

Velkommen til SINTEF-seminar!

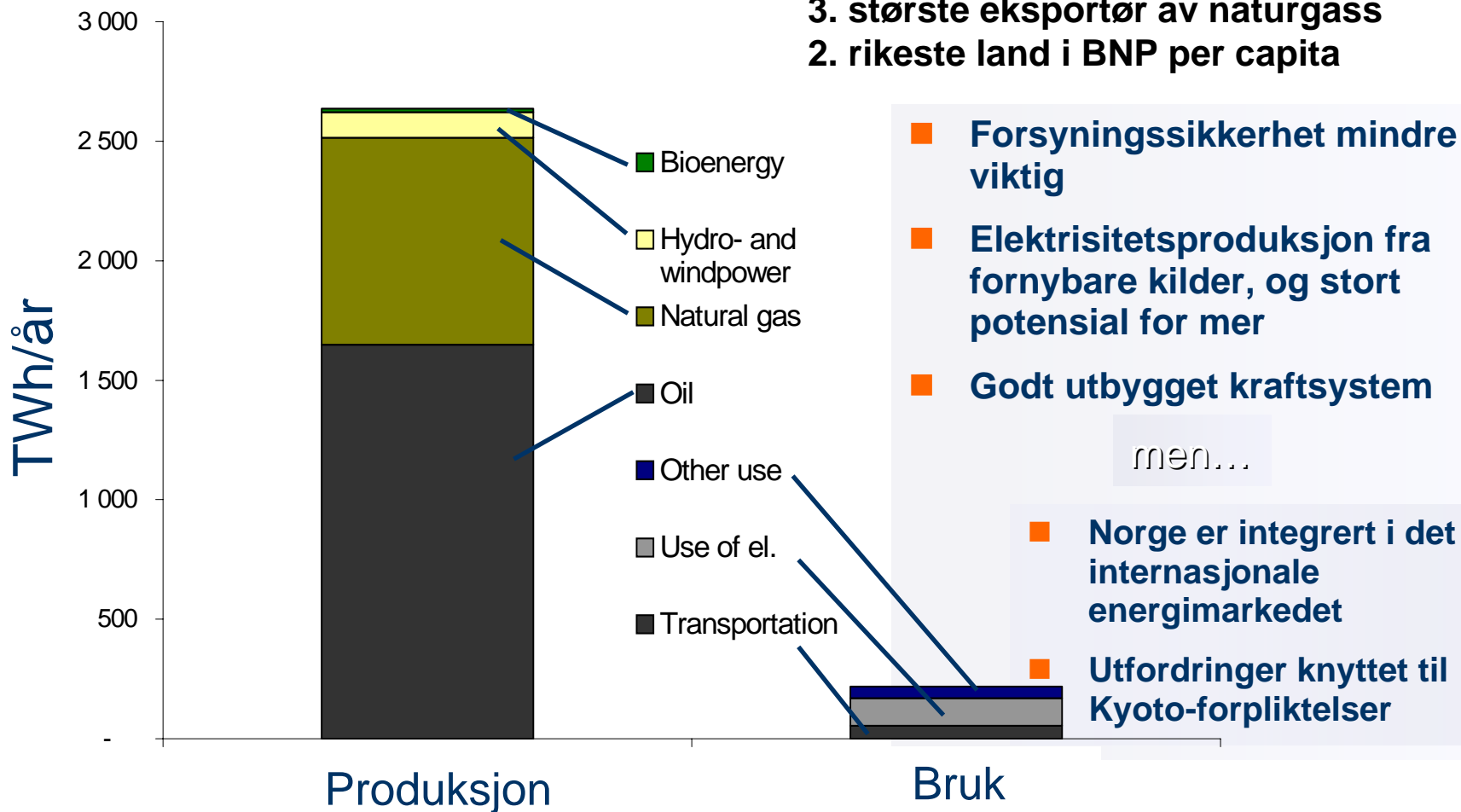
Norsk energimiks i 2050

**- Hvordan Norge kan beholde sin posisjon
som energinasjon etter at oljen tar slutt**



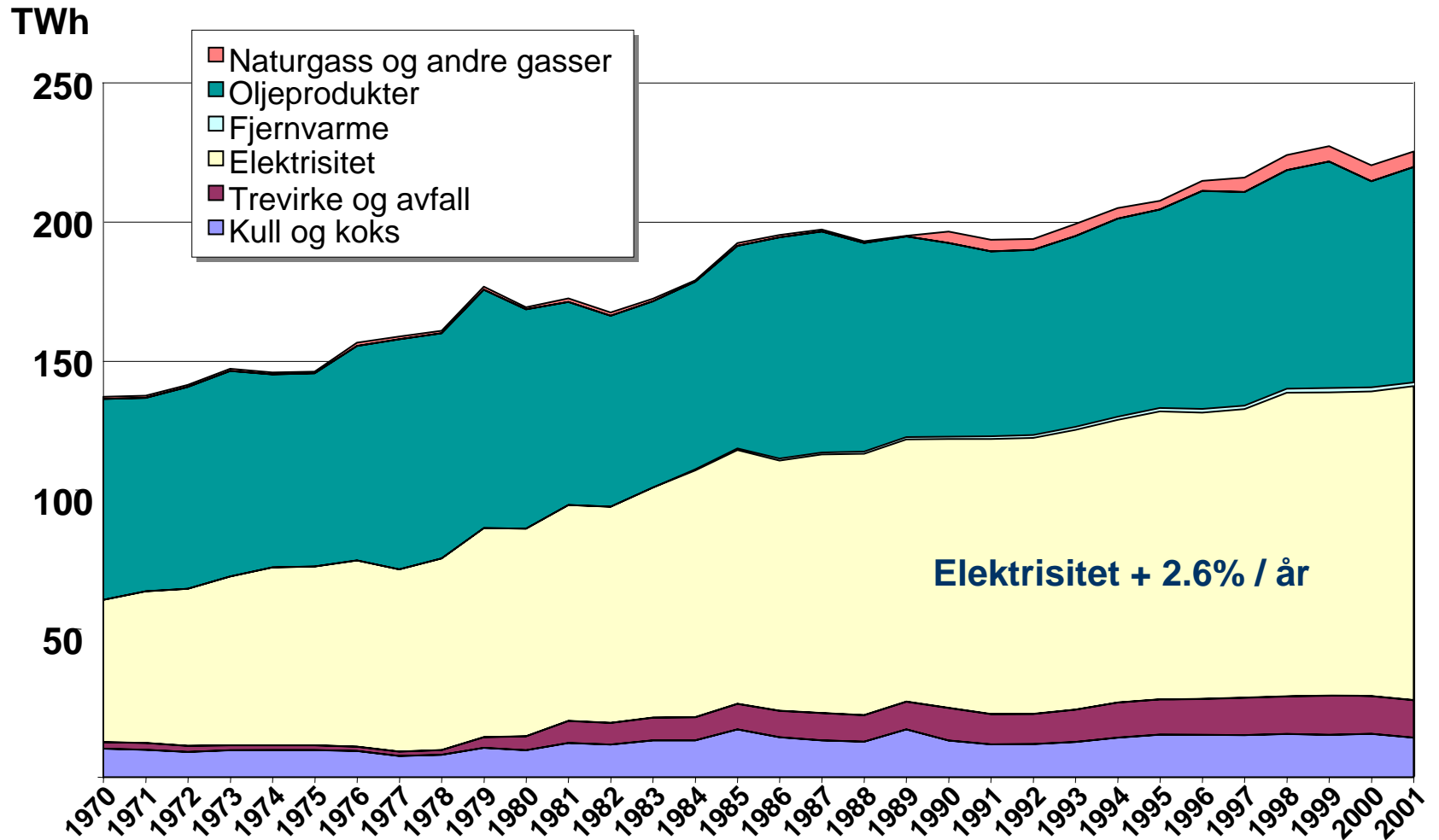


Norges energisituasjon i 2005



Kilde: Trond Moengen

Energibruk i Norge siden 1970



Det spiller ingen rolle hva vi gjør!



- Andel av verdens befolkning : 0,7 ‰
- 3 x høyere CO₂-utslipp per kapita enn gj.snittet: 2,1 ‰
- 13 x høyere CO₂-utslipp (olje&gass eksport): 27,3 ‰

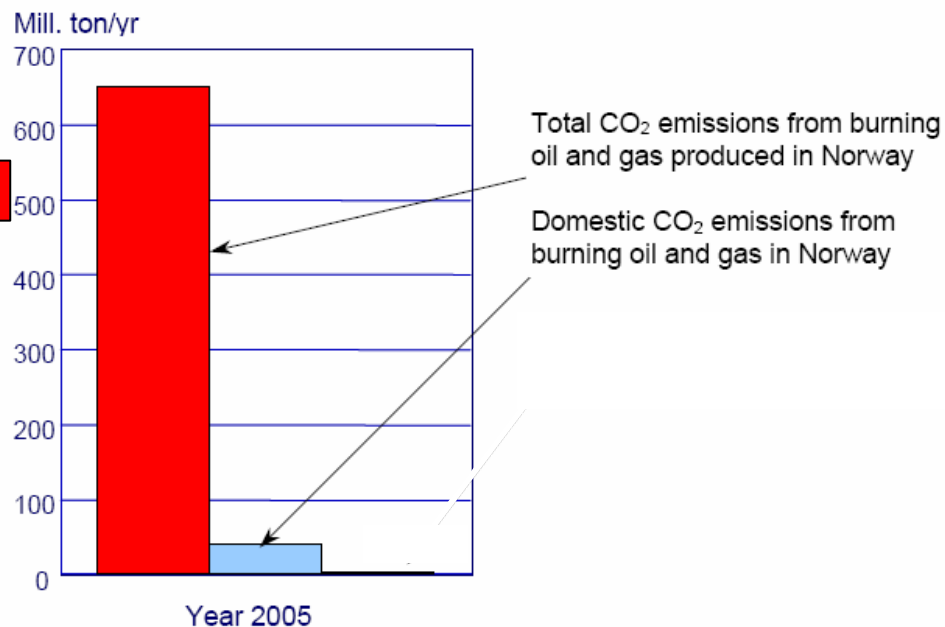
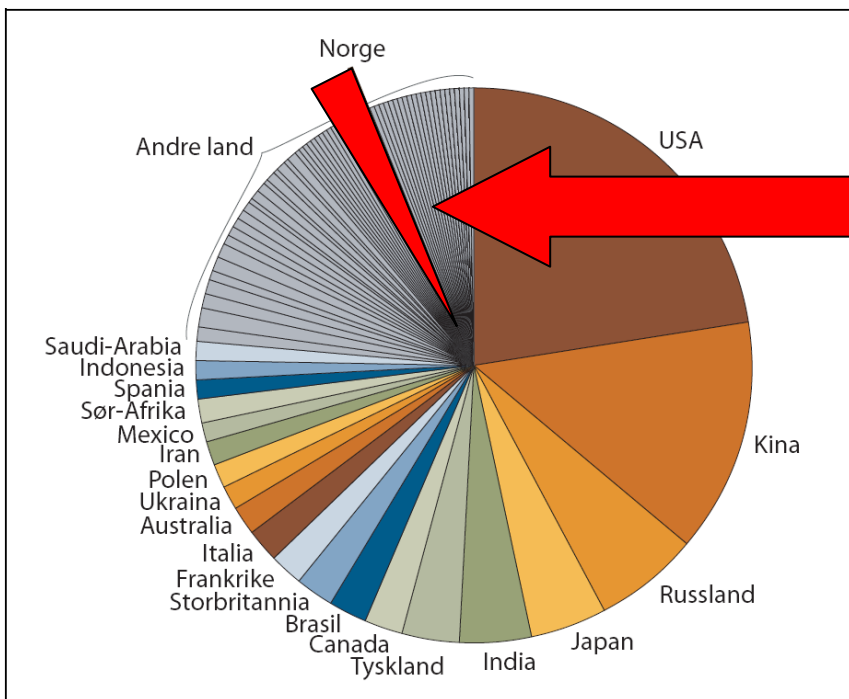
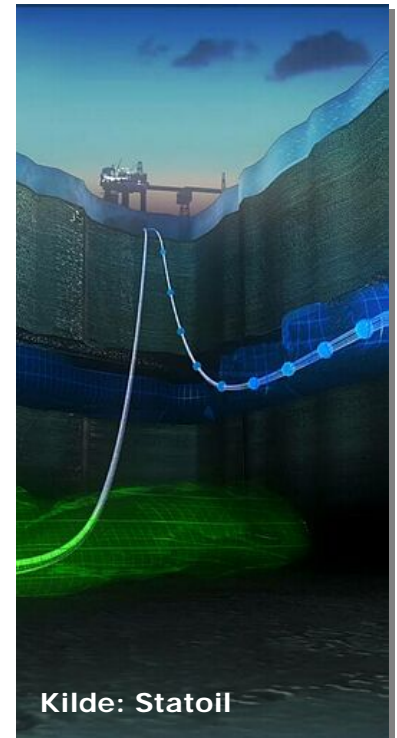


Figure 5. CO₂ emissions “originating” from Norway¹⁸

Norsk olje- og gassproduksjon

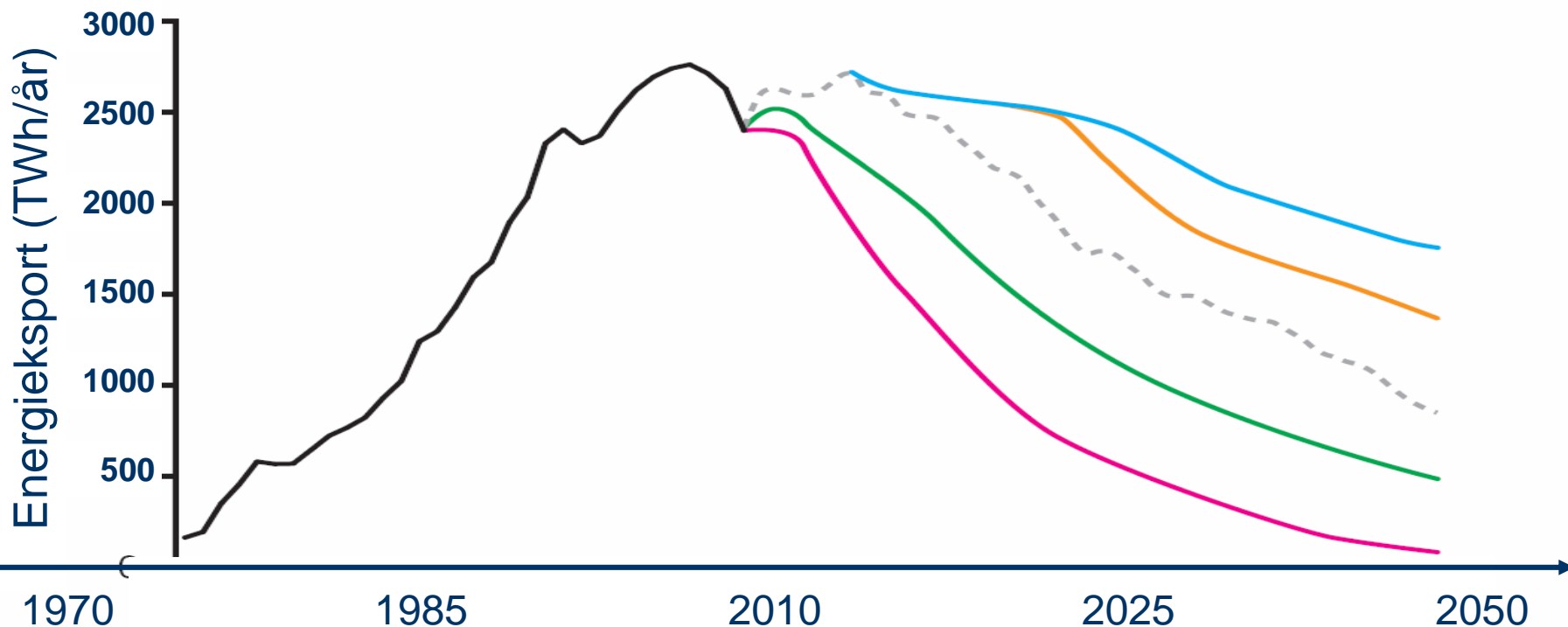
- Verdiskapning på > 4 500 milliarder kr siden 1970.
- Sto for 25 % av den totale verdiskapningen i 2005.
- Sysselsetter ~ 30 000 personer (direkte).
- CO₂-utslippet fra norsk olje- og gass-eksport tilsvarer utslipp fra 185 millioner mennesker.
- Lang erfaring med CO₂-separasjon & lagring.



Kilde: Statoil

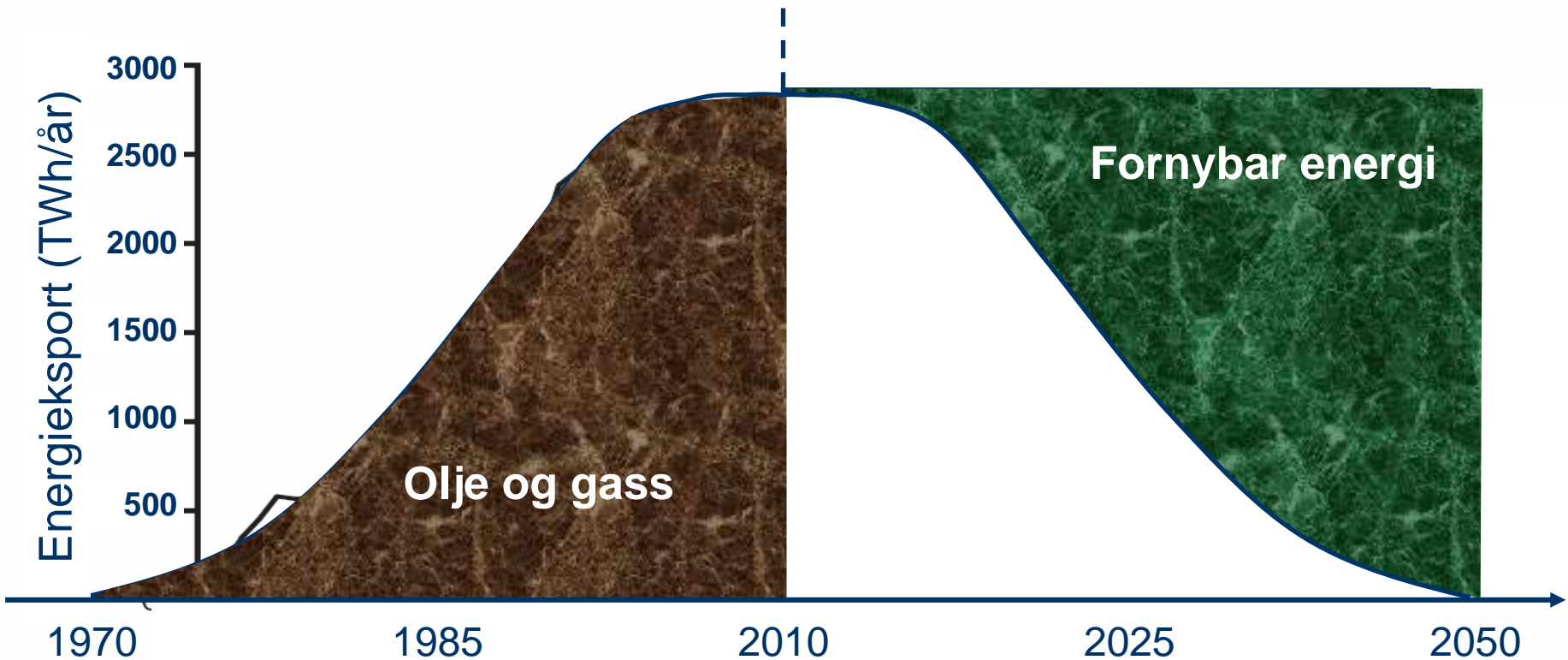
VISJON for energinasjonen Norge:

- *Norge: Europas energi- og miljønasjon*
- fra nasjonal energibalanse til grønn leveranse



AMBISJON for energinasjonen Norge:

- Opprettholde vår energiekseport i form av energi / materialer
- "Norge skal ıla de neste 40 år eksportere like mye fornybar energi som vi har eksportert fossil energi de siste 40 år."





