

# PFI

PART OF **RISE**

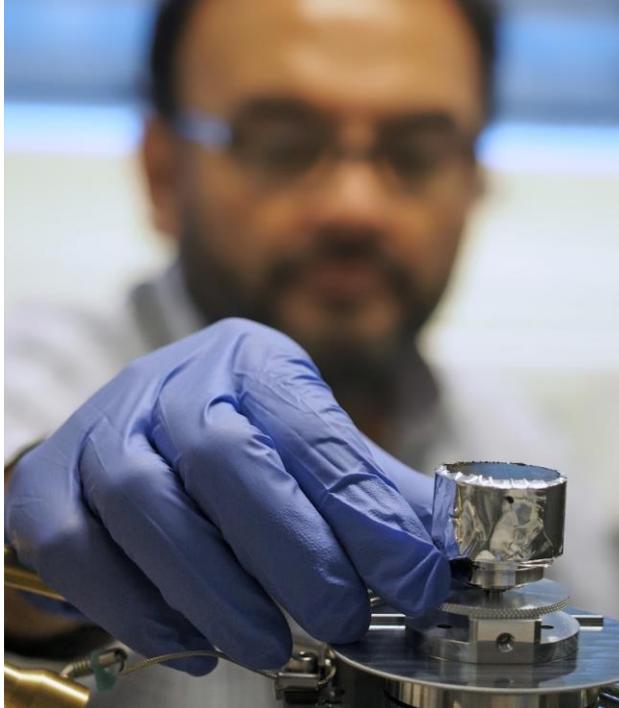
## OPPBYGGING AV KROPPSDELER VED HJELP AV TRÆR – INNOVATIV BRUK AV NANOCELLULOSE

Kristin Syverud

Forskningsjef RISE PFI

Mære Landbruksskole, 19. juni 2019

RISE PFI AS



# RISE PFI

Hva er nanocellulose?

Anvendelser av  
nanocellulose

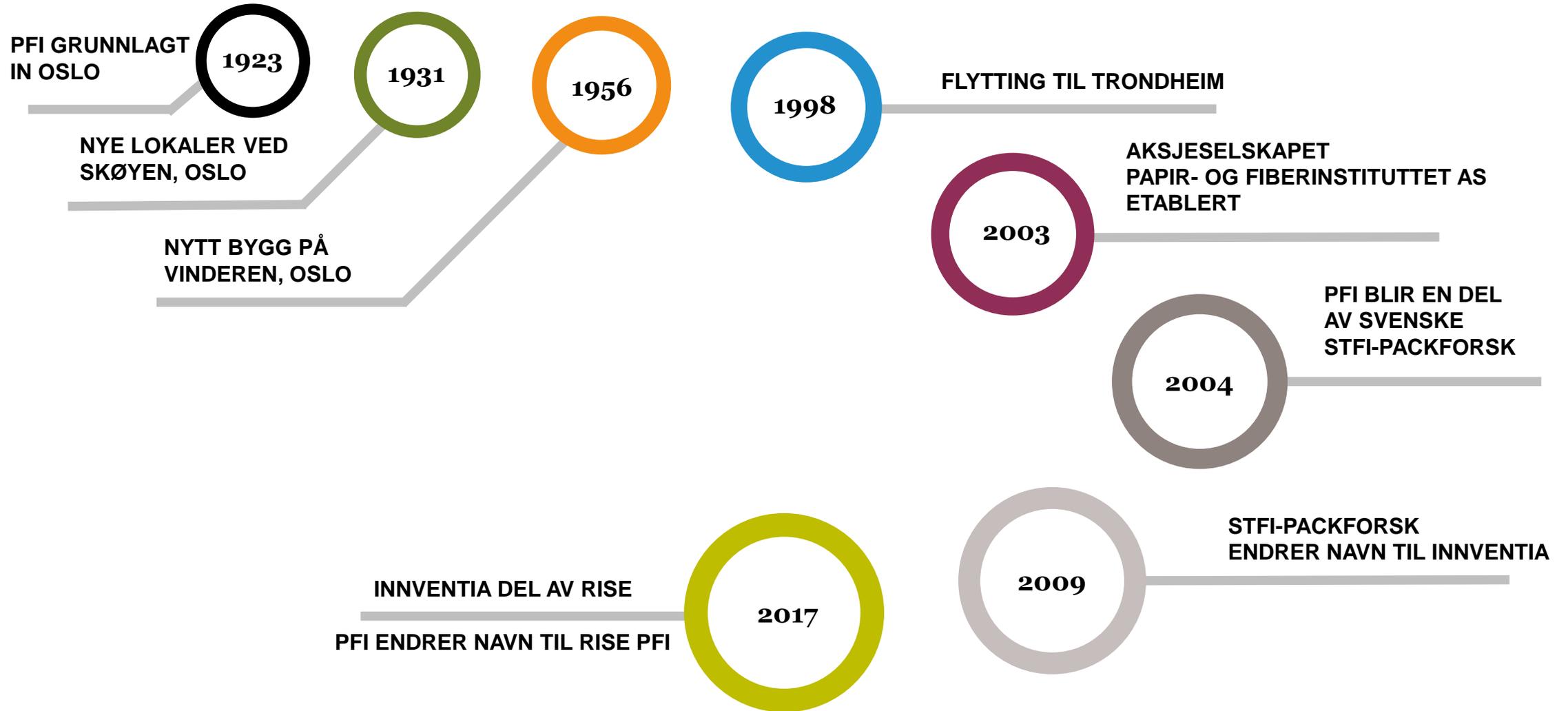
Regenerering av  
kroppsvæv ved hjelp av  
nanocellulose



RISE PFI



# Tidslinje RISE PFI



# PFI

PART OF RISE

RISE PFI,  
en del av divisjonen RISE Bioøkonomi

## RISE

Research Institutes of Sweden AB

Antall medarbeidere: 2700  
Demonstrasjonsanlegg: Ca 100



# Skogen som ressurs

- Fotosyntesen er grunnlaget for alt liv på jorda
- Forsvarlig skogbruk konkurrerer ikke med matvareproduksjon
- Skog er den viktigste kilden til cellulose

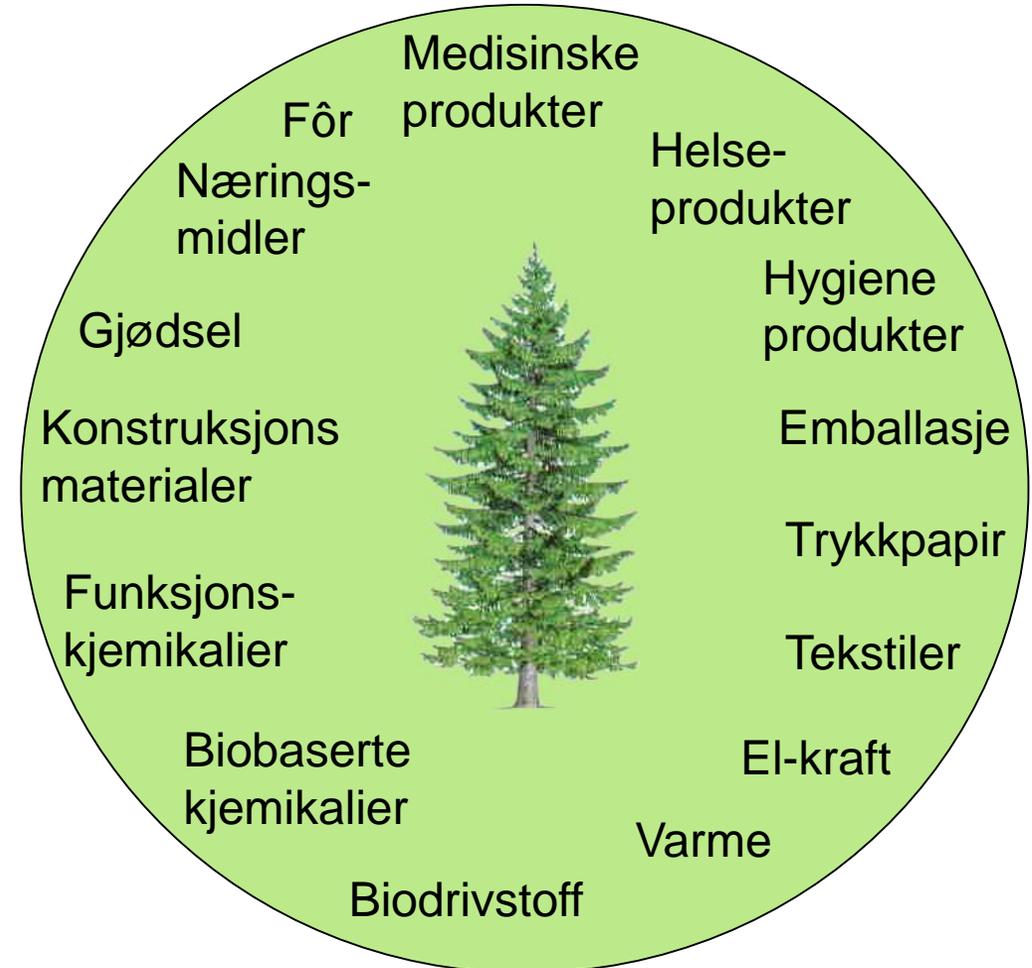


# Treet – en unik ressurs for fremtidens biobaserte samfunn

**MATERIALER**

**KJEMIKALIER**

**ENERGI**



# Fokusområder ved RISE PFI



Bioraffinering og bioenergi



Fiberteknologi og applikasjoner



Biokompositter



Nanocellulose og  
karbohydratpolymerer

Hva er nanocellulose?



