

Kiertotalous tuo hiilipihin sementin ja laittaa hiilidioksidin kiertoon

Ulla Leveelahti, dipl.ins., ympäristöpäällikkö
Finnsementti Oy
ulla.leveelahti@finnsementti.fi

Hiilineutraalisuuden kivijalka rakennetaan nyt

Sementtiteollisuuden hiilineutraalisuustavoite on asetettu vuoteen 2050. Työtä tavoitteen saavuttamiseksi tehdään kuitenkin juuri nyt. Työ jakautuu kahteen toisiaan tukevaan osaan. Ensimmäinen osa perustuu nykyteknologiaan. Päästövähennykset saavutetaan paikallisesti ja jo lähivuosina, ennen kaikkea raaka- ja polttoainevalinnoilla ja energiatehokkuutta parantamalla. Sementtien seostaminen ja sementtiklinkkeriä osittain korvaavien materiaalien hyödyntäminen ovat tärkeä osa tätä kehitystyötä.

Toinen osa on kansainvälistä yhteistyötä teknologiaaloikan varmistamiseksi. Kansainvälinen tutkimus- ja hankeyhteistyö on tärkeää, sillä tutkimuskokonaisuudet ovat erittäin suuria ja demonstraatiohankkeiden toteutus niin kallista ja riskialtista, etteivät yksittäiset yritykset niitä voisi yksin toteuttaa. Hiilidioksidin talteenotto on teknologiaaloikan keskiössä.

Kierrätyspolttoaineita, energiatehokkuutta ja seosementtejä

Finnsementti on asettanut tavoitteekseen vähentää kokonaispäästöjään vuoden 2020 tasosta 25 prosenttia tämän vuosikymmenen kuluessa. Vuoteen 2030 asetettu tavoite saavutetaan keinoin, jotka ovat tiedossamme jo nyt.

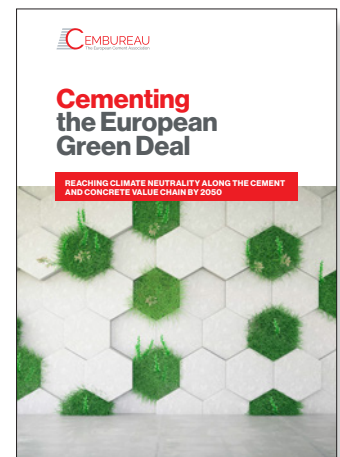
Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen kierrätyspolttoaineilla on tärkeä osa Finnsementin strategiaa. Lappeenrannan sementitehtaalla on parhaillaan meneillään investointi,

Vuosi 2022 on käynnistynyt jälleen poikkeusoloissa. Epävakaa tilanne ja sota ovat kuitenkin tuoneet mukanaan jotain hyvääkin. Mielenkiinto ilmastonmuutoksen torjuntaan on kasvanut nopeasti jo muutaman vuoden ajan, ja nyt pandemian ja Ukrainan sodan vanavedessä näemme yhä nopeampaa kehitystä kohti vähähiilistä tulevaisuutta. Tavoitteet ovat siirtymässä sanoista tekoihin.

1 Sementtiteollisuus tekee yhdessä menestyksekkäästi kansainvälistä yhteistyötä hiilineutraalisuustavoitteiden saavuttamiseksi.

2 Finnsementti on asettanut tavoitteekseen vähentää kokonaispäästöjään vuoden 2020 tasosta 25 prosenttia tämän vuosikymmenen kuluessa. Vuoteen 2030 asetettu tavoite saavutetaan keinoin, jotka ovat tiedossa jo nyt.

