

# Hemiselluloosan tehokas hyödyntäminen biojalostuksessa: Ajankohtaista ja tulevaa

**TkT Juha Ahola**  
**Oulun yliopisto**

6.4.2022



**POHJOIS-  
POHJANMAA**  
COUNCIL OF OULU REGION



*Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma*

**Vipuvoimaa**  
**EU:lta**  
2014–2020



**Euroopan unioni**  
Euroopan aluekehitysrahasto

# Hankkeen tavoitteet

- Kehittää **teollisesti toteuttamiskelpoisia hemiselluloosajakeiden hyödyntämismahdollisuuksia** täydentämään selluloosan hyödyntämiseen keskittyviä prosesseja.
- Parantaa selluloosapohjaisia tuotteita tuottavien biojalostamojen kannattavuutta **tehostamalla raaka-aineen kokonaisvaltaista käyttöä** sellaisilla prosessikonsepteilla, jotka voidaan integroida suunnitteluvaiheessa tai jo olemassa oleviin biojalostamoihin.
- Luoda **uutta osaamista** toteutusalueelle, joka luo pohjaa uudelle yritystoiminnalle sekä olemassa olevien toimijoiden tuotannon laajentamiselle uusien tuotteiden avulla.

# Toteuttajat Oulun yliopisto ja Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu

## Oulun yliopisto



Marja Mikola



Idamaria Romakkaniemi



Ville Tuppurainen

## Xamk



Ella Tirronen



Tuomas Vellonen



Lotta Pirinen

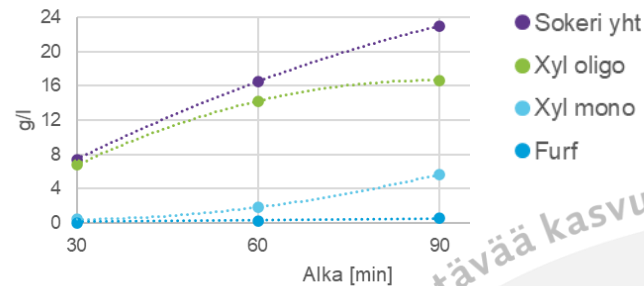
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Hemiselluloosan uutto

- Laboriomiittakaavasta bench-mittakaavaan ja semi-pilot -mittakaavaan



160 °C



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Hemiselluloosan kuumavesiuutto

- Laboratoriomittakaavasta bench-mittakaavaan  
(hake 6 g -> 1 kg ka)
- pääkomponenttien perusteella uutto skaalautuu bench-mittakaavaan kohtuullisen hyvin  
Uutto 160 °C / 60 min, sakeus 200 g/l

Uuttotapa	Oligomeerit		Monomeerit		Furaanit	
	Glu	Xyl	Glu	Xyl	HMF	Furf
	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Paineuutto	0.43	17.4	< 0.1	2.2	< 0.01	0.51
Pakkokiertokein	0.42	14.2	< 0.1	1.9	0.01	0.24

– n. 36 % hemisokereista uuttunut pois hakkeesta

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Hemiselluloosan kuumavesiuutto

- Ruuvireaktorilla toteutetun panosuuton ja benchmittakaavan pakkokiertokein uuttojen vertailu

Pakkokiertokein uutto 160 °C / 60 min, sakeus 200 g/l

Ruuvireaktori uutto 160 °C / 60 min, sakeus 73 g/l

Uuttotapa	Oligomeerit		Monomeerit		Furaanit	
	Glu	Xyl	Glu	Xyl	HMF	Furf
	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l	g/l
Ruuvireaktori	0.34	7.98	< 0.1	4.18	0.05	0.72
Pakkokiertokein	0.42	14.2	< 0.1	1.9	0.01	0.24

- Ruuvireaktori uutteissa ksyloosimonomeeria suurempi osa kuin pakkokiertokeitimellä

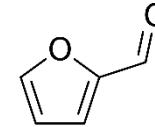
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Ksylaani(oligo)sakkaridien erotus

