

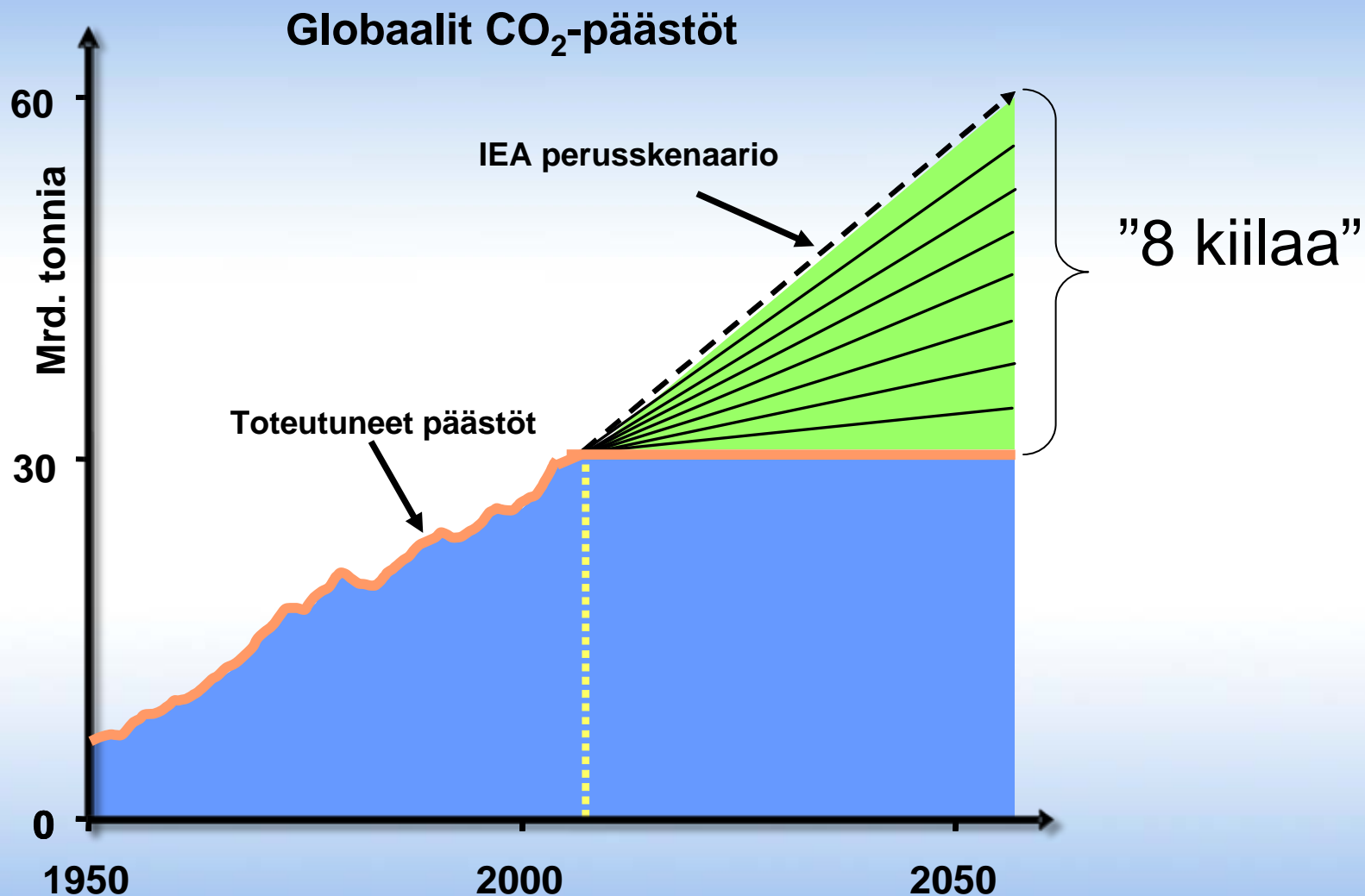


## **CCS:n kehitysnäkymiä**

Hiilitiedon seminaari 18.3.2010

Joonas Rauramo, Fortum Power

# Miten saada maailmanlaajuiset hiilidioksidipäästöt kuriin?



# Jokainen yksittäinen kiila vastaa...

500 kpl Olkiluoto 3  
Ydinvoimalaitosta



10 x Suomen pinta-alan kokoista  
biopolttoainetiljelmää



1 miljoona 2 MW:n  
tuulivoimalaitosta



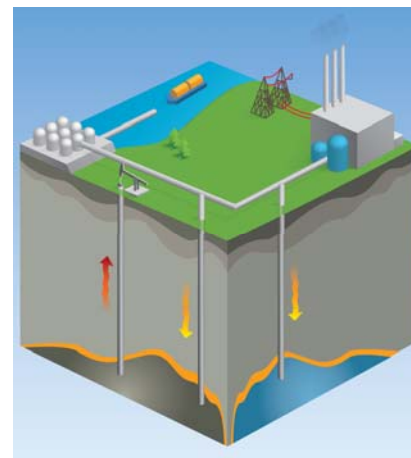
Autoilun puolittamista  
(tai päästöjen puolittamista  
kaikista maailman autoista)