# Nano**cellulose**

naturens eget nanomateriale

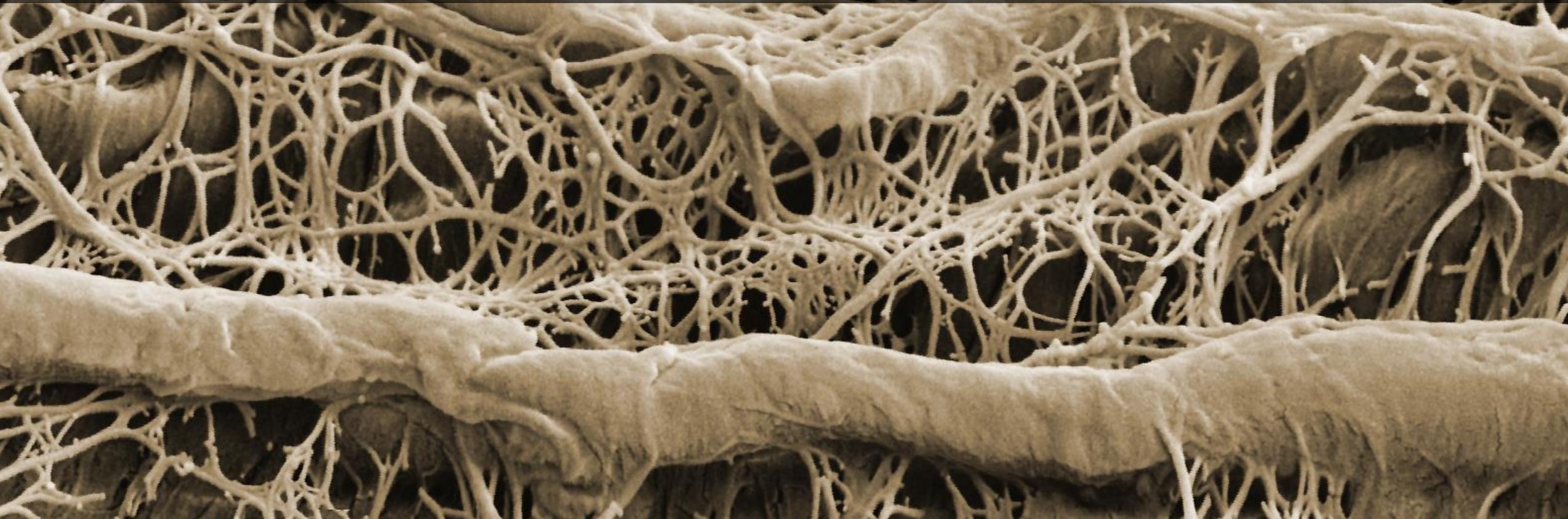
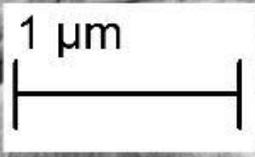
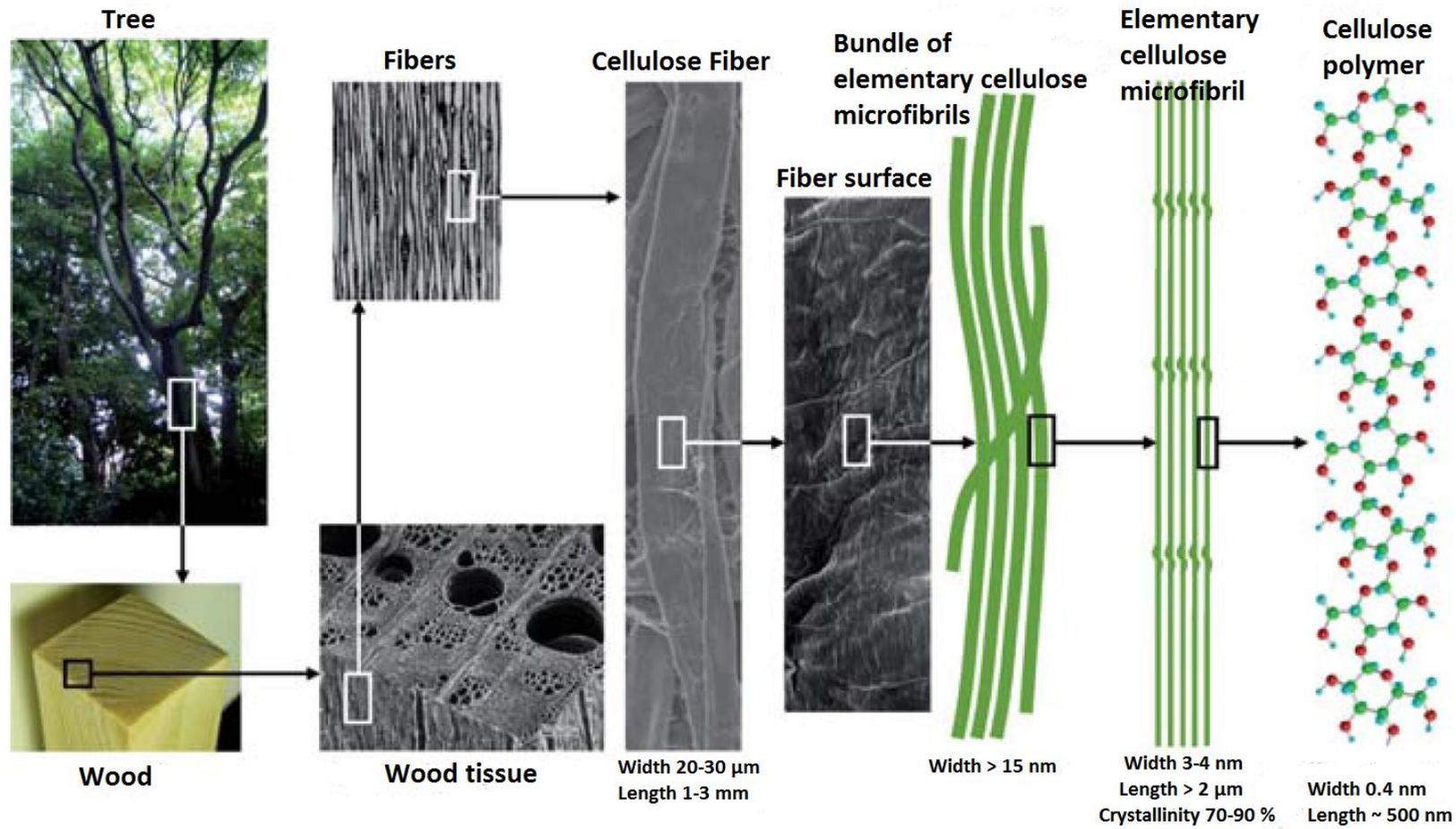




