymisellä on huomattava vaikutus savukaasujen koostumukseen > päästöt kasvavat
- Toisaalta savukaasujen typen oksidit vähenevät hieman kosteuden lisääntyessä (terminen NO)
- Puupellettien polton päästöt ovat selvästi alhaisemmat kuin esim. pilkettä poltettaessa > pelletit tasalaatuisia



Koejärjestelyt

Pellettipoltin Jäspi XL 15-30 kW



Valmistaja Tillverkare		KAUKORA OY RAISIO FINLAND	
Malli Typ	JÄSPI	PELLETTI XL	
Valmistenumero Tillverkningsnummer		934903	
Valmistusvuosi Tilverkningsår		2008	
Teho Puu/Pelletti/Sähkö Effekt Trä/Pellet/El		25/15-30/6	
Jännite Spänning	50 Hz V	230/400	
Tilavuus Volym	L	220	
Suurin sall.käyttöp. bar Största tillåt.arbetstr.		1,5	
Suurin sall.lämpötila Största tillåt.temp.	C	100	
Alin sall.lämpötila, Lägsta tillåt.temp.	C	0	
			
Eco_UUST_CE			



Koejärjestelyt



Kosteusmittari WILE Bio Moisture Wood

- Tarkoitettu polttopuun (sahanpuru) ja puupellettien kosteuden mittaamiseen
- Näyttää näytteen vesipitoisuuden painoprosentteina
- Kosteuden mittausalue puupelletillä 4 – 23 %



Kiertoveden virtausmittaus FLEXIM Fluxus F601

- Ultraääneen perustuva

Koejärjestelyt



Savukaasuanalysaattori Testo 340

Mitatut suureet:

- Happi % O₂
- Häkä ppm CO
- Typen oksidit ppm NO_x
- Typpimonoksidi ppm NO
- Savukaasun lämpötila °C
- Ympäristön lämpötila °C



Lisäksi käsimittarilla:

- Kiertoveden lämpötila (sisään, ulos)



Koejärjestelyt



VAPO puupelletit

- Tehollinen lämpöarvo
 $\geq 4,7 \text{ kWh/kg}$
- Kuiva pelletti säilytetty
Energonilla
- Kosteaa pellettiä ollut ulkotiloissa
noin kuukauden, lisäksi
pelleteihin sumutettu vettä
yhteensä 1,5 litraa
(pellettimäärä 32 kg)



Koejärjestelyt

1. Kiertoveden virtausmittarin asennus putken yläpuolelle
2. Virtausmittarin kalibrointi
3. Pellettisiilon ja siirtokuljettimen tyhjennys ja täyttäminen koepelleteillä
4. Pellettien kosteusmittaus
5. Alkupolttamisen epäpuhtauksien ja tasaisemman tuloksen varmistamiseksi poltin päällä noin tunnin ennen varsinaista koetta
6. Asennettiin savukaasumittari paikoilleen (n. puoleenväliin savukaasuputkesta)
7. Suoritettiin 10 mittausta 5 minuutin välein (virtaus / veden lämpötilat); savukaasujen mittaus/5 s



