

KAS SÜSINIKDIOKSIIDI PÜÜDMINE JA LADUSTAMINE ON TEHNOLOOGILISELT TEOSTATAVAD?

Oliver Järvik

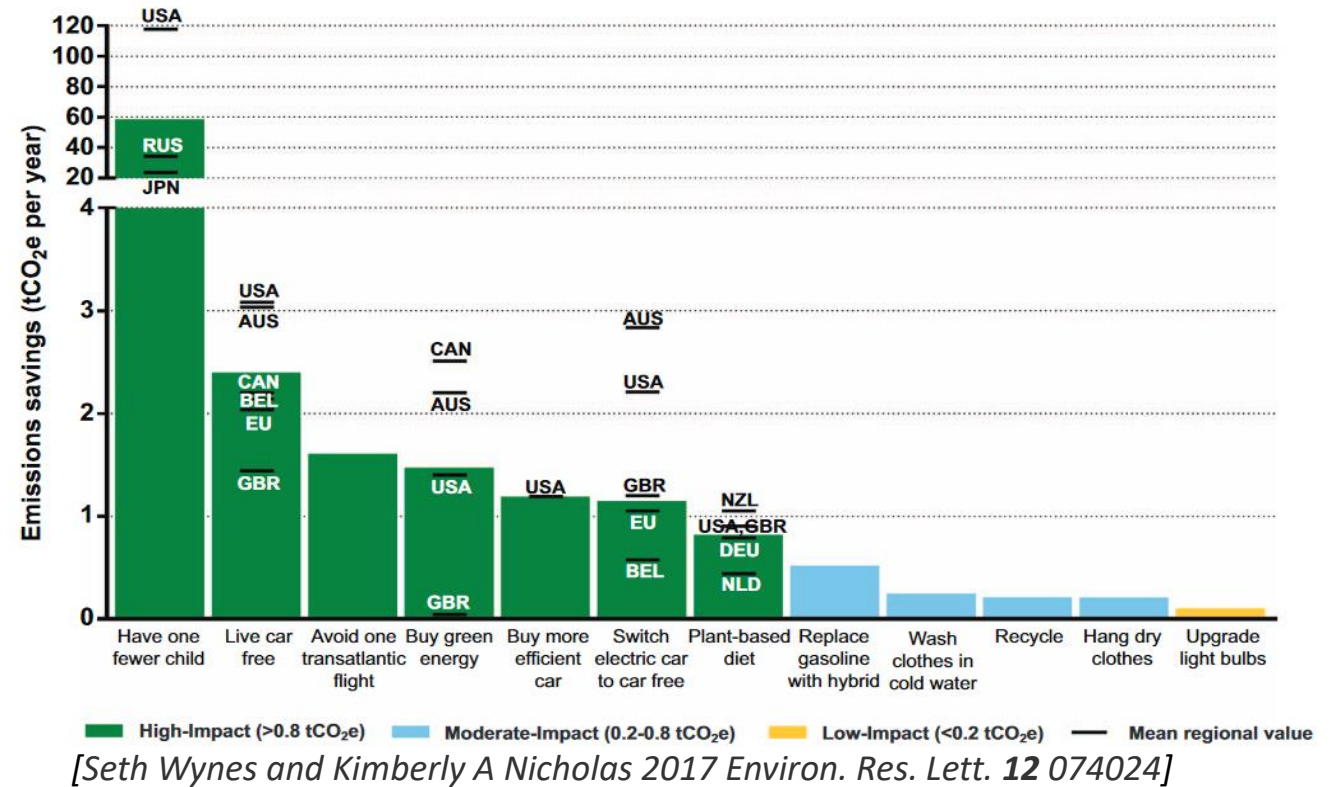
Energiatehnoloogia instituut

Tallinna Tehnikaülikool

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOO

MIDA TEHA CO₂-GA?

