



Omstilling til bærekraftige energisystemer

Vebjørn Bakken

Direktør for UiO:Energi



Tre tverrfaglige satsinger ved UiO



UiO:Energi



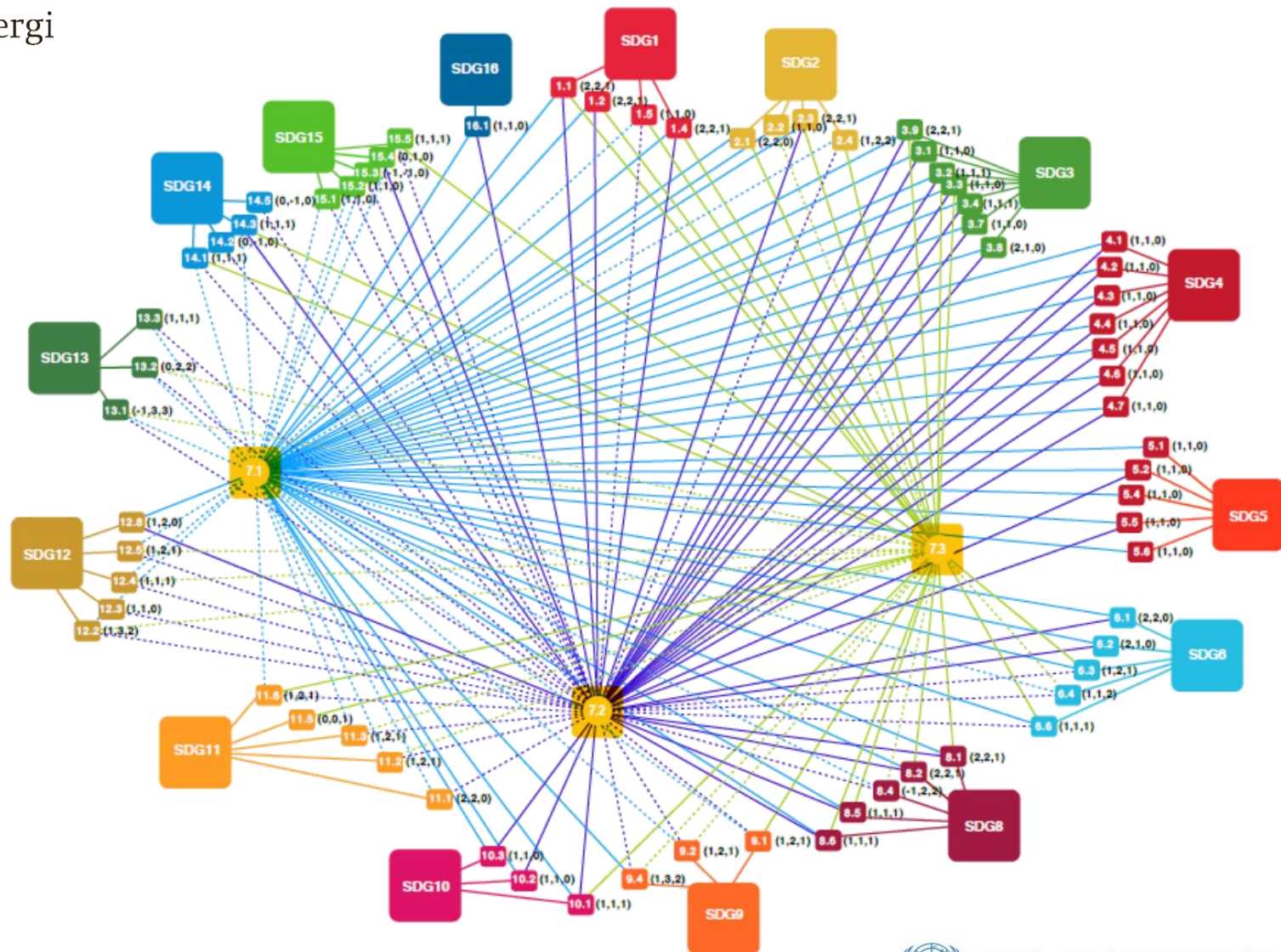
UiO:Livsvitenskap



UiO:Norden







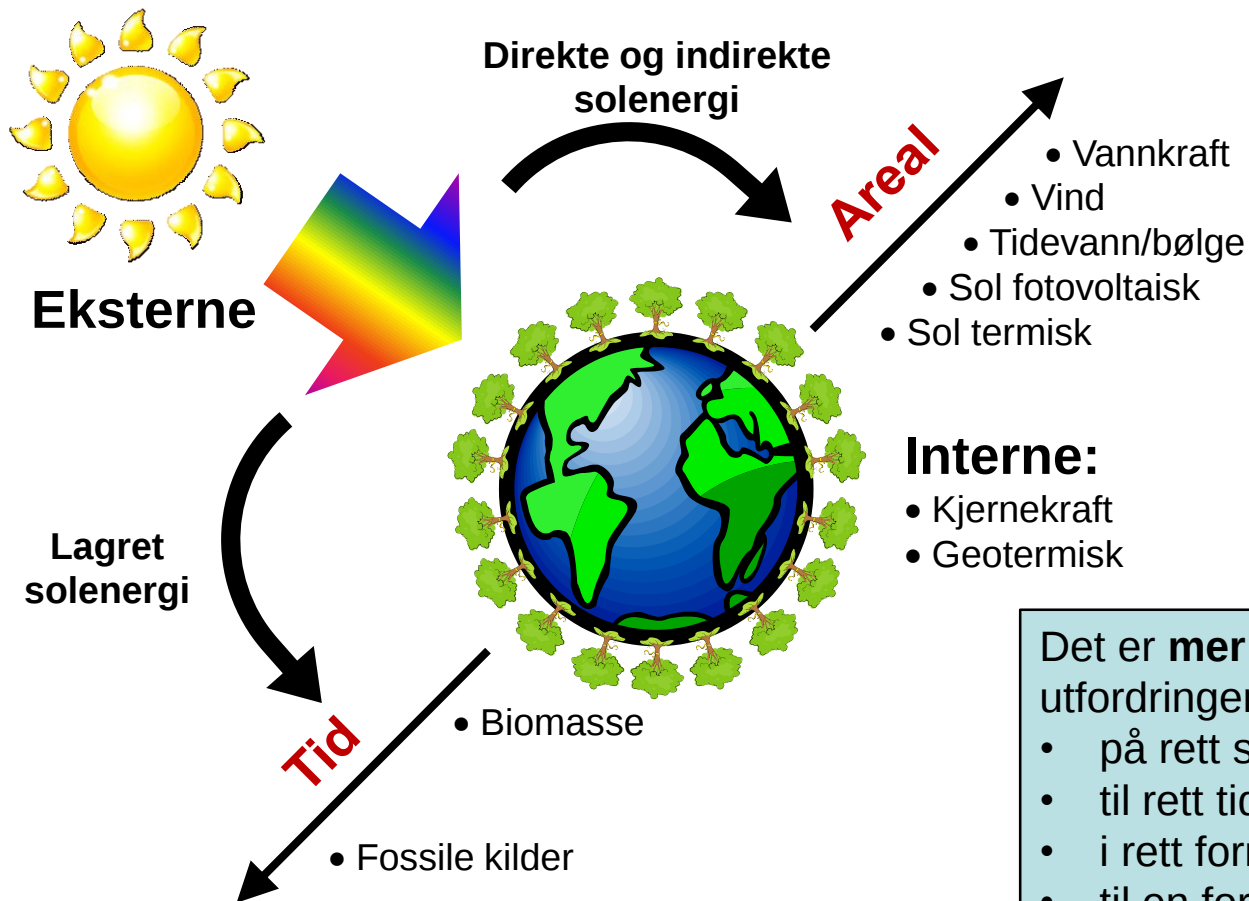
Innhold

- Introduksjon
 - Det store bildet
 - 1,8 millioner år med energihistorie
