

AFRY

ÅF PÖYRY

Metsäteollisuuden ilmastotiekartan päivitys: tehdaspäästöskenaario

Raportti, 29.5.2024

AFRY

PETRI VASARA / HANNELE LEHTINEN

Sisällysluettelo

1. Tehdaspäästöskenaario – Lähes fossiiliton 2035 ja hiilinegatiivisuus siintää horisontissa
2. Hiilenkierto jo nyt hanskassa, mutta talteenoton kiihdyttäminen vaatii erityisesti poliittista tahtoa
3. BECCU-skenaariot vuoteen 2040 asti
 1. Energiatehokkuus ja tuottavuus 2030
 2. BECCU:n esiinnousu 2035
 3. Tasapainon etsiminen 2040
4. Mitä tarvitaan nyt ja tulevaisuudessa



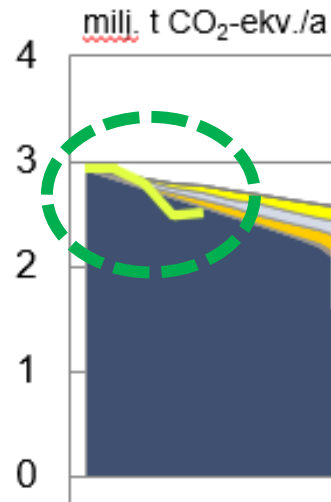
Päivitetty vähähiiliskenaario muuttuu vain hieman, lähinnä tekoälyn ja digitalisaation suuremmalla nousulla

Missä mennään?

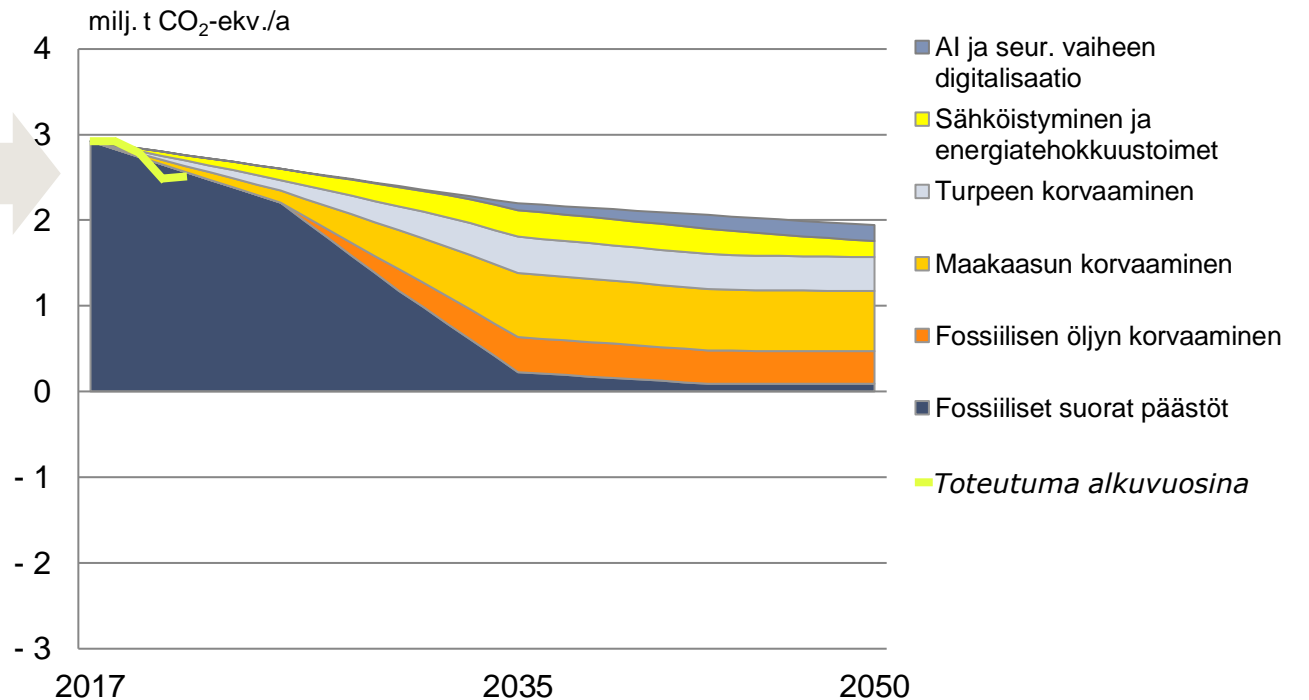
Alkuperäinen tiekartta tehtiin **poikkeusolosuhteiden alkaessa** (COVID), ja poikkeukselliset geopoliittiset tapahtumat ovat jatkuneet. **Toteutuneet päästöt** kuitenkin **noudattelevat aiemman vähähiiliskenaarion suuntaa**, aaltoillen hieman.

Mitä on muuttunut?

Päivitettyyn vähähiiliskenaarioon on lisätty keinoksi **tekoäly ja seuraavan vaiheen digitalisaatio**, koska ne ovat harpanneet uudelle tasolle alkuperäisen kartan julkaisun jälkeen, ja jatkavat vauhdikasta kehittymistään. Ne vähentävät suhteellisesti samansuuruisen osan jokaisesta fossiilisen polttoaineen korvaamisella ja sähköistämällä saavutetusta päästövähennyksestä.

