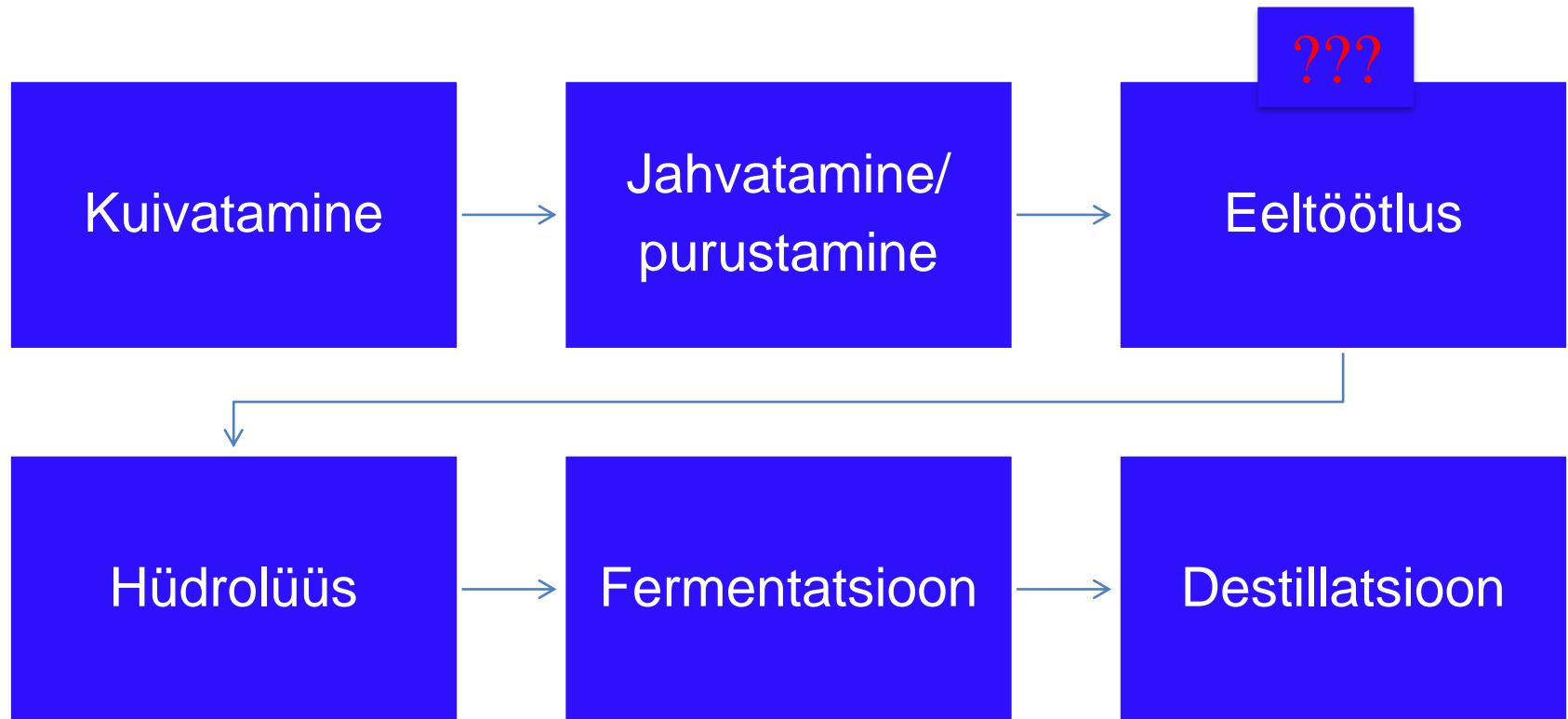


Lignotselluloosse biomassi eeltöötlusmeetodid ja nende võrdlus

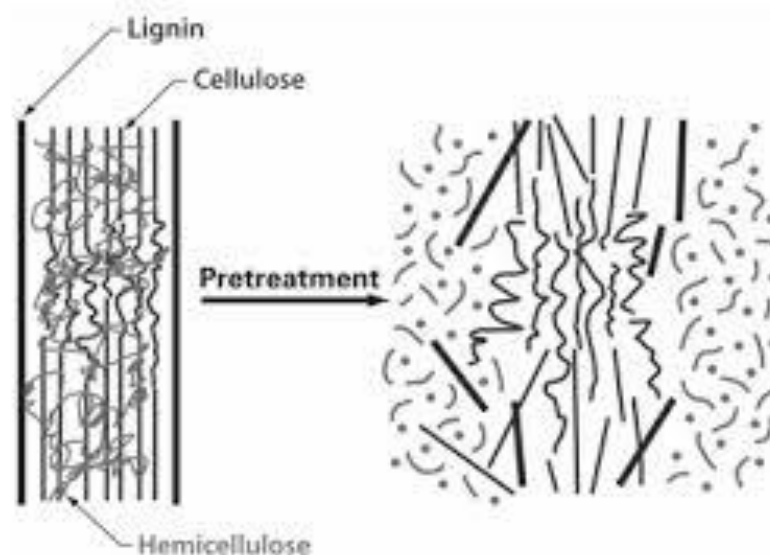
Vahur Rooni, MSc

Lignotselluloosest biomassist etanoolini



Eeltöötuse eesmärk

- Rakustruktuuri lõhkumine
 - tagab ensüümide parema ligipääsu tselluloosile
 - võimaldab saada kõrgemaid suhkrute saagiseid
 - tagab kõrgema etanooli saagise



Eeltöötlusmeetodid

- Bioloogilised
- Füüsikalised
- Keemilised
- Füüsikalis-keemilised



Bioloogilised meetodid

- *Bakterid ja seened*

- Ligniini eemaldamine
- Madal energia kulu
- Ei vaja kemikaale



- Väga aeglane protsess (10-14 päeva)
- Vajab väga täpselt kontrollitud tingimusi (nt. temp., niiskus)
- Ruumi/pinna vajadus
- Osa glükoosist tarbitakse ära

Füüsikalised meetodid

- *Purustamine/peenestamine*
 - Osakeste suuruse vähendamine = kontaktpinna suurenemine
 - Polümerisatsiooniastme vähendamine
 - Kristalse struktuuri lõhkumine
 - Lihtne teostus

 - Suur energiakulu
 - Ligniini ei eemaldata/eraldata



- ***Kiiritamine***

- *Erinevad võimalused : mikrolainetega, radioaktiivsete isotoopidega (^{60}Co ja ^{137}Cs), elektronkiirtega.*
- Ligniin osaliselt degradeerub
- Kontaktpinna suurenemine
- Tselluloosi kristalse struktuuri lõhkumine
- Polümerisatsiooniastme vähenemine

- Väga kallis
- Suur energiakulu
- Mitte just eriti loodussõbralik lähenemine



- ***Külmutamine***

- Hüdrolüüsi efektiivsus peale külmutamisi 20-25%
- Odav, kui oleks võimalik teostada välitingimustes
- Ei teki inhibiitoreid
- Ligniin ja hemitselluloos jäävad muutmata kujule



- Välitingimustes suur saastumise tõenäosus (bioloogiline saastumine)
- Laboratoorsetes tingimustes suur energia kulu (eelkuumutamine spooride hävitamiseks)
- Aega nõudev protsess



