Livskvalitet gennem
det byggede miljø

Realdania

Veje til biobaseret byggeri

Realdania

Stig Hessellund, Projektchef

Realdania - en filantropisk forening med medlemsdemokrati

Livskvalitet gennem det byggede miljø

"Vi arbejder for at skabe livskvalitet for alle gennem det byggede miljø."

- En filantropisk forening med næsten 200.000 medlemmer
- Pengene kommer fra salget af Realkredit Danmark
- Igangværende projekter for ca. 22 mia. kr.
- Egenkapital på ca. 29 mia. kr.
- Uddeler årligt mellem ½ og 1 mia. kr.
- Arbejder problemdrevet
- Støtter 'mursten', viden, netværk, processer m.m.

Veje til Biobaseret Byggeri

Et blik på tværs

Veje til Biobaseret Byggeri

Et blik på tværs

JAJA Architects

Realdania

Realdania er en filantropisk forening, som arbejder for at skabe livskvalitet for alle gennem det byggede miljø. I det filantropiske arbejde er der fokus på at indkredse og løse markante og vigtige samfundsudfordringer og problemer, der knytter sig til det byggede miljø, forstået som byen, byggeriet og bygningsarven.

JAJA Architects

JAJA er en arkitektvirksomhed, som arbejder bredt mellem byplanlægning og byggeri samt byrum og landskab inden for tre hovedagendaer; Biobaserede materialer, transformation og mobilitet. I projektet Veje til Biobaseret Byggeri har JAJA stået for at bygge bro mellem forskning og praksis.

I dette projekt

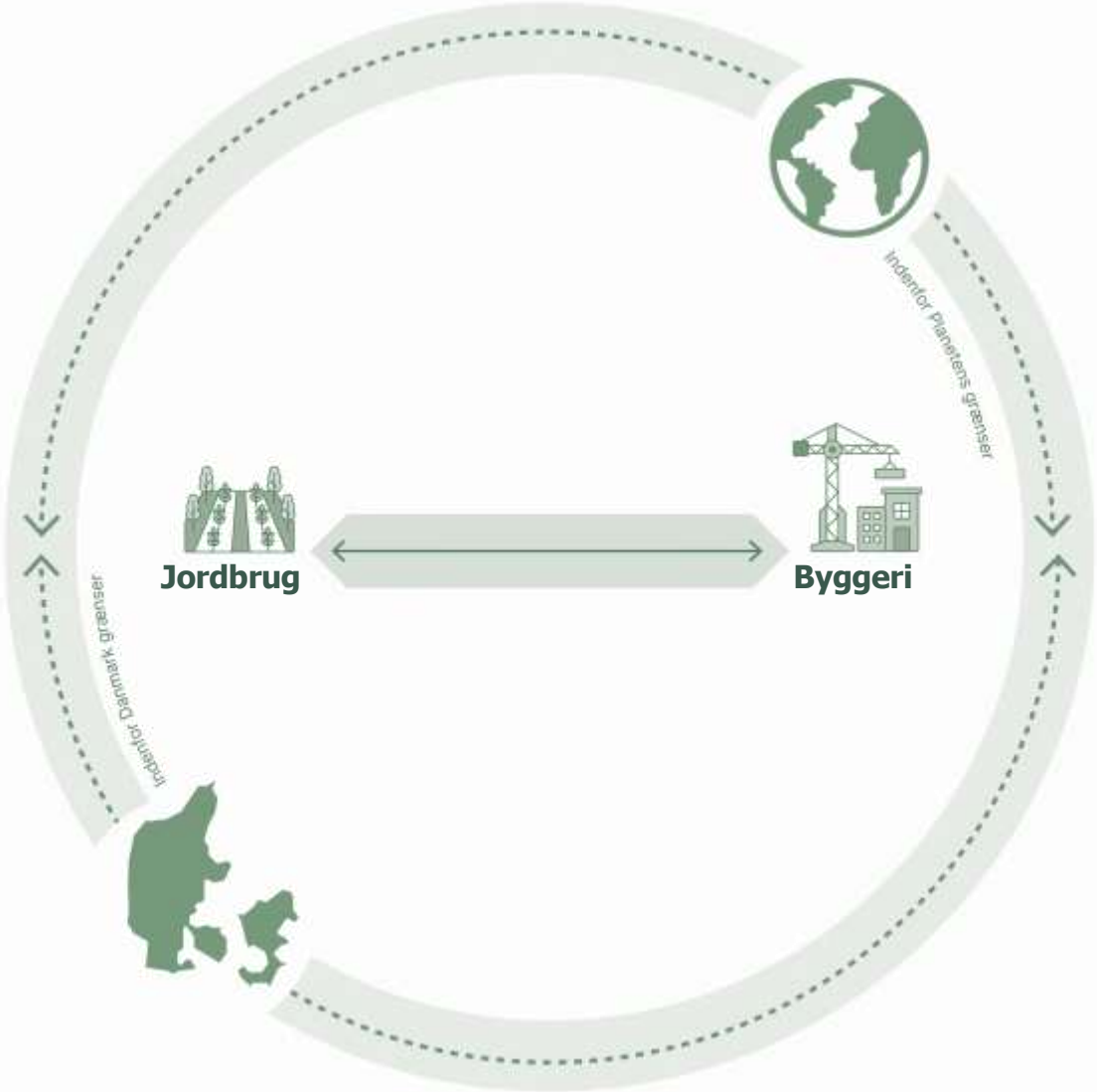
stiller vi følgende spørgsmål:

Hvor mange fornybare materialer skal vi bruge i byggeriet i fremtiden?

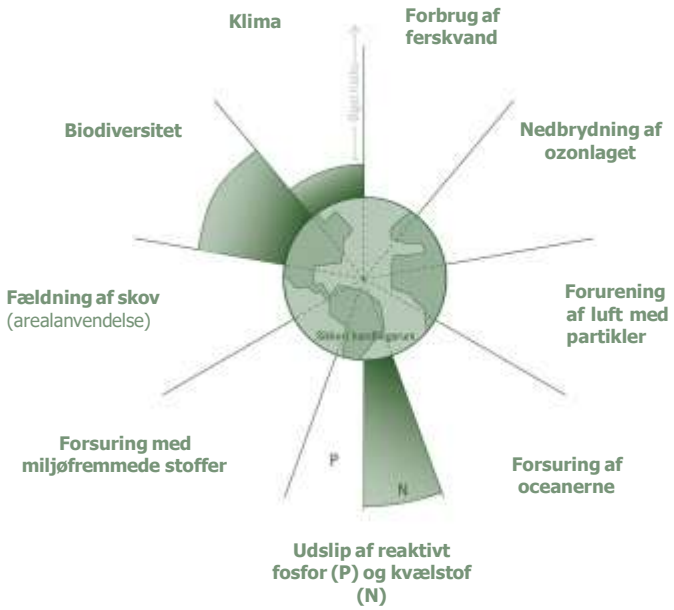
Kan vi blive selvforsynende med fornybare byggematerialer i Danmark?

Hvad vil et stort brug af lokale biobaserede materialer kræve af arealfordelingen og betyde for klimaaftrykket af dansk byggeri?

Hvordan vil et øget forbrug af biobaserede materialer påvirke andre sektorer?

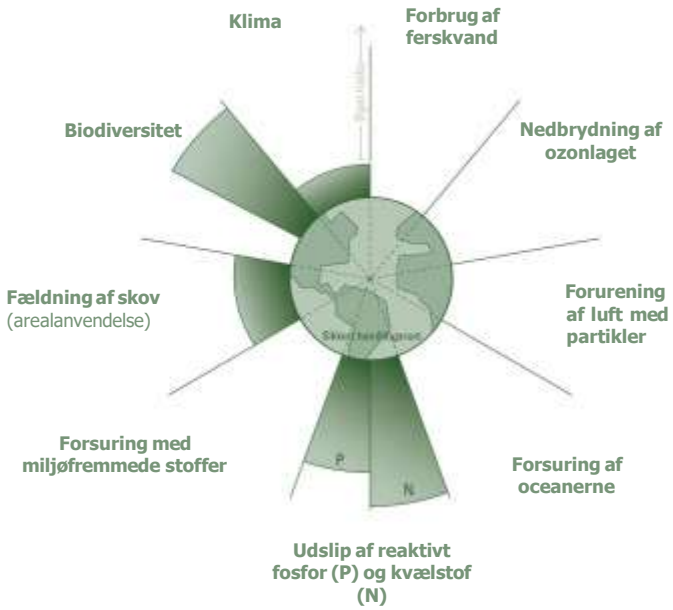


2009



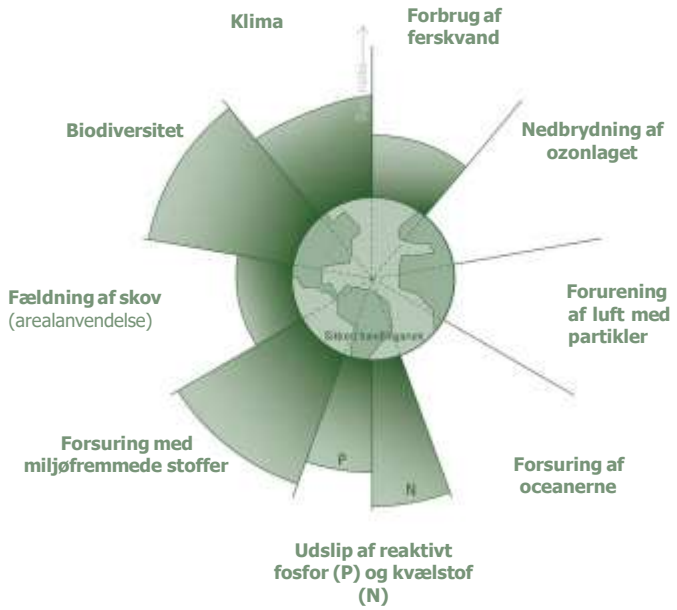
Tre grænser overskredet

2015



Fire grænser overskredet

2023



Seks grænser overskredet

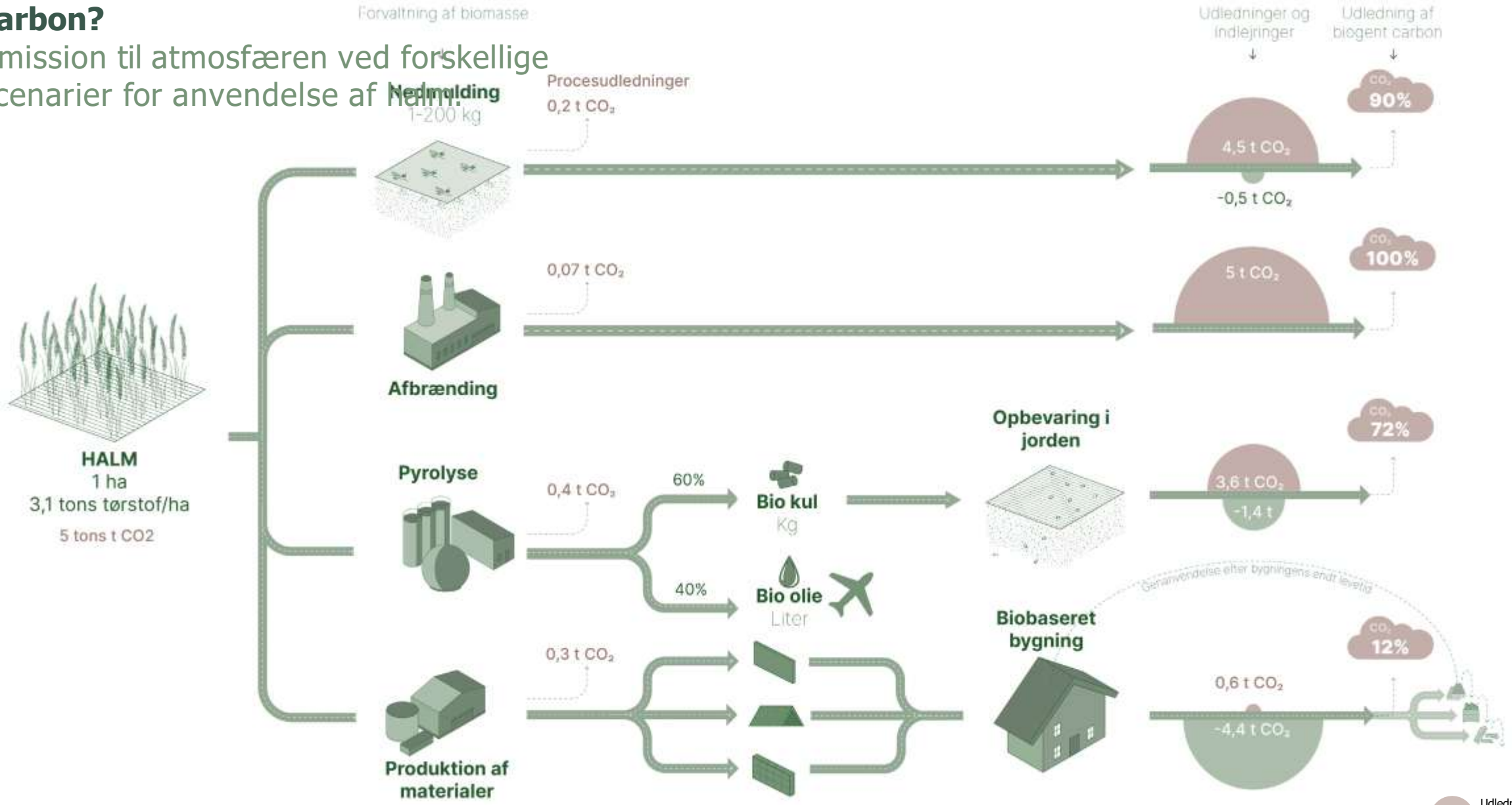
Gennem de sidste 15 år har vi set et stadigt accelererende forbrug og overskridelse af de ni planetære grænser. I dag er seks ud af ni grænser overskredet, jf. Planetary Boundaries, Stockholm Resilience Centre.