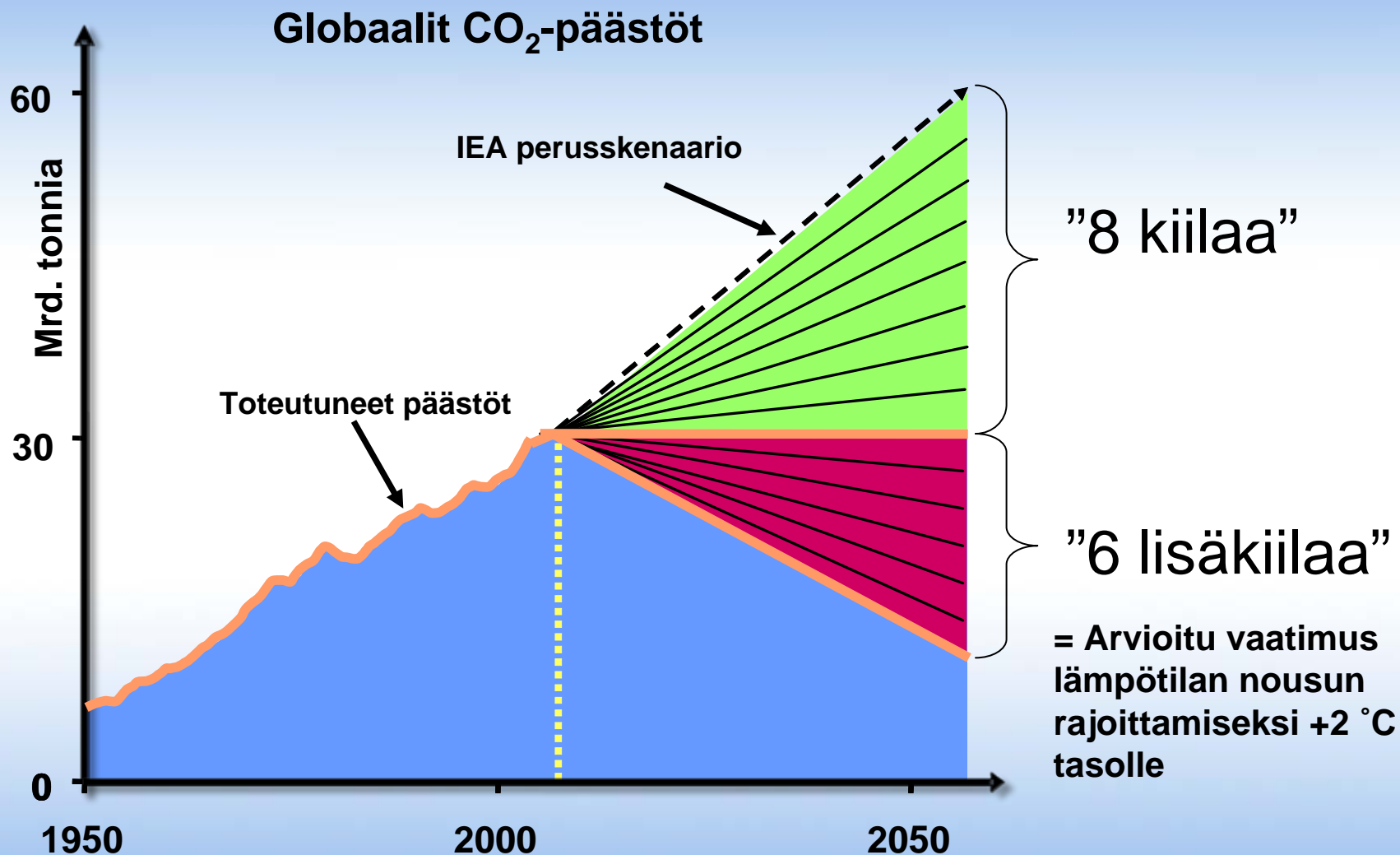
Maailman hiilivoimalaitosten  
hyötysuhteen tuplaamista