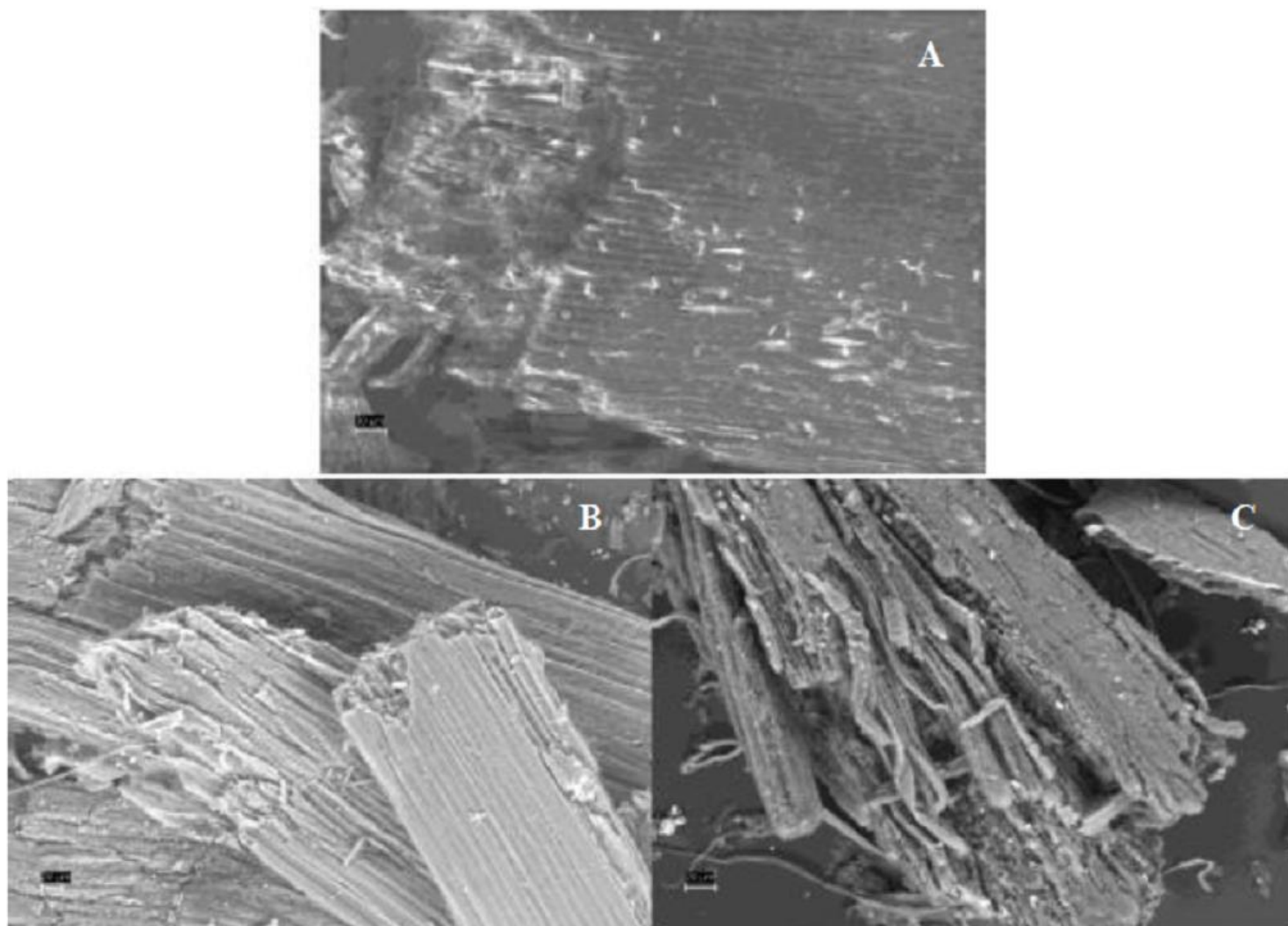


Figure 1. SEM pictures of the biomass gathered from swaths (scale bar shows the distance of 10 μm).
A – reference sample from the straw gathered in September; B – straw gathered in December; C – straw gathered in March.

Keemilised meetodid

- *Eeltöötlus hapetega*
 - 20-40% ligniini eemaldamine
 - Hemitselluloosi hüdrolyüs/lahustumine
 - Kõrge glükoosi saagis
 - Teostatav ruumitemperatuuril

 - Kemikaalide hind
 - Korrosiivne
 - $130^{\circ}\text{C} \leq T \leq 210^{\circ}\text{C}$
 - Vajalik kemikaalide taaskasutus
 - Keskkonna riskid
 - Inhibiitorite teke

- *Eeltöötlus alustega*

- Efektiivne ligniini eraldamine
- Vähendab polümerisatsiooniastet
- Suureneb tselluloosi eripindala

- Neutraliseerimise vajadus
- Kemikaalide maksumus
- Ligniini struktuuri muutused
- Pika-ajaline protsess (mõnest tunnist mõne päevani)