*Det hele dreier seg om
innfasing av ny, fornybar energi !*






Landbasert vindkraftverk
300 MW, 1 TWh/år,
sparer 0,7 millioner tonn CO2 / år

Enormt naturgitt potensial (NVE og Enova):
1000 TWh/år på land, 14000 TWh/år offshore

Vindkraft i Norge - 2008

- **Norge har blant verdens beste vindforhold**
- **Stor interesse – bedre rammebetingelser vil få fart på utbygging (Norge: kraftpris + 8 øre/kWh – Tyskland: 64 – 112 øre/kWh)**
- **Aktiv industri – kan bidra med mye offshore: Owec Tower, Aker Kværner, Umoe, Devold AMT, ScanWind, HyWind, Sway, SmartMotor, ChapDrive, Rolls-Royce Marine, Vestas Castings, ..**
- **Selgers marked gir plass for nye aktører**



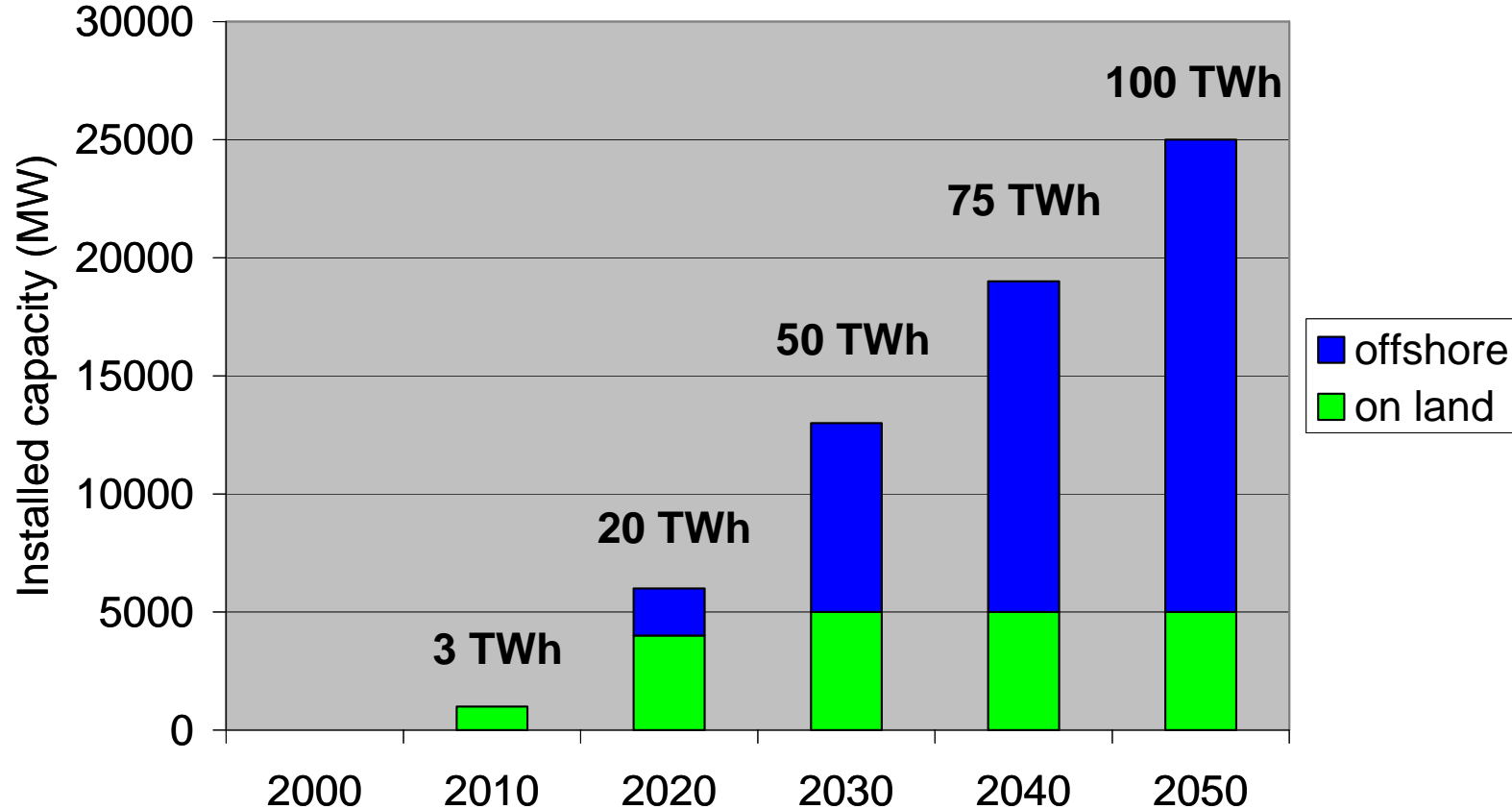
**Landbasert vindkraftverk
1000 MW, 3 TWh/år,
sparer 2 millioner tonn CO₂ / år**

Forutsigbar og konkurransedyktig kostnad

Vindkraft i Norge - 2010

- **Tilpassede rammebetingelser gir utbygging**
- **Satsning på industriell verdiskapning: Senter for Vindkraft FoU med SINTEF, NTNU, IFE, industri og Forskningsrådet**
- **Pilottest av nye offshore konsept (HyWind mfl)**
- **Utvikling av teknologi, kompetanse og konkurranse gir reduksjon i kostnad**

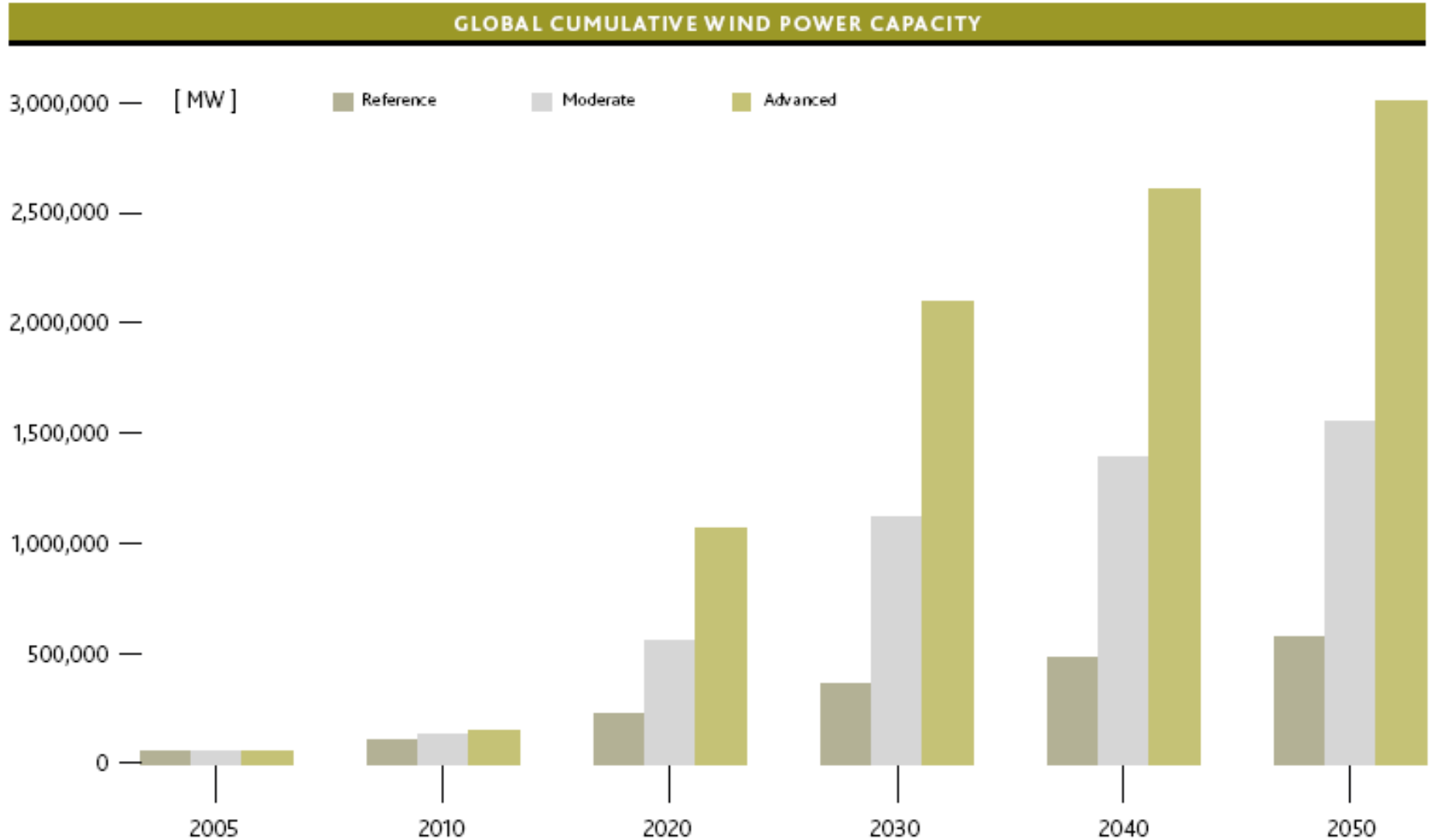
Vind i Norge: 2000 - 2050



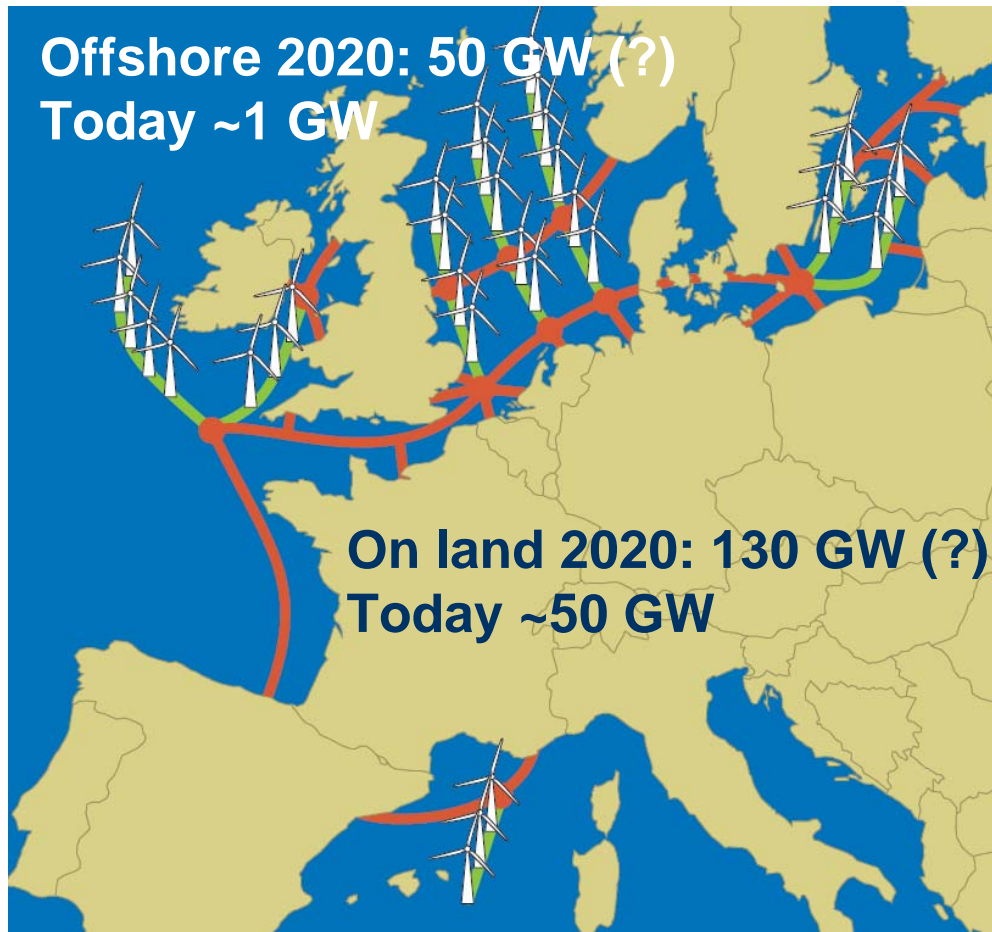
	2000	2010	2020	2030	2040	2050
CO2 saving (Mt/y)	0	2	15	37	56	76
Investment (GNOK)	0	15	90	195	285	375
Area (km²)	0	100	600	1300	1900	2500

Norsk landareal 304 280 km² + offshore; CO2 utslipp (2006); 53,5 millioner tonn

Tung europeisk og global satsning



EU target 2020: 20 % renewable energy



Map: Airtricity

180 GW wind ~ 530 TWh/y ~ 15 % of EU el load

An offshore “SuperGrid” may provide for connection of offshore wind farms and efficient trans-national exchange of power

Norway can contribute with hydro for balancing, but also take active part in an offshore wind development

HVORFOR SATSE PÅ VINDKRAFT I NORGE?

- Norge har blant verdens beste vindforhold
 - norske vindparker gir +1,5 x produksjonen av tilsvarende i Tyskland
 - enormt naturgitt potensial (ref NVE og Enova):
1000 TWh/år på land, 14000 TWh/år offshore
- Den norske vannkraften er en ideell partner til vindkraft
 - det danske kullbaserte kraftsystemet takler 20 % vindenergi
- Vindkraft er en effektiv løsning på klimautfordringen
 - vindkraft er en ren og fornybar energikilde
 - energi til fabrikasjon, frakt og oppstilling reproduseres på ~ 3 mnd
 - energiproduksjon til eksport / ren energi til ren industri / elektrifisering

HVORFOR SATSE PÅ VINDKRAFT I NORGE?

- Forutsigbar og konkurransedyktig kostnad
 - redusert kostnad ved utvikling av teknologi, kompetanse og konkurranse
- Stort potensial for industriell verdiskapning
 - verdensmarked + 150 GNOK i 2006 og i vekst
 - selgers marked gir plass for nye aktører
 - norsk industri aktiv: Vestas Castings Group Kristiansand, Rolls-Royce Marine, Aker Kværner, Umoe, Devold AMT, ScanWind, HyWind, Sway, SmartMotor, ChapDrive, mfl
 - Norge er i tet på offshoreteknologi
 - utvikling krever tung & langsiktig satsning – sterk internasjonal konkurranse

