



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

TEKNOLOGISTEN HIILINIELUJEN MAHDOLLISUUDET JA NIIDEN
EDISTÄMINEN SUOMESSA

Lauri Kujanpää, Kati Koponen, Onni Linjala, Sampo Mäkikouri, Antti Arasto

Suomen ilmastopaneeli
Raportti 5/2023

© Suomen ilmastopaneeli



Suomen ilmastopaneelin raportti 5/2023

Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa

Tekijät:

Lauri Kujanpää, Kati Koponen, Onni Linjala, Sampo Mäkikouri ja Antti Arasto

ISSN: 2737-0666

ISBN: 978-952-7457-28-3

DOI: [lisätään myöhemmin]

Viittausohje:

Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S., Arasto, A. 2023. Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 5/2023.

Suomen ilmastopaneeli edistää tieteen ja politiikan välistä vuoropuhelua ilmastokysymyksissä. Se antaa suosituksia hallituksen ilmastopoliittiseen päätöksentekoon ja vahvistaa monitieteellistä otetta ilmastotieteissä. Ilmastopaneelin selvitykset ja kannanotot tehdään tieteellisin perustein.

info@ilmastopaneeli.fi

www.ilmastopaneeli.fi

[X](#)@Ilmastopaneeli1

SISÄLLYS

ILMASTOPANEELIN ESIPUHE JA KESKEISET VIESTIT	IV
TIIVISTELMÄ	VII
SUMMARY	VIII
SAMMANDRAG	IX
ALKUSANAT	X
1. JOHDANTO	1
1.1. Taustaa	1
1.2. Teknologisten hiilinielujen näkymät Suomessa	2
1.3. Tavoite ja rajaukset	2
2. BIOPERÄISEN HIILIDIOKSIDIN TEOLLISET LÄHTEET SUOMESSA	4
3. HIILIDIOKSIDIN KÄYTTÖKOHTEET JA VARASTOINNIN NÄKYMÄT	6
3.1. Hiilidioksidin hyötykäyttö synteettisten polttoaineiden valmistukseen	6
3.2. Geologisen varastoinnin näkymät Pohjois-Euroopassa.....	7
3.2.1. Hiilidioksidin varastointihankkeiden kehitys vuoteen 2035 mennessä	9
3.2.2. Keskeisimmät hankkeet vapaan varastokapasiteetin kannalta	10
4. TEKNOLOGISTEN HIILINIELUJEN KUSTANNUKSET JA KANNATTAVUUS	11
4.1. Hiilidioksidin talteenoton, kuljetuksen ja varastoinnin kustannukset.....	11
4.1.1. Hiilidioksidin talteenoton kustannus	11
4.1.2. Hiilidioksidin paineistuksen kustannus.....	13
4.1.3. Kuljetus- ja varastointikustannukset	14
4.1.4. Hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin rajakustannukset Suomen teollisissa päästölähteissä	16
4.2. Teknologisten hiilinielujen ja hiilidioksidin hyötykäytön kannattavuus valituissa tapaustarkasteluissa	20
4.2.1. Talteenotto, kuljetus ja varastointi suurista laitoksista rannikolla ja sisämaassa	21
4.2.2. Hiilidioksidin talteenotto ja jalostus synteettiseksi polttoaineeksi	23
4.3. Soveltuvimmat hiilidioksidin lähteet teknologisille nieluille.....	24
5. TUKIMEKANISMIT TEKNOLOGISILLE HIILINIELUILLE	26
5.1. Ruotsin malli käänteisestä huutokaupasta BECCS hankkeille	26
5.1.1. Taustaa	26
5.1.2. Huutokauppaan osallistuvat hankkeet	27
5.2. Käänteisen huutokaupan tai vastaavan tukimekanismin soveltuvuus Suomeen	28
5.2.1. Soveltuvuus Suomeen	28
5.2.2. Kuvitteellinen erimerkki toteutusaikataulusta	30
5.2.3. Aiemmat tarjouskilpailumallit Suomessa	31
6. TULOSTEN TARKASTELU	32
6.1. Teknologisten hiilinielujen kustannukset.....	32
6.2. Varastokapasiteetti.....	33
7. JOHTOPÄÄTÖKSET	37
7.1. Bio-CO ₂ :n talteenoton, kuljetuksen ja varastoinnin kustannukset sekä potentiaali Suomessa	37
7.2. Bio-CO ₂ :n hyötykäytön ja varastoinnin näkymät.....	38

7.3. Bio-CO ₂ :n talteenoton, kuljetuksen ja varastoinnin kannattavuus	39
7.4. Teknologisten hiilinielujen tukimekanismit	39
LÄHTEET	40
LIITE 1. SUOMEN PÄÄSTÖREKISTERIIN KUULUVIEN LAITOSTEN CO₂-PÄÄSTÖT.....	45

SUMMARY

This study examines more closely the potential, costs, and realistic scale of technological carbon sinks in Finland over the medium term than in previous publicly available literature. Technological carbon sinks can refer to various technologies aimed at permanently removing carbon dioxide from the atmosphere. This study looks solely at the capture and geological storage of biogenic carbon dioxide from energy production and industrial facilities in Finland. This selection is based on the assumption that these methods can achieve the largest technological sink in Finland over the medium term.

Up-to-date information has been compiled on biogenic carbon dioxide-emitting facilities in Finland, whose total emissions exceed 0.1 MtCO₂ per year per facility. The facility-specific costs for carbon dioxide capture, transportation, and storage to the North Sea region have been calculated. Additionally, the prospects of geological storage capacity in Northern Europe have been examined based on public projects, anticipating the potential amount of available capacity for Finland's technological sinks. This study also explores reverse auctions, or competitive bidding, as a possible support mechanism for technological carbon sinks, which currently lack direct economic incentives in Finland, except for units produced for voluntary carbon markets.

The combined biogenic emissions from these facilities are approximately 28 MtCO₂ per year. Biogenic carbon dioxide emissions exceed 1.0 MtCO₂ per year in nine facilities, resulting in cost reductions for producing technological sinks due to economies of scale. From these larger facilities, a total of 7.3 MtCO₂ per year could be captured from facilities on the coast, and 8.4 MtCO₂ per year from facilities inland. The unit cost of producing carbon sinks from Finland's industrial emission sources varies between approximately €120–240/tCO₂ on a case-by-case basis. Costs are lowest for large facilities located on the coast. The most cost-effective facilities are often those in manufacturing industries where larger facility sizes are common due to economies of scale in production. The forest industry stands out among the most cost-effective source of biogenic CO₂. For small facilities, costs could be significantly reduced by sharing transportation infrastructure with other facilities.

Based on current knowledge, a significant amount of carbon dioxide storage capacity is expected to be available on the market from 2030 onwards. Based on public sources of storage project assessments, free storage capacity in Northern Europe is expected to be around 10 MtCO₂ per year at that time, although the latest project plans from Denmark may increase the estimate of available storage capacity. Storage capacity could pose a significant constraint on Finland's technological sinks during the study period until 2035 unless there is a significant increase in negotiation and project preparation activity.

An investigation into reverse auctions or other support mechanisms should be initiated soon if projects are to be implemented in the early 2030s. In Finland, there are several facilities that could potentially participate in the bidding process, with preliminary cost estimates for implementing technological sinks ranging from €120 to €150/tCO₂. The actual bids and thus the required budget is difficult to estimate, as there is yet insufficient experience with the operation and costs of the technology and the whole carbon dioxide transport and storage value chain.