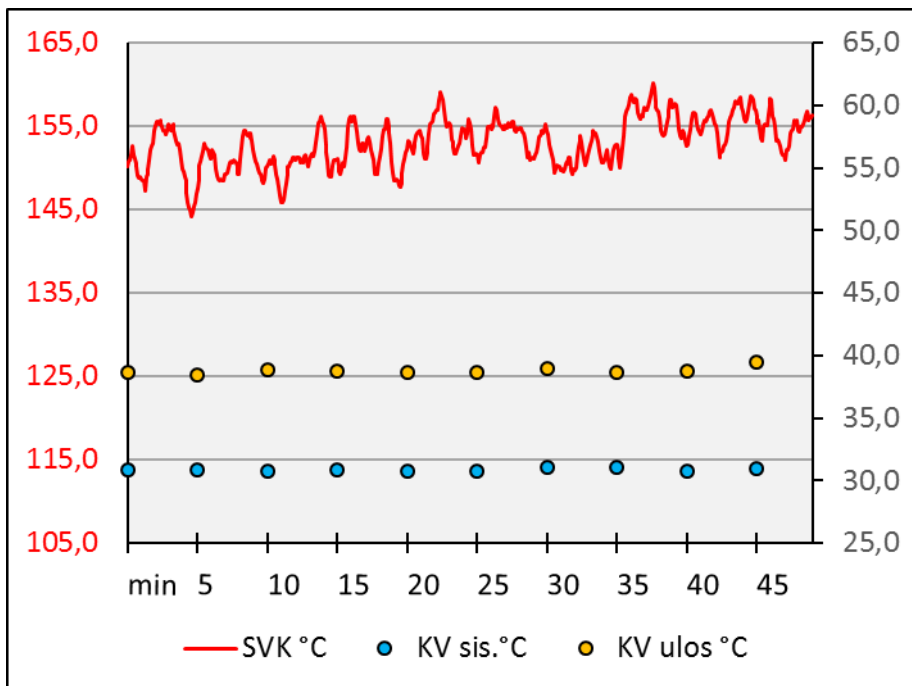
Tulokset

Pellettien kosteus

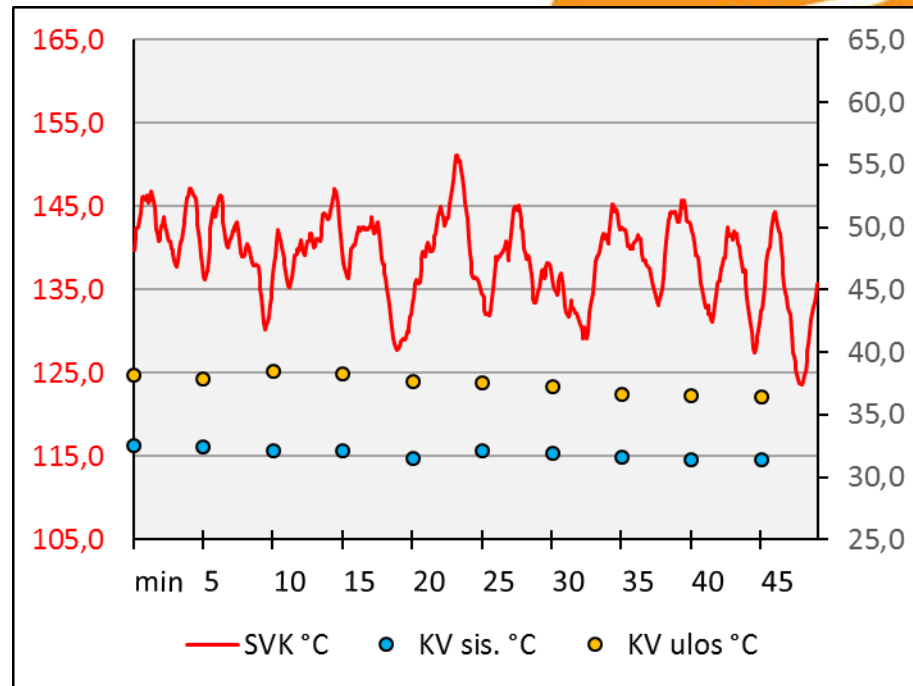
- Kuiva pellettierä mittausten keskiarvo 7,05 %
- Kosteaa pellettiä mittausten keskiarvo 8,35 %
- Kosteaa pellettierän teoreettinen kosteus-% 11,2 %
 - Veden (1,5 litraa) sumutuksen aiheuttama lisäys massa
 - Lisäksi pellettejä säilytetty kosteassa ulkoilmassa