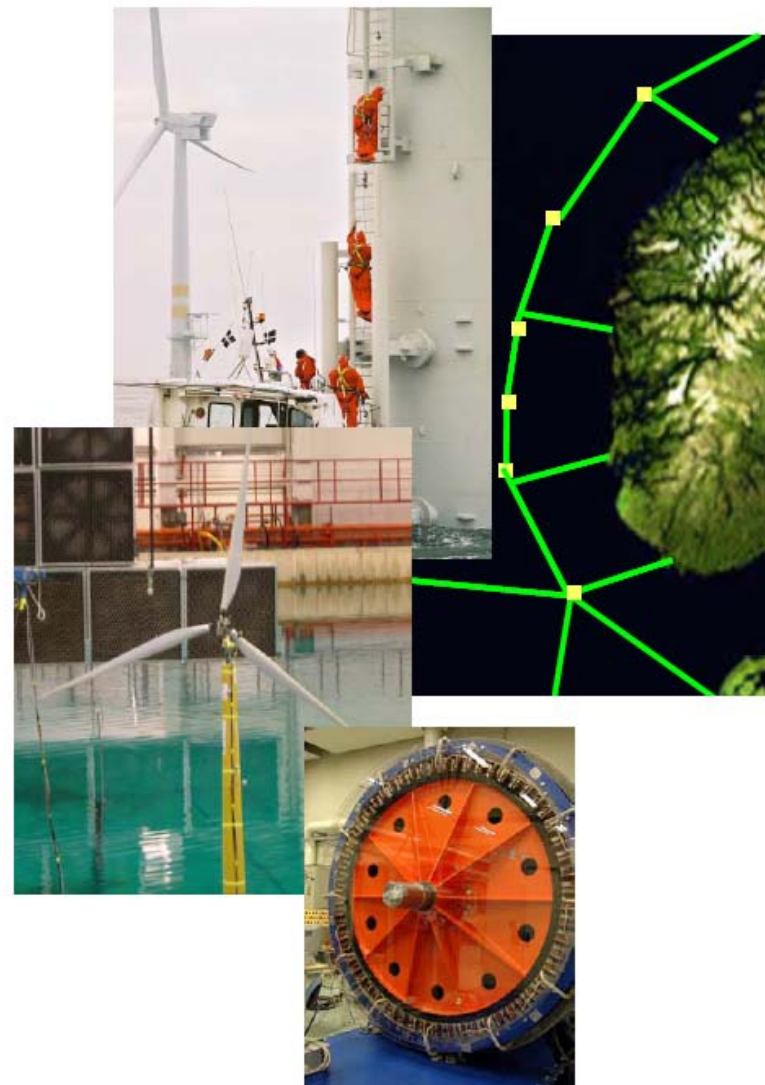
Norsk FoU fokus: Vindkraft til havs

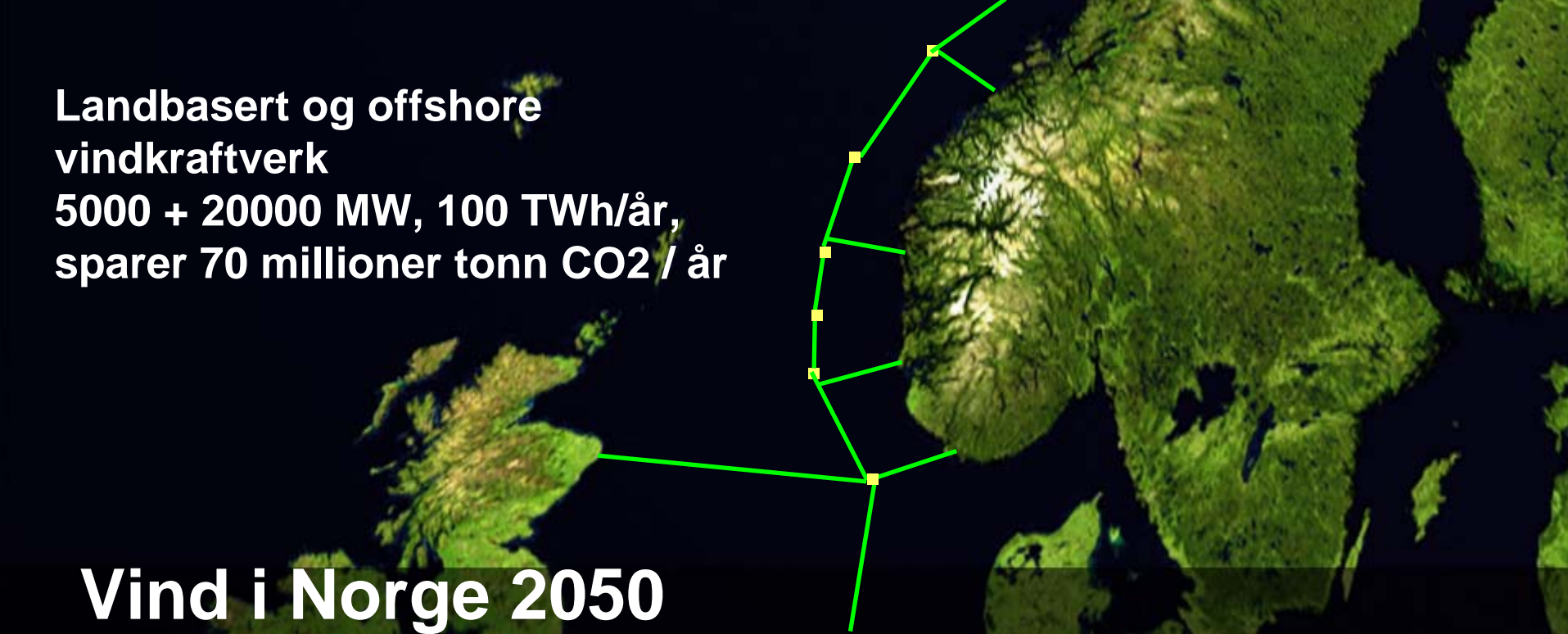
- **Installasjon på dypt vann langt fra kysten:**
 - Ubegrenset potensial og sterk vind
 - Minimale negative miljøvirkninger
 - Konkurransedyktig fornybar energiproduksjon
- **Utfordringer:**
 - Store, lette og sterke vindturbiner (10 MW, 160 m vingespenn ~ to x en jumbo jet)
 - Fundament / flyter (design, installasjon, D&V)
 - Nettilkobling (HVAC, HVDC, multiterminal)
 - Samdrift med kraftsystemet (stamnett, utenlandsforbindelser, tilkobling av olje/gassanlegg)
- **Norske industriaktører:**
 - ScanWind; store vindturbiner
 - StatoilHydro og Sway; flyter konsept
 - Owec Tower; jacket struktur
 - Aker Kværner, Nexans, Devold AMT, Umoe mfl; underleverandører av komponenter og tjenester
 - Statkraft; Lyse mfl; utvikler og drifter vindparker
 - Statnett; system operatør



Senter for Vindkraft FoU (forslag til SFI)

- Fokus: Vindkraft til havs
- Mål:
Utvikling og innovasjon som gir kostnadseffektivitet og verdiskapning
- Partnere (FoU): SINTEF, IFE, NTNU
- Partnere (industri): StatoilHydro, Statkraft, Lyse, Statnett, Umoe, Nexans, ++
- Aktiviteter:
 1. Utvikling av designverktøy
 2. Forbedret design tilpasset havmiljø
 3. Kostnadseffektiv nettilkobling og samdrift
 4. Strategi og teknologi for ankomst, drift og vedlikehold
 5. Eksperimenter og demonstrasjon (HyWind, SWAY, mfl)



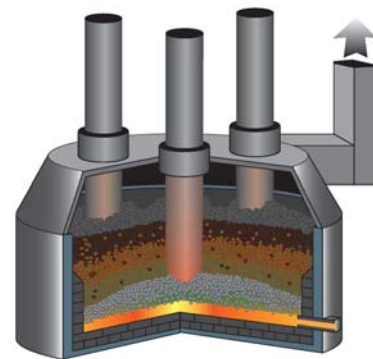


**Landbasert og offshore
vindkraftverk
5000 + 20000 MW, 100 TWh/år,
sparer 70 millioner tonn CO2 / år**

Vind i Norge 2050

- **Offshore vindkraft brukes i stor skala**
- **Offshore transmisjonsnett langs norsk sokkel, koblet til vindparker, olje og gass installasjoner og utenlandsforbindelser**
- **Norske fabrikanter (årlig omsetning +500 MW ~ 10 milliarder NOK)**
- **Markedet er globalt**
- **Kraften brukes til:
eksport / ren energi til ren industri / elektrifisering / transport (elbil)**

**Kraft fra 27 x 3MWs offshore vindmøller
= el til verdens største ovn for Silisium
produksjon i Thamshavn
(40MW kontinuerlig produksjon)
som produserer 30 000 tonn Si/år
10g Si/W_p → 3 GW_p → 3000 GWh/år**



To måter å generere elektrisitet fra solen

solceller og soltermisk kraft



Solceller konverterer sollyset direkte til elektrisitet i et halvleder-materiale (Si)

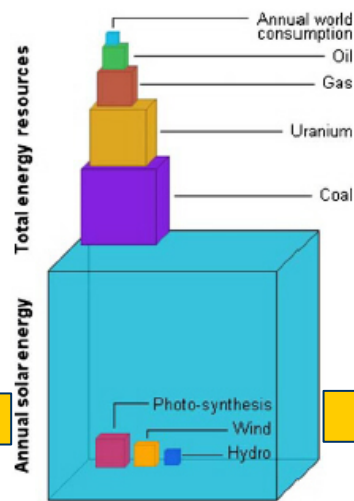
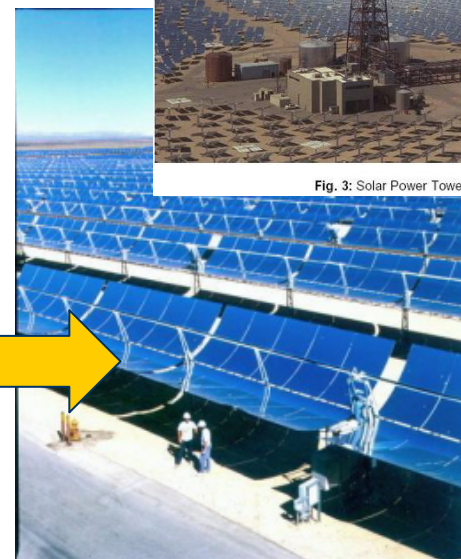


Fig. 3: Solar Power Tower System



Soltermisk teknologi genererer elektrisitet gjennom konvertering av solenergien til varme som driver et varmekraftverk

Internasjonale perspektiver og trender

- solceller

- **> 40% gjennomsnittlig økning siste 10 år!**
- **Marked (2007) totalt 2800 MWp installert kapasitet**
 - Tyskland, Japan, USA (California) største markeder
 - Sør-Europa; Italia og Spania sterk vekst
- **Akkumulert global installert kapasitet:**
 - ~9 GW, > 9000 GWh produsert kraft årlig
- **Insentiver**
 - Tyskland 0,37-0,54 €/kWh
 - Italia, Hellas, Spania 0,23-0,50 €/kWh
 - California 0,39 \$/kWh
 - Norge ?????



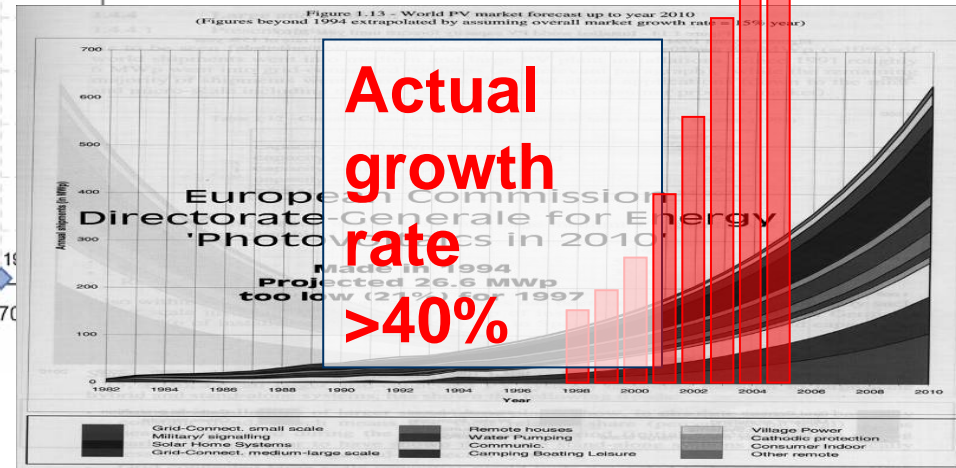
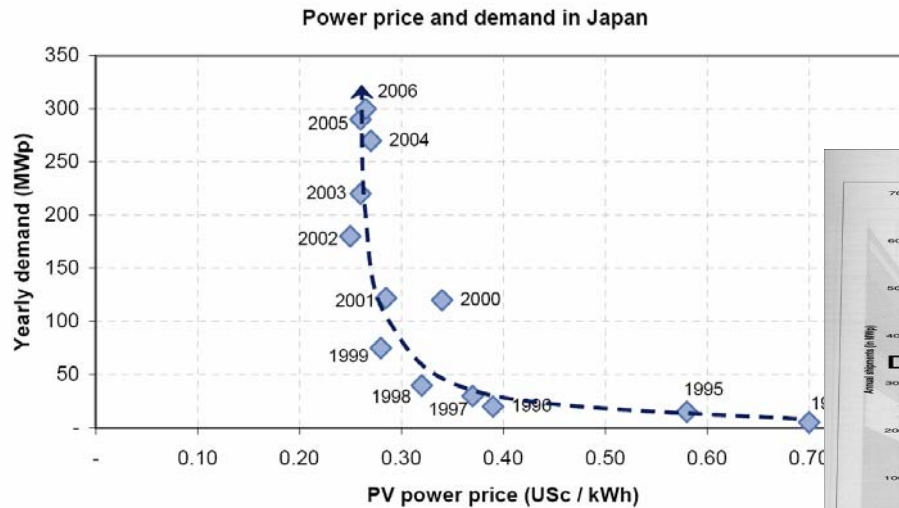
Generelle internasjonale trender – solceller

- Over 90 % av generert solstrøm leveres på nett i dag
- Over 2 milliarder mennesker har ikke tilgang på elektrisitet – stort potensial for solceller i ikke-nettilkoblede områder (energiens mobiltelefoni)
- Kapitalen har sett mulighetene!
- Veksten vil akselerere gitt gode betingelser og akseptabelt rentenivå

*Vi er bare i begynnelsen av
en sol-revolusjon....*



Hvorfor solcellefeber nå??



- Inntil nå politisk støtte og subsidier – industrien står snart på egne bein!
- Virkelig kostnad for produksjon av solstrøm var i 2007 25USc/kWh
⇒ Solstrøm er konkurransedyktig m/ 5-10% av OECD's husholdningsstrøm.
- Sannsynlig kostnad i 2010: 10-15 USc/kWh
⇒ Konkurransedyktig med 50% av OECD's boligstøm!

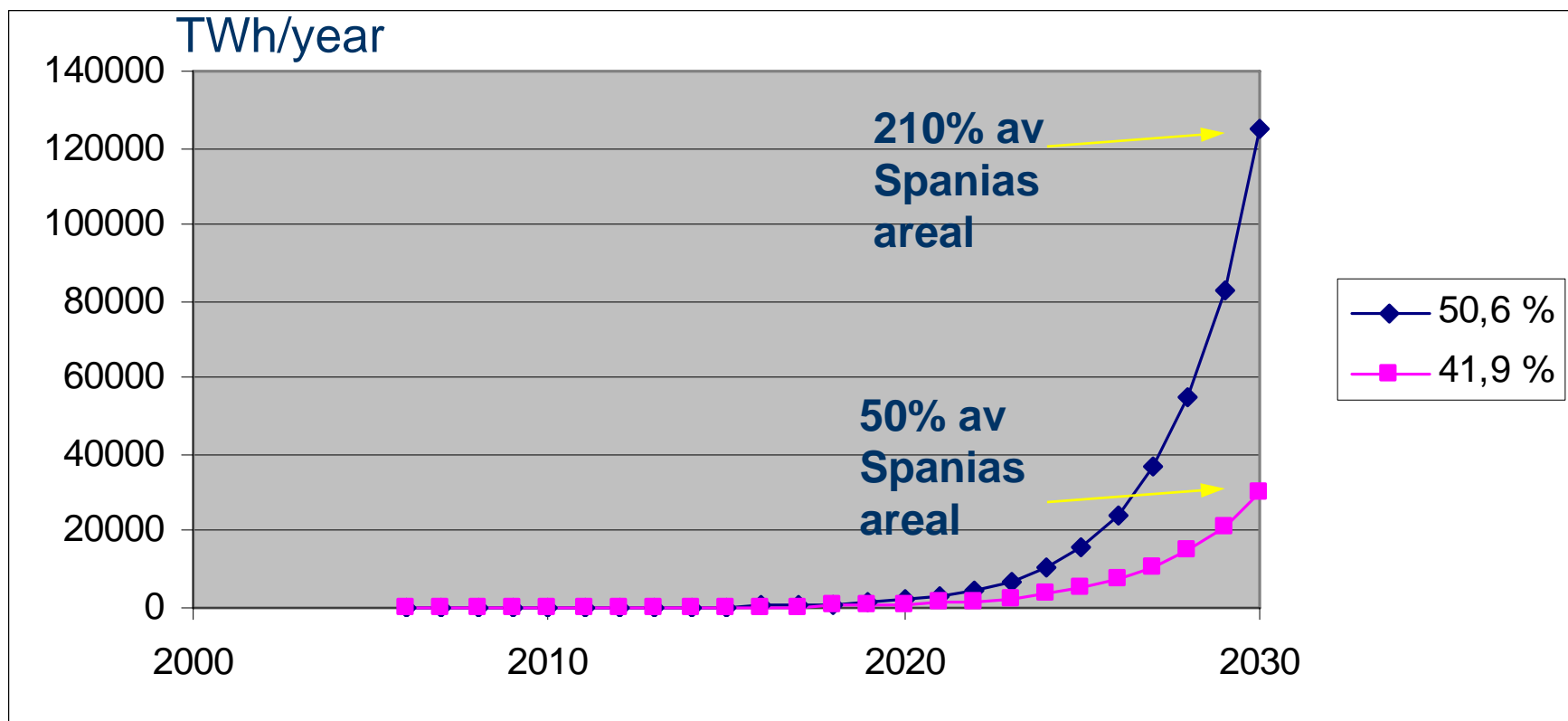
Source Photon International/DnB NOR

Vekst i installert solcellekapasitet for å dekke:

a) Verdens totale energibruk in 2030: 50.6%

b) Verdens totale elektrisitetsbruk i 2030: 41.9%

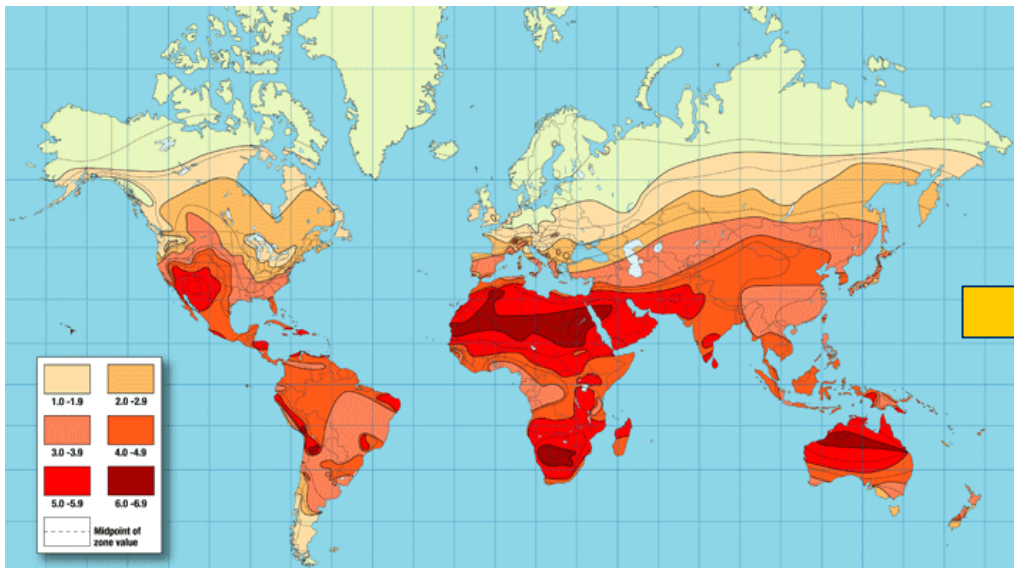
Ref IEA World Energy Outlook, Alternative Scenario



Graf: S. Aam

Det norske perspektivet

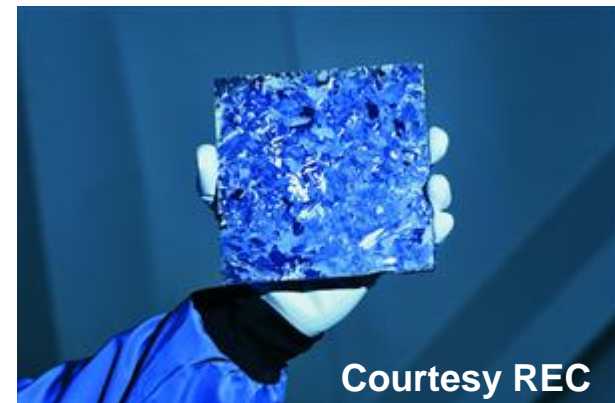
Solen skinner også i Norge! MEN.....



