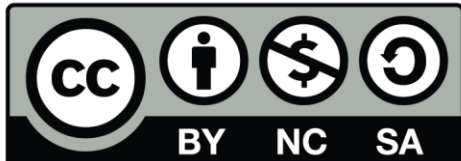


Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi

CCS – Carbon Capture and Storage

CCU – Carbon Capture and Utilisation

Bio-CCS



Tämä teos on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiKaupallinen-JaaSamoin 4.0 Kansainvälinen -lisenssillä.
Tarkastele lisenssiä osoitteessa <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Kaupallinen käyttö sallittu vain KiertotalousAMK-hankkeen 2018–2020 (OKM rahoituspäätös OKM/302/523/2017) partnereille.

Lähteitä

- Teir, Sormunen & Saari:
Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi. CCSP loppuraportti.
- Teir et al.: Hiilidioksidin talteenotto ja varastointi (CCS). VTT:n julkaisu



Miksi?

- Ilmastopolitiikan tavoitteena on rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu kahteen asteeseen (Pariisin ilmastokokous 2015)
 - Ei ole helppoa
 - Kaikki keinot käyttöön
- Fossiilisten polttoaineiden käyttö on hyvin tunnettua teknologiaa
- Kivihiilivarannot edelleen runsaita
- Nopeat muutokset energiantuotantotavoissa vaikeita ja kalliita
- Kalkkikiven käyttö sementin tuotantoon

Miten?

- Teknisesti täysin mahdollista jo nyt
 - Ei ole ilmaista
- Hiilidioksidin talteenotto suurissa pistelähteissä
 - teollisuuslaitokset
 - Fossiilisia polttoaineita käyttävät voimalaitokset
- Talteenoton jälkeen hiilidioksidi
 - puhdistetaan,
 - paineistetaan ja
 - kuljetetaan pitkäaikaiseen säilytykseen
- tai käytetään hyväksi jossain hiilidioksidia tarvitsevassa prosessissa

Menetelmiä

- Talteenotto savukaasuista
- Talteenotto ennen polttoa
- Talteenotto happipolton avulla

- Kaikki vaihtoehdot vaativat paljon energiaa.

Kuva CCSP
loppuraportti, s. 7



Polton jälkeen (savukaasuista)

- CO₂ otetaan talteen pesurilla
 - CO₂ sitoutuu pesunesteeseen
- Soveltuu menetelmäksi myös jo olemassa oleviin laitoksiin

Ennen polttoa

- Fossiilinen polttoaine muutetaan kaasuksi, joka sisältää hiilidioksidia ja vetyä (H₂)
 - CO₂ erotetaan pesurissa ja voidaan kuljettaa varastoitavaksi
 - H₂ toimii polttoaineena
- Mahdollinen vain uusissa laitoksissa, lähinnä kaasutuslaitokset
- IGCC Integrated Gasification Combined Cycle

Happipoltto

- Palamisilmana lähes puhdas happi
 - Tarvitaan laitos erottelemaan N_2 ja O_2
- Savukaasut sisältävät lähes pelkästään CO_2 ja H_2O (ei typpeä)
 - Vesi helppo erottaa jäähdyttämällä
- Mahdollinen uusilla ja vanhoilla laitoksilla

Päästövähennys

- Polton jälkeiset menetelmät 80-90 %
 - Koko voimalaitoksen hyötysuhde laskee 11-14 %-yksikköä
- Ennen polttoa jopa 90 %
 - Koko voimalaitoksen hyötysuhde laskee 7-11 %-yksikköä

Muita hyötyjä

- Polttoa edeltävät ja happipoltto vähentävät myös NOx-päästöjä

Hiilidioksidin nesteytys

- CO₂ nesteytetään 70 atm paineessa
 - Muistuttaa tiheydeltään raakaöljyä
- Voidaan kuljettaa (öljy)putkissa tai tankkereilla säilytykseen

Käytössä jo kaupallisesti

- Öljyntuotanto sekä pienessä mittakaavassa teollisissa prosesseissa, joissa hiilidioksidille löytyy hyötykäyttöä
- Palamistuotteena hiilidioksidi nesteytetään savukaasupesurissa tai sidotaan kemiallisesti sopivaan materiaaliin
- Kaasutusprosesseissa polttoainekaasun hiilidioksidi voidaan poistaa pesurin avulla ennen palamisprosessia.



Varastointi

Varastointi

- Geologinen
 - Käytöstä poistuneen öljy- ja kaasukentät
 - Syvät suolapohjavedet
 - Louhintakelvottomat hiilikentät
- Syvänmeren
- Mineraalit

Geologinen varastointi

- Käytetyt tai hiipuvat öljy- ja maakaasulähteet
- Maanalaiset suolavesiesiintymät
- Louhimattomat hiiliesiintymät
- Perustuu tekniikoihin, joita on käytetty öljy- ja maakaasuteollisuudessa ja jotka ovat jo nykyään käyttökelpoisia.
- Hiilidioksidin pumppaaminen syväälle öljy- tai kaasukenttään helpottaa öljyn ja kaasun tuottamista, mikä vähentää tekniikan kokonaiskustannuksia.