Der findes en **billig, effektiv og gennemafprøvet** måde at både opfange og indlejre CO_2 – og det er **fotosyntesen.**

Uffe Jørgensen
Au Agro

Hvordan forvalter vi bedst det biogene carbon?

Emission til atmosfæren ved forskellige scenarier for anvendelse af halm:



Byggeriet kan være en del af svaret

Stort potentiale ved omstilling til biobaserede materialer

10,8
kg CO2-ækv./m2/år

Det mineralske hus
Konventionel byggeskik

7,7 t
kg CO2-ækv./m2/år

Det dyrkede hus
Biobaseret byggeskik

Produktion af et almindeligt, tungt hus udleder store mængder CO2 ved opførelse. Udledningen sker især ved energiforbrug ved produktion af materialer. Alene ved substitution kan vi reducere vores CO2-forbrug med 20 %.

Stort potentiale i Danmark for bioressourcer

Vi er et landbrugsland med lange kyststrækninger

+

Fyr, eg, pil, poppel

Halm

Tagrør

Hamp

Elefant græs

Hør

Kløver græs

Mycelium

ålegræs

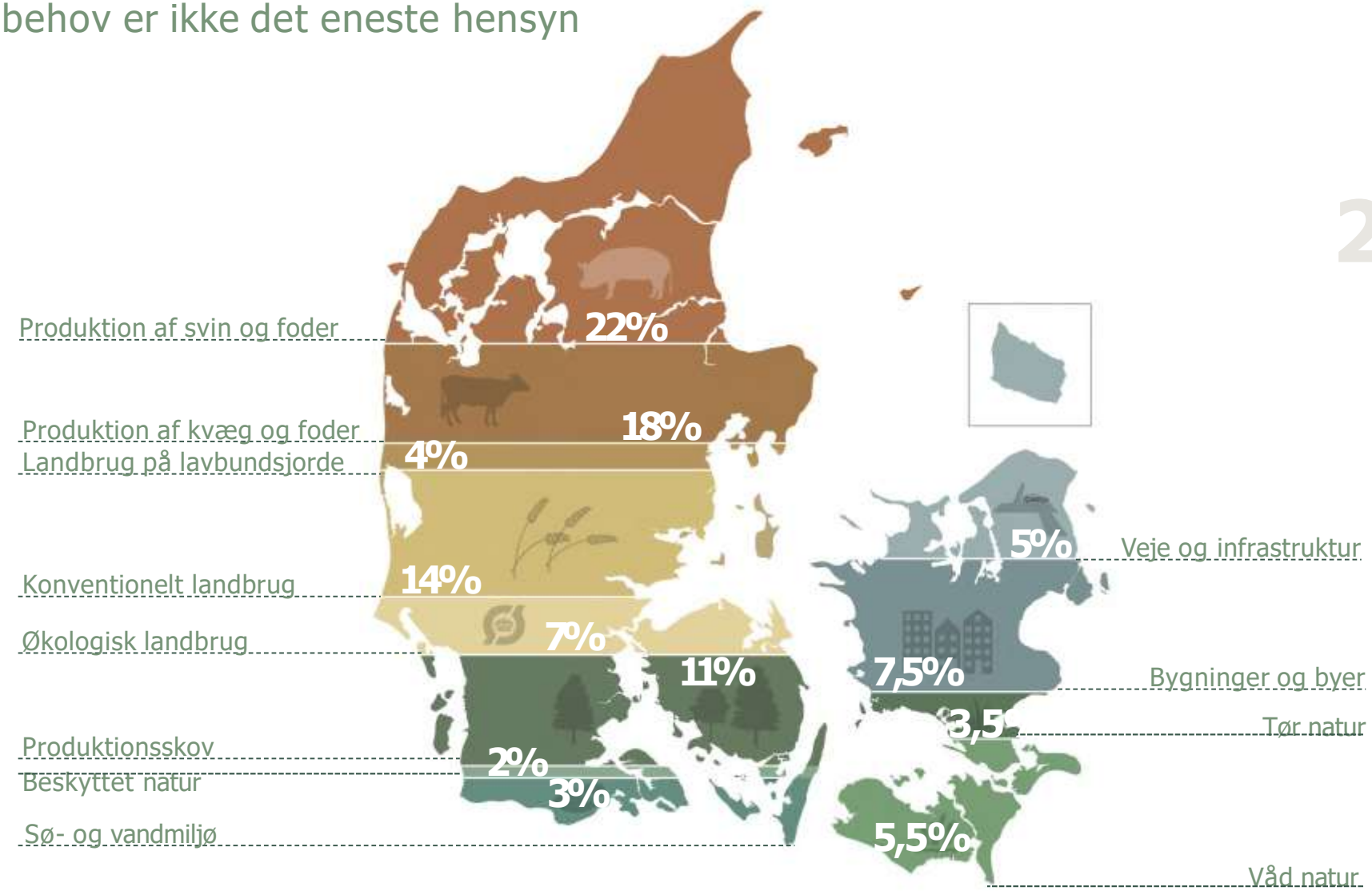
muslingeskaller

chitosan

Danmark er et land, som er rigt på potentialer for at udvinde biobaserede ressourcer. Både fra vores landareal, men også fra vores kyststrækninger.

Danmarks arealkabale

Byggeriets behov er ikke det eneste hensyn



Energi sektoren

Import af træpiller og træflis

2 x 14%

Landbruget

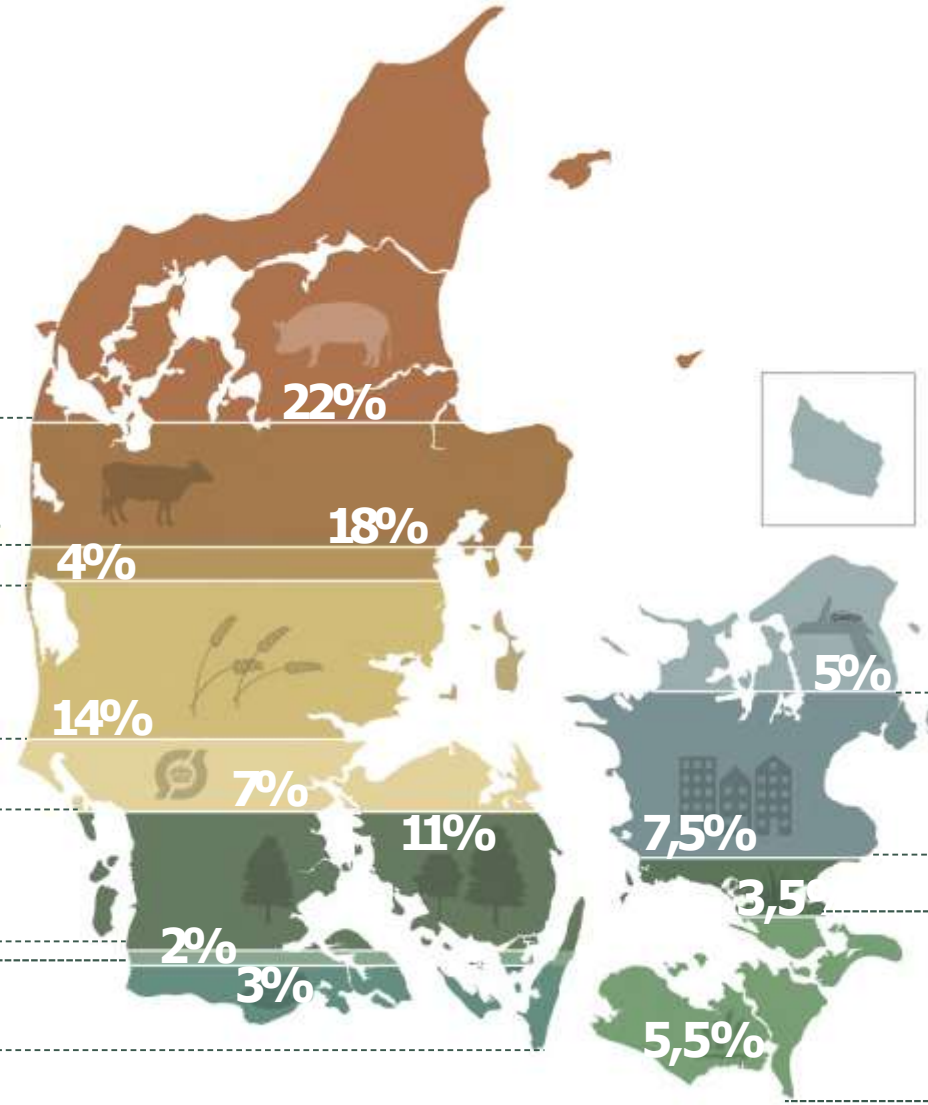
Import af soya

18%

Danmark er også et land, som i dag er intensivt udnyttet. Ud over vores byer, skove og de ca. 60 procent areal som anvendes i landbruget, importerer vi allerede i dag biomasse fra udlandet svarende til 2 gange Fyns areal og soya til dyrefoder svarende til Sjællands areal.

Danmarks arealkabale

Fremtidige planer ift arealanvendelse



Produktion af svin og foder

Produktion af kvæg og foder

Landbrug på lavbundsjorde

Konventionelt landbrug

Økologisk landbrug

Produktionsskov

Beskyttet natur

Sø- og vandmiljø

Veje og infrastruktur

Bygninger og byer

Tør natur

Våd natur

Solceller på jord
80.000 HA
1,9 %

Udtagning til lavbundsjorde
100.000 HA
2,3 %

Grundvandsbeskyttelse
+200.000 HA
4,6 %

Vindmølleenergi **0,8 %**
+36.000 HA

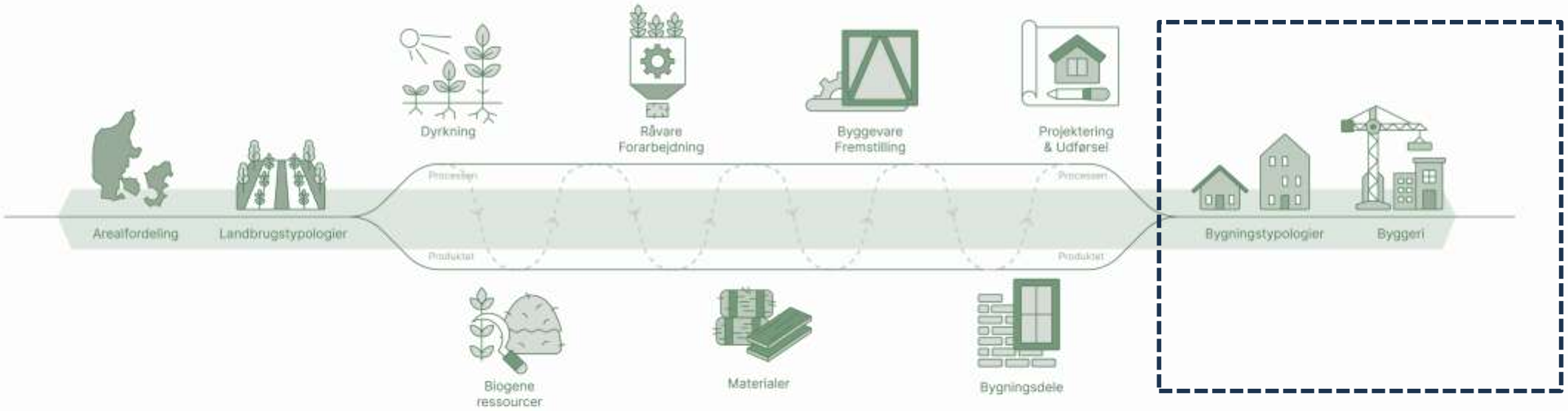
Skovrejsning
+250.000 HA
5,8 %

Klimatilpasning
+86.000 HA
2 %

Ud over den intensive udnyttelse i dag, så er der også en række målsætninger for Danmarks areal. Hvis alle behov lægges sammen, vil vi få brug for et Danmark, som er langt større end det areal, vi rent faktisk har. Derfor er det vigtigt at lede efter synergier og muligheder, som rækker på tværs af flere sektorer.

