

## Skovbruget som energileverandør | Agenda

### Introduktion og program

#### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

- Fra Klimakommission til energiaftale. **Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet**
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. **Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen**

#### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**

Frokost (ca. 12.00)

#### Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. **Direktionskonsulent Søren Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme**
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

**Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab**

#### Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien **Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne**

#### Modul 5: Opsamling og afrunding

- Afrunding, debat ... og konklusion?

## Skovbruget som energileverandør | Ekspertpanel

### Panelets sammensætning:

- Professor Katherine Richardson, Københavns Universitet, Formand for Klimakommissionen.
- Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen.
- Forskningschef Vivian Kvist Johannsen, Københavns Universitet, Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet.
- Direktionskonsulent Søren Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme.
- Skovbrugskonsulent Ebbe Leer, "Træ til Energi",

## Skovbruget som energileverandør | Agenda

### Introduktion og program

#### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

- Fra Klimakommission til energiaftale. **Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet**
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. **Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen**

#### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**

#### Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. **Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme**
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

**Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab**

#### Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien **Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne**

#### Modul 5: Opsamling og afrunding

- Afrunding, debat ... og konklusion?

## De politiske rammer...

# Fra Klimakommission til Energiaftalen (og hvor er vi nu?)

Katherine Richardson, Professor  
Center for Macroecology Evolution and Climate  
Leader of the Sustainability Science Center  
University of Copenhagen



”Hele den grundlæggende argumentation for at gøre DK fossilfri (sic)” (og ”hvordan jeg opfatter/opfattede modtagelsen”)

**Energi forsyningssikkerhed**

**Klima**

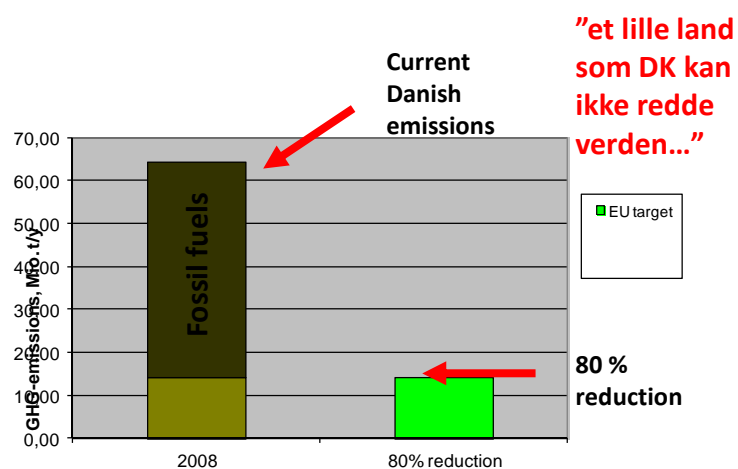
**(Eksport og vækst)**

Green energy



KLIMAKOMMISSIONEN  
DANISH COMMISSION ON CLIMATE CHANGE POLICY

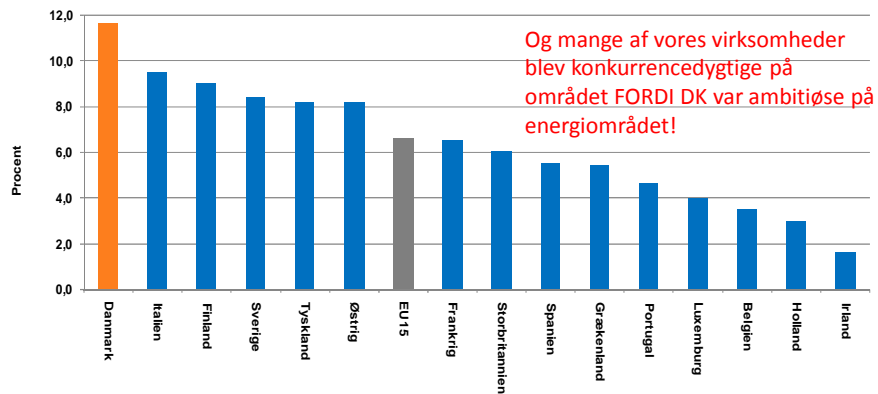
Dk emissionsudfordring ift. EU målsætning (80-95% reduktion fra 1990 – 2050)





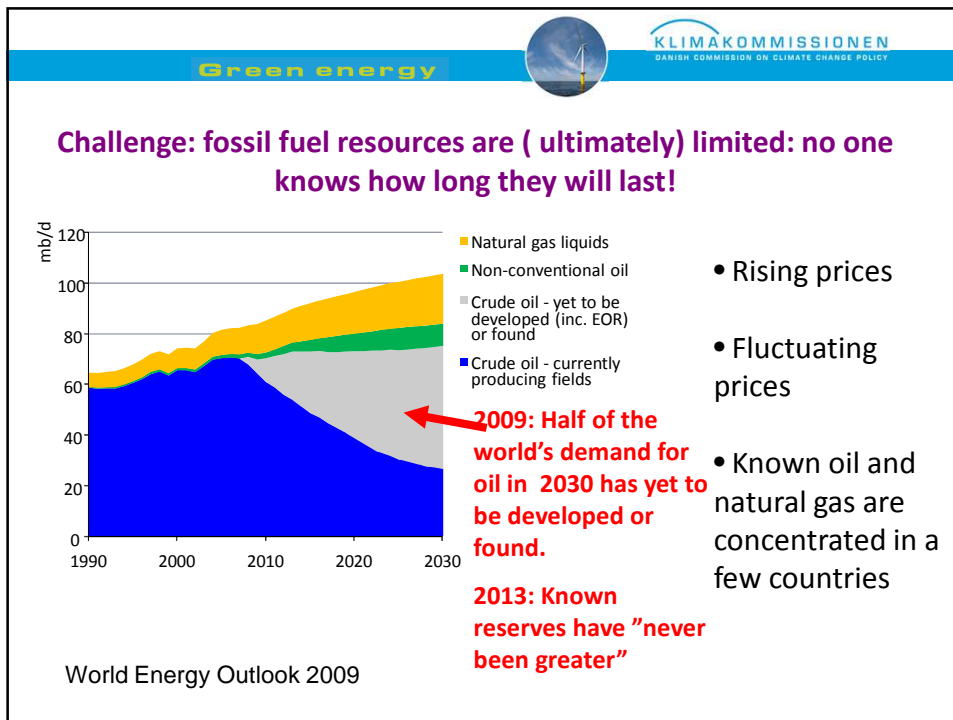
## Denmark already has a strong profile in green energy and energy efficiency

Energy technology as % of total export for EU-15 countries, 2009.



”Holder forudsætninger endnu?”

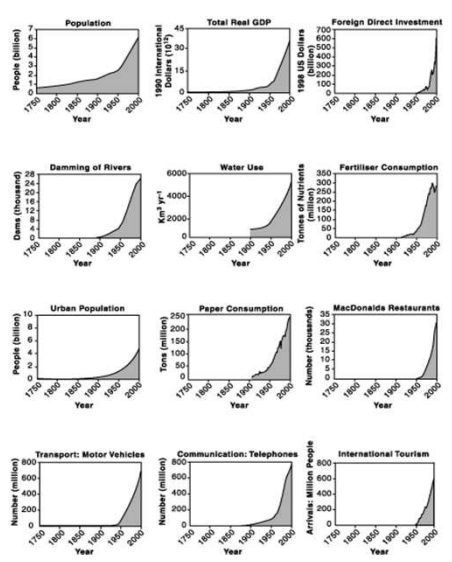
”Gamechangers, herunder skifer-gas”





## The changing human enterprise, from 1750 to 2000

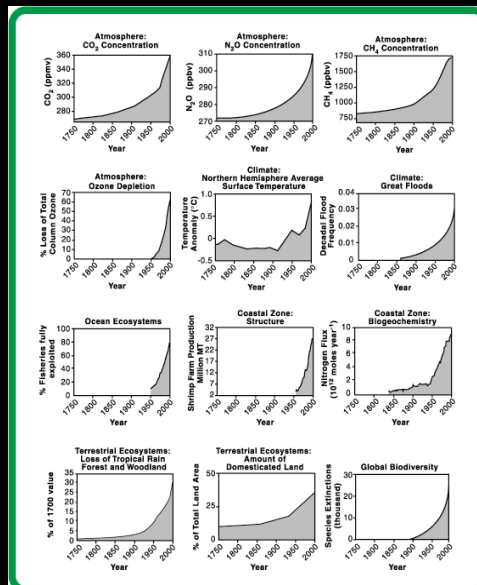
Note the start of the 'Great Acceleration' around 1950, when many activities began or accelerated sharply



Steffen et al. 2004

Responses of the Earth System to the accelerating human enterprise.

**Root cause = demand for resources approaching supply!**



**”Business as usual is dead!”** Lord Nicholas Stern, 2009

**For første gang i menneskenes historie, er efterspørgslen af livsnødvendige naturressourcer og tjenester ved at overstige udbuddet...**

- **”Miljø” kan ikke længere blive betragtet som værende en modsætning til økonomiske interesser.**
- **Fremtidig udvikling af samfundet kan kun ske hvis det er baseret på mere effektiv udnyttelse af ressourcer og/eller udvikling af alternativer for ressourcer under pres (olie).**





# Planetary Boundaries: Exploring the safe operating space for humanity in the Anthropocene (*Nature*, 461 : 472 – 475, Sept 24 - 2009)



Copyright © 2009 by the author(s). Published here under license by the Resilience Alliance.  
 Rockström, J., W. Steffen, K. Noone, A. Persson, F. S. Chapin, III, E. Lambin, T. M. Lenton, M. Scheffer,  
 C. Folke, H. Schellnhuber, B. Nykvist, G. A. De Wit, T. Hughes, S. van der Leeuw, H. Rodhe, S. Sörin, P.  
 K. Snyder, R. Costanza, U. Svedin, M. Falkenmark, L. Kalberg, R. W. Corell, V. J. Fabry, J. Hansen, B.  
 Walker, D. Liverman, K. Richardson, P. Crutzen, and J. Foley. 2009. Planetary boundaries: exploring the  
 safe operating space for humanity. *Ecology and Society* 14(2): 32. [online] URL: <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

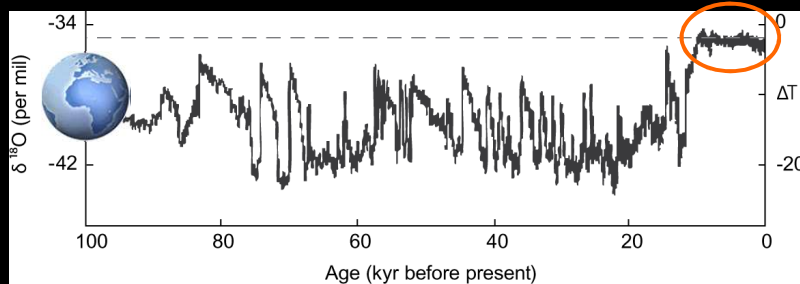
## Research Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity

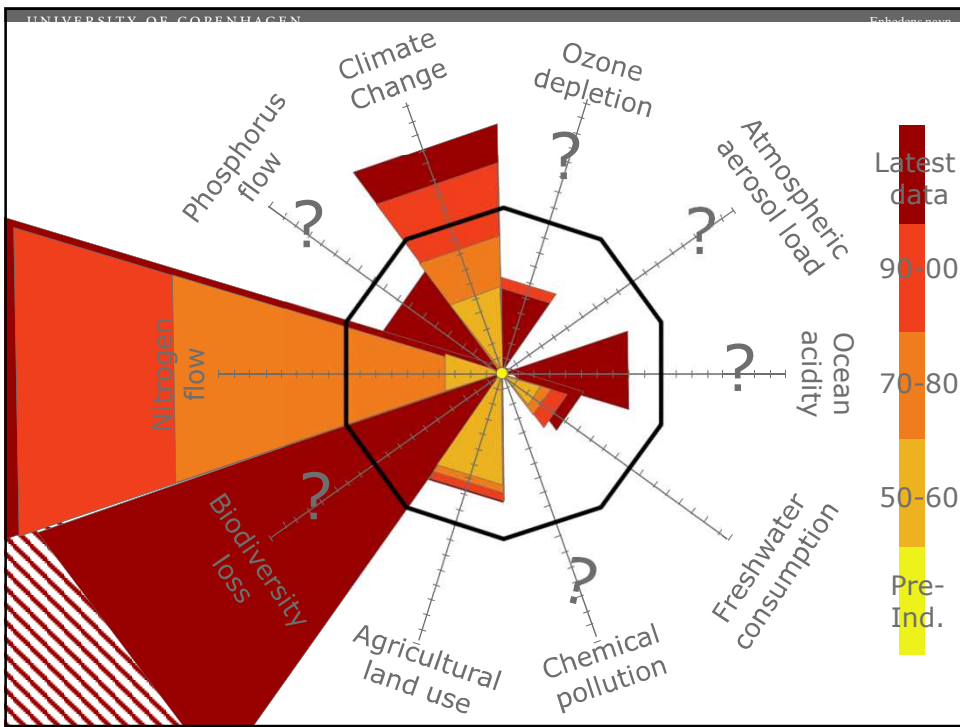
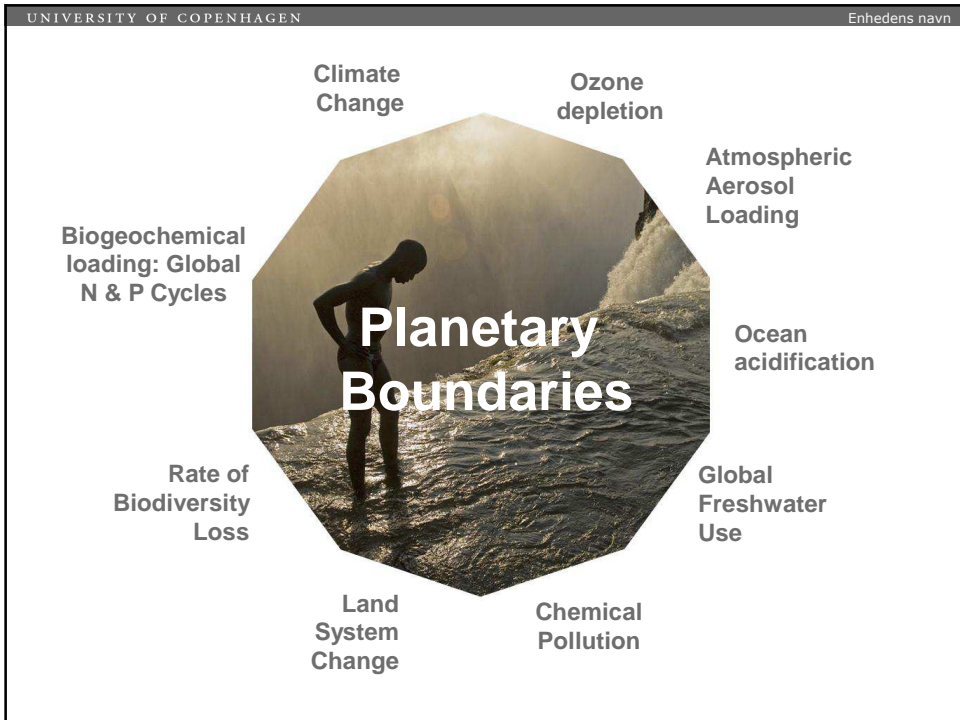
Johan Rockström<sup>1,2</sup>, Will Steffen<sup>1,3</sup>, Kevin Noone<sup>1,4</sup>, Åsa Persson<sup>1,2</sup>, F. Stuart III Chapin<sup>5</sup>, Eric Lambin<sup>6</sup>,  
 Timothy M. Lenton<sup>7</sup>, Marten Scheffer<sup>8</sup>, Carl Folke<sup>1,9</sup>, Hans Joachim Schellnhuber<sup>10,11</sup>, Björn Nykvist<sup>1,2</sup>,  
 Cynthia A. de Wit<sup>1</sup>, Terry Hughes<sup>12</sup>, Sander van der Leeuw<sup>13</sup>, Henning Rodhe<sup>14</sup>, Sverker Sörin<sup>1,15</sup>,  
 Peter K. Snyder<sup>16</sup>, Robert Costanza<sup>1,17</sup>, Uno Svedin<sup>1</sup>, Malin Falkenmark<sup>1,18</sup>, Louise Karlberg<sup>1,2</sup>,  
 Robert W. Corell<sup>19</sup>, Victoria J. Fabry<sup>20</sup>, James Hansen<sup>21</sup>, Brian Walker<sup>1,22</sup>, Louise Liverman<sup>23,24</sup>,  
 Katherine Richardson<sup>25</sup>, Paul Crutzen<sup>26</sup>, and Jonathan Foley<sup>27</sup>

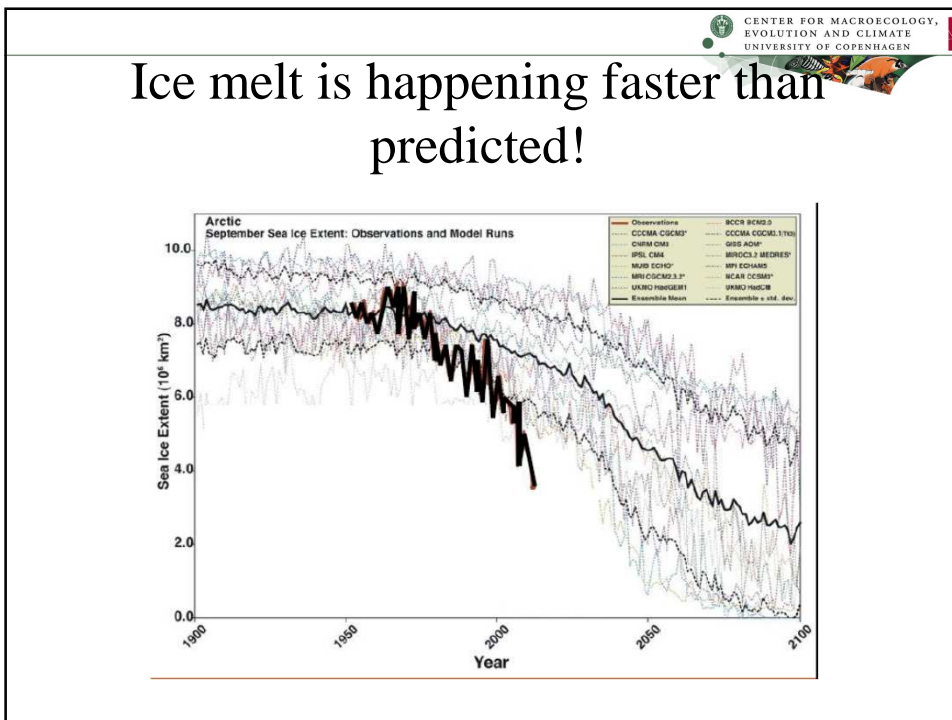
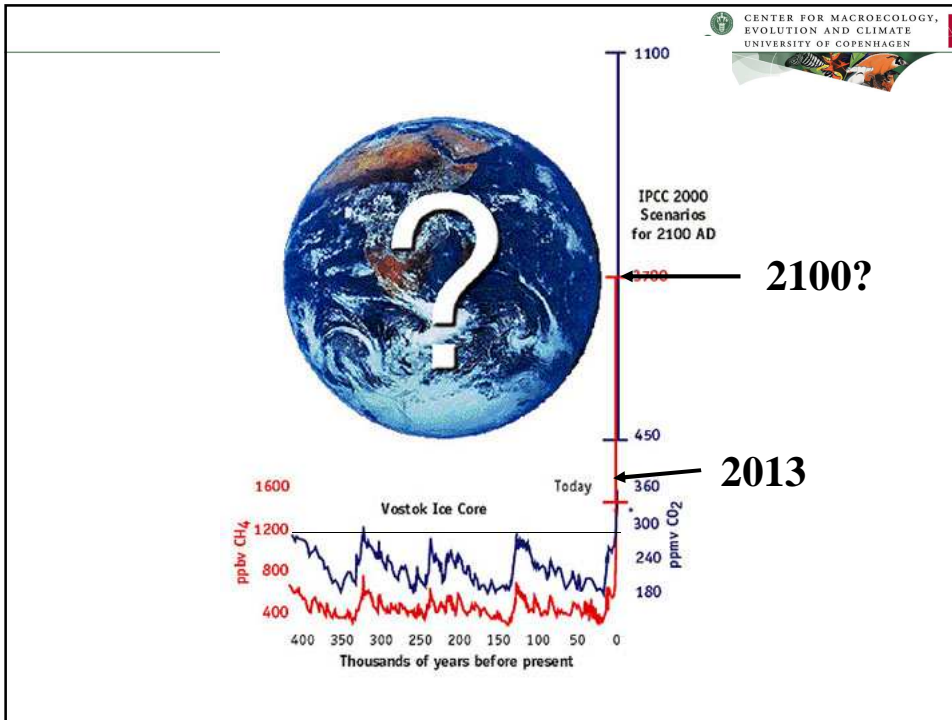
Ecology and Society 14(2): 32  
<http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art32/>

