**O 32/2023 vp Näkökulmia luonnon ja teknisiin hiilinieluihin – rooli nollapäästöisessä taloudessa.** Ympäristövaliokunta 15.2.2024

***Suomen ilmastopaneeli***
*Raisa Mäkipää, Heikki Lehtonen, Kati Koponen, Jyri Seppälä, Anne Toppinen, Hannele Korhonen, sihteeristö Maria Karttunen & Sally Weaver*

## ILMASTOPANEELIN YHTEENVETO

Suomen pitää vahvistaa nettonieluaan ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Maankäyttösektorilla on merkittäviä mahdollisuuksia kustannustehokkaisiin toimiin, joilla vähennetään päästöjä ja vahvistetaan nielua (mm. vettäminen, jatkuvapeitteinen metsänkasvatus, metsäkadon torjunta ja viljelytapojen muutos). Edullisimmat ja kustannustehokkaat nielun vahvistamisen toimet maankäyttösektorilla ovat huomattavasti edullisempia tällä hetkellä kuin teknologisten nielujen tuottaminen tulevaisuudessa. Lähiajan ilmastotavoitteiden saavuttamisesta tulee huolehtia samalla, kun kehitetään teknologisten hiilinielujen teknologiaa, joka tarjoaa lisäkeinon vuoden 2030 jälkeisten tavoitteiden saavuttamiseen.

## ILMASTOPANEELIN NÄKEMYKSET

### Hiilensidonta osana ilmastotavoitteita

Pariisin sopimuksen mukaan maapallon keskilämpötilan nousu rajataan selvästi alle kahden asteen pyrkien 1,5 asteen tavoitteeseen. Ilmastotieteen mukaan 1,5 asteen lämpenemisen poluissa ilman merkittävää lämpenemistavoitteen tilapäistä ylittämistä[1] päästöjen ja nielujen tulisi olla tasapainossa noin vuonna 2050 ja nettonegatiivisuus tulisi saavuttaa sen jälkeen kuluvan vuosisadan jälkipuoliskolla. Fossiilisten ja prosessipäästöjen vähentämisen lisäksi tarvitaan negatiivisia päästöjä, joita voidaan tuottaa poistamalla hiilidioksidia ilmasta joko luonnon nielua voimistamalla tai kehittämällä teknologisia nieluja. Hiilidioksidin poistolla ilmakehästä voidaan kompensoida niitä päästöjä, joita on muilla keinoilla hyvin vaikeaa tai kallista vähentää.

Suomen maankäyttösektorin nettonielu on heikentynyt viime vuosina merkittävästi, sillä puuston hiilivaraston kasvu on hidastunut ja maaperän päästöt kasvaneet. Ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi tulee vahvistaa puuston ja kivennäismaiden maaperän hiilinieluja sekä tehostaa jo tunnistettuja päästövähennystoimia maankäyttösektorilla. Maankäyttösektorin hiilinieluja voidaan täydentää teknologisilla nieluilla, jotka tarjoavat kuitenkin maankäyttösektorin toimia kalliimman lisäkeinon Suomen ilmastotavoitteiden saavuttamiseen vuoden 2030 jälkeen. Teknologiset nielut eivät siis auta EU:ssa yhteisesti sovittujen 2030-tavoitteiden saavuttamisessa, mutta vuoden 2035 hiilineutraaliustavoitteen varmistamiseksi ja sen jälkeen tavoiteltavaa nettonegatiivisuutta ajatellen Suomen olisi luotava valmius tuottaa negatiivisia päästöjä kustannustehokkaasti myös teknologisten nielujen avulla.