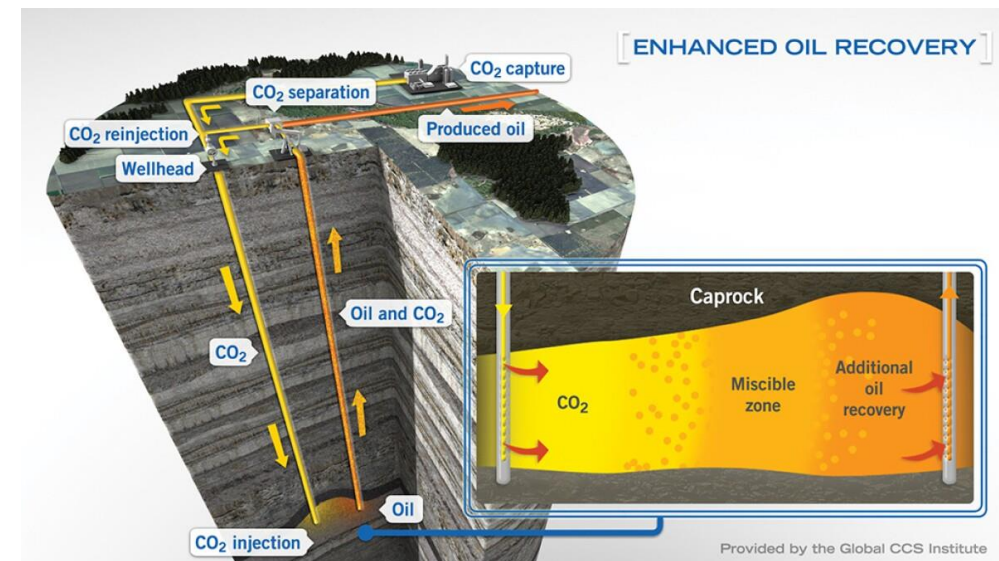
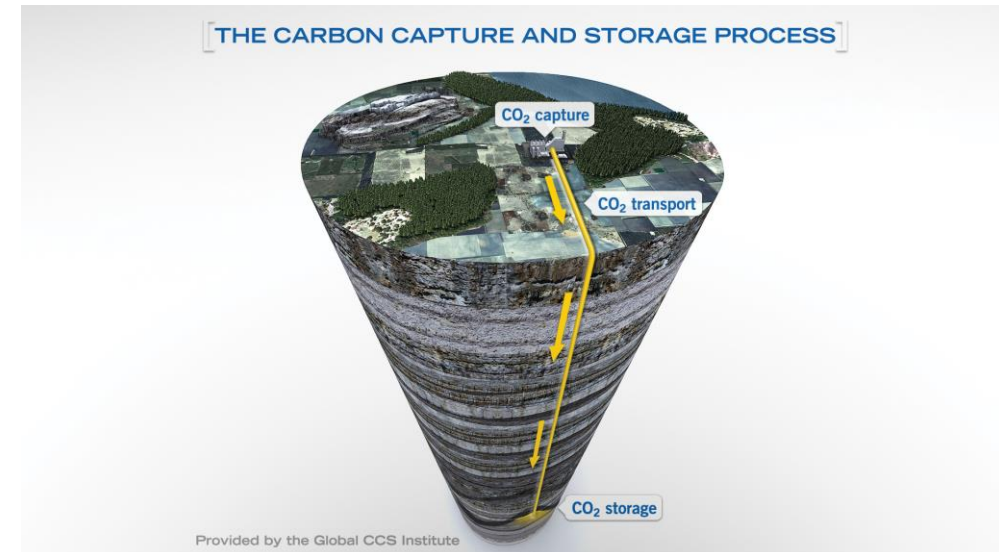
1. Väldi/vähenda
Kuidas me seda teeme?
Kas me oleme
nõus seda tegema?
Kas see on jätkusuutlik?
2. Rakenda CO₂ püüdmist
ja ladustamist (CCS)