 - Motivasjon
- Energisystemer i endring
 - Trender for fremtidens energisystem
 - Digitalisering, desentralisering, diversifisering, elektrifisering
- Eksempler
 - Verden, Storbritannia, Kina, Svalbard



Introduksjon

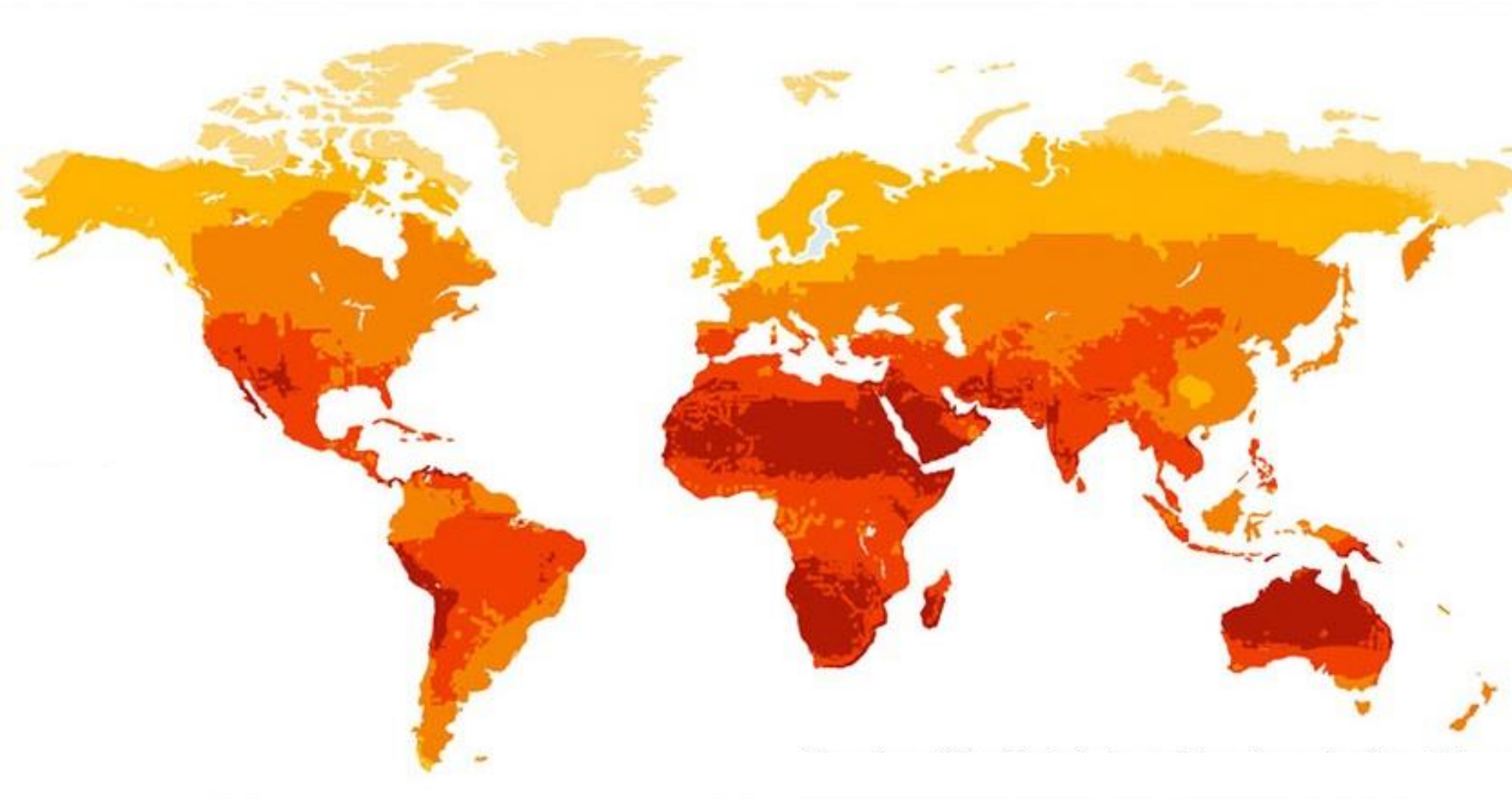
Det STORE bildet



Det er **mer enn nok energi**,
utfordringen er å ha den:

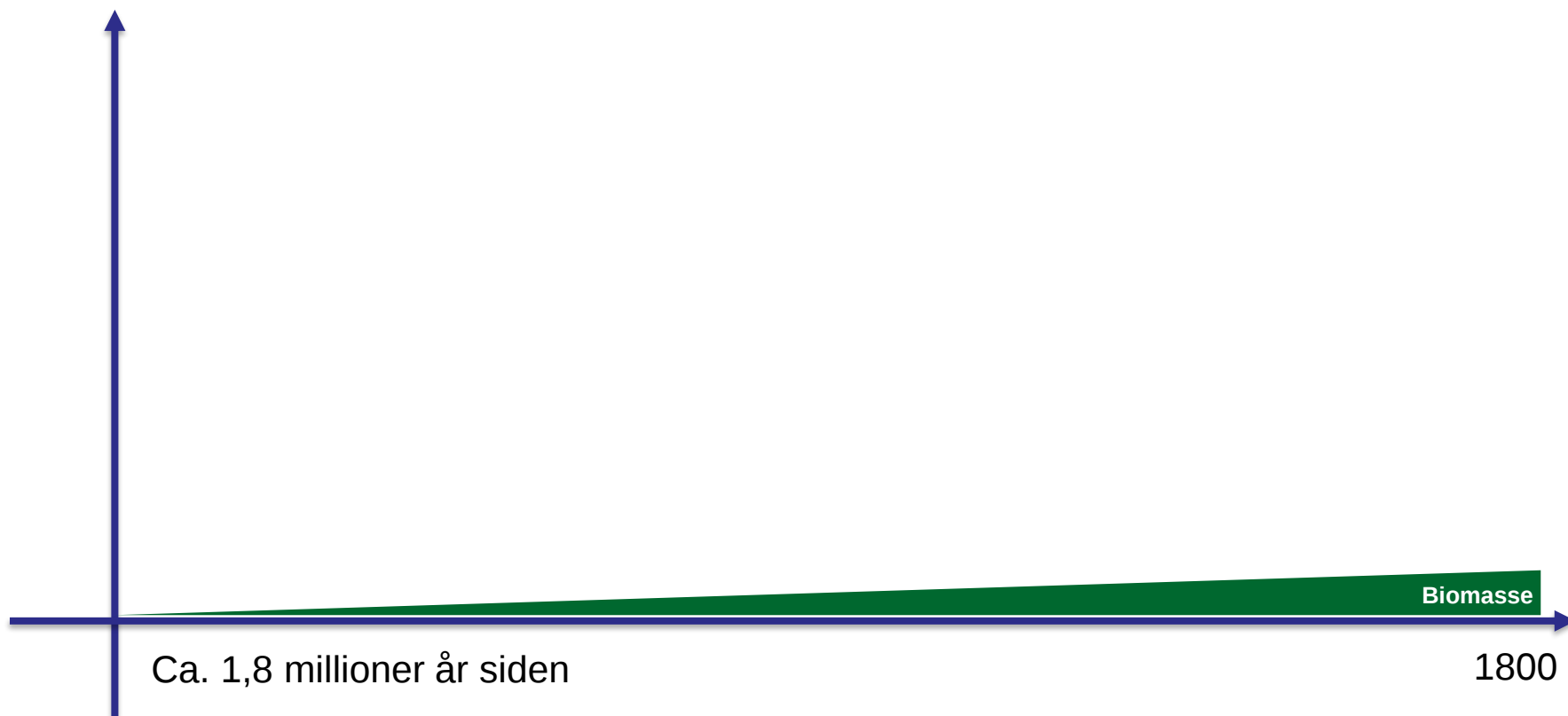
- på rett sted
- til rett tid
- i rett form
- til en fornuftig pris
- ... og **bærekraftig!**

Det STORE bildet

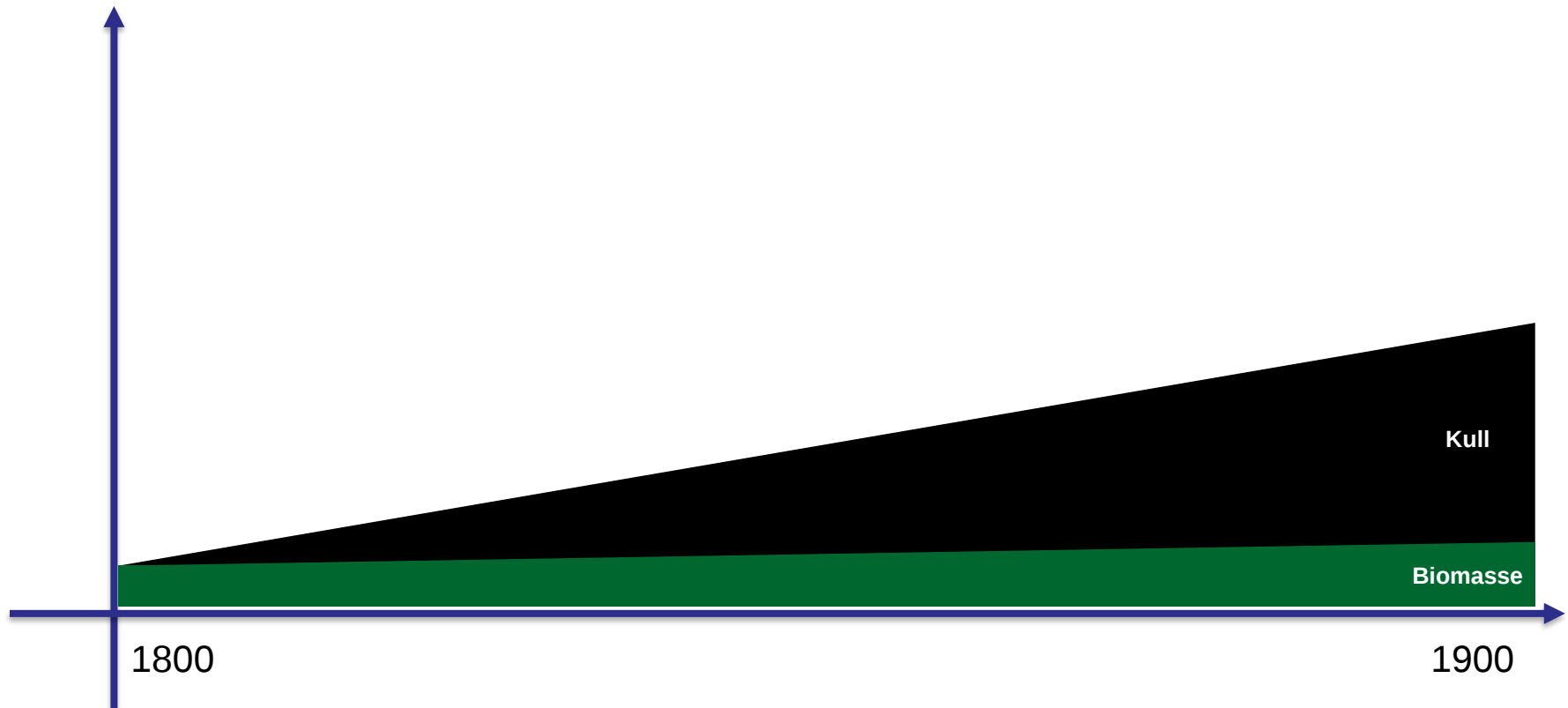


1,8 millioner år med energihistorie *)