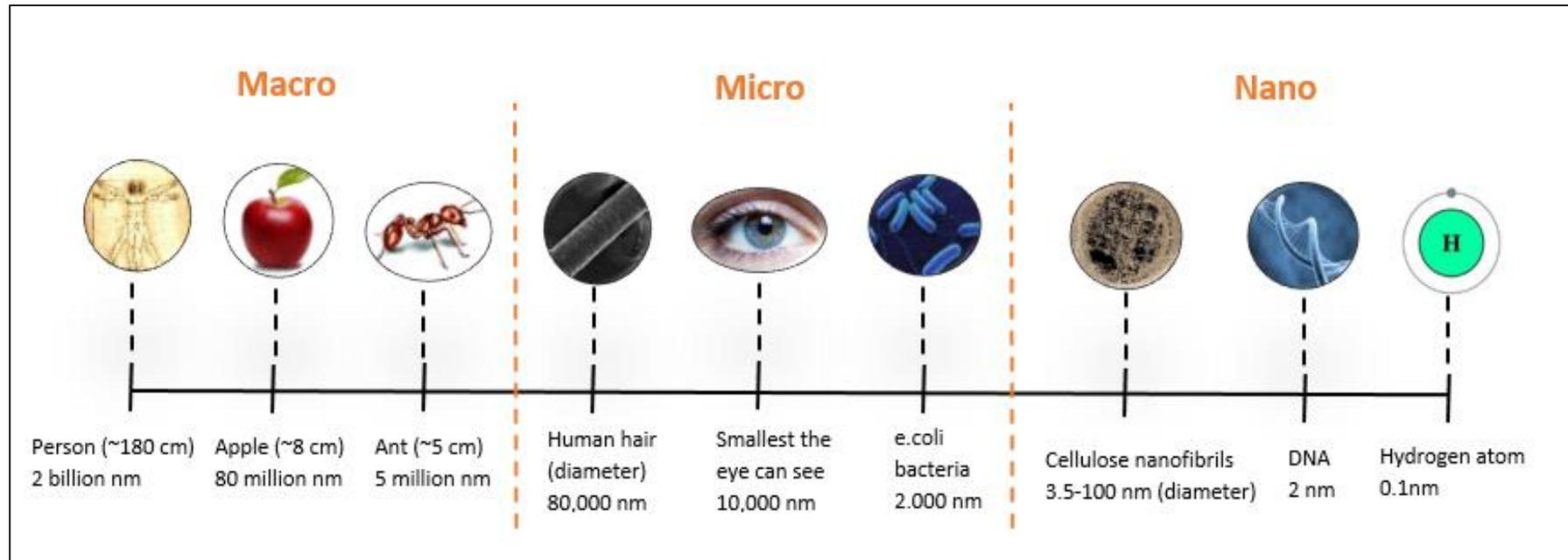
Image: Gary Chinga Carrasco, RISE PFI



# Vedstruktur

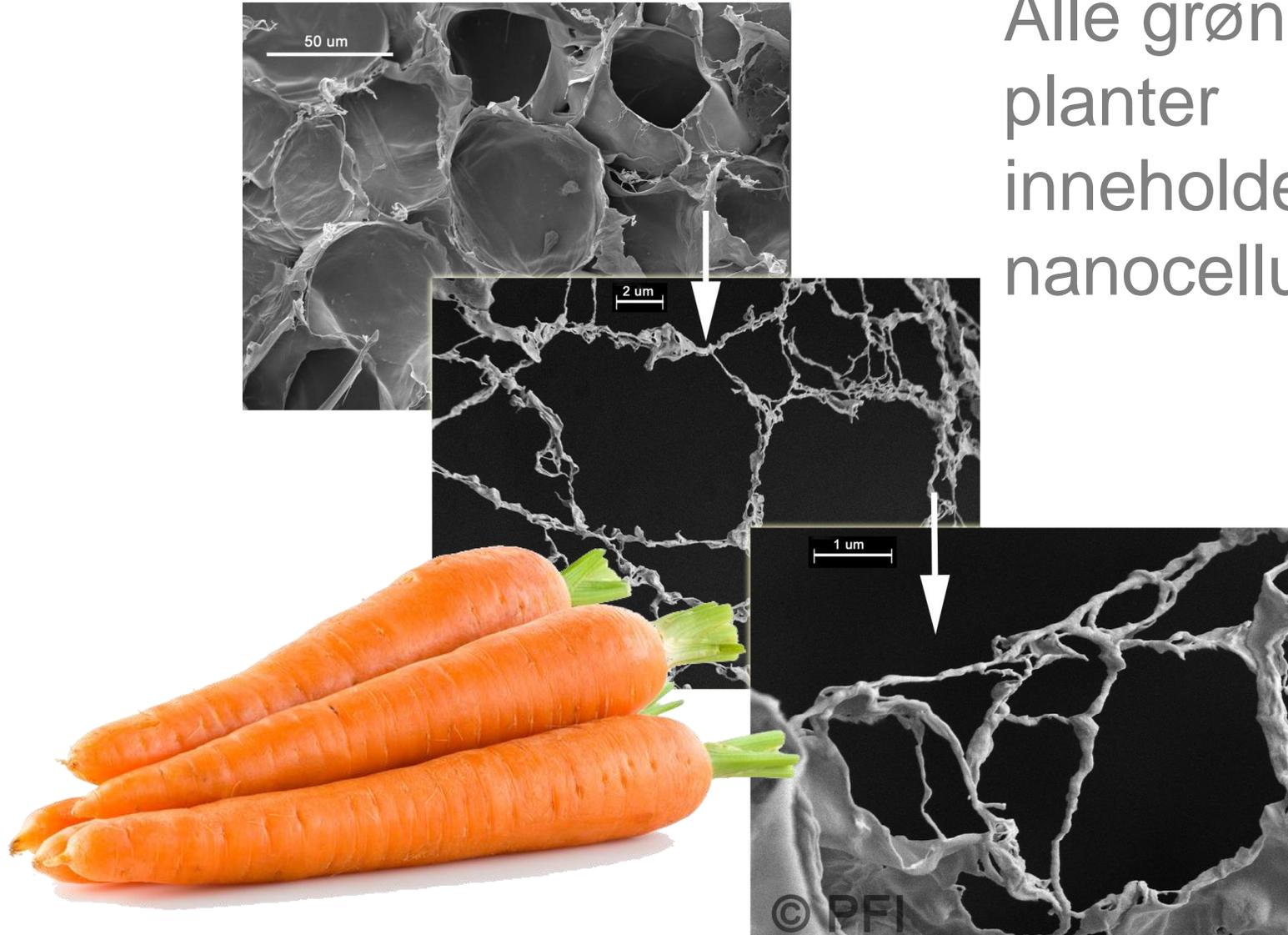


# Nano – $10^{-9}$

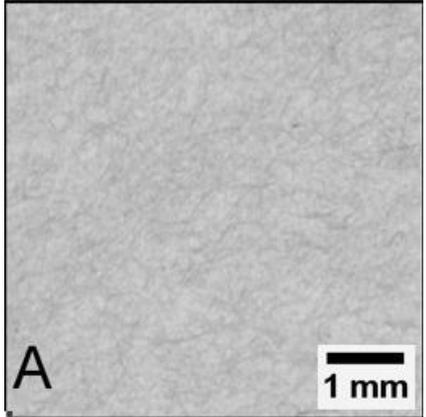
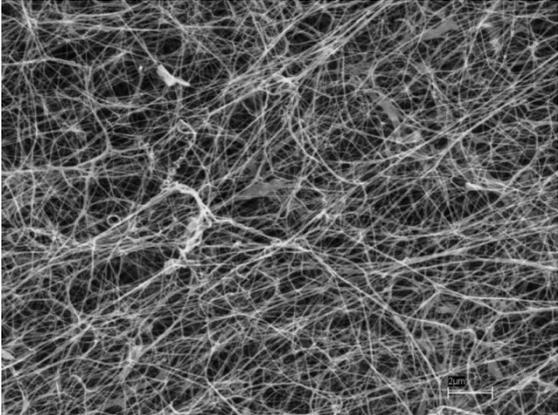
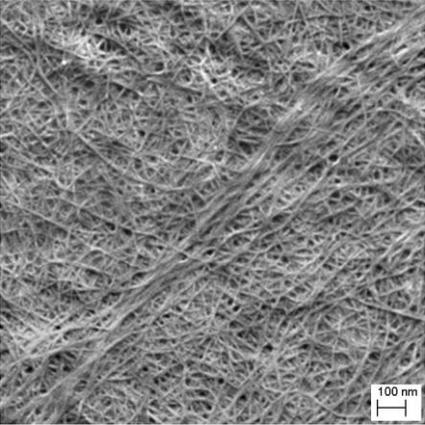
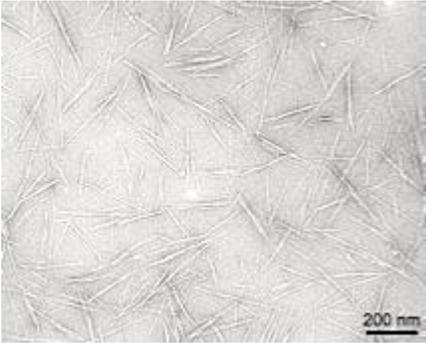
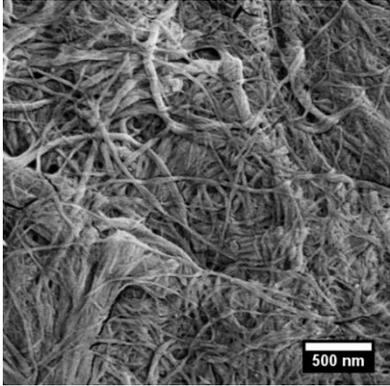
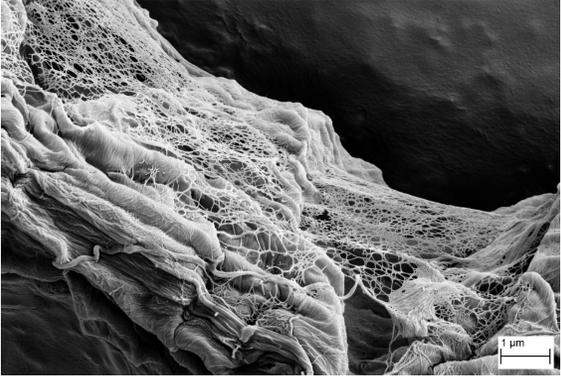