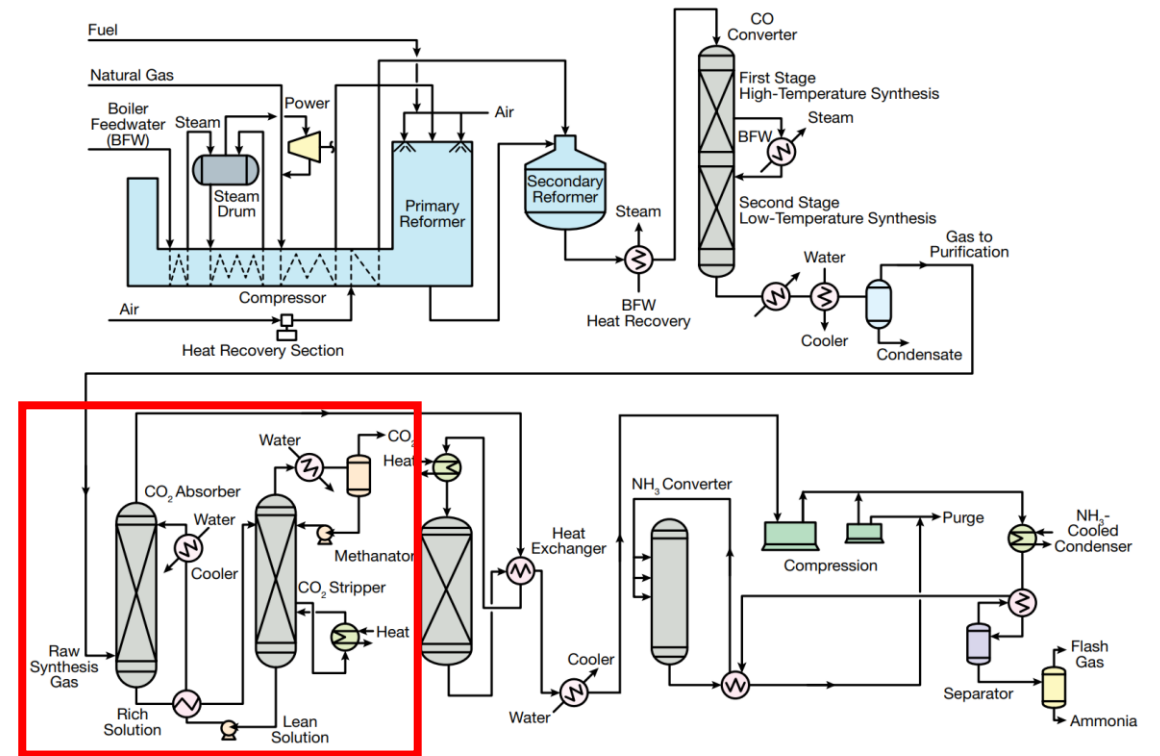
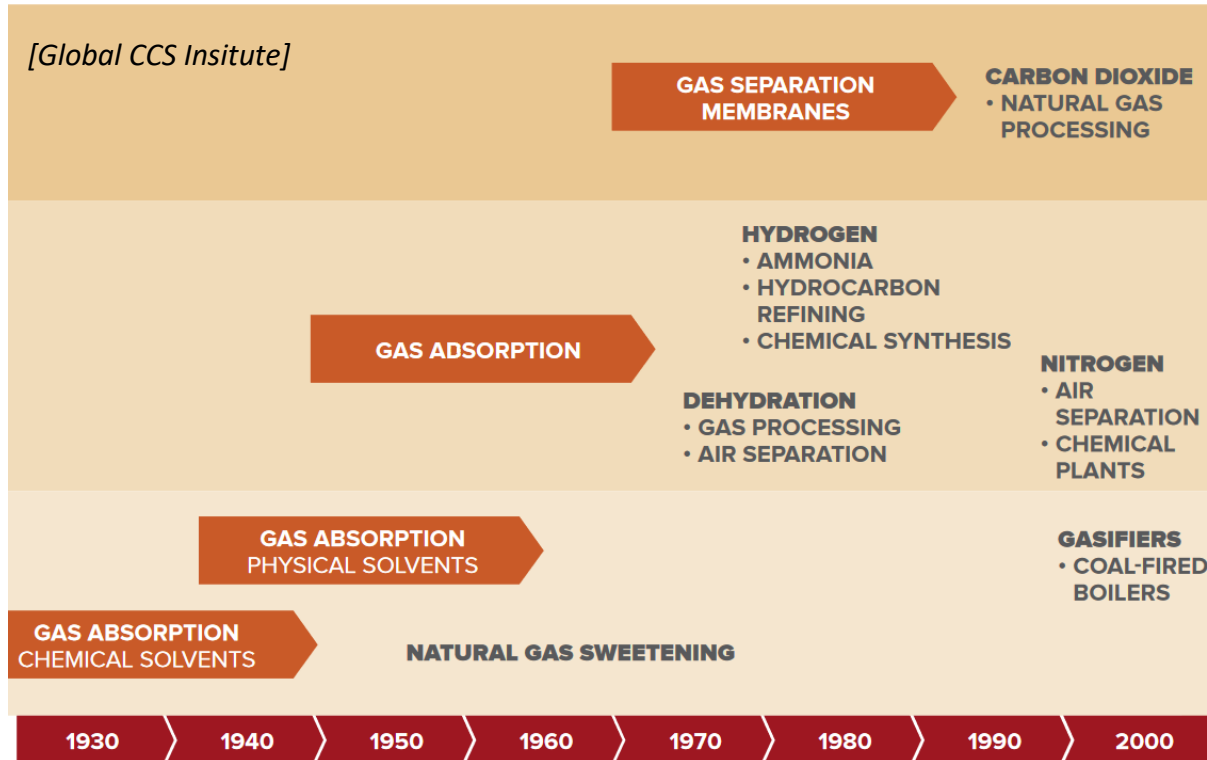
Riik/piirkond	Emissioon inimese kohta aastas [tCO ₂ /a/in; 2022. aasta]
Austraalia	15,01
Kanada	14,99
USA	14,21
Eesti	8,03
Afganistan	0,14
Niger	0,10
Somaalia	0,05

CO₂ PÜÜDMINE JA LADUSTAMINE (CCS) – MIS SEE ON?

- CO₂ eraldamine gaaside segust ja järgnev CO₂ atmosfääri sattumise vältimine
- CO₂ püüdmise idee ei alanud murest kasvuhooneefekti pärast:
 - CO₂ on edukalt kasutatav nafta täiendavas tootmises (*enhanced oil recovery* – EOR)