Solceller i Norge fremst = Verdiskapning

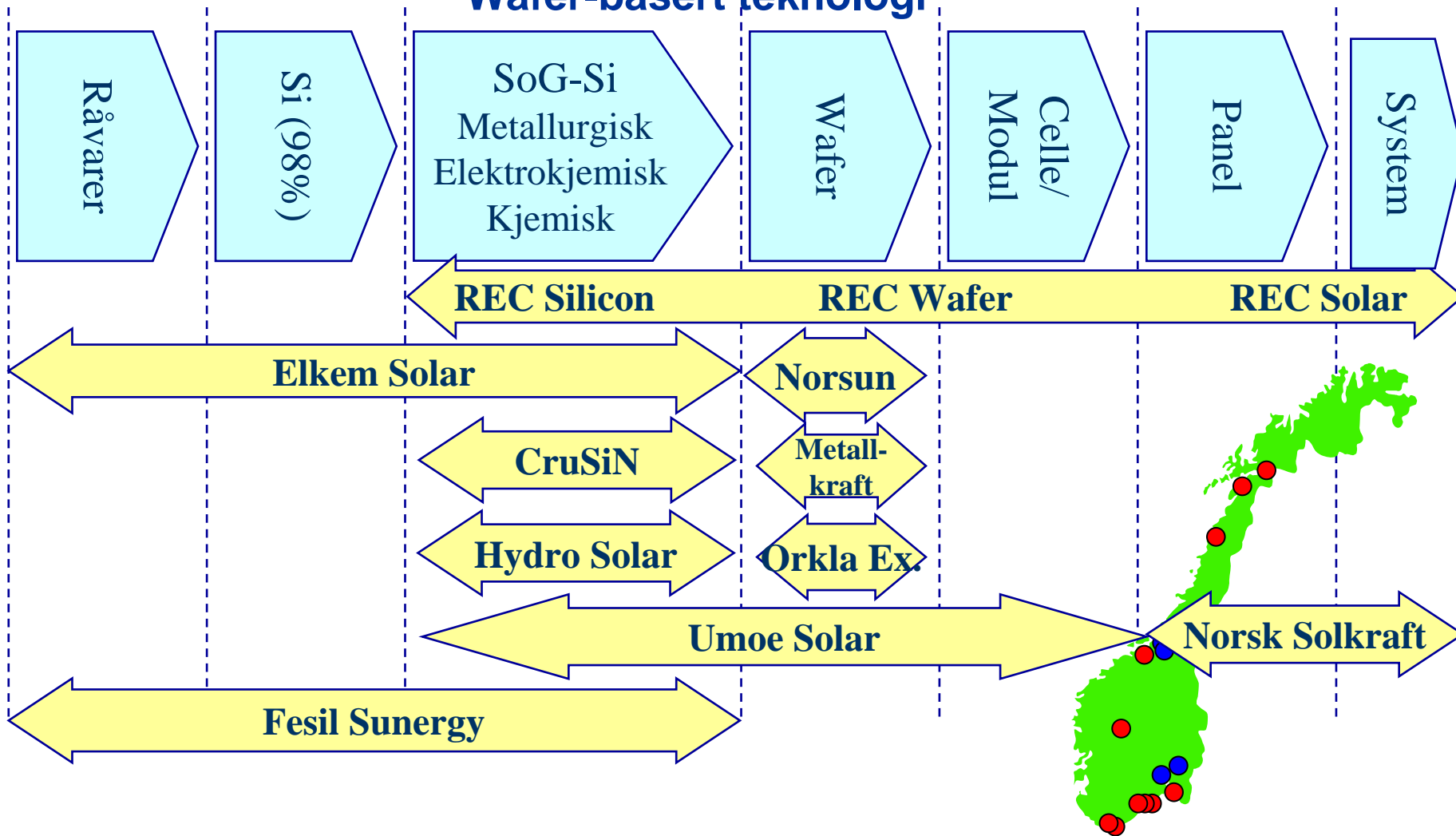
Den norske industrien

- Raskt voksende industri med mange nye bedrifter etablert og under etablering
- I børsværdi ikke langt unna norsk aluminiumindustri
- Store investeringsprogrammer:
 - REC
 - Elkem Solar
 - NorSun
- Spinoff-bedrifter og mange bedrifter med kjerneteknologi fra SINTEF



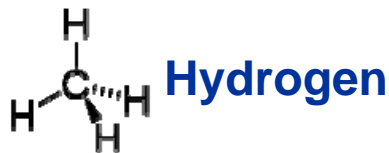
Norske aktører – sterkest oppstrøms i solcelleverdikjeden!

Wafer-basert teknologi



Fornybar energi-multiplikasjon og eksport!

Hvorfor det er lurt å produsere Si til solcelleformål i Norge

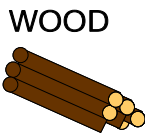


Karbon

Verdensledende på Energigjenvinning!



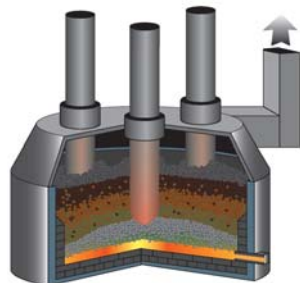
CO₂-fri
Elektrisitet



Bio-karbon



Kvarts



Silisium

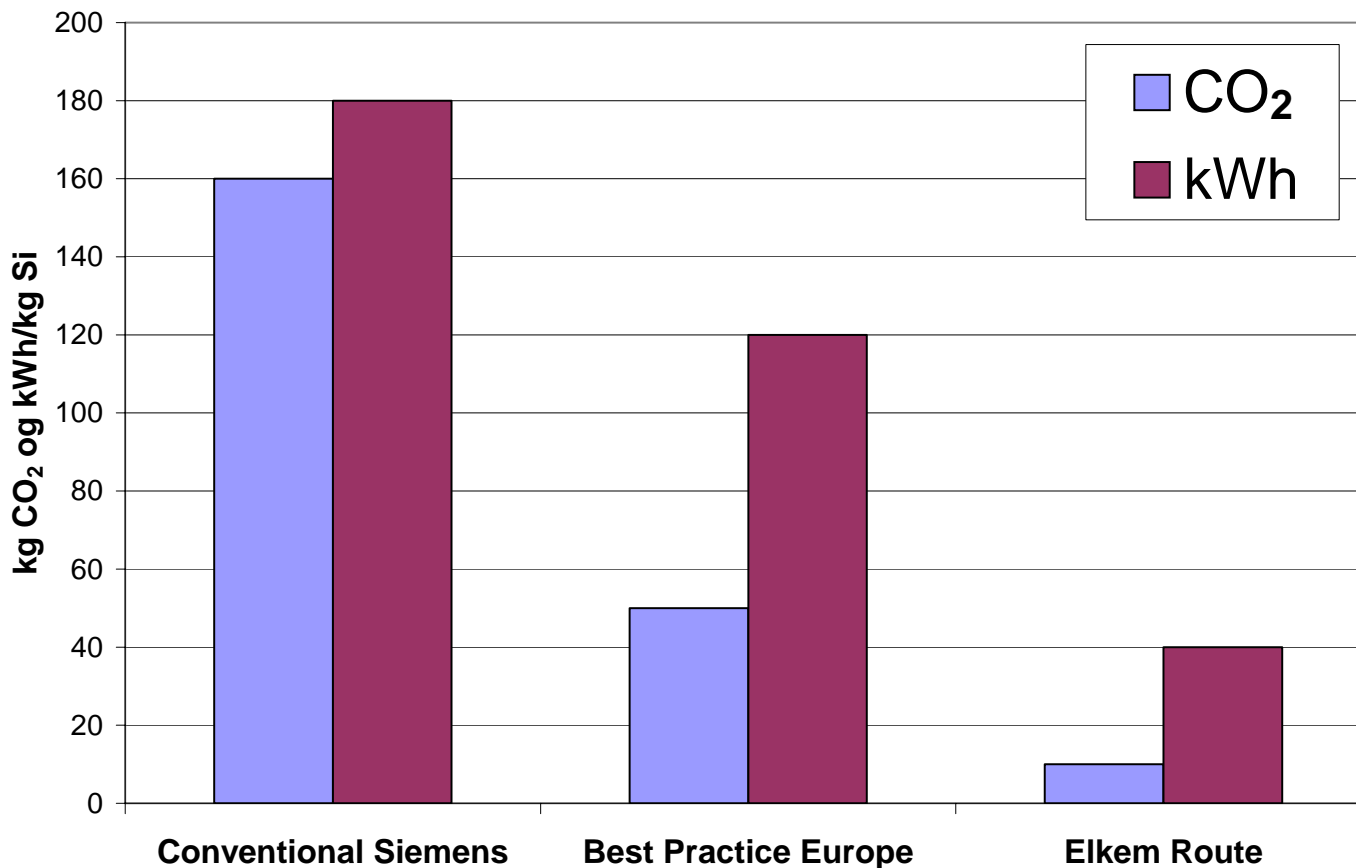


Solcellematerialer
for energi
eksport, 20-40 x
mer energi
produert enn
brukt !!

CO₂

CCS

CO₂- og energi regnstykket for solcellesilisium



- Energitilbakebetalingstid nå ~18 måneder, med UMG Si metall 2-4 måneder
- CO₂ utslipp kullkraft ~1kg/kWh, PV med konv. Siemens <200 g/kWh

Teknologi drivere – viktige forskningsområder

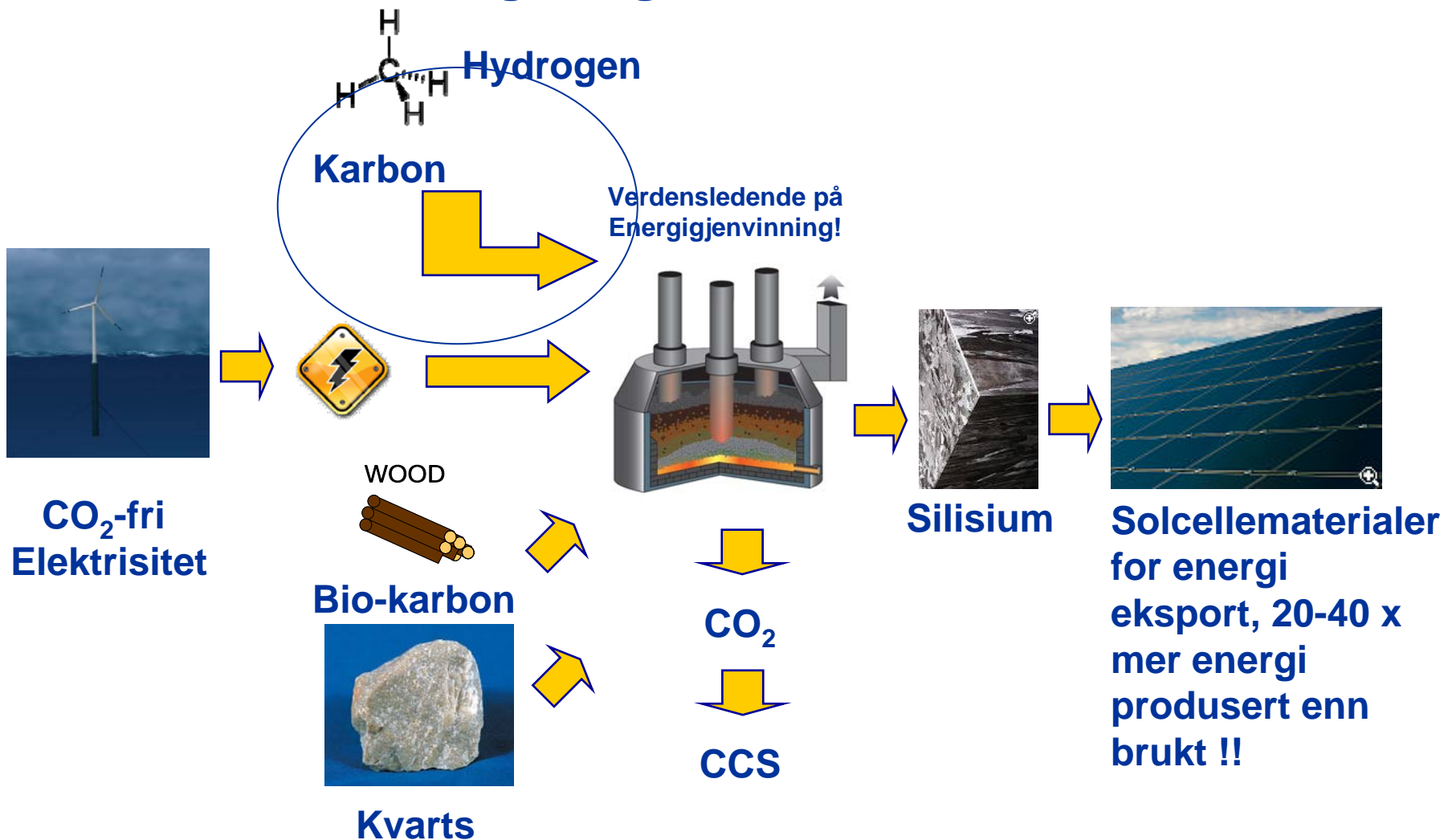
- **Pris Reduksjon på Solstrøm**
 - *Billigere/mindre materialer og bedre prosesser*
- **Høyre Effektivitet på Solceller**
 - *Materialer, prosessteknologi, lys-innfanging*
- **Byggings og and Samfunnsintegrasjon**
 - *Design, samarbeid og lovgivning*



W/m²



Men silisium produksjon trenger fortsatt fast karbon! Kan du gi meg noe her Mimmi???



Hvorfor biodrivstoff?

- Økt forsyningssikkerhet og diversifisering av energimiks
- Forsterket nyskaping og utvikling i landbrukssektoren og assosierte bransjer
- Mulig reduksjon i drivhusgassutslipp



Forskjellige former for biodrivstoff

■ Første generasjon

- F. eks. bioetanol og biodiesel produsert fra sukker-, stivelse- eller oljerike planter
- Kommersiell produksjon forekommer



■ Andre generasjon

- F. eks bioetanol og biodiesel produsert fra lignocellulose holdig biomasse
- Kommersiell produksjon snart (5 år?)



Biodrivstoff produksjon og bruk

Table 1. Top Five Fuel Ethanol Producers in 2005

	(million liters)
Brazil	16,500
United States	16,230
China	2,000
European Union	950
India	300

Source: Christoph Berg

Bioetanol: ca 36 milliarder liter

Table 2. Top Five Biodiesel Producers in 2005

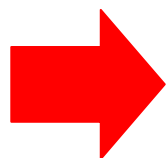
	(million liters)
Germany	1,920
France	511
United States	290
Italy	227
Austria	83