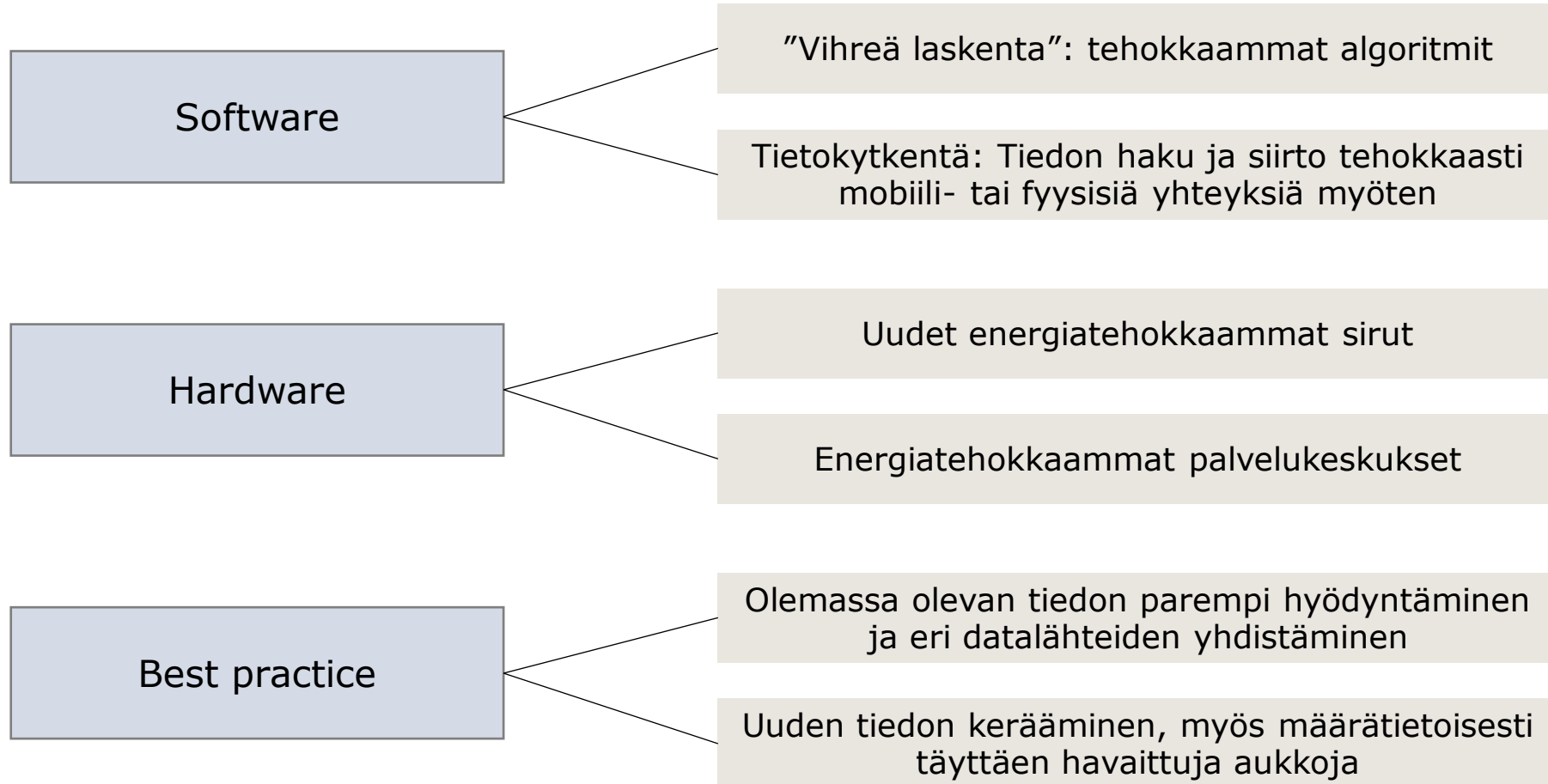


PÄIVITETTY VÄHÄHIILISKENAARIO JA PÄÄSTÖVÄHENNYSKEINOT



”Decoupling” on nähtävissä. Metsäteollisuuden kasvaessa siihen liittyvät tunnusluvut ovat suuremmat, mutta päästöt pienemmät.

Mitä tekoäly ja digitalisaatio konkreettisesti ovat metsäteollisuudessa



Päivitetty vähähiiliskenaario jossa BECCS eli talteenotto on mukana muuttuu hieman enemmän

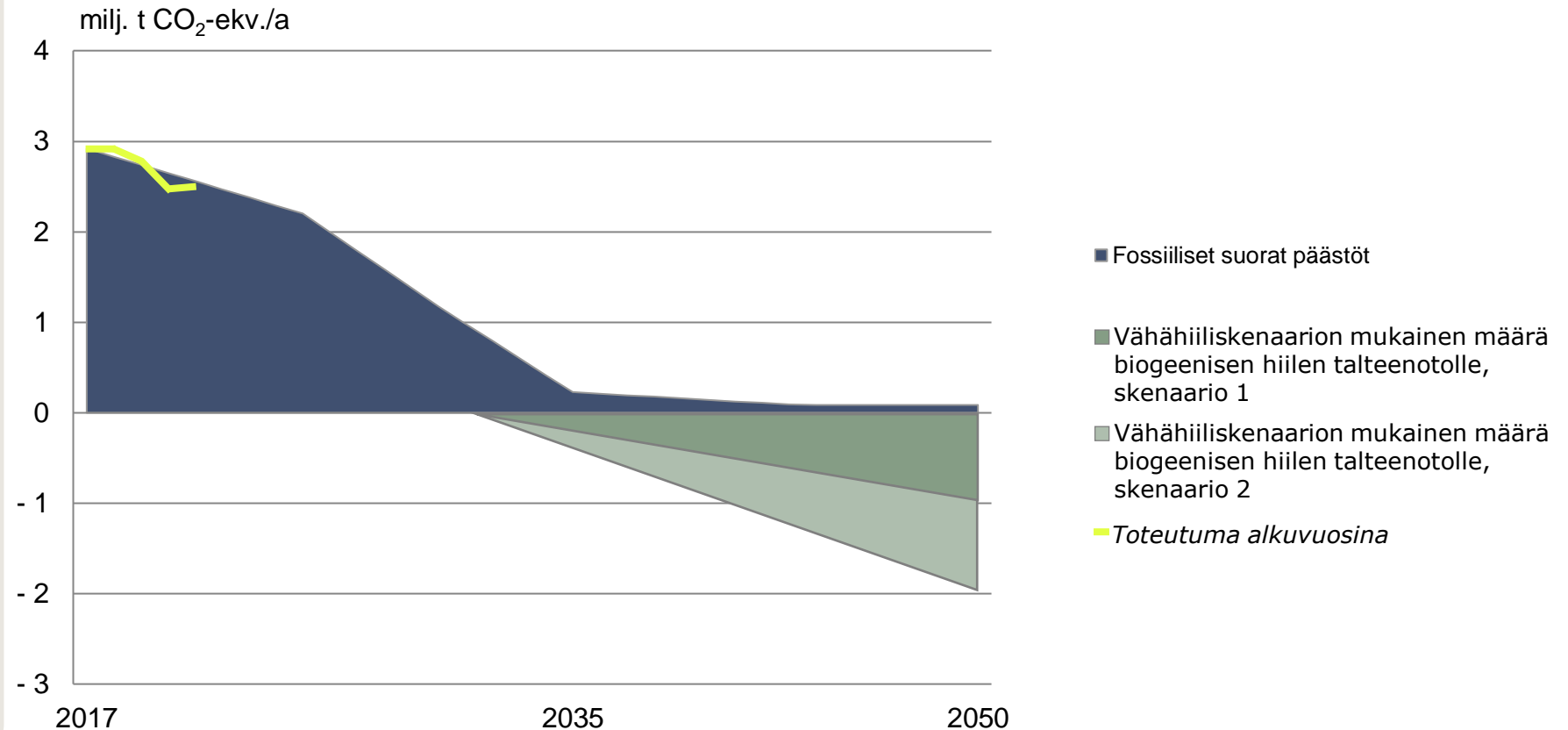
Mitä on muuttunut?