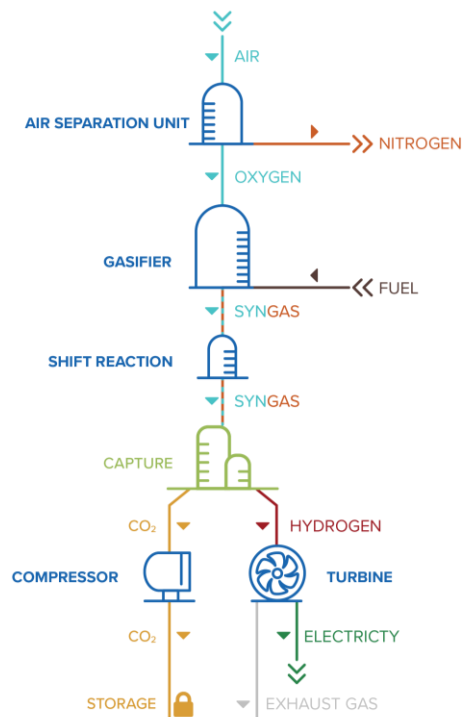


100 AASTA CO₂ ERALDAMIST TEHNOOGLILISTES VOOGUDES

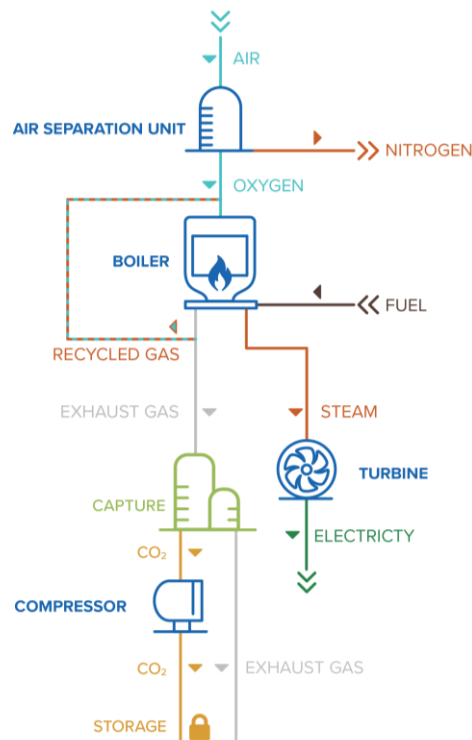


CO₂ PÜÜDMISE VÕIMALUSED PAIKSETEST CO₂ ALLIKATEST

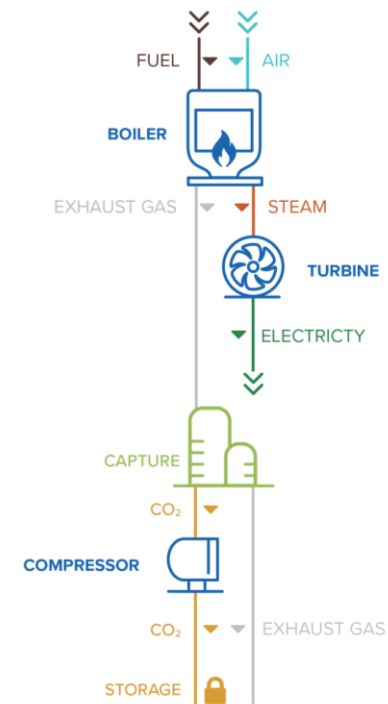
- Eelpüüdmine (KGLP)



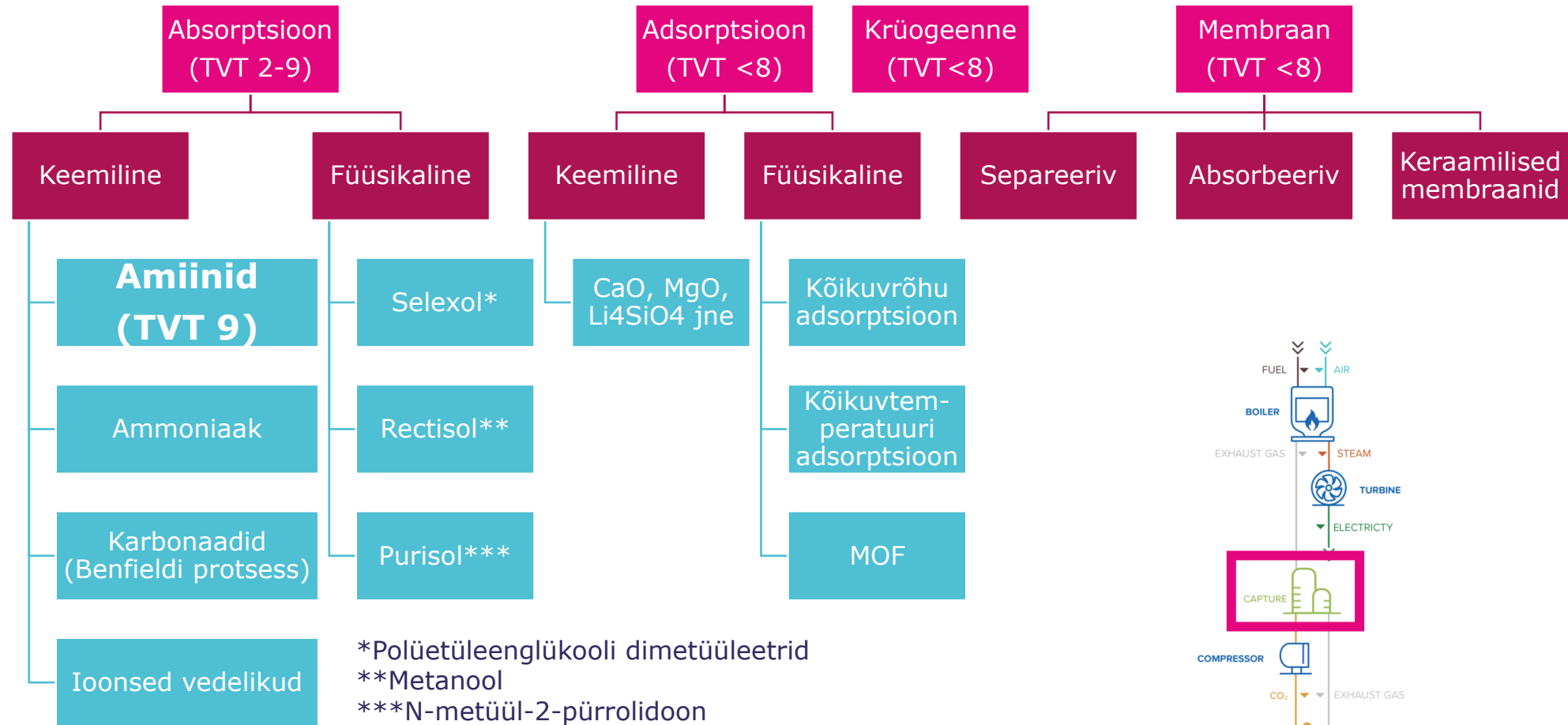
- Protsessis püüdmine



- Järelpüüdmine



MILLISEID TEHNOLOOGIAID RAKENDATAKSE CO₂ JÄRELPUUDMISEKS?