- Uutteen konsentrointi
  - haihduttamalla
  - ultrasuodatuksella
- Saostus etanoli liukoisuuden vähentäjänä
  - saadaan ksylaanipitoinen tuote
  - olosuhdeoptimointi saannon ja puhtauden kasvattamiseksi
  - epäpuhtauksien poisto uutteesta tai tuotteesta

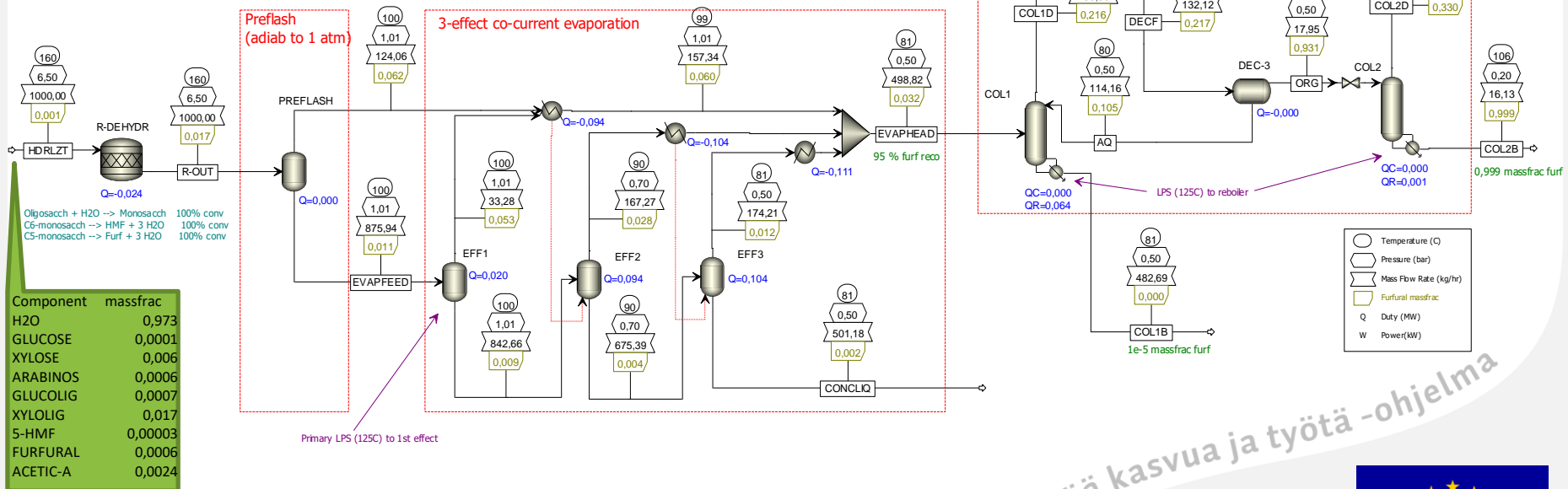


# Verrokkiprosessit I



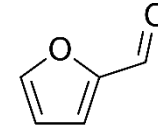
## Furfuraalin valmistus ja talteenotto

- Termisiin erotusoperaatioihin (haihdutus, tislaus) perustuva prosessirakenne simuloitu
- Basecase-syöttö koetoiminnan hydrolysaatin sakkariidipitoisuuksille