Hiilidioksidin talteenottoa 800  
suuressa hiilivoimalassa

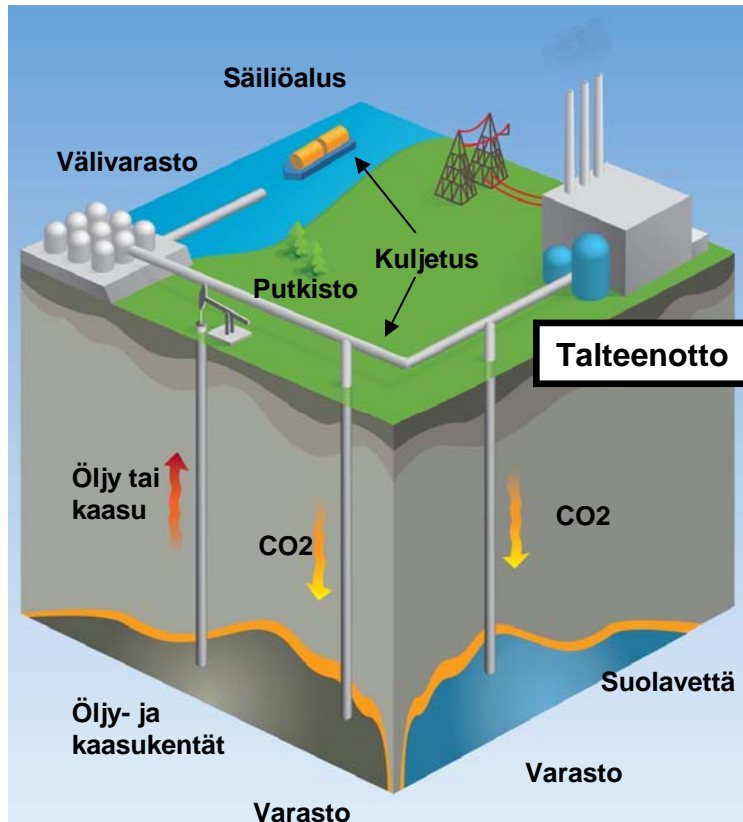


# Eikä kahdeksan kiilaa ole riittävästi...

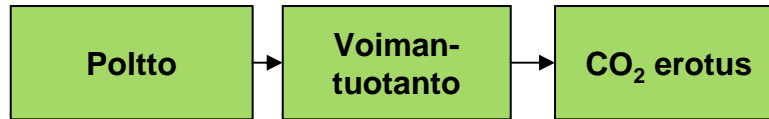


# Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi

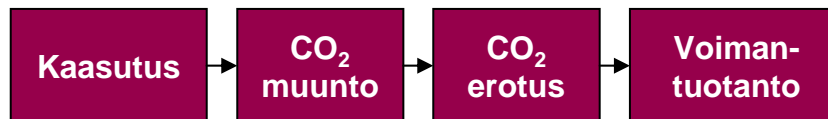
## Carbon Capture and Storage, CCS



### Talteenotto savukaasuista

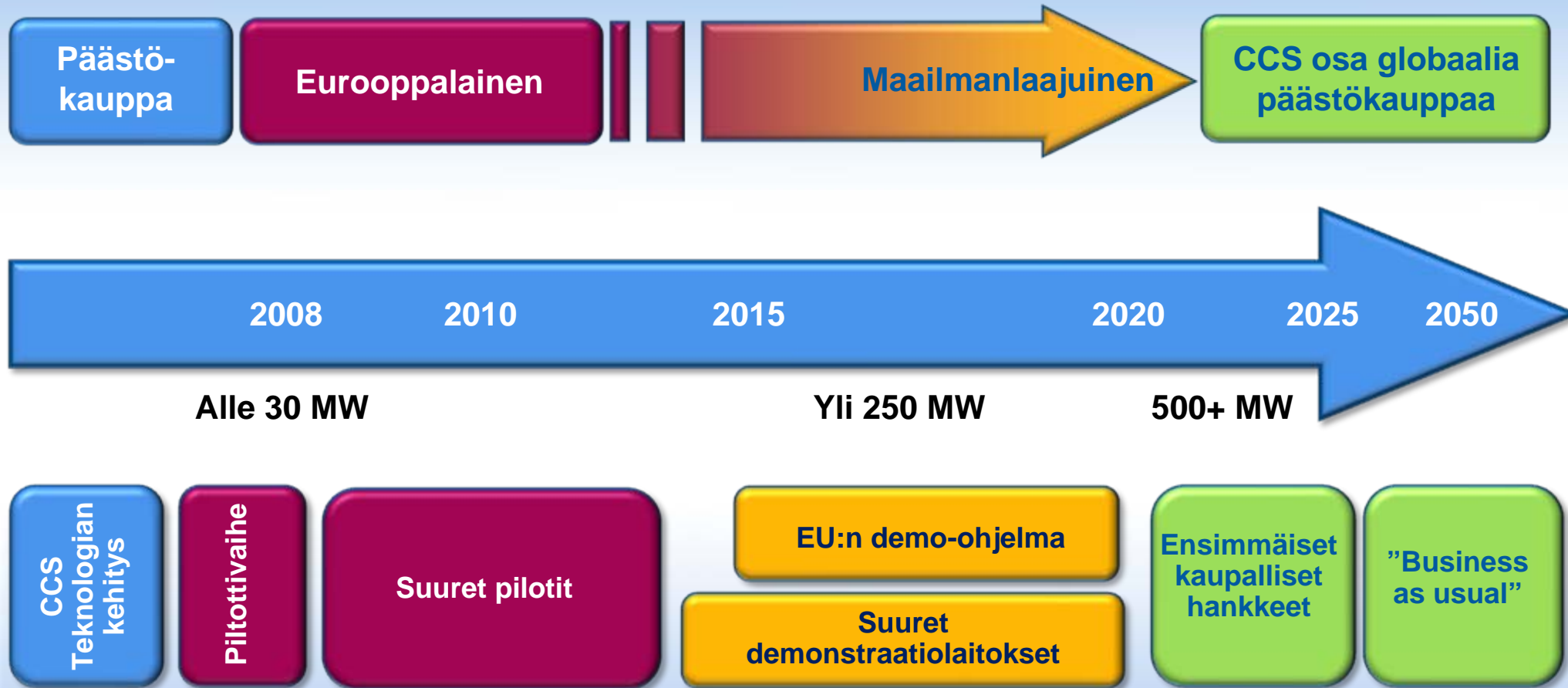


### Talteenotto ennen polttoa

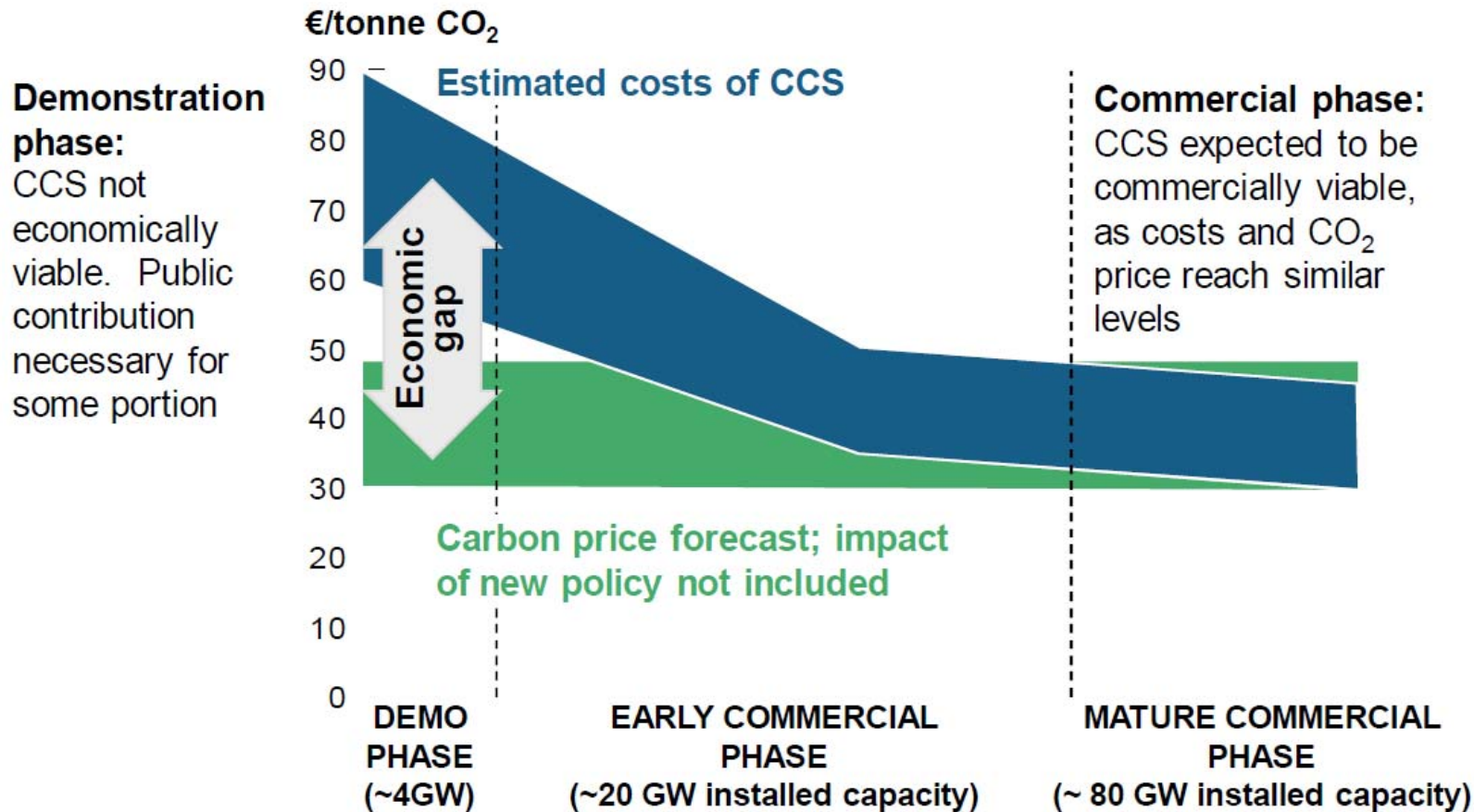


- Hiilidioksidi erotetaan polton jälkeen laitoksen savukaasuista
- Todennäköisin vaihtoehto jälkiasennuskohteisiin
- Polttoilma korvataan ilmasta erotettavalla hapella => savukaasuissa korkea CO<sub>2</sub>-pitoisuus
- Potentiaalinen teknologia uusiin voimalaitoksiin
- Polttoaineesta tuotetaan vetyä ja CO<sub>2</sub> erotetaan ennen polttoa
- Soveltuu erityisesti monituotelaitoksiin (esim. sähkö, lämpö, vety, jne.)