Source: F. O. Licht

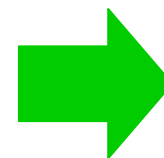
Biodiesel: ca 3 milliarder liter

Den totale biodrivstoff produksjonen i 2005 utgjorde **1.1** milliarder GJ

Fossil drivstoff produksjon i 2005 utgjorde **115,6** milliarder GJ

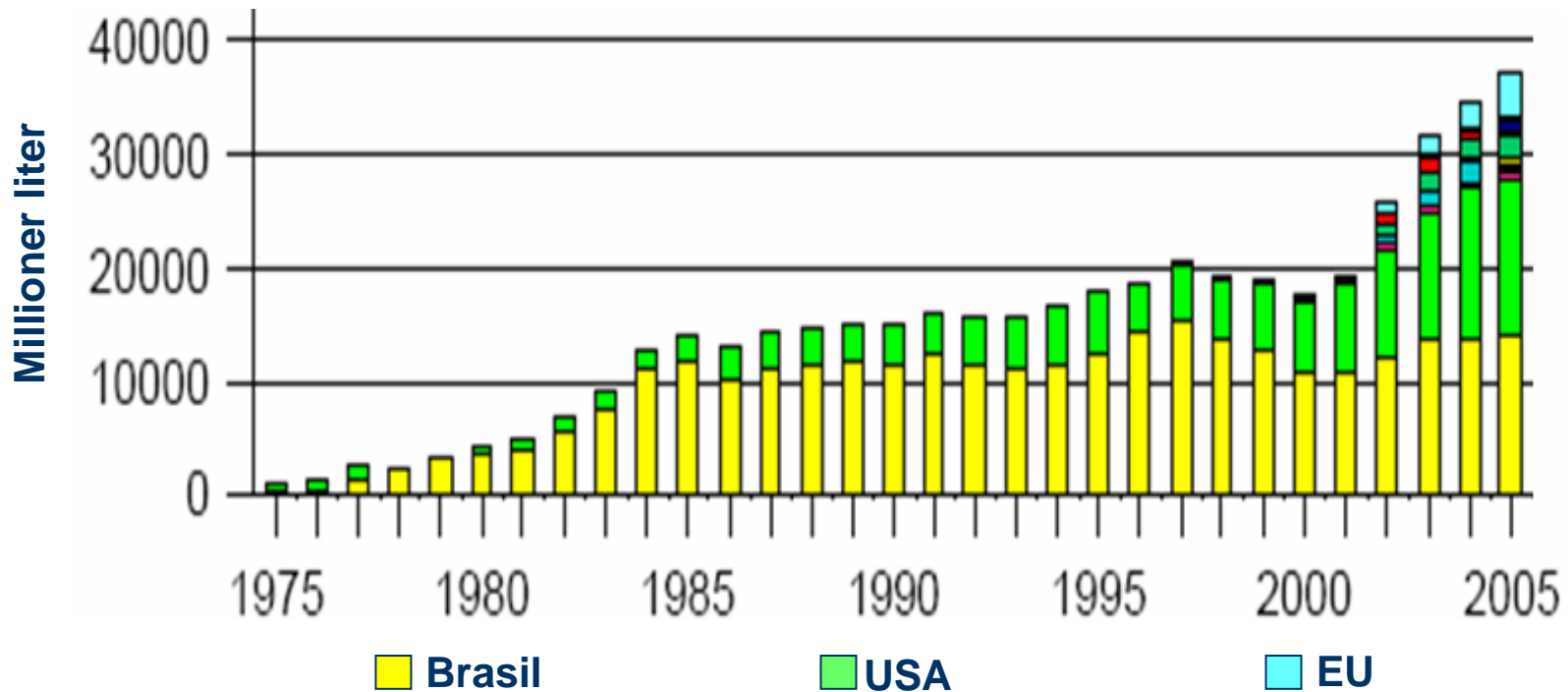


Biodrivstoff utgjorde i 2005 ca 1% av energien bukt for transport



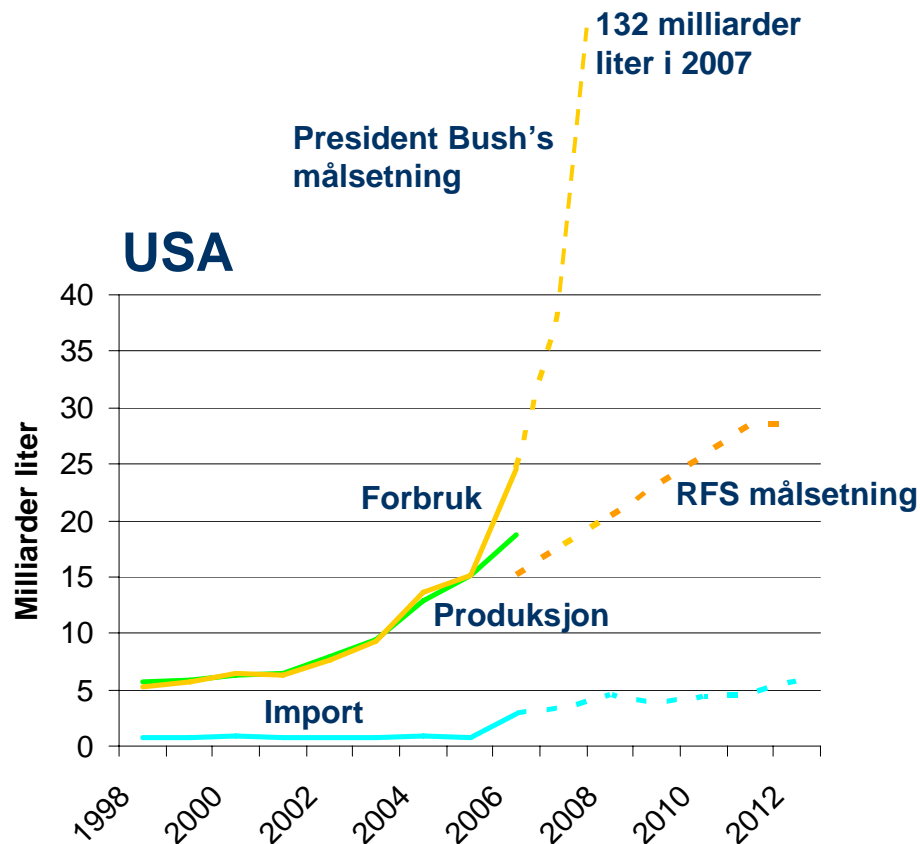
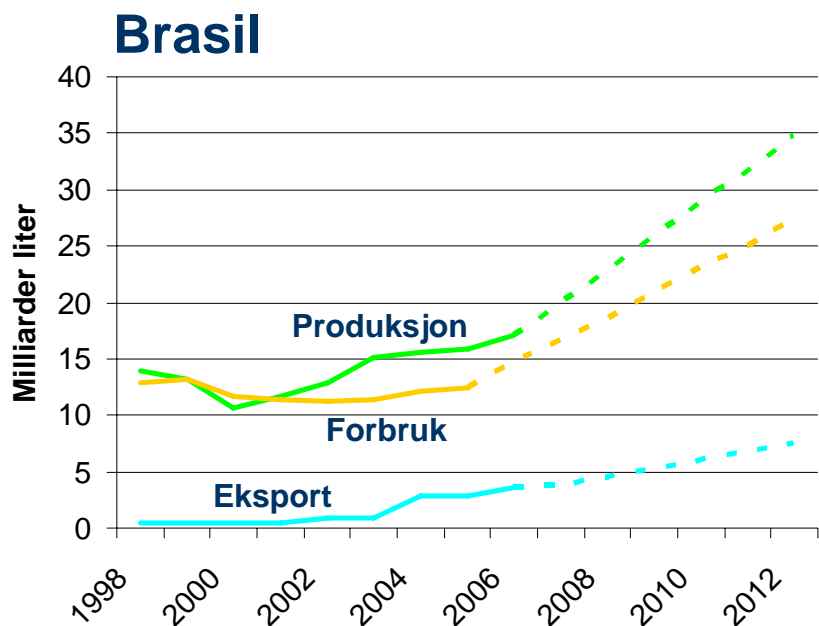
IEA: Kan være 7% i 2030

Bioetanol produksjon



Kilde: F.O. Lichts

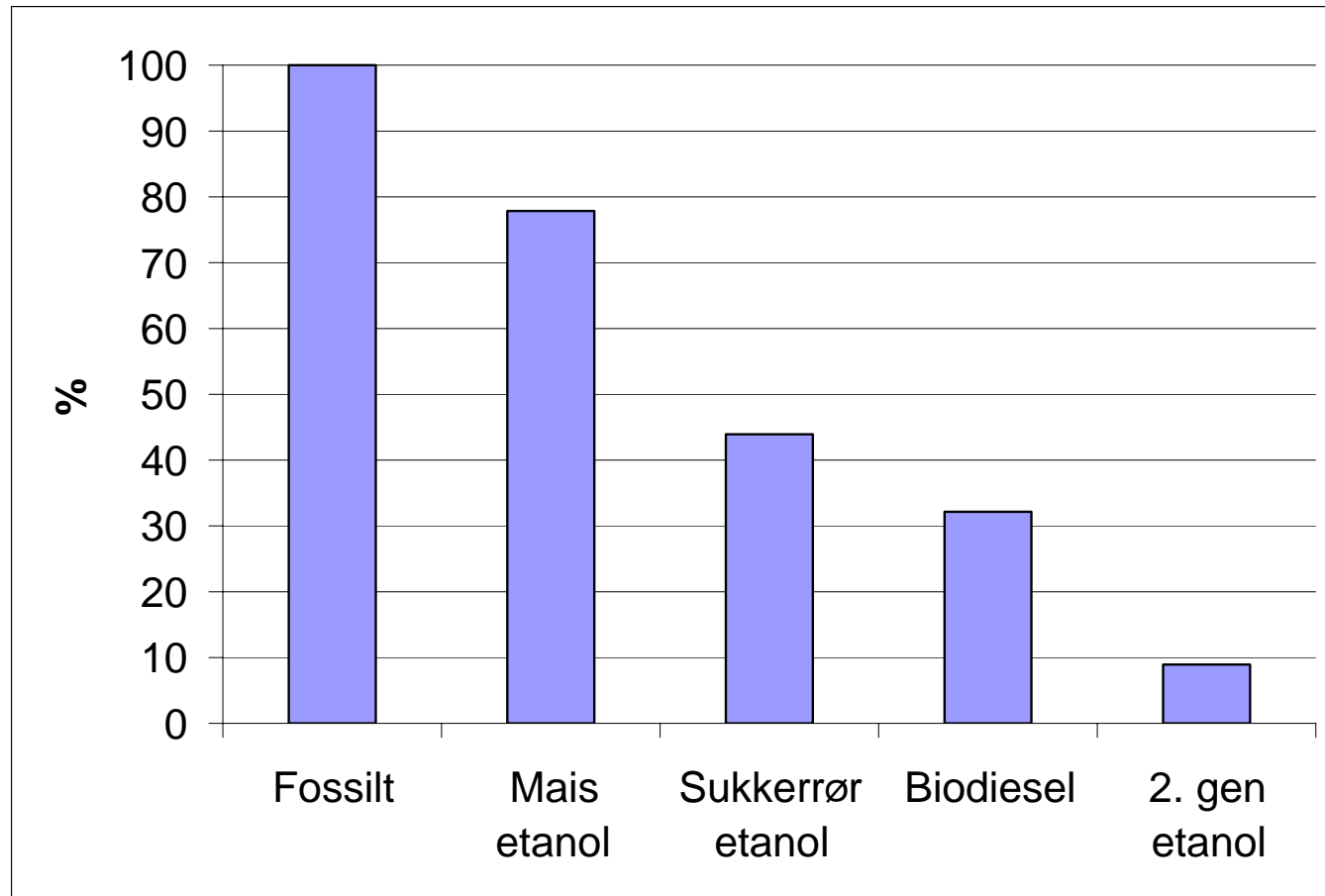
Bioetanol produksjon – fremtidig projeksjon



RFS = Renewable Fuels Standard

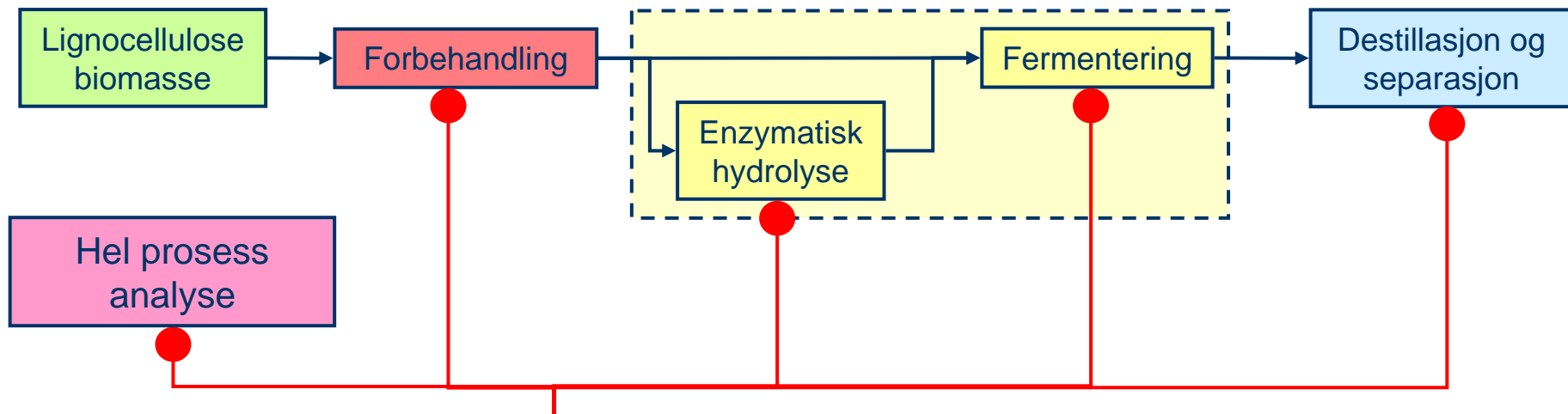
Klide: ICONE

Mulig reduksjon drivhusgass utslipp



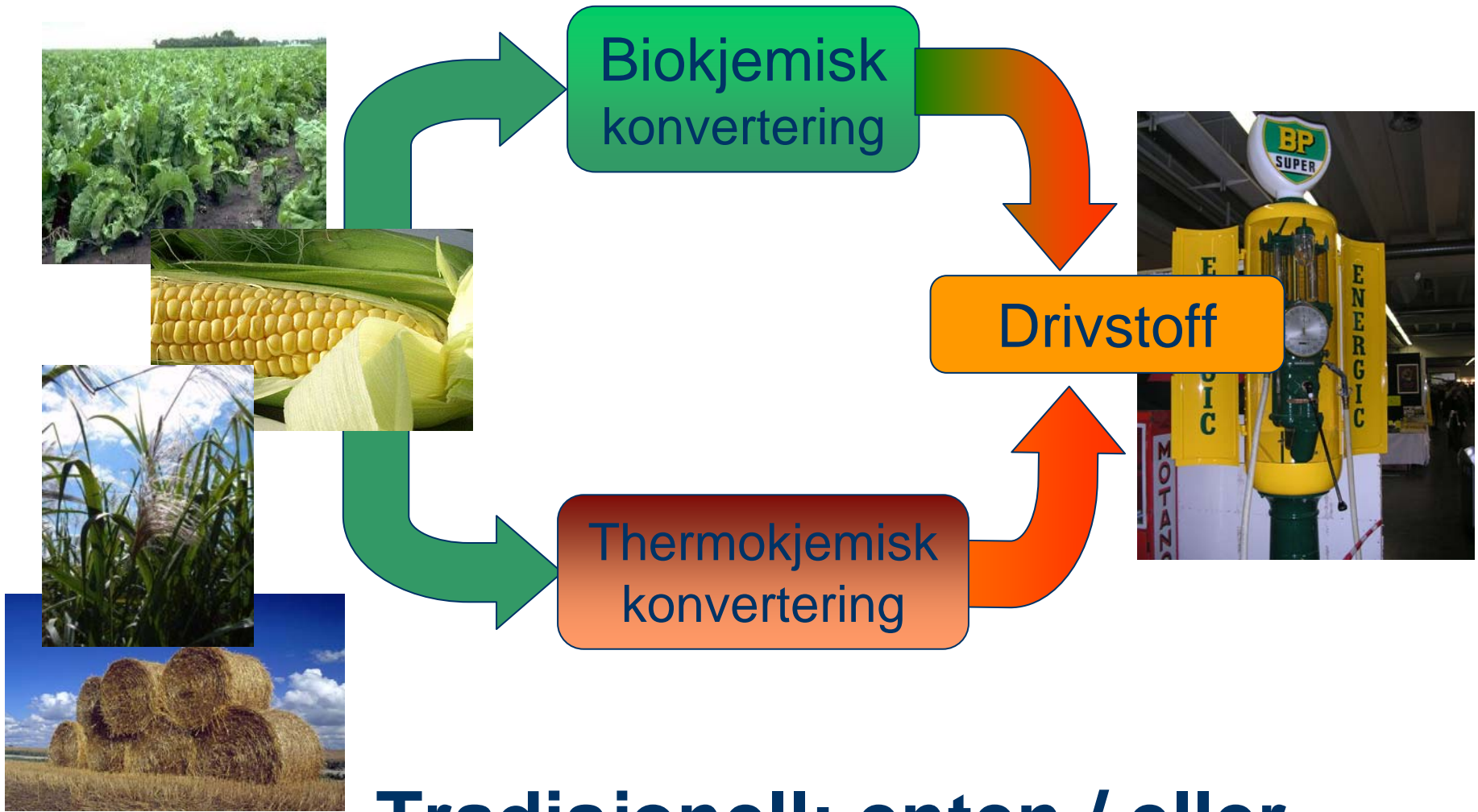
Andre Generasjon Bioetanol Produksjon

- Hovedprosessteg for andre generasjon bioetanol produksjon



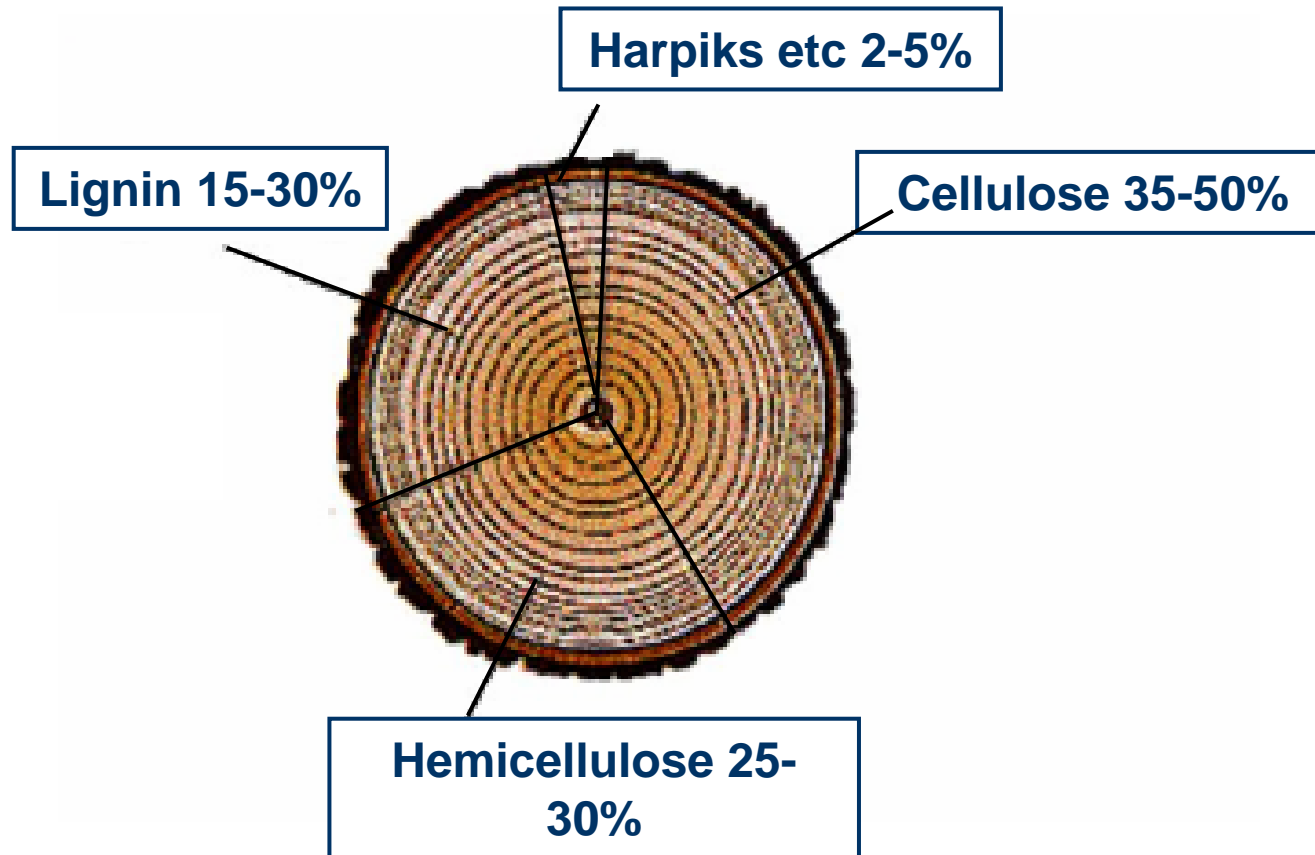
Evaluering av bioraffineri konseptet

Bio-drivstoff produksjon

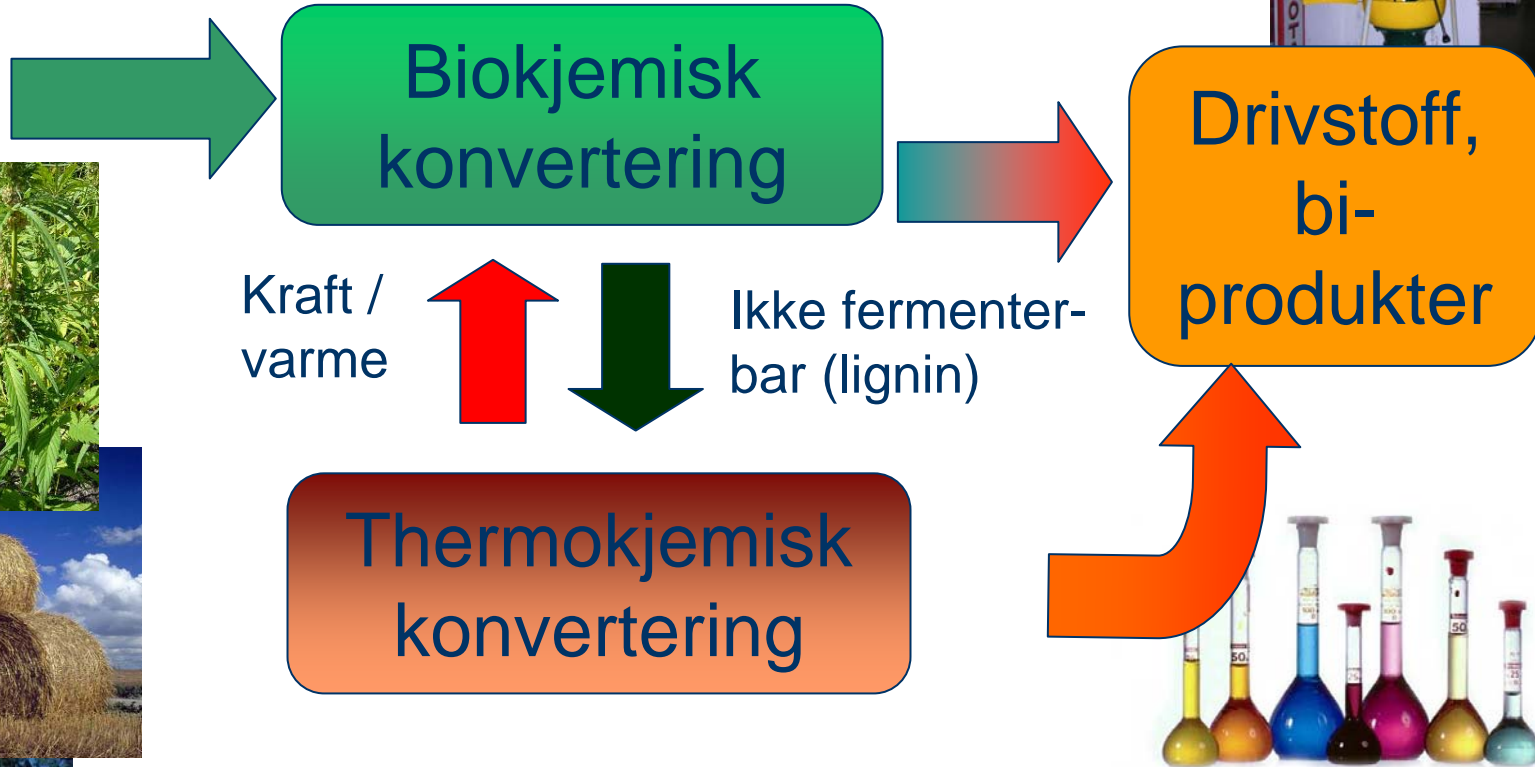


Tradisjonell: enten / eller

Råstoff for bio-raffineri (lignocellulose basert)