Biogeenisen hiilidioksidin talteenottoskenaarioita on kaksi, ja niissä talteenotto alkaa tapahtua aikaisemmin ja hieman suuremmassa mittakaavassa kuin alkuperäisessä vähähiiliskenaariossa.

Nämä talteenottoskenaariot kuvaavat realistista biogeenisen hiilen talteenottomäärää, **ottamatta kantaa siihen, meneekö talteenotettu hiili varastoitavaksi pysyvästi vai hyödynnettäväksi tuotteisiin**, joissa se pysyy vaihtelevan ajan tuotteen tyypistä riippuen.

Tässä raportissa edempänä esitellään myös skenaario BECCU-teollisuuden syntymisestä. Se kuvaa tuotannollis-tekniistä talteenottopotentiaalia ja on optimistisempi kuin tässä esitetyt skenaariot.

PÄIVITETTY VÄHÄHIILISKENAARIO JA BIOGEEINISEN HIILEN TALTEENOTTO

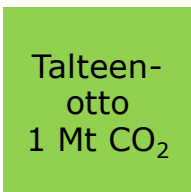


Talteenotetun hiilen määrä eri tiekarttaskenaarioissa sekä teollisuusskenaariossa vuonna 2040

Ilmastotiekartan vähähiiliskenaarion mukainen

talteenotto, vaihtoehto 2, vuoden 2040 arvo

BECCS 1 Mt CO₂/a

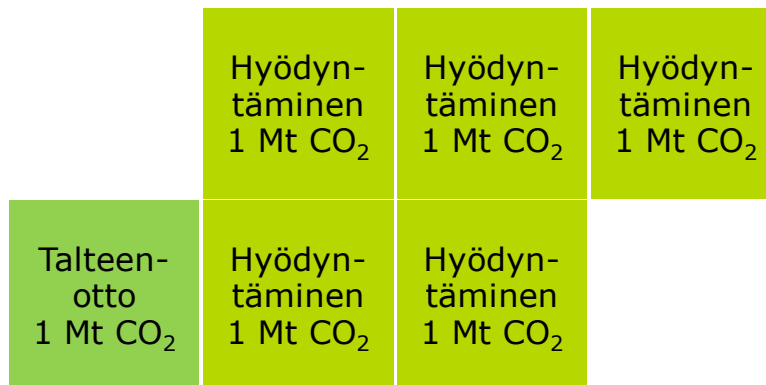


BECCU-teollisuusskenaario, talteenotto vuonna 2040 6 Mt CO₂/a

BECCS 1 Mt CO₂/a

sekä panostus teolliseen hyödyntämiseen

BECCU 5 Mt CO₂/a



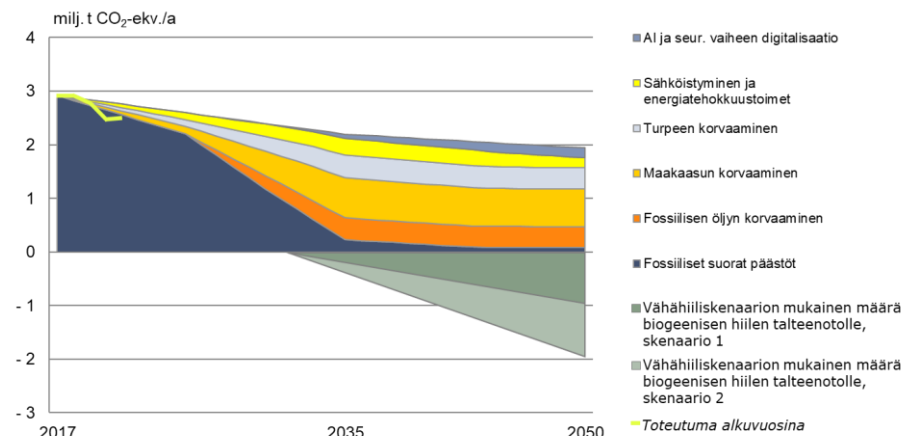
Vähäpäästöskenaarion tulosten taustalla on monia keinoja

Erot perusuraan

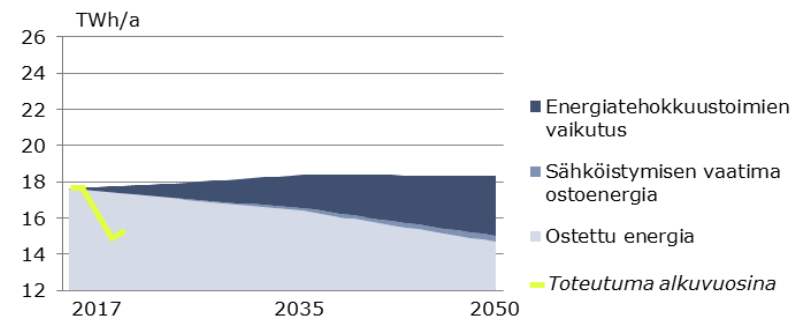
- **Enemmän tuotantoa samalla puumäärällä**
Kaikkien tuoteryhmien tuotanto kasvaa n. 5 % vuoteen 2035 mennessä verrattuna perusuraan, mutta materiaalitehokkuuden oletetaan paranevan siten että puuraaka-aineen käytön oletetaan pysyvän samana kuin perus-urassa (pienemmät hävikit, kiertotalous, huonomman raaka-aineen hyödyntäminen jne.).
- **Fossiiliset polttoaineet**
Metsäteollisuuden käyttämät fossiiliset polttoaineet korvataan biopohjaisilla vaihtoehdoilla 2035 mennessä lähes kokonaan
- **Omia toimia energiatehokkuuden parantamiseen**
Autonomisen energiatehokkuuden paranemisen lisäiset toimet vähentävät päästöjä itse tuotetun ja ostoenergian tarpeen vähenemisen kautta, suuruusluokkaa 10 %.
- **Sähköistäminen** vähentää metsäteollisuuden suoria päästöjä hiukan, mutta kasvattaa vastaavasti ostoenergian tarvetta.
- **Digitaalisten keinojen kasvun** tuoman sähkön kulutuksen kasvun ja energiatehokkuustoimien on oletettu tasapainottavan toisiaan
- **Lisäkeino: BECCU**
BECCU, hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö, arvioidaan otettavan käyttöön ennen vuotta 2035 lisäämään biogeenisen hiilen talteenottoa.

Tulos: Lähes hiilineutraali 2035, negatiivinen jatkossa

Metsäteollisuuden suorat khk-päästöt



Metsäteollisuuden ostoenergia



Katsaus päästöjen vähentämisen pääkeinoista skenaarioissa

Skenaarioissa pääosa päästövähennyksistä saavutetaan energianlähteitä vaihtamalla (kattilainvestoinnit ja polttoainemiksin muutokset). Lisäksi energiatehokkuustoimet, materiaalitehokkuustoimet, sähköistäminen sekä BECCU ovat päästövähennysten keinoja.