MIS VALDKONDADES CO₂ PÜÜDMISE TEHNOLOOGIAID KASUTATAKSE?

- Hetkel ~41 tööstuslikku CCS rakendust
Sh 29 CO₂-EOR

Toode/valdkond	Arv
H ₂ /NH ₃ /Väetis	7
Maagaasi töötlemine	16
Elektrienergia ja soojuse tootmine	4
Etanooli tootmine	5
Nafta rafineerimine	2
Keemia	6
Raua ja terase tootmine	1

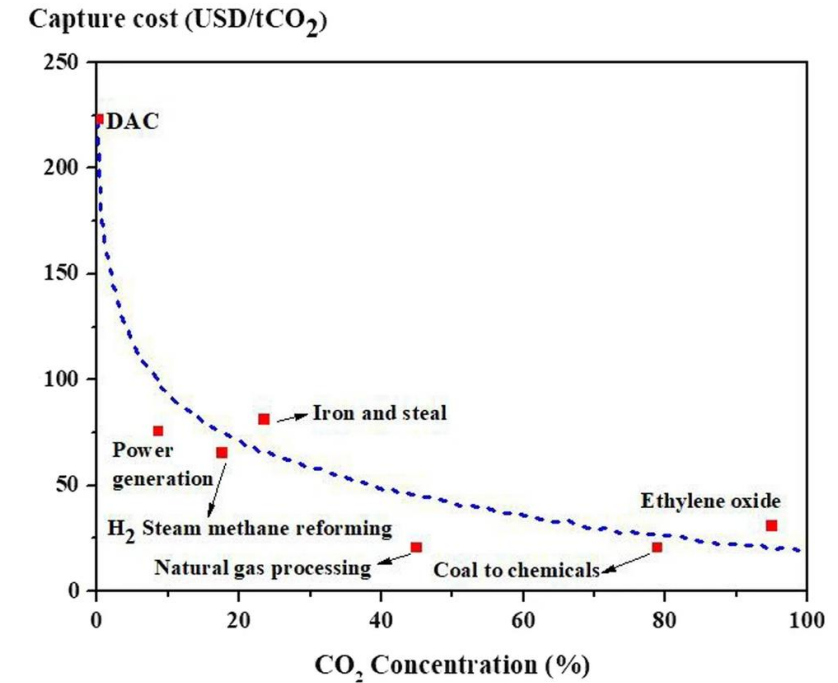
- Arendamisel CCS projektid
Euroopa ~190
Põhja-Ameerika ~290
Aasia+Okeaania ~60

Toode/valdkond	Arv
H ₂ /NH ₃ /Väetis	55
Biomassist energia tootmine	18
Tsement / lubi / betoon	31
Keemia	15
CO ₂ transport / ladustamine	196
DAC (õhust püüdmine)	10
Etanool	50
Raua ja terase tootmine	6
Maagaas	20
Nafta rafineerimine	15
Elektrienergia ja soojuse tootmine	70

**Võimekus
0,36 Gt CO₂**

DAC - ÕHUST PÜÜDMINE

- Suurimad püüdeseadmed üle 1000 tonni CO₂ aastas (Islandil, Colorados ja Californias)
- Valmimisjärgus kolm DAC-projekti
- Miks DAC?
 - Energiatarve 2000-3000 kWh/t CO₂ (CO₂ kontsentratsioon atmosfääris ~0,04%) VS järelpüüdmine energiatarbega 100-200 kWh/t CO₂
 - Maksumus 400-500 \$/t CO₂ VS järelpüüdmine 30-80 \$/t CO₂ (\$ ≈ €)
 - Kuidas eristada fossiilset CO₂-e biogeensest?



CO₂ püüdmise maksumus sõltuvalt CO₂ kontsentratsioonist gaasis [Karimi, M., Shirzad, M., Silva, J.A.C. et al. Carbon dioxide separation and capture by adsorption: a review. Environ Chem Lett 21, 2041–20 (2023)]

MIS ON CCS-IS VALESTI LÄINUD?

Carbon capture has a long history. Of failure

By Bruce Robertson | September 1, 2022

- Liiga palju ja liiga kiiresti?
 - Majanduskeskkonna muutus
 - Madal paindlikkus
 - Nt keerulised tehnoloogiad - käivitus-, töö- ja tehnoloogiariskid ei ole teada
- Kogemuste puudus/vähesus?
 - Nt lekked
- Liiga suured ootused?
 - Püüdmise efektiivsus <90%

...äkki hoopis hea õppetund?



Kemper County KGLP (~7 miljardit dollarit)



In Salah projekt (~2,7 miljardit dollarit)



Boundary Dam 3. plokk (~1 miljard dollarit)

PÜÜDMISE MAKSUMUS?