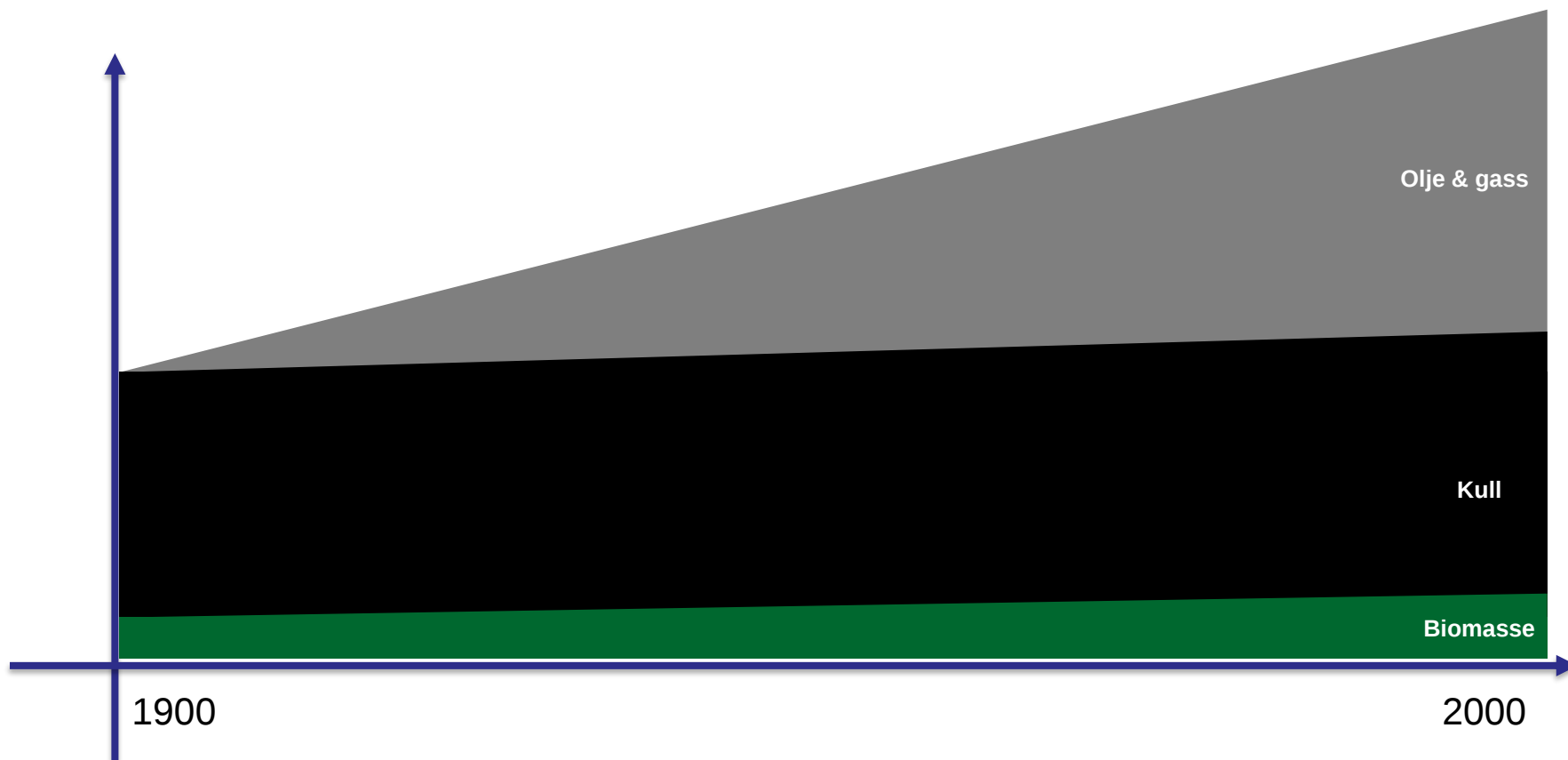
**) Svært skjematisk, uten vannkraft og kjernekraft*