Eryteisesti materiaali- ja energiatehokkuuden jatkuvan historiallisen ja tulevan parantumisen taustalla vaikuttaa laaja joukko teknisiä parannuksia, jotka liittyvät mm. prosessioptimointiin ja digitalisaation mahdollisuuksiin sekä raaka- ja apuaineiden valintaan ja käsittelyyn.

On suuri joukko teknologioita, jotka voivat merkittävästi tehostaa metsäteollisuuden toimintaa. Näiden pääperheitä on mainittu oikealla. Lisäksi esimerkiksi tekoälypohjaisella tuotanto-optimoinnilla voidaan saavuttaa tehostumista yli jokaisen tuotantoketjun.

Sellun tuotannon uudet teknologiat

- Raaka-aineiden esikäsittely ja jakeiden optimointi
- Lämmöntuotannon tehokkuuden optimointi, hukkalämmön talteenotto ja lämpöintegrointi
- Uudet energianlähteet ja sähköistäminen
- Tehokkaammat laitteistot ja koneet,
- Sivutuotteiden parantuva hyödyntäminen

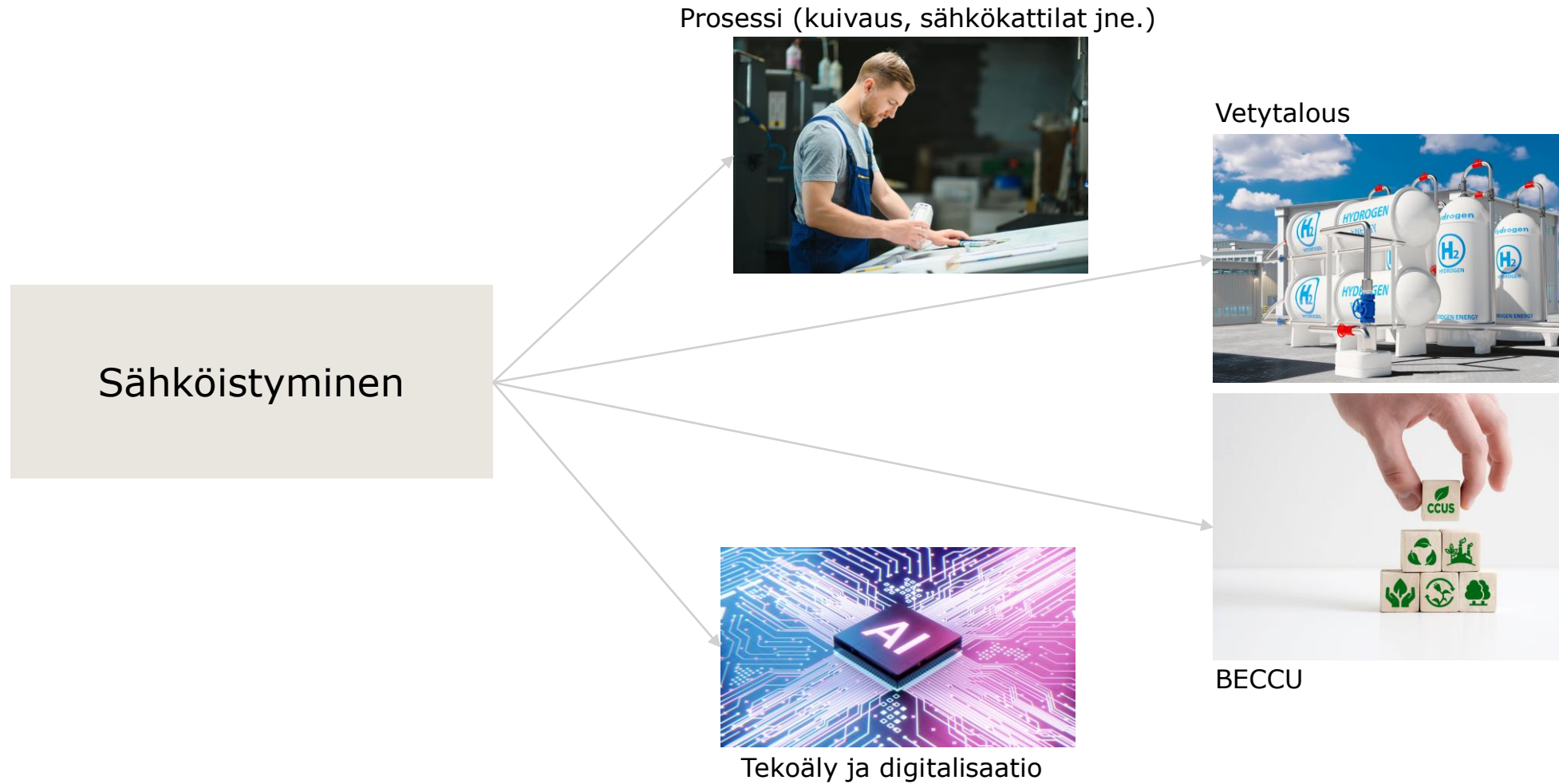
Paperin ja kartongin tuotannon uudet teknologiat

- Raaka-ainepohjan muutokset ja esikäsittely
- Kuitujen käsittely ja uudet liuottimet
- Suursakeusperälaatikot
- Tehokkaammat päällystysmenetelmät ja päällysteet, vesitehokkuus
- Uudet energiaratkaisut
- Energiatehokkaammat kuivausteknologiat (esim. IR) ja sähköistäminen

Mekaanisten puutuotteiden uudet teknologiat

- Energiatehokkaammat koneet ja laitteistot
- Uudet tuote- ja materiaaliratkaisut sekä materiaalitehokkuus
- Puun optimaalinen käyttö eri 3d-skannausmenetelmillä

Sähköistymisen monet muodot puolustavat sähköistämistukea



Hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen – mitä se on

MITÄ

Hiilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen, tunnettu myös termeillä CCS (Carbon Capture and Storage) ja CCU (Carbon Capture and Utilization), ovat prosesseja, joilla pyritään vähentämään ilmakehään päätyvän hiilidioksidin määrää ja hyödyntämään sitä kestäväällä tavalla.

MIKSI

CCS (Carbon Capture and Storage) ja CCU (Carbon Capture and Utilization) -teknologioita käytetään pääasiassa kahdesta syystä: ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi ja taloudellisen arvon luomiseksi.