Figur: Reidun Cecilie Grønfor Aadland, PhD student i PFI prosjektet GreenEOR

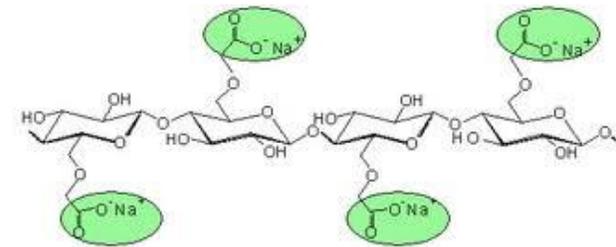
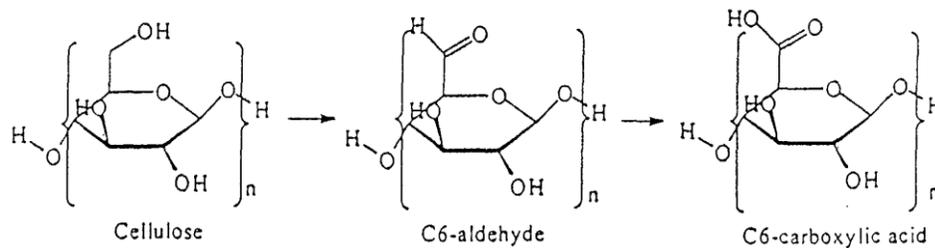
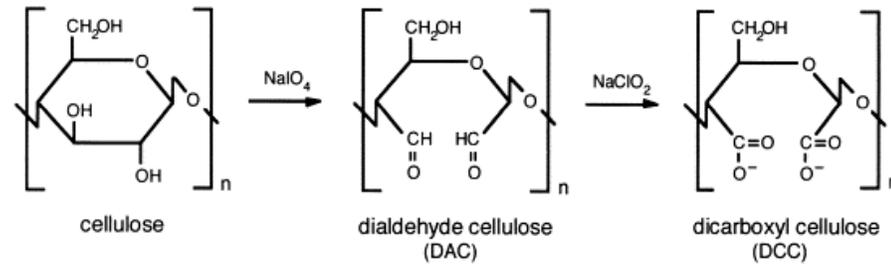
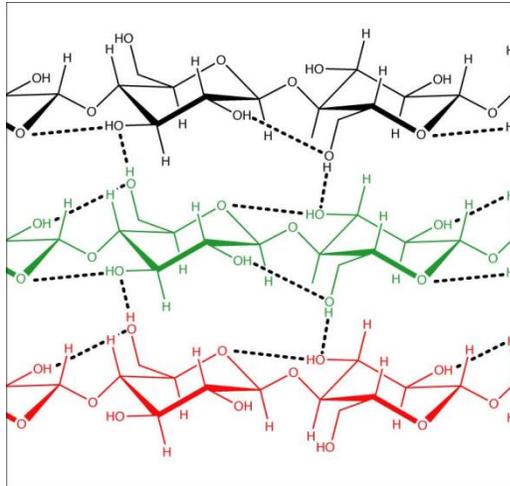
Alle grønne planter inneholder nanocellulose



# Produksjon – ulike morfologi

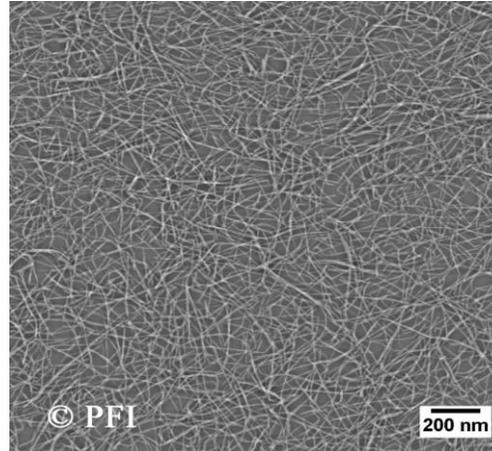


# Produksjon – ulike overflatekjemi



# Produksjon – mange ulike typer nanocellulose

- Nøytral
- Positivt ladd
- Negativt ladd
- Varierende ladningstetthet
- Ulik diameter og lengde på fibriller
- Ulik lengde på molekylene som fibriller er lagd av



# Anvendelser av nanocellulose



# Anvendelser

## Engineering av nanocelluloser for ulike anvendelser

### Papir og emballasje

- Trykkipapir
- Barriere-egenskaper i emballasje

### Rheologi og emulsjoner

- Enhanced oil recovery (EOR)
- Borevæsker
- Mat (f.eks. majones, brød)
- Kosmetikk
- Sement

### Medisinske anvendelser

- Sårheling
- Regenerering av skadet vev – scaffolds
- Drug delivery



Paper



Packaging



Oil field applications



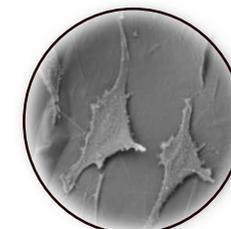
Food



Cement



Wound healing



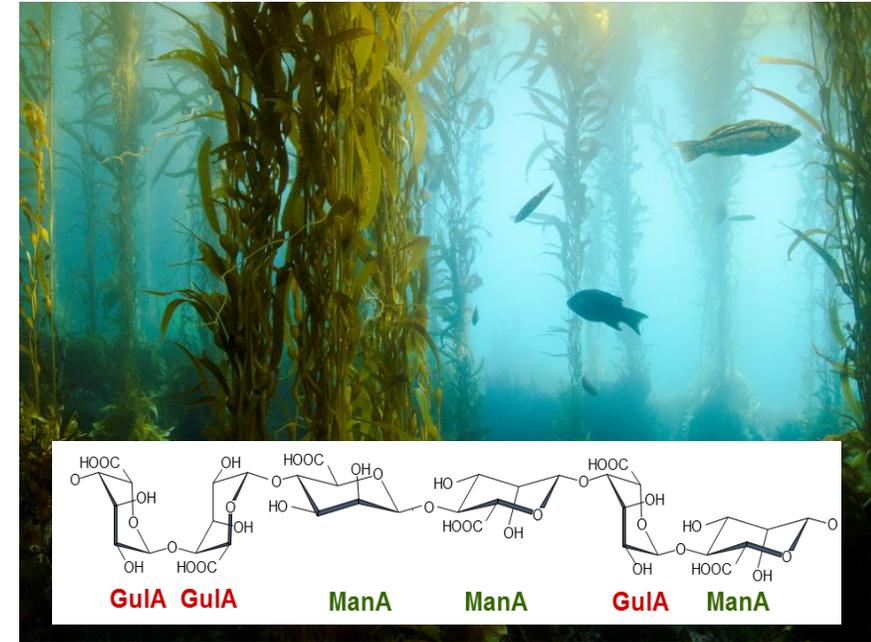
Tissue engineering

# Substitutter for plast

- Grønne polymere
  - Nanocelluloser
  - Plastisert cellulose
  - Lignin

og

- Blå polymere
  - Alginat
  - Kitosan



Plastsubstitutter må være delvis **hydrofile** (vannelskende) sånn at mikroorganismer kan angripe og bryte ned

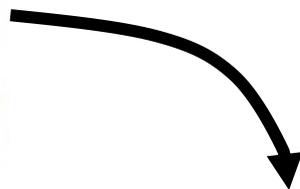
# Regenerering av kroppsvev ved hjelp av nanocellulose