Kuten valtioneuvosto toteaa viimeisimmässä ilmastovuosikertomuksessaan[2], maankäyttösektorin nettonielun heikkenemisen seurauksena EU-velvoitteet ja ilmastolain mukainen hiilineutraaliustavoite edellyttävät lisätoimia. Ilmastovuosikertomukseen on kirjattu, että uuden maankäyttösektorin ilmastosuunnitelman (MISU) laatimista tulisi harkita jo tällä vaalikaudella. Myös Euroopan komission suosituksissa Suomen NECP-luonnokseen (kansallinen integroitu energia- ja

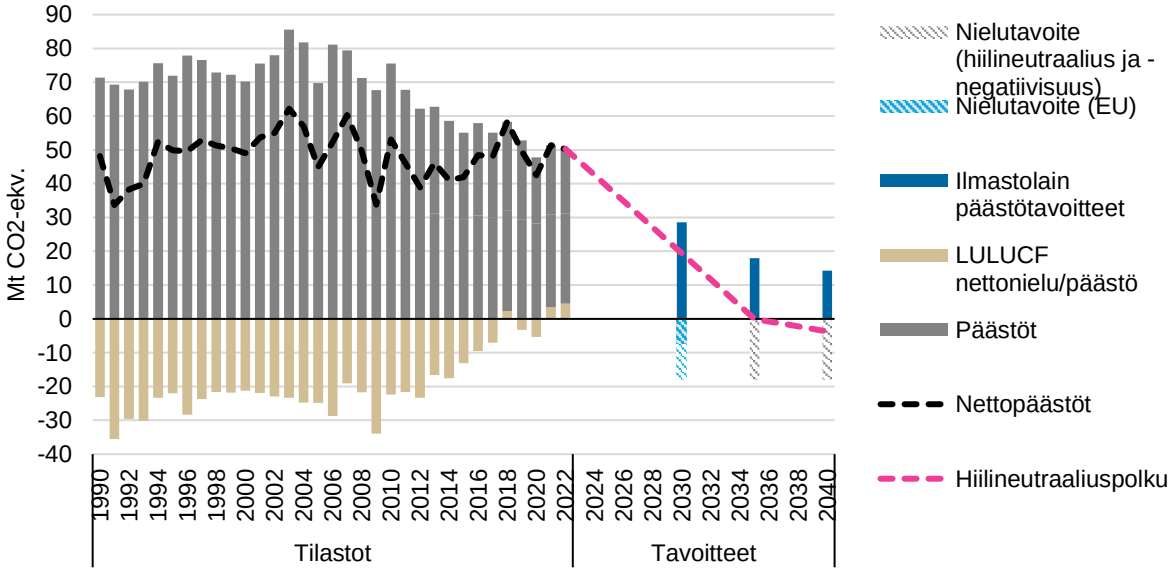
[1] Eli ilman merkittävää nk. ”overshootia ”, jossa hiilidioksidin pitoisuus ilmakehässä on väliaikaisesti liian korkealla tasolla suhteessa tavoiteltuun lämpenemisen tasoon.
[2] Ilmastovuosikertomus 2023. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165065

ilmastosuunnitelma) sanotaan, että Suomen tulisi sisällyttää suunnitelmaan toimet, joilla EU:ssa yhteisesti sovittu maankäyttösektorin nettonielutavoite vuodelle 2030 saavutetaan. Komission suositukset tulee huomioida kesäkuussa 2024 toimitettavassa lopullisessa NECP-suunnitelmassa.

Komission suosittelema 90 % nettopäästövähennystavoite vuoteen 2040 mennessä, kuten myös nettonegatiivisuus vuoden 2050 jälkeen edellyttää hiilidioksidin talteenottoa ja varastointia. Euroopan komissio arvioi 6.2.2024 julkaistun 2040-ilmastotavotteiden tiedonannon yhteydessä[3], että metsien ja maaperän hiilensidonnan lisäksi EU-tasolla voitaisiin tuottaa teollisilla hiilenpoistoilla 75 Mt $CO_2$ teknologinen hiilinielu. Yhteensä teknologiset nielut ja maankäyttösektori on tiedonannossa arvioitu tavoitetasolle -400 Mt, joten hiilensidontaa pitää lisätä suhteessa vuoteen 2030. Tämä tarkoittaa, että koko EU:n tasolla ja myös Suomessa tarvitaan muutosta nykytrendiin, jossa nettonielut EU:ssa ovat pienentyneet. Komission julkaiseman Industrial Carbon Management -strategia pyrkii tukemaan hiilidioksidin talteenoton ja varastoinnin logistiikan kehittämistä[4].