MITEN

CCS (Carbon Capture and Storage) ja CCU (Carbon Capture and Utilization) -teknologioita käytetään tyypillisesti seuraavilla tavoilla:

1. Teollisuuden päästöjen vähentäminen niin että hiilidioksidi erotetaan prosessissa syntyvistä kaasuista ja (väli)varastoidaan turvallisesti
2. Hiilidioksidin muuntaminen arvokkaiksi tuotteiksi: CCU-teknologian avulla talteen otettu hiilidioksidi muunnetaan hyödyllisiksi tuotteiksi. Tämä ei ainoastaan vähennä hiilidioksidipäästöjä, vaan myös edistää kiertotaloutta ja luo taloudellista arvoa.
3. Power-to-X-ratkaisut: Kun hiilidioksidi yhdistetään uusiutuvaan vetyyn, se voidaan muuttaa esimerkiksi polttoaineiksi tai kemikaaleiksi.
4. Ruokateollisuuden sovellukset

Kolmivaiheinen CCS/CCU-arvoketju

LÄHDE

Mistä CO2 saadaan?

TEKNOLOGIA

Miten CO2 prosessoidaan

LOPPUKÄYTTÖ

Missä CO2 hyödynnetään

Metsäteollisuuden tuottama raaka-aineeksi kelpaavan hiilidioksidin määrä on laskusuunnassa, mutta talteenotettavaa riittää tulevaisuudessakin

BECCU voi myös olla oma haaransa metsäteollisuutta

Metsäteollisuuden fossiilisten hiilidioksidipäästöjen määrä pienenee kohti nollaa. **Osa päästöistä muuntuu biogeeniseksi hiilidioksidiksi polttoainemuutosten myötä, ja osa häviää,** kun sähköistäminen ja erilaiset tehokkuuden parantamistoimet lisääntyvät.

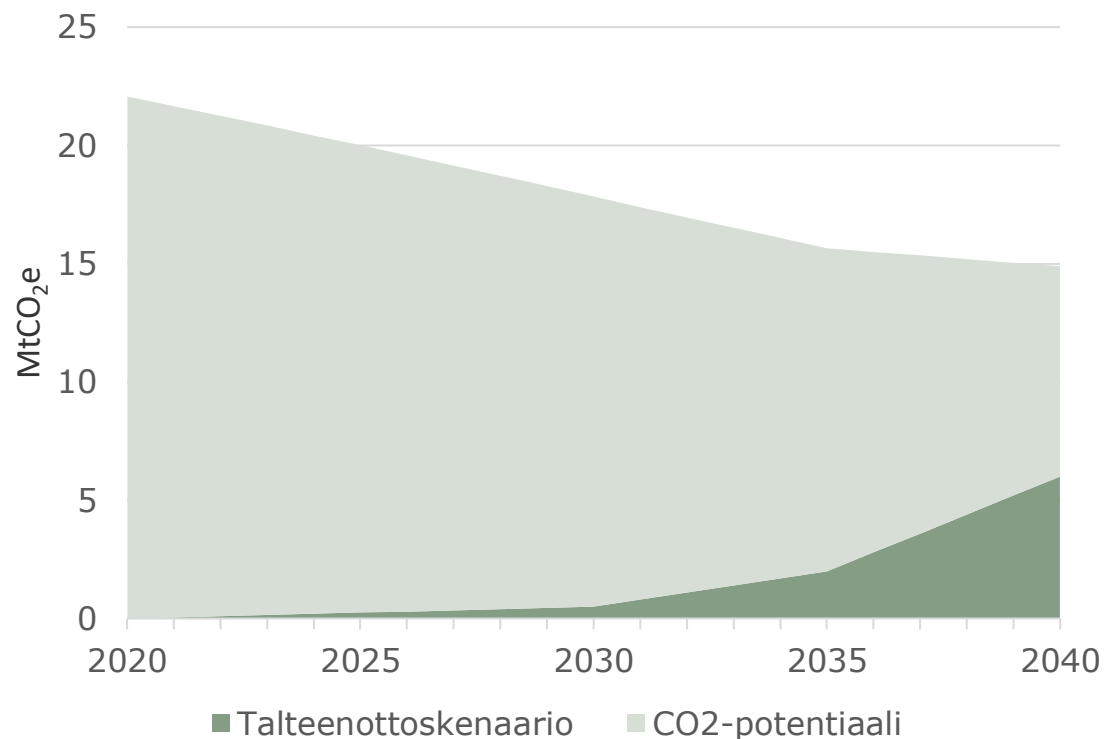
Myös biogeeninen hiilidioksidin raaka-ainepotentiaali pienenee energiatehokkuuden parantuessa.

Kokonaisuudessaan biogeenisen hiilidioksidin määrä kuitenkin tarjoaa tulevaisuudessakin merkittävän talteenottopotentialin.

Talteenottoskenaario kuvaa tuotannollis-teknisesti mahdollista hiilen talteenottomäärää. Skenaario edellyttää BECCU-arvoketjujen onnistunutta muodostumista, panostusta ja edellytysten olemassaoloa.

Tässä siis tiekartan vähähiiliskenaarion talteenotetun (BECCS) hiilen lisäksi otetaan talteen kiertoihin lisää hiiltä.