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

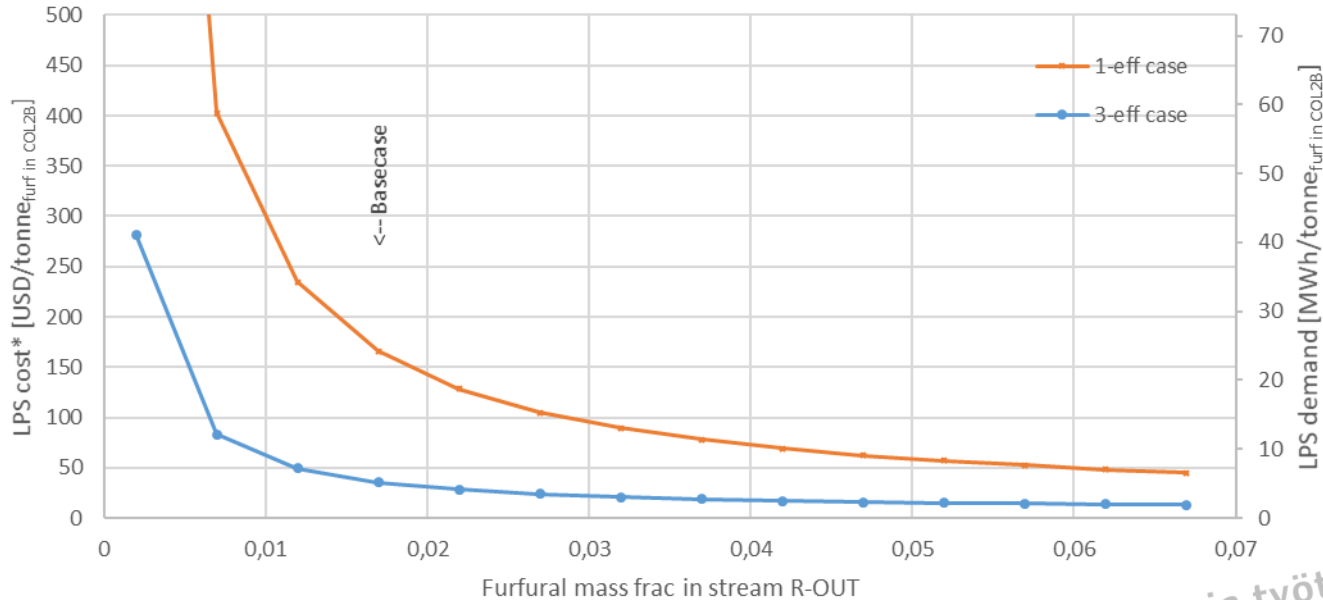




# Furfuraalin valmistus ja talteenotto

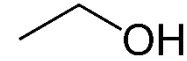
- Herkkyysanalyysi furfuraalin pitoisuuden vaikutuksesta höyrynkulutukseen

Low pressure steam (LPS) demand (EFF1, COL1, COL2) vs. furfural feed concentration



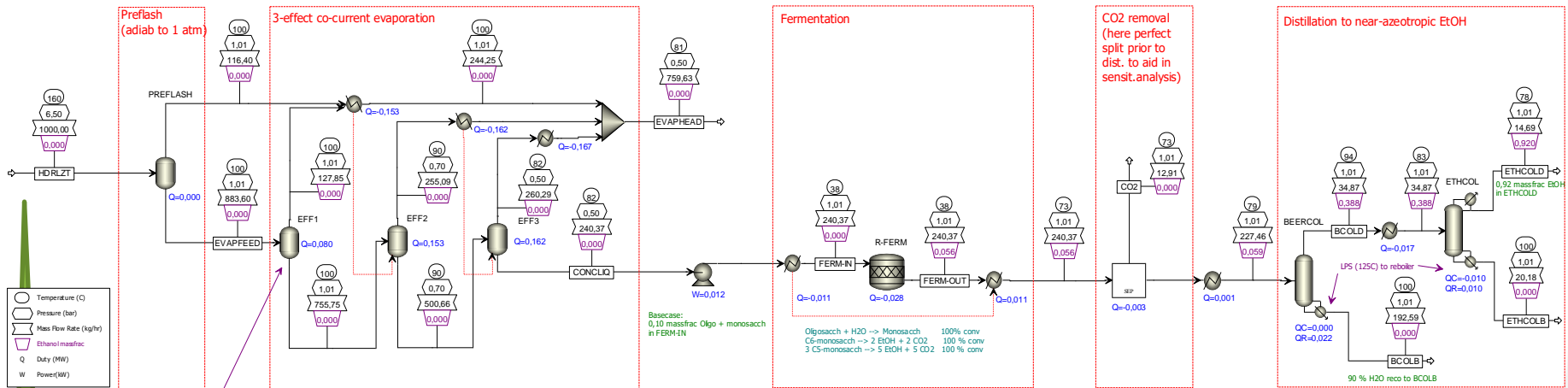
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Verrokiprosessi II