## Suomen ilmastopaneelin näkemykset hiilinieluista Suomessa

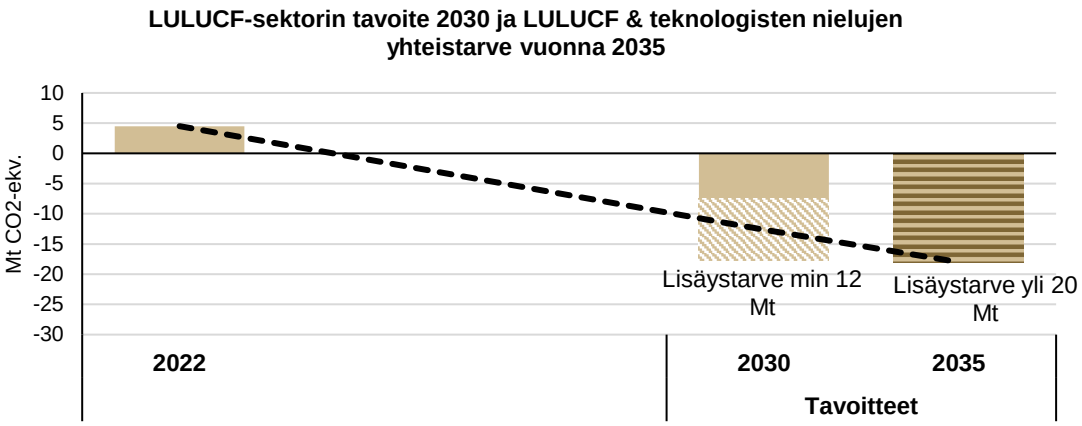
Maailmanlaajuiset ilmastotoimet ja vihreä siirtymä vähentävät fossiilisia päästöjä, mutta hiilineutraaliutta ja hiilinegatiivisuutta ei voida saavuttaa ilman hiilinieluja. Maankäyttösektorin päästövähennykset ja nielut sekä mahdolliset teknologiset nielut tulevat osaksi vihreää siirtymää, mikä näkyy myös Suomen ilmastotoimissa. Alla olevassa kuvassa näkyy päästö- ja nielukehitys sekä tavoitteet vuosille 2030 ja 2035.




**Kuva 1.** Suomen nettopäästöjen kehitys 1990–2022 ja tavoitteet 2030 ja 2035. Lähde: Tilastokeskus ja tavoitteiden hahmottamiseen Suomen ilmastopaneelin omat laskelmat.

Suomessa maankäyttösektori oli vuonna 2022 nettopäästölähde eikä tavoitteen mukainen nielu (kuva 1), joten tavoitteiden saavuttamiseksi tarvitaan vahva käännös tämänhetkiseen kehitykseen. Maankäyttösektorilla vuoden 2022 tilastopikaennakon mukaisesta nettopäästöjä tuottavasta tilanteesta (4,5 Mt $CO_2$-ekv.) olisi päästävä reilusti nettonielun puolelle vuoteen 2030 mennessä. Vuonna 2035 teknologisten nielujen ja maankäyttösektorin nettonielun olisi oltava yhteensä noin -18 Mt.

[3] Euroopan komissio, SWD(2024) 63 final https://climate.ec.europa.eu/document/download/768bc81f-5f48-48e3-b4d4-e02ba09faca1_en?filename=2040%20Climate%20Target%20Impact%20Assessment_en_0.pdf&prefLang=fi
[4] Euroopan komissio, COM(2024) 62 final https://energy.ec.europa.eu/document/download/6b89e732-fea4-480b-9d2e-cf64de90247e_en?filename=Communication_-_Industrial_Carbon_Management.pdf




**Kuva 2.** Nykytila 2022 pikaennakon mukaan, LULUCF-sektorin tavoite 2030 (EU) ja LULUCF & teknologisten nielujen yhteistarve vuonna 2035 (Suomen oma hiilineutraaliustavoite), mikäli päästöt vähenevät noin 18 Mt $CO_2$-ekv. tasoon.

Seuraavaksi käydään läpi tilannekuvaa maankäyttösektorin ja teknologisten nielujen osalta eriteltyinä.