METSÄTEOLLISUUDEN CO₂-RAAKA-AINEPOTENTIALIN KOKONAISKEHITYS JA TALTEENOTTOSKENAARIO



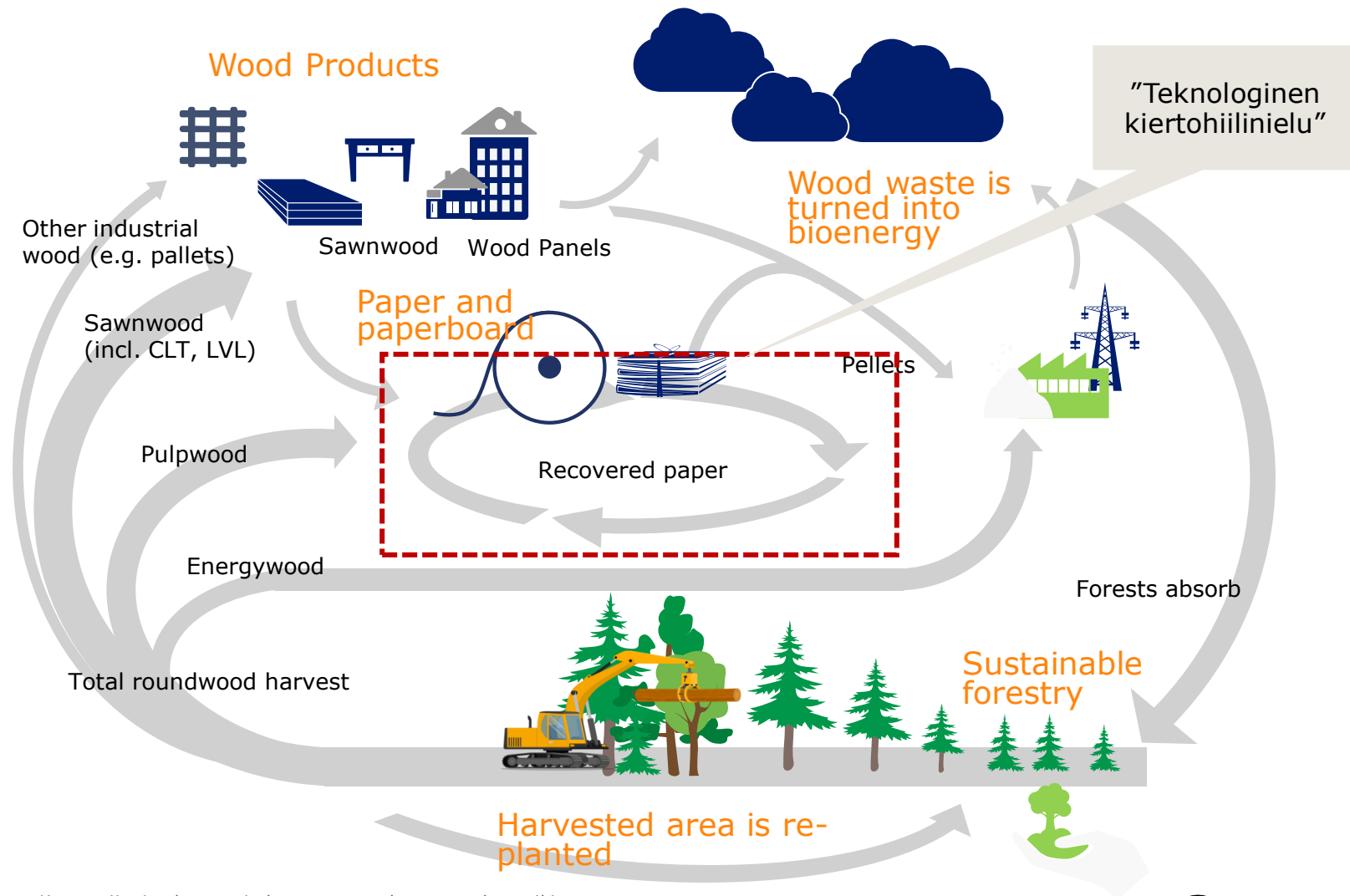
Kuusi eri teknistä taustatekijää kasvattavat osaltaan tuottavuutta

- 1 Teknologiset edistysaskeleet:** Tuottavuuden kasvu johtuu usein valmistusprosessien teknologisista parannuksista. Näihin voi kuulua raaka-aineiden ja energian tehokkaampi käyttö, mikä voi johtaa päästöjen vähenemiseen. Esimerkiksi uudemmat teknologiat saattavat paremmin ottaa talteen ja kierrättää sellunvalmistusprosessissa käytettyjä kemikaaleja tai hyödyntää energian talteenottojärjestelmiä, jotka vähentävät fossiilisten polttoaineiden tarvetta.
- 2 Prosessioptimointi:** Prosessitehokkuuden parannukset voivat vaikuttaa suoraan päästöihin. Esimerkiksi veden, energian ja kemikaalien käytön optimointi paperinvalmistusprosessissa lisää paitsi tuottavuutta, myös vähentää tuotantoyksikköä kohden syntyvää jätettä ja päästöjä. Tämä optimointi saattaa sisältää parempia ohjausjärjestelmiä, parannettuja operatiivisia käytäntöjä tai suljettujen prosessien integrointia, jotka minimoivat ympäristövaikutuksia.
- 3 Energialähteet:** Käytetty energian tyyppi massa- ja paperiteollisuudessa näyttelee merkittävää roolia päästöissä. Siirtyminen fossiilisista polttoaineista uusiutuviin energialähteisiin (kuten biomassaan, jota käytetään yleisesti tässä teollisuudessa) voi lisätä tuottavuutta vähentämällä energiakustannuksia ja riippuvuutta samalla, kun se alentaa kasvihuonekaasupäästöjä.
- 4 Jätteenhallinta ja kierrätys:** Jätteenhallinnan ja kierrätyksen parannukset eivät ainoastaan edistä tuottavuuden kasvua materiaalikustannusten alentamisen kautta, vaan myös vähentävät merkittävästi päästöjä. Esimerkiksi tehokkaampi paperin kierrätys ja prosessin sivuvirtojen uudelleenkäyttö voivat vähentää raaka-aineiden tarvetta ja pienentää raaka-aineiden hankintaan ja käsittelyyn liittyviä energiavaltaisia prosesseja.
- 5 Sääntelyn noudattaminen ja päästöstandardit:** Maailmanlaajuinen pyrkimys tiukempiin päästöstandardeihin pakottaa teollisuuden omaksumaan puhtaampia ja tehokkaampia teknologioita. Näiden säännösten noudattaminen vaatii usein investointeja uusiin teknologioihin tai olemassa olevan infrastruktuurin päivityksiin, jotka aluksi ovat kalliita, mutta voivat pitkällä aikavälillä johtaa tuottavuuden kasvuun ja päästöjen vähenemiseen.
- 6 Taloudelliset vaikutukset ja tuotannon mittakaava:** Yleensä kun tehtaot lisäävät tuotantoa kysynnän tyydyttämiseksi, ne voivat investoida tehokkaampiin teknologioihin. Tämä mittakaavaetu voi vähentää tuotantoyksikköä kohden syntyviä päästöjä, vaikka kokonaispäästöt saattavat kasvaa, jos tuotanto lisääntyy merkittävästi.

Virtuaalinen teknologinen kiertohiilinielu – aina siellä vaikka sisältö vaihtuu

“Virtuaalinen mutta sellaisena pysyvä teknologinen nielu”

Hiiltä sisältävän materiaalin kierrätyslenkkiä voidaan pitää “virtuaalisena pysyvänä” hiilivarastona, jos keräys ja kierrätys on jatkuvaa. Vaikka molekyylit muuttuvat, on olemassa **pysyvä kierto, joka varastoi hiiltä**. Vesiputous on hyvä vertaus: näemme sen olevan olemassa – vaikka putoava vesi aina vaihtuu (ja paljon nopeammin kuin kierrätyksessä). Sama koskee tietysti ihmistäkin – “olemme me”, vaikka atomit vaihtuvat.



Kuvan viivojen leveys ei ole suorassa suhteessa volyymeihin.