UNIVERSITY OF COPENHAGEN

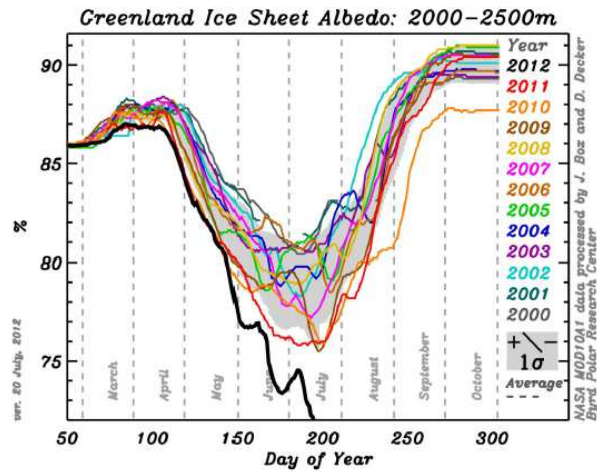
## Humanity's 12,000 years of grace





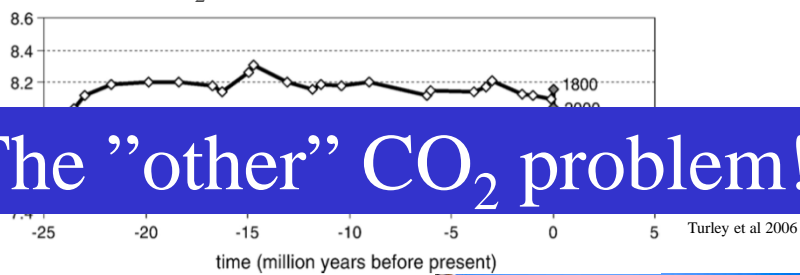


## Earth System Consequences of Ice Melt:



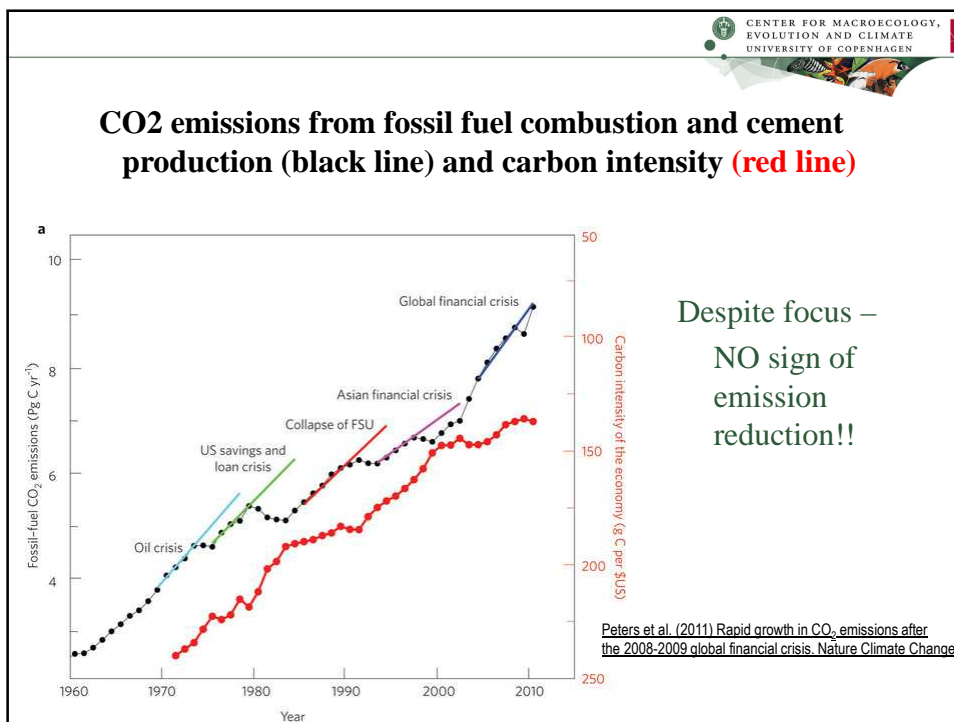
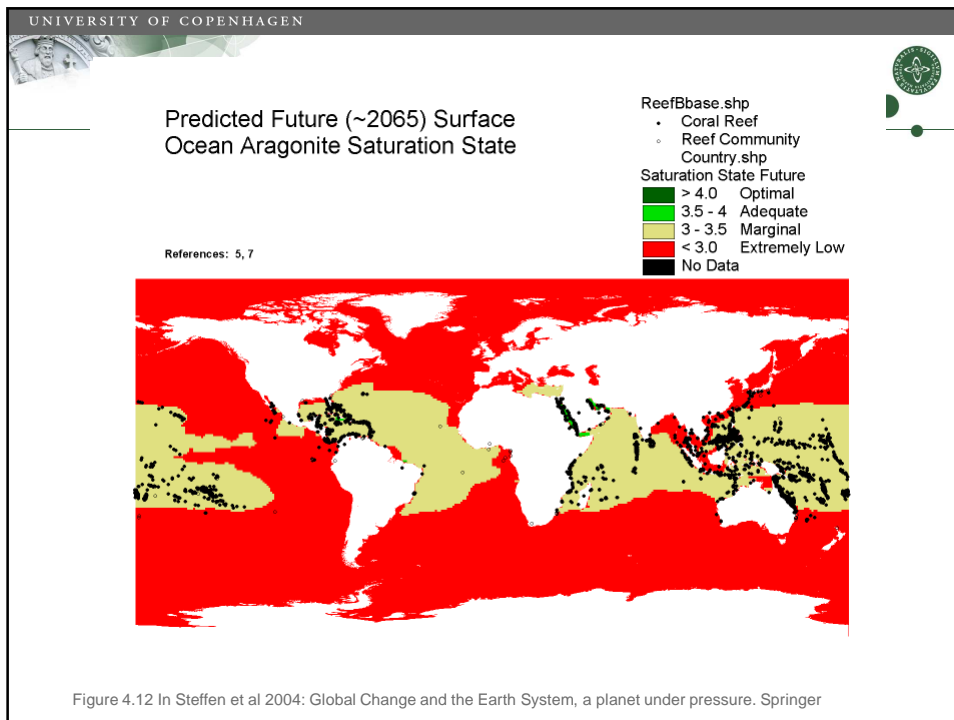
## Ocean acidification

Challenge to marine biodiversity and ability of oceans to function as sink of CO<sub>2</sub>



- Southern Ocean and Arctic ocean projected to become corrosive to aragonite by 2030-2060





## ”Gamechangers”...

## Biomasse er altid ikke ”CO<sub>2</sub> neutral” ....

Energy Policy 45 (2012) 18–23



ELSEVIER

Contents lists available at SciVerse ScienceDirect

Energy Policy

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/enpol](http://www.elsevier.com/locate/enpol)



Viewpoint

Correcting a fundamental error in greenhouse gas accounting related to bioenergy

Helmut Haberl<sup>a,\*</sup>, Detlef Sprinz<sup>b</sup>, Marc Bonazountas<sup>c</sup>, Pierluigi Cocco<sup>d</sup>, Yves Desaubies<sup>e</sup>, Mogens Henze<sup>f</sup>, Ole Hertel<sup>g</sup>, Richard K. Johnson<sup>h</sup>, Ulrike Kastrup<sup>i</sup>, Pierre Laconte<sup>j</sup>, Eckart Lange<sup>k</sup>, Peter Novak<sup>l</sup>, Jouni Paavola<sup>m</sup>, Anette Reenberg<sup>n</sup>, Sybille van den Hove<sup>o</sup>, Theo Vermeire<sup>p</sup>, Peter Wadhams<sup>q</sup>, Timothy Searchinger<sup>r</sup>

<sup>a</sup> Institute of Social Ecology, Alton-Adria-Universität Klagenfurt, Alton-Adria-Universität Klagenfurt, Alton-Adria-Universität Klagenfurt, 9000 Klagenfurt, Austria

**Stigende fokus på hvor og hvornår vi bruger biomasse!**

Skifer-gas?

En "global" CO<sub>2</sub> pris?

"Hvad er der i støbeskeen, som ikke  
har med biomasse at gøre?"

”Hvad bliver vinder  
teknologien?”



Vores fremtidige energisystem skal bestå af  
en ”buket” af teknologier!



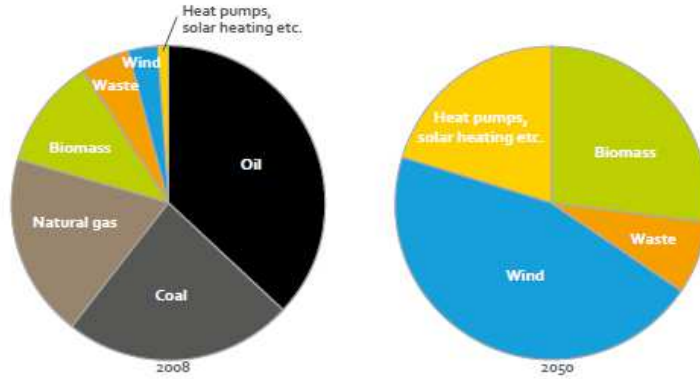
Vind/sol/biomasse er de meste rentabel - i hvert fald på den kørte bane





### STRATEGY WITH TWO ELEMENTS

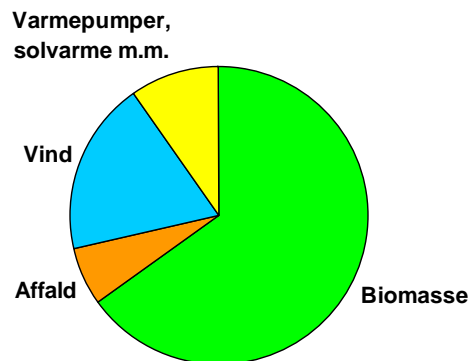
#### 2. The energy of the future will come from renewable sources



AMBITIOUS WORLD: DK ENERGY MIX 2050

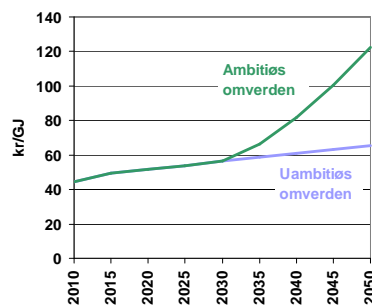


### UNAMBITIOUS WORLD: DK ENERGY MIX IN 2050



## ”Biomasse – fremtidige efterspørgsel og priser...”

Biomasse er en begrænset ressource, og  
prisen kan kun stige...



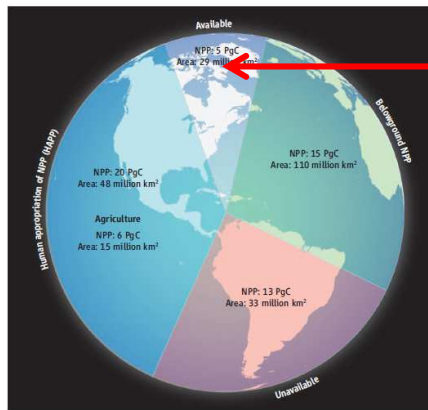
Prisudvikling på biomasse anvendt af Klimakommission

ECOLOGY

## A Measurable Planetary Boundary for the Biosphere

Steven W. Running

Terrestrial net primary (plant) production provides a measurable boundary for human consumption of Earth's biological resources.



= ca. 40% af den nuværende globale energiefteerspørgsel!

Udbud og efterspørgsel VIL få priser til at stige, og vi skal prioritere hvad vi bruger biomasse til (og hvilken form vi bruger til hvert formål)

21 SEPTEMBER 2012 VOL 337 SCIENCE

”Hvad vil regeringen (!!!!), herunder afgifter og træbaseret bioethanol fabriker...”



## Et forsøg på, at sætte det hele i perspektiv:

- Jorden blev dannet for ca. 4,7 milliarder år siden
- Vores art i dens nuværende form har været her i ca. 250.000 år (ca. 10.000 generationer)
- De fleste af disse boede i jordhuller...

39

UNIVERSITY OF COPENHAGEN

- For 7-8 generationer siden begyndte vi for alvor at anvende maskiner, og for 4 generationer siden biler...
- Men vi er den første generation med viden om hvordan vores maskiner påvirker vores jord, dvs. vores eget habitat...

40

UNIVERSITY OF COPENHAGEN




Den viden giver os magten til (og ansvar for!) at ændre vores forhold til jorden og dens ressourcer!

**At indtænke biomasse, herunder træ, i vores fremtidige energi system er en del af vores ansvar her...**

41

SKOVDRYKERNE

### Skovbruget som energileverandør | Agenda

Introduktion og program

**Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle**

- Fra Klimakommission til energiaftale. Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. **Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen**

**Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer**

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab

**Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet**

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion. Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab

**Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag**

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne

**Modul 5: Opsamling og afrunding**

- Afrunding, debat ... og konklusion?

Skovdyrkerforeningen Vestjylland | Nupark 476, 7500 Holstebro | Tlf: 96 1010 96 | Mail: vest@skovdyrkerne.dk | web: www.skovdyrkerne.dk/vest

# Analyse af anvendelsen af bioenergi i Danmark

## Energiaftalen om biomasseanalysen

- Der indgår i energiaftalen, at der skal udarbejdes en analyse af anvendelsen af bioenergi i Danmark
- *“Analysen skal fokusere på, om der er de rette vilkår for en effektiv og miljømæssig bæredygtig anvendelse af biomasseressourcer i den danske energiforsyning. Analysen skal endvidere belyse CO2-fortrængningen”*

## Afgrænsning af analysen (kommissorium)

- Analysen skal:
  - Have et langt tidsperspektiv
  - Fokuserer på både transport- og energisektoren
  - Fokuserer på alle former for biomasse
  - Inddrage fremtidsperspektiver for dansk landbrugsproduktion hvor relevant
  - Inddrage perspektiver i fremtidig alternativ anvendelse af biomassen fx til industriel anvendelse af biomassen

## Parametre for fastlæggelse af miljømæssig bæredygtighed

- Diskussion af miljømæssig bæredygtig udnyttelse af biomasse til energi og transport forbindes ofte med effekter på:
  - Drivhusgasudledningen
  - Biodiversiteten
  - Jordkvaliteten
  - Vandkvaliteten
  - Luftkvaliteten
  - Landskab
  - Fødevareforsyningsikkerhed

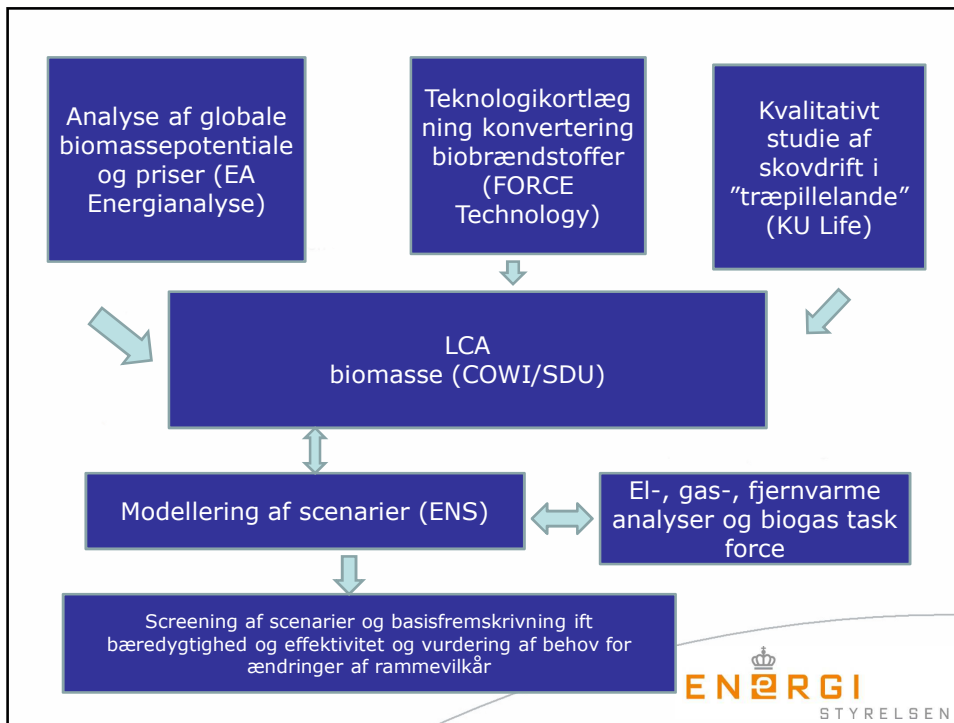
## Parametre for fastlæggelse af effektivitet

- Diskussion af effektiv udnyttelse af biomasse til energi og transport forbindes ofte med:
  - Omkostninger
  - Forsyningsikkerhed
  - Energieffektivitet

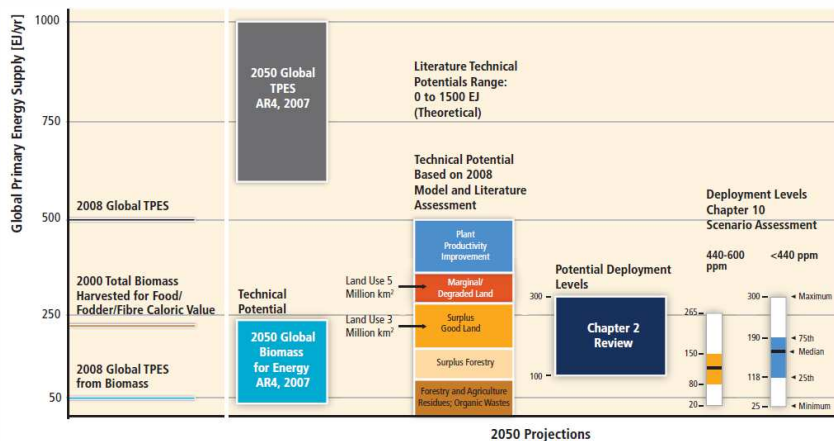
## Processen for udarbejdelsen af analysen

- Deadline ultimo 2013
- Interministerielt arbejde med deltagelse af Miljøministeriet, Fødevarerministeriet, Transportministeriet, Erhvervsministeriet, Skatteministeriet og Finansministeriet. Klima-, Energi- og Bygningsministeriet formand for ministeriel gruppe
- En række delanalyser ligger til grund for arbejdet i ministerielt regi
- Der afholdes en række temamøder og workshops og der er løbende dialog med interessenter og eksperter





## Globale potentialer (IPPC, 2011)



## Potentialer (EA Energianalyse)

Scenario (year 2050)	No Policy	RCP 4.5	Regional Policy	High Yield	Low Yield	Constant Diet	Western Diet	Veg. Diet
Total Biomass (EJ)	96.7	139.2	109.4	106.4	91.4	96.9	91.0	97.3
Biomass Crops (EJ)	22.4	33.5	28.7	31.8	15.1	23.0	2.8	25.0
Crop Residue (EJ)	35.0	49.8	38.0	35.5	30.8	34.6	41.4	33.4
Forestry/Mill Residue (EJ)	10.8	14.6	11.9	10.6	12.7	10.7	13.0	10.6
MSW/Traditional Biomass (EJ)	28.6	41.3	30.7	28.4	32.8	28.5	33.9	28.3
Biomass land (Gha)	0.24	0.17	0.33	0.32	0.19	0.25	0.02	0.25
Cropland (Gha)	1.80	1.10	2.47	1.45	5.57	1.69	7.65	1.41
Forestland (Gha)	3.60	5.07	5.07	3.71	2.11	3.68	1.17	3.87

Table 22: Supply and land use outcomes for the various scenarios for the year 2050.

## Biomassepriser (EA Energianalyse)

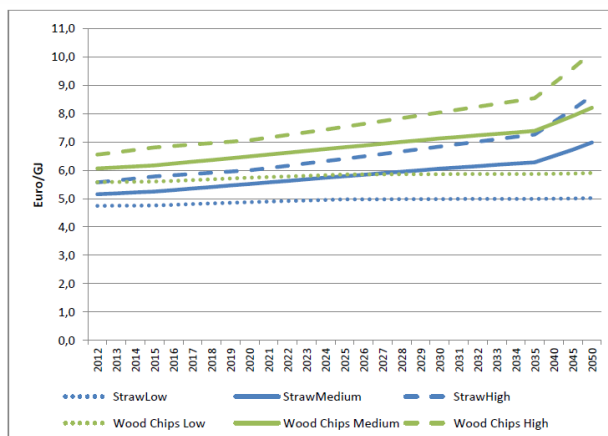


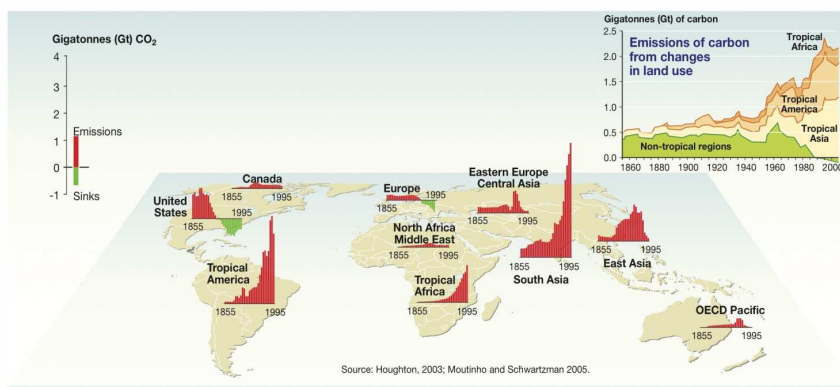
Figure 58: Forecasted biomass prices CIF Denmark in given three scenarios (€/GJ).

## Teknologikortlægning, supplement til andre teknologikataloger (Force Technology)

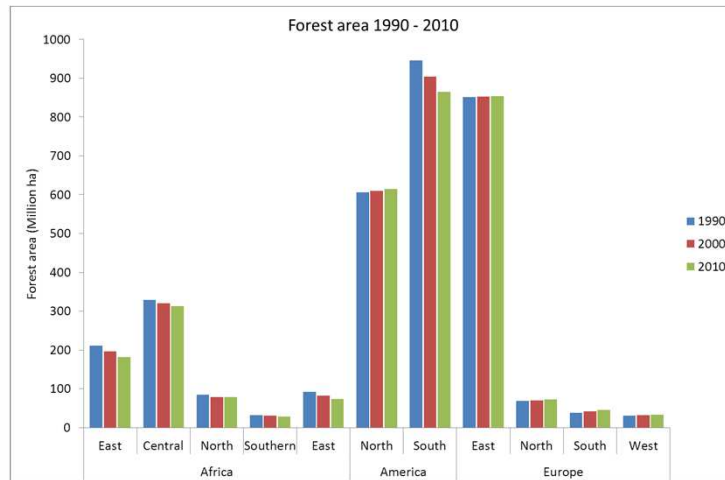
Output fuel	Route	Raw material	No.
Biomethanol	Syngas route	Biomass (forest residue)	01
Biomethanol	CO2 route	Electricity and CO2	02
Bioethanol	1. g. fermentation	Crops	03
Bioethanol	2. g. fermentation	Biomass	04
Biodiesel (ester type)	Transesterification	Vegetable oil/animal fat	05
Biodiesel (paraffin type)	HVO (hydrogenated vegetable oil)	Vegetable oil/animal fat	06
Biodiesel	Syngas route	Biomass	07
Biodiesel	Catalytic dehydration	Methanol	08
BioDME	Syngas route, two step process	Biomass (lignocelluloses)	09
BioSNG	Gasification	Biomass	10
Bio-kerosene	Syngas route	Biomass	11
Torrefied wood	Torrefaction	Biomass	12
Bio-liquid	REnescience	Waste (MSW)	13
Ethanol, biogas	Maabjerg Concept – Biorefinary	Biomass (straw, waste, manure)	14
Ethanol, biogas	2.g. fermentation (Inbicon technology)	Biomass (straw)	15
Diesel, gasoline	Diesel production by BTL technology with hydrogen addition	Biomass (straw), hydrogen	16

## Bæredygtighedsaspekter knyttet til import af træ til energi (KU Life)

Net emissions from forests in different regions of the world during the period 1855-1995



## Bæredygtighedsaspekter knyttet til import af træ til energi (KU Life)



## Bæredygtighedsaspekter knyttet til import af træ til energi (KU Life)

Table 1. Development in forest area, carbon stocks and wood removals from 1990-2010.

- Average annual change below -0.5 %.
- Average annual change between -0.5% and +0.5 %
- Average annual change above +0.5 %.