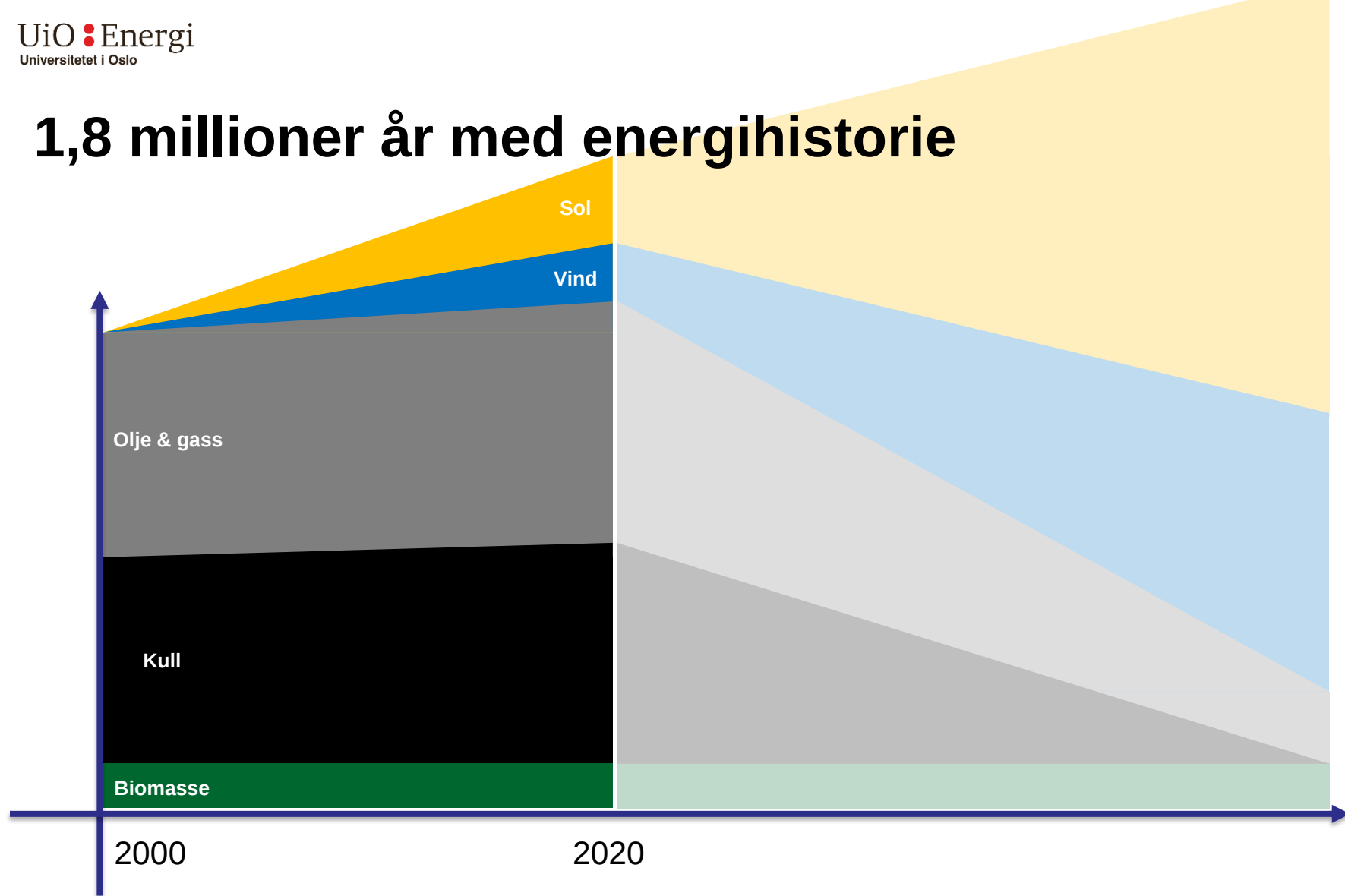
1,8 millioner år med energihistorie



1,8 millioner år med energihistorie



1,8 millioner år med energihistorie



Motivasjon for bærekraftig energiomstilling



Klima



Miljø/forurensning



Forsyningssikkerhet



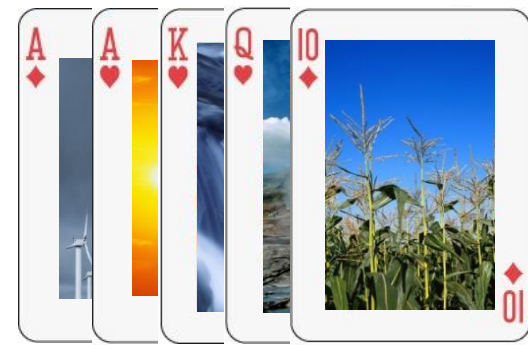
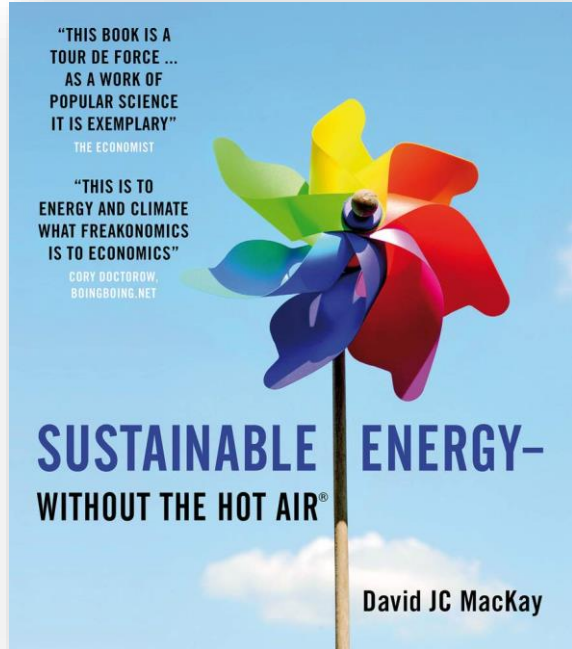
Pris/penger

Energisystemer i endring

Hvilke kort sitter vi med?



Tips: En gratis bok



Trender for fremtidens energisystem:

Desentralisering



D
D
E



Digitalisering



Diversifisering



Elektrifisering

Digitalisering/digital teknologi er en *nøkkel*



Digitalisering

- Integrasjon av variabel fornybar produksjon
- Samspill med energilagring
- Prioritering og styring av forbruk
- Noen stikkord for *energiinformatikk*:
 - Smarte nett (*smart grid*)
 - Energieffektivisering
 - Grønne datasentre
 - Blokkjeder (*blockchain*)
 - Maskinklæring



Desentralisering

- Forbrukere blir produsenter (*prosumers*)
 - Egen bruk: Bergvarme, varmepumper, solfangere
 - Inn på nett: Mikrovannkraftverk, solcelleanlegg (PV)
- Større forbrukere blir produsenter, eks.:
 - ASKO
 - Norsk Hydro
 - TESLA Gigafactories
- Off-grid systemer
 - Solar Home Systems
 - Landsbysystemer (mikrogrid) og regionale minigrid
- Geopolitisk
 - Fornybare energiresurser er jevnere fordelt enn fossile!



Desentralisering



Desentralisering



Desentralisering



India (2 GW)



Sør-Afrika (75 MW)



Tanzania (10 kW)



Norge (100 W)



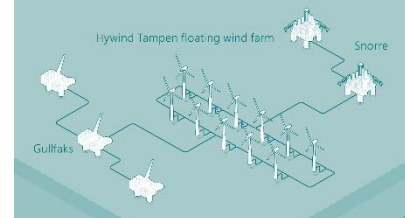
Lampe (~1 W)

Diversifisering

- I alle ledd:
 - Produksjon
 - Transport/lagring
 - Bruk
- Resulterer i:
 - Sammensatte og kompliserte verdikjeder...
 - ... på tvers av sektorer
- Eksempel:
 - Hydrogen fra kull (*Australia*)
 - Flytende solceller på damanlegg (*Albania*)
 - Havvind ved oljeplattform (*Norge*)
 - NH_3 som drivstoff til skip (*Norge*)



Diversifisering



Elektrifisering



Elektrifisering

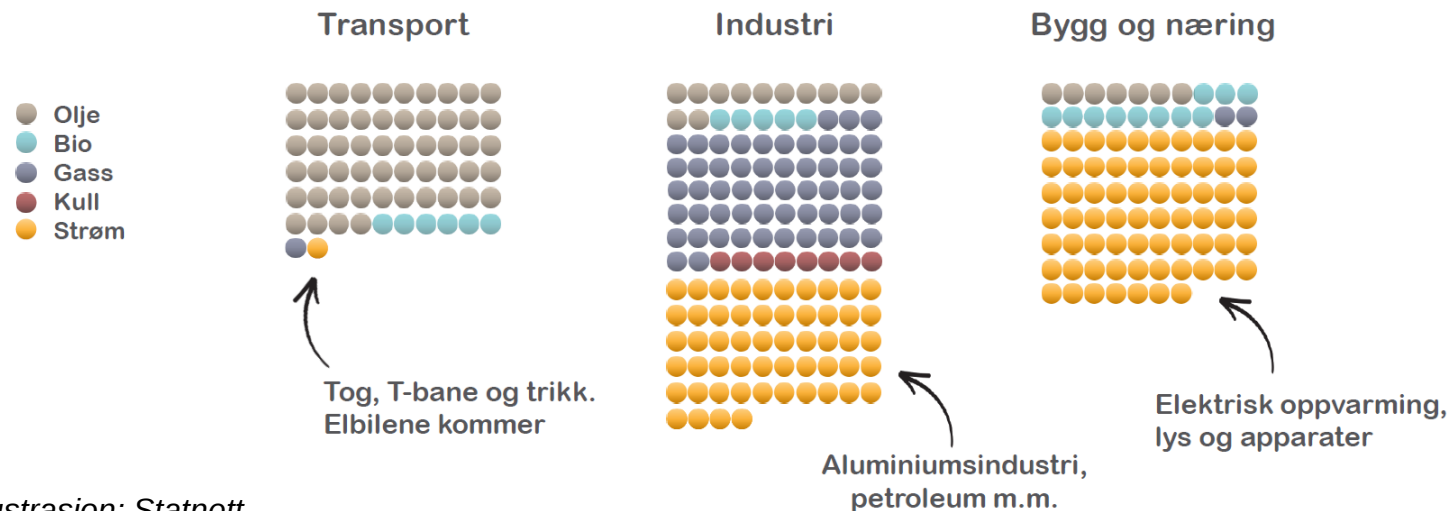
- (Nesten) alt kan elektrifiseres:
 - Fra verktøy til ferjer til oljeplattformer
- To viktige konsekvenser
 - Energieffektivisering – elektriske motorer *langt* mer effektive
 - Behov for mer elektrisitet!