Painotus ja kaudet BECCS/BECCU -skenaariossa 2025-2040

Energiatehokkuus, BECCS ja tuottavuus

Panostetaan jatkuvaan energiatehokkuuteen ja tuottavuuteen mm. energian hintojen volatiliteetin takia. Samalla BECCS-teknologiat etenevät valmiuspölyllä

Tasapainoilu pienenevän talteenotettavan bioperäisen hiilidioksidin määrän ja uuden teknologian ja liiketoiminnan välillä

BECCU on noussut, mutta on tasapainotettava parantunut teknologia ja kasvava BECCU-arvonluonti pienenevän talteenotettavan kanssa

1

2

3

BECCU:n esiinnousu

Teknologioiden kehitys johtaa menestysesimerkkeihin talteenotosta hyödyntämiseen

2030

Energiatehokkuus ja tuottavuus 2030

Energiatehokkuus ja tuottavuus on nimenä ajanjaksolle vuoteen 2030.

Nimi on sopiva siksi, että kiihtyvän tehokkuus/tuottavuustoimien seassa, joissa digitalisaatiolla on vahva roolinsa, biogeenisen hiilidioksidin talteenotossa ja hyödyntämisessä lähdetään kehittämällä ja ottamalla käyttöön uusia teknologioita ja toimintatapoja, ja sellainen ei tapahdu luonteeltaan hitaan sykkeen omaavassa prosessiteollisuudessa nopeasti.

Prosessiteollisuuden laitosten elinikä on yleensä vähintään 30 vuotta: uuden teknologian sovittaminen nopeasti ja tehokkaasti toimivaan kokonaisuuteen vie aikansa.

Energiatehokkuuden ja tuottavuuden kaudella luodaan pohja laajemmalle toiminnalle ja arvonluonnille.



BECCU:n esiinnousu 2035

BECCU:n esiinnousu on nimenä ajanjaksolle 2030-2035.

Tämä kausi on silmiä avaava useasta syystä.

Käytössä on teknologioita ja laitoksia joita on jo skaalattu ja voidaan skaalata ylös – vedenjakaja teknologian kehitysvaiheissa.

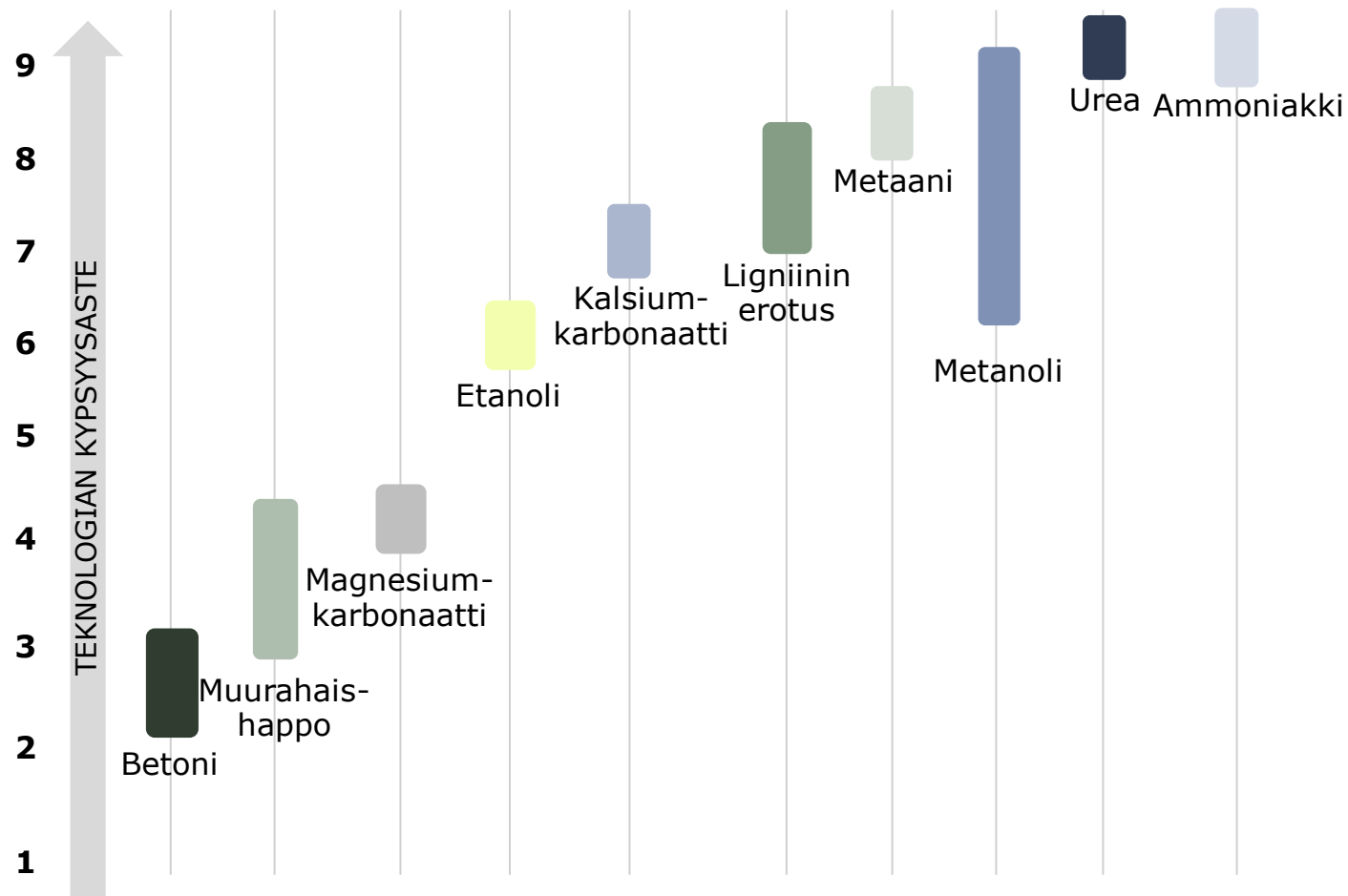
Mikäli näin on, on myös kyseessä vedenjakaja kaupallisessa toiminnassa, ja edetään kohti kasvavaa liiketoimintaa.

Luonnollisesti kyseessä on myös vedenjakaja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa.

Lisäksi voidaan mainita, että nykymerkit viittaavat siihen, että vesi on yhä kriittisempi resurssi jatkossa, jolloin riippumatta päästöistä, metsäteollisuus on entistäkin vesitehokkaampi tällä ajanjaksolla.

BECCU:n esiinnousun kaudella ollaan jo käynnistetty kaupallisen tason toiminta ja saatu teknologiat liikkeelle: on päästy ratkaisevasta esteestä yli.

TEKNOLOGIAT JÄRJESTETTYINÄ KYPSYYSASTEEN MUKAAN PORTAIKOKSI



Joukon käyttökelpoisia teknologioita voidaan jakaa kolmeen ryhmään valmiustason mukaan:

- 1. Voimakkaasti liikkeelle työnnetyt (betoni, muurahaishappo, magnesiumkarbonaatti)**
- 2. Lähestymässä markkinoita (etanoli, kalsiumkarbonaatti)**
- 3. Markkinakelpoiset (lignini, metaani, metanoli, urea, ammoniakki)**

2040

Tasapainon etsiminen 2040

Tasapainon etsiminen on nimenä BECCS/BECCU-ajanjaksolle 2035-2040.