Geologinen...

- Useat eri fysikaaliset ja geokemialliset mekanismit estävät hiilidioksidin nousun takaisin pinnalle
 - Tärkein on läpäisemätön kivikerros.
- Hiiliesiintymiin hiilidioksidi sitoutuu myös kemiallisesti
 - Samalla esiintymässä oleva metaani vapautuu -> hyötykäyttöön
 - Ei kokemusta hiiliesiintymän myöhemmistä käyttömahdollisuuksista
- Geologinen säilytys antaa mahdollisuuden pysyvään säilytykseen, kunhan paikka on huolellisesti valittu ja sitä tarkkaillaan jatkuvasti mahdollisten vuotojen varalta ja havaitut vuodot tukitaan.

Geologinen... suolaisiin pohjavesiin

- Syvät suolaisen pohjaveden kerrostumissa on erittäin mineralisoitunutta suolavettä.
- Huomattavasti öljy- ja maakaasulähteitä yleisempiä, jolloin kuljetusmatkat kohteisiin jäisivät lyhyemmiksi.
- Toimivuudesta varastointikohteena ei kuitenkaan vielä ole käytännön kokemusta.

Varastointi meriin

- Jos hiilidioksidi pumpataan syvemmälle kuin 3 000 metrin syvyyteen, sen on arvioidaan varastoituvan sinne hyvin pitkäksi aikaa.
 - Muodostaa vettä tiheämpiä ”hiilidioksidijärviä”.
 - Menetelmä vasta demonstraatiovaiheessa, ei vielä käytännön kokemusta
 - Miten pH:n lasku ja happamuuden lisääntyminen vaikuttavat meriympäristöön?
- Arvioita:
 - 65–100% hiilidioksidista säilyisi varastoituneena yli 100 vuotta
 - 30–85% yli 500 vuotta

Mineralisaatio

- Hiilidioksidin reagoiessa metallioksidea sisältävien mineraalien, eli silikaattien kanssa lopputuotteena on stabiili metallikarbonaattimineraali.
 - Esim. serpentiini ($\text{Mg}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$), oliviini ($(\text{Mg,Fe})_2\text{SiO}_4$) ja kalsiumsilikaatti (CaSiO_3)
 - Sopivia mineraaleja löytyy runsaasti
 - Reaktiotuotteita mahdollista käyttää rakentamisessa, kemianteollisuudessa ja metalliteollisuudessa raaka-aineena tai maataloudessa
- Joko johtamalla hiilidioksidi suoraan mineraaliesiintymään, tai toimittamalla soveltuva mineraali hiilidioksidin syntypaikalle
- Reaktio normaalissa lämpötilassa ja paineessa hidas
 - lämpötilan ja paineen keinotekoisista nostaminen riittävän nopean reaktion aikaansaamiseksi

Bio-CCS Negatiiviset päästöt?

- Hiilidioksidin talteenotto biomassan käytöstä
- Biomassan käyttöä pidetään päästöjen suhteen hiilineutraalina
- Ilmaston kannalta CO₂ on sama aine, tuli se fossiilisista tai uusiutuvista polttoaineista.
- Jos CO₂ otetaan talteen biopolttoaineista, päästään negatiivisiin päästöihin
- Otetaan siis ilmakehästä CO₂ talteen kasvien avulla ja polton jälkeen varastoidaan se.

Bio-CCS ongelmia

- Nykyiset ilmastopöytäkirjat eivät tunneta negatiivisia päästöjä.
- Biomassan käyttö on päästökaupan ulkopuolella -> ei taloudellisia kannustimia vähentää päästöjä.
- Negatiivisten päästöjen ottaminen mukaan toisi taloudelliset kannustimet myös tähän
- Biolaitokset ovat usein pieniä, jolloin talteenoton kustannukset suhteessa suurempia.

Tekniikan merkitys ja taloudellisuus

- Skenaarioiden mukaan CCS-tekniikan osuus ilmastonmuutoksen torjunnasta voisi parhaimmillaan olla 15–55 %, jos hiilidioksidipitoisuudet vakiinnutetaan 450–750 miljoonasosaan. CCS vähentää ilmastonmuutoksen torjumisen kuluja arvioiden mukaan noin 30 % ja tarjoaa joustavuutta kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. (IPCC 2005)
- CCS-tekniikka yhteensopivaa nykyisten energiainfrastruktuurien kanssa, mutta sovelluskohteina kustannussyistä luultavasti lähinnä uudet laitokset.
- Useissa skenaarioissa CCS-tekniikan merkitys tuleekin kasvamaan vasta vuosisadan jälkipuolella, joten se ei luultavasti korvaa jo toimiviksi todettuja päästövähennystapoja lähitulevaisuudessa.
- CCS voi tulla kannattavaksi nopeammin, jos päästökaupan ja päästökaton laskun myötä CO₂-tonnin hinta nousee merkittävästi.