Elektrifisering

- Eksempel - Statnett sine scenarier for et (hel)elektrisk Norge:
 - **2017: 133 TWh**
 - Omfattende elektrifisering: 173 TWh
 - Full-elektrisk m/hydrogen: 213 TWh

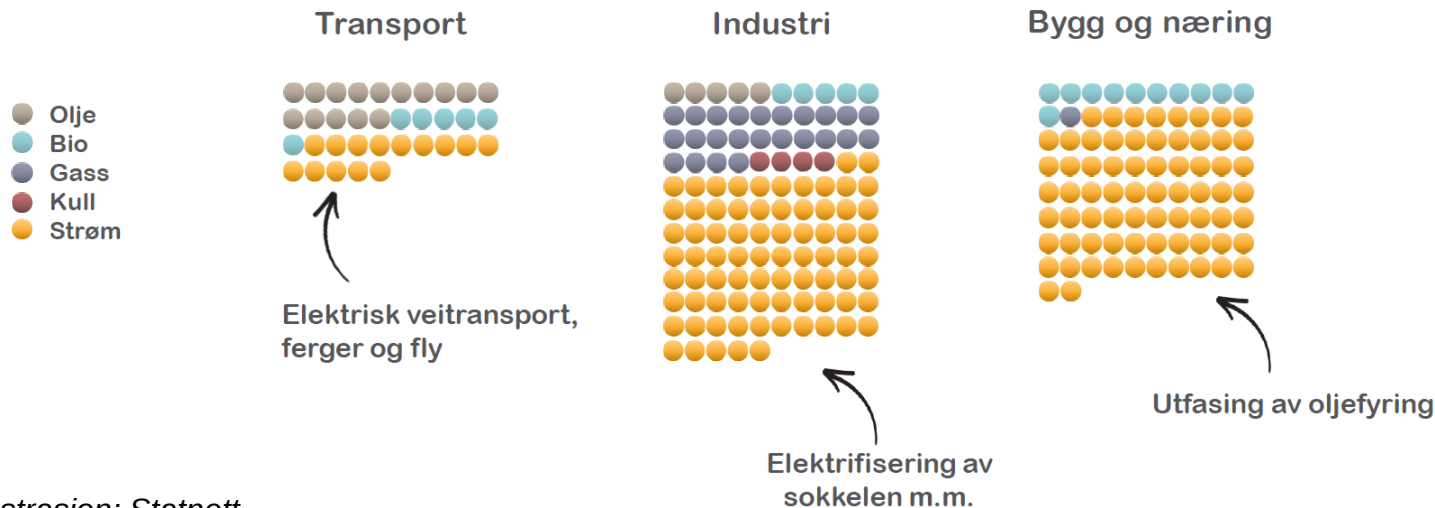


Illustrasjon: Statnett



Elektrifisering

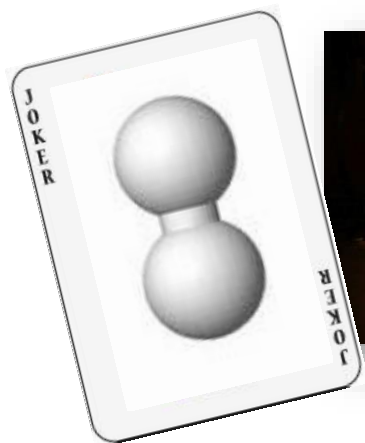
- Eksempel - Statnett sine scenarier for et (hel)elektrisk Norge:
 - 2017: 133 TWh
 - **Omfattende elektrifisering: 173 TWh**
 - Full-elektrisk m/hydrogen: 213 TWh



Illustrasjon: Statnett

Elektrifisering

- Utfordringer?
 - Ja! Elektrisitet er et «ferskt produkt»
 - Tilbud og etterspørsel må matche
 - Lagring på ulike tidsskalaer er helt kritisk

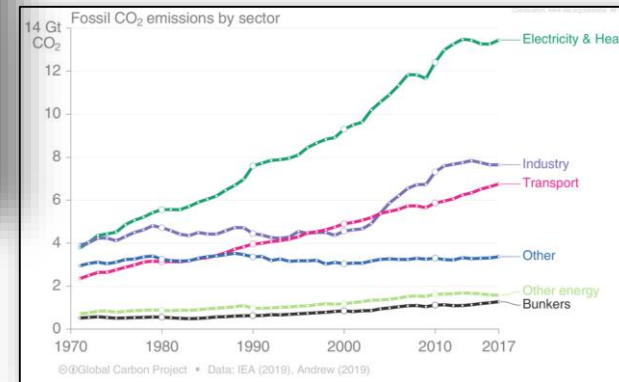
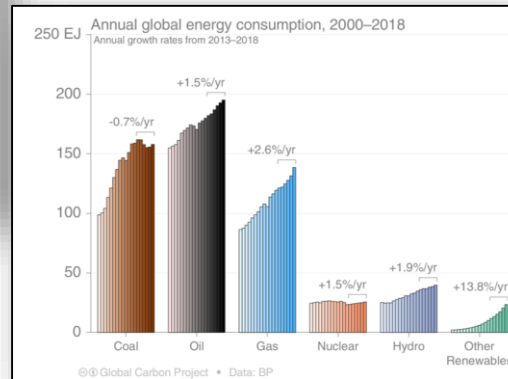
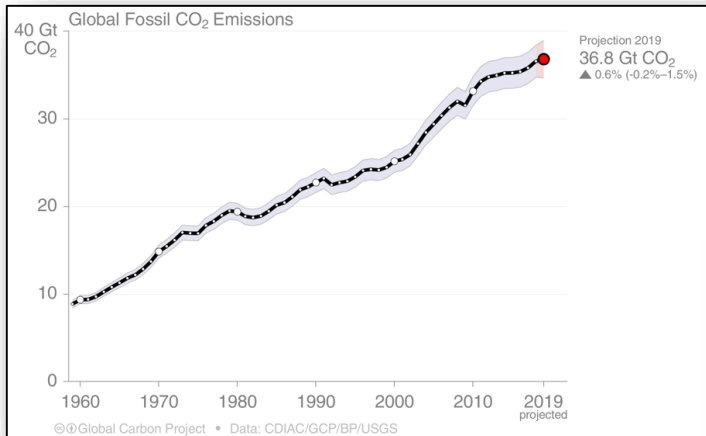