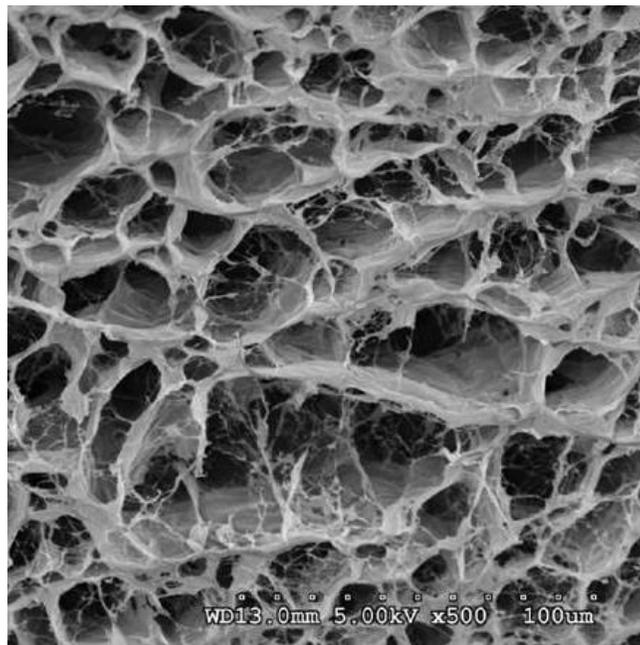




Levende  
stamceller



NÆRINGsstoffer



SCAFFOLD/  
STILLAS/  
skjelett

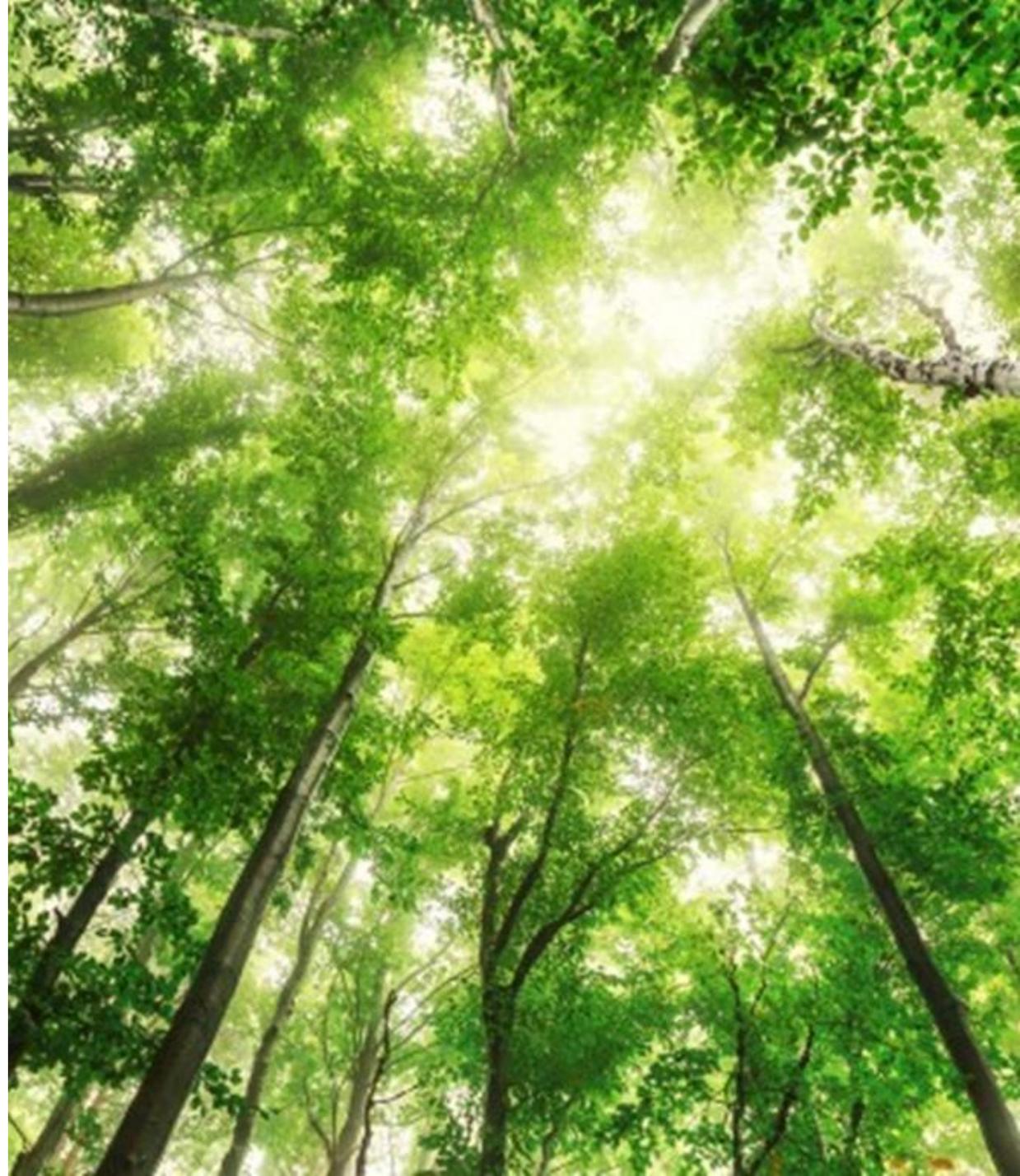


NY VEVSSSTRUKTUR

# Nanocellulose for regenerering av kroppsdeler

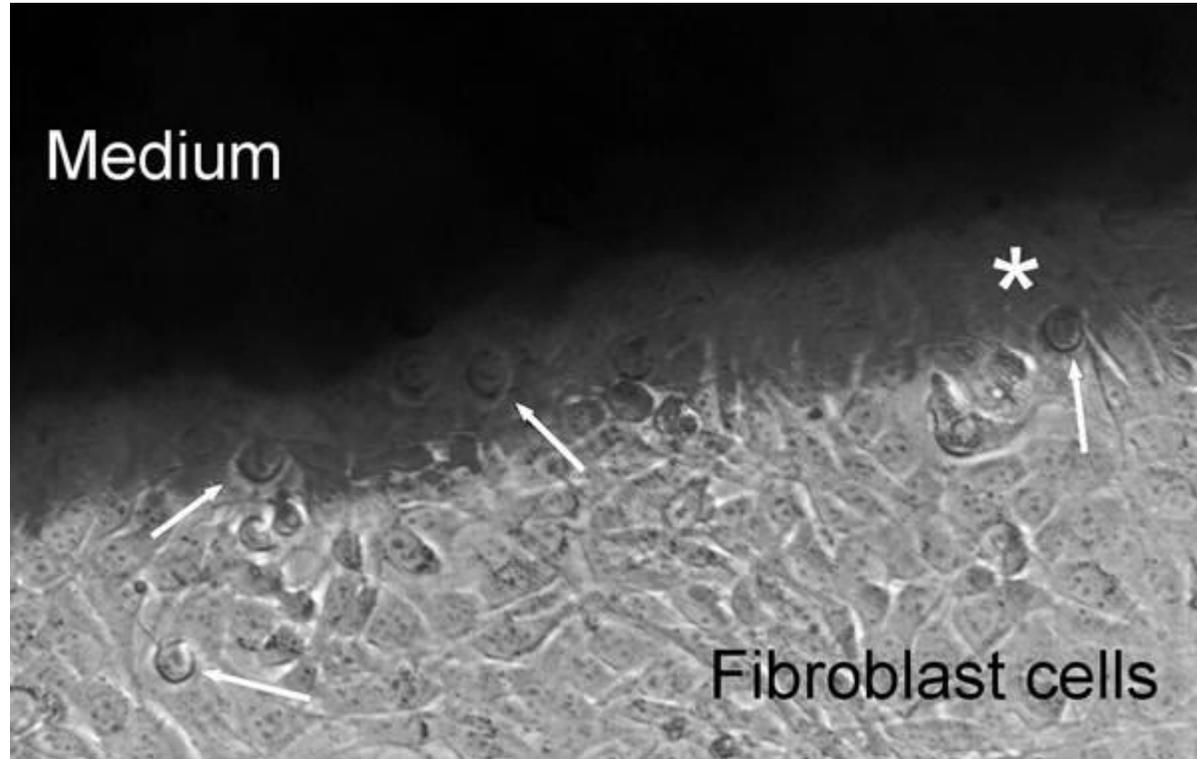
Krav til «scaffolds» for regenerering av vev:

- Ikke toksisk
- Porøst – slik at man kan ha vekst av celler og plass til blodårer
- De mekaniske egenskapene må være de riktige for det vevet som skal regenereres
- Overflatekjemien må være slik at den fremmer at celler fester seg, deler seg og danner vev
- Det må gradvis brytes ned



# Nanocellulose for regenerering av kroppsdelar

## Cytotoksisitetstester

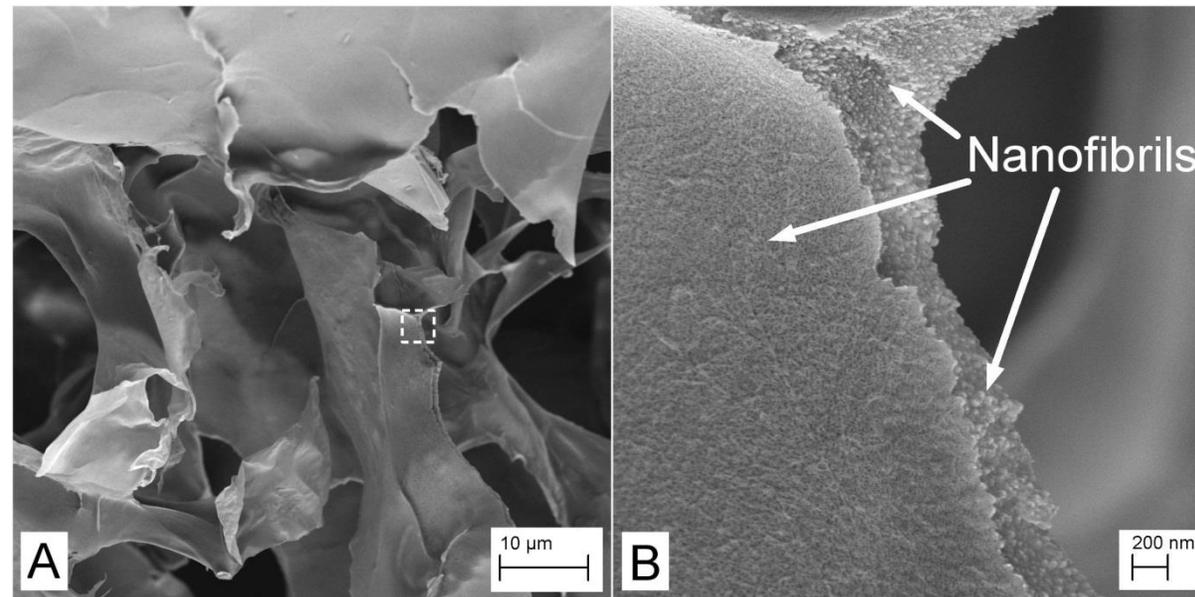


Ingen skadelige effekter har blitt observert

Alexandrescu, L., Syverud, K., Gatti, A., Chinga-Carrasco, G.: Cytotoxicity tests of cellulose nanofibril-based structures, *Cellulose*, 20 (4), 1765-1777, 2013