# CCS-tekniologian odotettu kehityskulku



# R&D Challenge for CCS: Support the Improvement of CCS Economics

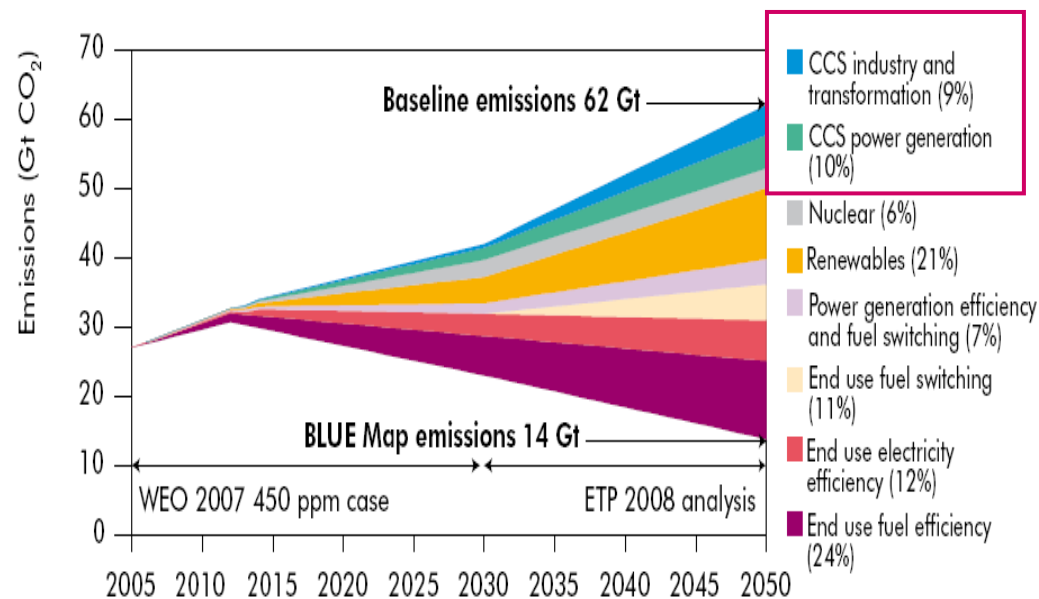


Lähde: ETP ZEP, 2009



# CCS:llä tärkeä rooli globaalien päästöjen vähentämisessä

- CCS:n avulla suurten polttolaitosten päästöjä voidaan alentaa jopa 90%
- IEA:n (International Energy Agency) ja IPCC:n (International Panel on Climate Change) mukaan CCS on tärkein yksittäinen teknologia sähköntuotannon CO<sub>2</sub>-päästöjen alentamisessa vuoteen 2050 mennessä
- Jopa 3400 CCS-laitosta tarvitaan vuoteen 2050 mennessä
- Vuotuiset investoinnit CCS-teknoologiaan €30-60 mrd. vuodesta 2015 vuoteen 2050
- Demonstraatioprojekteihin osallistuvat yhtiöt saavuttavat edelläkävijäaseman kymmenien miljardien markkinoilla



## **CCS:n osuus päästövähennyksistä jopa 20%**

⇒ **Vuosittain rakennettava CCS-järjestelmiä:**

- **30-35 hiilivoimalaitokseen**
- **1-20 kaasuvoimalaitokseen**
- **Lisäksi teollisuuden CCS-järjestelmät**

Lähteet: \*IEA ETP 2008, IEA CCS Roadmap 2009



# Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin tärkeimmät haasteet

- Kattavan ilmastopimuksen aikaansaaminen ja sitovat ilmastotavoitteet:
  - Eryteisesti Aasian kasvavien talouksien kasvu tyydytetään yhä suurelta osin hiilivoimalla
  - CCS:llä merkittävä rooli globaaleissa päästövähennyksissä, jos ilmastonmuutokseen halutaan vastata
- CCS-tekniologian kehitys, hinta ja energiatehokkuus:
  - CCS:n kustannustaso nykyisin moninkertainen päästöoikeuksien hintaan verrattuna
  - Nykyinen noin 10 %-yksikön hyötysuhdealenema heikentää liikaa laitosten energiatehokkuutta
  - Demonstraatioprojektien avulla mahdollista laskea hintatasoa
  - Varastointipaikkojen tutkiminen ja kapasiteetin tarkka selvittäminen
- Poliittiset ja viestinnälliset haasteet:
  - CCS:n poliittinen hyväksyntä osaksi ilmastonmuutoksen torjunnan keinovalikoimaa
  - Lainsäädännöllinen kehitys ja hankkeiden lupamenettelyjen selkiytyminen
  - Suuren yleisön tietoisuuden nostaminen ja erityisesti geologisen varastoinnin hyväksyntä

“We will not be able to have sustainable climate change policy unless we have CCS, because the use of coal is increasing.”

- Jorma Ollilla, Chairman of the Board in Shell and Nokia

“To prevent the worst effects of climate change, we must accelerate our efforts to capture and store carbon in a safe and cost-effective way.”

- Steven Chu, Secretary of Energy, Nobel Laureate in Physics

# Demonstraatiohankkeita suunnitellaan ympäri maailmaa

## Globaali johtajuus CCS-teknologioissa EU:n ja USA:n tavoitteena

- USA: 2,5 mrd. € rahoitusta 12 CCS-projektin rahoittamiseen, Liittovaltio laatii CCS-strategiaa, jonka kulmakivenä 10 täyden mittakaavan laitosta 2016 mennessä
- Kanada: €2,3 mrd. jaetaan kolmelle suurelle demonstraatiohankkeelle
- Australia: €1,3 mrd. suunniteltu 2-4 demonstraatiohankkeelle
- Euroopan Unioni:
  - €1,05 mrd. 6 hankkeelle EU:n elvytyspaketista
  - 300 M päästöoikeutta varattu CCS-demonstraatioiden ja uusiutuvan energian hankkeiden rahoittamiseen
- UK: Valtio sitoutunut rahoittamaan ensi vaiheessa yhden CCS-demonstraation; rahoitus erityisellä CCS-verolla, jolla rahoitetaan yhteensä neljää CCS-demonstraatiohanketta
- Norjassa US\$620 miljoonaa suunniteltu suuren mittakaavan testilaitokseen Mongstadissa
- Lisäksi hankkeita suunniteltu ainakin Kiinassa ja Etelä-Afrikassa