Byggeriets materialebehov

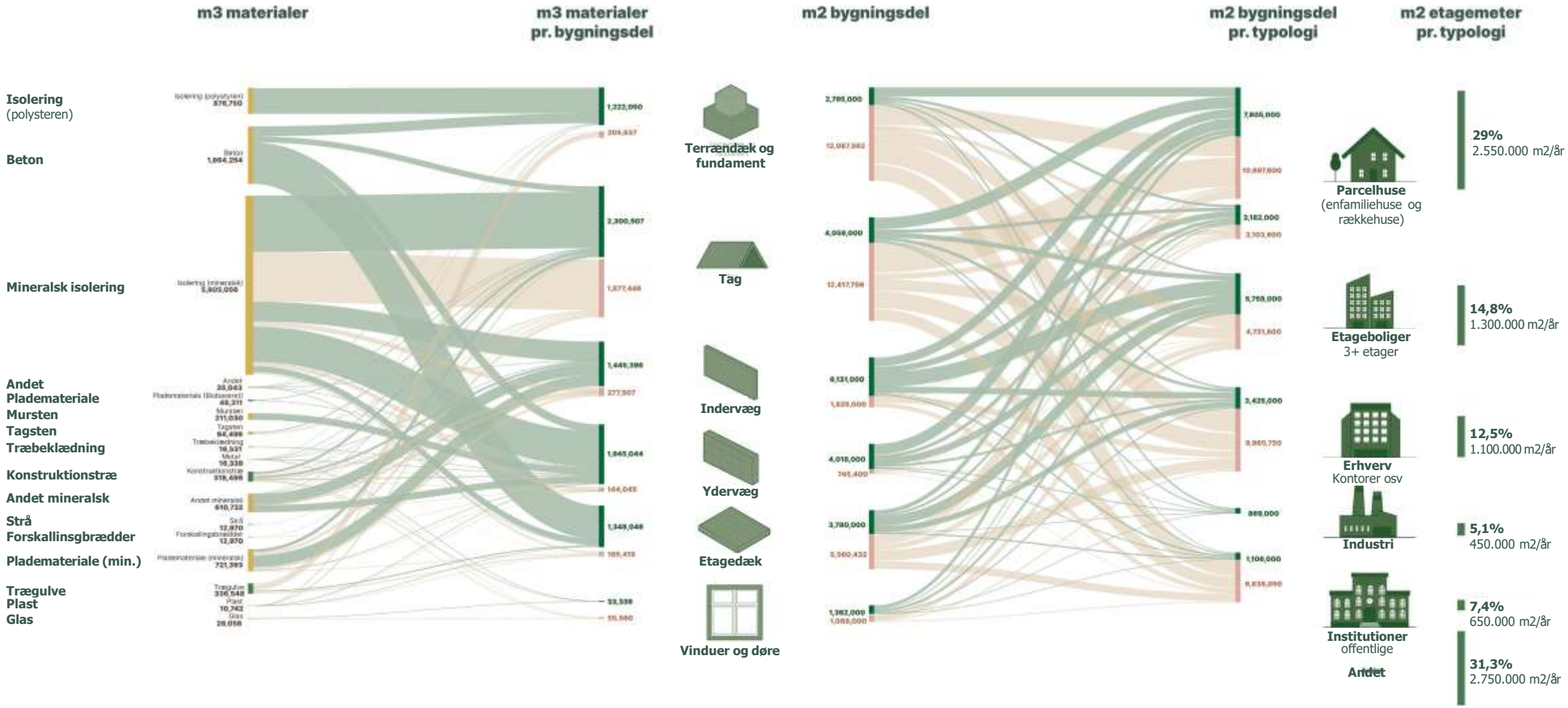
Hvor meget materiale er der brug for?



Omstilling til anvendelse af biobaserede materialer er komplekst. Det kræver nye værdikæder med indtænkning af alle processer fra disponering af areal til dyrkning og høst af afgrøder over forarbejdning til opførelse (og vedligehold) af byggeri.

Materialemængder i byggeriet

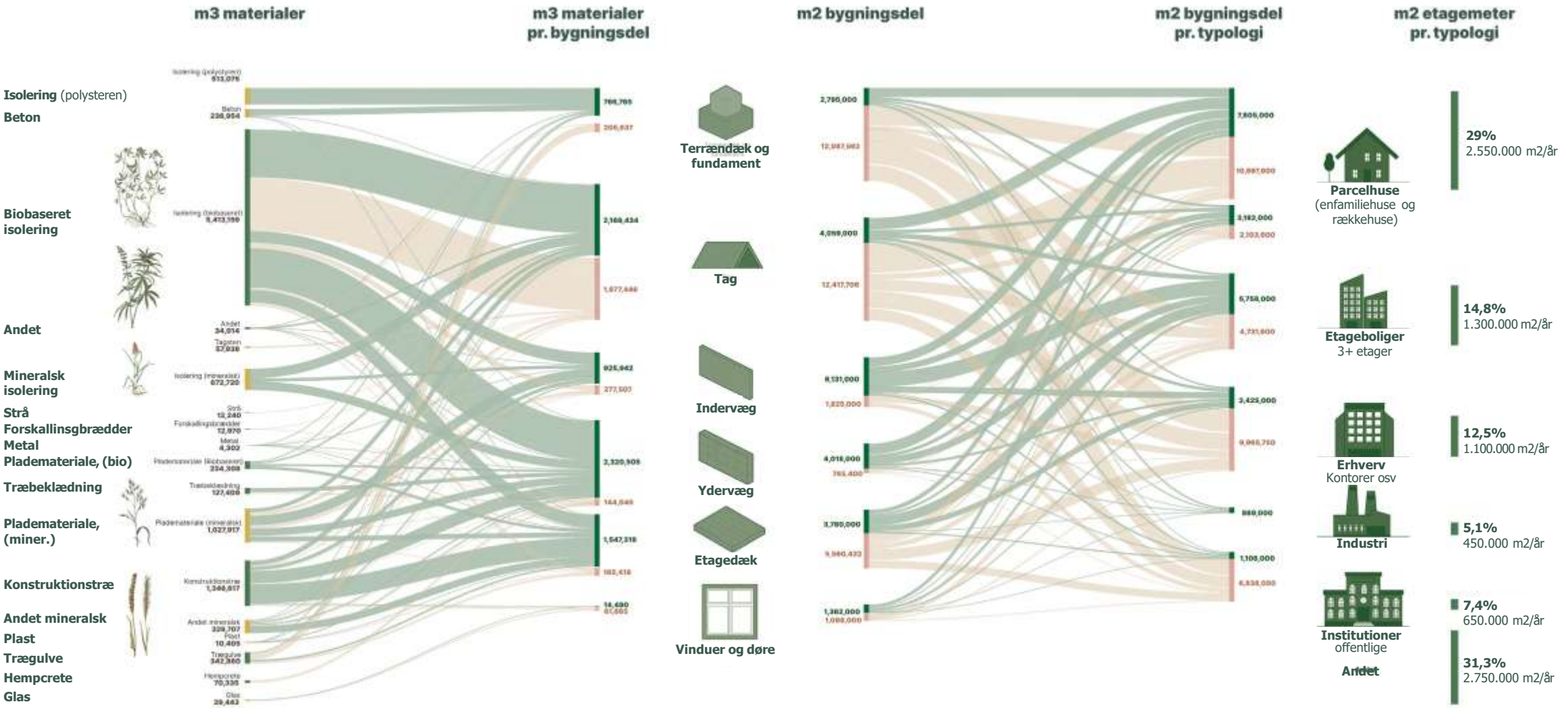
Så meget bygger vi idag – fordelt på typologier, bygningsdele og materialer



Bygningsdelene kan herefter skilles ad i materialer, så det er tydeligt, hvor mange materialer der bruges idag.

Materialemængder i byggeriet – omstillet til biobaseret

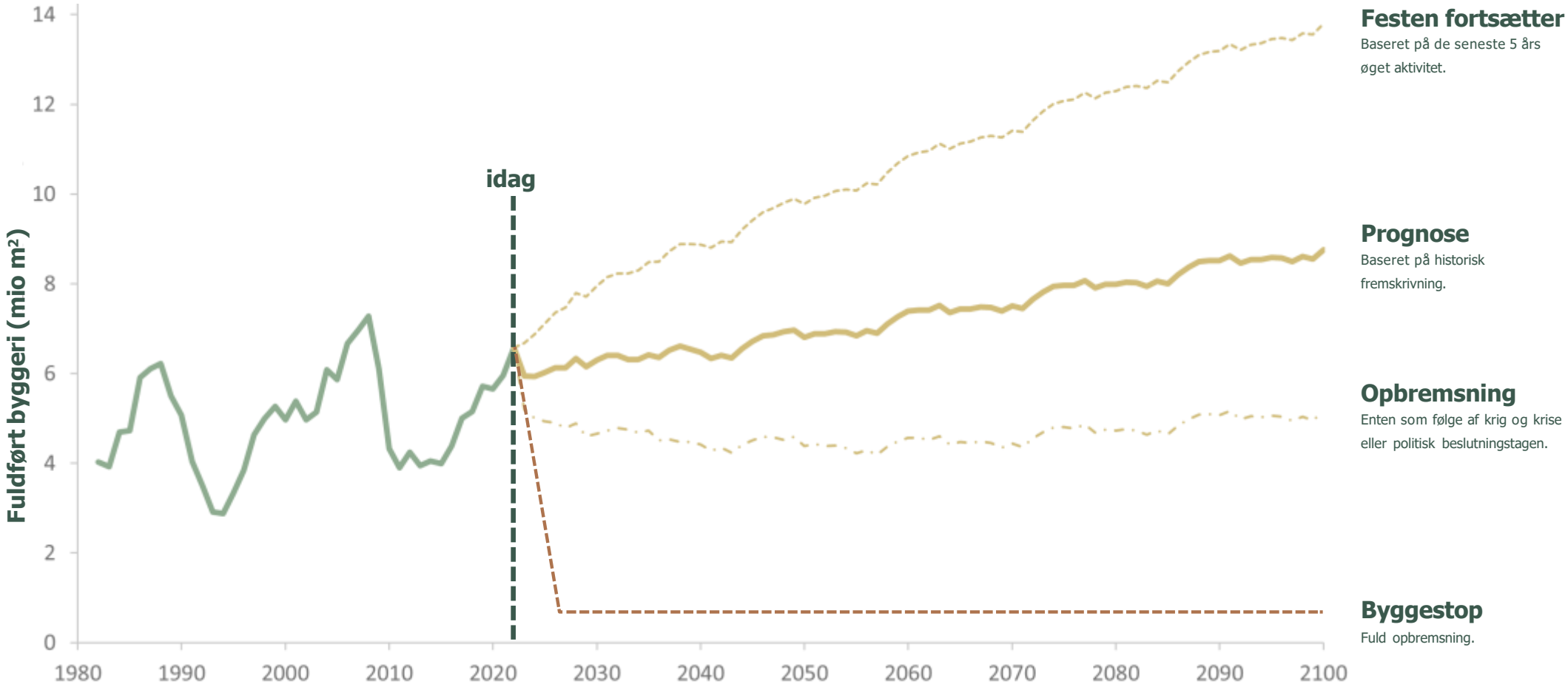
Vores biobaserede ressourcebehov ved direkte substitution



Hvis vi substituerer så mange materialer som muligt med biobaserede, så vil det resultere i et materialebehov hvor isolering udgør størstedelen (op mod 5,5 mio. m3).

Behovet for byggematerialer

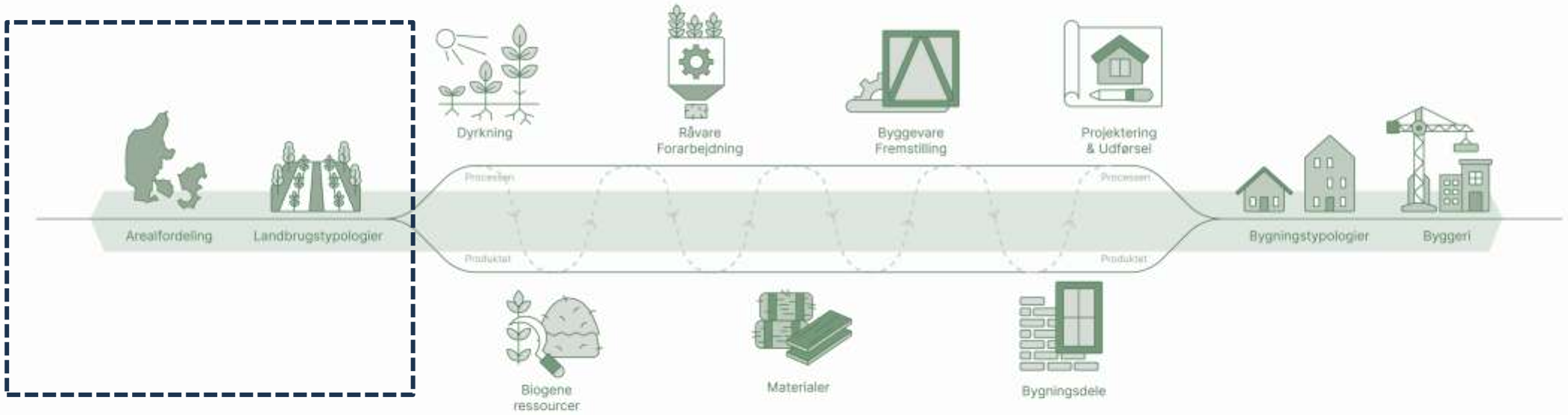
Byggeaktivitet vil drive behovet for materialer



Historisk set har opførelsen af nye m2 svinget meget, afhængigt af konjunkturerne. Det gør det dermed svært at forudsige, hvor meget vi vil bygge i fremtiden og derigennem estimere vores materialebehov.

