

Torrefiointiprosessi biomassan jalostamiseen ”biohiili”

David Agar

Margareta Wihersaari

Jyväskylän yliopisto

Kestävä bioenergia

www.susbio.jyu.fi



Sisältö

- ◆ Johdanto
- ◆ Menetelmät
- ◆ Tulokset
- ◆ Yhteenveto



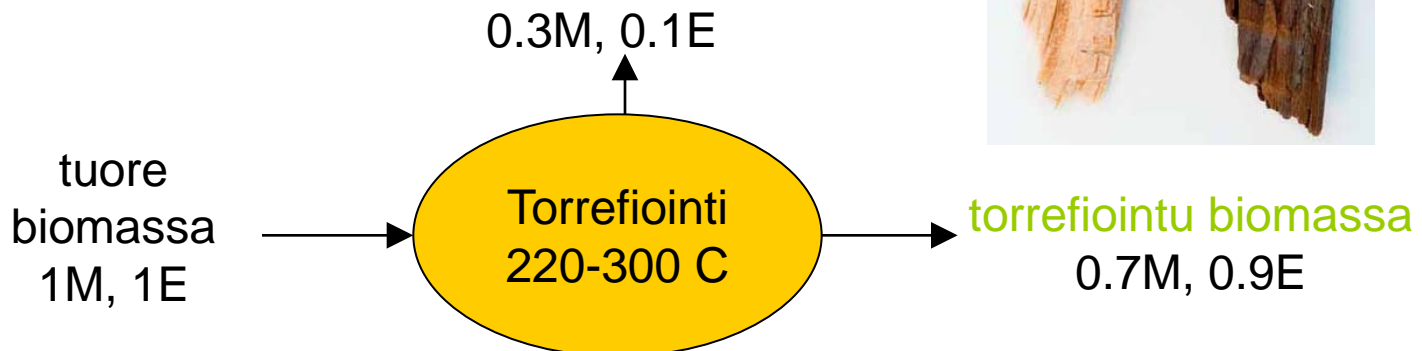
Miksi biomassaa jalostetaan?

- ◆ Lisätään vielä vähemmän hyödynnetyn tai vaikeasti hyödynnettävien biomassojen käyttöä
- ◆ Yhdenmukaistetaan polttoaineita (esim. puupelletti)
- ◆ Helpotetaan biopolttoaineiden käsittelyä ja varastointia voimaloissa
- ◆ **Biopolttoaineiden käyttö lisääntyy** kivihiiuvoimaloissa (EU:n ilmasto ja energia tavoite – uusiutuvan energian osuus 20% vuoteen 2020 mennessä)
- ◆ Parannetaan biomassan energiatiheyttä (kuljetuskustannusten minimointi)



Torrefiointiprosessi

- ◆ *Torréfaction* (ranskaa = *paahtaminen*)
- ◆ Mieto pyrolyysi (220-300 °C, ilman happea)
- ◆ Parantaa biomassojen lämpöarvoa
- ◆ Biomassa haurastuu (helppo murskata)
- ◆ Hydrofobinen tuote (max. 6%)
- ◆ Parempi varastointikyky
- ◆ Ominaisuudet puun ja puuhiilen välissä
torkaasu (lämpö käyttöön)



Sisältö

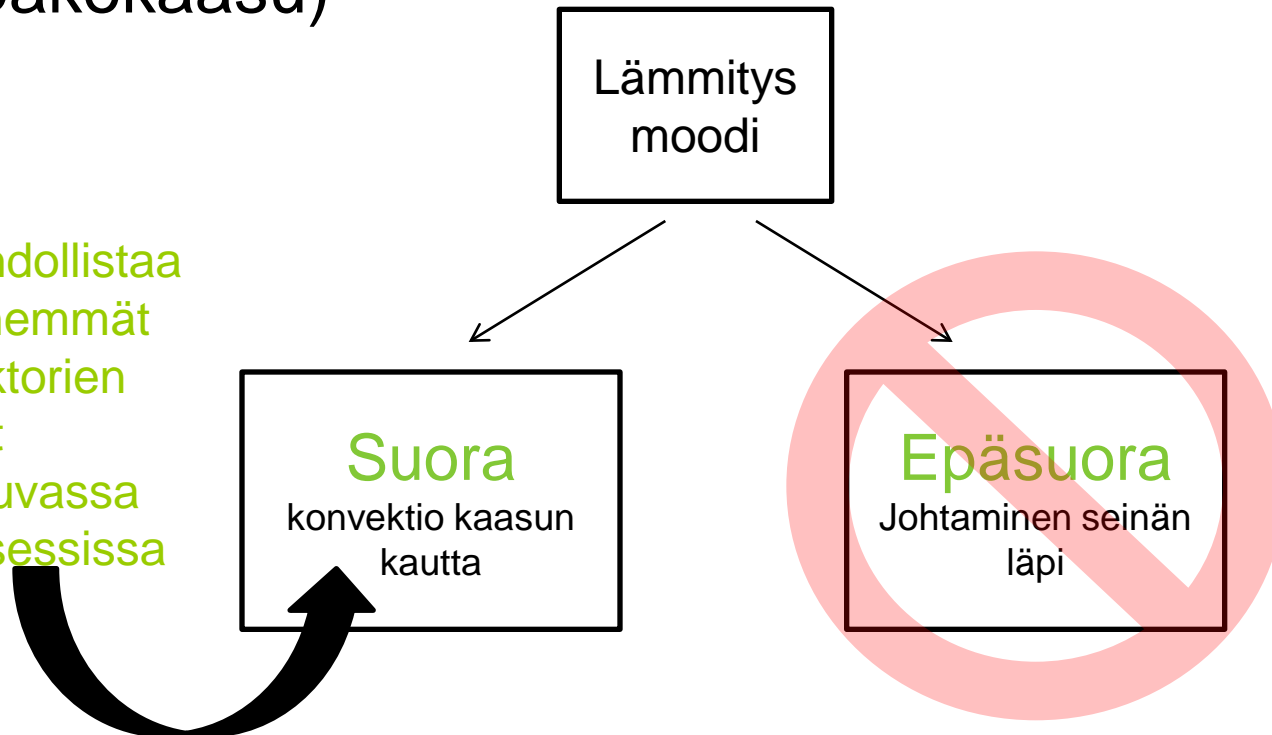
- ◆ Johdanto
- ◆ Menetelmät
- ◆ Tulokset
- ◆ Yhteenveto