Continent	Region	Forest area		Carbon stock		Wood removals			
		1990-2000	2000-2010	1990-2000	2000-2010	Industrial wood 1990-2000	Industrial wood 2000-2005	Fuel wood 1990-2000	Fuel wood 2000-2005
Africa	East	●	●	●	●	●	●	●	●
	Central	●	●	●	●	●	●	●	●
	Northern	●	●	●	●	●	●	●	●
	Southern	●	●	●	●	●	●	●	●
America	Western	●	●	●	●	●	●	●	●
	Northern	●	●	●	●	●	●	●	●
Europe	South	●	●	●	●	●	●	●	●
	Eastern	●	●	●	●	●	●	●	●
	Northern	●	●	●	●	●	●	●	●
	Southern	●	●	●	●	●	●	●	●
	Western	●	●	●	●	●	●	●	●
	Western	●	●	●	●	●	●	●	●

## Livscyklusvurdering af anvendelse af biomasse til energi og transport (COWI/SDU)

**Der leveres data på fire modelleringsniveauer for årene 2013, 2020, 2035 og 2050:**

1. *Grunddata.* Ingen allokering eller aggregering
2. *Teknologispor.* Effekter pr. type af funktionelt output (el, varme, transport) angives
3. *Biomassespor.* Effekter pr. tons biomasse angives
4. *Scenarier.* Effekter af samlede energi- og transportsценарier angives

## Livscyklusvurdering af anvendelse af biomasse til energi og transport (COWI/SDU)

På alle modelleringsniveauer i de angivne år måles på emissioner af:

- CO<sub>2</sub>
- CH<sub>4</sub>
- N<sub>2</sub>O
- NH<sub>3</sub>
- Partikler
- SO<sub>2</sub>
- No<sub>x</sub>

For modelleringsniveau 3 (teknologispor) opgøres samtidig omkostninger og energieffektivitet

## Livscyklusvurdering af anvendelse af biomasse til energi og transport (COWI/SDU)

*Biomassetyper, der forventes analyseret:*

- Halm
- Husdygødning
- Træpiller og træflis baseret på rester, tyndingstræ, kernetræ m.v. fra forskellige temperaturzoner
- Energiafgrøder (årlige og flerårige)
  - Sukkerroer, majs, elefantgræs, pil, slæt, raps
- Haveaffald
- Organisk affald
- Usorteret affald
- Bioslurry
- Kløver
- Bagasse
- Importeret biobrændstof baseret på sukkerrør og palmeolie

## Livscyklusvurdering af anvendelse af biomasse til energi og transport (COWI/SDU)

*Teknologier, der forventes analyseret:*

- Forbrænding
- Torrefaction
- Termisk forgasning
- Biogas (KV, opgradering til net og transport)
- Biobrændstof via syngas rute
- Biobrændstoffer med bidrag fra elektrolyse
- Biobrændstof (fermentering)
- Biobrændstof (esterficering)
- REnescience eller lignende

## Næste skridt

- Analyser af priser, teknologier og rapport fra KU færdig inden sommerferien
- Livscyklusvurdering forventes afsluttet i løbet af oktober
- Flere workshop(s) med interessenter
- Interministeriel rapportskrivning

 SKOVDRYKERNE

### Skovbruget som energileverandør | Agenda

**Introduktion og program**

**Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle**

- Fra Klimakommission til energiaftale. Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen

**Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer**

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**

**Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet**

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion. **Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab**

**Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag**

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. **Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab**
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien **Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne**

**Modul 5: Opsamling og afrunding**

- Afrunding, debat ... og konklusion?

Skovdyrkerforeningen Vestjylland | Nupark 476, 7500 Holstebro | Tlf: 96 1010 96 | Mail: vest@skovdyrkerne.dk | web: www.skovdyrkerne.dk/vest



Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet



# Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100

**Konference "Skovbruget som energileverandør", modul 2:  
Fremtidens biomasseressourcer, Holstebro den 30. maj  
2013**

**Præsentation v/Lars Graudal**

**Sektion for Skov, Natur og Biomasse  
Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN)-  
Skov & Landskab**

## Nogle indledende spørgsmål

- Hvilket udgangspunkt har energipolitikken - hvilke energiformer satser man på, og hvad betyder det for skovbruget over den kommende trægeneration?
- Hvor meget biomasse kan skovbruget levere - det handler om beslutningsgrundlaget for både politikere, investorer og skovbrugserhvervet?
- Kan vi øge skovproduktion og biomasseudtag - uden at det går ud over en bæredygtig skovforvaltning?
- Hvis vi skal sætte turbo på produktion af biomasse fra skovbruget, hvordan gør vi det så helt konkret og hvordan ser bundlinien ud for den enkelte skovejer?
- Hvad har skovbrugserhvervet brug for fra politikerne og forskerne for at kunne levere?







Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet

## Perspektiver for skovenes bidrag til grøn omstilling mod en biobaseret økonomi:

**Muligheder for bæredygtig udvidelse af dansk produceret vedmasse 2010-2100**

**Foreløbig rapport 22. marts 2013**

**Arbejdsgruppe:** Lars Graudal, Ulrik Braüner Nielsen, Erik Schou, Bo Jellesmark Thorsen, Jon Kehlet Hansen, Niclas Scott Bentsen og Vivian Kvist Johannsen, 2013

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning (IGN) – Skov & Landskab  
Institut for Fødevarer- og Ressourceøkonomi (IFRO) – Skov & Landskab

[http://sl.life.ku.dk/Nyheder/2013/~media/Sl/Nyheder/2013/Seminarversion\\_skovenes\\_bidrag\\_biobaseret\\_oekonomi.ashx](http://sl.life.ku.dk/Nyheder/2013/~media/Sl/Nyheder/2013/Seminarversion_skovenes_bidrag_biobaseret_oekonomi.ashx)

## Disposition

1. Formål
2. Træforsyning og forbrug i dag
3. Hvordan kan vi udvide produktionen?
  - Præsentation af udvalgte virkemidler
4. Kombination af virkemidler i scenarier
  - Samlet effekt på høst af træ
  - Samlet effekt på kulstoflagring
  - Effekt på energiforsyning
  - Betydning for CO2 regnskabet
5. Sammenfatning og konklusioner
6. Behov for viden/handling



## 1. Formål med udredningen:

Vurdere mulighederne for i de danske skove at:

- øge produktionen
- optimere udnyttelsen af træressourcen

under passende hensyn til skovenes øvrige funktioner, de rekreative, miljøbeskyttelsen og som levested for biologisk mangfoldighed.

Bidrage til en afklaring af på hvilke områder, der er behov for at udvikle nye eller bedre retningslinjer for skovbrugsmæssig praksis.



## Baggrund I

### **Politisk målsætning om grøn omstilling for Danmark**

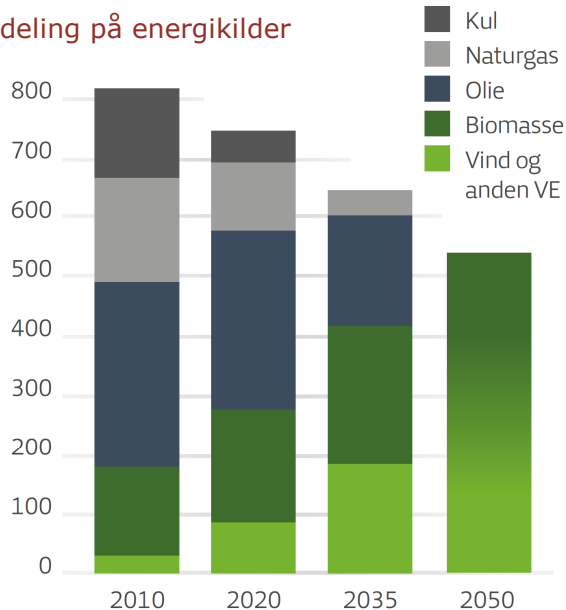
- I 2050 skal Danmark kun bruge vedvarende energi
- Biomasse forventes at spille en væsentlig rolle



## Energiforbrug og fordeling på energikilder

Vores Energi,  
Regeringen,  
November 2011,  
p 23

"...allerede i 2020  
vil der være sket  
en betydelig  
ændring af  
sammensætning  
af det samlede  
danske  
energiforbrug til  
fordel for vind og  
biomasse"



Figur 3.8 Anvendelse af fossile brændsler og VE (PJ)



## Baggrund II

**Brug af træ og dyrkning af skov til afdæmpning af klimaforandringer**

- **Fortrængning**

I en klimasammenhæng er brug af biomasse interessant, fordi det fortrænger fossil energi "CO<sub>2</sub> neutralt"

- **Lagring**

I skovens træer lagres løbende kulstof / CO<sub>2</sub>

Træ der bruges til andre formål, f.eks. til møbler og bygninger (gavntræ) eller papir - tjener som lager for kulstof / CO<sub>2</sub>

"CO<sub>2</sub> positive", fordi de kan medvirke til at reducere atmosfærens indhold af CO<sub>2</sub> igennem en længere periode.

- **Bæredygtig produktion** er forudsætningen for de miljøpositive elementer forbundet med brug af træ



## Er brug/afbrænding af træ overhovedet CO2 neutralt?

Den simple 'populære' forklaring:

- Træ er miljø, Træ er genialt, [www.trae.dk](http://www.trae.dk)



## Er brug/afbrænding af træ overhovedet CO2 neutralt?

Et udvalg af den videnskabelige litteratur giver ikke noget enkelt svar:

- Forests remove Carbon dioxide from the Atmosphere: Spruce forest tales! (Jarvis and Linder, 2007)
- Life cycle impacts of forest management and wood utilization on carbon mitigation: knowns and unknowns (Lippke et al 2011)
- Carbon debt and carbon sequestration parity in forest bioenergy production (Mitchel et al 2012)
- Baseline effects on carbon footprints of biofuels: The case of wood (Johnson and Tschudi 2012)
- Carbon payback period and carbon offset parity point of wood pellet production in the South-eastern United States (Jonker et al 2013)
- Wood preservation (carbon sequestration) or wood burning (fossil-fuel substitution), which is better for mitigating climate change? (Leturcq 2013)
- The 'debt' is in the detail: A synthesis of recent temporal forest carbon analysis on woody biomass for energy (Lamers and Junginger, 2013)

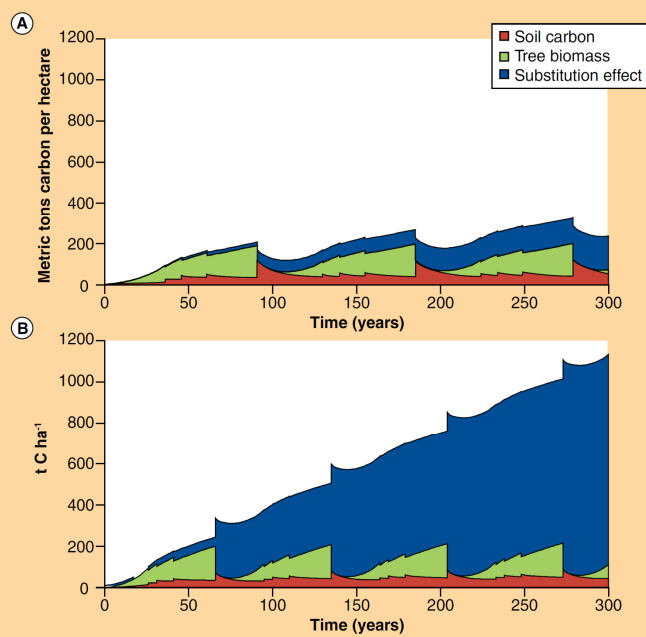


## Er brug/afbrænding af træ overhovedet CO2 neutralt?

Hvori består problemet:

- Tidsforskydning mellem høst og binding ('debt' and 'payback')
- Høstens omfang (mængde, kvalitet)
- Udslip forbundet med ændret arealanvendelse (skov, landbrug)
- Tilvækst (bonitet, art, dyrkningstiltag)
- Effektivitet af den fossile kulstof fortrængning (forbrænding, varige produkter, substitution)

Stor global variation

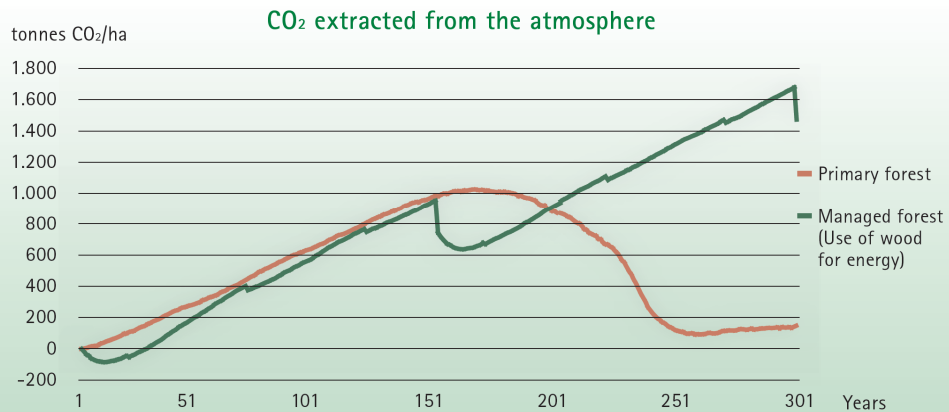


Scenarier for  
rødgran i  
Sverige

Eriksson et al sensu Lippke et al 2011



## Europæisk skovdyrkningstradition



Hasenauer 2013, figure 5

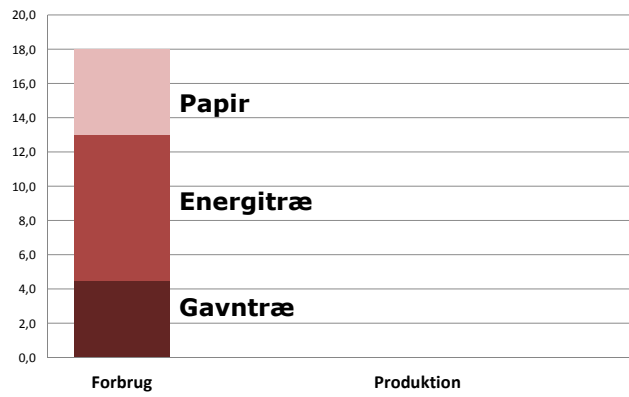


## Disposition

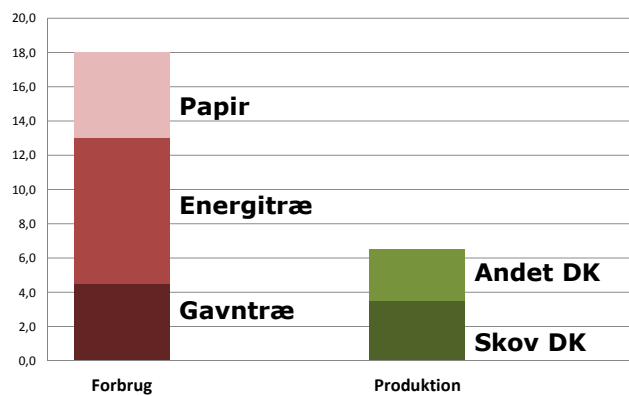
1. Formål
2. Træforsyning og forbrug i dag
3. Hvordan kan vi udvide produktionen?
  - Præsentation af udvalgte virkemidler
4. Kombination af virkemidler i scenarier
  - Samlet effekt på høst af træ
  - Samlet effekt på kulstoflagring
  - Effekt på energiforsyning
  - Betydning for CO<sub>2</sub> regnskabet
5. Sammenfatning og konklusioner
6. Behov for viden/handling



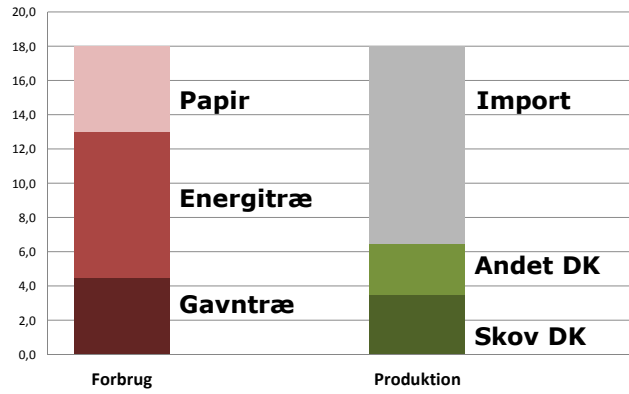
## 2. Træforbrug og -forsyning i dag - mio. m<sup>3</sup>



## 2. Træforbrug og -forsyning i dag - mio. m<sup>3</sup>



## 2. Træforbrug og -forsyning i dag - mio. m<sup>3</sup>



### Det globale perspektiv

Projected future demand of wood

WWF/IIASA, 2012

	FAO 2010	LIVING FORESTS MODEL			
		2030		2050	
		Do Nothing	Bioenergy Plus	Do Nothing	Bioenergy Plus
Saw logs & veneer logs	853	1,444	1,444	1,763	1,773
Pulpwood*	527	754	754	905	893
Other industrial roundwood <sup>19</sup>	153	153	153	153	153
Energy wood	1,868	2,753	3,138	6,317	8,209
Household fuelwood		2,064	2,064	2,218	2,054
<b>Total wood supply</b>	<b>3,401</b>	<b>7,168</b>	<b>7,553</b>	<b>11,356</b>	<b>13,082</b>

Units: millions of cubic metres (roundwood equivalent)





Projected annual rate of wood removals in 2030 and 2050 under the Living Forests Model's Do Nothing and Bioenergy Plus scenarios compared to FAO statistics on reported wood removals in 2010. Source: FAO (2010 figures<sup>20</sup>) and IIASA (2030 and 2050 projections)



KØBENHAVNS UNIVERSITET

**Det globale perspektiv**

Projected future demand of wood  
WWF/IIASA, 2012

	FAO 2010	LIVING FORESTS MODEL			
		2030		2050	
		 Do Nothing	 Bioenergy Plus	 Do Nothing	 Bioenergy Plus
Saw logs & veneer logs	853	1,444	1,444	1,763	1,773
Pulpwood*	527	754	754	905	893
Other industrial roundwood <sup>19</sup>	153	153	153	153	153
Energy wood	1,868	2,753	3,138	6,317	8,209
Household fuelwood		2,064	2,064	2,218	2,054
<b>Total wood supply</b>	<b>3,401</b>	<b>7,168</b>	<b>7,553</b>	<b>11,356</b>	<b>13,082</b>





Units: millions of cubic metres (roundwood equivalent)

Projected annual rate of wood removals in 2030 and 2050 under the Living Forests Model's Do Nothing and Bioenergy Plus scenarios compared to FAO statistics on reported wood removals in 2010. Source: FAO (2010 figures<sup>20</sup>) and IIASA (2030 and 2050 projections)

KØBENHAVNS UNIVERSITET

**Det globale perspektiv**

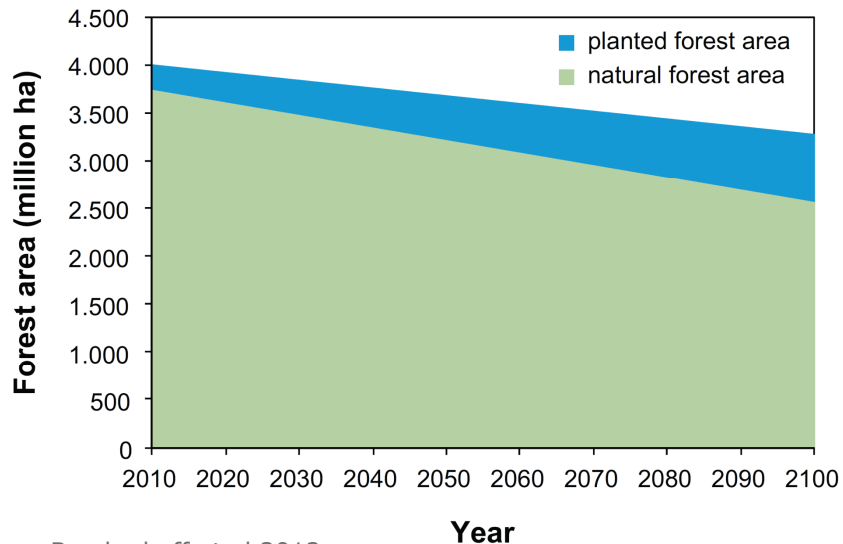
Projected future demand of wood  
WWF/IIASA, 2012

	FAO 2010	LIVING FORESTS MODEL			
		2030		2050	
		 Do Nothing	 Bioenergy Plus	 Do Nothing	 Bioenergy Plus
Saw logs & veneer logs	853	1,444	1,444	1,763	1,773
Pulpwood*	527	754	754	905	893
Other industrial roundwood <sup>19</sup>	153	153	153	153	153
Energy wood	1,868	2,753	3,138	6,317	8,209
Household fuelwood		2,064	2,064	2,218	2,054
<b>Total wood supply</b>	<b>3,401</b>	<b>7,168</b>	<b>7,553</b>	<b>11,356</b>	<b>13,082</b>

Units: millions of cubic metres (roundwood equivalent)

Projected annual rate of wood removals in 2030 and 2050 under the Living Forests Model's Do Nothing and Bioenergy Plus scenarios compared to FAO statistics on reported wood removals in 2010. Source: FAO (2010 figures<sup>20</sup>) and IIASA (2030 and 2050 projections)

## Det globale perspektiv



Brockerhoff et al 2012



## Disposition

1. Formål
2. Træforsyning og forbrug i dag
3. Hvordan kan vi udvide produktionen?
  - Præsentation af udvalgte virkemidler
4. Kombination af virkemidler i scenarier
  - Samlet effekt på høst af træ
  - Samlet effekt på kulstoflagring
  - Effekt på energiforsyning
  - Betydning for CO<sub>2</sub> regnskabet
5. Sammenfatning og konklusioner
6. Behov for viden/handling



### 3. Hvordan kan vi udvide produktionen?

#### Vurderet 9 virkemidler:

##### Skovrejsning:

Hvor meget?

##### Foryngelse:

Hvilke træarter plantes i ny skov?

Hvilke træarter plantes i gammel skov?

Hvordan forynges skoven?

##### Forædling:

Hvor godt er det plantemateriale man bruger?

##### Høst af træer:

Hvor gamle får træerne lov at blive inden høst?

Hvor mange og hvor meget høstes af det enkelte træ?

Hvad bliver træet brugt til?

##### Ingen høst:

Hvor store arealer overgår til andet formål?



### Fokus på høst og kulstoflagring

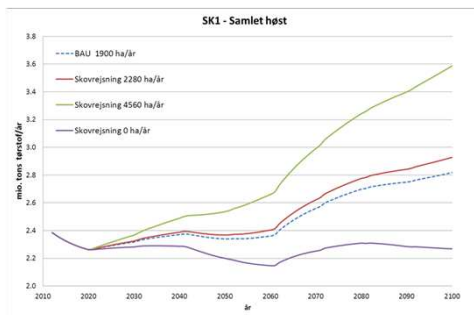
Skoven og det enkelte træ er både:

- salgsprodukt
- produktionsapparat
- lager

Og påvirker hinanden indbyrdes !

#### HVORDAN VIRKER VIRKEMIDLERNE ?

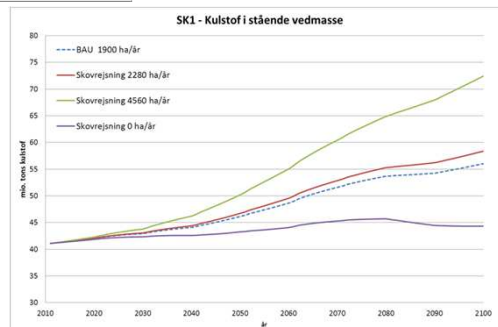




**Ændringer v/4560ha/år i 2050:**

**Høst 8%**  
**Kulstof 9%**

**Virkemiddel:  
Skovrejsning**



**Virkemiddel:** Foryngelse – træartsvalg skov og skovrejsning

**Mere løvtræ fremfor nåletræ:**

- mindre tilvækst
- mindre eller uændret totaludbytte
- mindre andel af savværkstræ,
- større kulstoflagring pga. af større stående vedmasse

**Ændringer i 2050**

**Høst 0%**  
**Tilvækst -2%**  
**Kulstof 0-4%**

**Mere nåletræ frem for løvtræ**

- øget tilvækst
- øget hugstmængde
- øget udbytte af savværkstræ
- svagt fald i lagret mængde kulstof.