Landbruget som materialeleverandør

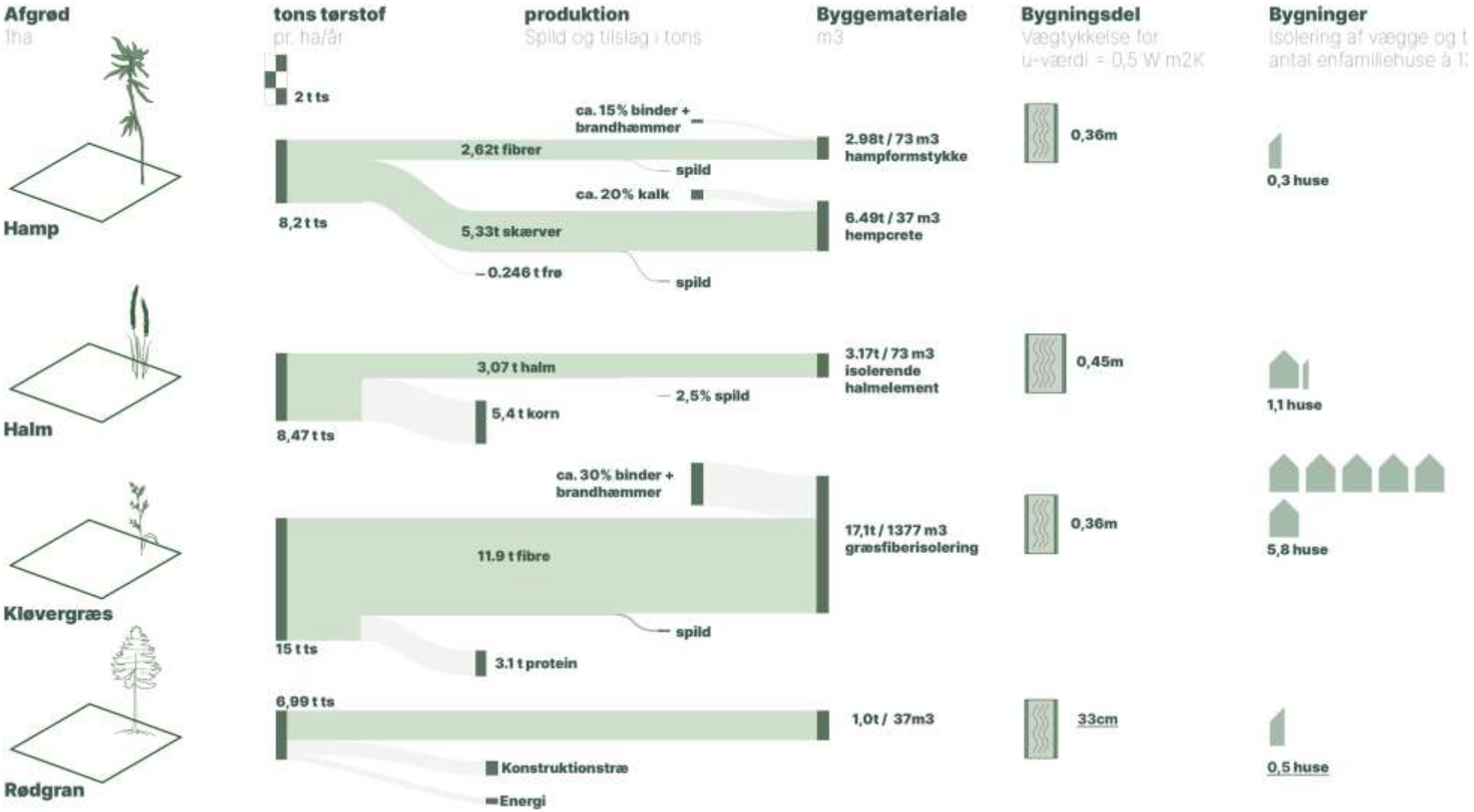
Hvilke afgrøder skal vi dyrke?



Omstilling til anvendelse af biobaserede materialer er komplekst. Det kræver nye værdikæder med indtænkning af alle processer fra disponering af areal til dyrkning og høst af afgrøder over forarbejdning til opførelse (og vedligehold) af byggeri.

Hvor meget kan vi bygge med 1 ha jord?

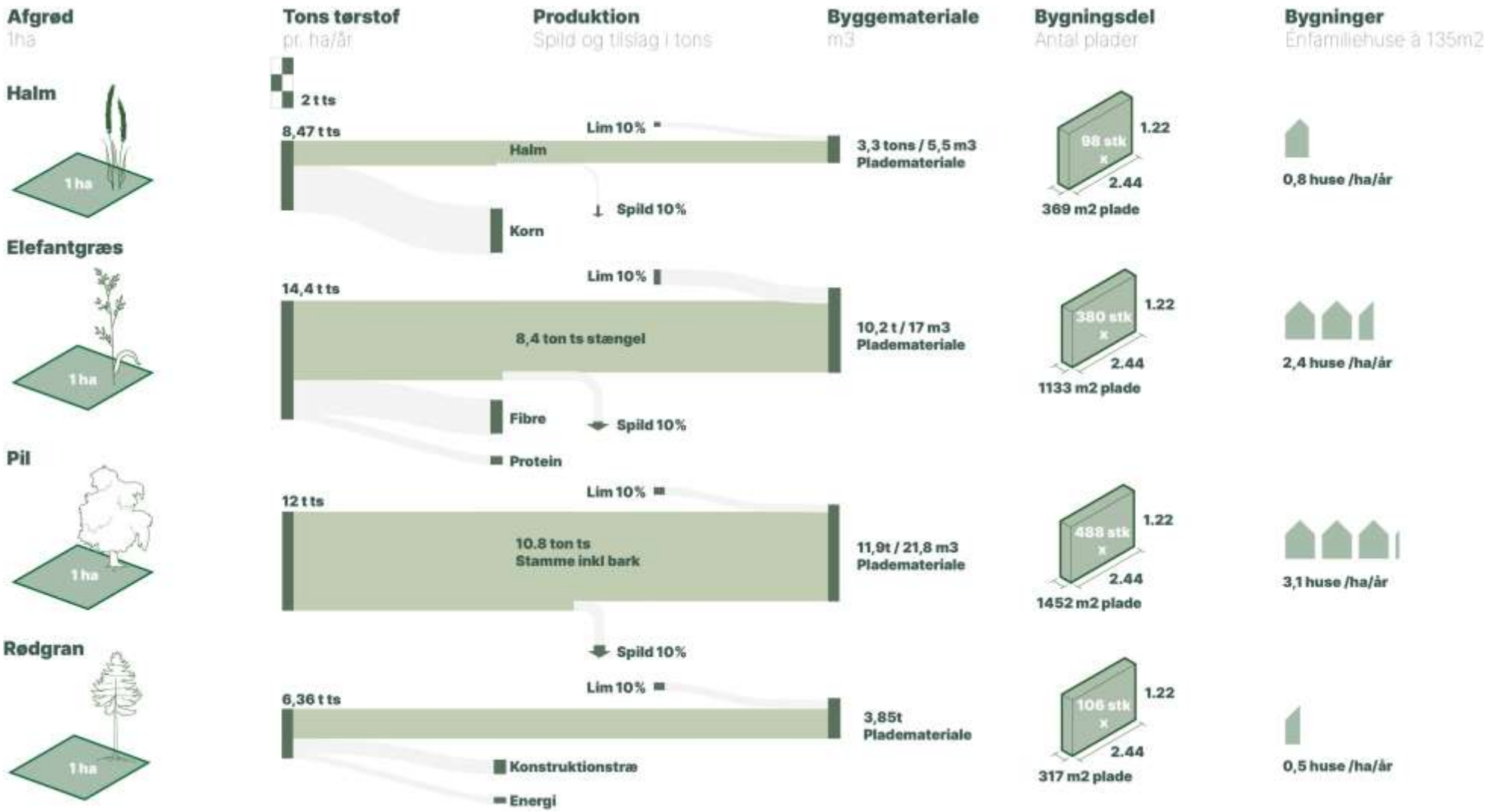
Isolering



Hvor mange huse kan vi isolere med forskellige afgrøder ud fra forudsætning om samme u-værdi? Årsagen til, at der er så få huse isoleret med halm, er, at halmen bruges i høj densitet, hvilket kræver en stor mængde materiale.

Hvor meget kan vi bygge med 1 ha jord?

Plader



Hvor mange huse kan vi bygge med forskellige afgrøder ved at erstatte konventionelle træplader med plader lavet af hurtigtvoksende alternativer?

Arealanvendelse
Sammenligning på tværs

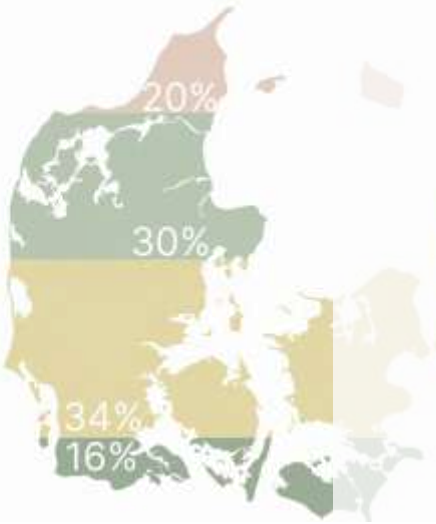
Idag

Dagens situation

- Et intensivt dyrket landbrugsland

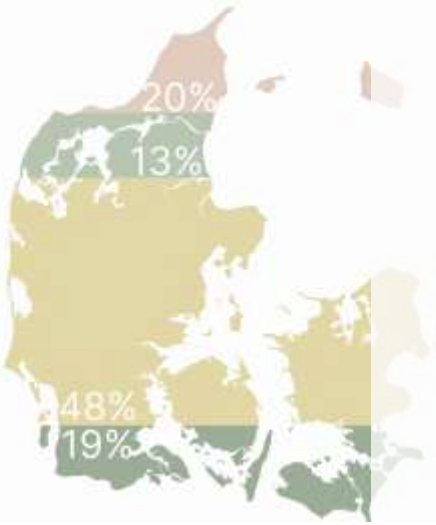
Business as usual

- Fremskrivning af dagens situation
- Afspejler nuværende rammer for og metoder anvendt i skovforvaltningen
- Fortsat stort dyrehold og foderproduktion



Det naturdrevne

- Store arealer til naturlægning og biodiversitetsformål – 30% jf EU's anbefalinger
- Vådlægning af lavbundsjorde
- Skovrejsning på 250.000 ha jf. grønne trepart med langsomtvoksende træarter som Eg.
- 50% mindre animalsk produktion
- Strategisk omlægning af sensitive arealer til hensigtsmæssig dyrkningsform på 360.000 ha



Det mere produktive

- Øget forvaltning af arelaer med henblik på at levere materialer
- Paludikultur på 70% af lavbundsjorde
- Skovrejsning på 250.000 ha jf grønne trepart med hurtigtvoksende trætyper som rødgran
- 50% mindre animalsk produktion
- Omdirigering af træbiomassen fra energiformål til materialeproduktion.
- Strategisk omlægning af sensitive arealer til hensigtsmæssig dyrkningsform på 475.000 ha

Referencestudie 2023

Det fra 'Foder til føde'

- Fokus på produktion af vegetabilsk protein til mad
- 88% mindre animalsk produktion
- 100% økologisk
- Strategisk omlægning af 500.000 ha til skov og natur

Byer og infrastruktur
Natur
Landburg
Skovbrug

De tre fremskrivninger holdes her op imod et referencestudie fra 2023 udført af ni grønne organisationer med henblik på at fremstille et scenarie med fokus på økologisk fødevareproduktion. Bagved arealfordelingerne af de forskellige scenarier ligger en række antagelser, som får tydelige konsekvenser for biomasseproduktionen.

Sammenligning
To mulige veje

2050

01 Ved **den produktionsorienterede** arealanvendelse

13% natur

- Vi dyrker vores land med **henblik på produktion** af materialer
- Vi sænker farten på byggeriet og **nedsætter materialebehovet med 25%**
- Vi har en raditionel biobaseret byggepraksis som **primært baserer sig på træ.**

Det får vi ud af det:

- CO_2 sparet 1,0 mio. tons/år i 2050 (ift. prognose med stagneret omstilling)
- CO_2 lagret 1,7 mio. tons/år (+175 % ift. prognose med stagneret omstilling)
- **13 %natur** - og dermed langt under de 20% (trepart), 30% (EU) og 50% (Safe and just earth system boundaries)

02 Ved **den naturdrevne** arealanvendelse

30% natur

- **Vi prioriterer natur** og dyrker til materialer derefter
- Vi sænker farten på byggeriet og **nedsætter materialebehovet med 50%**
- Vi har en optimeret biobaseret byggepraksis som **reducerer anvendelsen af træ** og **øger potentialet for anvendelse af landbrugsafgrøder**

Det får vi ud af det:

- CO_2 sparet: 1,3 mio. tons/år i 2050 (ift. prognose med stagneret omstilling)
- CO_2 lagret: 1,2 mio tons/år i 2050 (+83 % ift. prognose med stagneret omstilling)
- **30 %natur**

Det skal der til:

MAD
Fra animalsk til vegetarisk kost

ENERGI
Fra bioenergi til f.eks. varmepumper

100 x varme pumper

BYGGERI
Ambitiøs omstilling til biobaseret

LANDBRUG
Strategisk omlægning af arealer

SKOVBRUG
Skovrejsning

250.000 ha

Vi skal se fremad ved at se tilbage.
Og blive meget bedre til at udnytte de ressourcer, som vi har til rådighed…

GRÆS SOM BYGGESTEN I FREMTIDENS BYGGERI

Koblingen mellem grøn bioraffinering og biogene byggematerialer

Morten Ambye-Jensen, Lektor maj@bce.au.dk
Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet
Centerleder for CBIO

GRØN BIORAFFINERING AF FLERÅRIGE AFGRØDER

Nøglen til at få mere kløvergræs i landbrugets sædskifter

Mange gode grunde til grøn Bioraffinering!