3 Sementtiteollisuuden hiilineutraalisuustavoite on asetettu vuoteen 2050.



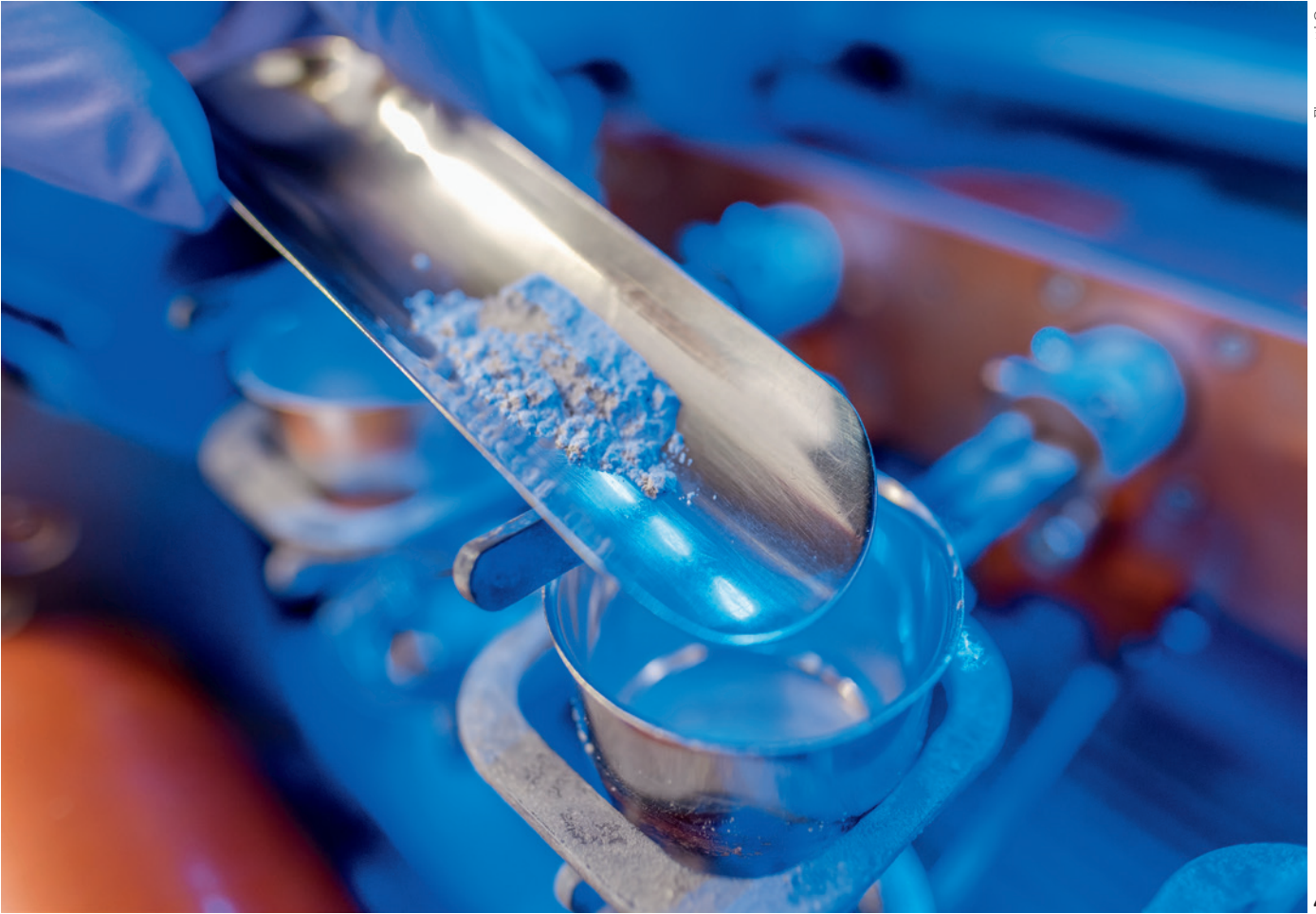
1



2

3





Finnsementti Oy

4



Finnsementti Oy

5

CEMBUREAU 2050 tiekartta

CO₂ -vähennys sementin arvoketjua pitkin (5C:tä clinker, cement, concrete, construction, carbonation = klinkkeri, sementti, betoni, rakentaminen, karbonatisoituminen)



4 Merkittävin sementin päästövähennysten mahdollistaja on pitkäjänteinen tuotekehitystyö.

5 Kolmossementti on tällä hetkellä markkinoiden vähäpäästöisin sementti. Kolmossementin ansiosta betonin hiilidioksidipäästöjä pystytään pudottamaan jopa 40 prosenttia.

6 CEMBUREAU 2050-tiekartta-graafi, josta käy ilmi eri toimenpiteillä saavutettavat päästövähennykset lukuina.

joka mahdollistaa siirtymisen SRF (Solid Recovery Fuel) – polttoaineen käyttöön myös kiertouunin pääpolttimessa. Tämän investoinnin myötä kierrätyspolttoaineiden osuus voidaan nostaa 80 prosenttiin. Investointi on käyttöön-ottovalmis vuoden 2023 alussa ja sen myötä sementtitehtaan polttoaineista peräsin olevat päästöt pienenevät lähes 20 prosenttia.

Saman aikaisesti Paraisten tehtaalla valmistellaan merkittävää energiatehokkuushanketta, jonka ytimen muodostaa uuden teknologian arinajähdyttävä hukkalämmön talteenotolla. Tämä hyväksyntää vielä odottava investointi, toisi merkittävän hiilidioksidipäästövähennyksen ja tuottaisi jopa 5 MW kaukolämpöä paikalliseen verkkoon.