**Ændringer i 2050**

**Høst 1%**  
**Tilvækst 3-6%**  
**Kulstof 0%**



Virkemiddel: Foryngelse – foryngelsesmetode**Intensiv brug af ammetræer**

- Indplantning hurtigt voksende træarter  
f.eks. Poppel , Hybridlærk, El mfl.

**Ændringer i 2050**

<b>Høst</b>	<b>15%</b>
<b>Tilvækst</b>	<b>16%</b>
<b>Kulstof</b>	<b>8%</b>



Foto: Palle Madsen

Virkemiddel: Forædling

Udvælgelse af bedre plantemateriale med større produktion, sundhed og klimatilpasning:

- 1) Frøplantager
- 2) Frøplantager og stiklingeformering mv. - intensiv

**1) Ændringer i 2050**

<b>Høst</b>	<b>1 %</b>
<b>Tilvækst</b>	<b>5 %</b>
<b>Kulstof</b>	<b>1 %</b>

**2) Ændringer i 2050**

<b>Høst</b>	<b>3 %</b>
<b>Tilvækst</b>	<b>8 %</b>
<b>Kulstof</b>	<b>2 %</b>

**2) Ændringer i 2100**

<b>Høst</b>	<b>19 %</b>
<b>Tilvækst</b>	<b>29 %</b>
<b>Kulstof</b>	<b>14 %</b>

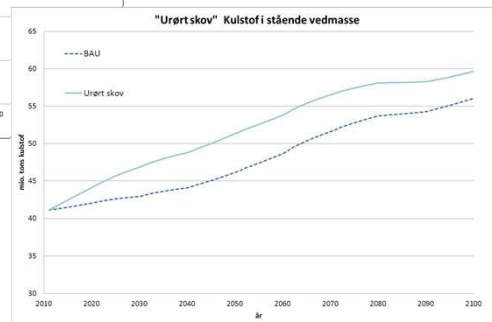
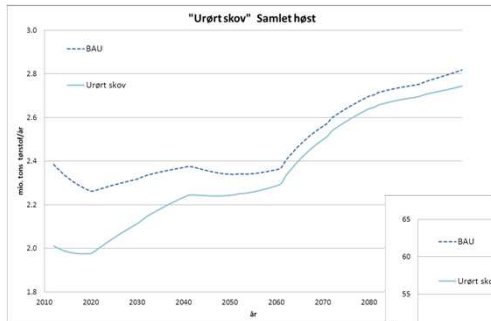


effekt ses mest på lang sigt



**Virkemiddel: Ingen høst af træer**

Udlægning af ca. 10 % af skoven til biodiversitetsformål "urørt"

**Ændringer i 2050**

**Høst -4%**  
**Tilvækst -3%**  
**Kulstof 11%**



## Disposition

1. Formål
2. Træforsyning og forbrug i dag
3. Hvordan kan vi udvide produktionen?
  - Præsentation af udvalgte virkemidler
4. Kombination af virkemidler i scenarier
  - Samlet effekt på høst af træ
  - Samlet effekt på kulstoflagring
  - Effekt på energiforsyning
  - Betydning for CO2 regnskabet
5. Sammenfatning og konklusioner
6. Behov for viden/handling



#### 4. Scenarier – produktion & lagring

Virkemidlerne er sammensat i 4 scenarier:

- BAU Drift som nu
- BIO Særlig fokus på biomasseproduktion
- ENV Fokus på miljømæssige forhold
- KOMBI Kombinerer flersidigheden

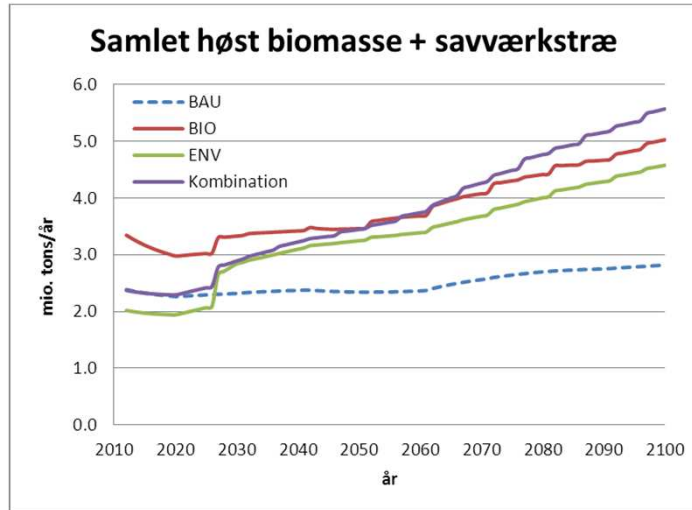


#### Scenarier – virkemidler

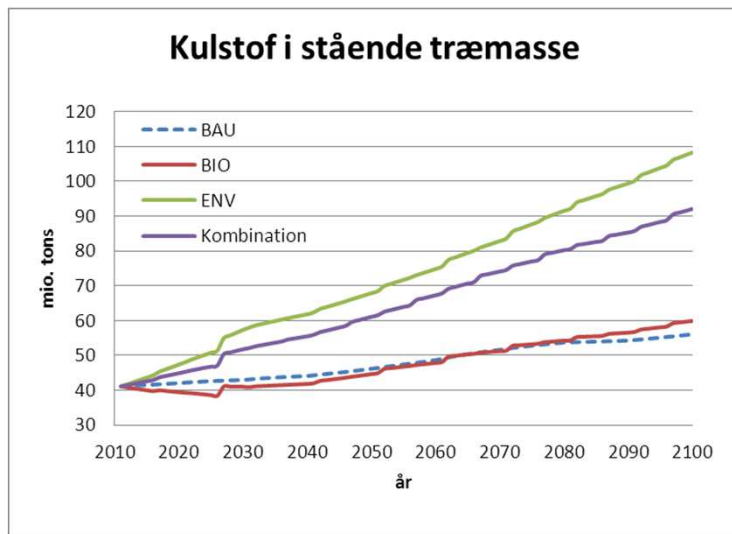
<b>BAU</b>	<b>Uændret drift</b> Som nu, skovrejsning på 1900 ha/år
<b>BIO</b>	<b>Fokus biomasseproduktion.</b> mere nåletræ, stærkere hugst, aflægning biomasse, forædling, skovrejsning 1900 ha/år
<b>ENV</b>	<b>Fokus på miljømæssige forhold</b> mere løvtræ, svagere hugst, længere omdriftstid, mindre aflægning af biomasse i løvtræ, "urørt skov", forædling, skovrejsning 4560 ha/år.
<b>Kombi</b>	<b>Kombinere flersidigheden</b> brug af ammetræer, "urørt skov", aflægning biomasse, intensiv forædling, skovrejsning 4560 ha/år



Scenarier: årlig høst af træ tons tørstof

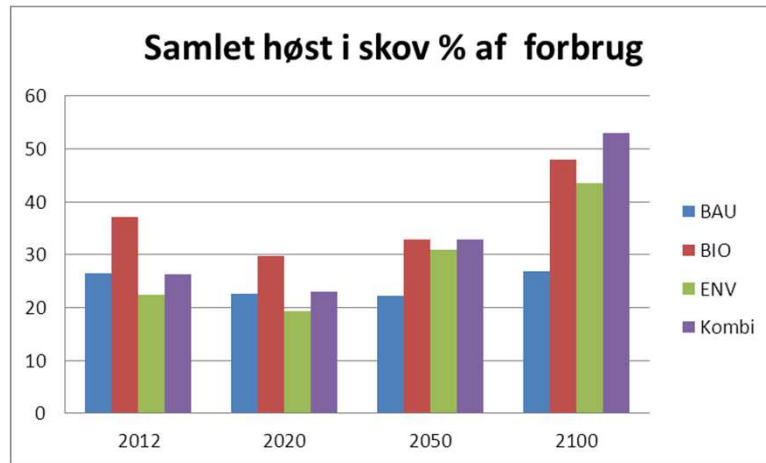


Scenarier: samlet lagring af kulstof i træmasse mio. tons





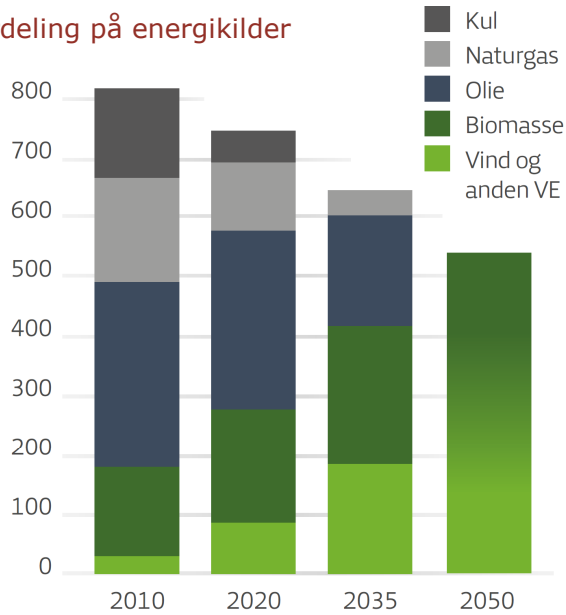
Effekt på høst af træ i procent af forbrug



Energiforbrug og fordeling på energikilder

Vores Energi, Regeringen, November 2011, p 23

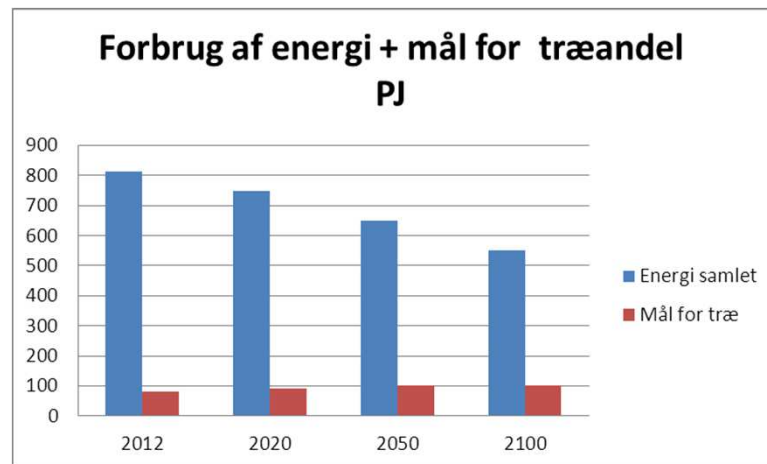
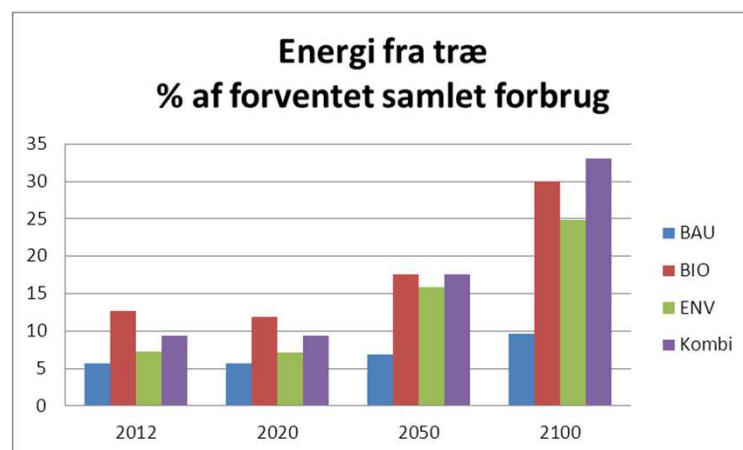
"...allerede i 2020 vil der være sket en betydelig ændring af sammensætning af det samlede danske energiforbrug til fordel for vind og biomasse"



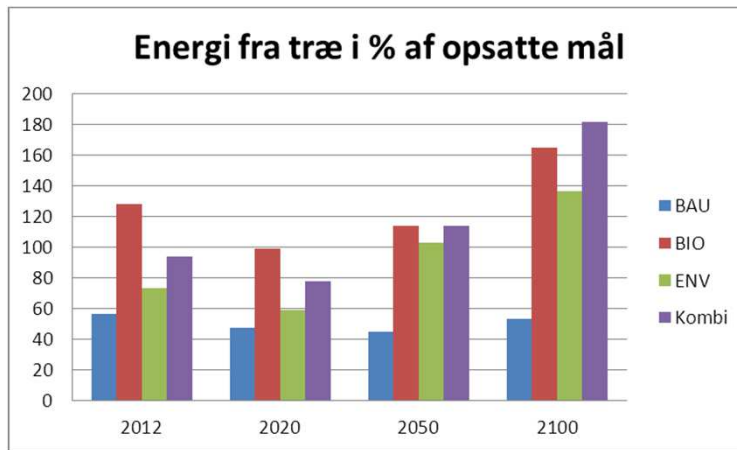
Figur 3.8 Anvendelse af fossile brændsler og VE (PJ)



## Energiforbrug og mål for træ fra danske skove

Effekt på samlet høst af energitræ i danske skove  
– i % af samlet energiforbrug

## Energi fra træ fra danske skove i procent af opstillede energi mål



## Skovens betydning i % af Danmarks CO<sub>2</sub>-udslip (samlet effekt af fortrængning og lagring)

### Samlet årlig effekt af:

- Gavntræ (lager)
- Energitræ (fortrænger)
- Tilvækst i stående træmasse i skoven (lager)
- Tilvækst i rødder i skoven (lager)

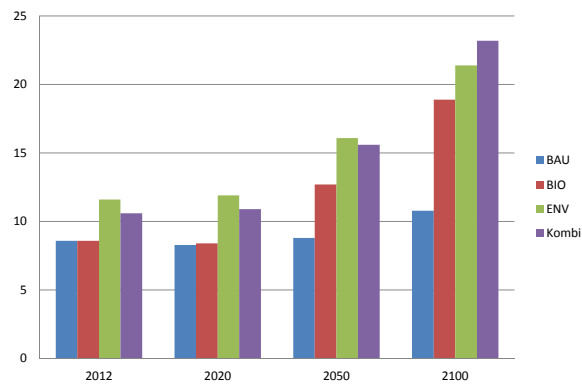
Opgjort i tons tørstof omregnet til CO<sub>2</sub>

Og beregnet i procent af årlig udledning i 55,8 mio. tons (2011)



## Danske skoves samlede CO<sub>2</sub> effekt

Skovens fortrængning + lagring  
i % af CO<sub>2</sub> udslip 2011



## Disposition

1. Formål
2. Træforsyning og forbrug i dag
3. Hvordan kan vi udvide produktionen?
  - Præsentation af virkemidler
4. Kombination af virkemidler i scenarier
  - Samlet effekt på høst af træ
  - Samlet effekt på kulstoflagring
  - Effekt på energiforsyning
  - Betydning for CO<sub>2</sub> regnskabet
5. Sammenfatning og konklusioner
6. Behov for viden/handling



## 5. Sammenfatning/konklusioner

- Muligt at øge produktionen af træ væsentligt
- Bidrage markant til danske energi- og klimamålsætninger
  - Mere vedmasserige og produktive skove er godt for klimaet
- Forudsat høj produktion og klimatilpasning
- Hjemlig produktion eller eksport?
  - Selvforsyning med energi?
  - Det internationale perspektiv – globalt forbrug og produktion
- Flere virkemidler har stor effekt:
  - Skovrejsning såvel som skovdyrkningstiltag er vigtige
  - Kulturmetode og forædling er centrale parametre
- Graden af implementering spiller en afgørende rolle
- Udestående velfærdsøkonomiske spørgsmål



## 6. Sammenfatning/behov for viden-handling

Behov for:

- Klarlægge komplicerede biologiske, driftsmæssige og økonomiske samspil med øvrige forhold som biodiversitet, rekreation, grundvand...
- Samtænke arealanvendelse i Danmark skov og landbrug - også set i international sammenhæng
- Understøtter anbefalinger fra skovpolitisk udvalg (2011) – omsættes til praktisk handling
  - Klimatilpasning
  - Dyrkningssystemer
  - Produktoptimerende drift
  - Forædling/fremavl



### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

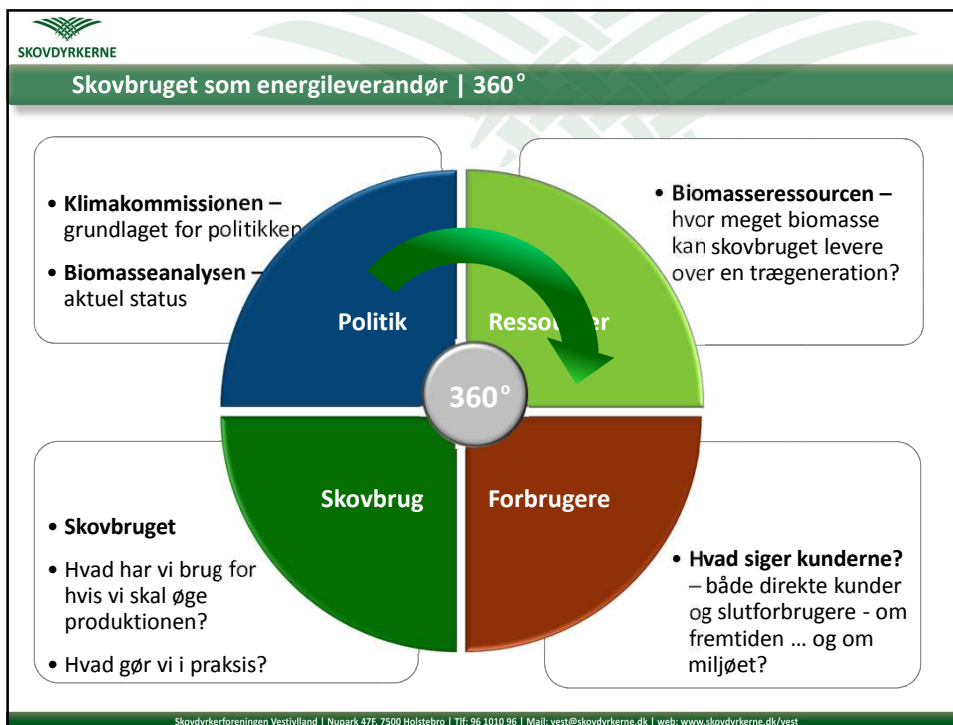
- Fra Klimakommission til energiaftale.
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde.

### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100.

... ordet er frit!

**Frokost ... vi ses igen præcis kl. 12.50!**



**SKOVDYRKERNE**

## Skovbruget som energileverandør | Agenda

Introduktion og program	
Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle	
• Fra Klimakommission til energiaftale.	Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
• Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde.	Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen
Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer	
• Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100.	Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
<b>Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet</b>	
• Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050.	<b>Direktionskonsulent Søren Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme</b>
• Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.	Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab
<b>Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag</b>	
• Produktionsgevinster ved skovtræforædling.	Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
• Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien	Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne
<b>Modul 5: Opsamling og afrunding</b>	
• Afrunding, debat ... og konklusion?	

Skovdyrkerforeningen Vestjylland | Nupark 476, 7500 Holstebro | Tlf: 96 1010 96 | Mail: vest@skovdyrkerne.dk | web: www.skovdyrkerne.dk/vest




## Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050



Søren Schmidt Thomsen

 Dansk Fjernvarme 

### Dansk Fjernvarme

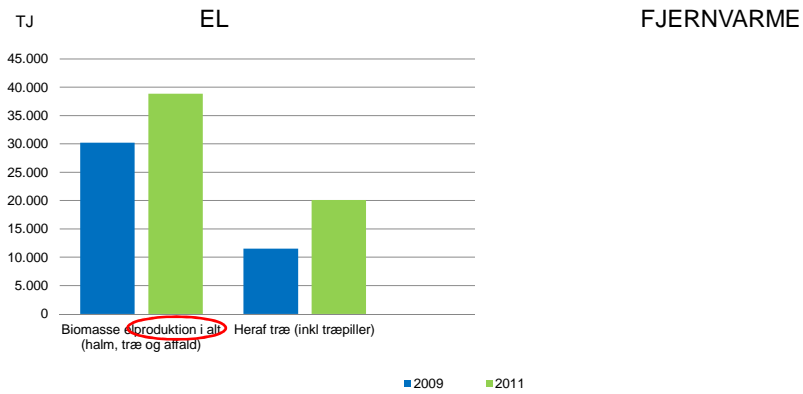
- Brancheorganisation for 408 medlemmer, der leverer 99 % af al dansk fjernvarme til 63 % af alle danske husstande
- 34 offentlige forsyninger
  - Leverer 49 % af al fjernvarme
- 356 andelsselskaber/private
  - Leverer 51 % af al fjernvarme
- Øvrige medlemmer
  - 3 er transmissionselskaber
  - 15 er associerede medlemmer



 Dansk Fjernvarme 



## Biomasse brændselsforbrug til el- og varmeproduktion



2009: ca. 2,1 mio tons træ

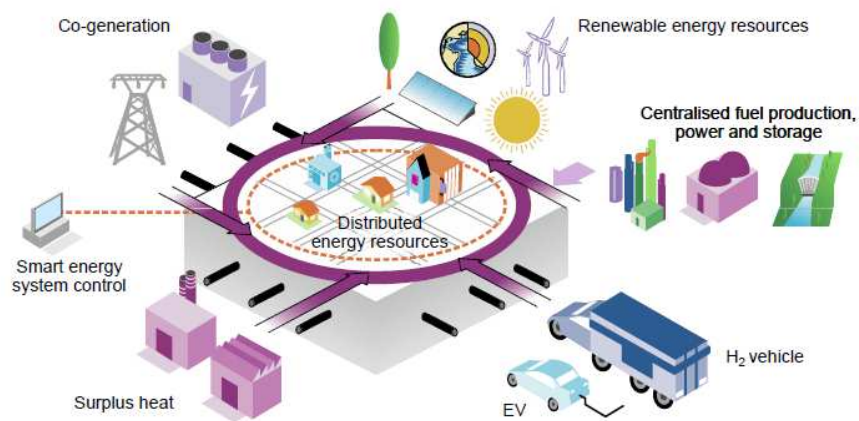
2011: ca. 3,3 mio tons træ

Heraf knapt 1 mio. tons decentral fjernvarme



## A smart, sustainable energy system

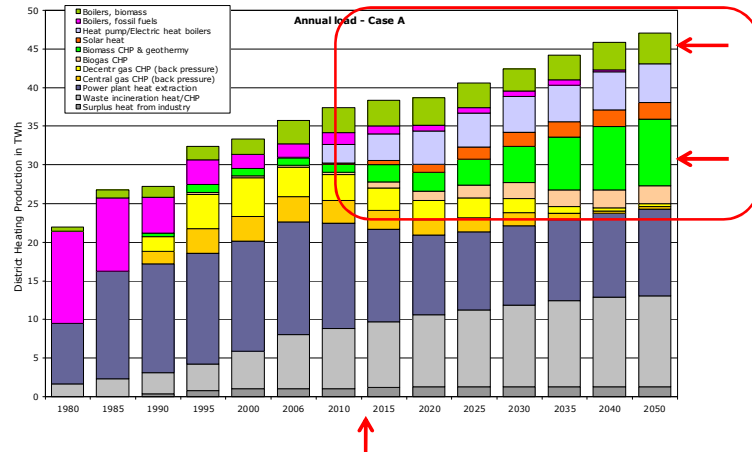
ETP  
2012



*A sustainable energy system is a smarter, more unified and integrated energy system*