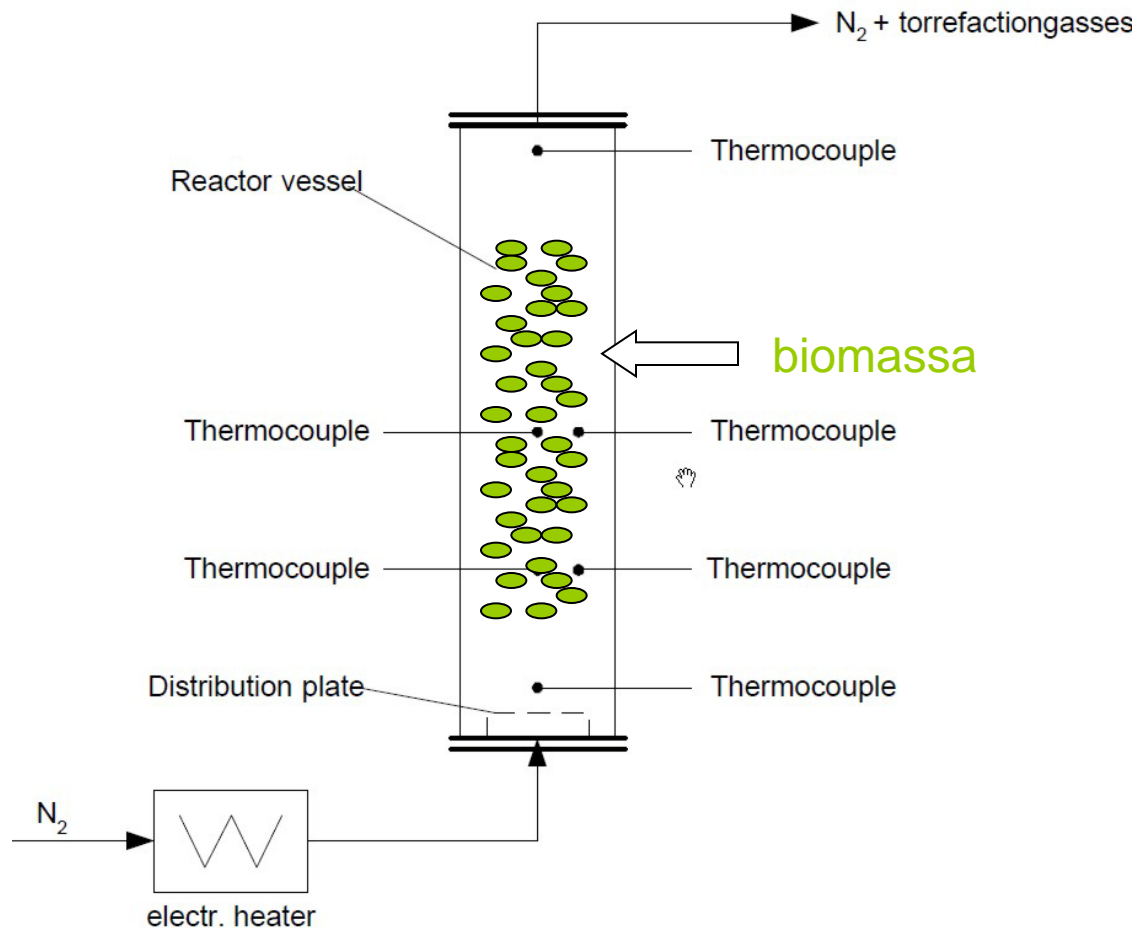
Kokeellisia laitteistoja

- ◆ Panosprosessi vastaan jatkuva prosessi
- ◆ Reagoimaton prosessikaasu (typpi & pakokaasu)

Mahdollistaa
pienemmät
reaktorien
koot
jatkuvassa
prosessissa



Panostorrefiointiprosessi (suora lämmitys)