Merkittävin päästövähennysten mahdollistaja on pitkäjänteinen tuotekehitystyö, jossa olemme onnistuneet erinomaisen hyvin. Loppukesästä 2021 lanseeraamamme Kolmossementti on tällä hetkellä markkinoiden vähäpäästöisin sementti. Se on myös yhtiömme nopeimmin myyntiään lisäävä

sementti. Kolmossementin ansiosta betonin hiilidioksidipäästöjä pystytään pudottamaan jopa 40 prosenttia, kun vertailukohteena ovat CEM I-sementit. Vauhtiloikka on todella iso, sillä aiemmin markkinoille tuotuun vähäpäästöiseen Oiva-sementtiinkin verrattuna Kolmossementin päästövähennys on peräti neljännes.

Kolmossementin ympäristöystävällisyys perustuu paitsi seosaineiden lisäykseen myös betonireseptissä tarvittavan veden vähyyteen. Kuutioon betonia tarvitaan myös aiempaa vähemmän sementtiä, mikä osaltaan pienentää päästöjä.

Geopolymeerit ovat tehokkaassa käytössä

Geopolymeerillä tarkoitetaan reaktiivista piijaa alumiinioksidia sisältävien mineraalien ja aktivaattoreina toimivien alkalikemikaalien reaktiona syntyvää sementin kaltaista sidosmateriaalia. Suomalainen sementtiteollisuus on tutkinut ja hyödyntänyt geopolymeerejä jo Partekin ajoilta 1980-luvulta alkaen. Ylei-



7

simmin käytetyt geopolymeerit ovat masuunikuona ja kivihiilen lentotuhka.

Geopolymeerit vaativat kemiallisen aktiivointiaineen toimiakseen. Sementissä geopolymeerit aktivoidaan klinkkerin avulla. Myös esimerkiksi vesilasias (Na_4SiO_4) voidaan käyttää geopolymeerien aktivaattorina. Pitkäaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että kuonan ja lentotuhkan kaltaisten jäte- ja sivutuotepohjaisten materiaalien ominainen vaihtelu on suurta, jolloin lujuuskehityksen ja sitomisajan hallinnan vaikeus muodostaa käytännön esteen. Laboratorio-olosuhteissa pikkutarkka reseptiikka saadaan toimimaan hyvin, mutta teollisuus- ja työmaaolosuhteissa vaadittavaa luotettavuutta ei muilla kemiallisilla aktivaattoreilla kuin sementtiklinkkerillä ole toistaiseksi saavutettu.

Sementtiklinkkeri on kuonan ja lentotuhkan paras tunnettu aktivaattori. Se aktivoi niiden sisältämän piilevän lujuuspotentiaalin luotettavasti ja mahdollistaa niiden teollisen mittakaavan hyödyntämisen betonirakentamisessa. Lentotuhkan käytöstä sementin seosaineena luovuttiin Suomessa 90-luvun alussa, koska sen laatu ei täyttänyt sementin tasalaatuisuusvaatimusta. Kuonan käyttöä sen sijaan on jatkettu ja sen osuutta kasvatetaan edelleen Finnsementin uusissa tuotteissa.