Kommerciel implementering er dog stadig udfordret af usikker driftsøkonomi

Fertilizer

Biogas plant

Manure

Heat/ power

Residual liquid

Grass refinery

Protein concentrate

Fibre

Monogastric animal feed

Ruminant animal feed

Food

- Reduced N-leaching
- Reduced pesticide use
- Increased soil carbon
- Increased biodiversity

- Technology R&D for the bioeconomy
- Increase business possibilities in rural areas

- Local production of protein feed
- Reduce environmental impact of animal feed

Coupling the benefits of grassland crops and green biorefining to produce protein, materials and services for the green transition
Jørgensen, U., Jensen, S.K., Ambye-Jensen, M.
Grass and Forage Science, 2022, 77(4), pp. 295–306

Mange miljø- og klimagevinster ved at skifte fra enårige afgrøder til flerårige

Øget kulstofbinding

Reduceret næringsstoftab

Reduceret pesticidforbrug

Reduceret jorderosion

Øget biodiversitet

Øget vand-infiltrations-kapacitet

Fra Uffe Jørgensen, AU Agroøkologi

LØBENDE UDVIKLING AF GRØNNE BIORAFFINADERIER GENNEM **OPTIMERING LANGS HELE VÆRDIKÆDEN**, **PRODUKTER MED HØJERE VÆRDI**, **KASKADEUDNYTTELSE OG TEKNOLOGIINTEGRATION** OG **CIRKULÆR UDNYTTELSE AF RESSOURCER**

Green biomass

High productivity
Low environmental impact
Biodiversity traits
Smart logistics

Multifunctional Green Biorefinery

Juice

Wet fractionation

Fibre

Cascade of products with high to low value vs. volume

Pharma
Healthcare
Food ingredient

Food
Feed ingredients
Fine Materials & Chemicals

Bulk Feed
Bulk Materials & Chemicals
BioFuels for transport

BioFertilizers
BioEnergy for CHP
Carbon for negative emmisions

Circularity of nutrients

AARHUS UNIVERSITY
DEPARTMENT OF BIOLOGICAL AND CHEMICAL ENGINEERING

GreenBiorefining Technologies

Rural BioReFarmeries

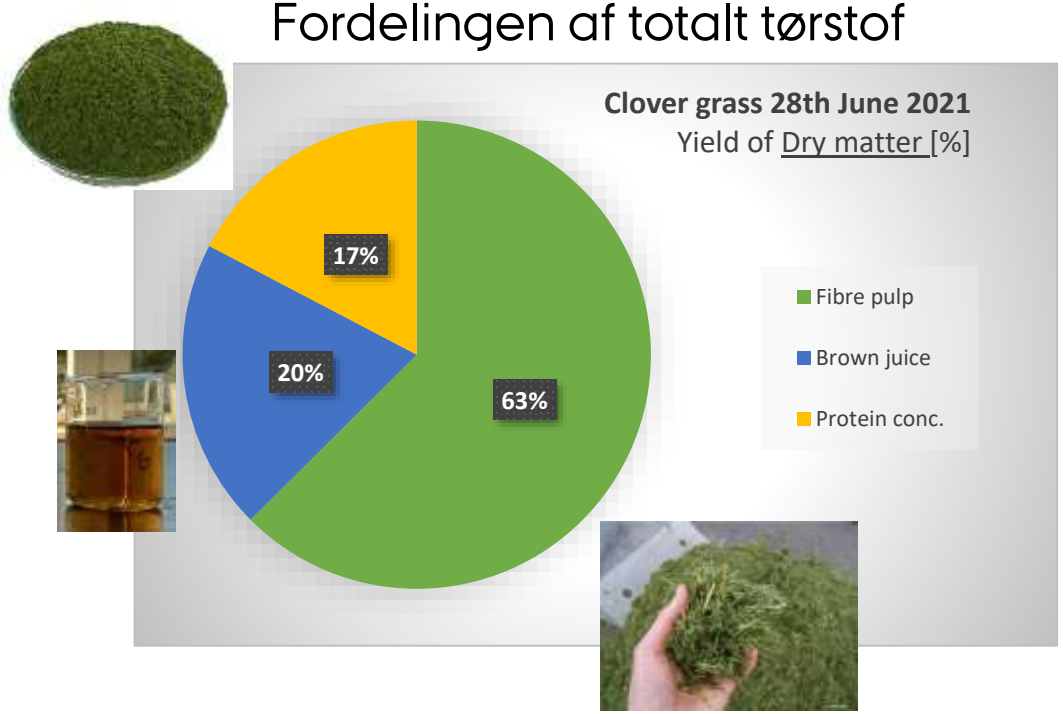
GREEN VALLEYS
Interreg
Co-funded by the European Union
Øresund-Kattegat-Skagerrak

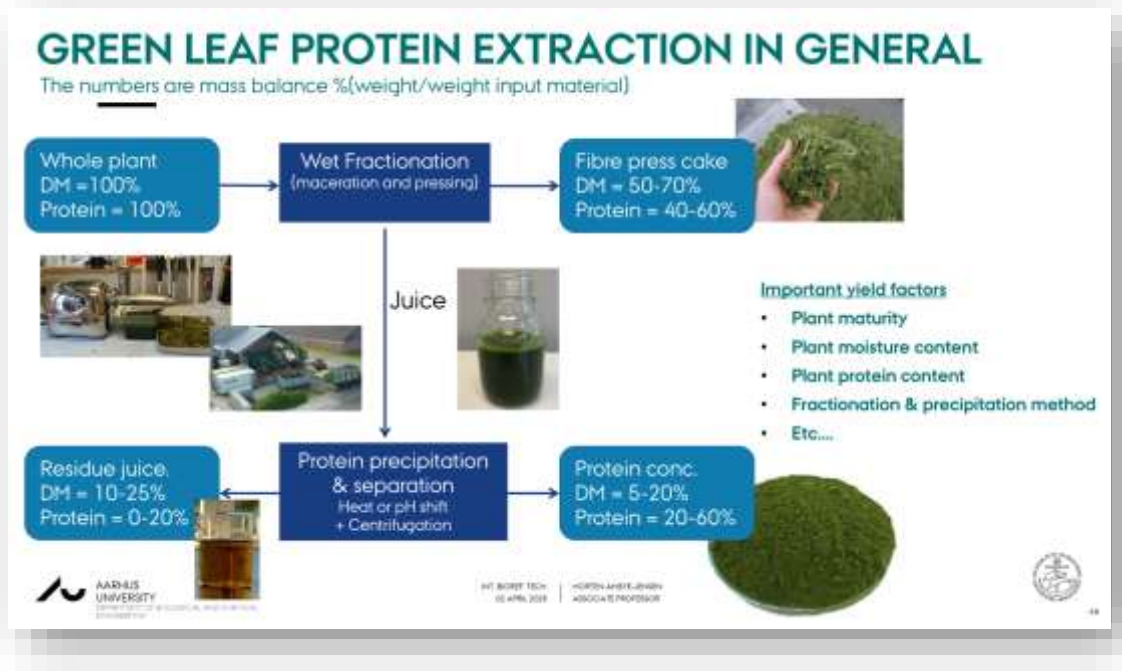
Value4Farm

PROMISE
PRODUKTER AF MISCANTHUS

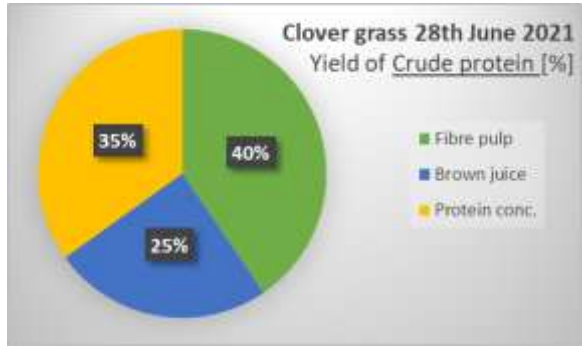
Gennem grøn bioraffinering ender langt den største andel af bioressourcen i fiber fraktionen

Fordelingen af totalt tørstof





Fordelingen af totalt råprotein



Dette efterlader et stort potentiale for anvendelse af fiberfraktionen i byggesektoren (og mange andre sektorer)

STORT POTENTIALE FOR ØGET KULSTOF BINDING – BÅDE OVER OG UNDER JORDEN

CO_2

Soil carbon build-up and sequestration
½-1 ton C/ha/yr

Harvest of
4-6 ton C/ha/yr

Carbon storage in biobased materials and recycling
1-2 ton C/ha/yr

Total potential sequestration of 2-3 ton C/ha/yr

TRE MATERIALE EKSEMPLER

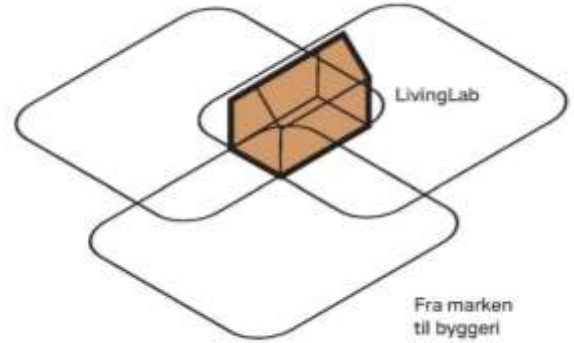
Isolering- og plade materialer fra forskellige bioresourcer (*Fra marken til byggeri*)

Fugtbestandige kompositplader af græsfibre og biobaseret lignin-binder (*KU AU samarbejde*)

Geopolymer-plader bestående af biokul (fra elefantgræs) og genanvendt mineraluld (PROMISE)

Fra plantefibre til byggemateriale

Proces, fremstilling og afprøvning



Maxigræsvogn som er anvendt til høst af kløvergræs

Pulp efter proces

Container som blev brugt til tørring pga af særligt vådt høst

Transport af tørrede plantefibre i bigbag

Hands-on produktion fra plantefibre til pladematerialе

Pladematerialе presset i lag

Projektet er støttet af Rambøllfonden og Realdania

RAMBØLL FONDEN

Realdania

Teamet bagved projektet "Fra marken til byggeriet"

(Projektpartnerne fra HLA er ikke med på billedet)

VIA University College

AARHUS UNIVERSITY

Moment

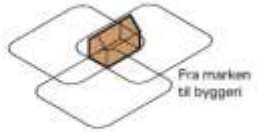
Henning Larsen

BORG

TRÆVÆRK

Fremstilling og indikative tests

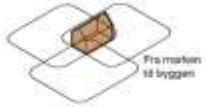
af materialeprøverne med involvering af VIAs studerende



Fremstillingen af testprøverne til projektets biogene isolerings- og plademateriale blev gennemført i eget regi og hands-on med involvering af VIAs studerende. Også i de efterfølgende afprøvninger indgik de studerende med målinger og dokumentation.

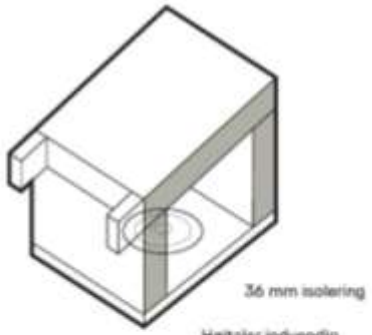
Fremstilling og indikative tests

af materialeprøverne med involvering af VIAs studerende



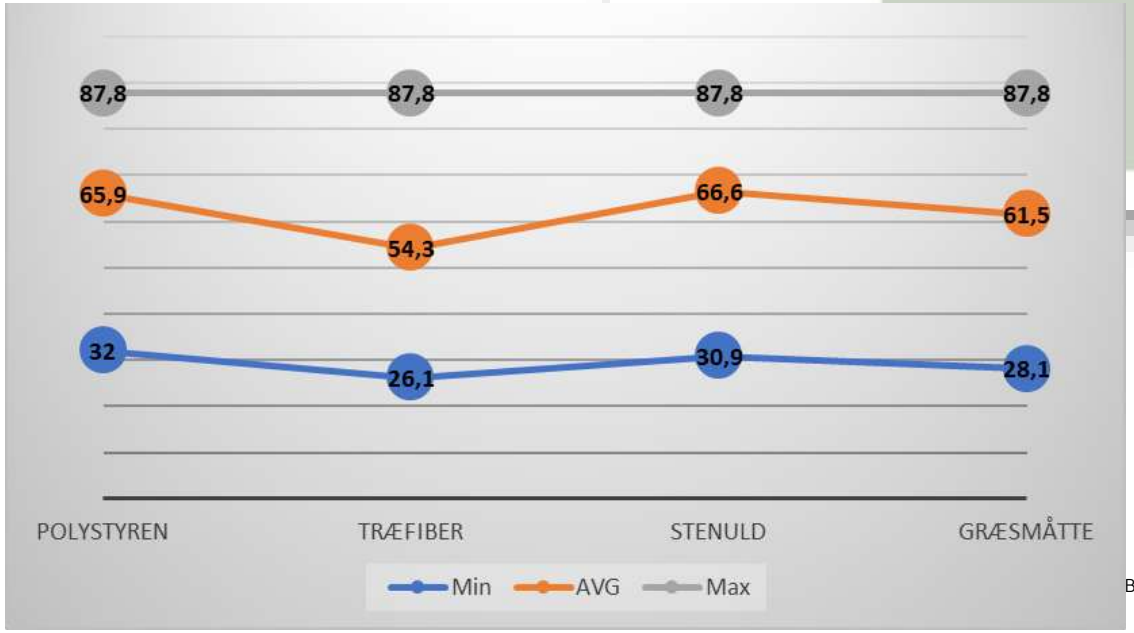
Lydtests

Lydisoleringsevne af biogene isoleringsmaterialer



Princip lydbox
(modelhus)

	Træfiber	Kløvergræs	Polystyren (EPS)	Stenuld - reference
Lydmåling Lydabsorption - Evnen at absorbere lyd Sammenligning isoleret modelhus (lydbox) op isoleret modelhus (lydbox) ned Det er det samme stykke lydfil der er afspillet ved alle testene. Lydtesten er taget over 30 sekunder.				
Test	Lydmåling i lydbox med Træfiber isolering Min. 26,1 dB (lukket lydbox) AVG 54,3 dB Max. 87,8 dB (åben lydbox)	Lydmåling i lydbox med Kløvergræs isolering (prototype) Min. 28,1 dB (lukket lydbox) AVG 61,5 dB Max. 87,8 dB (åben lydbox)	Lydmåling i lydbox med Polystyren (EPS) Min. 32 dB (lukket lydbox) AVG 65,9 dB Max. 87,8 dB (åben lydbox)	Lydmåling i lydbox med stenuld isolering Min. 30,9 dB (lukket lydbox) AVG 66,6 dB Max. 87,8 dB (åben lydbox)
Måling				



MORTEN AMBYE-JENSEN
ASSOCIATE PROFESSOR

Varmetests

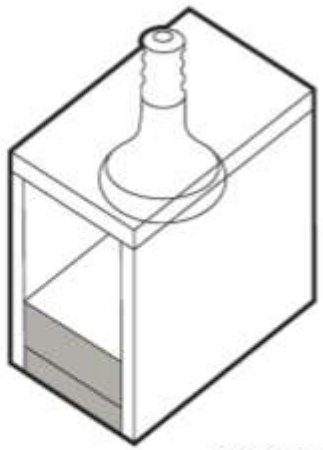
Varmeakkumulering og -ledning i biogene isoleringmaterialer