Metsäteollisuus on uusiutunut ja uusiutuu jatkuvasti, mutta nyt on kyse luonnollisesta syklistä.

Kun on lähdetty nousuun biogeenisen hiilidioksidin talteenotossa, käytössä ja kehitettävänä on ollut nykyinen sukupolvi teknologioita. Vuoden 2035 jälkeen on mitä todennäköisimmin esillä seuraava sukupolvi, jota kehitetään ja aletaan ottamaan käyttöön. Lisäksi on pieneneviä päästöjä kompensoitava tehokkaammalla ja kattavammalla talteenotolla.

Samalla on jo saavutettu taso, jossa biogeenisen hiilen talteenotto ja hyödyntäminen on teollista, suuremman mittakaavan toimintaa. Tämän tasapainon etsiminen ja säilyttäminen on olennaista.

Tasapainon etsimisen kaudella ollaan jo vauhdissa kaupallisessa BECCU-toiminnassa – mutta on löydettävä tasapaino, kun talteenotettava CO₂ vähenee.

PULLONKAULOJA



Kannustimet talteenotolle

Teknologinen kehitys

Uuden liiketoiminnan kannattavuus

Muiden sektorien kehitys: energian tarve, biogeenisen hiilidioksidin tarve

Regulaation pullonkaulat

Kaiken pohjalla nykyisen teollisuuden menestysedellytykset

Millaisia toimenpiteitä tarvitaan: "keinokello"

"Keinokello": 2025-2040, best case -kehityskulku ja siihen tarvittavia tai edesauttavia tukitoimenpiteitä

2025

- Kannustinjärjestelmä tukemaan demoja ja pilottilaitoksia
- Toimet kilpailukykyisen energiansaannin varmistamiseen, ml. sähkövero EU-minimissä

2030

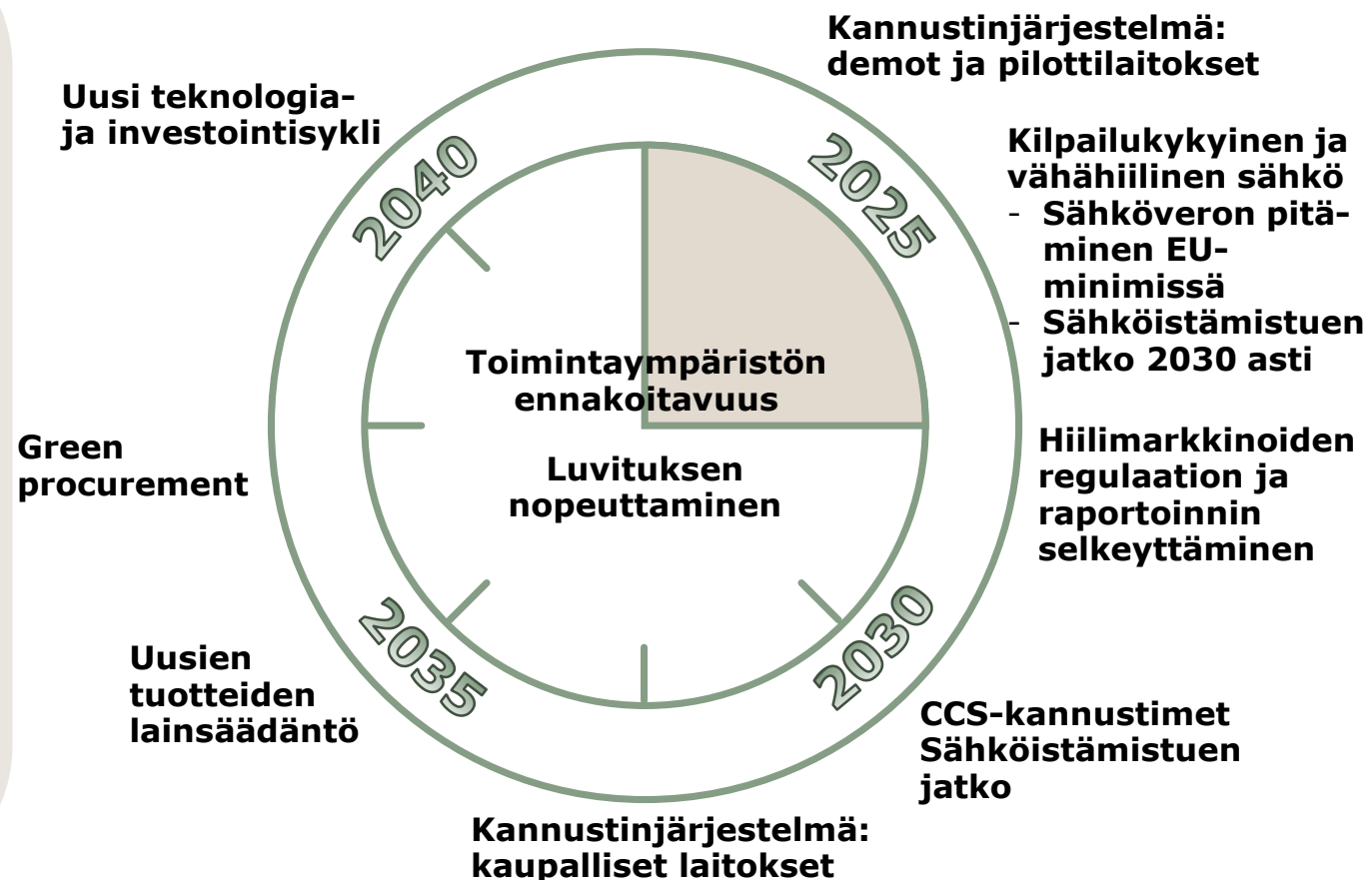
- Investointituki
- Verohelpotukset
- Mikäli halutaan pelkkää hiilidioksidin pysyvää varastointia (CCS), täytyy rakentaa kannustinjärjestelmä laitteille ja varastoinnille. Tukijärjestelmän jatko sähköistämiselle on tässä olennainen.

2035

- Kannustinjärjestelmä kohti kaupallisten laitosten tukea
- Lainsäädäntö vastaamaan uudenlaisten tuotteiden markkinoilletuloa
- Green procurement, vihreä hankintasäännöstö

Jatkuvasti

- Varmistetaan, että suunniteltu luvituksen nopeuttaminen toteutuu
- Toimintaympäristön ennakoitavuus



Yhteystiedot

PETRI VASARA
Vice President

petri.vasara@afry.com
+358 40 500 9553

HANNELE LEHTINEN
Director

hannele.lehtinen@afry.com
+358 50 412 2714