### *Maankäyttösektorilla paljon hyödyntämätöntä nettonielun vahvistamisen potentiaalia*

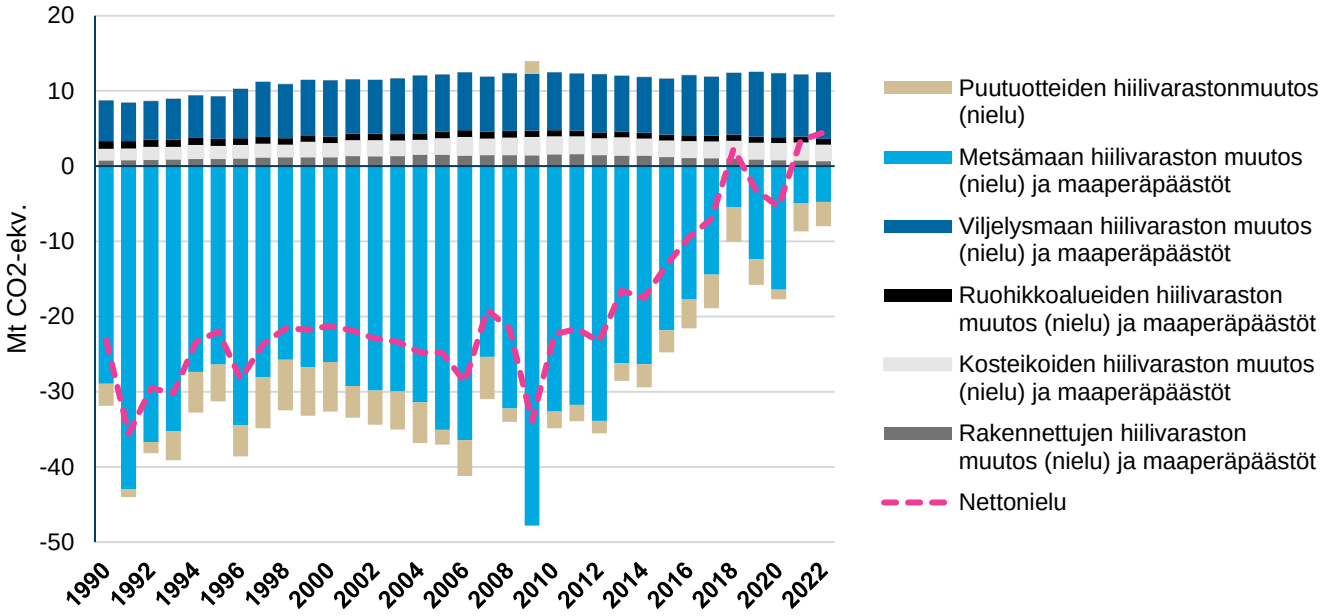
Metsien kotimaisten hakkuiden lisääntyminen ja maaperäpäästöjen tasainen kasvu sekä metsissä että lisääntyvällä turvepeltopinta-alalla ovat maankäyttösektorin nettonielun huolestuttavan kehityksen takana. Päivitetyt laskentamenetelmät tuovat nämä vaikutukset aiempaa paremmin esiin.[5] Suomi ei ole myöskään saanut pysäytettyä peltojen raivauksesta ja rakentamisesta aiheutuvaa metsäkatoa, joka edelleen aiheuttaa päästöjä noin 2,8 Mt $CO_2$-ekv./vuosi. Metsänieluun vaikuttaa myös metsien kasvun hidastuminen koko Suomen tasolla. Hidastuminen johtuu muun muassa vahvimman kasvun vaiheessa olevien ikäluokkien osuuden laskusta sekä kuivista kesistä 2018–2020. Taulukossa 1 esitetään hakkuiden keskimääräiset tasot eri ajanjaksoina sekä niitä vastaavat keskimääräiset metsämaan nettonielutasot

**Taulukko 1.** Hakkuutaso ja metsämaan nielu keskiarvo eri ajanjaksoina.

| | **Keskiarvo** | | |
|---|---|---|---|
| | **2000–2009** | **2010–2019** | **2020–2022** |
| **Hakkuut (milj. m3)** | 59,0 | 67,2 | 73,4 |
| **Metsämaan nielu (Mt CO2-ekv.)** | -32,3 | -22,3 | -8,7 |

Maaperäpäästöt ovat lisääntyneet esimerkiksi turvemaametsissä ja –pelloilla, sillä ilmaston lämpeneminen kiihdyttää turpeen hajoamista. Tämän lisäksi peltopinta-ala on kasvanut, mikä lisää maaperäpäästöjä. Alla olevassa kuvassa näkyy, kuinka maaperäpäästöt ovat kasvaneet.