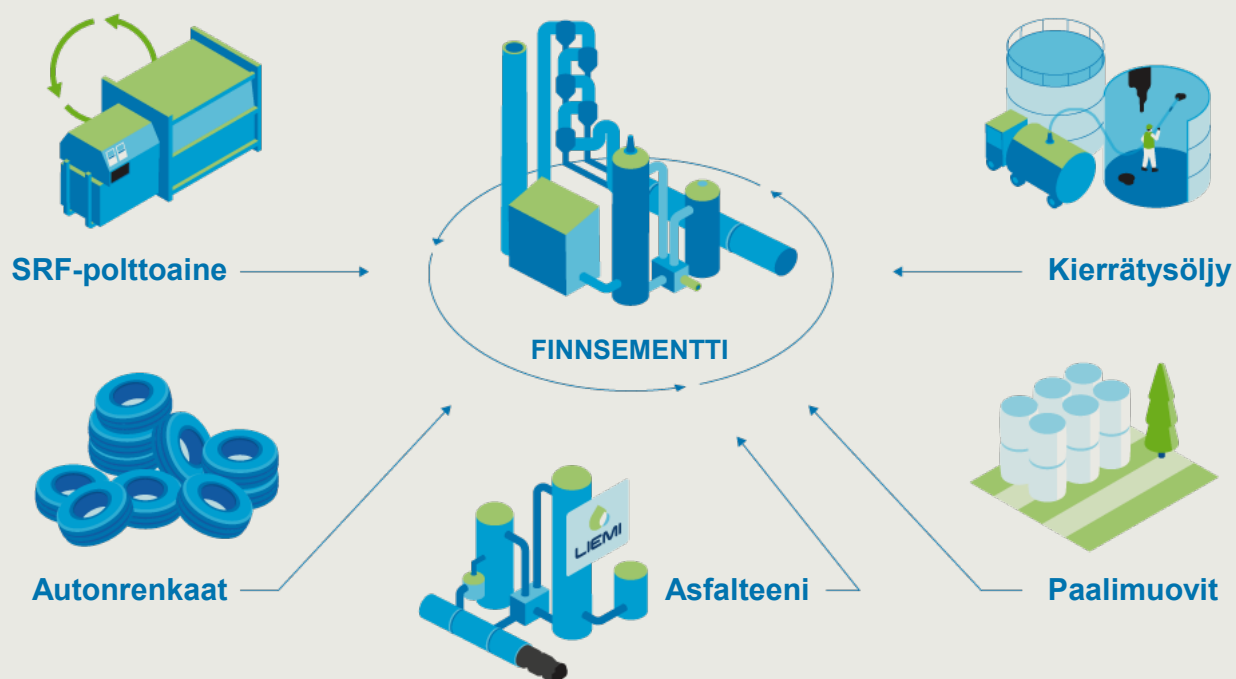
8

7 Lappeenrannan sementtitehtaalla on meneillään investointi, joka mahdollistaa siirtymisen SRF (Solid Recovery Fuel) -polttoaineen käyttöön myös kierto-uunin pääpolttimessa.

8 Nordkalk Oy:n kalkkilouhos Lappeenrannassa ja Finnsementti Oy:n sementtitehdas.

9 Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen erilaisilla kierrätyspolttoaineilla on tärkeä osa sementin valmistuksen päästöjen vähennyksissä.

Kiertotalous sementin valmistuksessa



9





Finnsementti Oy

10

Nykyiset geopolymeerireseptit perustuvat etupäässä kivihiilen tuhkaan ja masuunikuonaan, jotka ovat jo laajalti hyödynnettyjä sivuvirtoja. Monin paikoin Euroopassa kärsitään jopa kuonapulasta. Suomessa kivihiilen tuhkaa muodostuu vuosittain vähemmän ja vähemmän, ja vuoden 2029 jälkeen ei käytännössä enää lainkaan. Myös masuunikuona nykymuodossa tulee muuttumaan, kun terästeollisuus tulevaisuudessa siirtyy vetyteknologiaan. Sementti- ja betonistandardit mahdollistavat kuonan ja lentotuhkan lisäksi myös esimerkiksi kaoliinisaven käytön betonirakentamisessa. Finnsementissä tutkitaankin parhaillaan muun muassa kalsinoitujen savien käyttöä seosaineena tulevaisuuden sementissä kuonan rinnalla tai sen korvaajana.

Välitavoitteena puolittaa betonirakentamisen päästöt

Kiertotalous, uusiutumattomien raaka-aineiden korvaaminen jäteperäisillä materiaaleilla ja siirtyminen biopolttoaineisiin mahdollistavat hiilipihin sementin. Kaikki nyt tehtävät vähähiilisyystoimet pienentävät kokonaispäästöjä, jolloin jäljelle jäävä hiilidioksidi on huomattavasti helpommin hallittavissa myös seuraavan vaiheen teknologiaoloissa.

Meidän näkemyksemme mukaan nykyteknologialla on saavutettavissa vielä merkittäviä päästövähennyksiä. Betonteollisuuden yhte-