Kaupallinen termovaaka

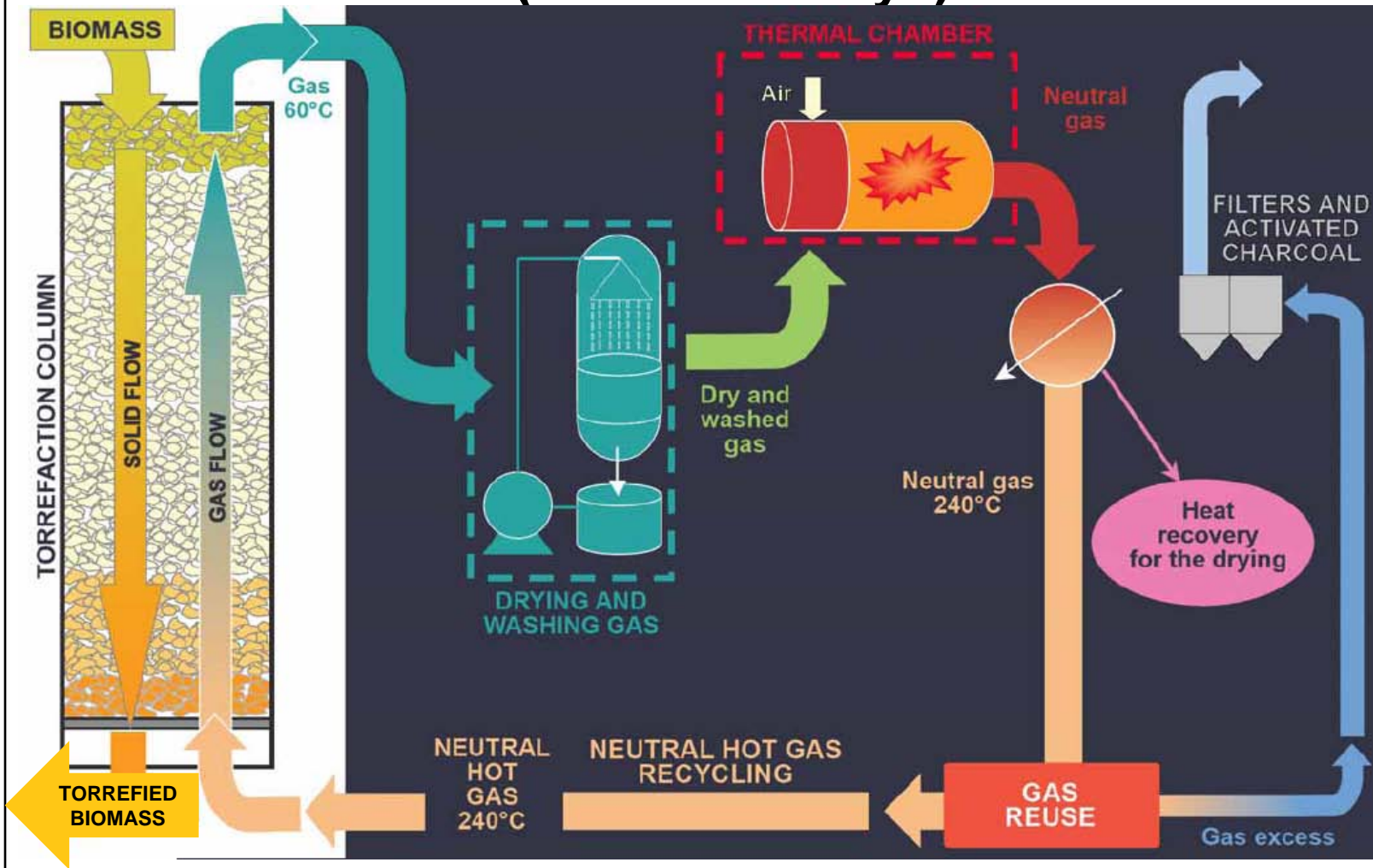
- ◆ Termogravimetrinen analyysi (TGA) laitteisto
- ◆ Panosprosessi
- ◆ Massan muutos
- ◆ Pieni näytteen koko (max. ~30mg)



Perkin-Elmer TGA



Jatkuva torrefiointiprosessi (suora lämmitys)



Kokellisia laitteistoja tutkimuskirjallisuudesta

Process type (heating mode)	Reactor description (working gas)	Particle size	Batch size/ production rate	Ref.
batch (n/a)	TGA (N ₂)	0.7-2.0 mm	n/a	[6]
batch (indirect)	quartz reactor (Ar)	0.7-2.0 mm	10 g	[9]
batch (indirect)	quartz reactor (N ₂)	< 5 mm	10-15 g	[8]
batch (direct)	stainless steel (N ₂)	10x20x40 mm	20 l	[2]
continuous (indirect)	pyrolysis reactor (n/a)		1-10 kg/hour	
batch (n/a)	TGA (N ₂)	n/a	25-35 mg	[7]
batch (direct)	n/a	whole briquettes	n/a	[10]
continuous (direct)	stainless steel (flue gas)	n/a (wood chips)	50-100 kg/hour	[4]
continuous (direct & indirect)	LIST (flue gas)	50x80x15 mm	20 t/hour	[11]
batch (indirect)	rotating kiln (N ₂)	1-2x5-20x15-30 mm	1-1.5 kg	[12]
batch (direct)	n/a (flue gas)	600 mm, Ø =50-60 mm	50 kg	[13]