Varmekilde er en infrarød lyspær

Temperaturmåling 1 ind i varmekassen (lufttemperatur)

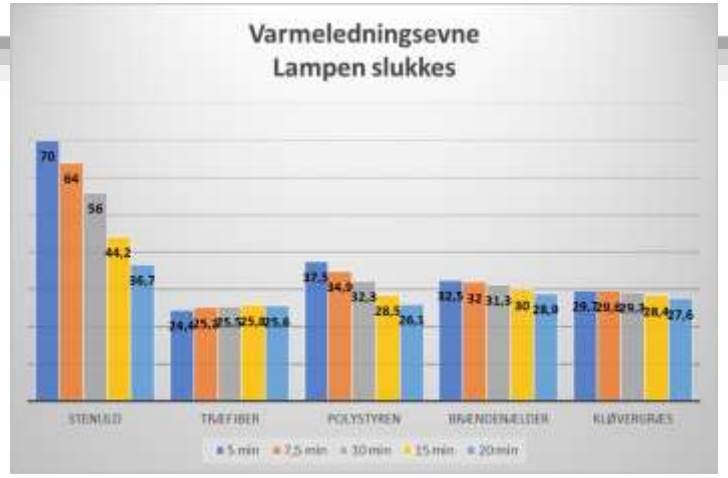
1 lag 36 mm
1 lag 22 mm
tyk isolering

Temperaturmåling 2 mellem begge i isoleringsmåtter indvendig (temperatur i materialet)



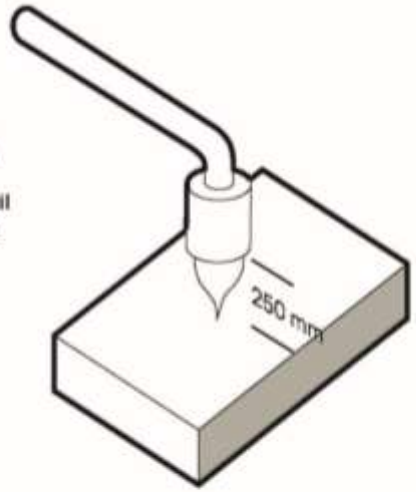
Princip varmekasse

	Stenuld	Brændenælde	Kløvergræs	Træfiber
Varmekasse Evnen at akkumulere og lede varme (Tykk. ved lodsatis letbygget konstruktioner) Testede materialer er fra venstre stenuld, brændenælde, kløvergræs, træfiber				
Opvarmning Måling af opvarmningen Lampe tændt - Hastighoden af opvarming og temperaturen i materialet Lampe tændt Temperaturen efter 10 minutter					
Afkøling Måling af afkølingen Lampe slukket igen - Hastigheden af afkøling og temperaturen i materialet Lampe slukket Temperaturen efter 10 minutter					



Brandtests

Brandegenskaber af biogene isoleringmaterialer



Gasbrænder med propan/butan gas

Afstand brænder til overflade isolering er 250 mm

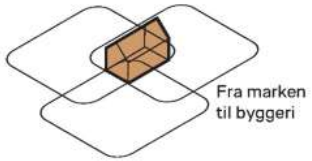
Papir på under-siden som viser når flammen er kommet igennem materialet

Princip brandtest

Gennembrændingsresultat af isoleringsmateriale

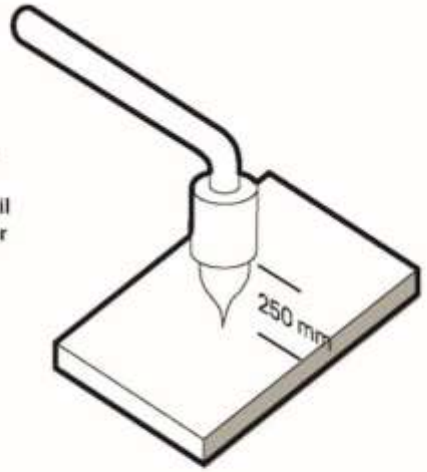
Brandtests II

Brandegenskaber af biogene plademateriale



Gasbrænder med propan/butan gas

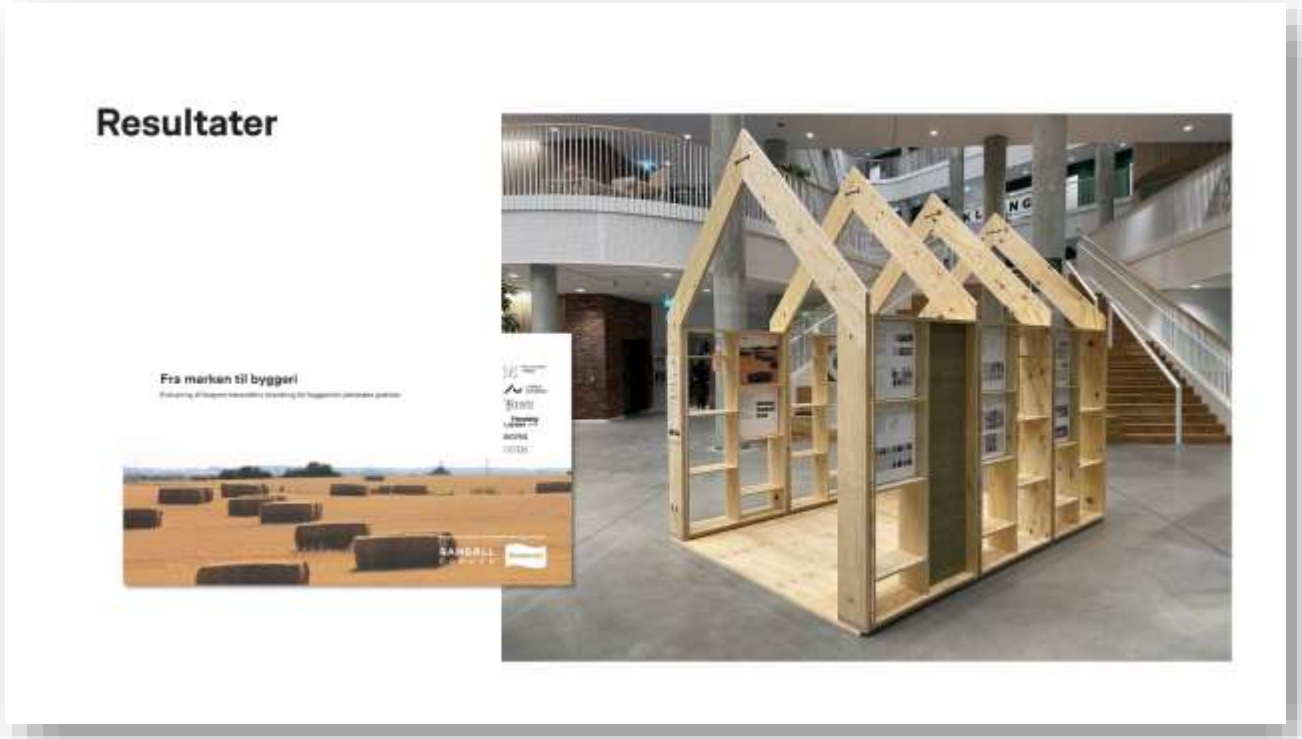
Afstand brænder til overflade pladen er 250 mm

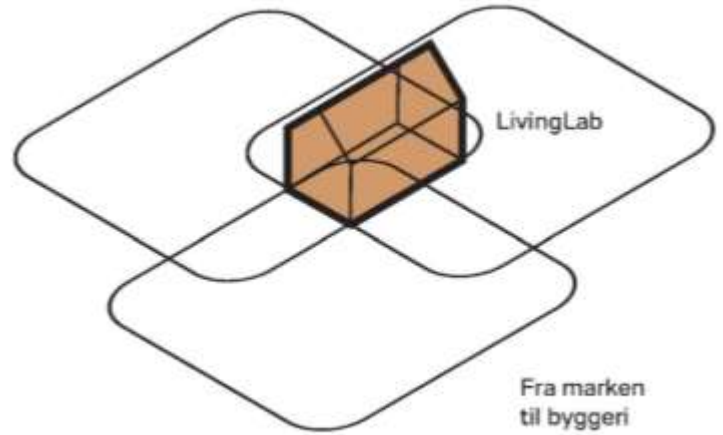


Princip brandtest

			Kløvergræs plade	Raps plade	OSBplade - reference
Før afbrænding Brandtest med plademateriale Tykkelse på 12 mm, L 270 mm, B 270 mm					
Under afbrænding					
Efter afbrænding					
			Film Græsplade	Film Rapsplade	Film OSB-plade

Gennembrændingsresultat af 12mm plademateriale





- De komparative tests (indikative tests) af vores valgte biogene testmaterialer ift konventionelle referencematerialer viser lignende eller bedre performance og dermed potentiale at forske/teste videre til potentielt kommercielle byggeprodukter.

VIA University College
AARHUS UNIVERSITY
Moment
Henning Larsen
BORG
TRÆVÆRK

100% biobaseret indvendig beklædning lavet af græs

Julian Christ
PhD, Postdoc

Foundations:

DREYERSFOND

AKADEMISK ARKITEKT FORENING · MAA ·

Aase og Ejnar Danielsens Fond

Partners:

KØBENHAVNS UNIVERSITET

Department of Geosciences and Natural Resource Management, Forest and Bioressources

AARHUS UNIVERSITET

pihlmann architects

100% biobaseret indvendig beklædning lavet af græs

Grass fibers

Kraft-lignin

100% biobaseret indvendig beklædning lavet af græs

Process parameters investigated:

- Pressing time (<10min)
- Pressing temperature (150°C)
- Pressing force (0,42 MPa)

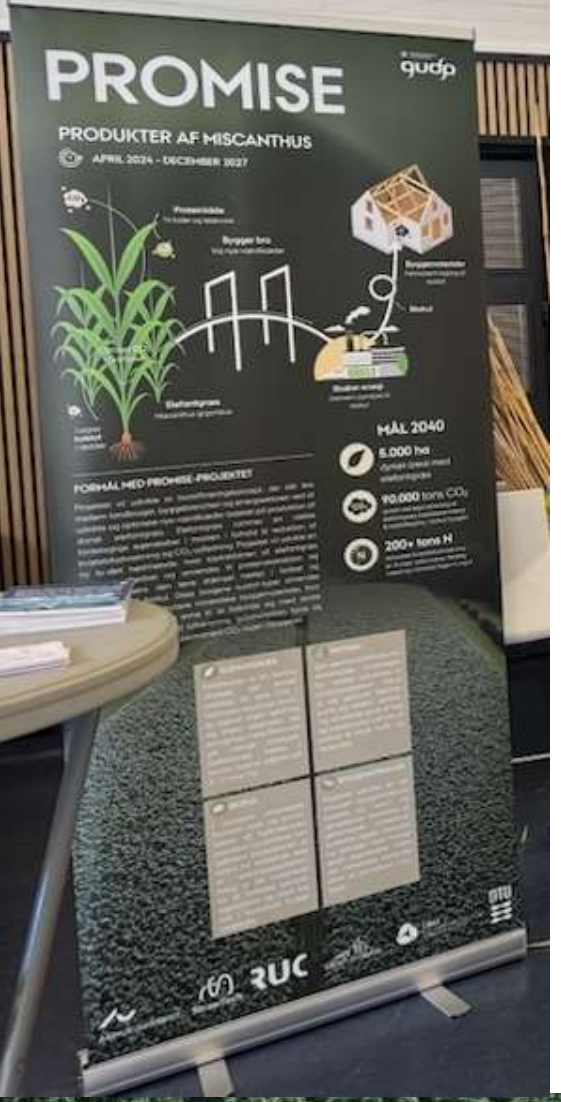
Material parameters optimized:

- Mixture of binder to fiber content
- Plasticizers
- Material density
- Fiber pretreatment (knife milling for homogeneity)

100% biobaseret indvendig beklædning lavet af græs

Picture: Aurelié Marine Gouneaud, KU - IGN

Credit: Implement Materials, Pihlmann architects & Julian Christ, KU-IGN, Picture: Benita Marcussen