Finnsementti Oy

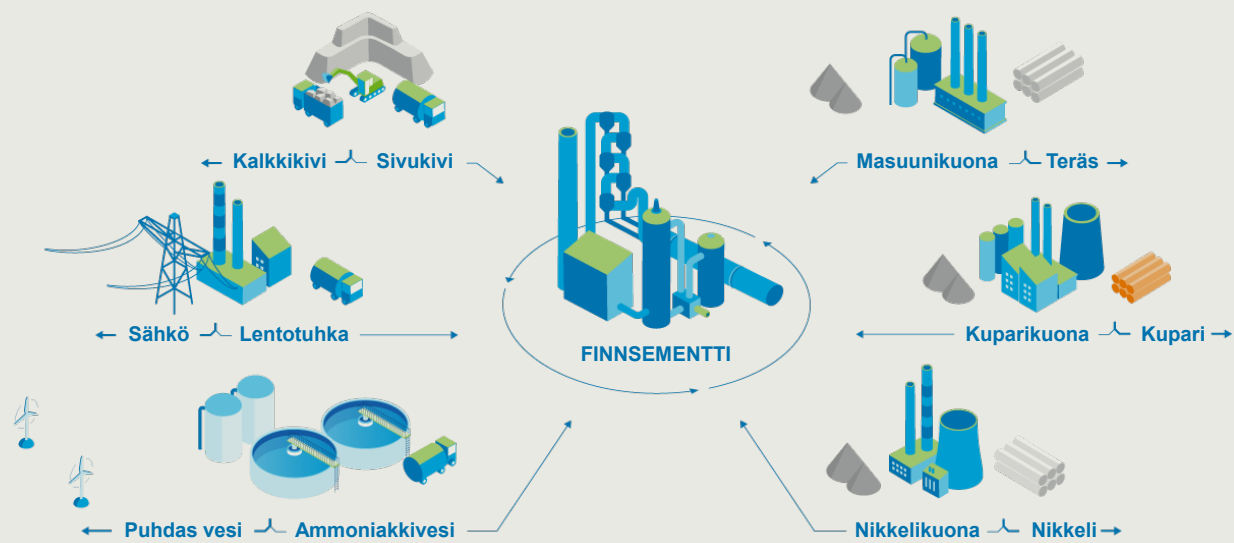
11

sen LOIKKA-hankkeen lähivuosien tavoitteeksi on siksi otettu betonirakentamisen hiilidioksidipäästöjen puolittaminen nykytasosta. Loikan tavoite saavutetaan koko arvoketjun päästövähennysten summana.

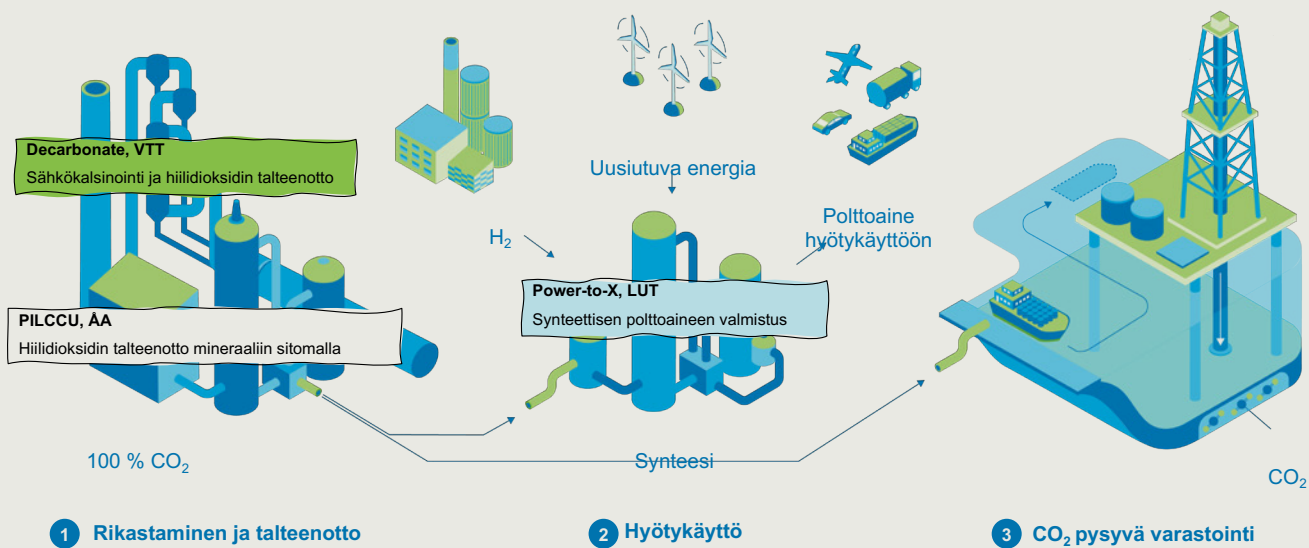
10 Paraisten tehtaalla valmistellaan merkittävää energiatehokkuushanketta, jonka ytimen muodostaa uuden teknologian arinajähdyttävä hukkalämmöntalteenotolla.

11 Kiertotalous, uusiutumattomien raaka-aineiden korvaaminen jäteperäisillä materiaaleilla ja siirtyminen biopolttoaineisiin mahdollistavat hiilipihin sementin. Sementti- ja betonistandardit mahdollistavat kuonan ja lentotuhkan lisäksi myös esimerkiksi kaoliinisaven käytön betonirakentamisessa.