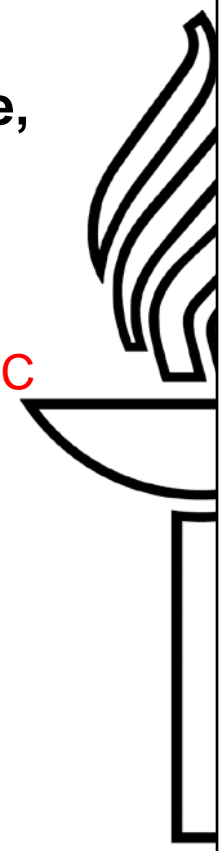
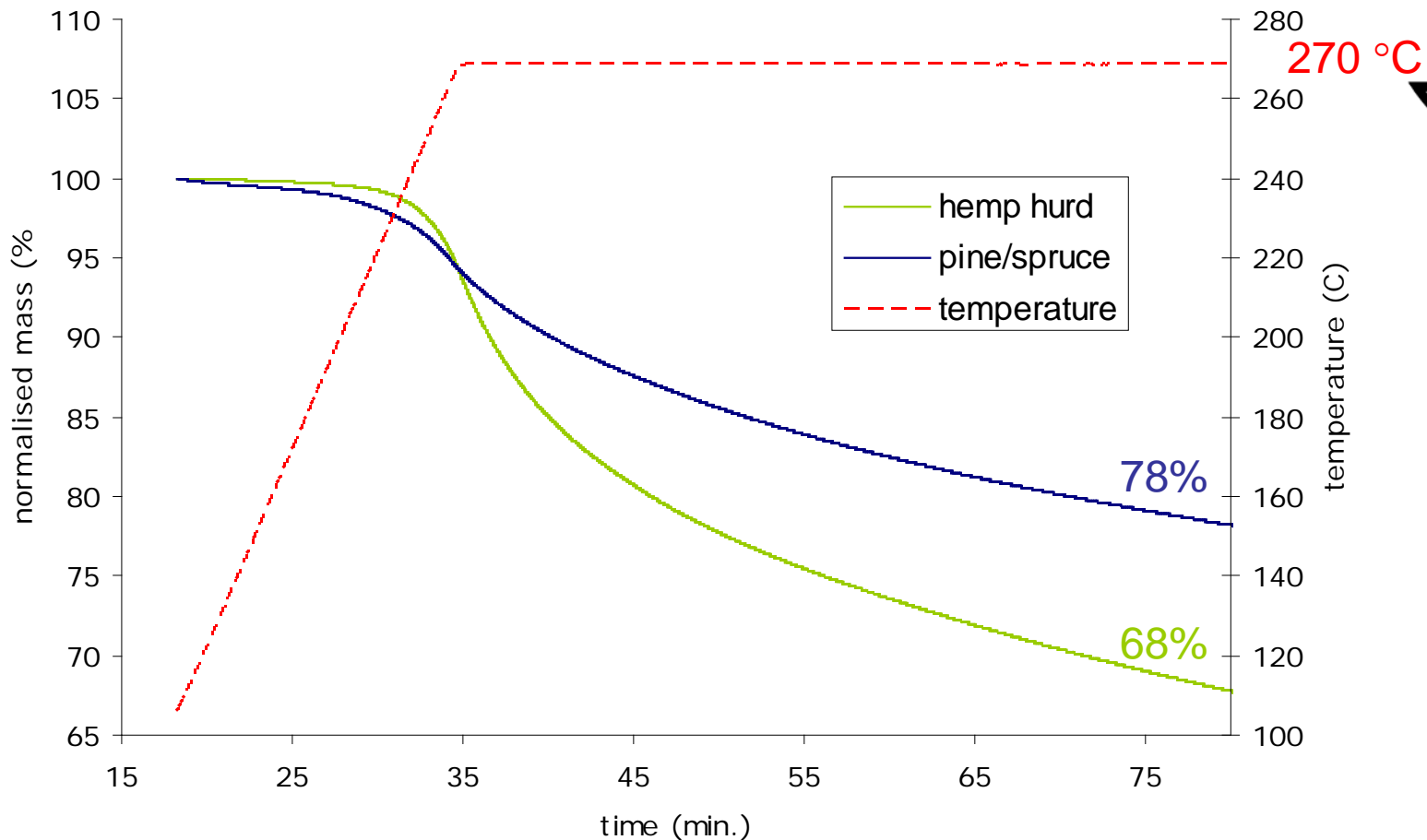
Pechiney demolaitos (Ranska) 1980 luvulla, suurin laitos – 12,000 t/vuosi torrefioitua puuta

Sisältö

- ◆ Johdanto
- ◆ Menetelmät
- ◆ Tulokset
- ◆ Yhteenveto

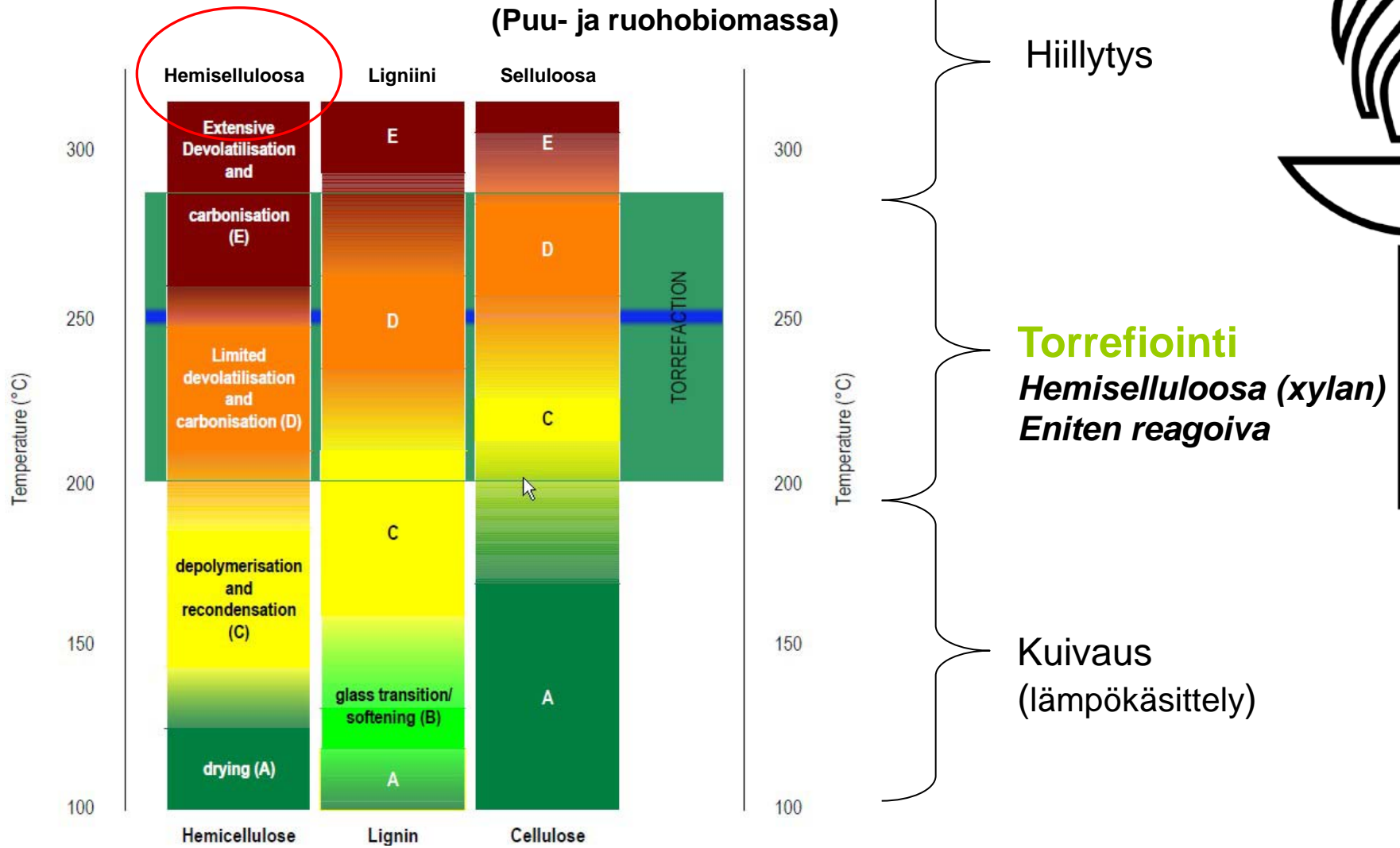


Massahäviö: Torrefioitu mänty/kuusiseos ja hammppupäistäre,
t = 50 min, T = 270 °C, kaasu = N₂ (TGA)
(Agar D & Wihersaari M, unpublished)