## Etanolin valmistus ja talteenotto

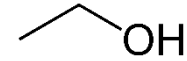
- Termisiin erotusoperaatioihin (haihdutus, tislaus) perustuva prosessirakenne simuloitu
- Basecase-syöttö koetoiminnan hydrolysaatin sakkariidipitoisuuksille



Primary LPS (125C) to 1st effect

Component	massfrac
H2O	0,973
GLUCOSE	0,0001
XYLOSE	0,006
ARABINOS	0,0006
GLUCOLIG	0,0007
XYLOLIG	0,017
5-HMF	0,00003
FURFURAL	0,0006
ACETIC-A	0,0024

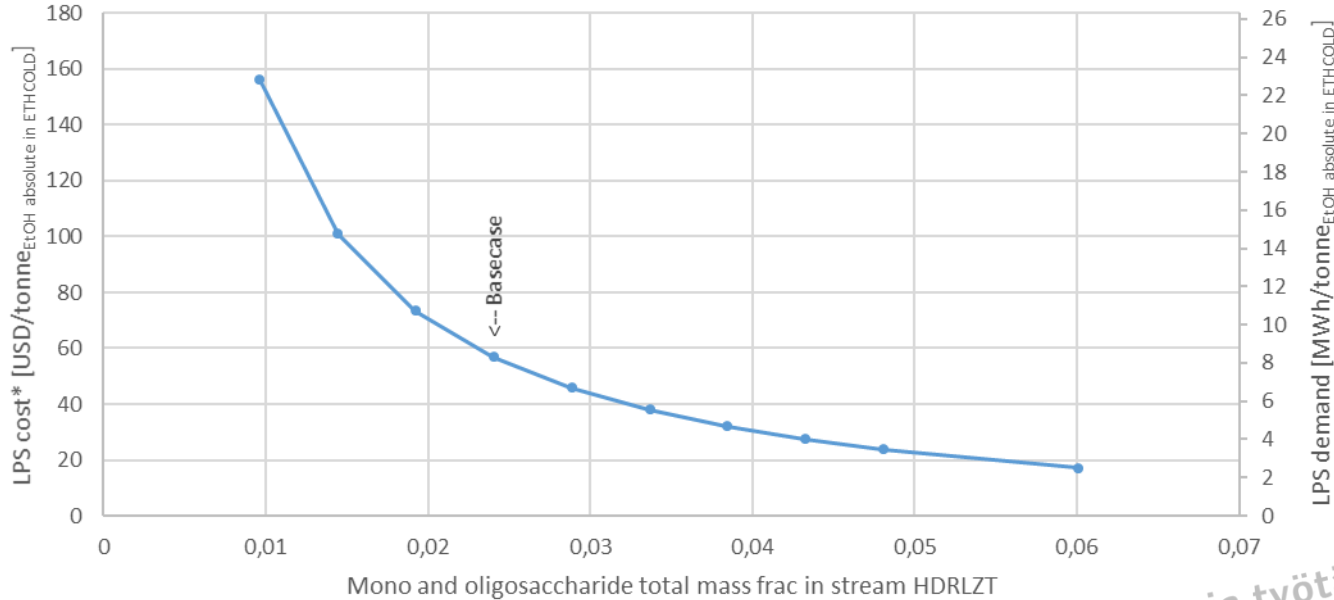
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



# Etanolin valmistus ja talteenotto

- Herkkyysanalyysi syöttöpitoisuuden vaikutuksesta höyrynkulutukseen etanolin valmistuksessa

Low pressure steam (125 °C) demand (EFF1, BEERCOL, ETHCOL) vs. mono- and oligosacch feed concentration



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

# Tulevaa

- teollisesti toteuttamiskelpoinen hemiselluloosajakeiden hyödyntäminen
  - ksylaanin puhtaus -> hartsiansorptio ja selektiivinen saostus
  - mahdolliset monomeerituotteet -> jälkihydrolyysi
  - hemiselluloosa tuotteiden arvoketju -> tuotteet ja toimijat
- tehostaa raaka-aineen kokonaisvaltaista käyttöä
  - selluloosajakeen hyödyntäminen kuitutuotteiksi
  - hemiselluloosan poiston vaikutus -> keitto ja jauhatus
  - paperitekniset ominaisuudet