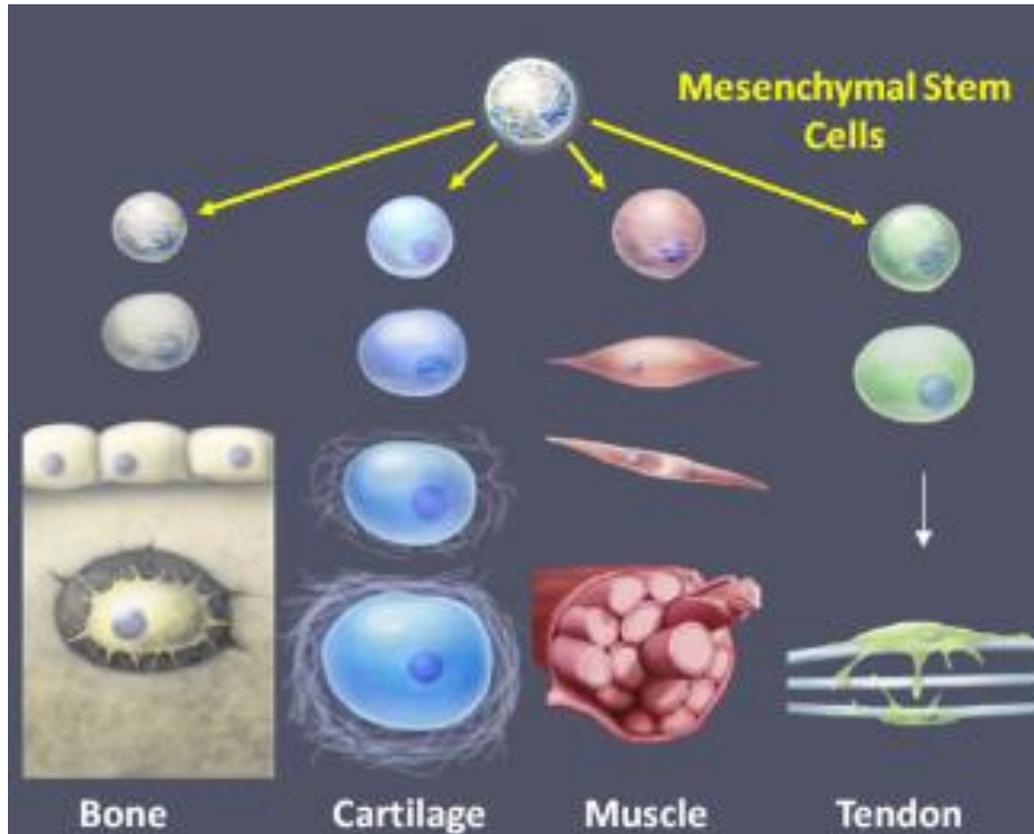
# Nanocellulose for regeneration of body parts

Konstruksjon av porøse, cellevennlige strukturer



Syverud, K., Kirsebom, H., Hajizadeh, S. and Chinga-Carrasco, G. "Cross-linking cellulose nanofibrils for potential elastic cryo-structured gels". *Nanoscale research letters* 6:626 (2012)

# Nanocellulose for regenerering av kroppsdelar



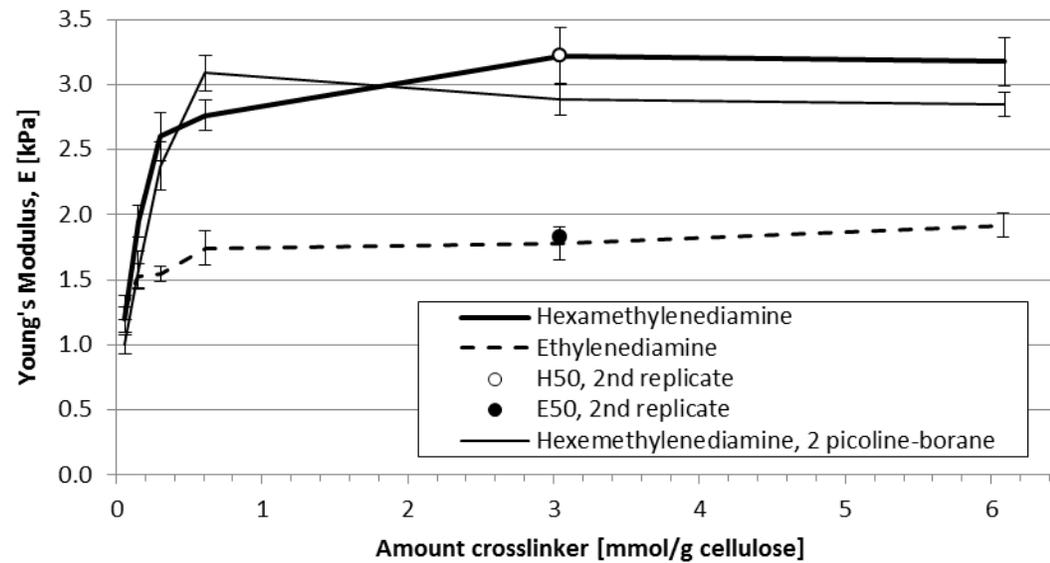
Mekaniske egenskaper  
må kunne kontrolleres

# Nanocellulose for regeneration of body parts

## Kontroll av mekaniske egenskaper

### Kryssbinding:

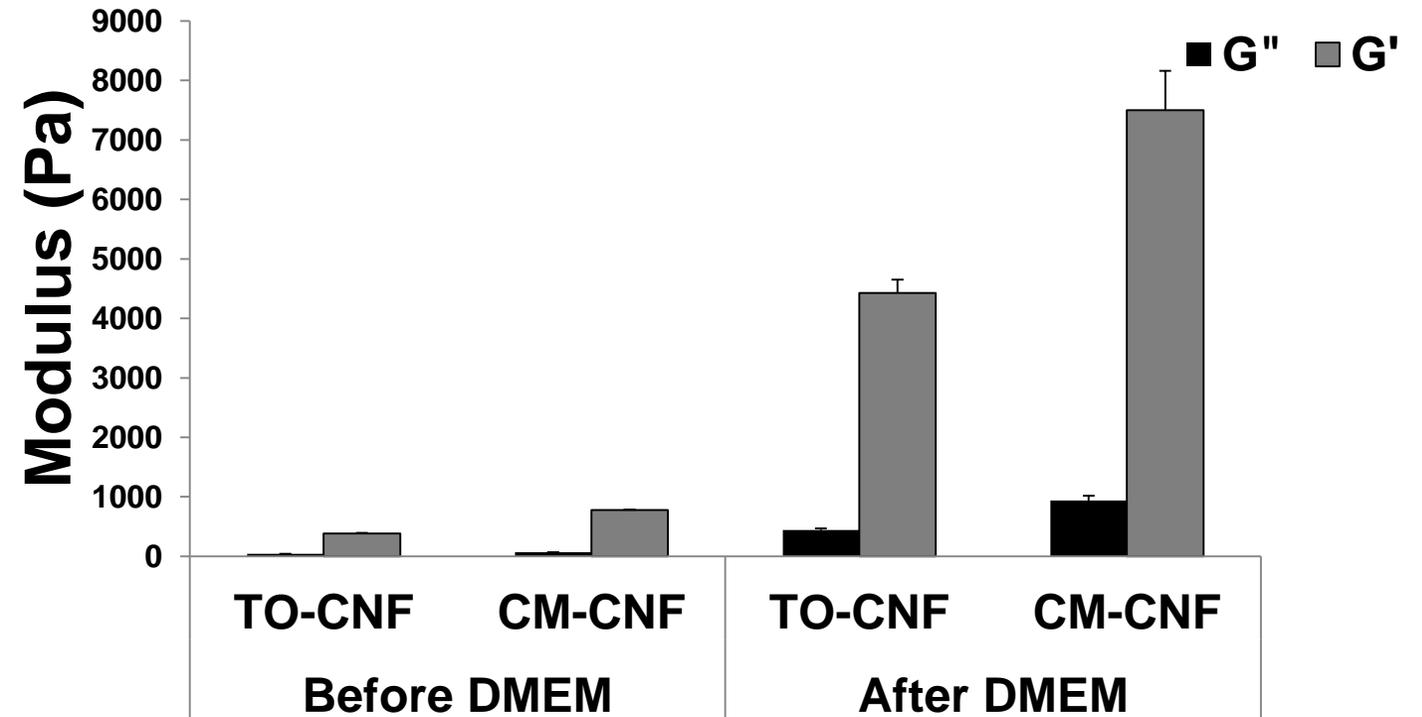
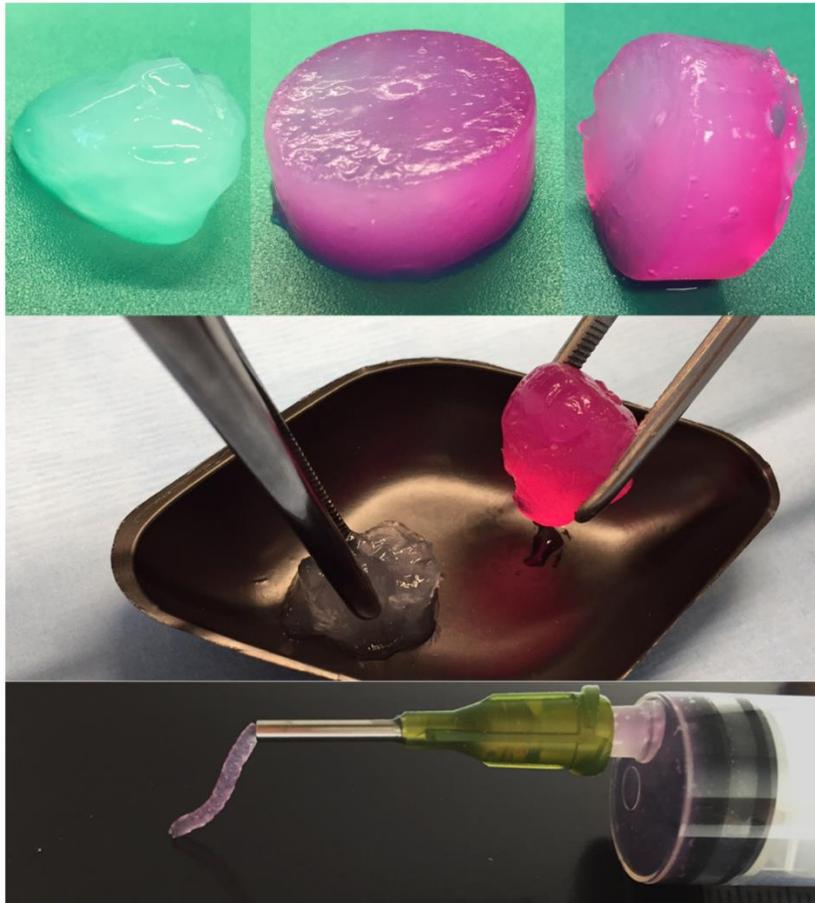
- Fibriller bindes sammen med kryssbindingsmolekyler