- Esimene omataoline on kallis
- Õpime vigadest – õppimiskurv
- Arendame tehnoloogiaid:
 - Olemasolevate seadmete arendamine
 - Automatiseerimine
 - Modulaarsus
- Konkurents
- Lisandväärtus

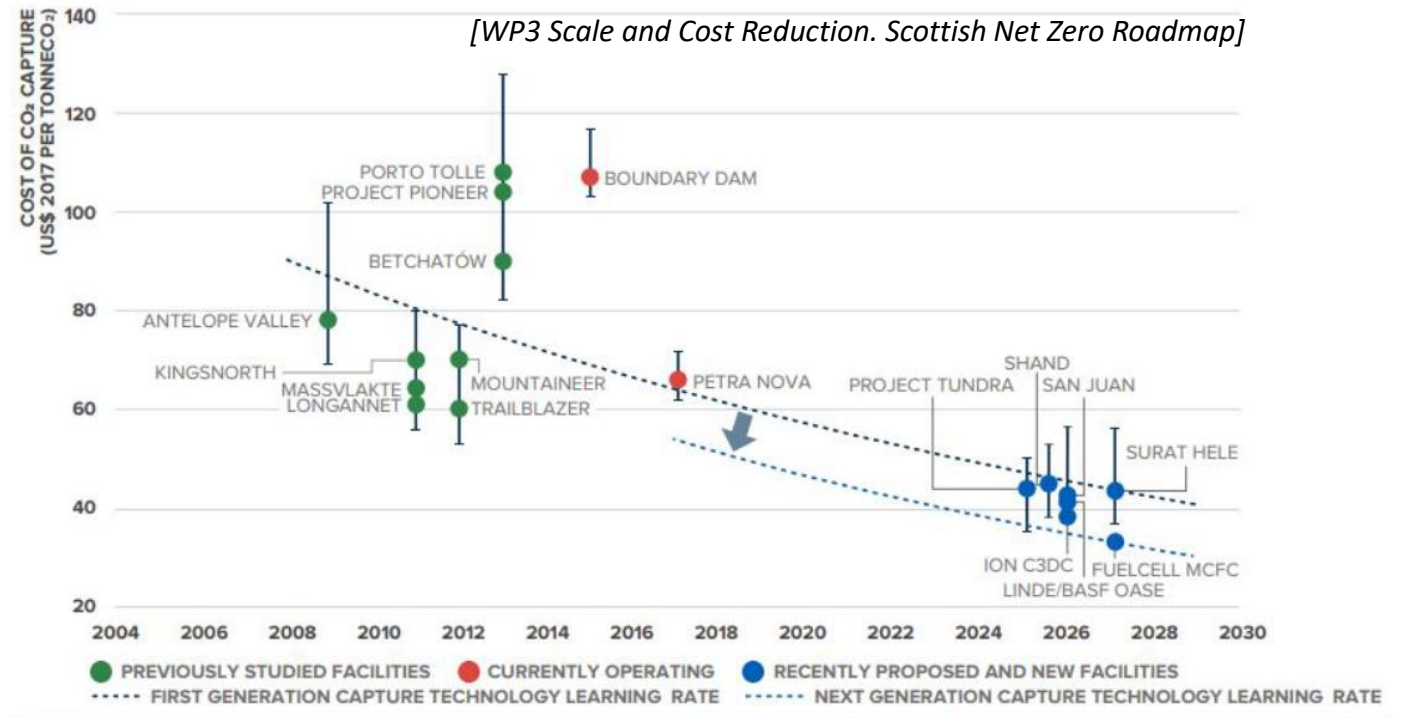
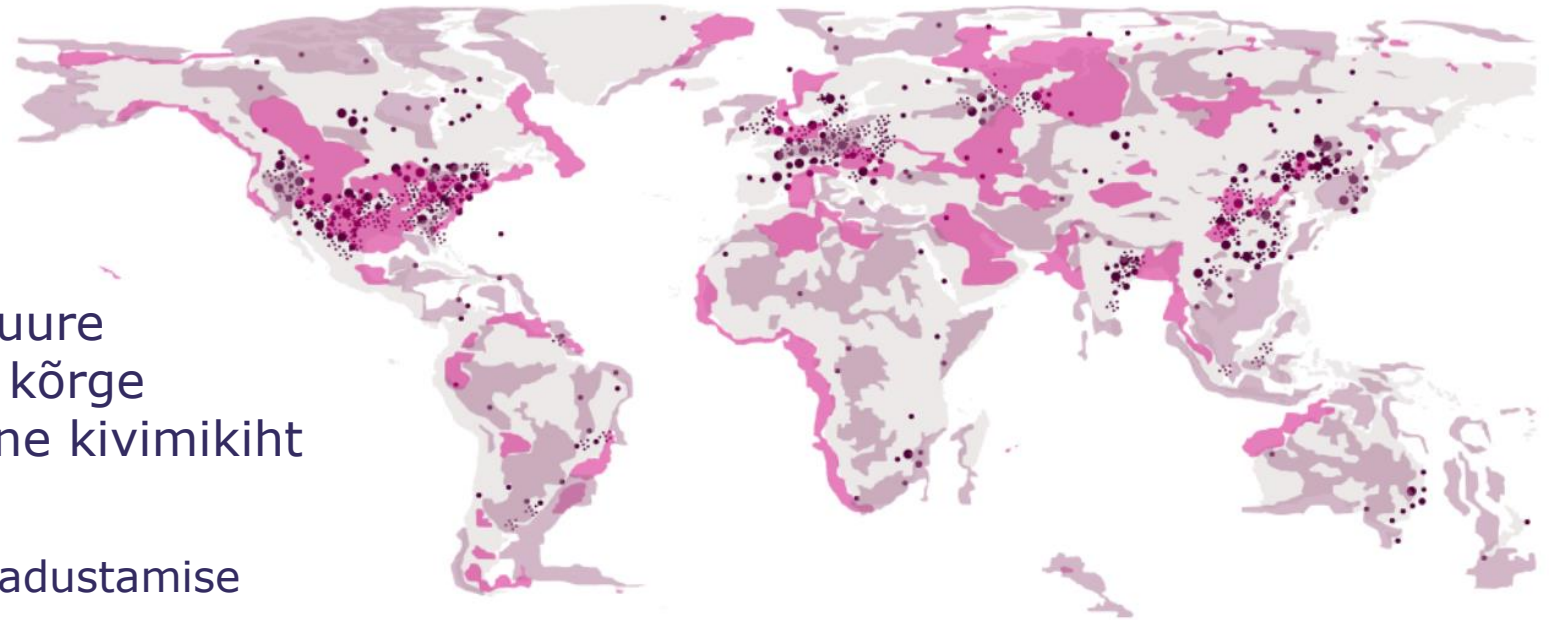