# EU:n CCS demonstraatio-ohjelma

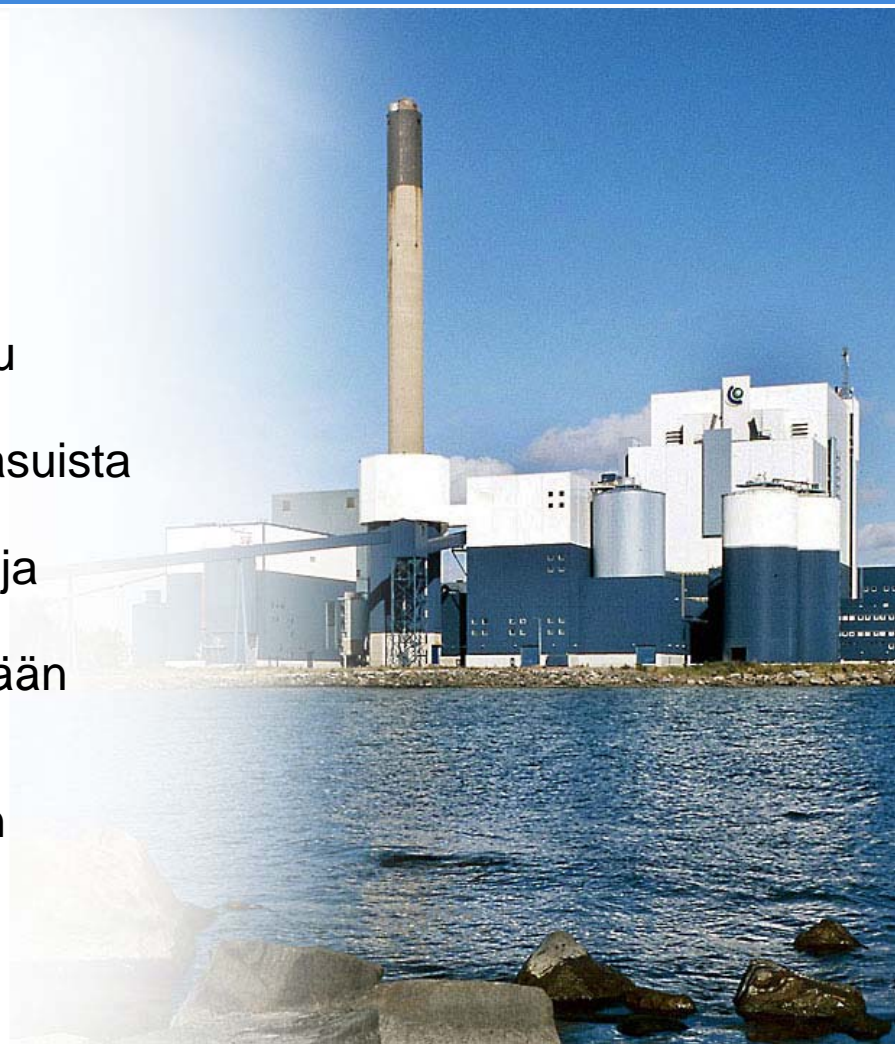


- Euroopan Unionin kokonaistavoitteena on käynnistää 8-12 suuren mittakaavan CCS-demonstraatiolaitosta vuoteen 2015 mennessä
- Tarkoitukseen on varattu 300 miljoonaa päästöoikeutta, joilla tuetaan CCS-hankkeita ja innovatiivisia uusiutuvan energian projekteja
- Tuella mahdollisuus kattaa enintään 50% CCS:n aiheuttamasta lisäkustannuksesta
- Tällä hetkellä noin 15 hanketta ympäri Eurooppaa kilpailee paikasta demonstraatio-ohjelmaan
- Hankkeet valitaan siten, että ohjelma on teknologisesti ja maantieteellisesti kattava
- EU-tuen saamisen edellytykseksi on asetettu myös jäsenvaltioiden tuki hankkeelle
- Lisäksi 6 CCS-hankkeelle varattu tukea EU:n elvytyspaketista noin miljardi euroa



# FINNCAP - Meri-Porin CCS-projekti

- Fortum ja Teollisuuden Voima suunnittelevat CCS-järjestelmän asentamista Meri-Porin 565 MW hiilivoimalaitokselle vuoteen 2015 mennessä
- Tavoitteena talteenottaa, kuljettaa ja geologisesti varastoida yli 1,25 miljoonaa tonnia hiilidioksidia vuosittain (1,5% Suomen kaikista CO<sub>2</sub>-päästöistä)
- Pääteknologiatoimittajaksi CO<sub>2</sub>-talteenotossa valittu Siemens Energy
- Savukaasupesuri käsittelee 50% laitoksen savukaasuista ja talteenottoaste on yli 90%
- Laivakuljetus Pohjanmerelle, jossa varastointi öljy- ja kaasukenttään
- Esisuunnitteluvaihe 2010-2011, jonka jälkeen tehdään lopullinen investointipäätös
- Hankkeeseen osallistuvilla energiayhtiöillä ja alihankkijoilla mahdollisuus saavuttaa edelläkävijän asema tulevaisuuden CCS-markkinoilla
- Projektin tavoitteena on päästä osaksi EU:n CCS-demonstraatio-ohjelmaa