Syverud, K., Pettersen, S., Draget, K. and Chinga-Carrasco, G. (2015): Controlling the Elastic Modulus of Cellulose Nanofibril Hydrogels – scaffolds with potential in tissue engineering. *Cellulose*, 22 (1), 473-481, DOI: 10.1007/s10570-014-0470-5

# Nanocellulose for regenerering av kroppsdeler

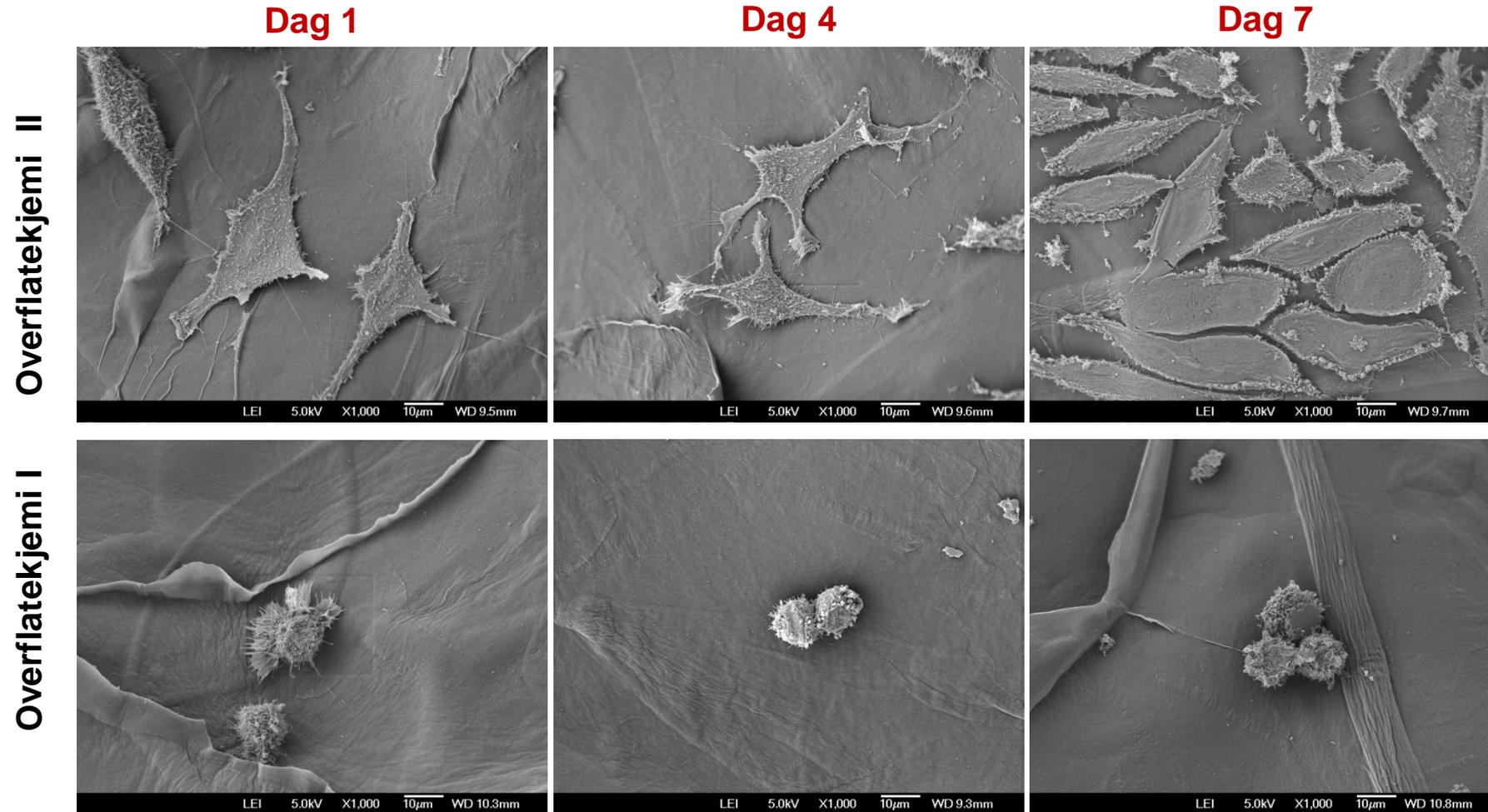
Kontroll av mekaniske egenskaper med ioner



Kryssbinding av hydrogeler med cellekulturmedium forbedrer mekaniske egenskaper

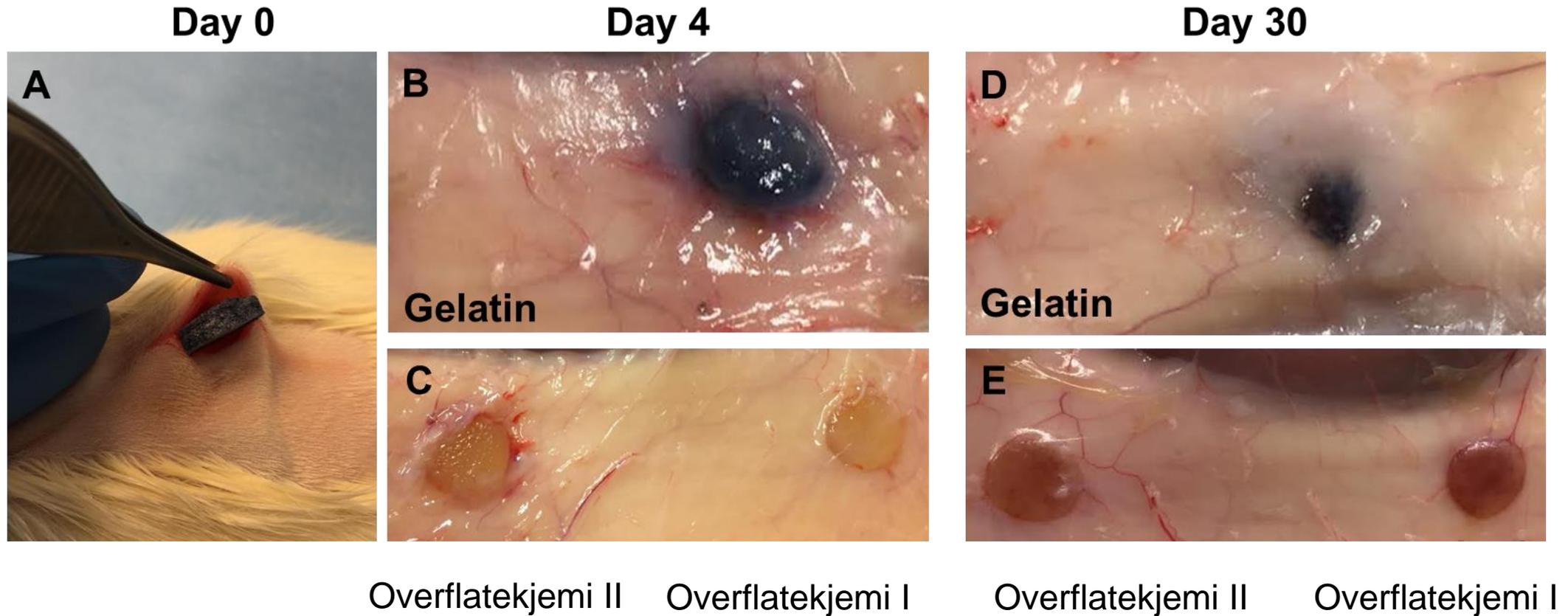
# Nanocellulose for regenerering av kroppsdeler