- *Osonolüüs*
 - Ligniini eemaldamine
 - Ruumi temperatuuril
 - Ei teki toksilisi jäätmeid

 - Kallis, kuna vajab suurtes kogustes O₃-e
 - Korrosiivne

- ***Ioonsed vedelikud (selektiivsed lahustid; soolad sulamistemp. <100°C)***
 - Hemitselluloosi, ligniini, tselluloosi lahustamine (sõltub valitud ioonsest vedelikust)
 - Võimalik eraldada ligniin kui väärtuslik lisaprodukt
 - Ei vaja kõrgendatud temperatuuri ega rõhku

 - Ioonsed vedelikud on kallid
 - Deaktiveerib ensüümid pöördumatult
 - Saaduste keeruline eraldamine

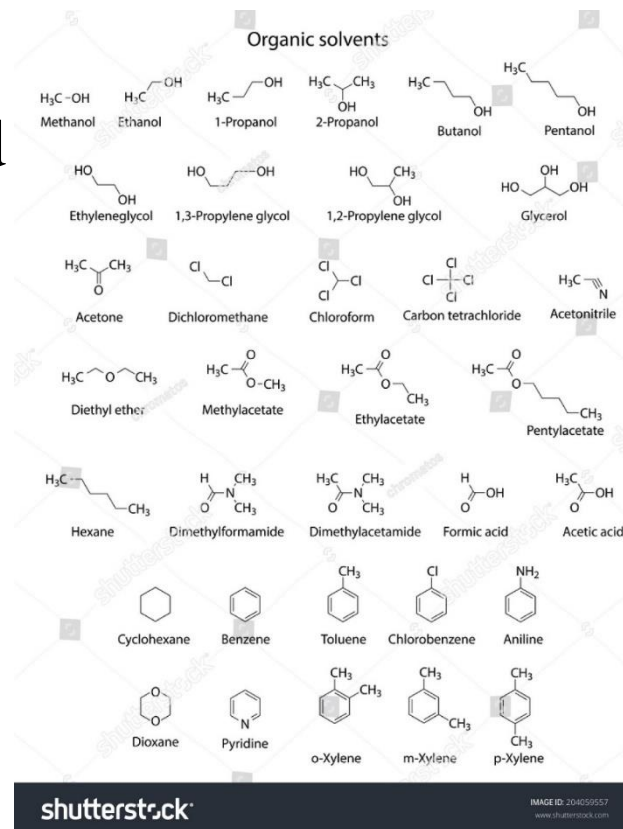
• *Orgaanilised lahustid (ORGANOSOLV)*

– Efektiivne hemitselluloosi, ligniini ja tselluloosi eraldus

– Vajab efektiivset lahusti ümbertöötlemise seadmestikku

– Kõrged kapitalikulud

– Inhibiitorite teke



Füüsikalis-keemilised meetodid

- *Aurlõhkamine (levinuim meetod). Eeltöötlus küllastunud auruga.*
 - Odav
 - Kõrge glükoosi ja hemitselluloosi saagis
 - Hemitselluloosi lahustumine ja ligniini eemaldamine
 - Osaline hemitselluloosi degradeerumine
 - Kõrge ligniini sisaldusega toorme korral vaja kasutada happeid
 - Kõrge temperatuur (160-260°C)
 - Kõrge rõhk (6 – 50 bar)

- *AFEX ja CO₂ lõhkamine*
 - Ei teki inhibeerivaid kõrvalprodukte
 - Kontaktpinna suurenemine
 - Madalad temperatuurid
 - Eemaldab nii ligniini kui ka hemitselluloosi

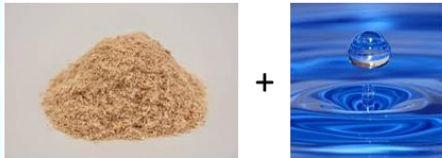
 - Ei ole eriti efektiivne kõrge ligniini sisaldusega toorme puhul
 - Keskkonnariskid

- *Lämmastiklõhkamine*
 - Ei kasuta kemikaale
 - Hemitselluloosi hüdrolüüs
 - Kontaktpinna suurendamine