Termisen hajoamisen mekanismi torrefioinnissa

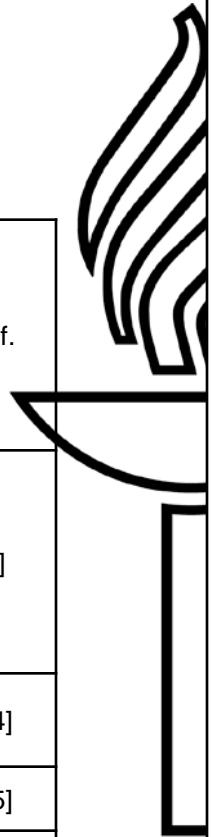
(Puu- ja ruohobiomassa)



Torrefiointituloksia tutkimuskirjallisuudesta

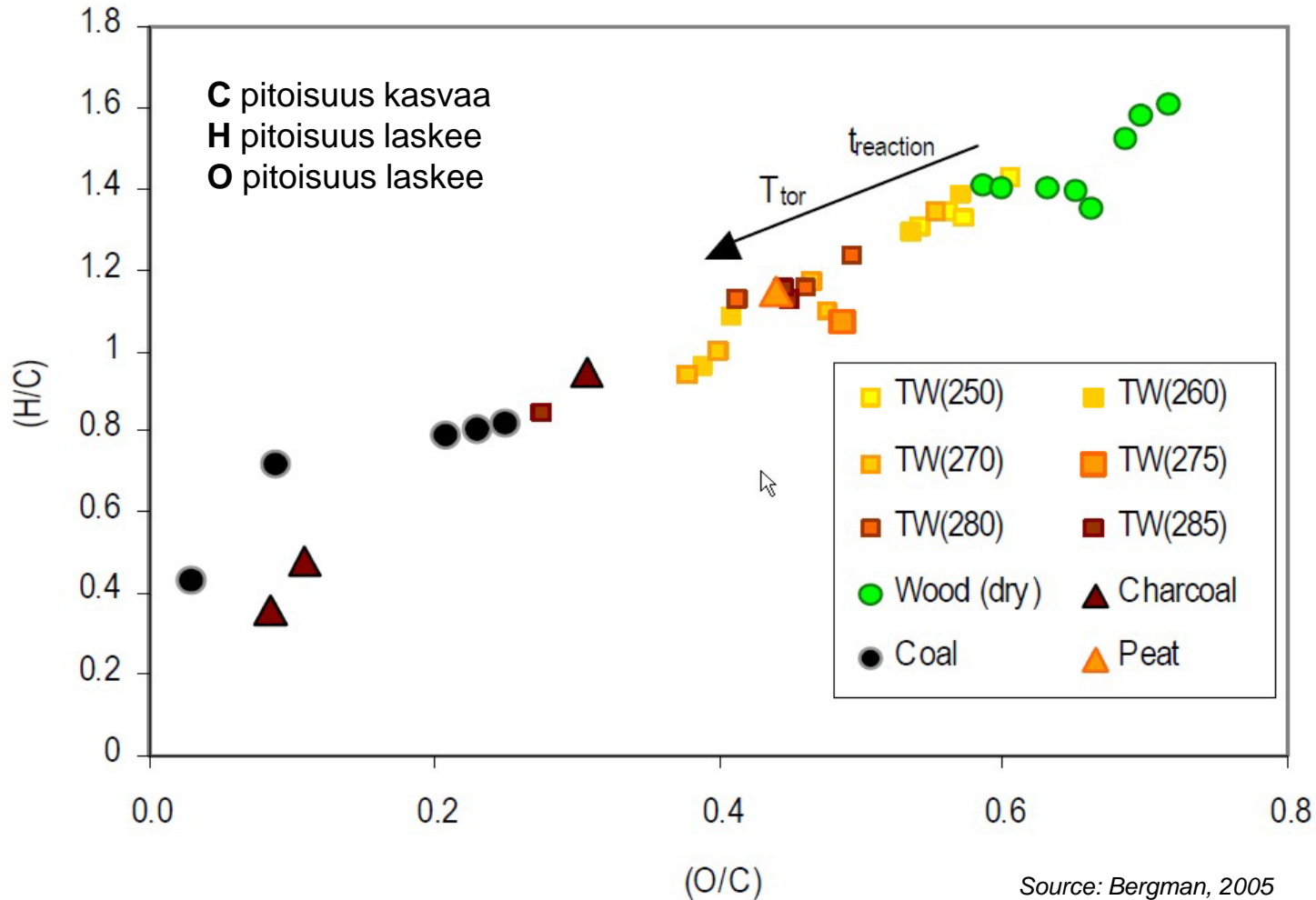
Material	Mass Yield (%)	Energy Yield (%)	Heating Value (MJ/kg)	10-22% Heating Value Increase (%)	Temp(°C)	Time (min.)	Ref.
Maritime Pine (<i>Pinus pinaster</i>)	77	91	23.9	18.0	280	n/a	[5]
Eucalyptus (<i>Eucalyptus urophylla</i>)	74	90	23.8	22.0	275		
Dark Meranti (<i>shorea</i>)	80	87 ^a	22.6	n/a	270	90	[14]
Willow	80 ^b	94 ^a	20.7	17.0		15	[15]
Willow	72 ^c	79 ^c	21.9	9.5	290	30	[7]
Reed Canary Grass	62 ^c	69 ^c	21.8	11.8			
Wheat Straw	55 ^c	66 ^c	22.6	19.6			
Bamboo (<i>Bamboosa-bamboosa</i>)	69 ^d	83	21.1	19.9	250-280	360	[13]