## Varmeplan DK 2010 - Fjernvarmens lastfordeling Biomassens rolle



Dansk Fjernvarme **Fjernvarme**

## Heat Roadmap Europe 2050

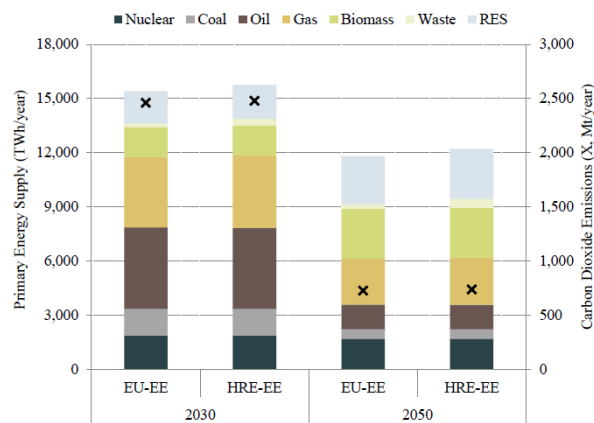
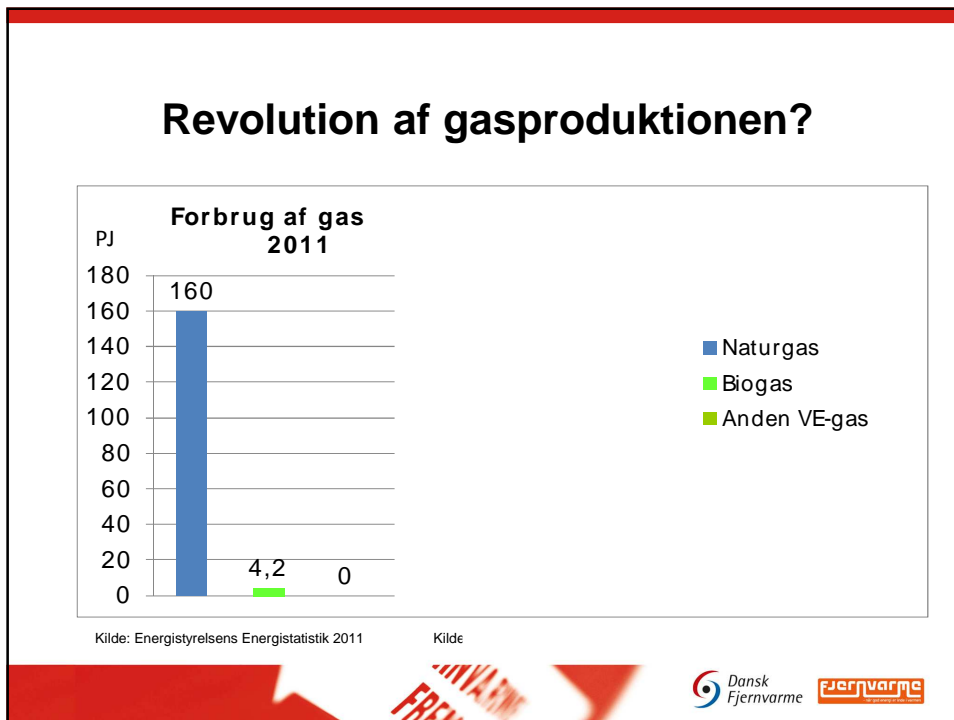
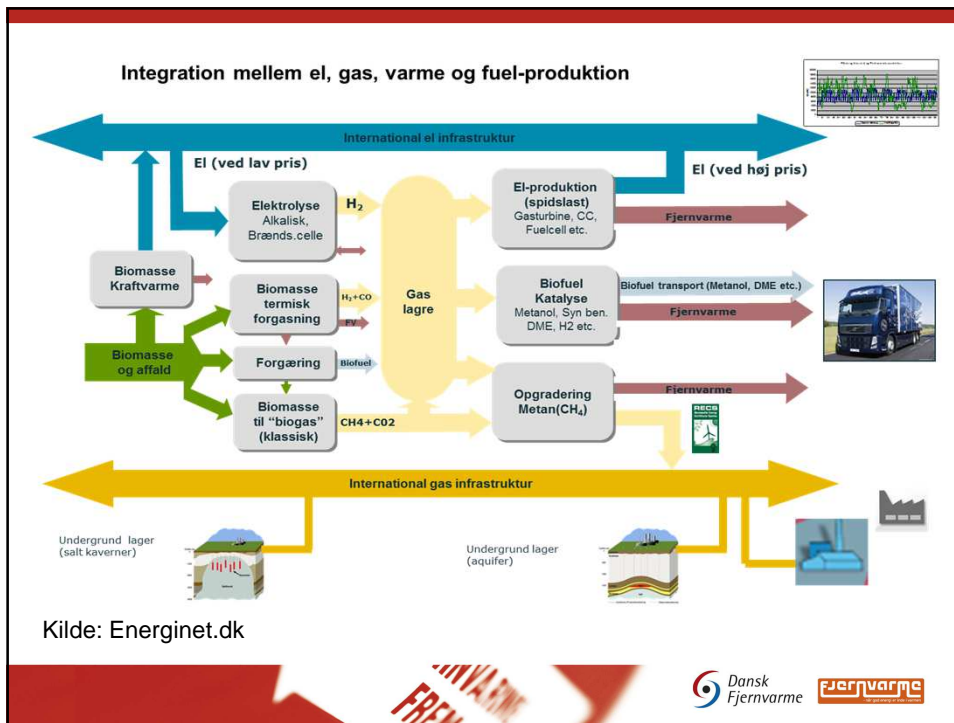


Figure 3: Primary energy supply and carbon dioxide emissions in the Energy Efficiency (EU-EE) and Heat Roadmap Europe (HRE-EE) scenarios for the years 2030 and 2050.

Kilde: Halmstad Universitet, Aalborg Universitet, Ecofys og Plan Energi  
For Euroheat & Power, maj 2013

Dansk Fjernvarme **Fjernvarme**



## Prognose forudsiger underskud af træ i fremtiden

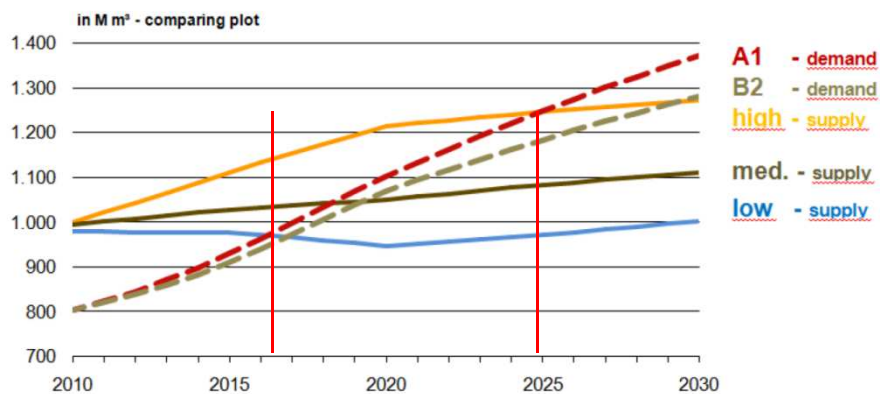


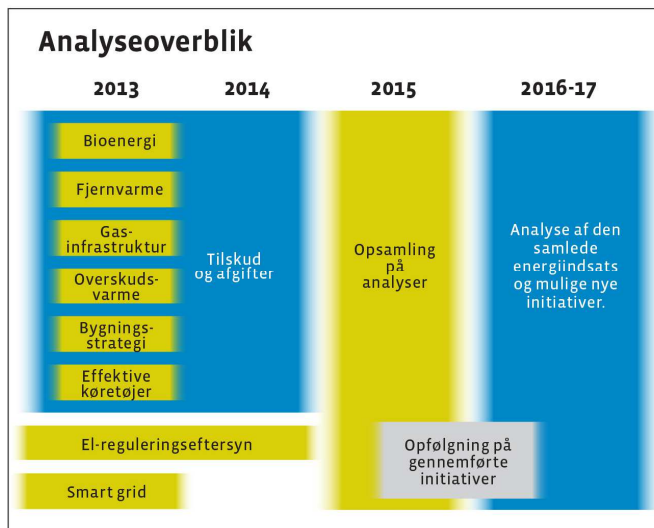
Figure 1-4: Development woody biomass potential demand and potential supply

Source: EUwood 2010

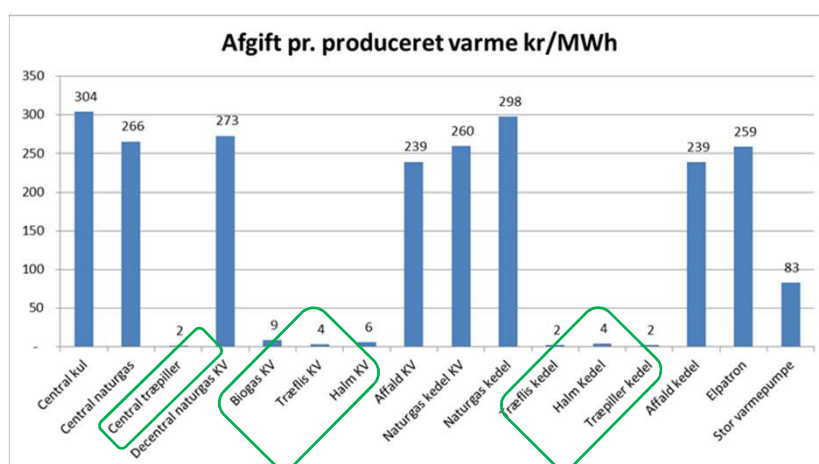
## Overgangsperioden 2013 - 2035

- Hvad er kendt teknologi?
- Hvad er fugle på taget?
- Afskrivningshorisont for nyinvesteringer
- Omkostning pr. produceret energienhed
- Opretholde høj energieffektivitet

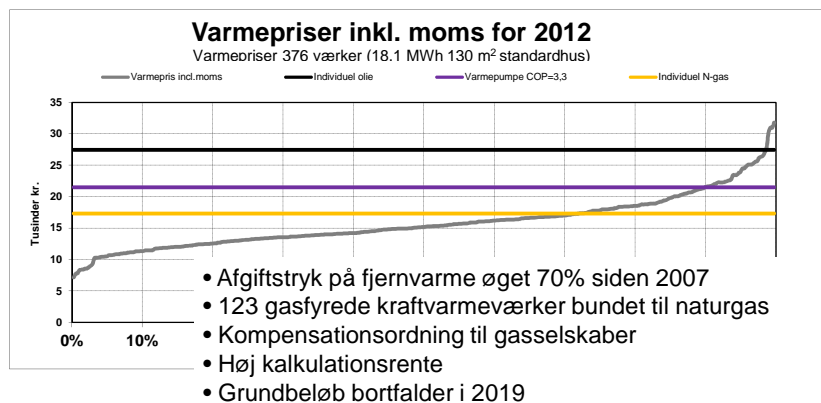
## Analysearbejde



## Rammevilkår - afgifter



## Rammevilkår - konkurrenceevne



## Værkerne anno 2050



### Små fjernvarmeværker

- Lokale biomasseressourcer
- Solvarme
- Elektricitet (Varmepumper og elpatroner)



### Mellemstore fjernvarmeværker

- Kraftvarme baseret på biogas, forgasningsgas eller brint
- Solvarme med sæsonlagring
- Elektricitet (Varmepumper og elpatroner)
- Evt. forgasningsanlæg og/eller brintfremstilling

## Værkerne anno 2050

### Store Fjernvarmeverker



- Udnyttelse af spildenergi fra konvertering af affald og biomasse ved fremstilling af VE-gas, ethanol eller biodiesel
- Salg af VE-gas, ethanol eller biodiesel.
- Forbrænding af restprodukter der ikke længere kan anvendes
- Fremstilling af brint og evt. syntetisk gas ved opsamling af CO<sub>2</sub>
- Brændselsceller og eksisterende varmelager medvirker til øget fleksibilitet
- Geotermi, opsamling af spildvarme fra processer samt fremstilling af køleeffekt

**TAK FOR ORDET!**

## Skovbruget som energileverandør | Agenda

### Introduktion og program

#### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

- Fra Klimakommission til energiaftale. Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen

#### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab

#### Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

Forsker **Niclas Scott Bentsen**,  
Skov og Landskab

#### Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne

#### Modul 5: Opsamling og afrunding

- Afrunding, debat ... og konklusion?



## Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion

Niclas Scott Bentsen  
Skov og Landskabsingeniør, PhD

Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning  
Københavns Universitet





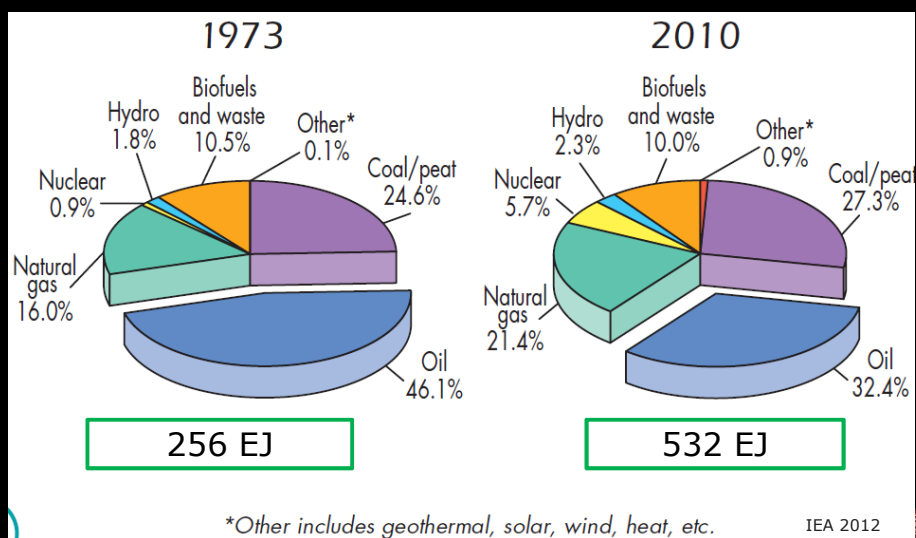
### De centrale spørgsmål

- Er flis CO<sub>2</sub>-neutral?
- Globalt perspektiv (ressourcer, træpiller, andre biomasser)
- Er der forskel i bæredygtighed på dansk produceret skovflis og importerede træpiller?

Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



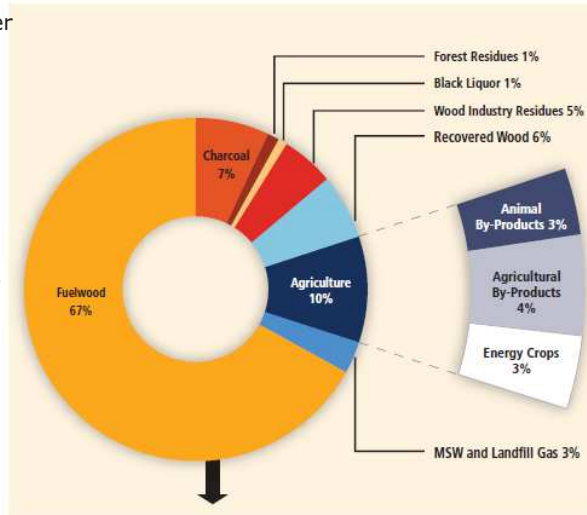
### Verdens energiforbrug fordelt på råvarer



Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013

### Hvor kommer bioenergien fra?

- 87 % fra træ i en eller anden form
- 10 % fra landbrug i en eller anden form
- 3 % fra husholdningsaffald
- Af fraktionen 'Fuelwood' bliver 95 % anvendt i udviklingslande.



Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013

Chum et al. 2011

### Bioenergi i et globalt perspektiv

Forventninger om stærkt øget brug af biomasse til energi både i globale sammenhænge (IPCC) og i EU.

I EU skal biomasse generere 5,7 EJ energi i 2020.

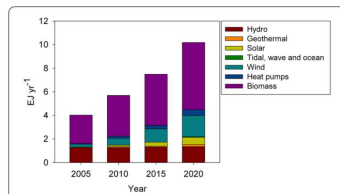
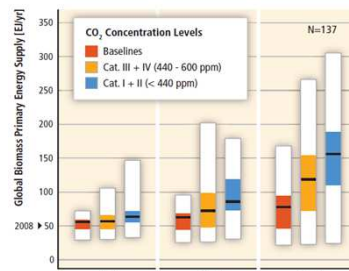


Figure 1 Projections on the stipulated production of energy from renewable resources in the EU27 countries based on national renewable energy action plans [76].



Chum et al. 2011

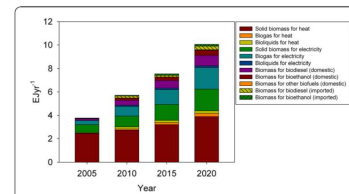


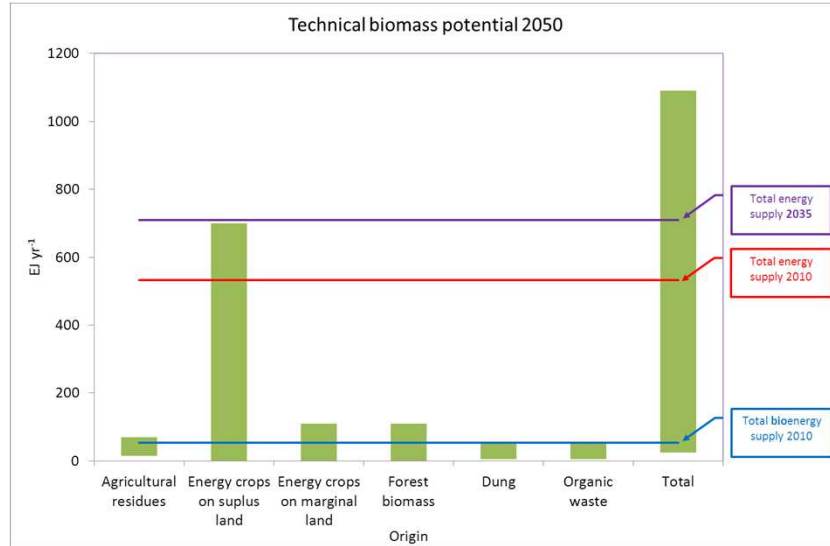
Figure 5 Estimated demand for biomass for energy in the EU27 countries based on national renewable energy projections [76] and reported conversion efficiencies [5,77].

Bentsen et al. 2012

Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



### Er der biomasse nok?

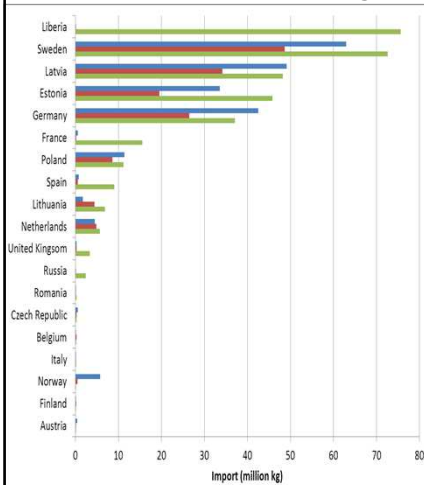


Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013

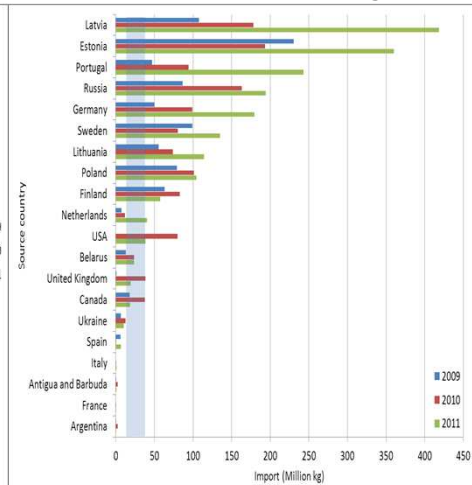
Baseret på: Chum et al. 2011 og IEA 2012

### Selvforsyning eller import?

Import af skovflis  
I alt ca. 600 millioner kg.



Import af træpiller  
I alt ca. 2000 millioner kg.



## Hvad betyder øget efterspørgsel på træ til energi?

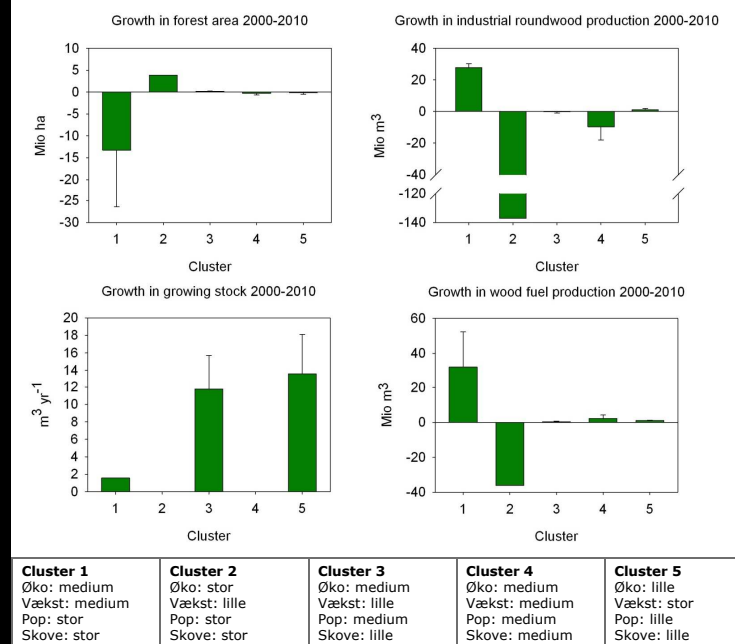
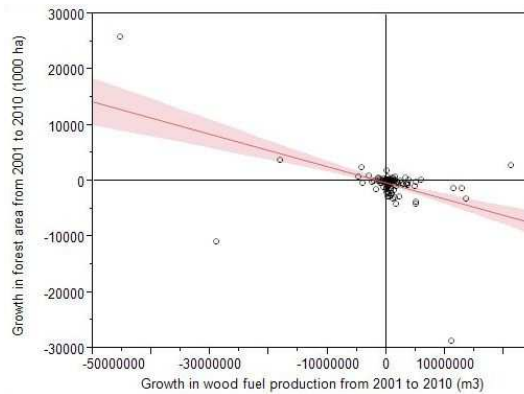
### Det økonomiske argument:

- Øget efterspørgsel bør få skovejernerne til at plante flere træer og mere skov
- F.eks. Sedjo et al. (2012) Does Wood Bioenergy Increase Carbon Stocks in Forests? *Journal of Forestry* **110** (6): 304-311.