*In vitro* cytokompatibilitet – ulike overflatekjemi



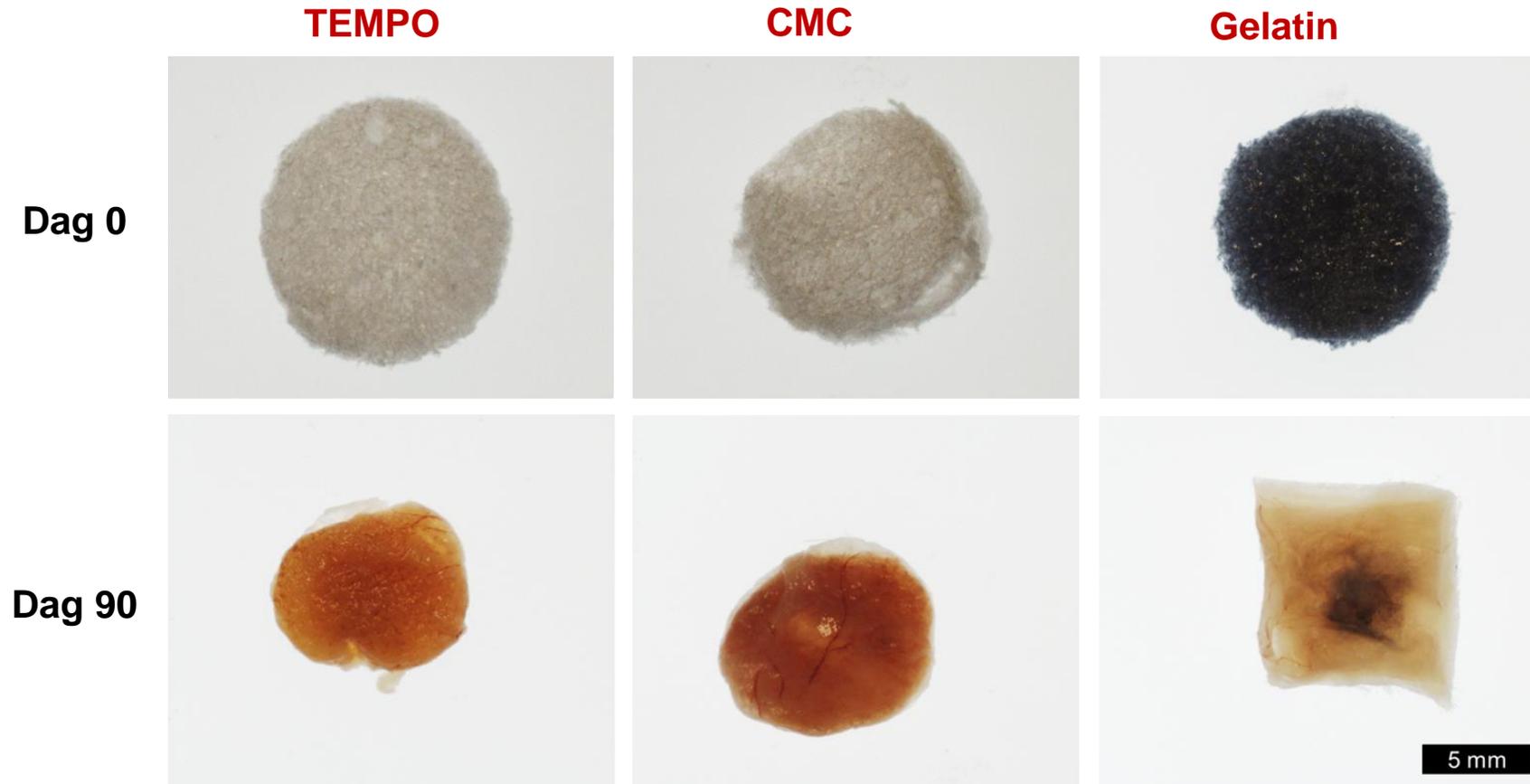
# Nanocellulose for regenerering av kroppsdelar

*In vivo* cytokompatibilitet – ulik overflatekjemi

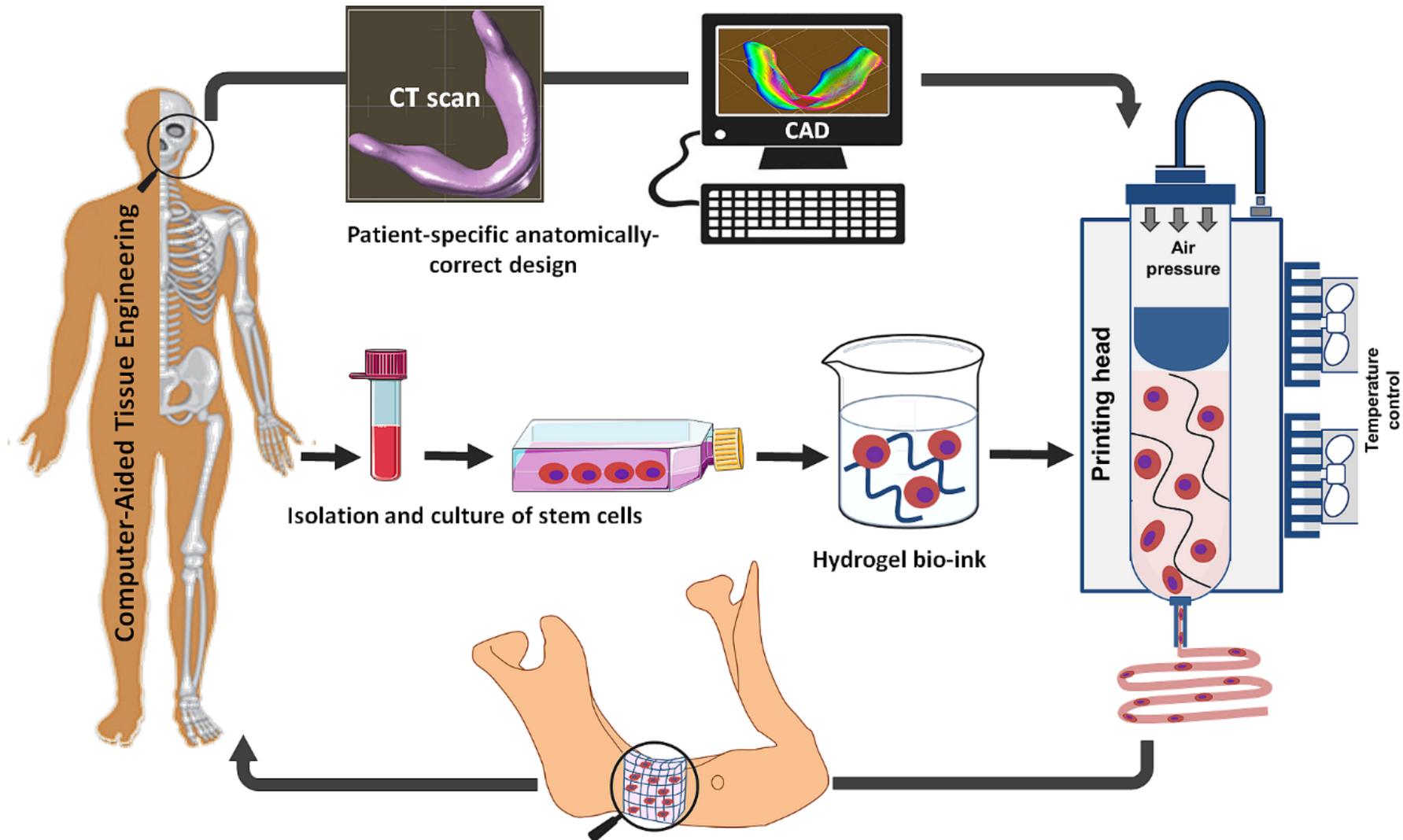


# Nanocellulose for regenerering av kroppsdeler

*In vivo* cytotoxicitet – ulik overflatekemi



# Nanocellulose for regenerering av kroppsdelar



Rashad, A.: Wood-Based Nanocellulose Hydrogels for Tissue Engineering Applications, Dr. thesis, University of Bergen, 2018

**PFI**  
PART OF **RI.SE**

TAKK

 **The Research Council  
of Norway**

Kristin Syverud

[kristin.syverud@rise-pfi.no](mailto:kristin.syverud@rise-pfi.no)

+47 959 03 740