Kiertotalous sementin valmistuksessa

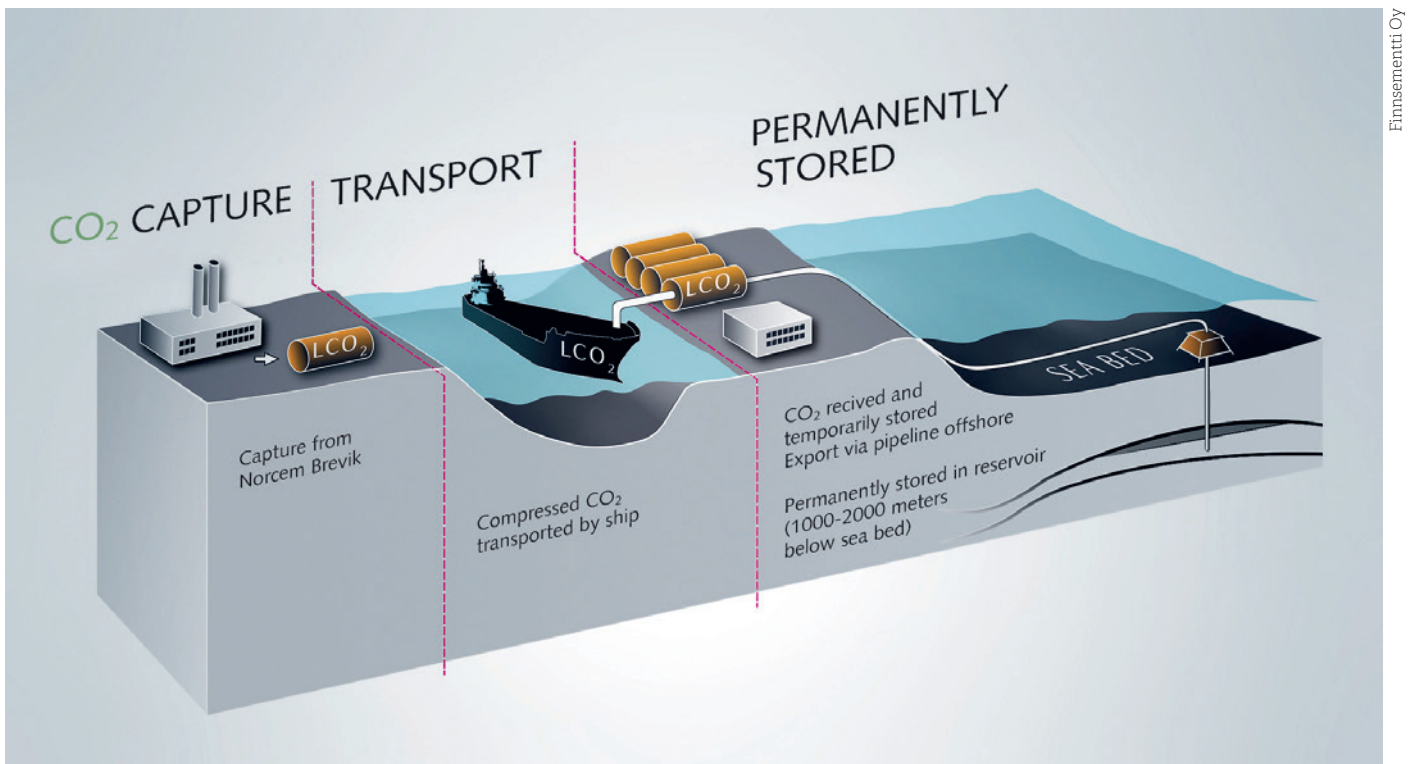


Sementin valmistuksen teknologioikka



12 Geopolymeerillä tarkoitetaan reaktiivista pii- ja alumiinioksidia sisältävien mineraalien ja aktivaattoreina toimivien alkalikemikaalien reaktiona syntyvää sementin kaltaista sidosmateriaalia. Laboratorio-olosuhteissa pikkutarkka reseptiikka saadaan toimimaan hyvin, mutta teollisuus- ja työmaaolosuhteissa vaadittavaa luotettavuutta on vaikeampi hallita.





Pilottihankkeita ja ensimmäisiä demonstraatiohankkeita rakennetaan jo

Talteenotto on tulevaisuutta

Sementin valmistuksen päästöistä yli puolet on peräisin raaka-aineena käytettävästä kalkkikivistä, jolle ei ole varteenotettavaa korvaajaa. Siksi sementin valmistuksesta muodostuu päästöjä senkin jälkeen, kun polttoaineet on saatu korvattua biopolttoaineilla tai suoralla päästöttömällä sähköenergialla.