Tulokset



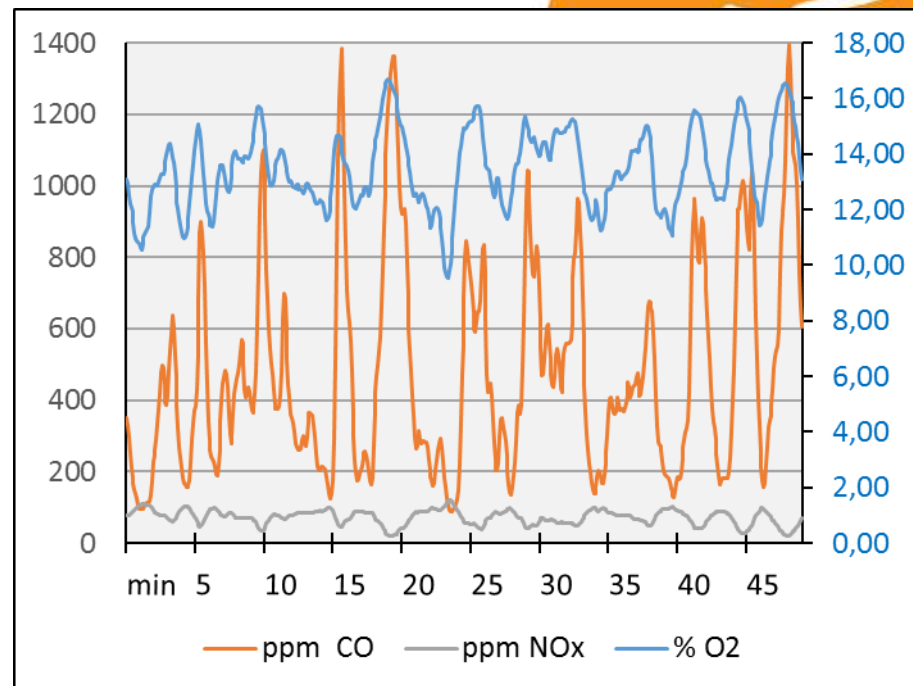
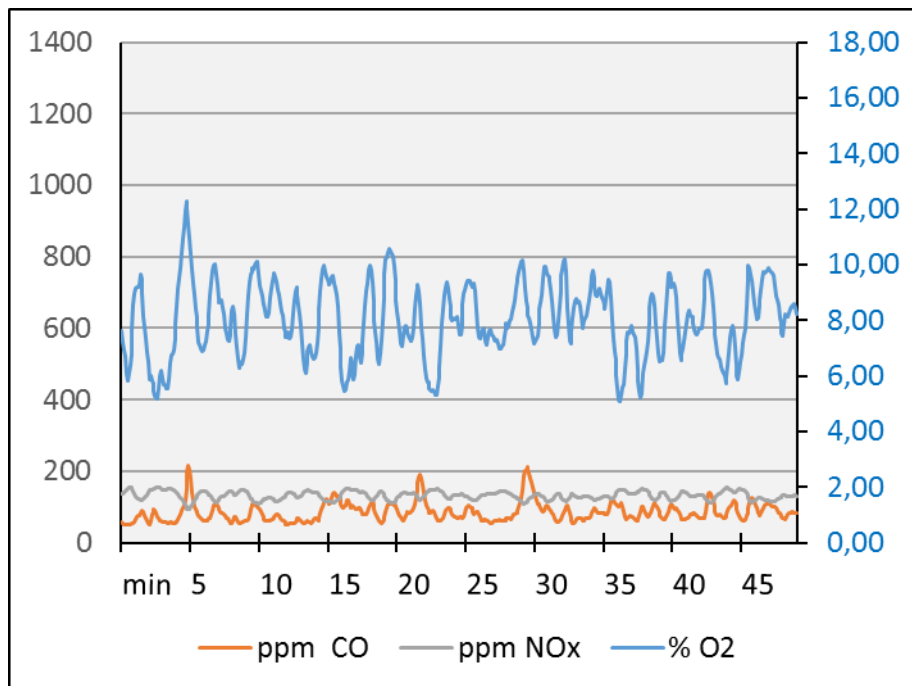
kuiva	SVK	KV sis	KV ulos
ka	153,0	30,9	38,8
s	2,9	0,1	0,3
sa	160,1	31,1	39,5
pa	144,1	30,7	38,4
vv	16,0	0,4	1,1



kostea	SVK	KV sis	KV ulos
ka	138,7	31,9	37,5
s	5,2	0,4	0,8
sa	151,2	32,5	38,5
pa	123,6	31,4	36,4
vv	27,6	1,1	2,1