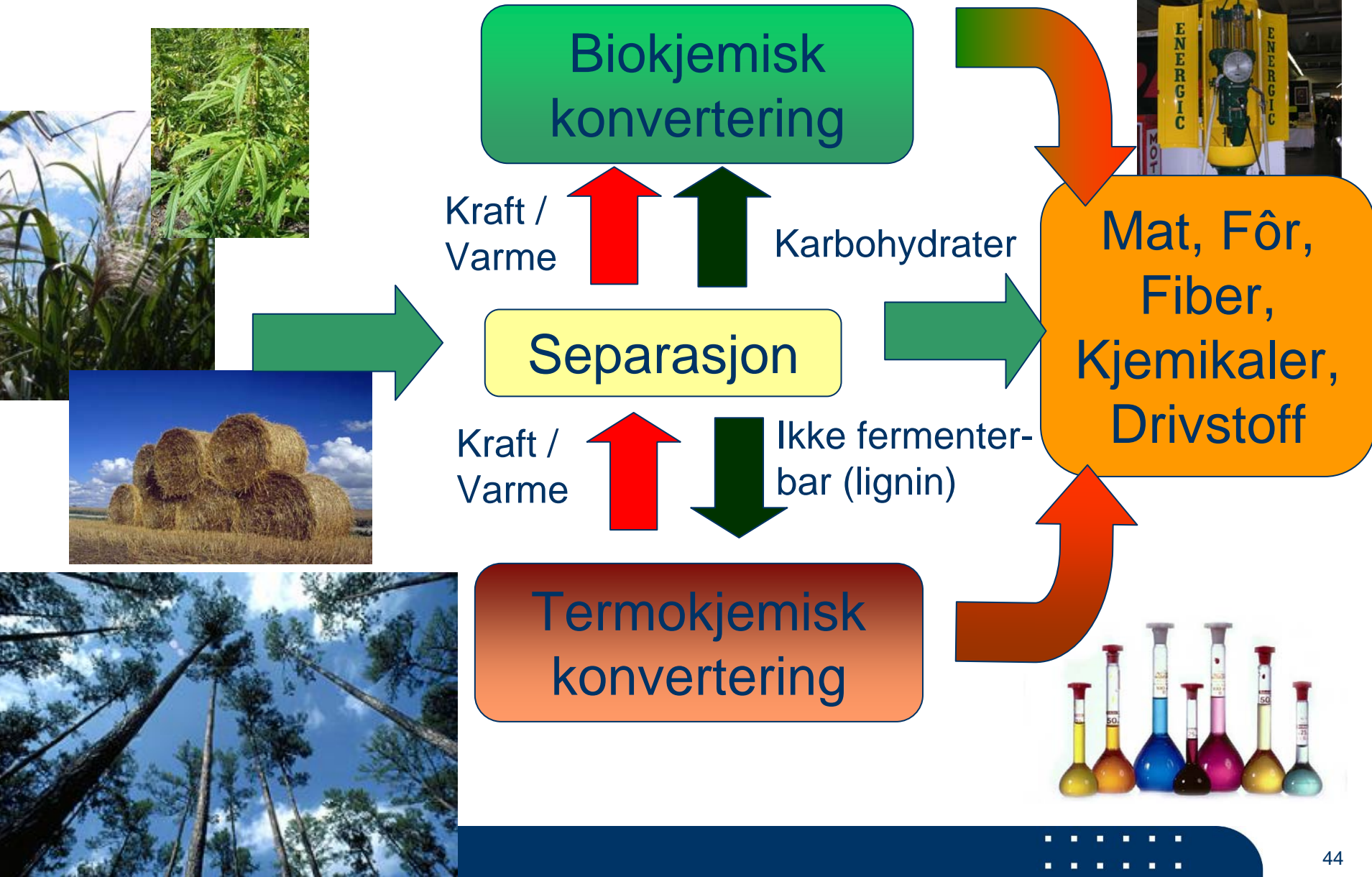


Ny tenking bio-raffineri

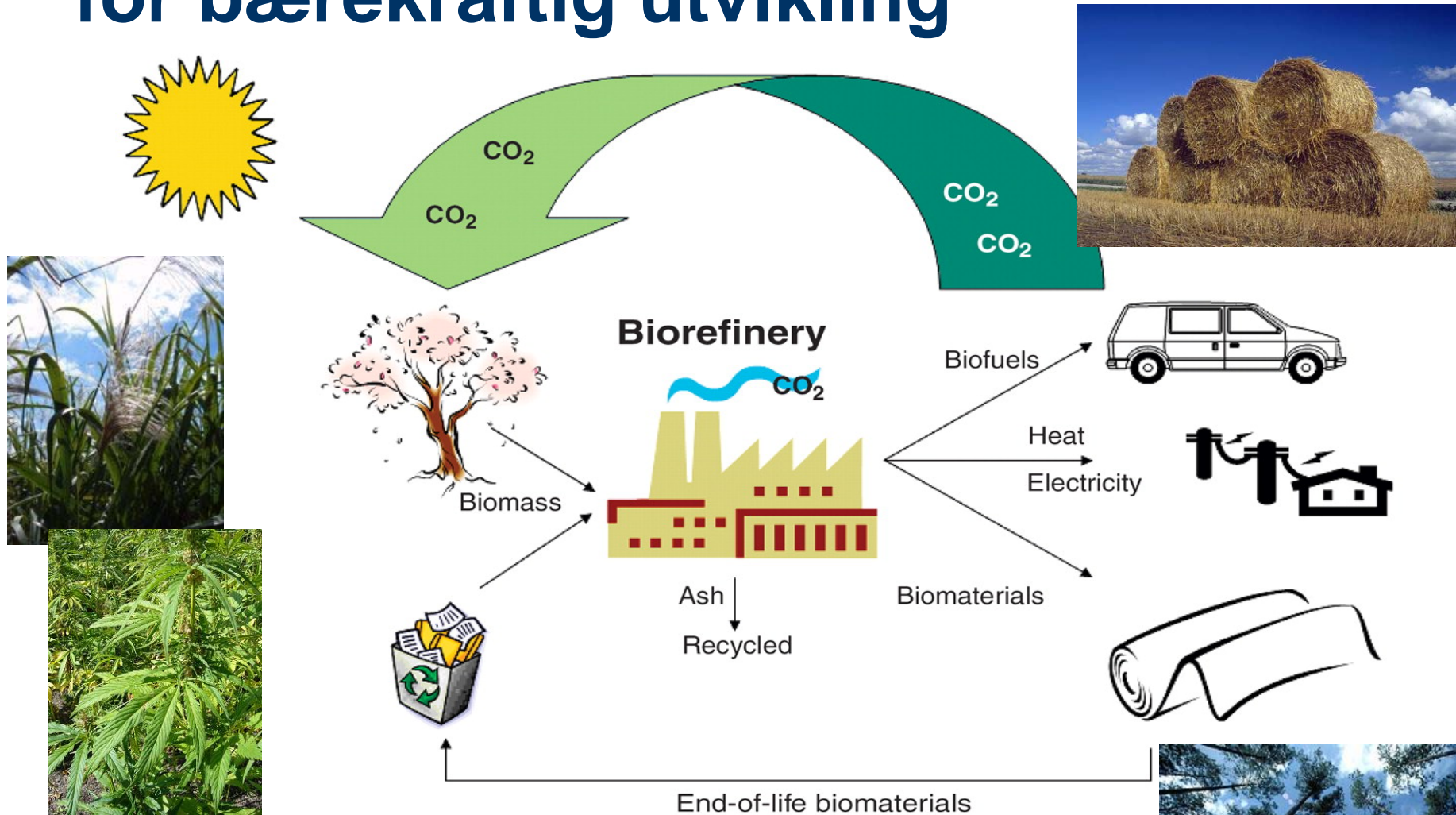


Maksimer effektivitet og utnyttelse

Bio-raffineri: biomasse den nye oljen?



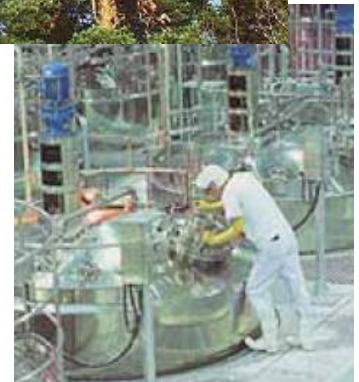
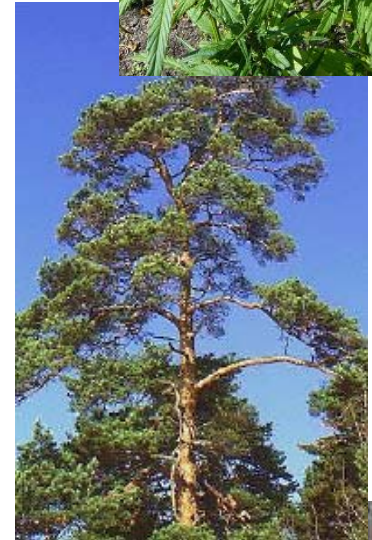
Integrert Bio-raffineri for bærekraftig utvikling



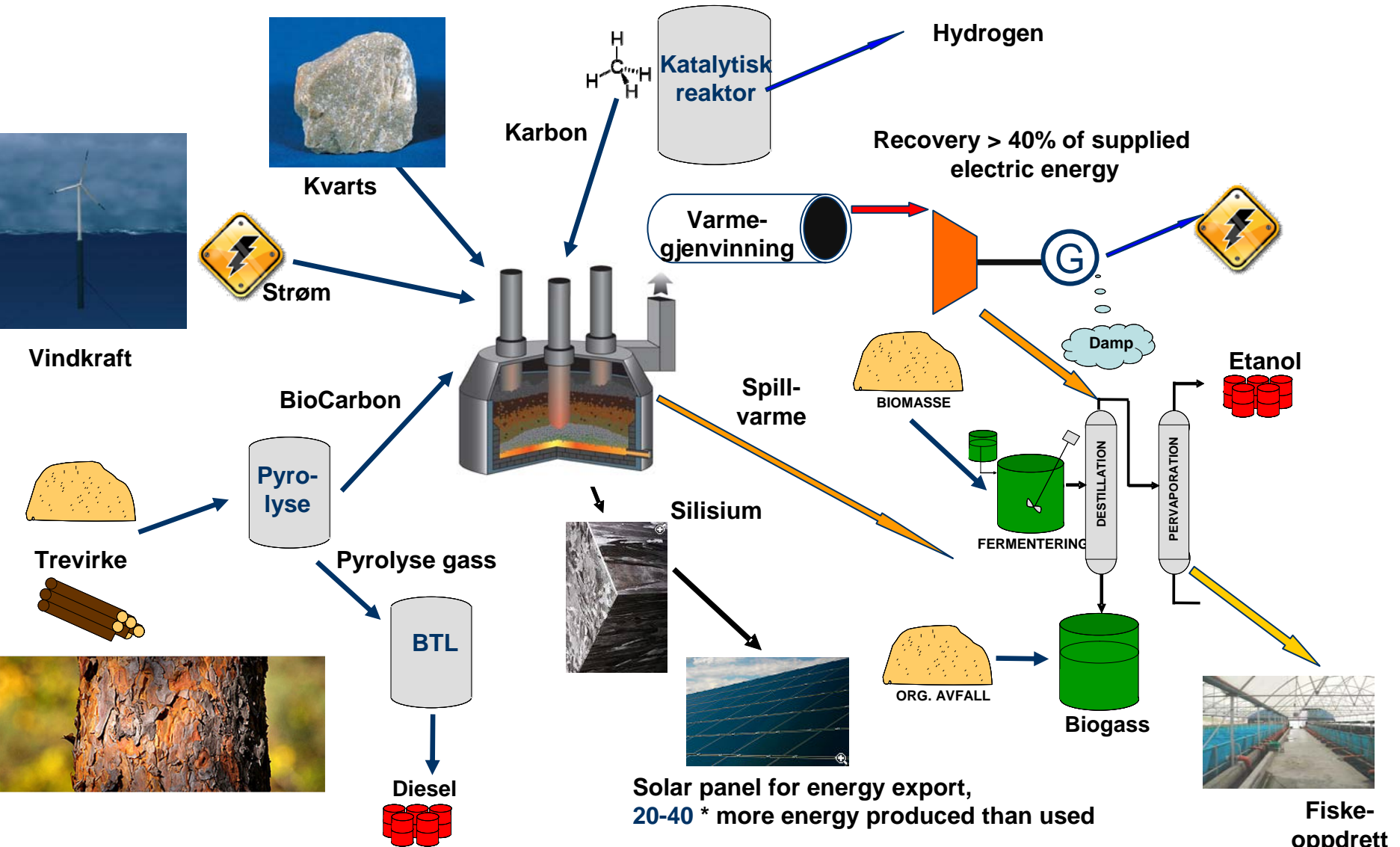
The forest refinery, Myerly et.al., ChemTech 1981
Integrated Biorefinery Concept for Sustainable Technologies
A. J. Ragauskas et al., Science 311 (2006) 484

Veien til en grønn energinasjon

- Skaffe gunstige og forutsigbare rammebetingelse til industrien
 - Investering i ny teknologi
 - Investeringer i energi innsparingstiltak
- Langsiktighet har gjort oljeutvinning mulig
- Mye generisk kunnskap fra olje/gass kan anvendes i utvikling av fornybar energi



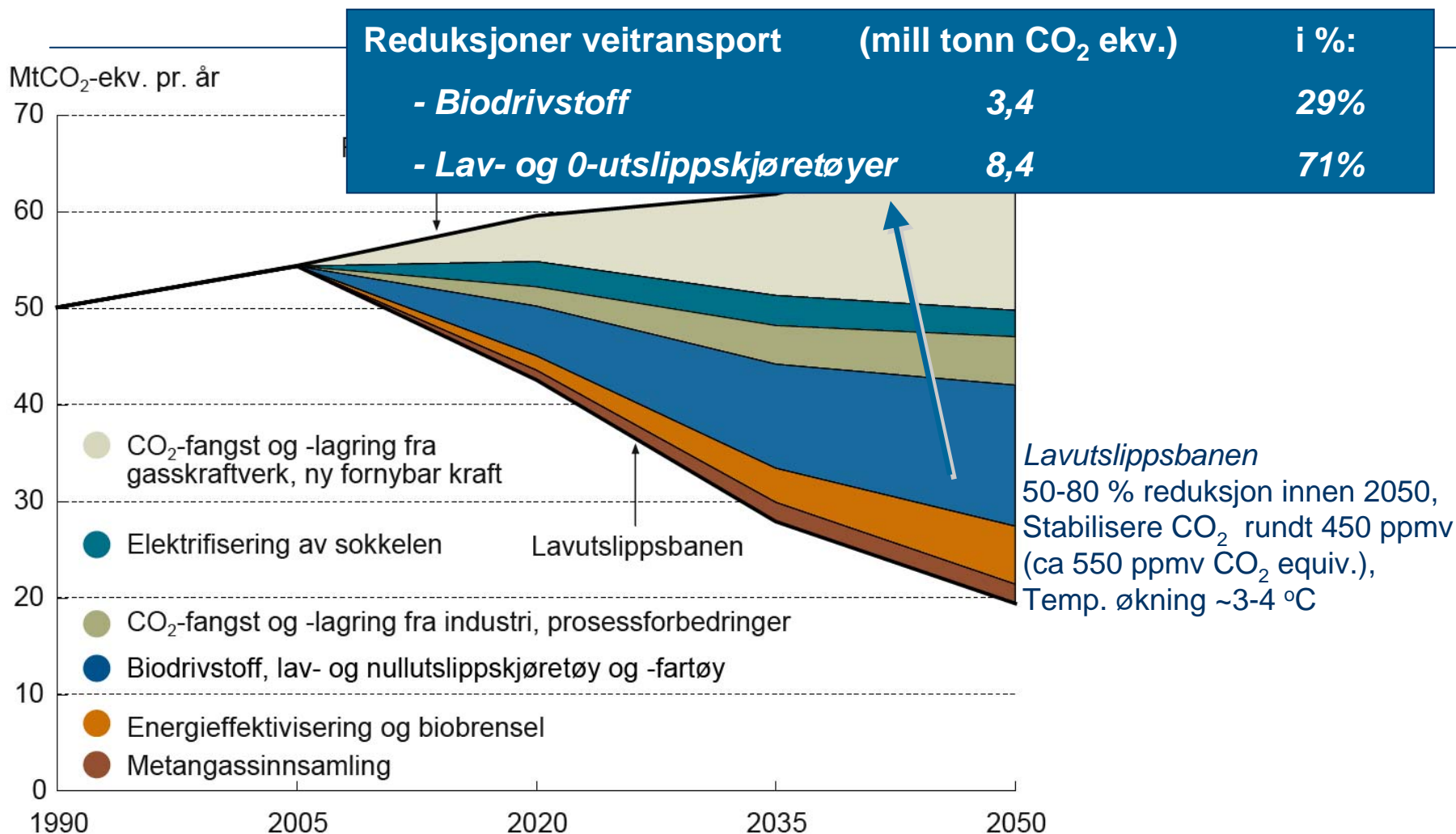
Energien's Verdikjede



Norges integrerte energifremtid

- Utnyttelse av samspill og synergi mellom ulike kilder og bærere
 - distribuert = CO₂-nøytral
 - stasjonær = CO₂-fangst & lagring
- En helhetlig system for optimal utnyttelse må utarbeides
- Fornybar energi som komplementære energisystemer
 - Vind / vannkraft og bio-energi
 - El-kraft; H₂ og bio-drivstoff
 - Bio-masse og solstrøm
- Det finnes ikke noe fasitsvar på hvilken energibærer som er best