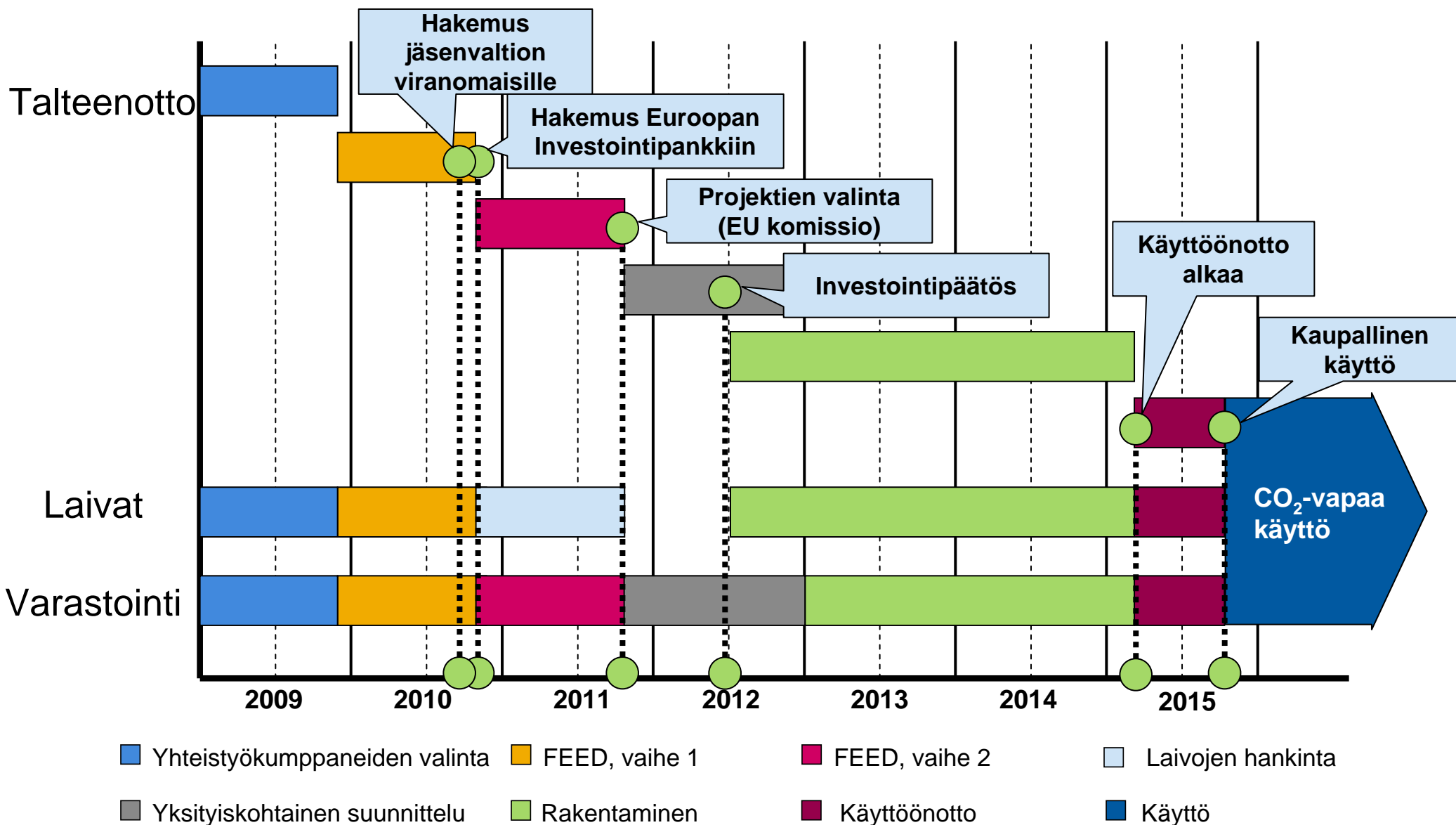




# CCS-laitos istuu hyvin voimalaitosympäristöön

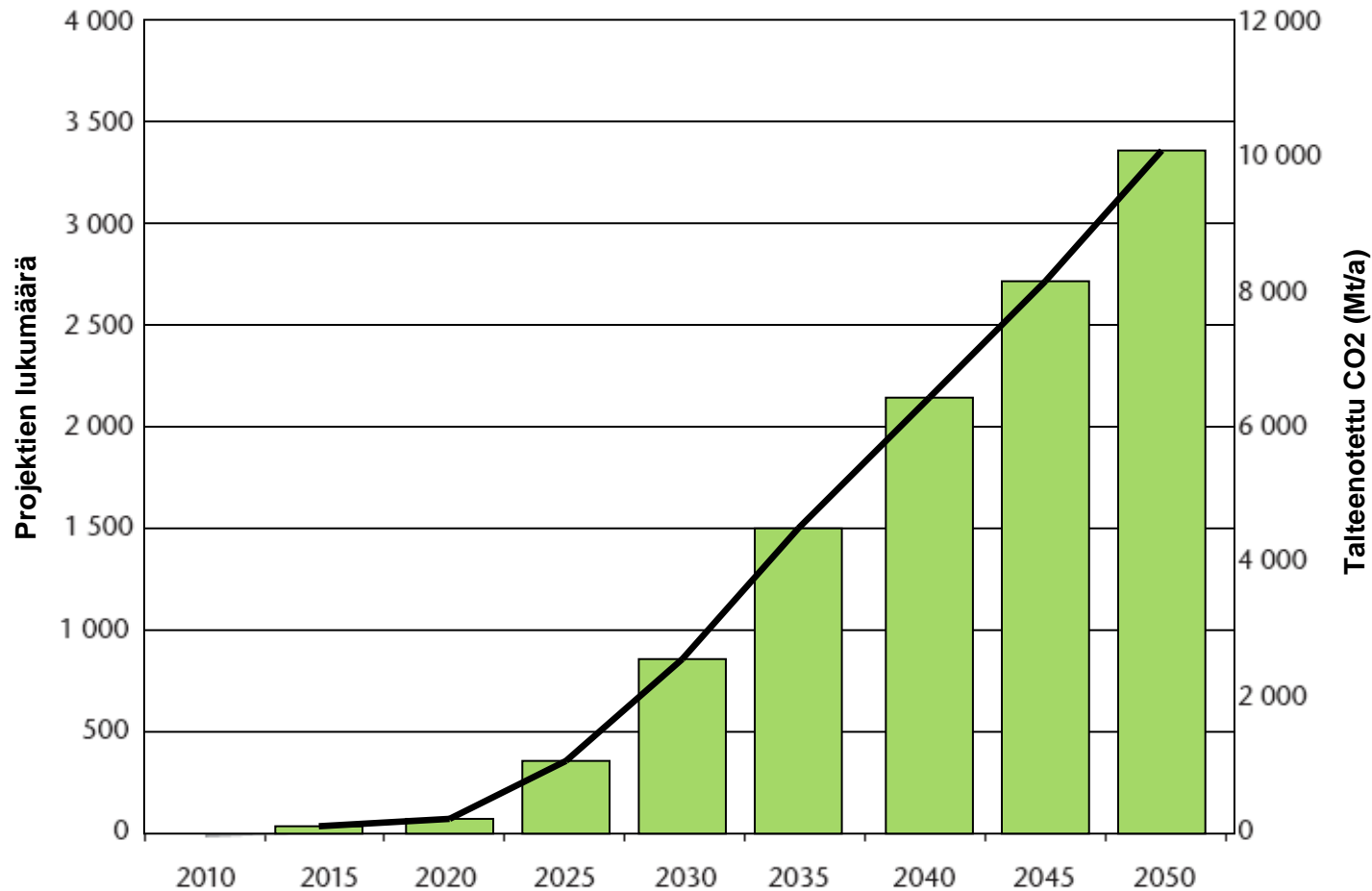


# FINNCAP-projekti hyvin EU-ohjelman aikataulussa



# Maailmanlaajuiset CCS-projektit 2010-2050

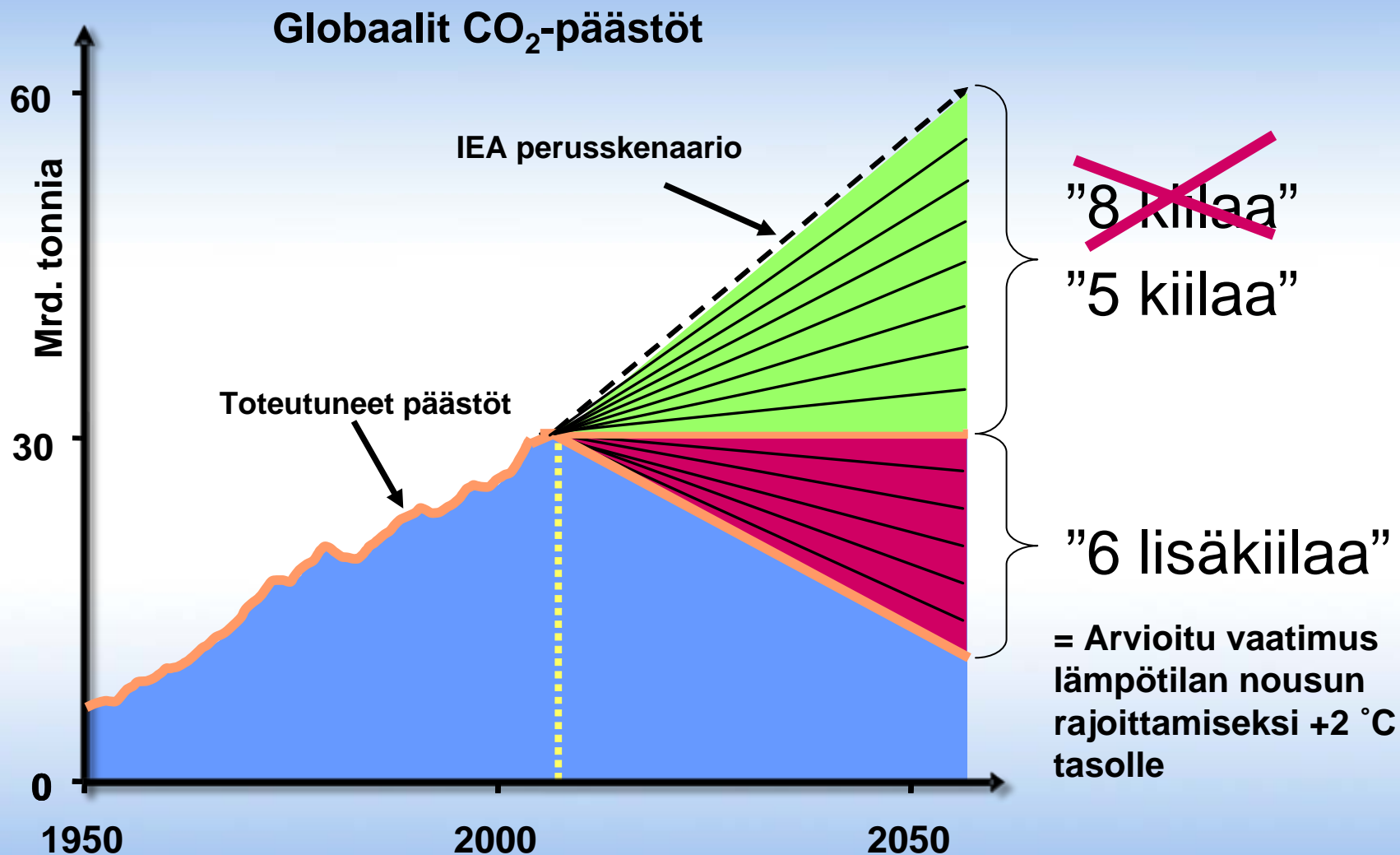
Jopa 3400 CCS-laitosta vuoteen 2050 mennessä



Lähde: IEA CCS Roadmap (2009)



# Mutta parhaimmillaankin CCS on vain osa ratkaisua...



# Johtopäätökset

- Hiilidioksidin talteenotolla merkittävä rooli globaalien päästövähennysten saavuttamisessa energiansäästön, ydinvoiman ja uusiutuvien energialähteiden rinnalla
- CCS-teknologiaa on kehitetty aktiivisesti ja nyt suunnitellaan suuren kokoluokan demonstraatiolaitoksia
- Suurten demolaitosten avulla saadaan alennettua kustannuksia sekä todennettua teknologian toimivuus ennen kaupallista vaihetta
- Tarkoitukseen on varattu merkittävää julkista rahoitusta sekä teollisuuden kehityspanoksia ympäri maailman
- EU:n tavoitteena on olla edelläkävijä CCS-teknologiassa ja toteuttaa 8-12 CCS-demonstraatiolaitosta vuoteen 2015 mennessä
- Fortumin ja TVO:n FINNCAP-projekti edennyt suunnitelmien mukaan ja on hyvissä asetelmissa hakea EU:n CCS demonstraatiohankkeeksi

# Taustamateriaali

# Demonstraatiohankkeita vireillä ympäri Eurooppaa

Company	Country	Location	Planned commissioning	Fuel	Capture technology
Scottish Power	UK	Longannet	2014	Coal	post-combustion
RWE nPower	UK	Tilbury	2014	Coal	post-combustion
Powerfuel ●	UK	Hatfield (Yorkshire)	2013	Coal	pre-combustion