MISCANTHUS - ELEFANTGRÆS
EN AFGRØDE MED MANGE MULIGHEDER

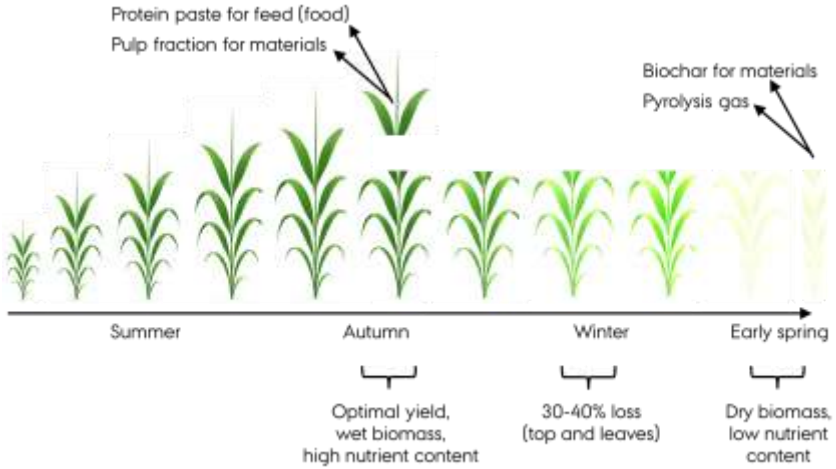
PROMISE - *Products of Miscanthus*

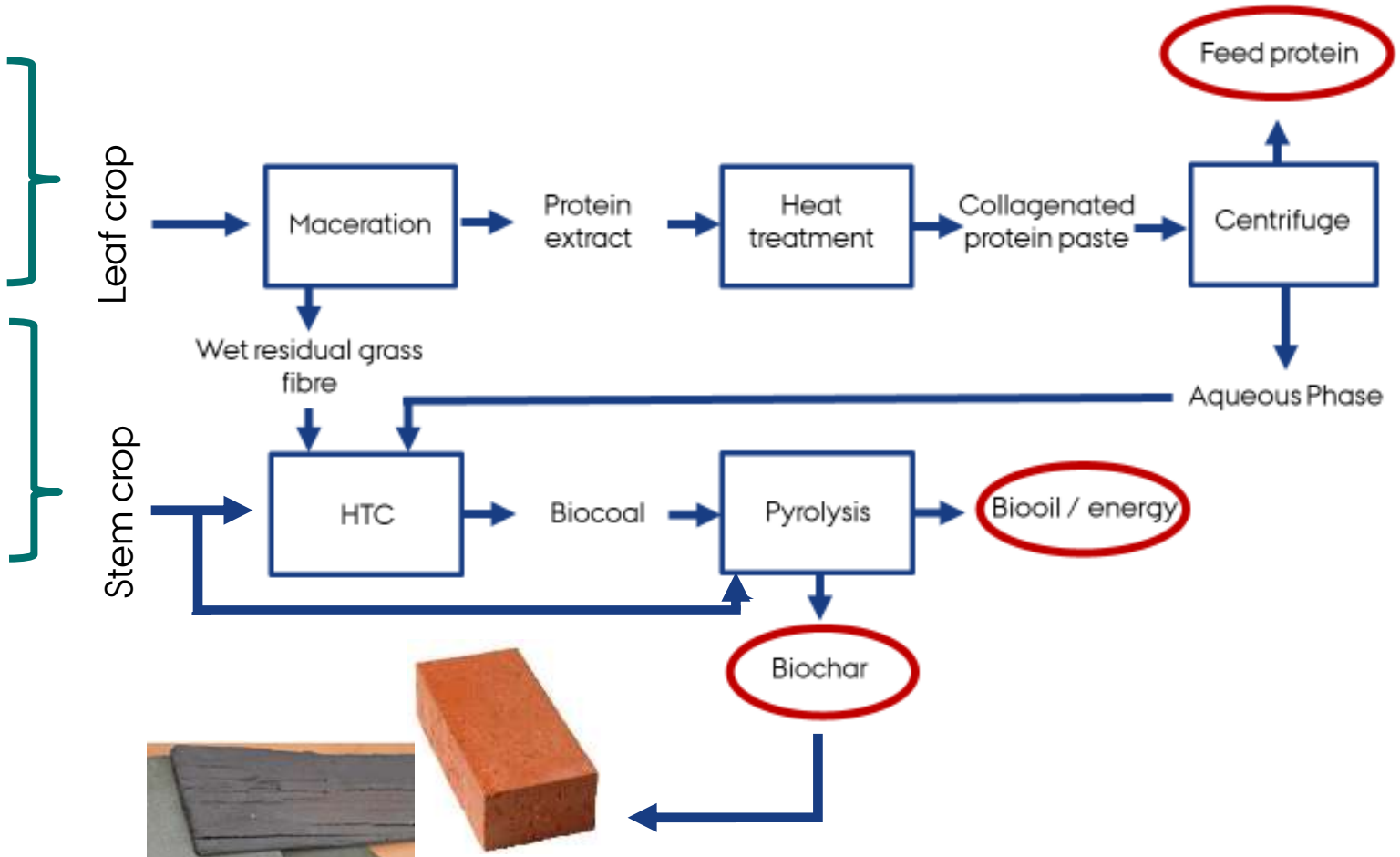
Multipurpose production and use of miscanthus for food, materials, and negative emissions

AARHUS UNIVERSITET StrawTech RUC SAINT-GOBAIN CBIO AARHUS UNIVERSITY CENTRE FOR CIRCULAR BIOECONOMY DTU

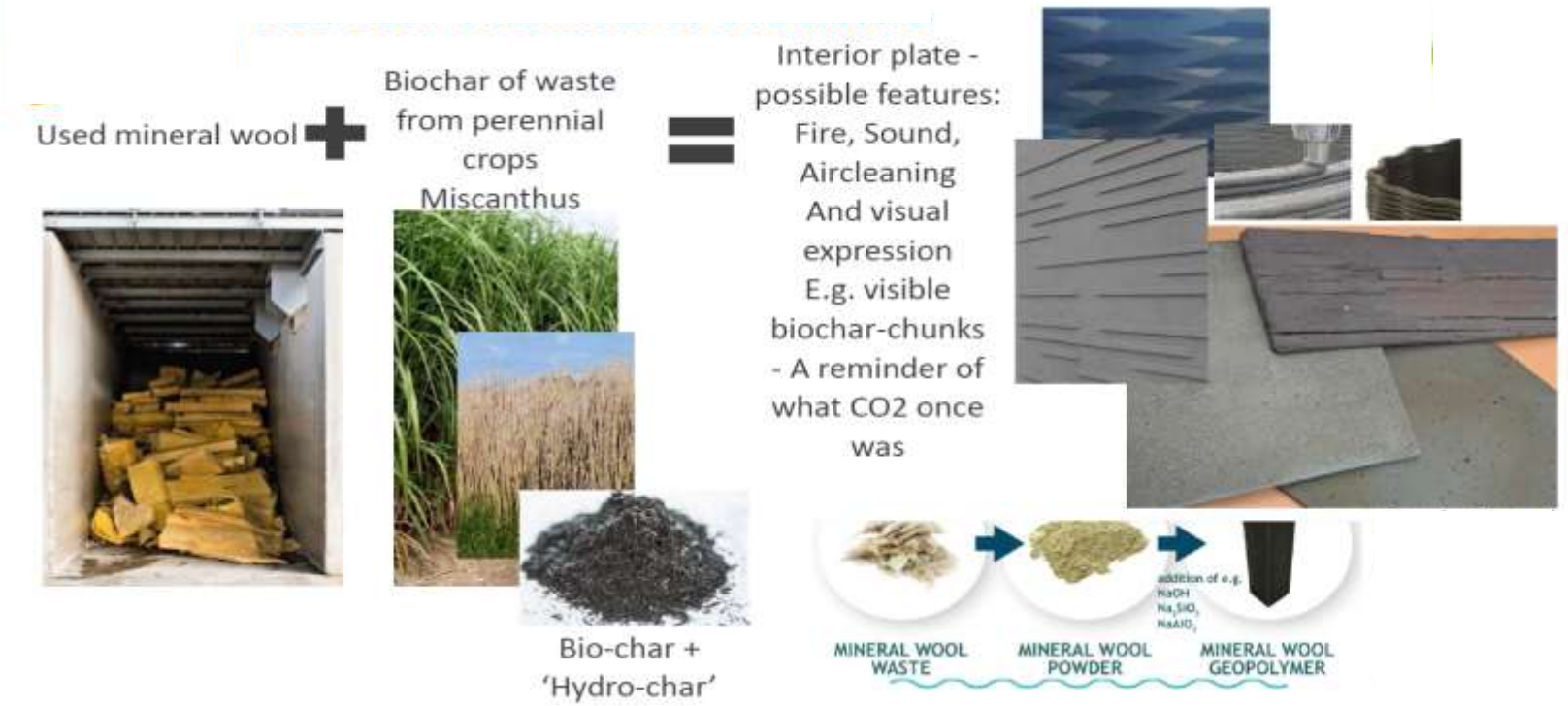
PROMISE IDÉEN

- Proteiner og nærringsstoffer fra blade anvendes til foder og fødevare
- Biooile anvendes til at dække det interne energiforbrug
- Biochar anvendes til produktion af bygge materialer





SAINT GOBAIN´S ANVENDELSE AF BIOKUL I BYGGEMATERIALER



©Saint-Gobain Denmark A/S – all rights reserved

Stort potentiale for anvendelse af græsfibre til forskellige slags byggematerialer med forskellige funktioner og egenskaber

Koblingen mellem grøn bioraffinering og byggesektoren er oplagt og en relativt "lavthængende frugt" i bioøkonomien

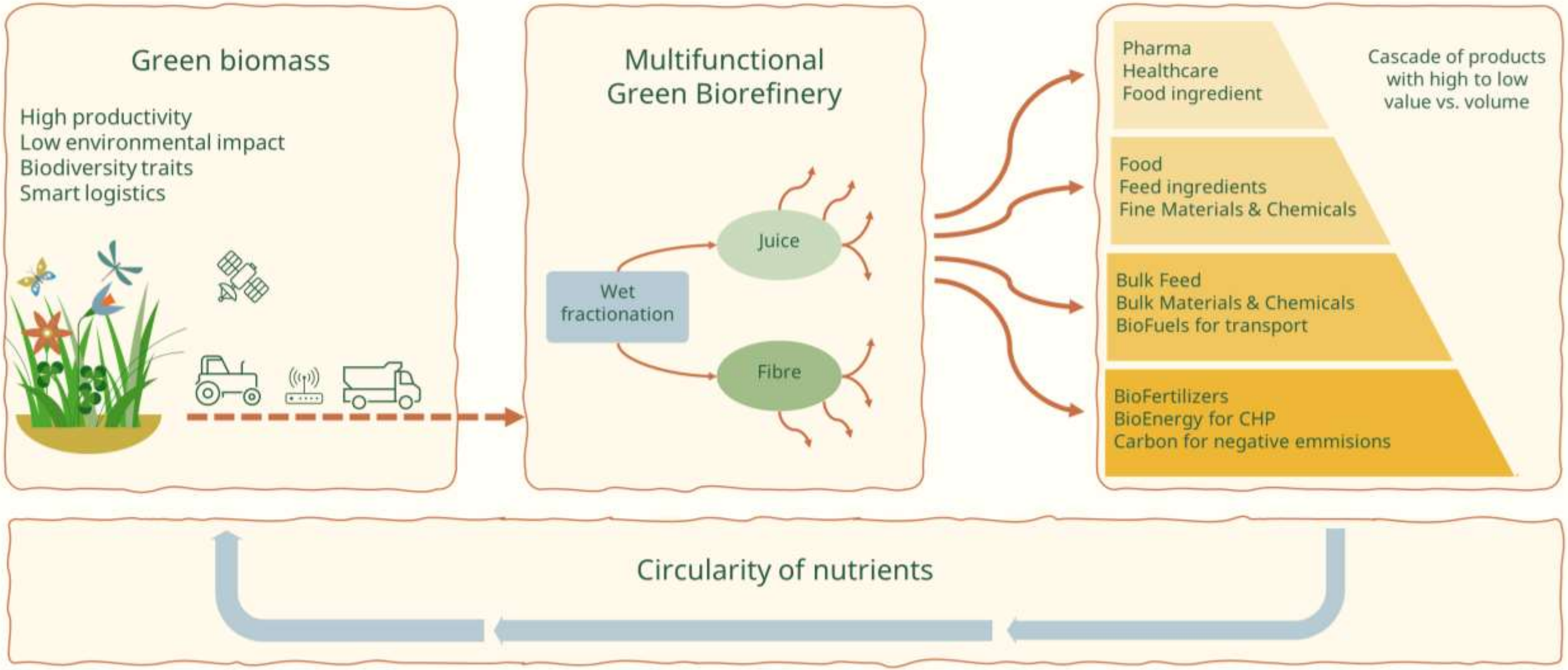
Der er mange aktiviteter er i gang!
...men vi er kun lige begyndt

Tak for opmærksomheden ☺

Morten Ambye-Jensen, Lektor maj@bce.au.dk
Institut for Bio- og Kemiteknologi, Aarhus Universitet
Centerleder for CBIO

CBIO
AARHUS UNIVERSITY CENTRE FOR CIRCULAR BIOECONOMY

ONGOING GREEN BIOREFINERY DEVELOPMENT FOR **HIGHER VALUE PRODUCTS, CASCADE UTILIZATION** OF SIDE-STREAMS, AND **OPTIMAL USE OF RESOURCES**



KASKADEUDNYTTELSE – HELE BIORESSOURCEN SKAL UDNYTTES!