CCUS (Carbon Capture, Useage or Storage), eli hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö tai varastointi, on tärkeä osa sementin valmistuksen tulevaisuutta. Tämän uuden teknologian ympärillä tapahtuu juuri nyt paljon. Tutkittavana ovat hiilidioksidin talteenotto, rikastaminen ja paineistaminen nesteeksi, hiilidioksidin siirto ja välivarastointi sekä hiilidioksidin hyödyntäminen raaka-aineena, sen pysyvä geologinen varastoiminen tai mineraaliin sitominen. Sementtiteollisuudessa keskitytään ensisijaisesti tehtaalla tapahtuvan talteenottotekniikan kehittämiseen, sillä vaihtoehtoisia toteutusmahdollisuuksia on useita ja näistä pyritään löytämään kullekin tehtaalle parhaiten sopiva menetelmä.

Kaupallisesti pisimmällä on ns. MEA-talteenotto, jossa hiilidioksidi kaapataan savukaasuista sitomalla se monoetanoliamiiniin (MEA). Tämä tekniikka on jo pitkälle kehitetty

ja sen toimivuus on osoitettu myös käytännön kohteissa. Sementtiteollisuuden ensimmäisessä tehdasmittakaavan demonstraatiohankkeessa Norjan Brevikissä on valittu talteenottoteknologiaksi juuri MEA-absorptio.

MEA-absorption etuna on tekniikan korkea kehitysaste ja sen soveltuvuus olemassa oleviin tehtaisiin. Sen haasteena ovat suuret käyttökustannukset ja suuri lisäenergian tarve, josta myös muodostuu päästöjä. Käytännössä tämä rajoittaa sen hiilidioksidin talteenottokyvyn noin 80 prosenttiin tehtaan kokonaispäästöistä. Norjassa vuonna 2024 käynnistyvä talteenotto on mitoitettu kattamaan puolet tehtaan kasvihuonekaasupäästöistä.

Kehitysvaiheessa olevia menetelmiä hiilidioksidin talteenottoon on runsaasti; epäsuorakalsinointi, happipolttol, membraanisuodatus ja jäädyttäminen. Menetelmät jakautuvat kahden päälinjaan; prosessin jälkeen asennettaviin sekä prosessin osaksi integroituihin menetelmiin. Näistä prosessin jälkeen asennettavat menetelmät voidaan liittää jo olemassa oleviin tehtaisiin, kun taas integroidut ratkaisut soveltuvat parhaiten uusiin uunilinjoihin. Tavoitteena on kehittää menetelmiä mahdollisimman kustannustehokkaiksi ja luotettaviksi

sekä minimoida niistä aiheutuvat lisäntyneet kasvihuonekaasupäästöt.

Kotimaista CCU- yhteistyötä

Hiilidioksidin talteenottoon liittyvien haasteiden lisäksi, on ratkaistava kysymys siitä, mitä erotetulle hiilidioksidille tehdään? Hiilidioksidin geologinen varastointi esimerkiksi käytöstä poistettuihin öljy- tai kaasukenttiin, on pitkään ollut ensisijainen vaihtoehto. Suomesta ei nykytiedon valossa löydy geologiseen varastointiin soveltuvia varastopaikkoja.

Hiilidioksidi voidaan kuitenkin geologisen varastoinnin lisäksi sitoa pysyvästi erilaisiin mineraaleihin. Tähän soveltuvaa kiviainesta Suomen maaperästä löytyy runsaasti.

Suomessa olemme juuri aloittaneet Åbo Akademin vetämän PILCCU- hankkeen, jossa tutkitaan mahdollisuutta sitoa savukaasujen hiilidioksidi serpentiniittimineraaliin. Åbo Akademi on kehittänyt menetelmää jo pitkään ja sen vahvuutena on, että hiilidioksidi sitoutuu magnesiumipitoiseen mineraaliin suoraan savukaasusta, ilman erillistä hiilidioksidin erottelua.

Menetelmän haasteena on siitä syntyvä suuri määrä kiinteää materiaalia. Juuri käynnistyneessä hankkeessa on tavoitteena siirtää

13 CCUS (Carbon Capture, Useage or Storage), eli hiilidioksidin talteenotto ja hyötykäyttö tai varastointi, on tärkeä osa sementin valmistuksen tulevaisuutta. Tutkittavana ovat hiilidioksidin talteenotto, rikastaminen ja paineistaminen nesteeksi, hiilidioksidin siirto ja välivarastointi sekä hiilidioksidin hyödyntäminen raaka-aineena, sen pysyvä geologinen varastoiminen tai mineraaliin sitominen.

Pisimmällä on ns. MEA-talteenotto, jossa hiilidioksidi kaapataan savukaasuista sitomalla se monoetanoliamiiniin (MEA).

14 Tavoitteena on, että vuoden 2045 jälkeen lähes kaikki eurooppalaiset sementtitehtaat on varustettu hiilidioksidin talteenotolla. Meneillään on erittäin mielenkiintoinen muutosmatka.