[5] Laskentamenetelmien muutos korjaa aiempaa inventaariotietoa tarkemmaksi ja parempaan tietoon perustuvaksi. Puuston runkotilavuuden kasvun arvioinnissa on siirrytty uuteen menetelmään, joka tuottaa entistä luotettavampaa tietoa puuston kasvusta. Menetelmämuutokseen liittyvää khk-inventaarion biomassalaskennan kehitystyötä jatkettiin viimeisimpänä raportoitavassa inventaariossa, jossa puustobiomassan vuosikasvu aleni 3 Mt CO2-ekv. jaksolla 1990–2014 ja sen jälkeen 4–5 Mt CO2-ekv. Ojitettujen suometsien maaperän hiilidioksidipäästöjen laskentamenetelmä päivitettiin, sillä aikaisemmissa inventaarioissa ja skenaarioissa käytetty menetelmä aliarvioi turpeen ja karikkeen hajoamisen maaperässä. Uusi menetelmä ottaa huomioon turpeen ja karikkeen nopeamman hajoamisen ilmaston lämmetessä, minkä seurauksena päästöt laskivat kasvihuonekaasuinventaarion aikasarjan (1990–2021) alussa ja kasvoivat lopussa vanhaan menetelmään verrattuna. Vastaava päivitys tullee myös muihin maankäyttökategorioihin.




**Kuva 3.** LULUCF-sektorin alaisten eri kategorioiden päästöt ja hiilensidonta yhteensä.

Toimien tärkeys ja kiireellisyys korostuvat useasta syystä. Jos EU:ssa yhteisesti sovittuja kansallisia tavoitteita ei saavuteta omin voimin, muilta jäsenmailta voi ostaa nieluyksiköitä niiden kompensoimiseksi. Nieluyksiköiden saatavuudesta tai hinnasta ei kuitenkaan ole varmuutta. Mikäli hankittavilla nieluyksiköillä ei pystytä hyvittämään Suomen hiilivelkaa, ylitys siirtyy seuraavalle velvoitekaudelle kerrottuna 1,08:lla. Taloudellisen haitan lisäksi on kyse mainehaitasta. Jos EU kokonaisuudessaan jää sovitusta nielutavoitteesta, voi se heikentää EU:n vaikutusvaltaa kansainvälissä neuvotteluissa, joissa ilmastotoimia pyritään ulottamaan laajemmalle globaalien ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi.

Maankäyttösektorilla on monia kustannustehokkaita mahdollisuuksia vähentää päästöjä ja vahvistaa nieluja. Maankäyttösektorin ilmastotoimilla edistetään Suomen nettopäästövähennyksiä ja niillä on synergiaetuja esimerkiksi luontokadon torjunnan kanssa. Suomen ilmastopaneeli on tekemässä maankäyttösektorin päästövähennyspotentiaalista tarkempaa analyysiä lähitulevaisuudessa. Olemassa olevan tiedon perusteella voidaan kuitenkin sanoa tässä vaiheessa, että vuoteen 2035 mennessä on mahdollista saada vuositasolla usean miljoonan hiilidioksiditonnin verran lisäisiä päästövähennyksiä MISU:ssa esitettyihin arvioihin nähden.

**Metsäpuolella** on useita toimia, jotka vahvistavat nettonielua ja ovat erittäin kustannustehokkaita. Typpilannoitus kivennäismailla $N_2O$-päästöt välttäen kasvattaa puuston kasvusta seuraavaa hiilinielua enemmän kuin lannoitetuotannon ja -käytön aiheuttamat päästöt. Typpilannoitus on jo nyt metsänomistajille kannattava toimenpide. Turvemailla sijaitsevien metsien eri käsittelytavat eli jatkuvapeitteisyyden suosiminen hidastaa turpeen hajoamista ja vähentää siten merkittävästi päästöjä. Jatkuvapeitteisessä metsänkasvatuksessa vältetään avohakkuiden suuret kustannukset ja samalla niiden yhteydessä syntyvät päästöt – avohakkuiden jälkeen runsasravinteisten suometsien kasvihuonekaasupäästöt ovat kymmenkertaiset verrattuna puustoisten soiden maaperän päästöihin. Lisäksi puita voidaan korjata säännöllisesti ilman tarvetta odottaa pitkiä kasvukausia, mikä mahdollistaa tasaisen puuntuoton ja vakaan tulonlähteen metsänomistajille.