Prins et al.: **lehtipuu suurempi massahäviö kuin havupuu** -> suurempi lämpöarvokasvu
(koska hemiselluloosan sisältö on erilainen)

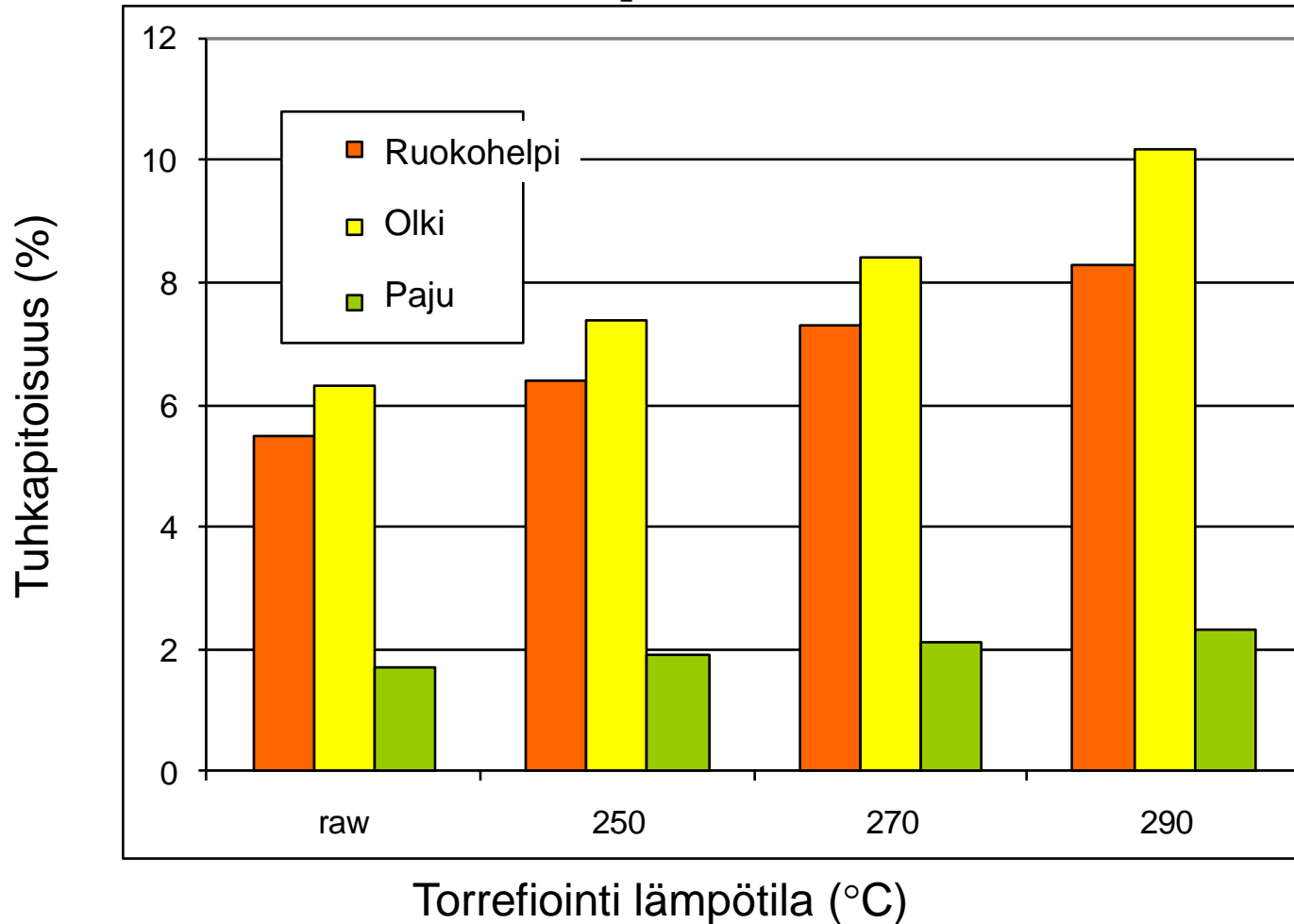


Polttoaineen laatu (torrefioitu puu)