Endesa ●	Spain	Compostilla	2015	Coal, petcoke, biomass	CFB oxyfuel
PGE ●	Poland	Belchatow	2015	Lignite	post-combustion
E.On and Electrabel ●	Netherlands	Rotterdam	2015	Coal	post-combustion
Enel ●	Italy	Porto Tolle	2014	Coal	post-combustion
Vattenfall●	Germany	Jaenschwalde	2015	Lignite	oxyfuel and post-combustion
RWE	Germany	Huerth	2014	Coal, lignite	pre-combustion
Arcelor Mittal ●	France	Florange	2015	Coal, petcoke	post-combustion
PKE	Poland	Kedzierzyn Kozle	2014	Hard coal	pre-combustion
Essent and Shell	Netherlands	Rotterdam	2015	Coal, biomass	pre-combustion
E.On	Germany	Wilhelmshaven	2015	Coal	post-combustion
Fortum and TVO	Finland	Meri-Pori	2015	Hard coal	post-combustion
CEZ	Czech Republic	Ledvice	2015	Coal	post-combustion

● = projektille myönnetty tukea EU:n elvytyspaketista

# Siemensin talteenottoteknologia edustaa ekologisuutta ja tehokkuutta

- Siemensin aminohapposuola-teknologia valittiin ekologisuutensa ja energia-tehokkuutensa ansiosta
- Tavoitteensa ottaa talteen yli 1,25 Mt vuodessa
- Talteenottolaitos käsittelee 50% laitoksen savukaasuista
- Noin 90% savukaasun sisältämästä hiilidioksidista saadaan erotettua kemiallisesti
- Aminohapon suolateknologia on huomattavasti ympäristöystävällisempi kuin ensimmäisen sukupolven amiiniteknologiat
- Samalla vältetään rikkipäästöt käsiteltävistä savukaasuista
- Talteenotto alentaa laitoksen nettotehoa noin 65 MW (noin 5 %-yksikköä), koska erotusprosessi sitoo energiaa