Transport: 37% av CO₂ utslipp



Kilde: Lavutslippsutvalget

Alternative teknologier og drivstoff for utslippsreduksjon

■ Forbedret effektivitet (Eksisterende og ny teknologi)

- Forbrenning
 - Batterier
 - Brenselceller
- } *Hybrid teknologi*

■ Hybrid kjøretøy

- På lang sikt ~ 40% forbedring i drivstofføkonomi, (plug-in)

- USA: 1% markedsandel i 2005

(Toyota 61%, Honda 30%, Ford 5%, GM 4%)

- Fordeler, California (Air Resource Board):

- Avgiftsreduksjon (US\$ 2000)
- "Clean Air Vehicle Stickers"
> 45 miles/gallon (CNG, H₂ og el-biler)

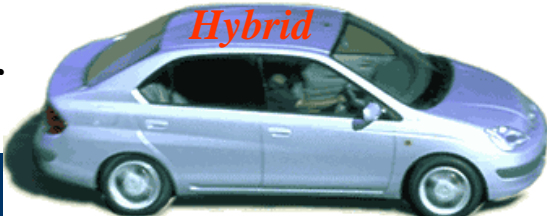
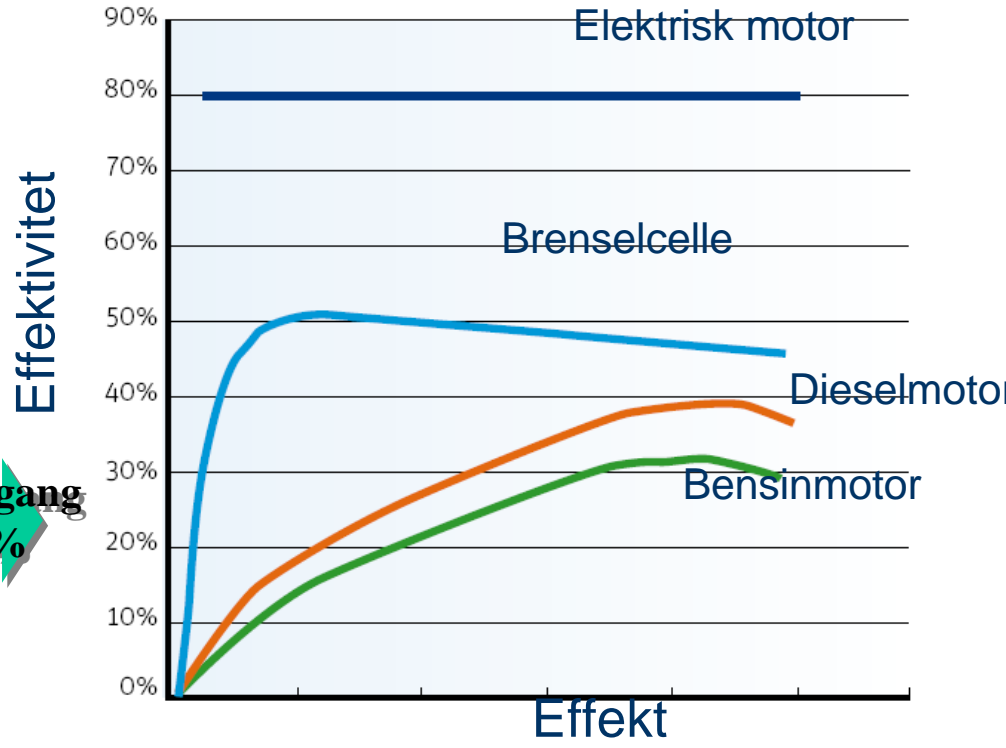
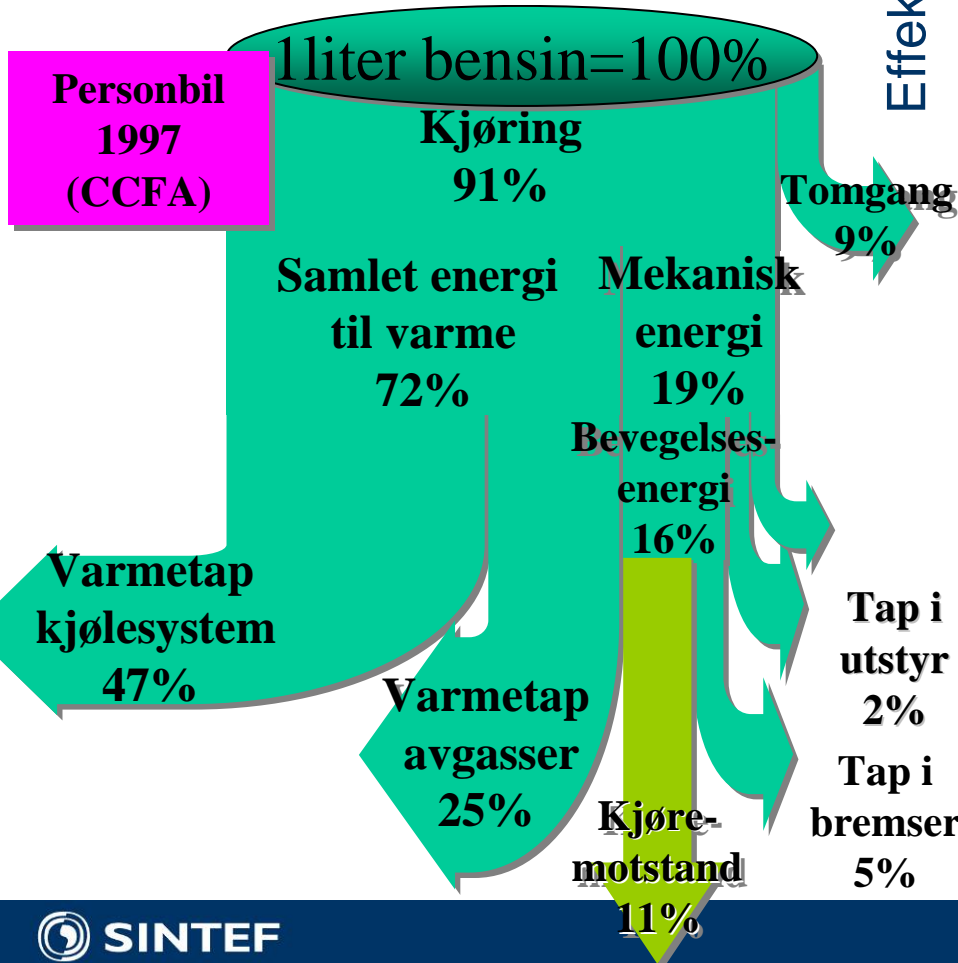
■ Alternative drivstoff

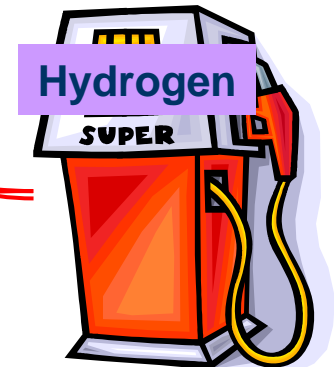
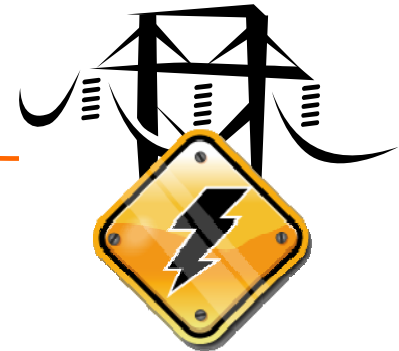
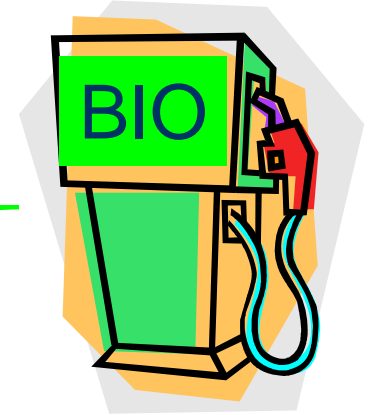
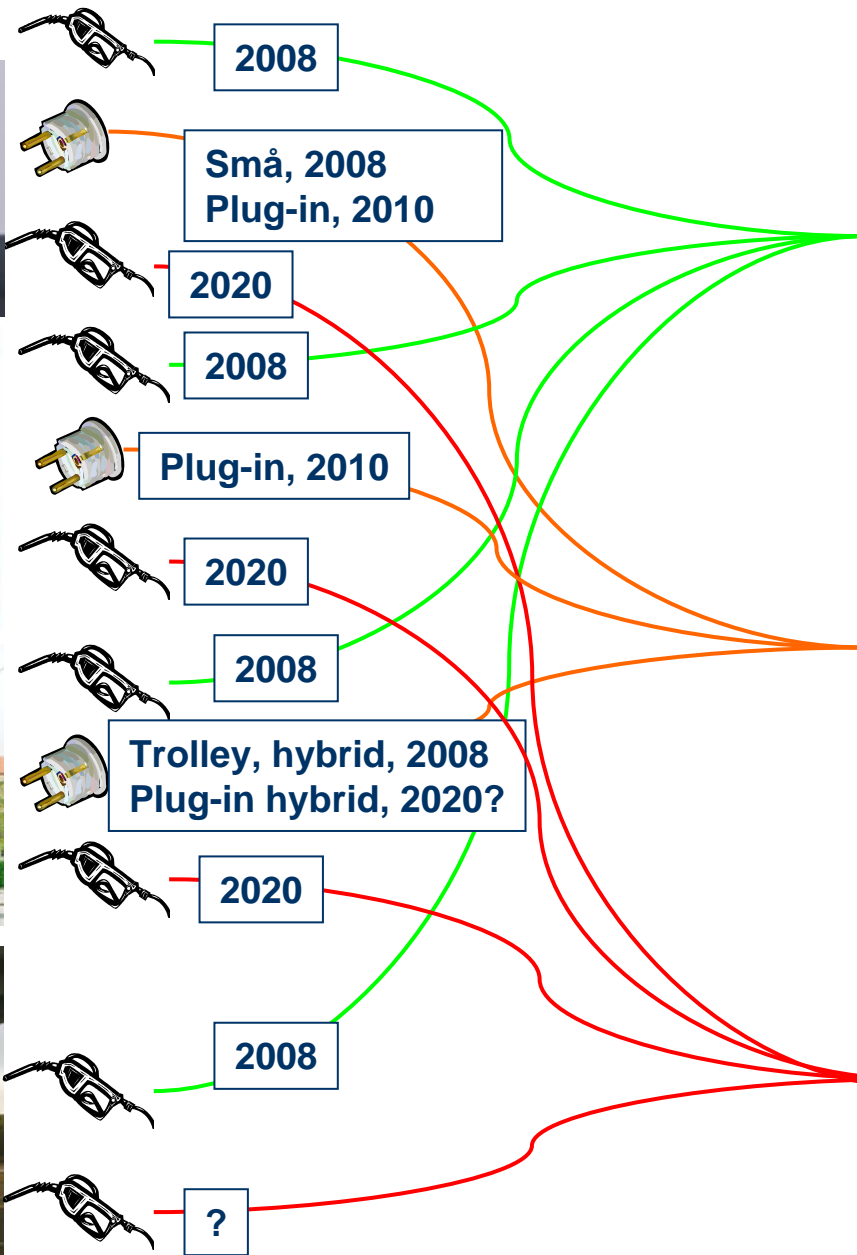
- Etanol
- Biodiesel
- Hydrogen
- NG/LNG
- LPG
- DME

} *Hytan*



Effektivitet, „tank-til-hjul“

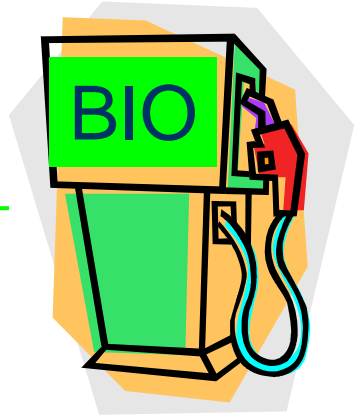




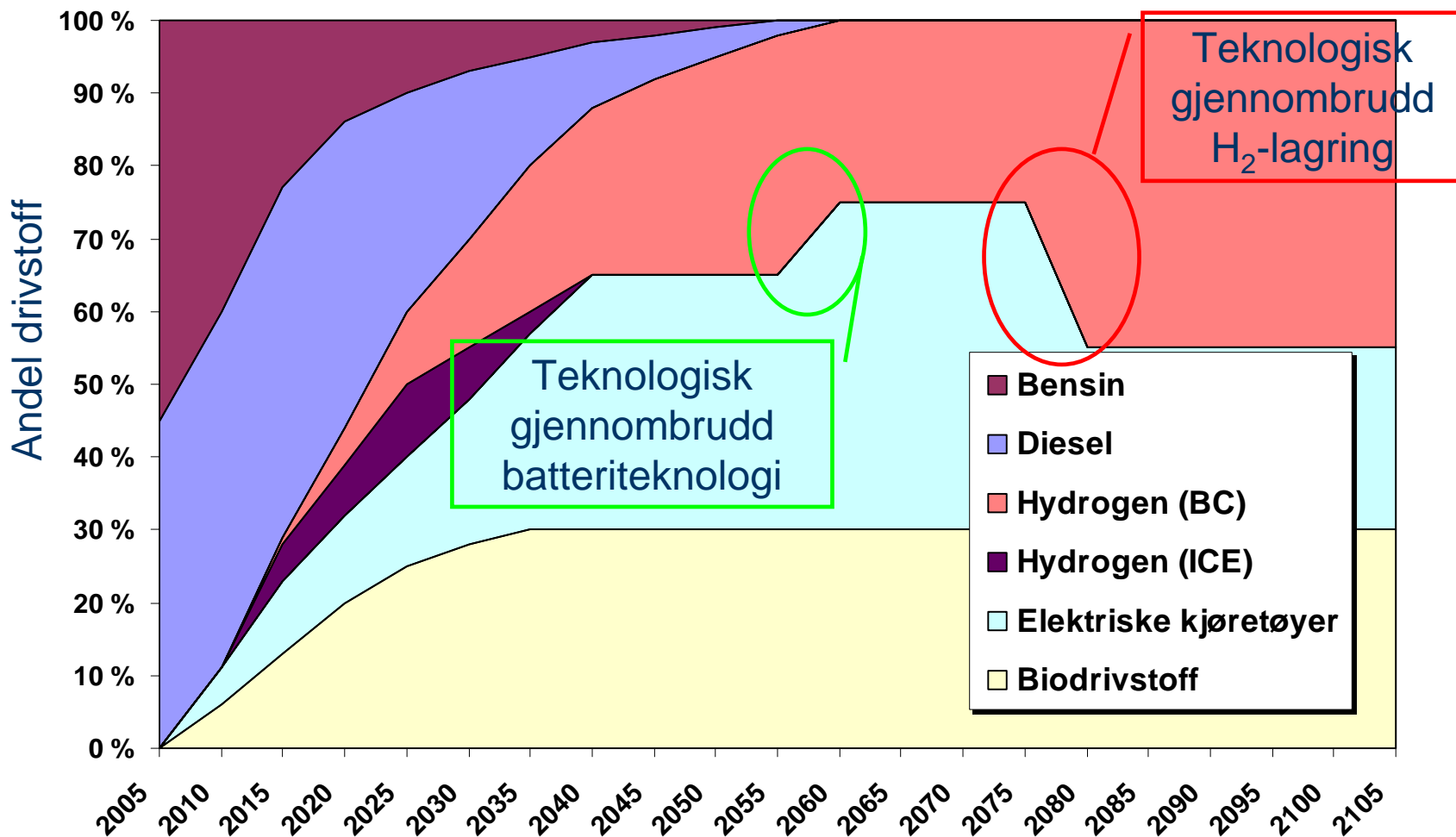
1 kWh biomasse => 0.8 km
1 kWh elektrisitet => 5 km



2008



Innfasing av alternative drivstoff



Hydrogen tilgjengelighet

2007



Hydrogen tilgjengelighet



H₂ in the transportation sector: Vehicles

- *Conventional internal combustion engines (ICEs)*
 - *Otto engines (e.g., BMW, Ford)*
 - *Wankel engine (Mazda)*
- *Hybrid vehicles (with ICEs converted to hydrogen)*
 - *Hybridization with ICE as only power source (e.g., Toyota Prius)*
 - *Plug-in hybrids (prototypes coming, e.g., Toyota, GM)*
- *Fuel cell vehicles*
 - *Range extenders (e.g., Th!nk Hydrogen)*
 - *Weak or no hybridisation (e.g., Opel Zafira HydroGen 3)*
 - *Strong hybrids (e.g., Toyota FCV and Honda FCX)*