alkuainekoostumus



Torrefioidun biomassan tuhkapitoisuus

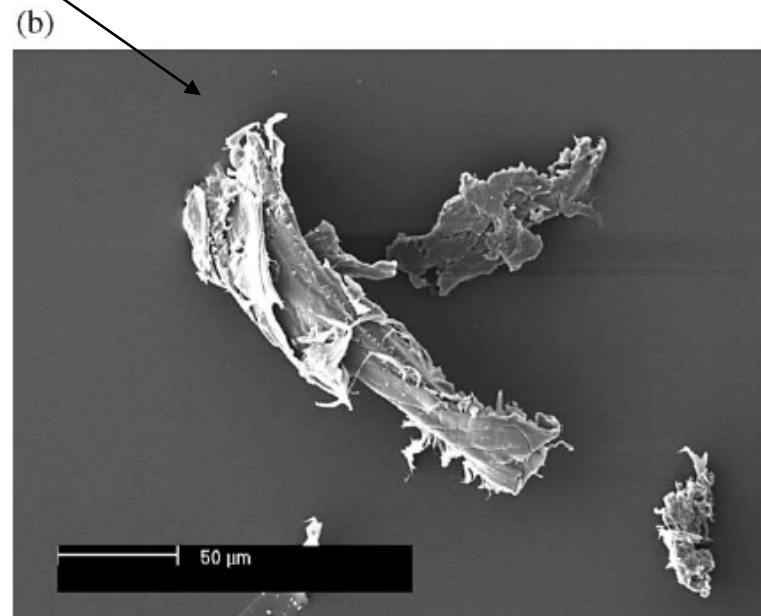
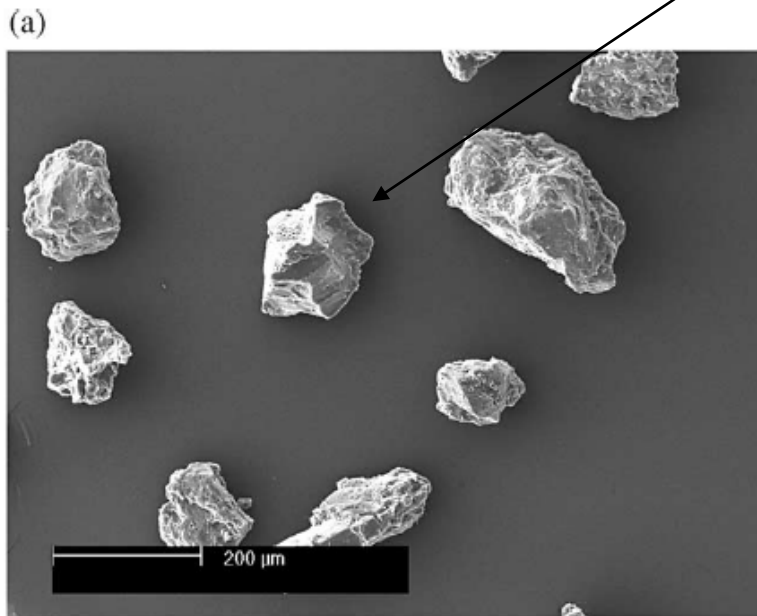


Torrefioidun biomassan käsittely

murskaimien sähkönkulutus

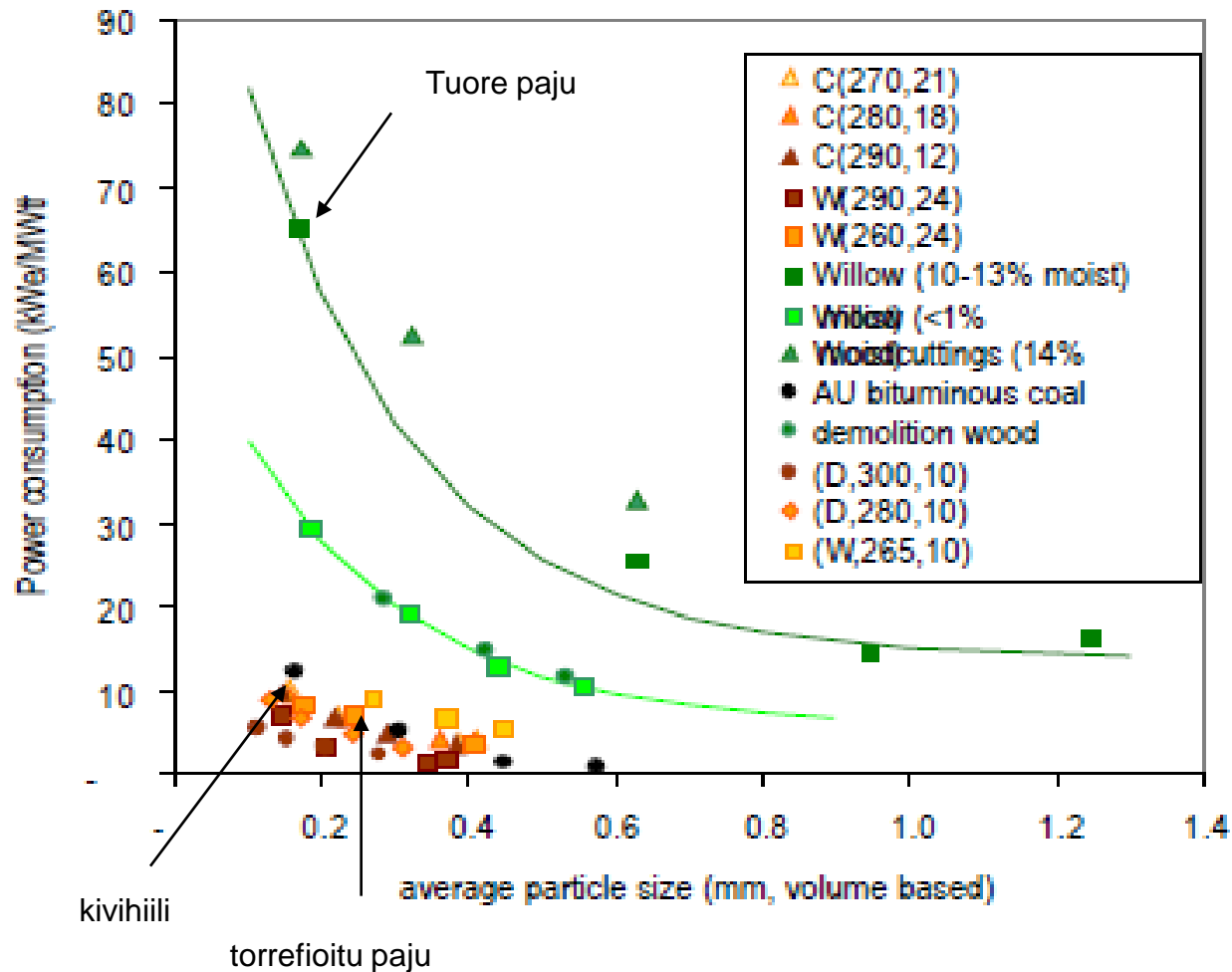
- ◆ tuore biomassa: **20 – 150 kWh/t**
 - ◆ kivihiili: **7 – 36 kWh/t**
- } (Luis, 2006)