FIGURE 8 LEVELISED COST OF CO₂ CAPTURE FOR LARGE SCALE POST-COMBUSTION FACILITIES AT COAL FIRED POWER PLANTS, INCLUDING PREVIOUSLY STUDIED FACILITIES^{vi}

CO₂ LADUSTAMINE

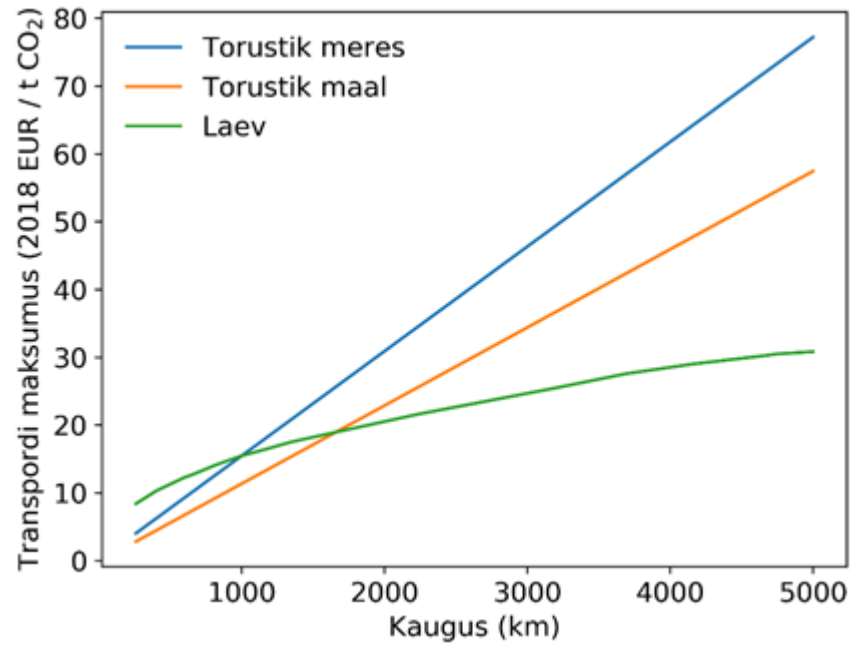
- Ideaalne ladustuspaik on nt suure mahtuvusega ja läbitavusega kõrge soolsusega vett sisaldav poorne kivimikiht
- Nt Sleipneri projekt
 - Esimene kommertsiaalne CO₂ ladustamise projekt
 - CO₂ ladustatakse Utsira kihistus kõrge soolsusega põhjaveekihis
 - Ladustatav CO₂ kogus 0,9 kuni 1,2 Mt CO₂/a



- Kõrge potentsiaaliga ladustusala
- Potentsiaalsed ladustusala
- Suured CO₂ punktallikad

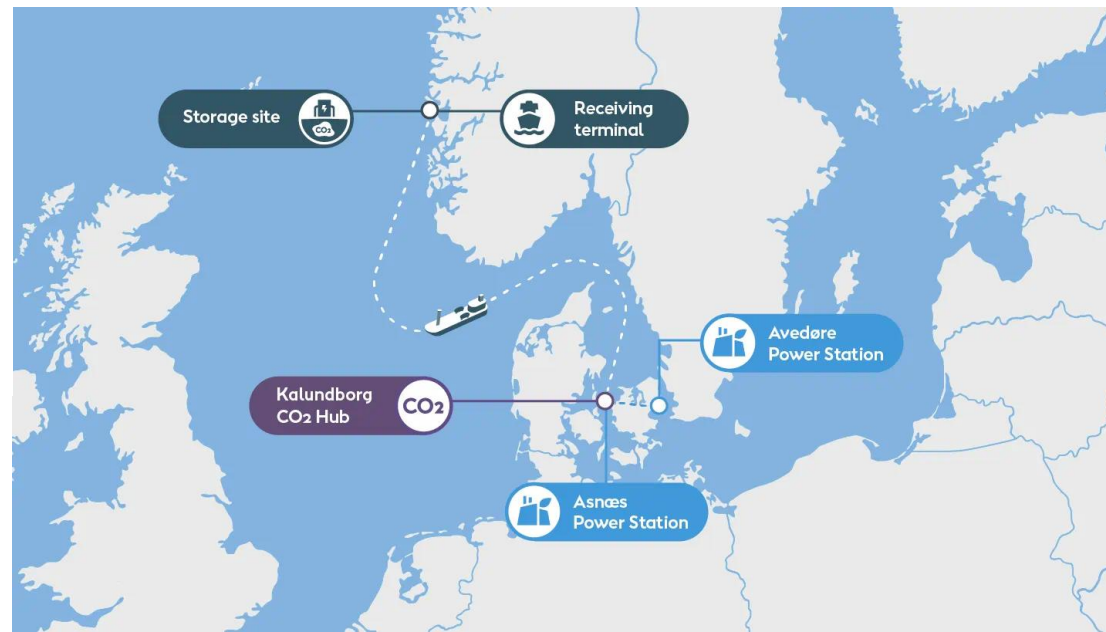
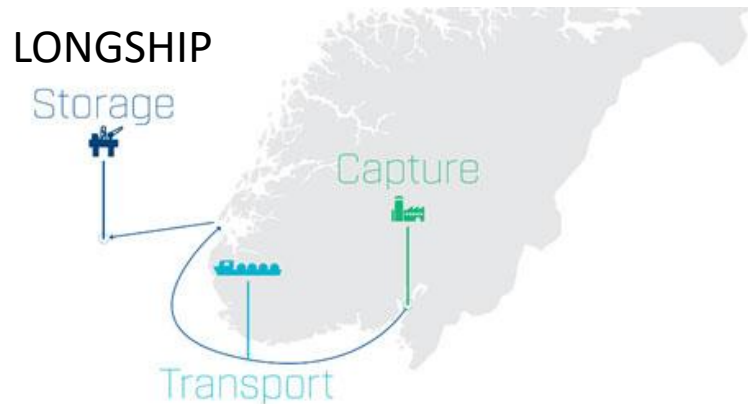