### Det økologiske argument:

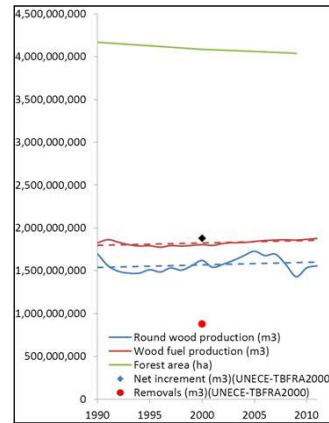
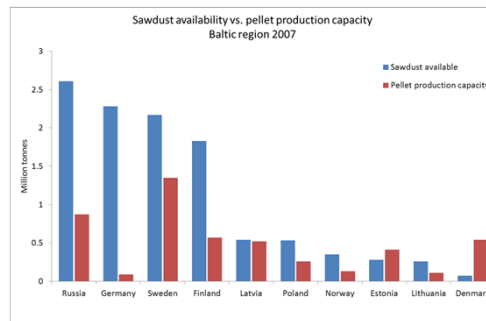
- Øget efterspørgsel vil reducere mængden af træ i skovene eller skovarealet
- F.eks. Schulze et al. (2012) Large-scale bioenergy from additional harvest of forest biomass is neither sustainable nor greenhouse gas neutral. *GCB Bioenergy* **4**(6): 611-616.

Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



## Hvor og hvad skal træpillerne komme fra?

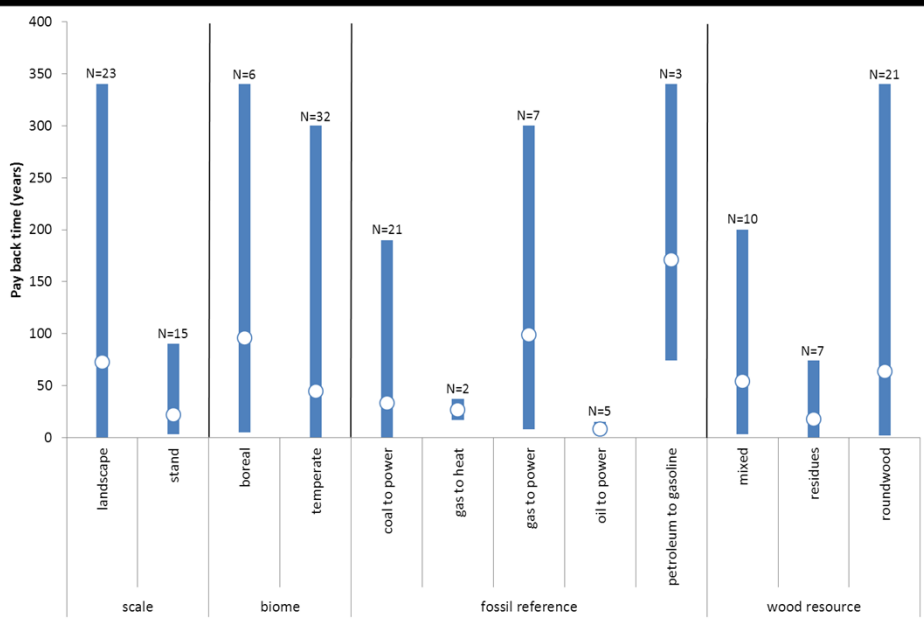
Selvom mængden af træindustriaffald overstiger træpille-produktionskapaciteten er der i stigende grad fokus på alternative ressourcer (rundtræ) pga. træindustriens volatilitet

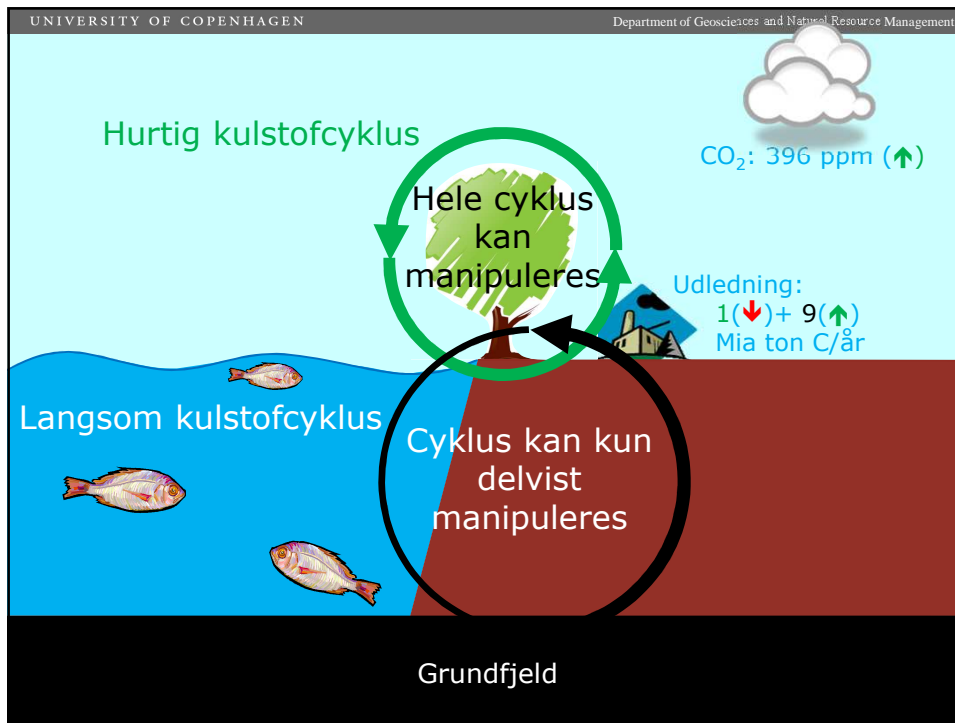


Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



## Kulstoftilbagebetalingstid





UNIVERSITY OF COPENHAGEN Department of Geosciences and Natural Resource Management

### Hvorfor så anvende træ til energi i bæredygtighedens navn?

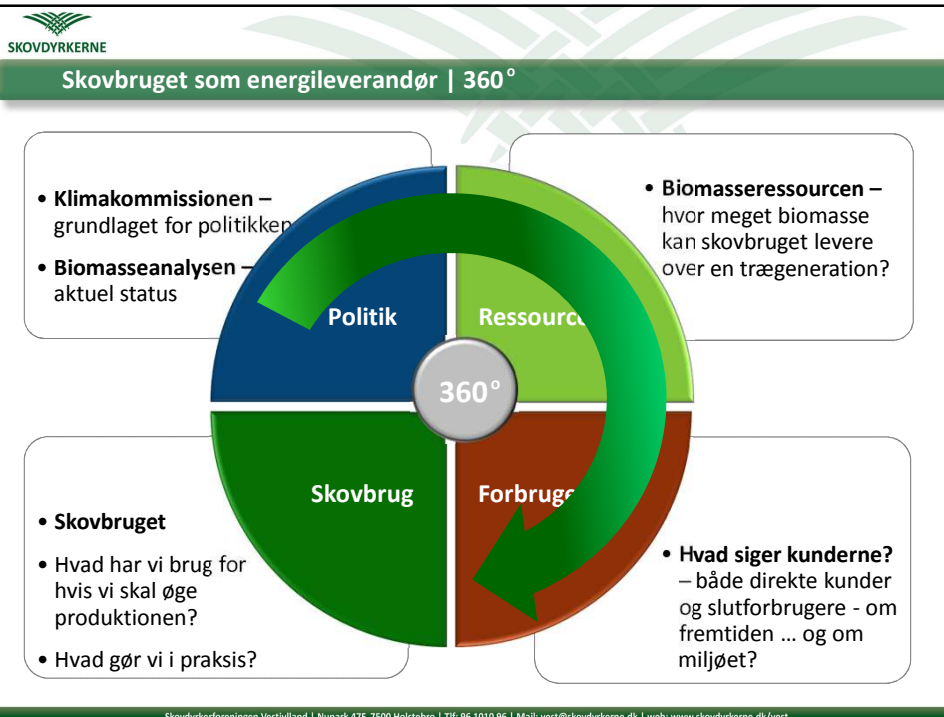
På den ene side...	På den anden side...
Træ er ikke CO <sub>2</sub> -neutral	Træ (og anden biomasse) hører hjemme i den manipulerbare kulstofcyklus
Verdens skovareal er vigende	Hvad er en rimelig CO <sub>2</sub> tilbagebetalingstid?
Vind og sol er mere CO <sub>2</sub> -neutrale	Bioenergi giver en masse valgmuligheder - også dårlige valgmuligheder. Faglig kompetent forvaltning kan sikre både skove og produktion
	Energisystemet har brug for energilagring og biomasse er en solfanger med batteri. Skov er et særligt stort batteri.

Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



Spørgsmål?

Skovbruget som energileverandør 30 Maj 2013



### Introduktion og program

#### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

- Fra Klimakommission til energiaftale. Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen

#### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab

#### Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab

#### Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien

Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne

#### Modul 5: Opsamling og afrunding

- Afrunding, debat ... og konklusion?



## Produktionsgevinster ved skovtræforædling

### Hvad kan skovtræforædlingen bidrage med?

Konference "Skovbruget som energileverandør", modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning, Holstebro den 30. maj 2013

Ved  
**Ulrik Braüner Nielsen og Lars Graudal**



## Disposition

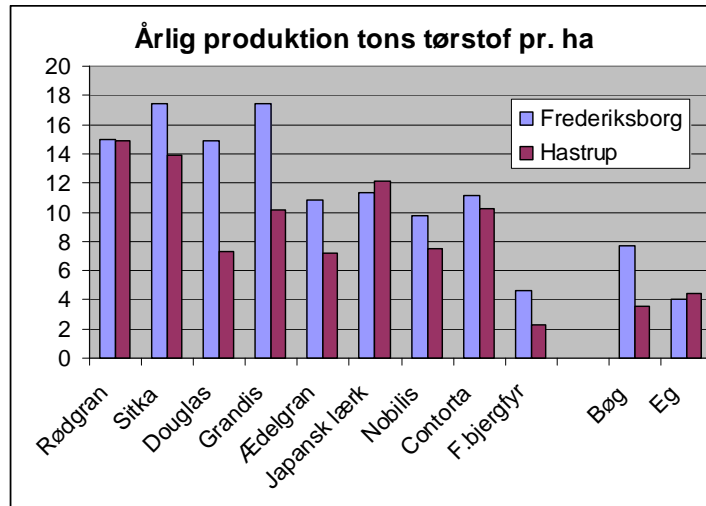
1. Hvad er potentialet? Produktionsniveauer
  - Træartsforsøgene
  - Skov vs. landbrug
2. Forædling – overblik
  - Historie + skønnede gevinster + ressourcen
3. Forædling "lavt hængende frugter"- konkrete eksempler
  - Sitka
  - Rødgran – ja muligt
  - Grandis – provenienser - biotek
  - Poppel - klonvalg
  - Lærk
4. Sammenfatning – perspektiver og udviklingsbehov



# 1. Potentiale? Produktionniveauer



## Træartsforsøg – status 43 år total stamme- og grenmasse (over jord)



Foreløbige resultater

Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet

### Mange faktorer!

Lokalitet  
Træart  
Omdriftstid

Træartsforsøgene vil bidrage med mere viden !

**Produktionsniveauer – tons tørstof årligt pr. ha****Skov** (forsøg)

<b>Sitka, grandis, douglas</b>	<b>&lt;18</b>
<b>Rødgran</b>	<b>&lt;14</b>
<b>Bøg-eg</b>	<b>&lt; 8</b>
<b>Poppel (OP42)</b>	<b>&lt;13</b>

**Landbrug**

(statistikbanken)

<b>Hvede kerne+halm</b>	<b>10</b>
<b>Majs</b>	<b>12</b>
<b>Roer</b>	<b>14</b>

(forsøg)

<b>Roer (elitelinier)</b>	<b>22+4 (rod+top)</b>
<b>Miscanthus</b>	<b>&lt;13</b>



Nielsen UB, Møller IS, Ingerslev M 2013: Afgrøders produktionspotentiale og miljøvenlighed. Arbejdsnotat

**Produktionsniveauer – tons tørstof årligt pr. ha****Skov** (forsøg)

<b>Sitka, grandis, douglas</b>	<b>&lt;18</b>
<b>Rødgran</b>	<b>&lt;14</b>
<b>Bøg-eg</b>	<b>&lt; 8</b>
<b>Poppel (OP42)</b>	<b>&lt;13</b>

**INGEN HJÆLPESTOFFER****Landbrug**

(statistikbanken)

<b>Hvede kerne+halm</b>	<b>10</b>
<b>Majs</b>	<b>12</b>
<b>Roer</b>	<b>14</b>

(forsøg)

<b>Roer (elitelinier)</b>	<b>22+4 (rod+top)</b>
<b>Miscanthus</b>	<b>&lt;13</b>

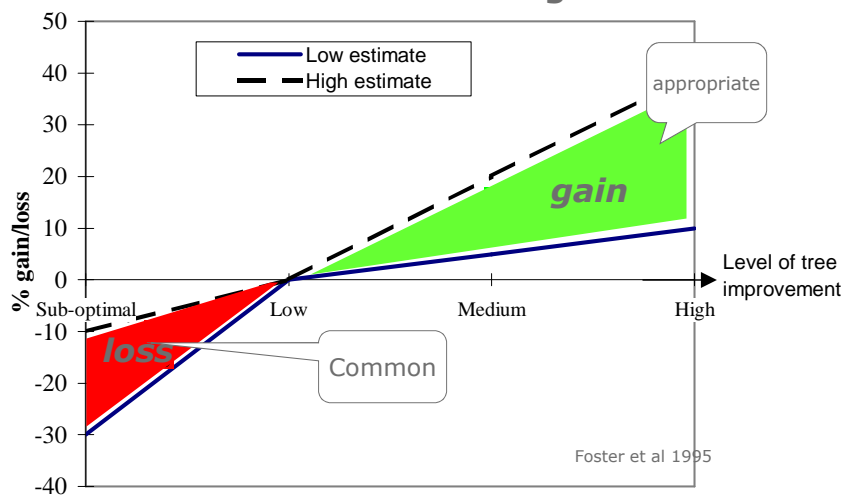
**168 kg N, 20 kg P og 83 kg K,  
1.83 KG VIRKSOMT STOF**

Nielsen UB, Møller IS, Ingerslev M 2013: Afgrøders produktionspotentiale og miljøvenlighed. Arbejdsnotat

## 2. Forædling - overblik



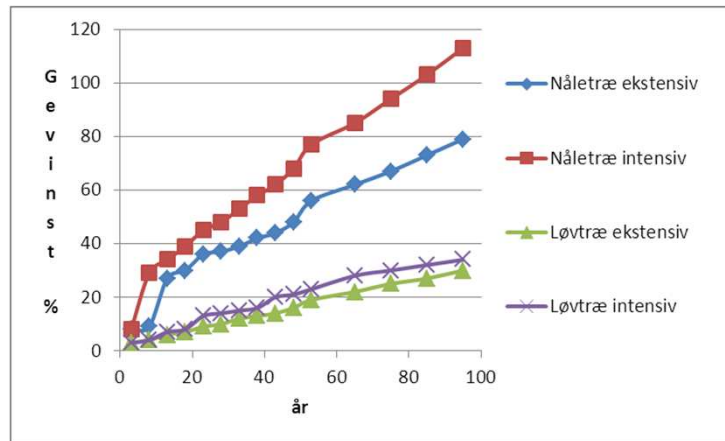
### Gevinster ved forædling



Possible gain from the first cycle of tree improvement based on realised experience (vol. prod.)



## Skøn for mulige forædlingsgevinster – produktion



Kilde: Hansen, Jk, Nielsen UB og Graudal L 2013 - Analyse af muligheder for at øge biomasseproduktionen fra de danske skove gennem forædling. Arbejdsnotat



## Store forædlingsmuligheder også i skovtræer



## Store forædlingsmuligheder også i skovtræer



1) Dårlig nyhed: Forædling tager lang tid  
+30 år



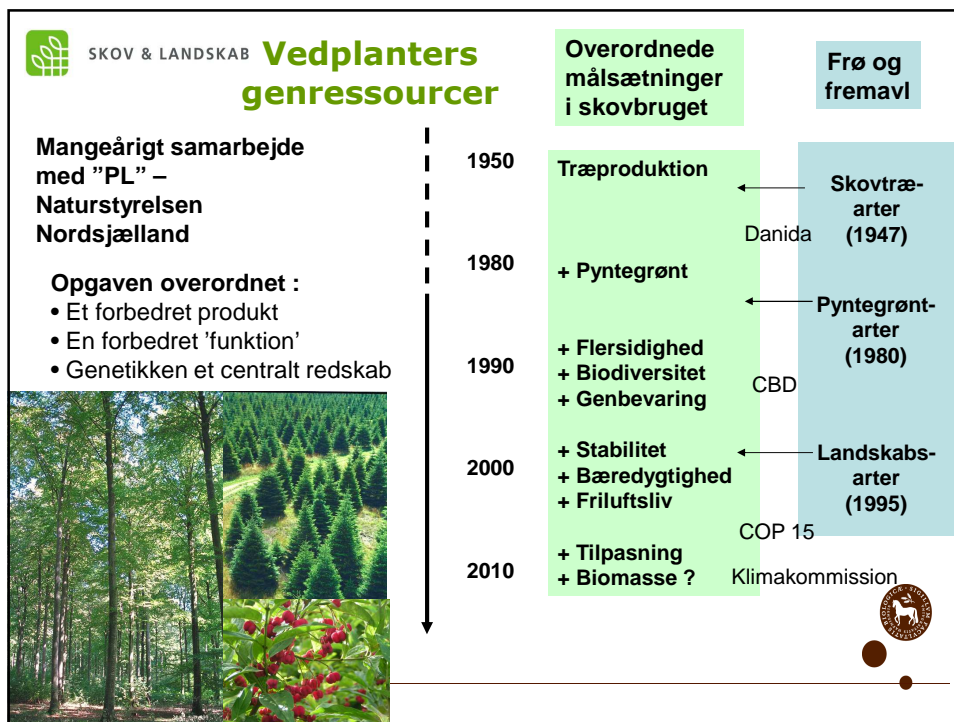
## Store forædlingsmuligheder også i skovtræer



1) Dårlig nyhed: Forædling tager lang tid  
+30 år

2) Gode nyhed: vi har været i gang i  
+40 år





KØBENHAVNS UNIVERSITET Institut for Geovidenskab og Naturforvaltning

## Skovtræforædling "hvad har vi på lager – endnu"

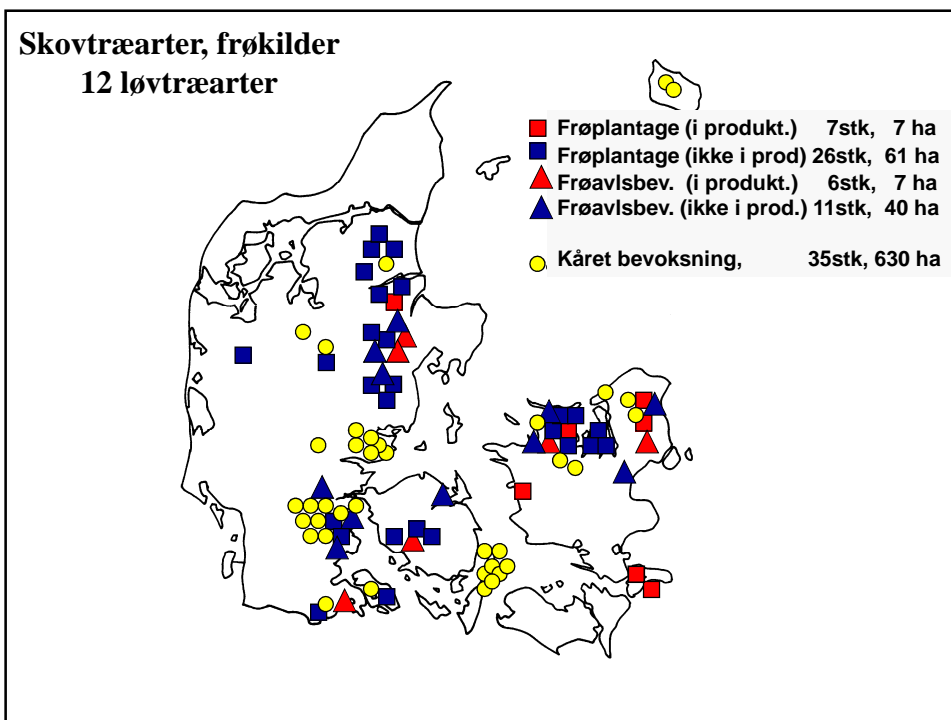
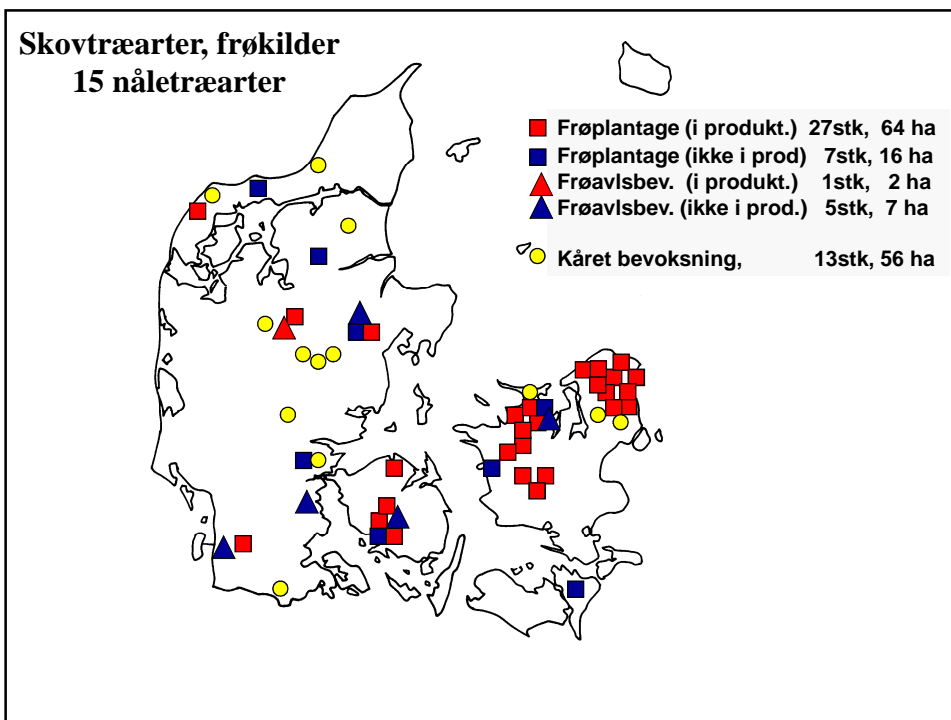
**I. Skovtræforædling i regi af Arboretet:**

Rødgran	1969-2005 *
Sitkagran	1969-2005 *
Hybridlærk	1957-1990 *
Douglas	1994-
Ædelgranarter	1992-
Eg	1998-
Øvrige løvtræ/buske	1995-