Ominaisuudet kuljettimella: pallomaiset hiukkaset vs. neulas

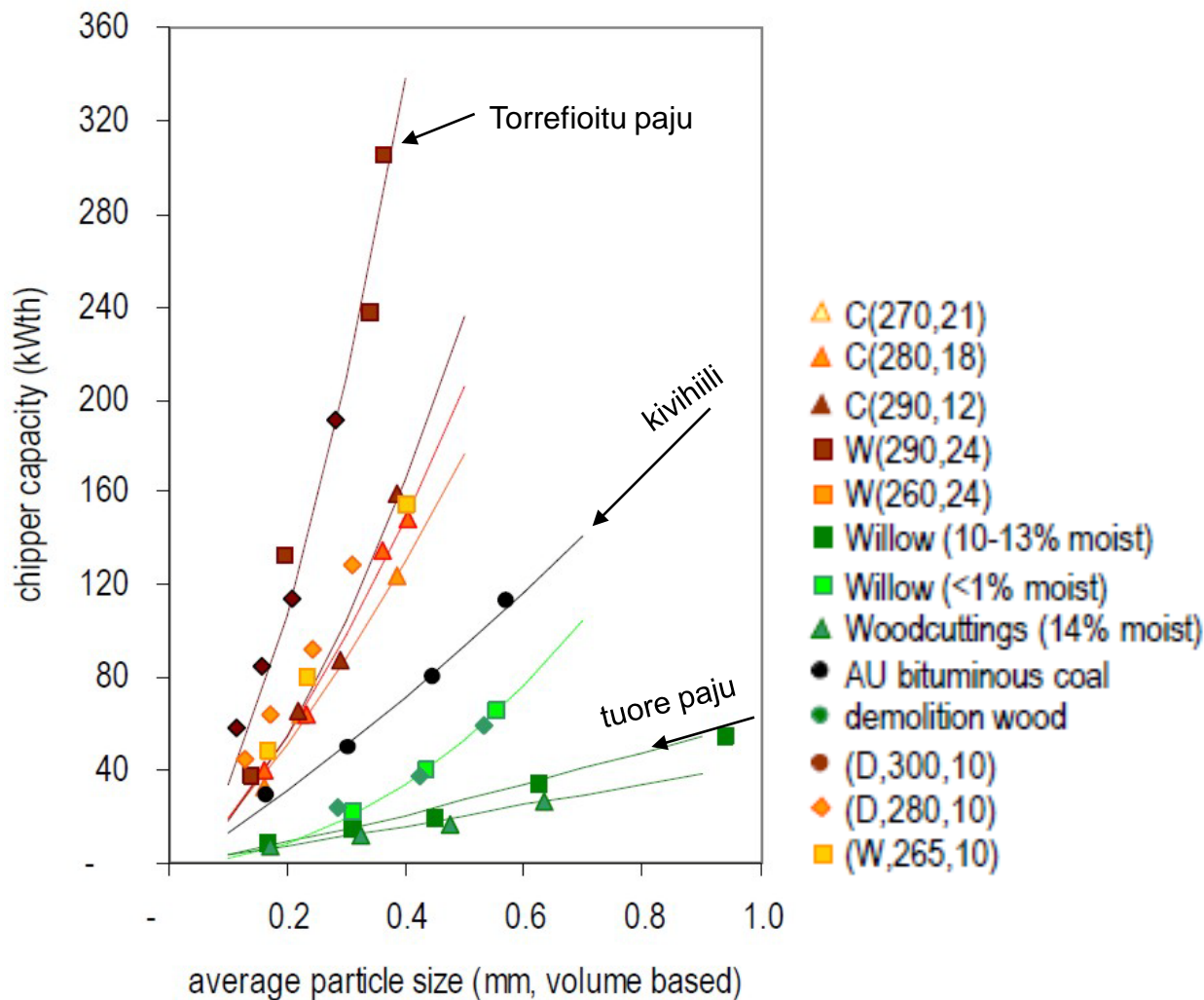


Jauhettavuus

Kivihiili ja torrefioitu biomassa



Haketinkapasiteetti kivihiili ja biomassa



Yhdistetty torrefiointi ja pelletöinti

(Energy Centre of Netherlands - TOP Prosessi)

- ◆ Raaka-aine märkää biomassaa (sahanpuru, hake)
- ◆ Pitkät kuljetusmatkat (valmistus Etelä-Afrikassa, kuljetus Hollantiin)
- ◆ Tuotanto 56 000 tonnia/vuosi
- ◆ Kannattavampaa kuin perinteiset puupelletit!
- ◆ Avoin kustannusanalyysi tarpeen



Table I: Overview of BO₂pellet properties

Properties (typical values)	Wood chips	Torref. Wood	Wood pellets	BO ₂ pellets
Moisture wt%	35	0	10	3
LHV kJ/kg				
Dry	17.7	20.4	17.7	20.4
As received	10.5	20.4	15.6	19.9
Bulk density kg/m ³	475	230	650	750
GJ/m ³	5.0	4.7	10.1	14.9



Yhteenveto

- ◆ Biomassan torrefiointin (puu- ja ruohobiomassa) edut:
 - **Lämpöarvo** (kasvaa 10-22%, parhaat tulokset lehtipuulle)
 - **Polttoaineen laatu** paranee (vastaa huonolaatuista kivihiiltä, tuhkapitoisuus kasvaa)
 - **Matala kosteuspitoisuus**, hydrofobinen (max. 6%)
 - **Parantunut jauhattavuus**
 - **Parantunut haketinkapasiteetti**
 - **Helppo varastoitavuus** (huoltovarmuus)
- ◆ Jatkuva prosessi (suora lämmitys) suositeltava
- ◆ Yhdistetty torrefiointi ja pelletointi kannattavaa kaukana käyttöpaikasta (**kustannusanalyysi tarpeen**)
- ◆ Kaupallinen tuotanto alkamassa?



Kiitos!

David Agar, FM
Margareta Wihersaari, TkT

Jyväskylän yliopisto
Kestävä bioenergia
www.susbio.jyu.fi