TRANSPORT



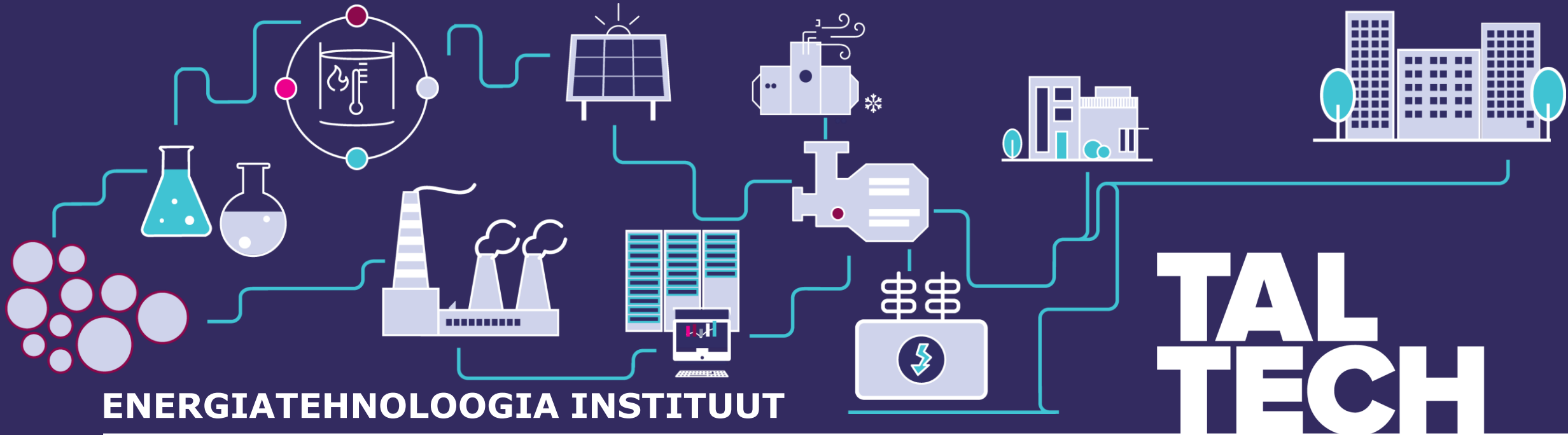
PIIRIDEÜLENE CO₂ TRANSPORT

- 2024. aastal sõlmis Norra kahepoolsed vastastikuse mõistmise memorandumid Taani, Rootsi, Belgia ja Hollandiga, võimaldamaks CO₂ piiriülest transporti.
- Northern Lights transpordib ja ladustab
 - Alates 2025 ammoniaagi- ja väetisetehas Hollandis (Yara) kuni 800 000 t CO₂ aastas
 - Alates 2026 kahest Taani elektrijaamast (Ørsted) kuni 430 000 t biogeenset CO₂ aastas



KOKKUVÕTE

- CO₂ püüdmise tehnoloogiad on olemas
 - Tööstuslikult rakendatakse tehnoloogiad, millega on suurem kogemus
 - Rakendamine eeldab protsessipõhist lähenemist
 - Riskid ja kes neid maandab?
 - Kulu (sh tehnoloogia maksumus) VS kasu
 - Ajaraamid
- CO₂ ei ole mõtet püüda, kui seda ei ole kuskile panna
 - Ladustamise potentsiaal on suur
 - Suur hulk ladustamise arendusi
- Oluline lüli on transport
- Eraldiseisvalt on tehnoloogiad olemas, kuid vaja on need integreerida ühtselt toimivaks süsteemiks ja tagada selleks vastav seadusandlus
- Kliimaneutraalsuse suunas liikumiseks on CO₂ püüdmise teema oluline – Eestil on aeg ärgata!



ENERGIATEHNOLOGIA INSTITUUT

TAL
TECH

TÄNAN!

TALLINNA
TEHNIKAÜLIKOO