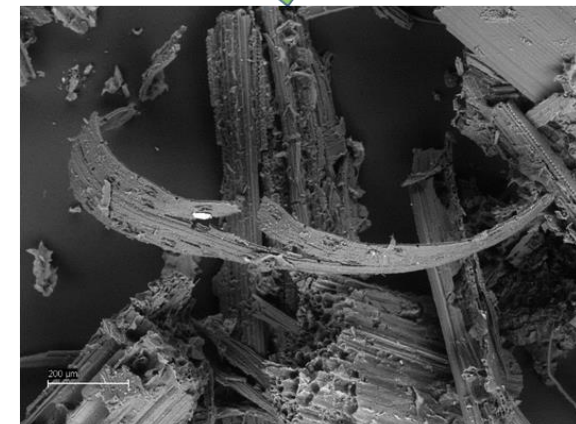
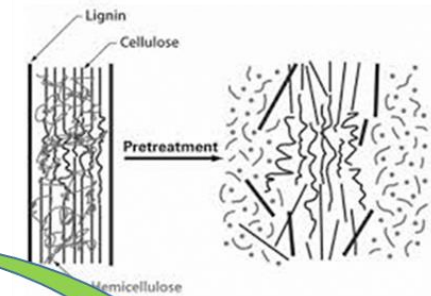
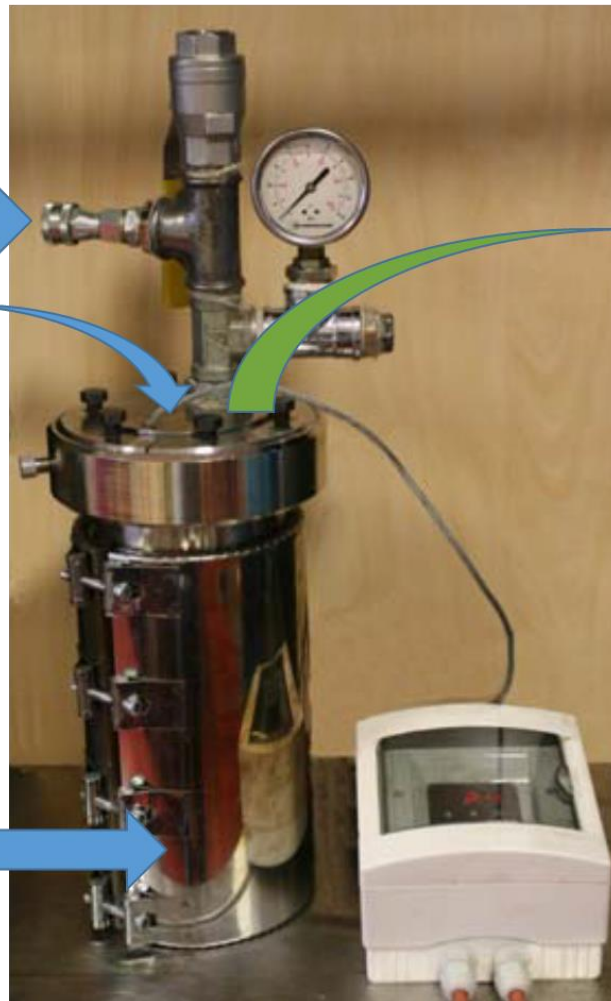
 - Kõrge temperatuur $\leq 200^{\circ}\text{C}$ (opt. 150-175 $^{\circ}\text{C}$)
 - Kõrge rõhk $\geq 30\text{bar}$

Lämmastik
Suitsugaas
Suruõhk

30 bar-i



Temperatuur kuni 200°C



Kokkuvõte

- Erinevad toormed vajavad erinevaid eeltöötlusviise
- Enamus meetodite ühisteks nimetajateks on: kontaktpinna suurendamine ning ligniini ja hemselluloosi eraldamine.
- Hetkel enim levinud meetodiks on aurlõhkamine, mis tihti peale on kombineeritud happe eeltöötlusega
- Töö optimaalseima meetodi leidmiseks käib intensiivselt edasi

Täna tähelepanu eest!