Elektrifisering



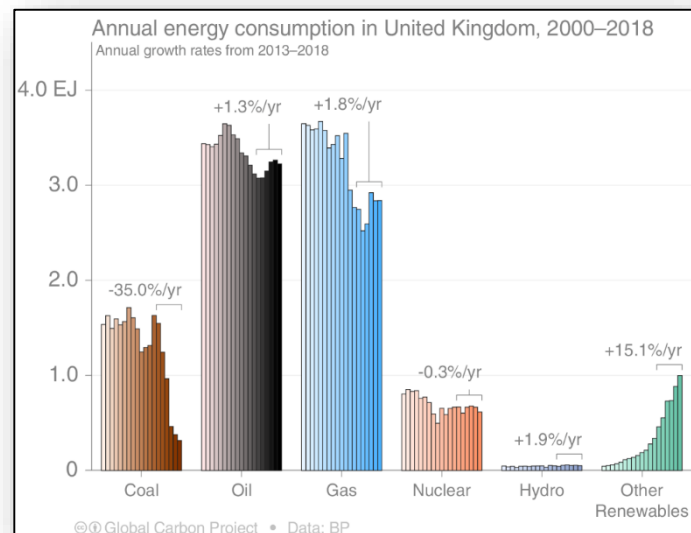
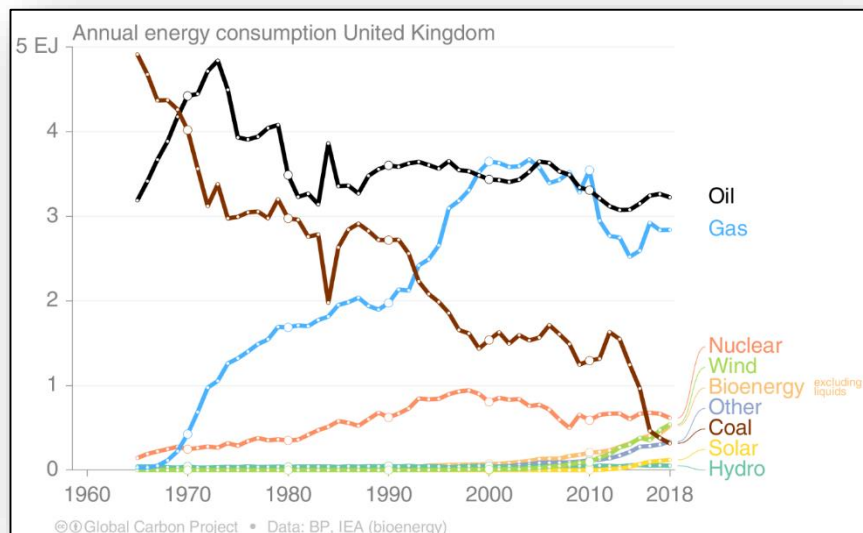
Eksempler

Hvordan går den globale energiomstillingen?



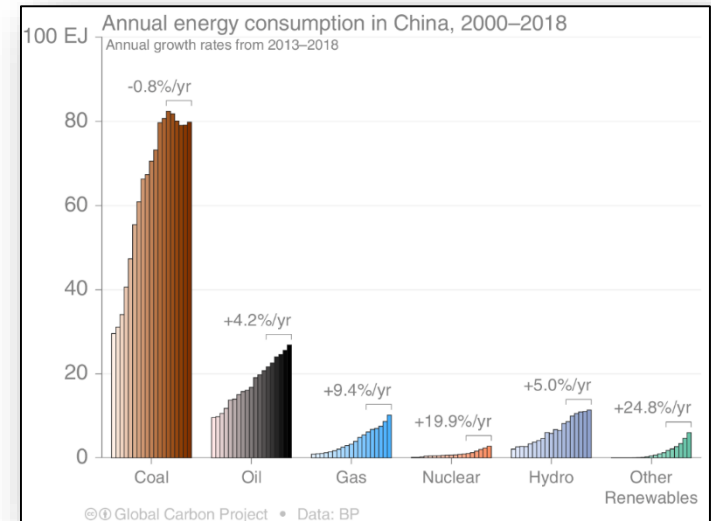
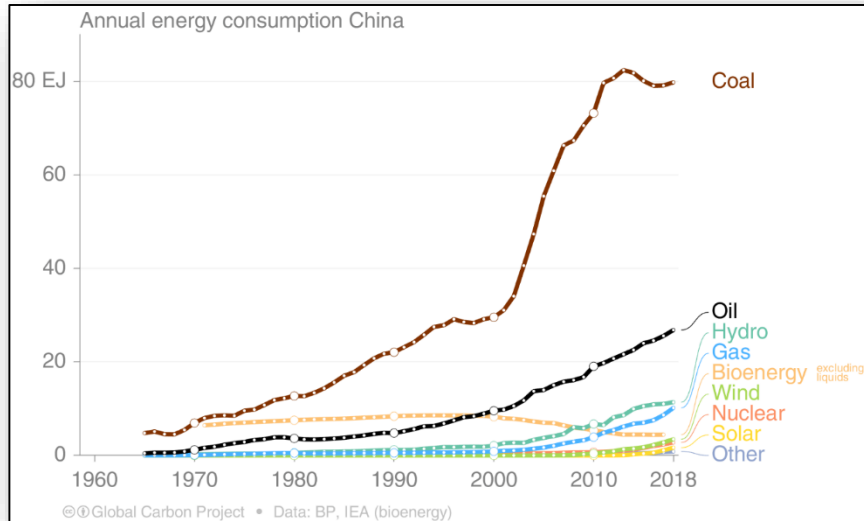
Noen lyspunkter???

- Storbritannia!



Noen lyspunkter???

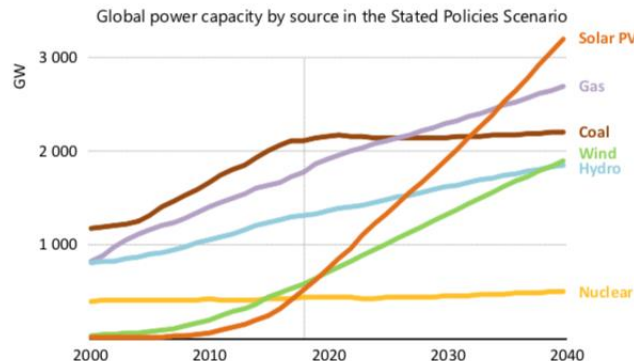
- Kina?