**Maatalouspuolella** on myös useita kustannustehokkaita päästövähennystoimia. Turvepeltojen ilmastokosteikot pysäyttävät turpeen hajoamisen, ja niiden perustamisen kustannukseksi on arvioitu

10–60 €/t $CO_2$-ekv[6]. Säätösalaojituksella viljellään korkeammalla vedenpinnalla kuin aiemmin, jolloin maaperän päästöt pienenevät. Tämän toimen kustannushaarukaksi on arvioitu 20–30 €/t $CO_2$-ekv[7]. . Turvepeltojen metsitys tai siirtyminen viljasta esimerkiksi nurmeen vähentää maaperän käsittelytarvetta jasiten päästöjä, mikä voidaan toteuttaa 40–100 €/t $CO_2$-ekv. -hinnalla[8].

**Vanhojen turpeenottoalueiden** päästöt ovat merkittävät ja niiden päätymistä maatalouskäyttöön tulee välttää, sillä silloin päästöt vain jatkuisivat. Jälkikäyttöä tulisi ohjata ennallistamiseen tai kosteikkoviljelyyn erityisesti silloin, kun jäännösturvetta on paksu kerros. Vettämisen tukemiseen tulee varata riittävästi rahoitusta. Metsitystä voi suositella alueille, jotka eivät hyvin sovellu vettämiseen. Tällaisia voivat olla kohteet, joissa vettä ei ole riittävästi saatavilla tai joiden vettäminen aiheuttaa haittaa ympäröivillä alueilla.

Suomessa **metsäkato** on yhä merkittävä päästölähde, sillä metsää raivataan rakentamisen (n. 35 % metsäkadosta) ja maatalouden tarpeisiin (n. 65 % metsäkadosta). Metsäkato tulisi minimoida asettamalla maankäytön muutosmaksu sekä rakentamiselle että maataloudelle, jossa huomioidaan maaperä (turvemaa vai kivennäismaa). Lisäksi hylättyjä kivennäismaiden ja ohutturpeisia peltoja tulisi metsittää, sillä se tukee hiilinielun kasvua pitkällä aikavälillä.

Lisäksi on nettonielun kannalta hyödyllisiä toimia, joilla on myös **positiivinen vaikutus luontokadon torjuntaan**. Säästöpuumäärien lisääminen kasvattaa metsien eliöstölle tärkeää lahopuun määrää. Lahopuusta hiili vapautuu todella hitaasti, joten se on hyvä toimi myös hiilivaraston ylläpidon kannalta. Myös suojelualueiden lisääminen on hyvä keino sekä nielun että luonnon monimuotoisuuden kannalta, sillä suojelualueiden hiilivarasto kasvaa suuremmaksi kuin talouskäytössä olevien metsien.

Toimien käynnistämisen haasteena on strategisen ohjauksen puute, sillä MISUn vaatimaton tavoite on lisätä nielua vähintään 3 Mt eikä saavuttaa tiettyä nielutasoa. MISUssa on kuitenkin tunnistettu toimenpiteitä, jotka vähentävät nettopäästöjä kustannustehokkaasti. Jotta saavutetaan tavoiteltu nettonielun koko, MISUn toimia tulee tehostaa laajentamalla toimenpiteiden pinta-aloja ja vahvistamalla (hinta)ohjausta. Toimenpiteiden vahvistamisen lisäksi on pidettävä huoli, että niiden toimeenpanolle on taattu riittävät resurssit.