Mange forskellige teknologier kan sættes sammen i en kaskade der udnytter hinandens sidestrømme

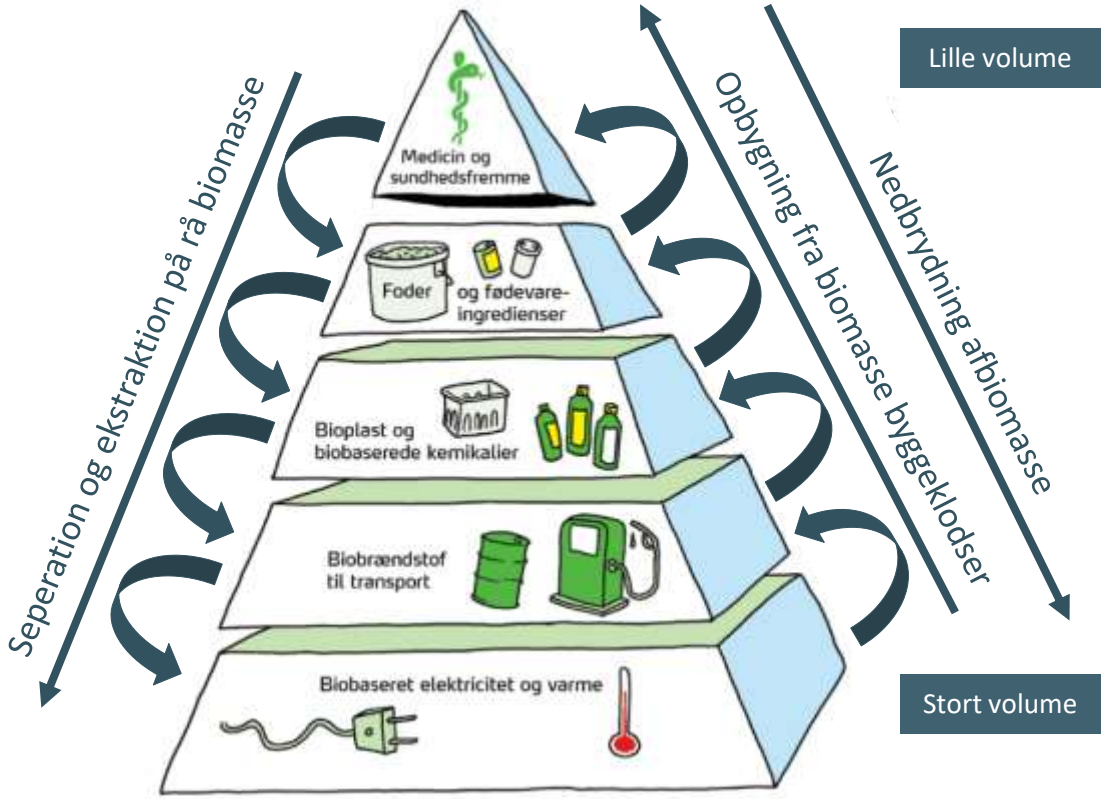
Bioressourcernes indhold af gavnlige og værdifulde indholdstoffer bør stræbes mod direkte udnyttelse

(v. separation og ekstraktion)

Men det kan også (ofte) være en fordel at nedbryde store dele af bioresourcen til mindre "byggeklodser" og derfra opbygge nye materialer og produkter

(v. kemisk eller biologisk up-cycling)

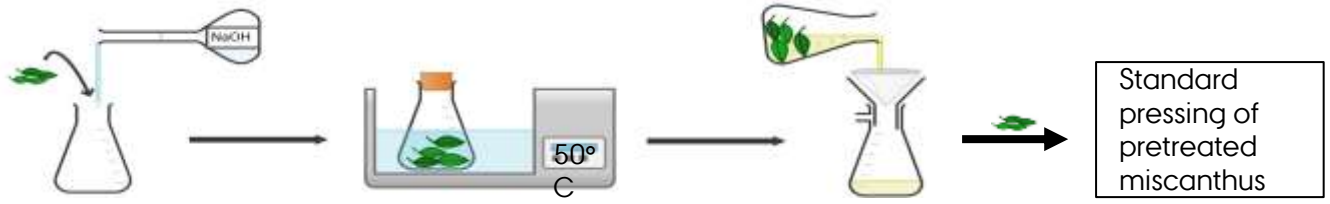
Kaskaden kan afbrydes og gå op og ned...

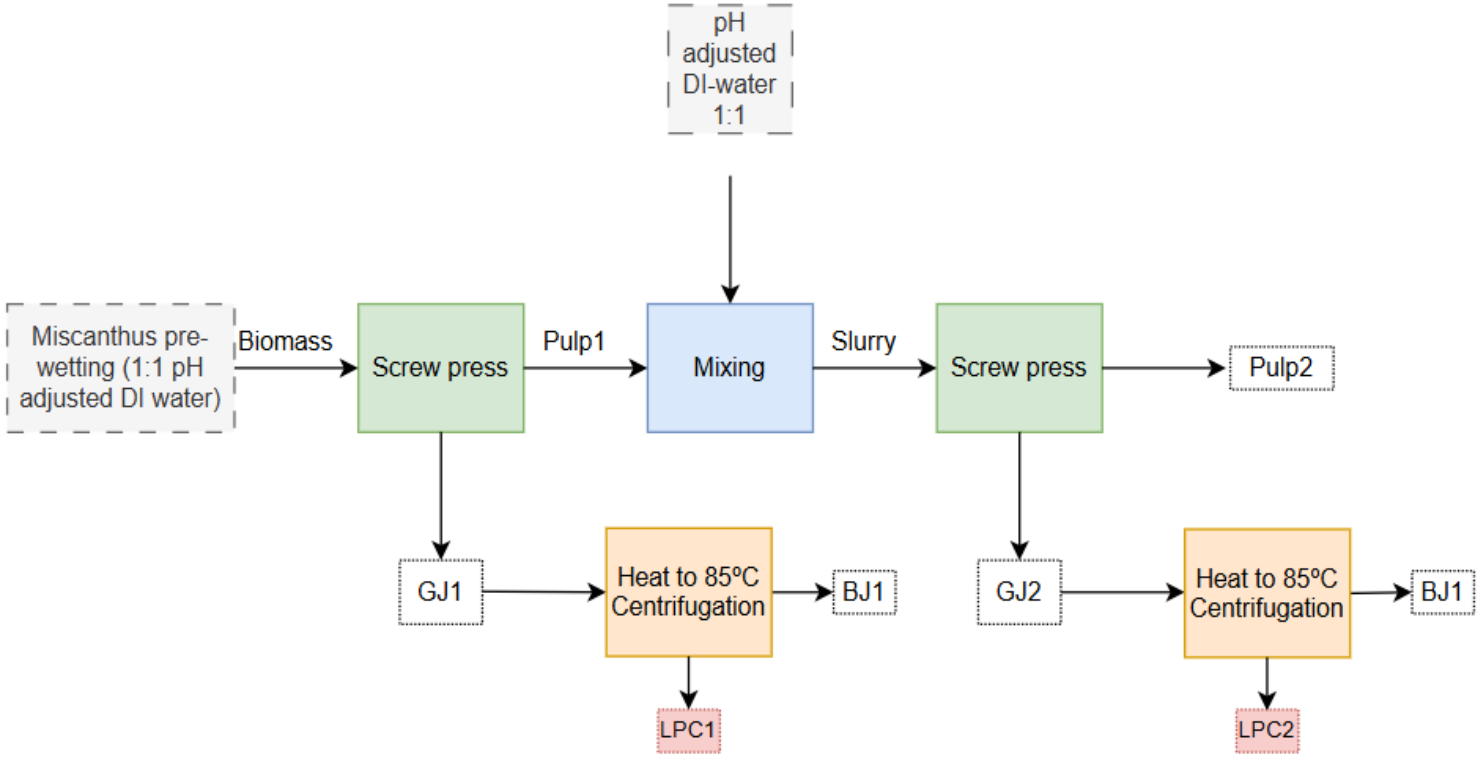


Bioøkonomiens Grundbegreber Det Biobaserede Samfund, L. Lange 2016
file:///C:/Users/au526247/Downloads/Biooekonomiens%20grundbegreber.pdf

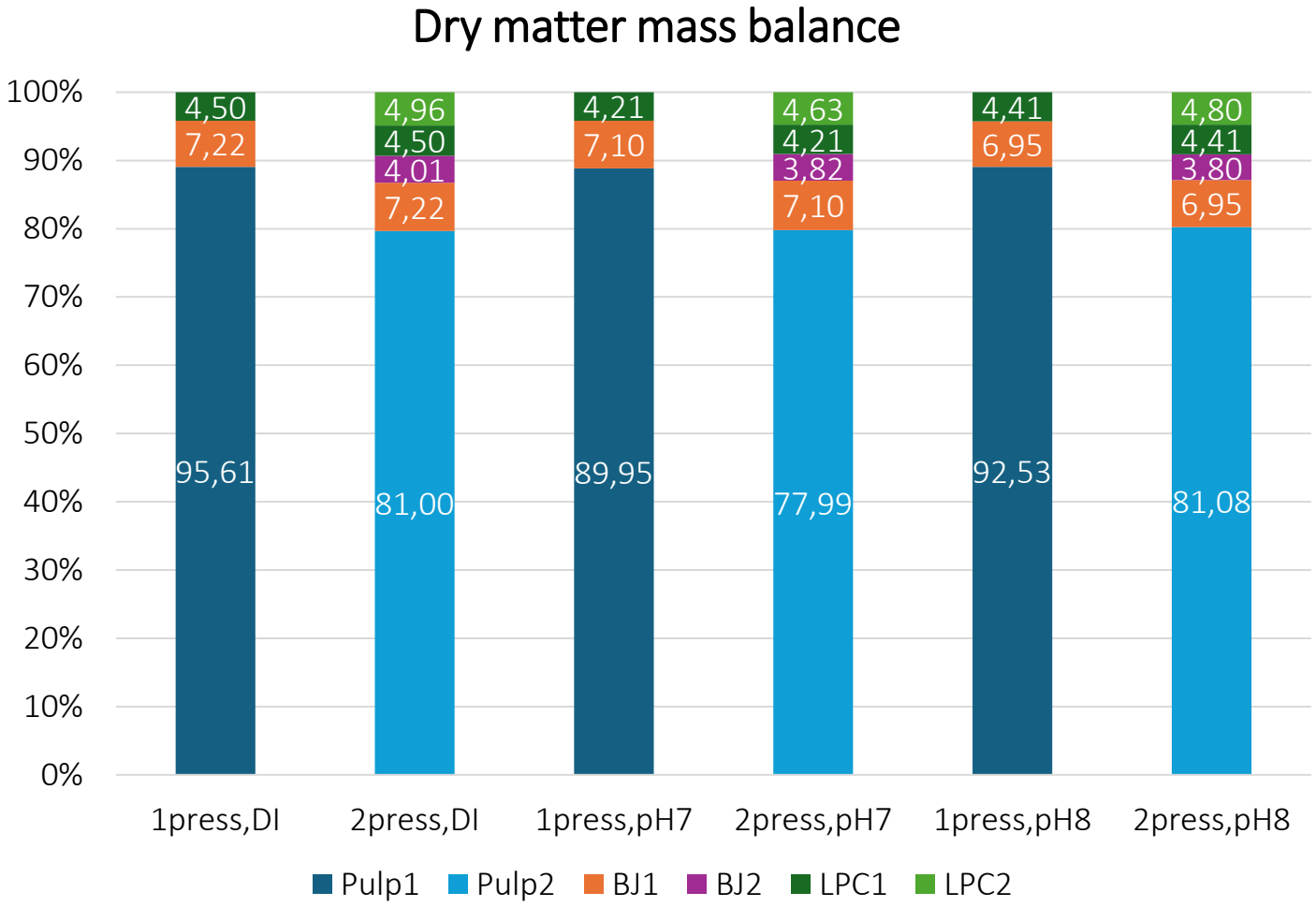
TESTED EXTRACTION STRATEGIES

- August harvest. Only leaves
- Standard pressing in twin screw lab press
- Alkaline soaking pretreatment before pressing
- Double pressing
  - Pre-wetting miscanthus leaves
  - Resoaking the pulp before a second press (at different pH: 6, 7, 8)

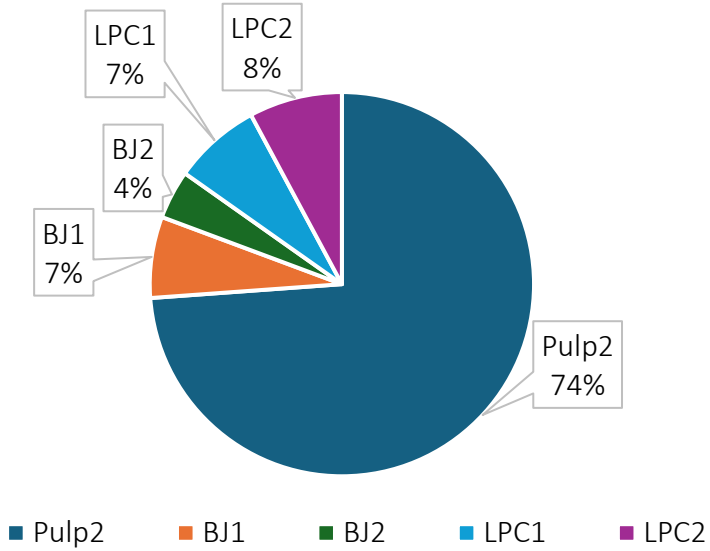




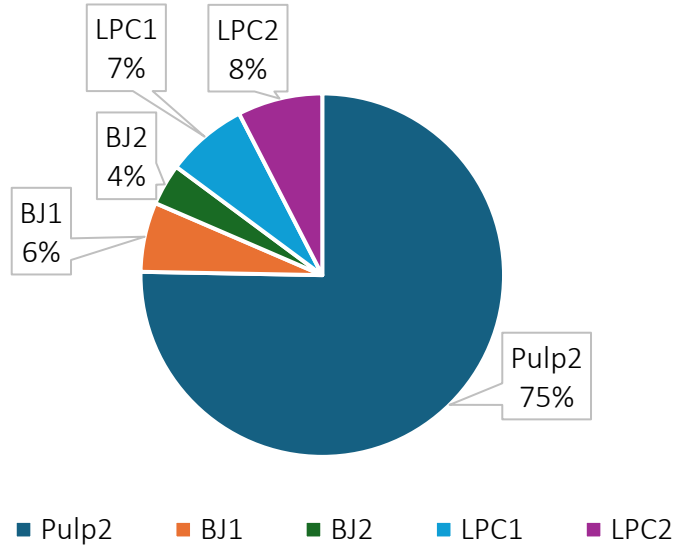
DOUBLE PRESSING



DI water (pH 6) **Crude protein mass balance**



pH 8 **Crude protein mass balance**



CONCLUSIONS OF PROTEIN EXTRACTION EXPERIMENTS

The Mischantus leaves have a modest protein content to begin with (13% in our August top leaf)

The extractability of this protein is max 15% - ½ of what we see in forage grasses/legumes

The leaf protein concentrate (LPC) that can be produced has a low protein concentration of 20% (g/100g DM) – vs. 47% in soy and 50% in grass clover LPC

It has a visibly high fiber content – protein digestibility is expected to be low!

Mechanical fractionation and separation of LPC by precipitation cannot be recommended

We suggest a strategy towards methods that aim at getting as many nutrients out as possible and use those nutrients for microbial protein production (single cell protein) for feed and food