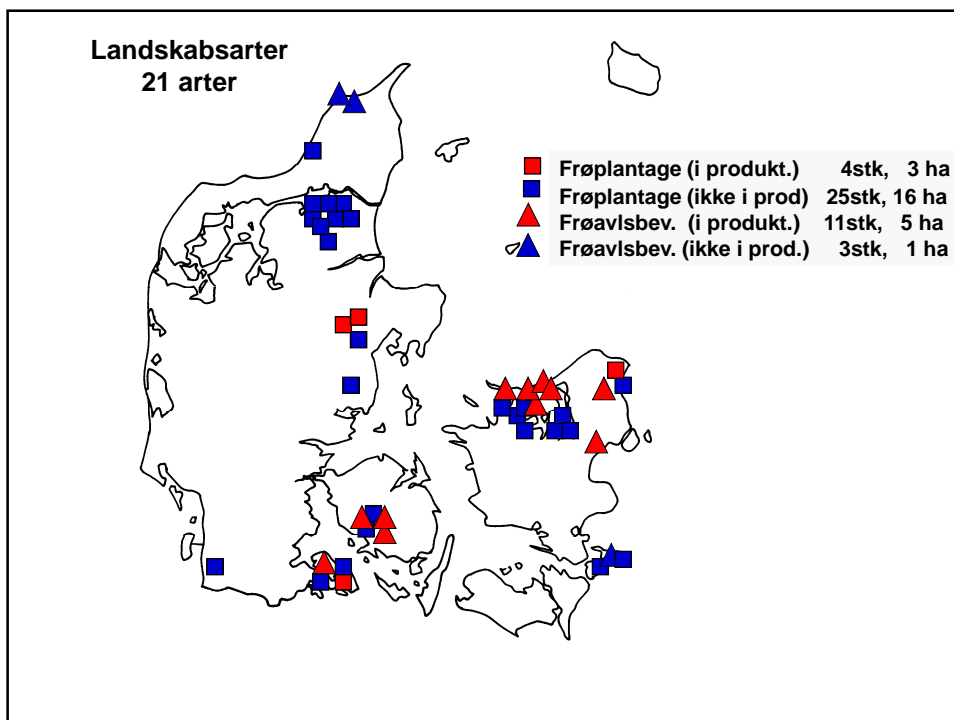
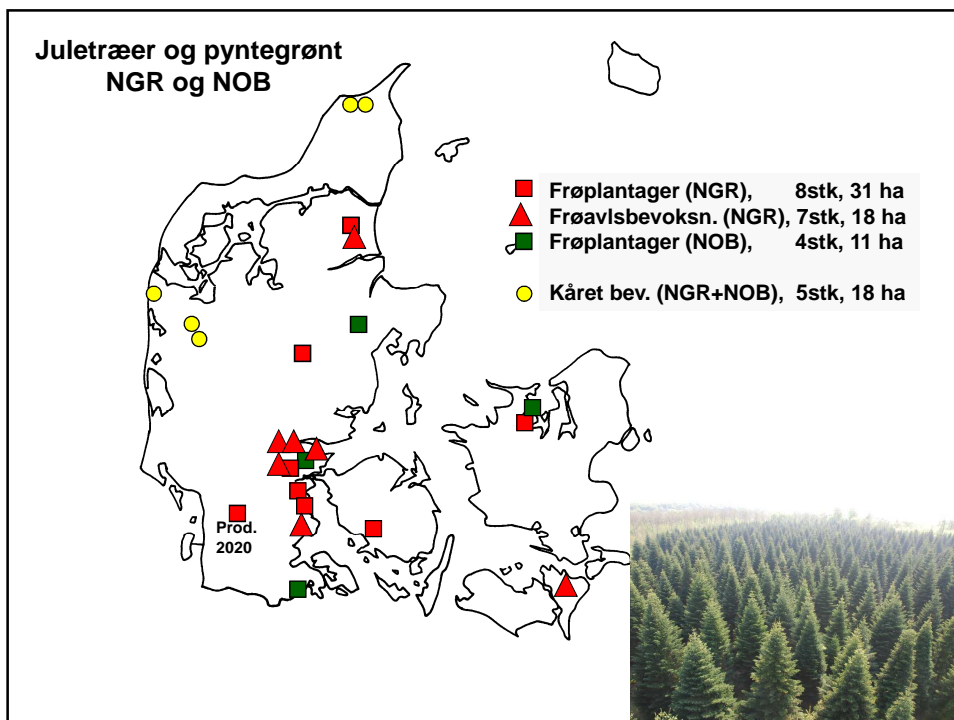
\* ) Politiske/økonomiske prioriteringer har gjort, at forædlingen har været udført med varierende intensitet – men samlingerne er søgt vedligeholdt i forsøg og klonarkiver)

**II. Fremavispakke i regi af Naturstyrelsen – frøplantager**









## Værdi-skabelse i skove og plantninger ved brug af forbedret frø (eksempler)

### Rødgran:

Økonomiske analyser af forædlingsprogrammer. Betydelige forædlingsgevinster, under 'stabile' forudsætninger

### Bøg:

Forskel i hugstværdis på mere end 100.000 kr/ha mellem bedste og dårligste proveniens i forsøg

### Nordmannsgran:

Forædlet frø giver 10-15% større udbytte af juletræer. Merværdien for juletræsdyrkeren er 30-50.000 kr/ha diskonteret til anlægstidspunktet (ved 5% rente)

### Tidlige udbytter (ammetræer):

Betydelig gevinst ved kombination med forædling. Måske basis for mere intensive kulturer

**Betydelig værdi-skabelse, men vi mangler gode analyser**

## Store udfordringer

### Kompliceret samspil:

Klima ændringer (vind, nedbør, temperatur, fluktuationer)

Træernes tilpassethed/tilpasningsevne – produktionspotentiale

Nye skadevoldere

Nye skader forårsaget af gamle kendinge

Værdisætning



## Hvor kan vi bidrage med størst effekt – hurtigst?

Hvor der er:

- Høj plantningshyppighed
- Kort rotation
- Store arealer

⇒ Nåletræer (sitka, grandis og douglas)

⇒ Ammetræer (typisk lærk, el, poppel)

⇒ Forkultur, hugstfølgehensyn, "lappe huller" (poppel)

⇒ Skovrejsning "her plantes eller sås alt"

**Udnytte eksisterende materiale fra Arboretets forædling**



## Virkemiddel: Forædling

Udvælgelse af bedre plantemateriale med større produktion, sundhed og klimatilpasning:

- 1) Frøplantager
- 2) Frøplantager og stiklingeformering mv. - intensiv

### 1) Ændringer i 2050

**Høst** 1 %  
**Tilvækst** 5 %  
**Kulstof** 1 %

### 2) Ændringer i 2050

**Høst** 3 %  
**Tilvækst** 8 %  
**Kulstof** 2 %

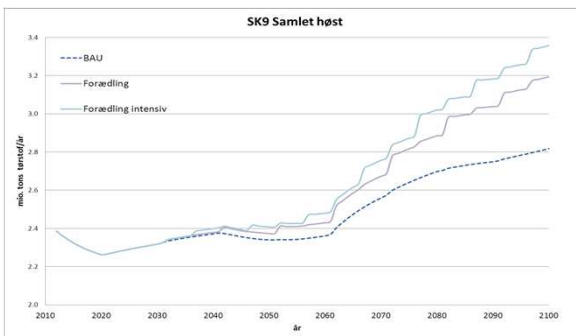
### 2) Ændringer i 2100

**Høst** 19 %  
**Tilvækst** 29 %  
**Kulstof** 14 %



effekt ses mest på lang sigt

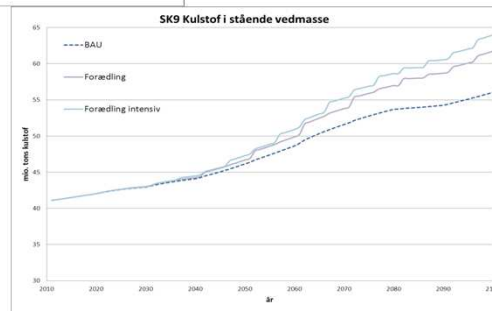




**Virkemiddel:  
Forædling**

Udvælgelse af bedre plantemateriale med større produktion, sundhed og klimatilpasning:

- 1) Frøplantager
- 2) Frøplantager og stiklingeformering mv. - intensiv



### Kombinationer med forædling

Implementeres ved plantning + fremmes af hurtig omdrift  
= ammetræer og skovrejsning

**Forædling + ammetræer** (inkl. Skovrejsning 1900 ha/år)

#### Ændringer i 2050

**Høst 19%**  
**Tilvækst 21%**  
**Kulstof 10%**

**Forædling + skovrejsning 4560 ha/år**

#### Ændringer i 2050

**Høst 10%**  
**Tilvækst 23%**  
**Kulstof 10%**



## 3. Forædling – eksempler



### Forbedret materiale (til bioenergi) - udnytte eksisterende viden/materiale

- 1. Her og nu**  
Krydsning af de bedste og vegetativ forering  
Planter >5 år
- 2. Nye frøplantager > 7-10 år**  
Podning af de bedste træer  
Planter >10 år
- 3. Forædling vha. biotek**  
Identificering bedste træer + podning/opformering  
Planter >15 år



## Her og Nu: "elite-materiale"

### A . Forudsætter kendte avlsværdier ønskede egenskaber:

ex. sitkagran + rødgran  
frøbærende træer

### B . Krydsning af de bedste:

Top 4 træer		Pollen			
	#	V1	V2	V3	V4
Moder	V1		x	x	x
	V2			x	x
	V3				x
	V4				

### C. Opformering:

- I. Stiklingeformering
- II. Vævskultur/mikroformering (somatisk embryogenese)
- III. Frøplantage

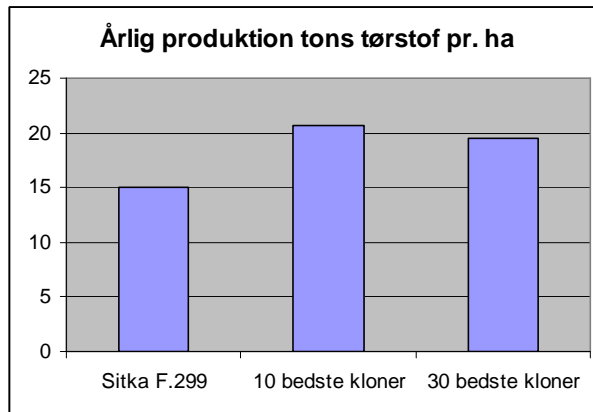


## Eksempel - Sitkagran



## Sitkagran – udvalgt materiale

Gevinst ved dyrkning af de bedste biomasse kloner  
samlet pulje på +800 klontestede plustræer



Baseret på afprøvning af 253 kloner fra  
proveniensen F.299 Rye Nørskov. –  
estimeret ved omdrift på 40 år.

**Foreløbige resultater**



## Eksempel *Abies grandis*

Udvalg af plustræer i eksisterende proveniensforsøg

Baggrund

- Store forskelle mellem provenienser og konsistens i rangfølge mellem provenienser i danske og nordtyske serier

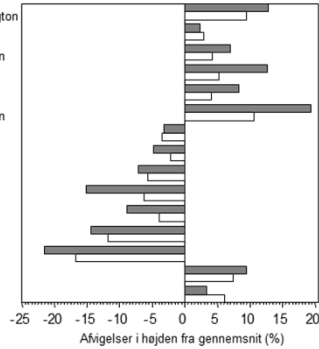


## Abies grandis

IUFRO

nr. Proveniensi

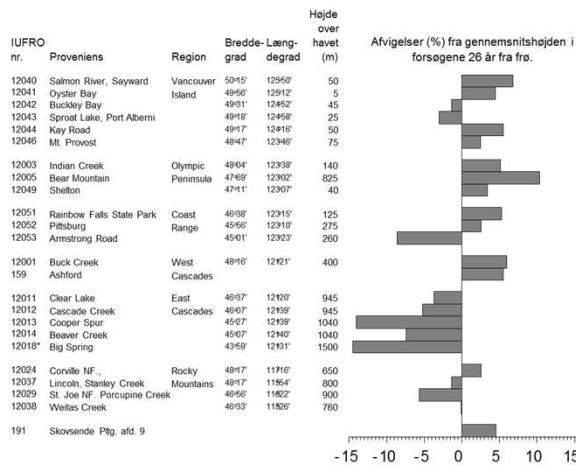
- 12167 Darrington, seed zone 403, W. Casc., Washington
- 12001 Buck Creek, W. Casc., Washington
- 12168 Poulsbo, seed zone 212, W. Casc., Washington
- 12003 Indian Creek, Olympic peninsula, Washington
- 12004 Gardiner, Olympic peninsula, Washington
- 12005 Bear Mountain, Olympic peninsula, Washington
- 12009 Cougar Flats, East Casc., Washington
- 12011 Clear Lake, East Casc., Washington
- 12012 Cascade Creek, East Casc., Washington
- 12013 Cooper Spur, East Casc., Oregon
- 12014 Beaver Creek, East Casc., Oregon
- 12018 Big Spring, East Casc., Oregon
- 12021 Whisky Creek, Casc., Oregon\*
- 12036 Frijsenborg, F. 364, Danmark
- 12169 Frijsenborg, afd. 307, Danmark



Proveniensaafigelser i højde fra gennemsnit (%) i hhv. 1991 (mørk) og 2003 (lys).



## Abies grandis



Selektion af bedste træer i bedste provenienser - Darrington, Bear Mountain, Indian Creek, Frijsenborg





## Eksempel *Abies grandis*

Udvalg af plustræer i eksisterende proveniensforsøg

Baggrund

- Store forskelle mellem provenienser og konsistens i rangfølge mellem provenienser i danske og nordtyske serier

Udvalgsriterier

- Vækst
- Densitet
- Stammerethed

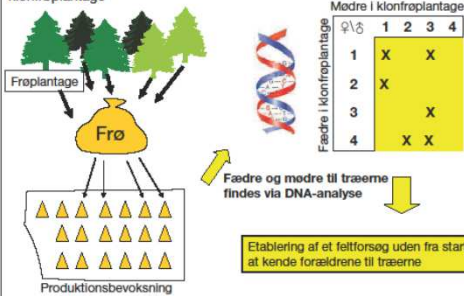
Højpodning på nordmannsgran i klonfrøplantage (HedeDanmark)



## Forædling med biotek: *Grandis*

### Princippet i ny metode til anlæggelse af feltforsøg

Produktionsbevoksning anlagt med et kommercielt frøparti fra en klonfrøplantage



Figur 2. Princippet i den nye måde at anlægge feltforsøg (linseforsøg). Træerne i en juletræbevoksning baseret på frø fra en klonfrøplantage analyseres via DNA-markører, og forældrene til de enkelte træer identificeres.

### Forudsætter:

Afgrænset moderbevoksning  
- helst frøplantage  
Effektive markører  
Produktionsbevoksninger

### Gevinst:

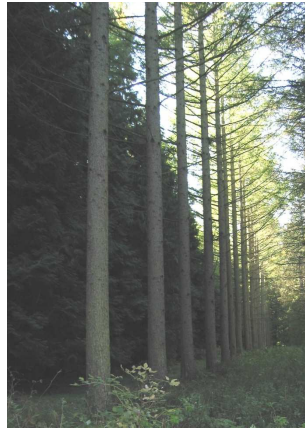
Hurtige avlsværdier  
Fleksibel

### Tidshorisont:

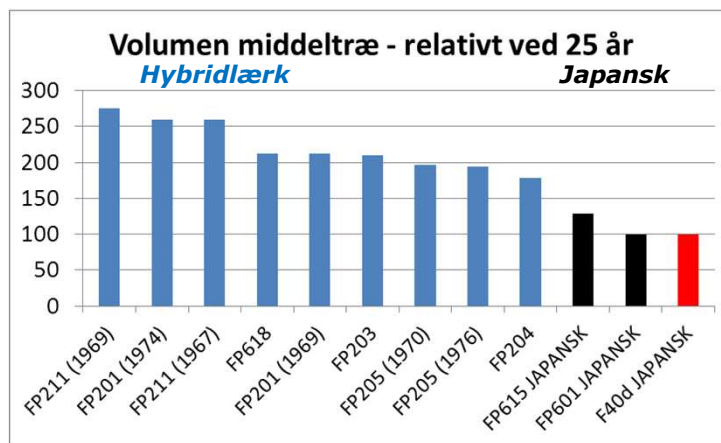
Podet frøplantage – 10 år  
Planter ca. 10-15 år



## Eksempel - Lærk



## Hybridlærk vs. japansk lærk



FP=frøplantage F=kåret bevoksning

Efter Roulund 2007, Skoven nr. 2, 88-93



## Eksempel - poppel



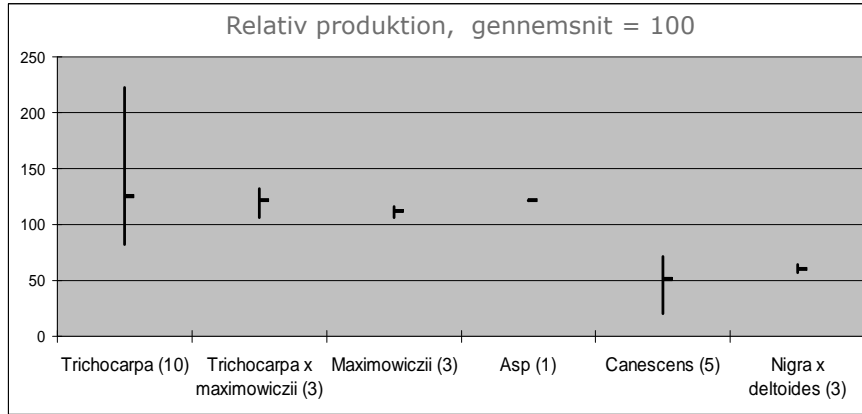
## Danske erfaringer med POPPEL



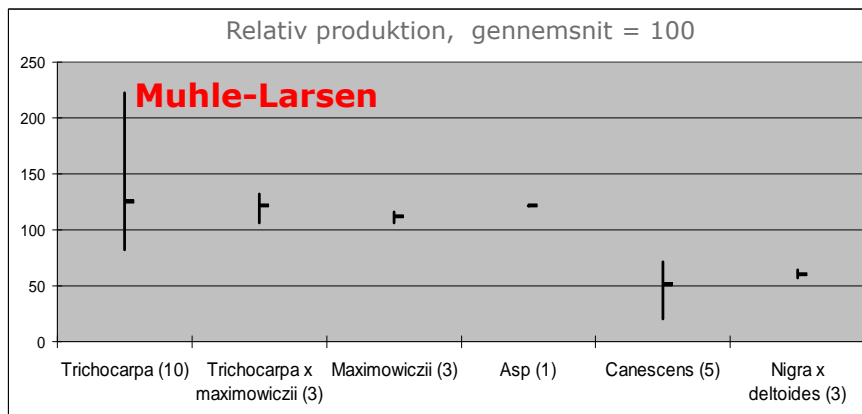
- Ældre forsøg Hammer Bakker  
1971-1988
- Toftlund/Skave  
1991-1994



### Hammer Bakker 1971-1988



### Hammer Bakker 1971-1988



## Bedste kloner

### Lokaliteten:

- Tidligere landbrugsareal
- Sandet morænejord

### Bedste klon: Muhle-Larsen

- Balsampoppel "ren" *Populus trichocarpa*
- Kan få barkrevner pga. hurtig vækst

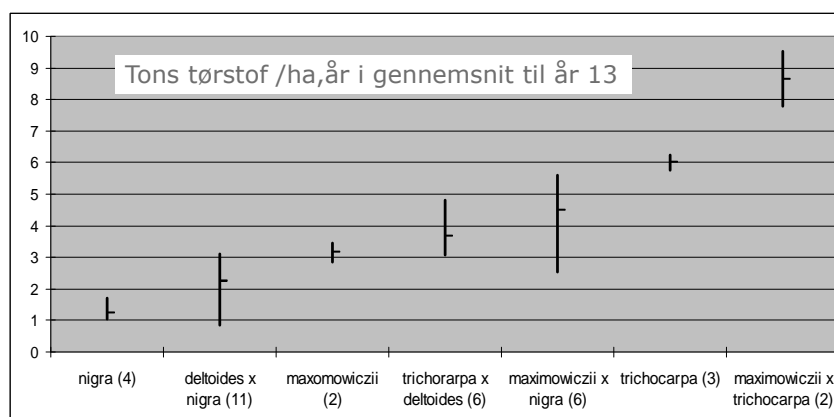
### Andre:

- Brühl – tysk klonblanding (især 1 og 8) "ren" *trichocarpa*
- Triploid asp: *Astria*

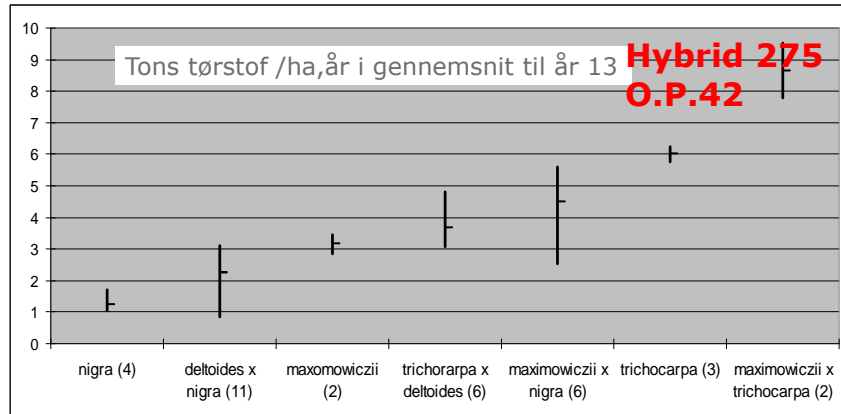
Kilde: Nielsen 1988



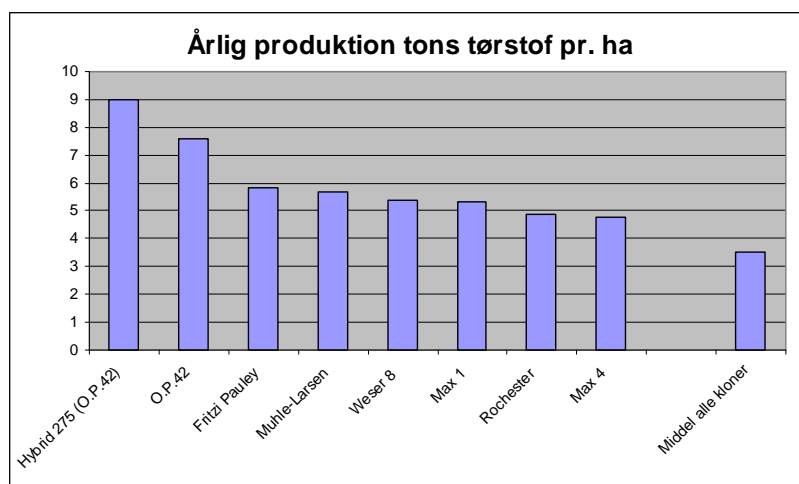
## Toftlund/Skave – to sandjorder



### Toftlund/Skave – to sandjorder



### De bedste kloner – to sandjorder



Foreløbige resultater

### Sammenfatning poppel

- Behov for flere kloner – for stor risiko med få kloner
- Afprøvet materiale er det sikreste (men tager tid!)
- OP42/Hybrid 275 bedst i to seneste IGN forsøg (lettere jord)
- Nye afprøvninger med fokus på *P. trichocarpa* og "OP42" hybridtyper



## 4. Sammenfatning

Store perspektiver i fortsat forædling

- Behov for 'genoplivning' og iværksættelse af 2-3 generationsforædling med fokus på produktion og tilpasning

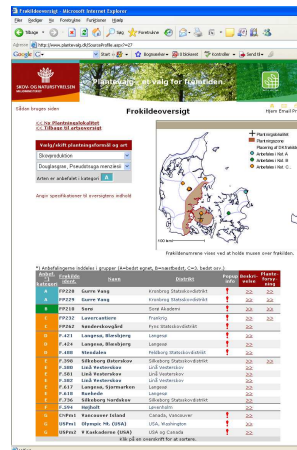
Flere lavthængende frugter der kan høstes

Beredskab og løbende justering i forhold til klima og skadevoldere

Bringe det forbedrede frø i anvendelse:

- Oplysning (f.eks. Plantevalg.dk)
- Økonomiske incitamenter
- Samarbejde

Finansiering og kontinuitet – er afgørende



## Også et finansieringsaspekt



## Skovbruget som energileverandør | Agenda

### Introduktion og program

#### Modul 1: Politiske rammebetingelser og biomassens rolle

- Fra Klimakommission til energiaftale. Prof. Katherine Richardson, Københavns Universitet
- Biomasseanalysen - grundlaget for det videre politiske arbejde. Chefkonsulent Jacob Møller, Energistyrelsen

#### Modul 2: Fremtidens biomasseressourcer

- Biomasseressourcen fra skovbruget 2010-2100. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab

#### Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050. Schmidt Thomsen, Dansk Fjernvarme
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

Forsker Niclas Scott Bentsen, Skov og Landskab

#### Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling. Forskningschef Lars Graudal, Skov og Landskab
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien  
Skovrider Michael Gehlert, Skovdyrkerne

#### Modul 5: Opsamling og afrunding

- Afrunding, debat ... og konklusion?