Käytännössä parhaat toimet maankäyttösektorin nettonielun vahvistamiseksi ovat maaperäpäästöjen vähentäminen, metsäkadon minimoiminen ja metsän kasvun voimistaminen. Hakkuutaso on kuitenkin merkittävin yksittäinen nettonieluun vaikuttava asia. Vaarana on, että hakkuut kasvavat lyhytaikaisesti jopa puuntuotannollisen kestävyyden tason yli, jolloin metsistäkin tulisi nettopäästölähde. Metsien käyttöpainetta tulisi paremmin hallita esimerkiksi biomassan energiakäytön osalta.

### *Teknologiset hiilinielut ovat tarpeellisia, mutta eivät saa syrjäyttää tai hidastaa muita ilmastotoimia*

Vaikeasti tai kalliisti vähennettävien päästöjen kompensoimiseksi sekä nettonegatiivisuutta ajatellen on hyödyllistä tuottaa teknologisten nielujen avulla saatavia negatiivisia päästöjä. Suomella on potentiaalia teknologisten hiilinielujen tuottamiseen erityisesti ottamalla talteen bioperäistä hiilidioksidia kestävästi tuotetun metsä- tai muun biomassan poltosta ja varastoimalla se geologisesti

[6] Miettinen, A., Aakkula, J., Koikkalainen, K., Lehtonen, H., Luostarinen, S., Myllykangas, J-P., Sairanen, A. & Silfver, T. 2022. Hiilineutraali Suomi 2035. Maatalouden lisätoimenpiteiden ja ruokavaliomuutoksen päästövähennysvaikutukset. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 73/2022. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 69 s. http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-380-500-2.

[7] Purola, T. & Lehtonen, H. 2022. Farm-Level Effects of Emissions Tax and Adjustable Drainage on Peatlands. Environmental Management 69: 154–168. https://doi.org/10.1007/s00267-021-01543-1

[8] Koljonen, T., Soimakallio, S., Asikainen, A., Lanki, T., Anttila, P., Hildén, M., Honkatukia, J., Karvosenoja, N., Lehtilä, A., Lehtonen, H., Lindroos, T.J., Regina, K., Salminen, O., Savolahti, M., Siljander, R. & Tiittanen, P. 2017. Energia- ja ilmastostrategian vaikutusarviot: Yhteenvetoraportti. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 21/2017; & Miettinen et al. 2022

tai mineraaleihin sitouttamalla (bioenergy with carbon capture and storage, BECCS). On tärkeää, että teknologisten nielujen edistämisen varjolla ei syrjäytetä tai hidasteta muita ilmastotoimia.

Suomessa syntyy nykyisin vuosittain noin 28 Mt teollisia bioperäisiä hiilidioksidipäästöjä. Merkittävimmät lähteet ovat metsäteollisuus (19,6 Mtbio), lämpövoimalaitokset ja muut polttolaitokset (8,0 Mtbio) sekä jätteenpoltto (0,6 Mtbio). Oletettavissa oleva teknis-taloudellinen potentiaali on kuitenkin merkittävästi alhaisempi. Bioperäisen hiilidioksidin arvioidussa potentiaalisessa määrässä on keskiössä metsäteollisuuden polttama biomassa, joten metsäteollisuuden valinnoilla on suuri vaikutus bioperäisen hiilidioksidin potentiaalin kehitykseen. Bioperäisen hiilidioksidin lähteenä olevan biomassan kilpailevat käyttötarkoitukset, kuten myös alkuperä ja kestävyys, tulee huomioida. Myös teknologian ja osaamisen kehitykseen kuten myös kustannuksiin ja teknologisia hiilinieluja koskevaan politiikkaan liittyy epävarmuuksia.

Kunnianhimoinen ja hyvät kannustimet luova ilmastopolitiikka auttaa laajentamaan puhtaiden ratkaisujen luomisen teknis-taloudellisia mahdollisuuksia. Orpon hallitusohjelmassa on kirjaus hiilidioksidin talteenottoon kannustavan negatiivisten päästöjen huutokaupan tai vastaavan mekanismin käyttöönotosta selvityksen pohjalta. Jos teknologisten hiilinielujen käyttöönottoon tähtääviä hankkeita halutaan toteuttaa 2030-luvun alkupuolella, käänteisen huutokaupan (tarjouskilpailu) tai muun taloudellisen kannustinmekanismin selvitystyö tulisi käynnistää pian. Hankekehityksen suunnitelmien, luvituksen sekä rakennus- ja käyttöönottovaiheiden on arvioitu vievän vähintään 6–7 vuotta, joten hankkeiden valmistelun pitäisi olla aktiivisempaa.