## Aminohapot esiintyvät myös luonnossa

- Biohajoava
- Ei myrkyllinen
- Ympäristöystävällisyys

## Negatiivinen ioni ei herkkä hapelle

- Kemikaalin alhainen kulumisaste

## Suoloilla ei höyrystymispainetta

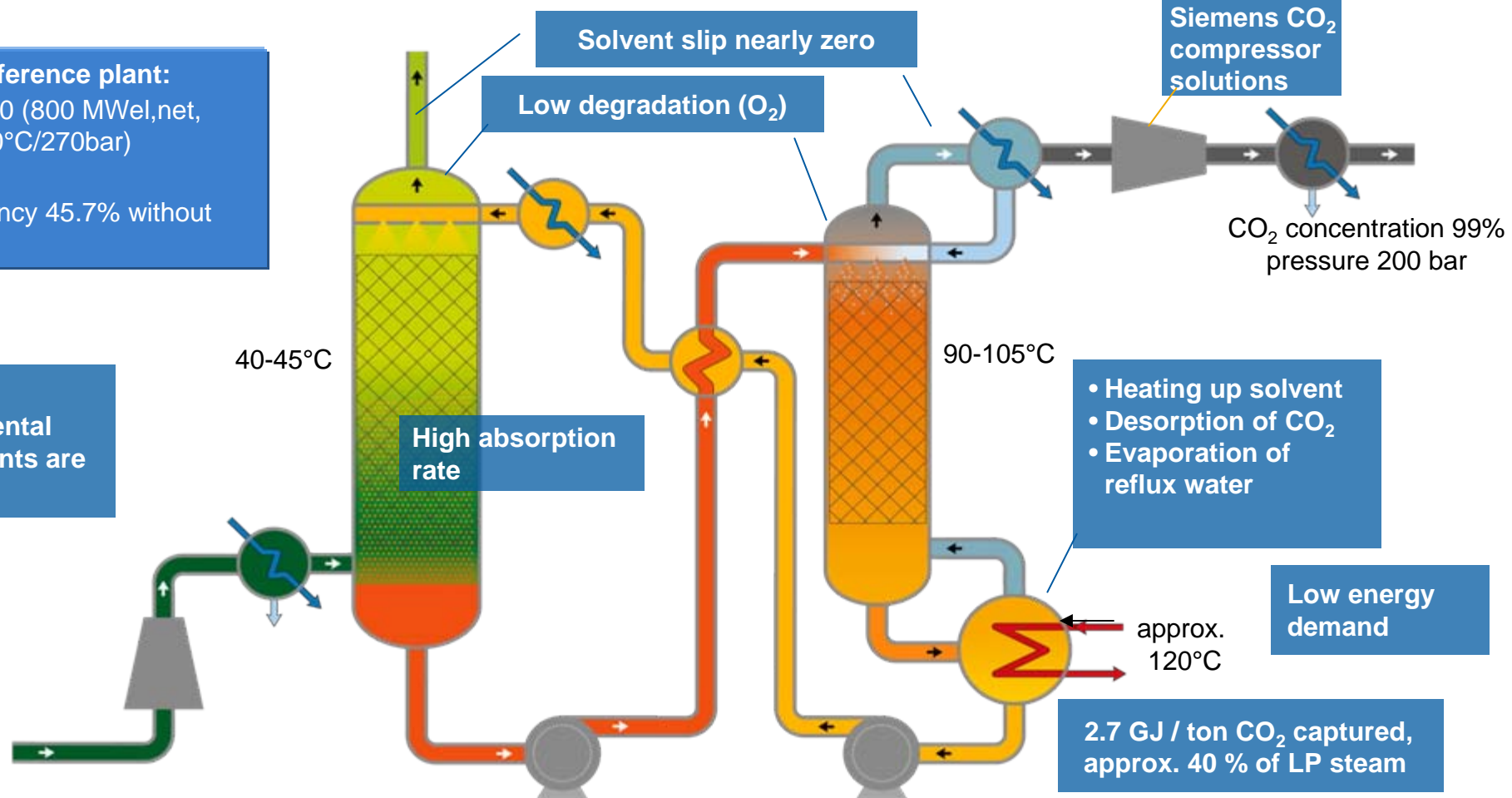
- Ei kemikaalipäästöjä
- Ei syttyvää eikä räjähtävää
- Hajuton
- Ei hengitysriskiä

# Siemensin talteenottoprosessi

## Non-CCS reference plant:

- SSP5-6000 (800 MWe<sub>l,net</sub>, 600°C/610°C/270bar)
- Hard coal
- Net efficiency 45.7% without CCS

Stringent environmental requirements are easily met



The efficiency is approx. 9.2 %-pts. lower than the reference hard-coal fired power plant, CO<sub>2</sub> compression (200 bar) included.

# Hiilidioksidin laivakuljetus uniikki piirre FINNCAP:issa

- Hiilidioksidi kuljetetaan Meri-Porista jäädytettynä nesteinä kahdella tankkerilla
- Kuljetusetäisyys noin 1800-2000 km ja laivojen koko  $\sim 20'000 \text{ m}^3$
- Maersk Tankers vastaa laivojen operoinnista
- Laivateknologia vastaa suurelta osin nykyisiä nestekaasulaivoja



- Suuri kapasiteetti vaatii uusien alusten rakentamisen
- Mahdollisuuksia rakentaa CO<sub>2</sub>-laivoja suomalaisilla telakoilla selvitetään
- Hiilidioksidi puretaan aluksesta suoraan öljynporauslautalle, josta se pumpataan öljykenttään



# Hiilidioksidin varastointi öljykentässä Pohjanmerellä

- Hiilidioksidi varastoidaan Maersk Oilin hallinnoimaan öljykenttään Pohjanmerellä
- Laivalla kuljetettu hiilidioksidi pumpataan korkeaan paineeseen ja lämmitetään ennen injektointia maaperään
- Lopullinen geologinen varastointi tapahtuu yli 1 km syvyydessä merenpohjan alapuolella
- Öljykentän yläpuolella useita läpäisemättömiä kerroksia, jotka estävät hiilidioksidin vuotamisen ilmakehään
- Varastointi voidaan toteuttaa olemassaolevilta öljynporauslautoilta, mutta vaatii merkittäviä investointeja
- Hiilidioksidin avulla on mahdollista myös saada hieman parannettua öljyntuotannon tasoa kentällä