**Agenda:**

- Dyrkningssystemer med mere energi:
  - Energiskov
  - Biomasseoptimeret skovdyrkning
- Principper for biomasseoptimering
- Træarter til energiformål
- Hvor store produktionsgevinster kan vi forvente?
- Kulturmodeller og faldgruber
- Skovejerens bundlinie



**Energiskov:**

- Pil og poppel.
- Vellykkede anlæg imponerer med betydelig tørstofproduktion.
- Dyrkningssystemer (plantetal, rotationstid) bestemt af tilskud ... som igen er meget bestemmende for aktiviteten.
- Omfang ca. 5.000-6.000 ha landbrugsjord er tilplantet inden for de seneste 5 år.



### Biomasseoptimeret skovdyrkning - det bærende princip:

Vi forkorter skovkulturens tomgangsperiode ved:

- Ændret træartsvalg (et træarts-mix med mere turbo)
- Højere plantetal (slut med utilplantede plantespor)
- ... derved får vi muligheden for hurtigere udbytter og et positivt dækningsbidrag ved de første indgreb ...

### Hvad er det nye?

- Biomasseproduktion ikke et biprodukt men et integreret produktionsmål
- Systemtænkning med inddragelse af erfaringerne gennem de sidste 15-20 års brug af træartsblandinger.

### Nuværende skovdyrkningsmodel

Ung bevoksning med få hjælpetræer



Bevoksningen efter 20 år



Hjelpe træerne høstes til energi



### Den nye skovdyrkningsmodel

Ung bevoksning med mange hjælpetræer



Bevoksningen efter 20 år



Stor vedmasse høstes til energi



Kilde: 'Træ til Energi' – et branchesamarbejde mellem Dansk Skovforening, HedeDanmark og Skovdyrkerne

**Krav til det gode energitræ til biomasseoptimering:**

- Dyrkningssikker – hurtig kontrol over areal.
- Vækstkraftig – høj vækst i ungdomsfasen.
- God fliskvalitet (tørrumvægt, fugt, stammeandel)
- Acceptabel nabovirkning (bestandstræerne må ikke blive ødelagt).
- ... samt i varierende grad de øvrige, almindelige krav til det gode træartsvalg (tilpasset til voksestedet, sund, robust, vedkvalitet, foryngelsespotentialer ..).

**Egnede træarter (bruttolisten):**

- Poppel
- Rødel
- Birk
- Lærk
- Skovfyr
- Contortafyr

**Egnede træarter (bruttolisten):**

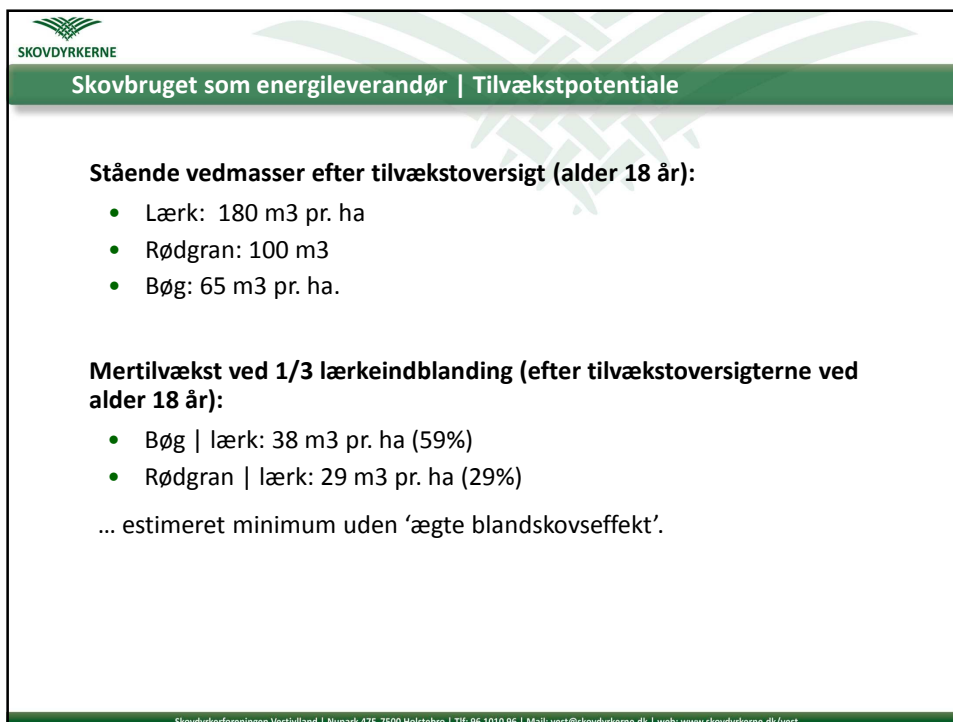
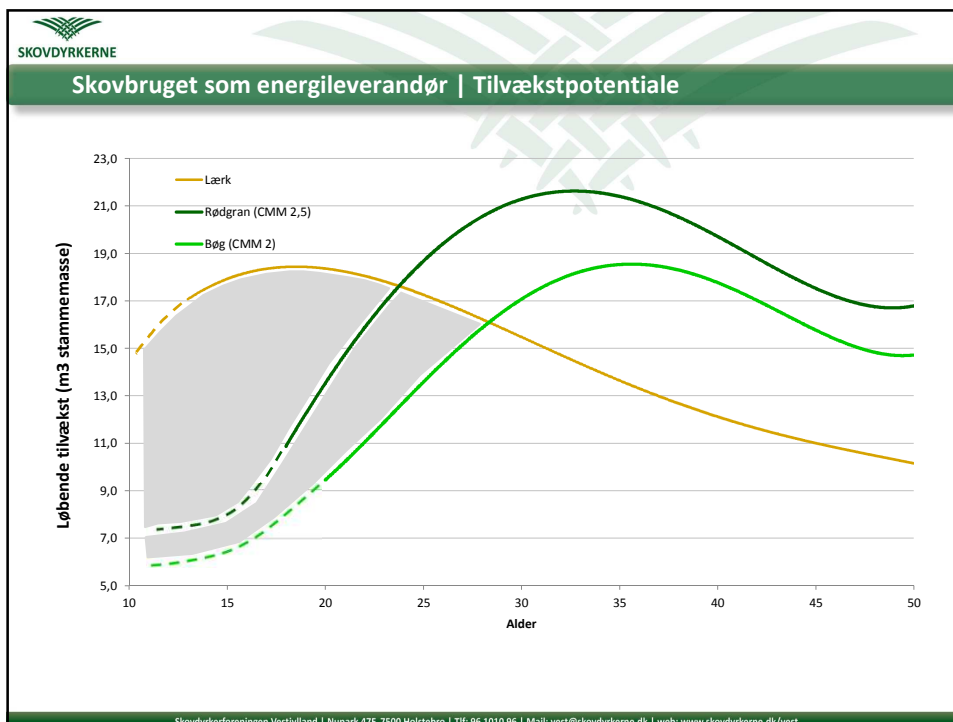
- Poppel
- Rødel
- Birk
- Lærk
- Skovfyr
- Contortafyr

**Egnede træarter (bruttolisten):**

- Poppel (**hovedsageligt kloner af balsampoppel**)
- Rødel
- Birk (**dunbirk og vortebirk**)
- Lærk (**japansk og hybrid**)
- Skovfyr
- Contortafyr (**både kyst og indlandstype**)







### Skov & Landskab – forsøgsanlæg med skovrejsning:

- Anlagt 1998 | 1999.
- Tre lokaliteter: Ribe, Buderupholm, Christiansfeld
- Blandingsbevoksninger – forskellige modeller (både løv | nål og nål | nål).
- Varierende plantetal.
- Intelligent forsøgsdesign (blokke, parceller, gentagelser).

### Resultater efter 12 år (uddrag):

Træart	Planteantal	Vedmasse (m <sup>3</sup> pr. ha)			Overjordisk biomasse (tons pr. ha) *)		
		Buderupholm	Christianfeld	Ribe	Buderupholm	Christianfeld	Ribe
BØG	11.200	68,4	33		39,9	18,5	
BØG/LÆR **)	10.000	189,7	176,6		114,4	106,6	
SGR/DGR	3.700	158,6	76,9	64,9	90,2	44,4	40,7
SGR/DGR	7.400	171	100,3	89,1	111,3	67	62,9
SGR/DGR/LÆR **)	7.400	195,5	216	133,7	122,1	125,2	92,6

Kilde: Nord-Larsen | Skov & Landskab (2012)

\*) Biomasse i tons tørstof (kombination af måling og beregning)

\*\*) Lærk i 50% indblanding



### Skov & Landskab – bud på konklusioner efter 12 vækstsæsoner:

#### Merproduktion bøg | lærk frem for bøg:

Volumen (m <sup>3</sup> pr. ha)	132	261%
Biomasse (tons tørstof pr. ha)	81	278%
Energiproduktion (Gj pr. ha)	1.561	278%

... prisen er dog en massiv tilvækstnedgang i bøg!

#### Merproduktion sgr | lær | dgr frem for sgr | dgr:

Volumen (m <sup>3</sup> pr. ha)	62	51%
Biomasse (tons tørstof pr. ha)	33	41%
Energiproduktion (Gj pr. ha)	632	41%

### Skovdyrkerne Vestjyllands konklusioner:

Der er helt sikkert en tilvækstgevinst, som er værd at gå efter – den præcise størrelsesorden forbliver et skøn indtil videre, men vi vil arbejde med udgangspunkt i:

- Plantetal på 3.500-4.500 planter pr. ha (typisk omkring 3.800 stk.)
- Indblanding af 'energitræer' på 25-40%
- En levetid på 10-15 (max. 20) år for energitræerne (DBH 12-15 cm afhængig af træart og blandingsmønster).
- Udhugning af energitræer til flis i to omgange.



Skovbruget som energileverandør   Tilvækstpotentiale	
<b>Mertilvækst for bøg med 30 % lærk - efter 12 år</b>	
<u>Potentiale opgjort i ...</u>	
Volumen (m3 pr. ha)	56
Biomasse (tons tørstof pr. ha)	34
Flisudtag (rm flis pr. ha)	205
Energiproduktion (Gj pr. ha)	533
<b>Mertilvækst for bøg med 30 % lærk - efter 18 år</b>	
Flisudtag (rm flis pr. ha)	311
Energiproduktion (Gj pr. ha)	810

Skovdykkerforeningen Vestjylland | Nupark 476, 7500 Holstebro | Tlf: 96 1010 96 | Mail: vest@skovdykkerne.dk | web: www.skovdykkerne.dk/vest

### Mertilvækst for rødgran med 40 % lærk - efter 12 år

#### Potentiale opgjort i ...

Volumen (m <sup>3</sup> pr. ha)	30
Biomasse (tons tørstof pr. ha)	16
Flisudtag (rm flis pr. ha)	95
Energiproduktion (Gj pr. ha)	246

### Mertilvækst for rødgran med 40 % lærk - efter 18 år

Flisudtag (rm flis pr. ha)	237
Energiproduktion (Gj pr. ha)	616

### Generelt:

- Stiksporerne skal indtænkes fra start ... vi har behov for en sporbredde på 4-4,5 m i anlægget, hvis vi 20-30 år senere skal færdes med moderne maskiner til skovning, flishugning og udkørsel (!)
- Sektionsbredde mellem spor ca. 20 m.
- Spredt indblanding giver det bedste skovklima og den bedste ammetrævirkning i starten ... men:
  - Jo mere spredt indblanding, jo større indre rand og dermed flere konfliktzoner mellem energitræ og bestandstræ lidt længere henne i forløbet.
- Rækkevise indblanding giver mindst indre rand – og er driftsmæssigt mest rationelle.

## Skovbruget som energileverandør | Kulturmodeller

1.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....
2.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
3.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
4.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
5.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
6.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
7.rk	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	SGR	.....
8.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....
9.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....
10.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....

... mønster fortsættes

Areal (ha):	1,00
Antal rækker	
Rækkelængde (m):	
Rækkeafstand (m):	1,50
Planteafstand (m):	1,75
Plantetal (stk)	3.810
Plantetal (ha)	3.810
Referenceamtal (pr. ha)	3.000
Hegnlængde (lbn)	

**Ammetræ** Busk/indblanding Hovedtræart

### Bemærkninger:

Biomasseoptimeret model.

To rækker lærk hugges til spor (ved DBH ~ 14-15 cm).

Sporbredde ~ 4,5 m (minus indvækst) ~ effektiv bredde = 4 m.

Resterende lærk bevares bla. af hensyn til stabilisering. De

Biomasseoptimeret model.

Lærk hugges til spor (ved DBH ~ 14-15 cm).  
Sporbredde ~ 4,5 m (minus indvækst) ~ effektiv bredde = 4 m.  
Resterende lærk bevares bla. af hensyn til stabilisering. De  
og indgår i omdriften.

g (kulturmetode)	
stemmaskine	3.810 Stk
ning m. håndplantning	Stk
g m. håndplantning	Stk
stemmaskine	Stk
plantning	Stk
<b>g i alt</b>	<b>3.810 Stk.</b>



## Skovbruget som energileverandør | Kulturmodeller

1.rk	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	.....
2.rk	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	.....
3.rk	BØG	LÆR	BØG	BØG	BØG	LÆR	BØG	BØG	.....
4.rk	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	.....
5.rk	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	.....
6.rk	BØG	BØG	LÆR	BØG	BØG	BØG	LÆR	BØG	.....
7.rk	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	.....
8.rk	BIR	BØG	BØG	BØG	BIR	BØG	BØG	BØG	.....
9.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....
10.rk	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	LÆR	.....

.. mønster fortsættes

**Ammetræ** Busk/indblanding Hovedtræart

**Bemærkninger:**

Biomasseoptimeret model.

 To rækker lærk hugges til spor (ved DBH ~ 14-15 cm).  
 Sporbrede ~ 4,5 m (minus indvækst) ~ effektiv bredde = 4 m.

Hovedparten af resterende lærk og birk tyndes væk ved første selektive tynding.

Areal (ha):	1,00
Antal rækker	
Række længde (m):	
Rækkeafstand (m):	1,50
Planteafstand (m):	1,75
Plantetal (stk)	3.810
Plantetal (ha)	3.810
Referencetantal (pr. ha)	3.000
Hegnslængde (lbn)	

Biomasseoptimeret model.

 To rækker lærk hugges til spor (ved DBH ~ 14-15 cm).  
 Sporbrede ~ 4,5 m (minus indvækst) ~ effektiv bredde = 4 m.

Hovedparten af resterende lærk og birk tyndes væk ved første selektive tynding.

Plantning (kulturmetode)		
oplantemaskine	3.810	Stk
spøjning m. håndplantning		Stk
boring m. håndplantning		Stk
oplantemaskine		Stk
håndplantning		Stk
plantning i alt	3.810	Stk



### Forhold og forbehold:

- Vi anlægger en 'alt andet lige' økonomisk standardantagelse og ser på 'marginalomkostninger' i forhold til 'marginaludbytter'
- En vis udfordring med at fastlægge referencesituationen .. Hvis man fx havde planlagt at plante 7.000 bøg sker der ingen fordyrelse ved at udskifte de 2.000 med lærk.
  - Havde man derimod planlagt at plante 2.500 sitkagran og vælger man i stedet at tilføje 1.000 lærk er der en kontant meromkostning.
- Vi vover et langskud og sætter:
  - Merindtægterne til nettoværdi med udgangspunkt i beregningerne af energiindhold.
  - Reducerer plantetallet i kulturerne til 3.265 stk. pr. ha (1,75 \* 1,75 m) uden ekstra energitræer.
  - Anvender faktorpriser, der er realistiske for den enkelte skovej og en rentefod på 2 %.

### Merværdi - efter 18 år

#### Dækningsbidrag (kr/ha)

Bøg   lærk	9.219
Sitka   lærk	7.011

#### Nutidsværdi (kr/ha)

Bøg   lærk	6.850
Sitka   lærk	5.209

## Skovbruget som energileverandør | Bundlinien

### Meromkostninger ved anlæg (kr/ha)

Bøg   lærk	2.995
Sitka   lærk	3.520

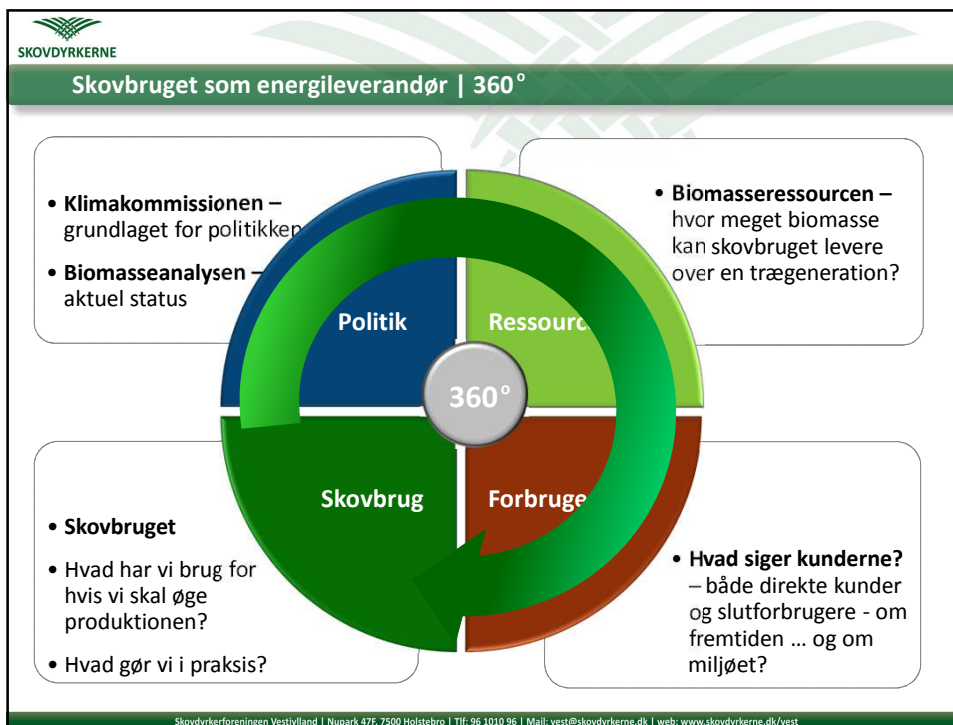
### Netto - i nutidsværdi (kr/ha)

Bøg   lærk	3.855
Sitka   lærk	1.689

## Skovbruget som energileverandør | Kritiske forudsætninger

### Det helt afgørende:

- Vi skal være ret overbevist om, at der er et attraktivt marked for biomasse, når vores energitræer er hugstmodne.
- Vi kommer med det næste i 2025 ... og så lægger vi på frem til 2100!



SKOVDYRKERNE

## Skovbruget som energileverandør | Spørgsmål og debat

**Modul 3: På den anden side: Kunde- og forbrugerperspektivet**

- Hvad skal træbaseret biomasse bruges til – udvikling 2012-2050.
- Globale og lokale miljøovervejelser i forbindelse med forøget biomasseproduktion.

**Modul 4: Biomasseoptimeret skovdyrkning – produktion på et bæredygtigt grundlag**

- Produktionsgevinster ved skovtræforædling.
- Biomasseoptimering i skovdyrkingen – konsekvenser for praksis ... og for bundlinien

... ordet er frit!

Skovdyrkerforeningen Vestjylland | Nupark 476, 7500 Holstebro | Tlf: 96 1010 96 | Mail: vest@skovdyrkerne.dk | web: www.skovdyrkerne.dk/vest



## Skovbruget som energileverandør | Konklusioner

### Træ er verdens bedste råstof:

- Træ er solenergi lagret i verdens smukkeste lager.
- Biomasse fra de danske skove, der erstatter fossile brændsler er CO2-netutralt.
- Vi kan øge produktionen uden at det går ud over bæredygtigheden – tvært imod.

### Skovbruget kan og vil gerne levere:

- Vi har kigget i maskinrummet og vi er på vej fremad – mod en fordobling over en trægeneration.

### Vi mangler viden:

- Skovtræforædling – der er mere at hente.
- Vi mangler produktionsdata – fx en ny tilvækstoversigt for hybridlærk.
- Vi mangler hårde data på produktionsforholdene i blandingsbevoksninger.
- Vi mangler en mere sikre biomasseekspressionsfaktorer.

### Vi skal have vedvarende politisk opmærksomhed:

- Rammebetingelserne skal være stabile – ikke bare for skovbruget men også for kunderne ... 'hele energimarkedet'.
- Der må ikke opstå et momenttab på grund af forventningerne til et teknologiskifte ... der måske aldrig kommer!

## Skovbruget som energileverandør | Tak til ...

### Stor tak til:

- Alle der har bidraget – og det er ganske mange - men især ...
- Tak til vores veloplagte ekspertpanel
- Skov og Landskab - Det Natur- og Biovidenskabelige Fakultet på Københavns Universitet.