Kaikkeen hiilidioksidin poistoon liittyy erilaisia riskejä ja epävarmuuksia, joiden takia on tärkeää vahvistaa ja edistää sekä luonnon että teknologisia hiilinieluja. BECCS tuottaa oletusarvoisesti pysyvää hiilinielua, mutta hiilidioksidivaraston vuotoriskin mahdollisuutta ei voida sulkea kokonaan pois. Luonnonnielujen osalta epävarmuutena on nielun pysyvyys ilmastonmuutoksen edetessä. Päästövähennysten painottaminen ja niiden tehostaminen myös jatkossa on perusteltua tästäkin näkökulmasta.

### *Ilmastotoimien oltava kustannustehokkaita*

Maankäyttösektorin nyt toteutettavissa olevien edullisimpien toimien päästövähennyskustannukset (kuten entisten turpeenottoalueiden vettäminen) ovat huomattavasti edullisempia jo tällä hetkellä kuin teknologisten nielujen tuottaminen tulevaisuudessa. Suomen teollisista päästölähteistä saatavan hiilinielun yksikkökustannus vaihtelee talteenottokohteesta riippuen nykyarvion mukaan noin 120—240 €/t $CO_2$ kaupallisella laitoksella vuoden 2030 tienoilla. Ilmastopaneelin raportissa esitetään, että Suomen 2–3 eniten bioperäistä hiilidioksidia tuottavan laitoksen hiilidioksidi riittäisi talteen otettuna ja varastoituna tuottamaan noin 5 Mt teknologisen hiilinielun. Laitokset ovat sellu-, paperi- ja biotuotetehtaita. Jos kansallinen operatiivinen tuki kattaisi koko hiilidioksidin talteenoton, paineistuksen, kuljetuksen ja varastoinnin kustannuksen, 5 Mt $CO_2$ -suuruisen teknologisen hiilinielun rahoittaminen vaatisi 605–705 M€/vuosi. (Ilmastopaneelin raportti 5/2023).

**Lausunnon pohjana olevat lähteet:**

Kujanpää, L., Koponen, K., Linjala, O., Mäkikouri, S., Arasto, A. 2023. Teknologisten hiilinielujen mahdollisuudet ja niiden edistäminen Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 5/2023. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2023/12/ilmastopaneelin-raportti-5-2023-teknologisten-hiilinielujen-mahdollisuudet-ja-niiden-edistaminen-suomessa.pdf

Lehtonen, A., Aro, L., Haakana, M., Haikarainen, S., Heikkinen, J., Huuskonen, S., Härkönen, K., Hökkä, H., Kekkonen, H., Koskela, T., Lehtonen, H., Luoranen, J., Mutanen, A., Nieminen, M., Ollila, P., Palosuo, T., Pohjanmies, T., Repo, A., Rikkonen, P., Räty, M., Saarnio, S., Smolander, A., Soinne, H., Tolvanen, A., Tuomainen, T., Uotila, K., Viitala, E.-J., Virkajärvi, P., Wall, A. & Mäkipää, R. 2021. Maankäyttösektorin ilmastotoimenpiteet: Arvio päästövähennysmahdollisuuksista. Luonnonvara- ja biotalouden tutkimus 7/2021. Luonnonvarakeskus. Helsinki. 121 s. https://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/552866/VerTa_lausunto_2022_12_14_v3.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Lång, K., Aro, L., Assmuth, A., Haltia, E., Hellsten, S., Larmola, T., Lempinen, H., Lindfors, L., Lohila, A., Miettinen, A., Minkkinen, K., Nieminen, M., Ollikainen, M., Ojanen, P., Sarkkola, S., Sorvali, J., Seppälä, J., Tolvanen, A., Vainio, A., Wall, A. & Vesala T. 2022. Turvemaiden käytön vaihtoehdot hiilineutraalissa Suomessa. Suomen ilmastopaneelin raportti 2/2022. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/04/ilmastopaneelin-raportti-2-2022-turvemaiden-kayton-vaihtoehdot-hiilineutraalissa-suomessa.pdf