Et interessant case – Svalbard!

- «Verden i miniatyr» - ønsker seg bort fra kull, men hva er mulighetene?
 - Fortsette med kull m/CCS?
 - Gasskraftverk med eller uten CCS
 - Solceller?
 - Vindkraft?
 - Et lite kjernekraftverk
 - Strømkabel til fastlandet?
 - Produsere hydrogen i Finnmark?
 - *Eller noe helt, helt annet???*

Solar is the star



The power mix is being re-shaped by the rise of renewables and natural gas. In 2040, renewables account for nearly half of total electricity generation.

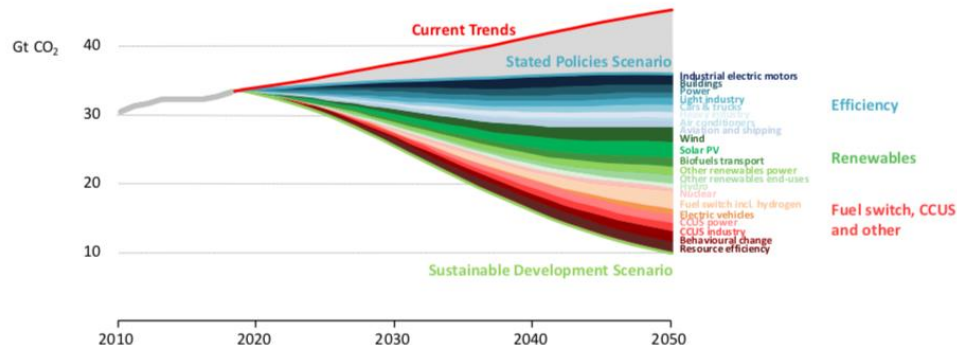
IEA 2019. All rights reserved.

iea



No single or simple solutions to reach sustainable energy goals

Energy-related CO₂ emissions and reductions in the Sustainable Development Scenario by source



A host of policies and technologies will be needed across every sector to keep climate targets within reach, and further technology innovation will be essential to aid the pursuit of a 1.5°C stabilisation

IEA 2019. All rights reserved.

iea

Figurer: IEA, fra Høstkonferanse 2019

Litt teknologioptimisme...



Solcellepaneler

Vindkraft på land

LED-lys

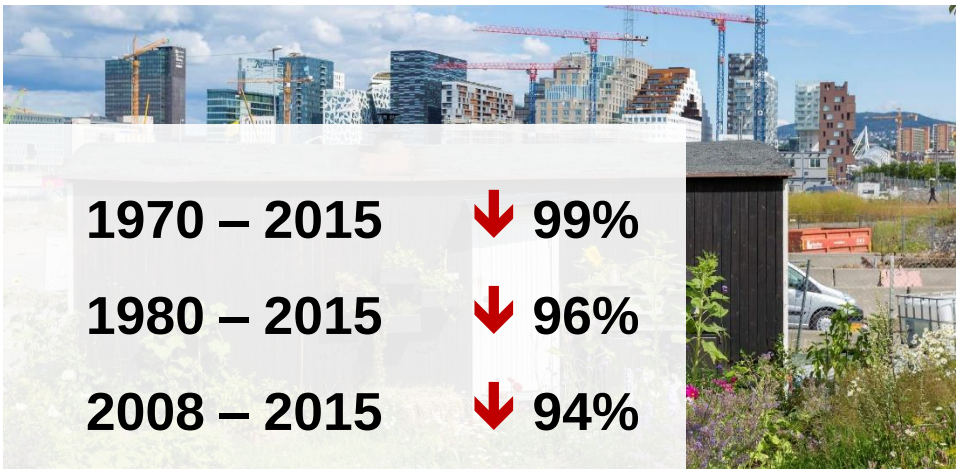


Brenselceller (hydrogen)

Batterier (elbil)

Sammenstilt av Jan Bråten, Statnett.

Kilder: US DoE, Toyota, Bloomberg



1970 – 2015 **↓ 99%**

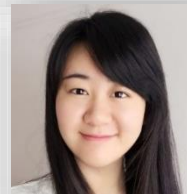
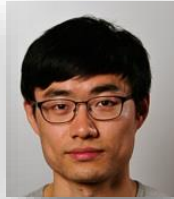
1980 – 2015 **↓ 96%**

2008 – 2015 **↓ 94%**

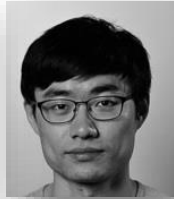
2008 – 2015 **↓ 95%**

2010 – 2018 **↓ 85%**

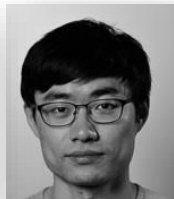
Universitetets viktigste produkt!



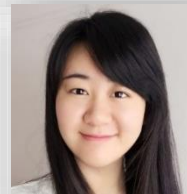
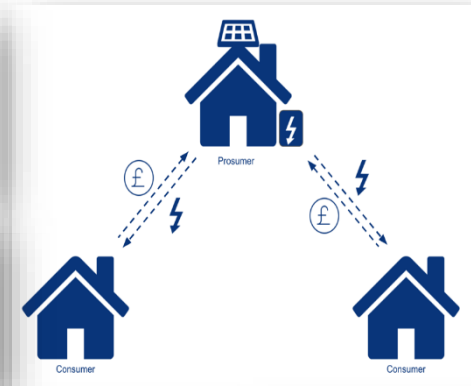
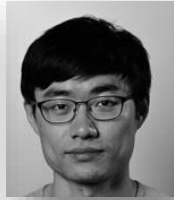
Universitetets viktigste produkt!



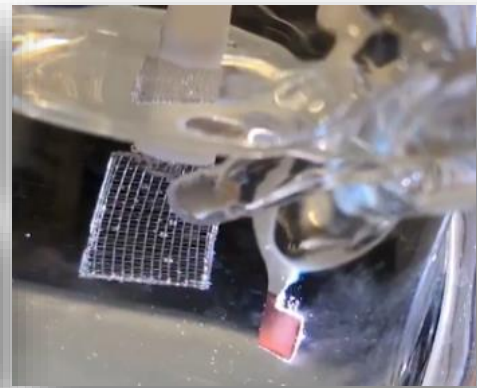
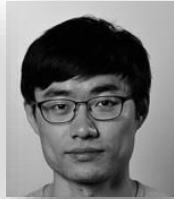
Universitetets viktigste produkt!



Universitetets viktigste produkt!



Universitetets viktigste produkt!



**Takk for
oppmerksomheten!**

PhD-stipendiat

Veileder



Foto: Bjarne Røsjø/UiO