Tulokset



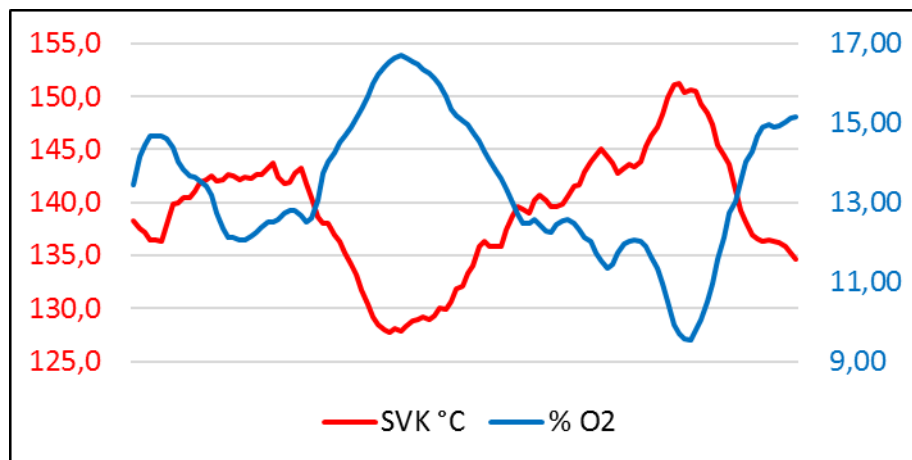
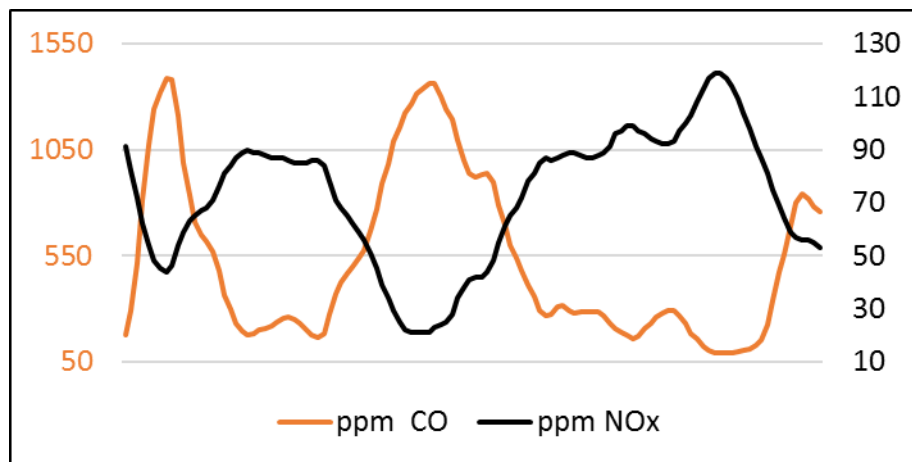
kuiva	CO	NOX	O ₂
ka	85	132	8,01
s	28	12	1,33
sa	216	155	12,26
pa	49	92	5,10
vv	167	63	7,16

kosteaa	CO	NOX	O ₂
ka	476	72	13,45
s	297	21	1,44
sa	1 395	119	16,70
pa	88	19	9,53
vv	1 307	100	7,17



Tulokset, huomioita

Savukaasun ominaisuudet 10 minuutin tarkastelujaksolla, kostea pellettierä



Arinassa tapahtuvan palamisen muutokset savukaasuissa

Vaikutukset, kun palotilaan tulee selvästi kosteampia pellettejä

- O₂- ja CO-pitoisuus kasvaa
- Savukaasun lämpötila tippuu
- NOx-pitoisuus vähenee



Johtopäätöksiä



- Puupellettien kosteuden mittaaminen käsimittarilla haastavaa > uunissa kuivaamalla saadaan tarkempia arvoja (veden massa on ”tuorepainon” ja absoluuttisesti kuivan massan erotus)
- Pienikin kosteuden lisäys vähentää lämmitystehoa ja aiheuttaa epäpuhdasta palamista
- Savukaasun lämpötilan seuranta kertoo selkeästi palamisprosessista > lämpötilan seuranta auttaa havaitsemaan ongelmat



Lähteet



- Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Tiedotteita 2045. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2000/t2045.pdf>
- Alakangas, E., Hurskainen, M., Laatikainen-Luntama, J. ja Korhonen, J. 2016. Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia. VTT Technology 258. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T258.pdf>
- Bioenergianeuvoja 2016. Puun kosteus. <http://www.bioenergianeuvoja.fi/>
- Hakonen, T. & Laurila, J. 2011. Metsähakkeen kosteuden vaikutus polton ja kaukokuljetuksen kannattavuuteen. Seinäjoen ammattikorkeakoulun julkaisusarja B. nro 55. <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/34746/B55.pdf?sequence=1>
- Motiva 2012. Puupelletti lämmittää puhtaasti ja uusiutuvasti. Motivan julkaisu. http://www.motiva.fi/files/6059/Puupelletti_lammittaa_puhtaasti_ja_uusiutuvasti.pdf
- Ronkainen, P., Sirkiä, S. & Lindblad, J. 2014. Harvennusenergiapuun ja latvusmassan kosteuden määrittäminen metsäkuljetuksessa. Metsätieteen aikakauskirja 4/2014: 211–228. <http://www.metla.fi/aikakauskirja/full/ff14/ff144211.pdf>