Toyota Prius Hydrogen



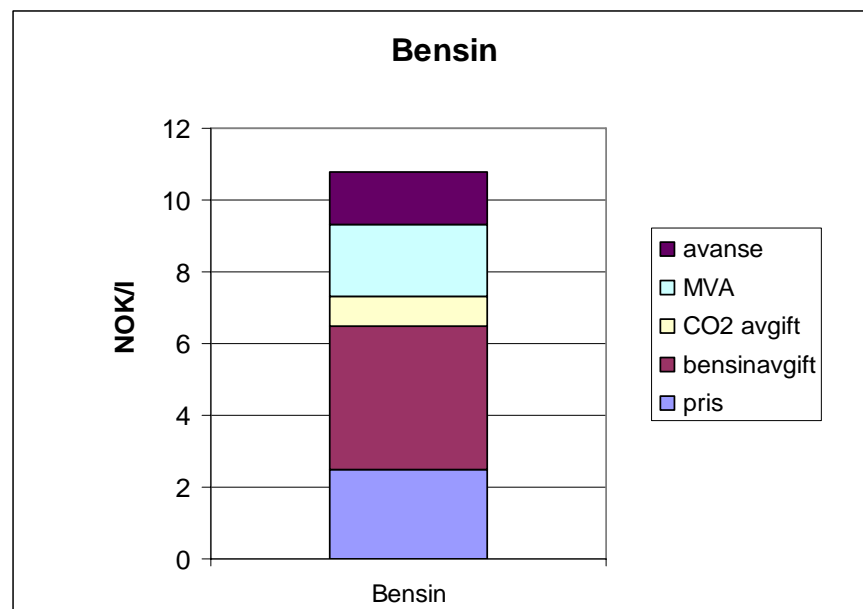
Mazda RX8



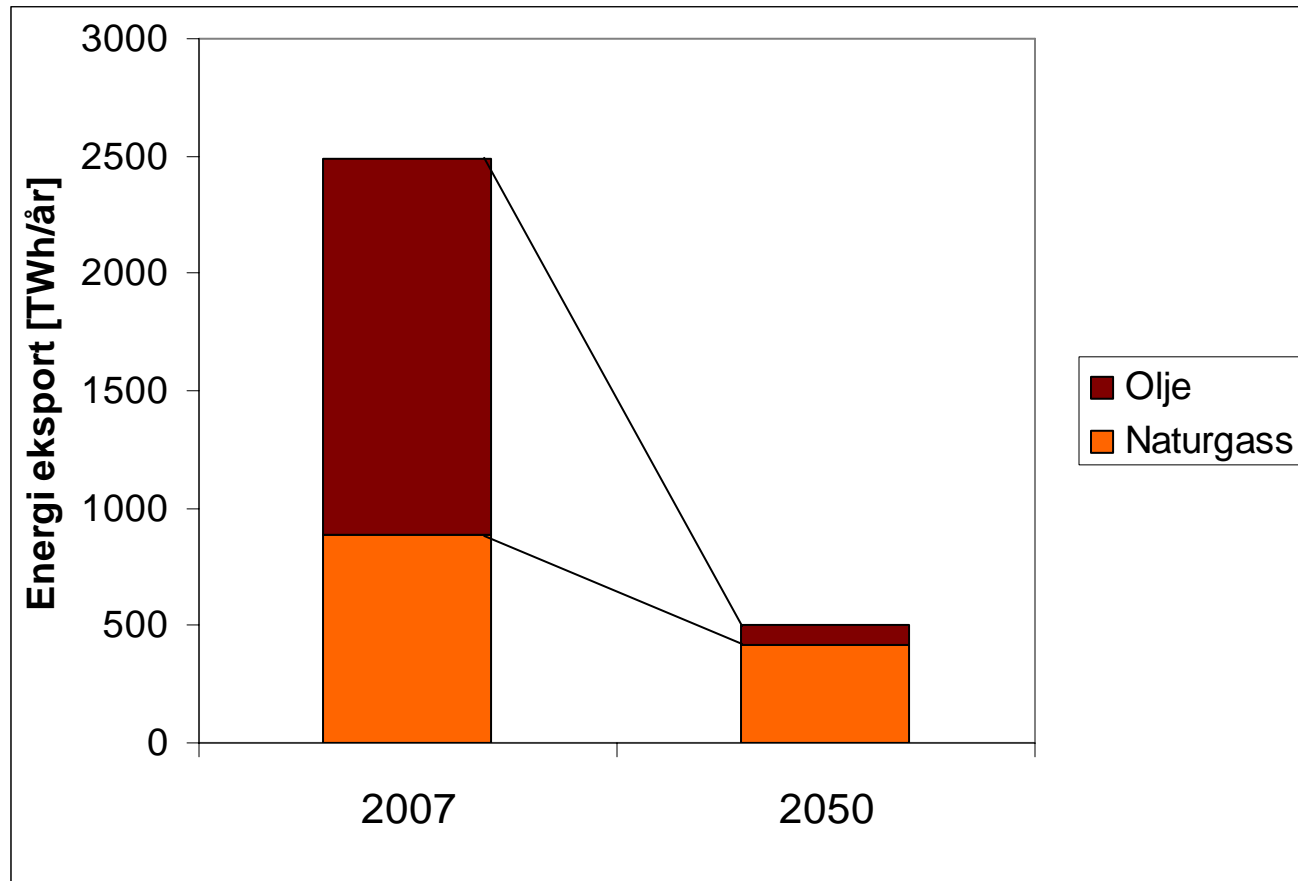
BMW 7-series

Norges konkurransefortrinn for transportsektoren

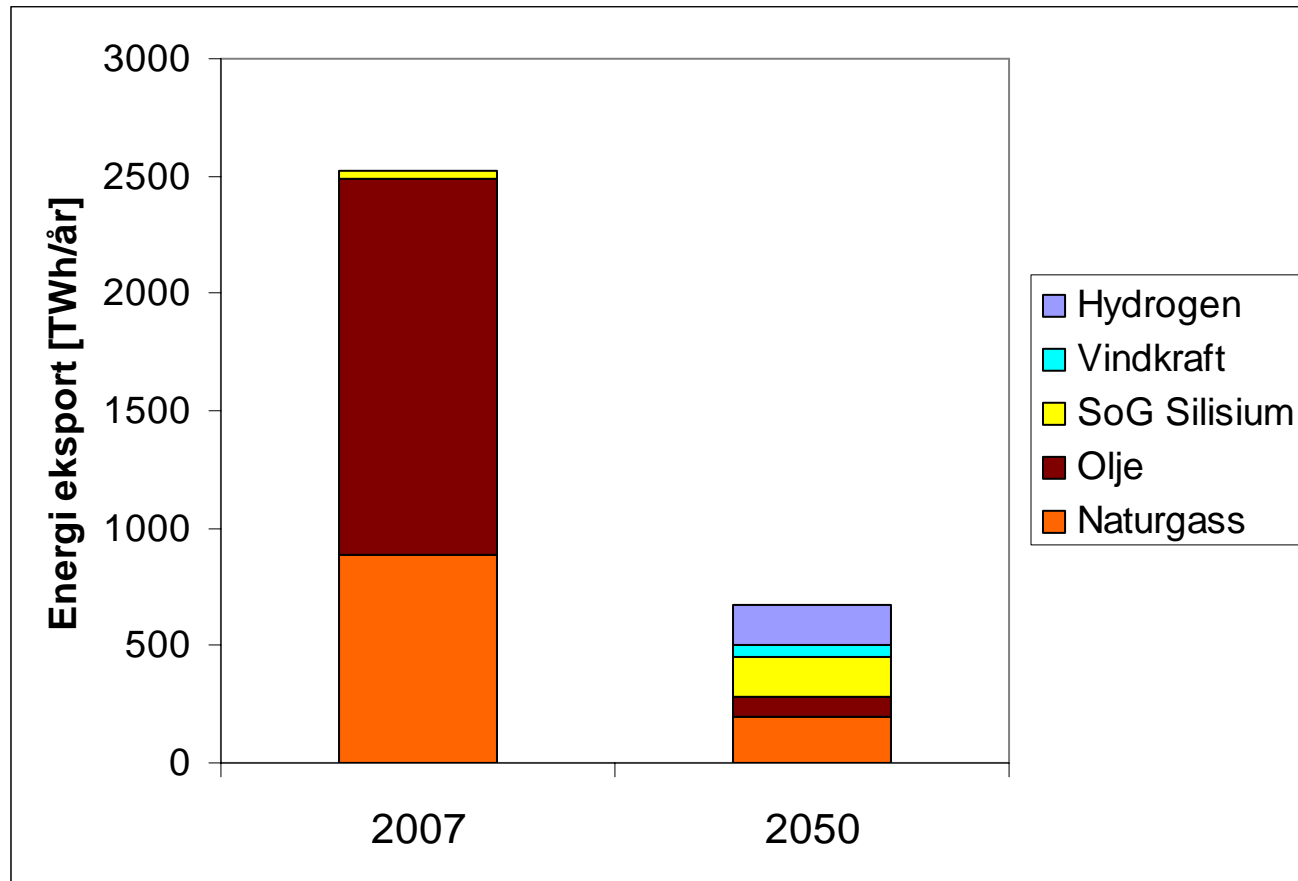
- Høye avgifter gir stort handlingsrom!
- Fornybar energi (elektrisitet og hydrogen)
- Kilder til CO₂-fri Hydrogen (fra Naturgass med CCS)
- Kompetanse og muligheter for verdiskaping



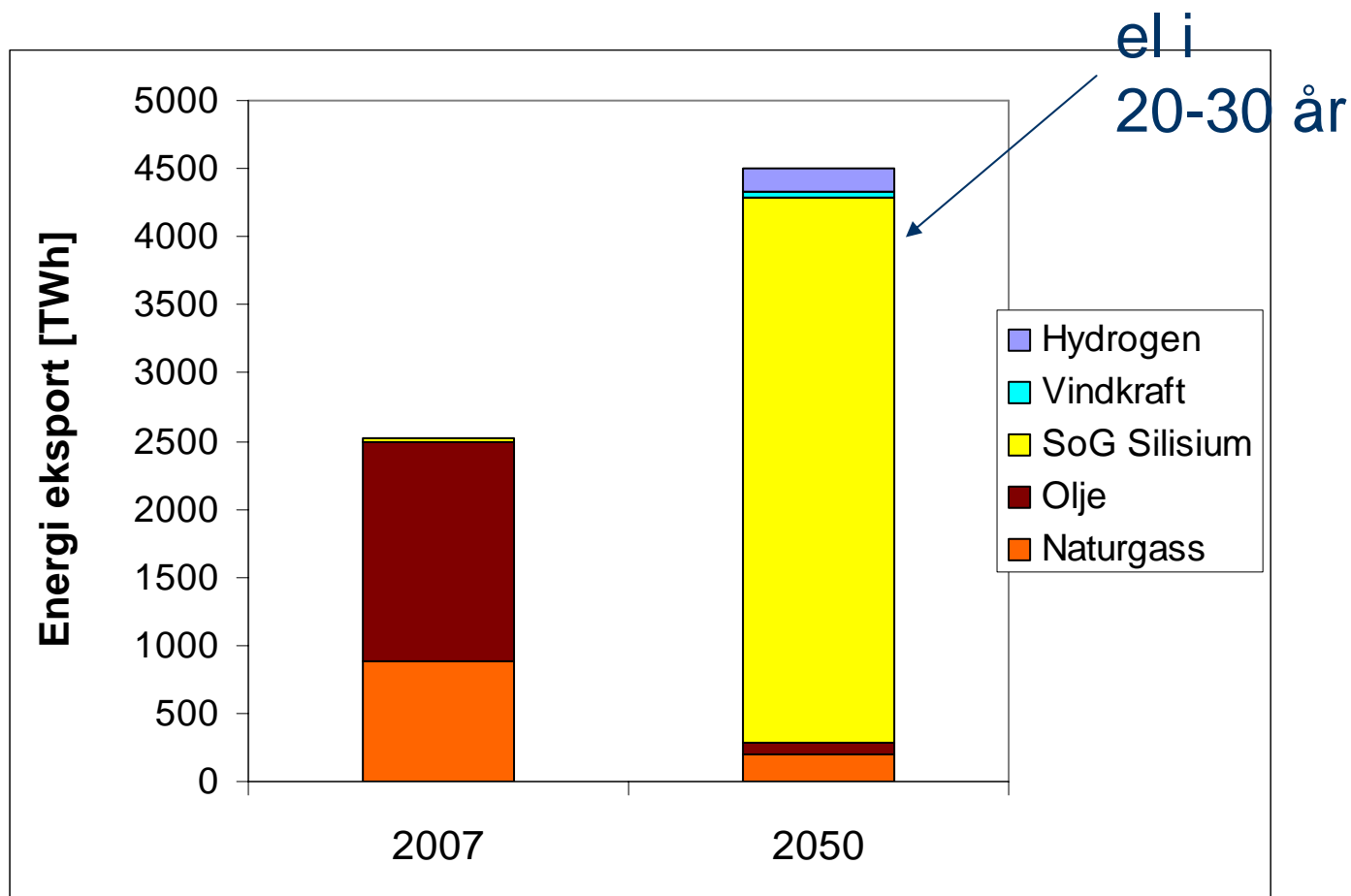
Norges framtidige energiekspport?



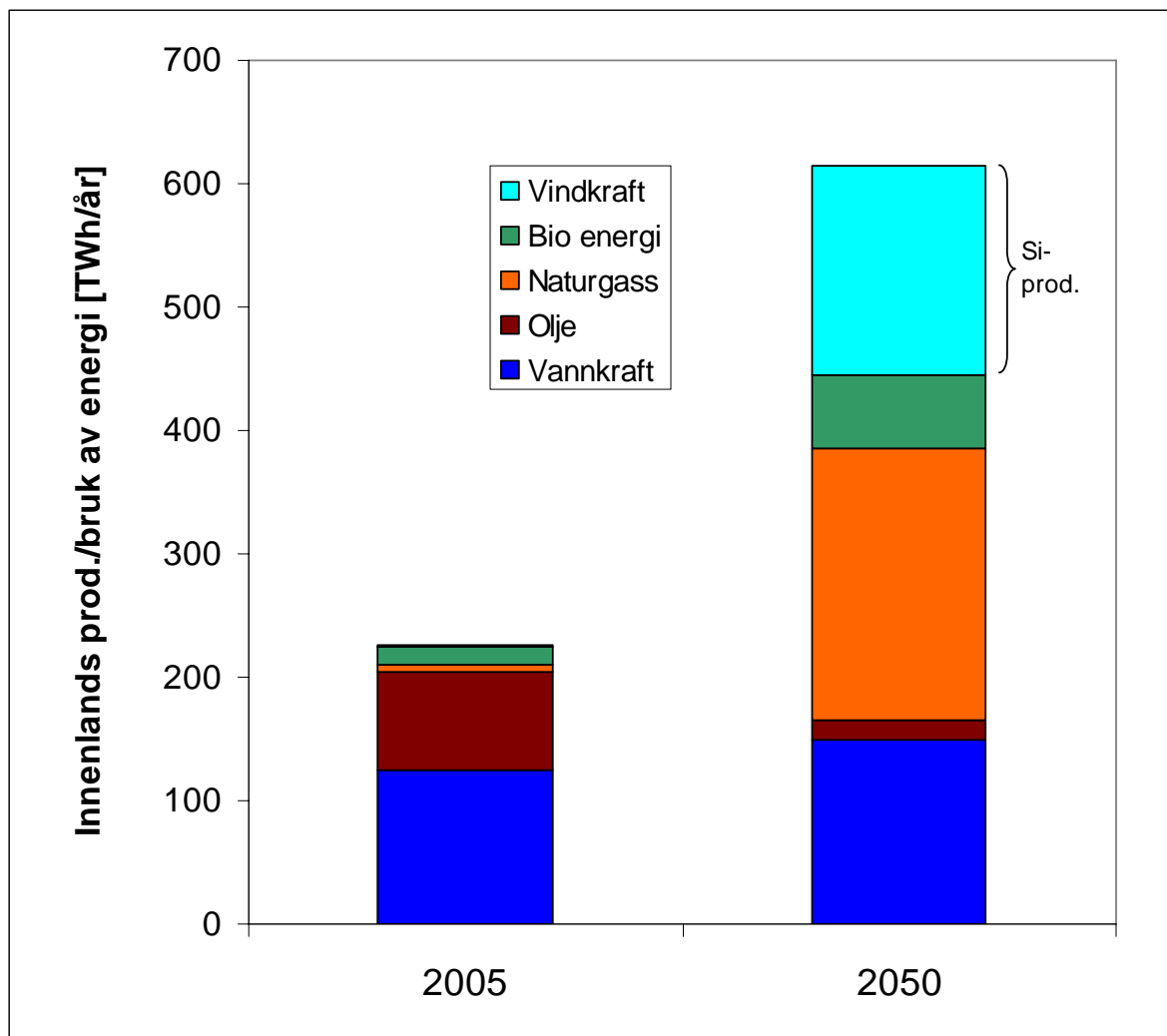
Norges framtidige energiekspport?



Norges framtidige energiekspport?



Grep vi må ta her hjemme



Våre anbefalinger

- Rammebetingelser for industri og fornybar kraftproduksjon, langsiktige:
 - Grønne sertifikater/feed-in tariffer
 - Investeringsstøtte
 - Kraftkontrakter må sikre industriell virksomhet
- Energibruk
 - Utnytte avgiftsregimet i transportsektoren
 - Ko-generering og utnyttelse av spillvarme må premieres!
 - Incentiver for redusert energibruk i bygninger



Våre anbefalinger

■ Teknologeutvikling

- Konkurransedyktige på kompetanse
- Høykost og begrenset tilgang på arbeidskraft
- Integreerte energi- og material-løsninger, industri-clustre
- Satse på utvalgte områder det Norge har spesielle fortrinn i form av naturressurser og kompetanse

■ Hva kan Norge levere?

- Teknologi og produkter for energiproduksjon og konvertering
- Materialkunnskap er en bærebjelke i utvikling av fremtidens energisystem



Hovedbudskap

- Norge har naturressurser, et moralsk ansvar og økonomisk handl.rom
- Norge må adoptere en ambisjon for de kommende 40 år →Fornybar
- En satsning på vindkraft er et effektivt klimatiltak og gir store muligheter for verdiskaping – norsk industri i tet offshore
- Betydelig verdiskaping knyttet til solcelleproduksjon i Norge
- Norsk fornybar kraft bør ”videreforedles” i form av solcelleproduksjon
- Utvikling av 2. generasjons biodrivstoff og bio-raffineri i Norge
- Økt innfasing av biodrivstoffer i tråd med målsettinger
- Robust tilnærming ved å satse på Biodrivstoff, el- og H₂-kjøretøyer
- Innfasing av beste tilgjengelige kjøretøyteknologi + støtte til neste gen



Veien videre

Dag Terje Andersen:
"Utvikling av morgendagens teknologi er viktigere enn styrket vekst"
Teknologidagene i Kongsberg Nov 2007

- OEDs energi21 må følges opp av SD, MD og NHD
- Klimatiltak koster, "*business as usual*" fører ikke fram
- EU har satt konkrete mål, Norge trenger ambisjoner!
- Push for å få på plass en omforent Europeisk energipolitikk
 - Hver nasjon bidrar der de har fortrinn
- Integrasjon av energi- og material-strømmer blir sentralt





Takk for oppmerksomheten!