14





VTI

15

menetelmä laboratoriomittakaavasta käytäntöön ja löytää syntyvälle tuotteelle hyödylliset käyttökohteet. Erittäin mielenkiintoinen vaihtoehto on sen hyödyntäminen lämpöenergian varastointiin (thermal energy storage, TES). Neste Oyj toimii hankkeen veturiyrityksenä.

Hiilidioksidi liikennepolttoaineen raaka-aineena

Talteen otettu hiilidioksidi voidaan sellaiseen hyödyntää myös raaka-aineena. Lappeenrannan teknisen yliopiston kanssa olemme jo pitkään selvittäneet mahdollisuutta valmistaa synteettistä polttoainetta sementtitehtaalta talteen otetusta hiilidioksidista ja puhtaasta vedystä, hyödyntämällä päästötöntä energiaa.

Tehdyn esiselvityksen mukaan synteettisen polttoaineen valmistus olisi teknisesti mahdollista ja kannattavaa. Toiveissamme on toteuttaa teollisen mittakaavan power-to-X-tekniikkaan (P2X) perustuva pilottilaitos Lappeenrannan tehtaalte.

Hanketta valmistelee ST1 ja siihen on haettu ns. RRF-energiatukea Suomen kestävän kasvun ohjelmasta. Toteutuessaan pilottilaitos aloittaisi toimintansa kesällä 2026 ja mahdollistaisi 36 000 hiilidioksiditonnin hyötykäytön vuosittain.

Päästötöntä sähköä uuniin

Sementin valmistusprosessin sähköistämistä tutkimme VTT:n vetämässä Decarbonate hankkeessa. Siinä tutkitaan muun muassa mahdollisuutta korvata sementtiuunissa käytetty polttoaine päästöttömästi tuotetulla sähköllä, joko kokonaan tai osittain.

Sementin valmistuksen sähköistämisessä hyöty saadaan kahta reittiä. Kun käytetään sähköä lämpöenergian lähteenä polttoaineiden sijaan, pienentää se käytetyistä polttoaineista riippuen sementin valmistuksen hiilidioksidipäästöä 30–40 prosenttia. Sähkökalsinointi tuottaa samalla hyvin puhdasta hiilidioksidia, mikä seuraavassa vaiheessa yksinkertaistaa hiilidioksidin talteenottoa prosessissa.

Sähkökalsinointi yhdistettynä hiilidioksidin talteenottoon mahdollistaa jopa täysin hiilineutraalin sementin valmistuksen. Tulevaisuuden sementtitehdas voi myös toimia säätövoimana älykkäässä sähköverkossa. Hybridiuuni voi käyttää lämmöntuotantoon joko sähköä tai polttoaineita ja näin tasapainottaa sähkön kysyntää ja tarjontaa.

Decarbonate hankkeessa on parhaillaan meneillään koeajot Kumera Oy:n valmistamassa testiuunissa aidolla sementin valmistuksen raaka-aineella. Alustavat tulokset ovat olleet hyvin myönteisiä. Koelaitos toimii hyvin

ja olemme tyytyväisiä saavutettuun kalsinointiasteeseen.

Muutosmatkalla ollaan jo

Samalla kun teemme järjestelmällistä päästövähennystä tehtailamme olemassa olevalla tekniikalla, meneillään on intensiivinen tutkimusvaihe, jotta talteenottomenetelmät saadaan käyttöön tavoiteaikataulussa. Pilotihankkeita ja ensimmäisiä demonstraatiolaitoksia rakennetaan jo. Vuosikymmenen loppupuolella odotettavissa ovat ensimmäiset täyden mittakaavan tehdashankkeet. Näihin hankkeisiin liittyy runsaasti riskejä ja ne vaativat ympärilleen infrastruktuuria, jota ei vielä ole olemassa. Siksi kohdepaikoiksi valikoituvat maat, joissa julkinen panostus uuteen tekniikkaan on merkittävää.

Vuoden 2030 jälkeen uskon, että vauhti kiihtyy ja vuosina 2035–2040 näemme suurimman uuden teknologian käyttöönottohuuman. Uskon, että vuoden 2045 jälkeen lähes kaikki eurooppalaiset sementtitehtaat on varustettu hiilidioksidin talteenotolla. Meneillään on erittäin mielenkiintoinen muutosmatka.



16



17

15 VTT:n vetämässä Decarbonate hankkeessa. Siinä tutkitaan muun muassa mahdollisuutta korvata sementtiin käytetty polttoaine päästöttömästi tuotetulla sähköllä, joko kokonaan tai osittain. Lisäksi sähköunista saadaan uusi tuote: puhdistettu hiilidioksidi.

16 Lappeenrannan teknisen yliopiston kanssa tutkitaan mahdollisuutta valmistaa synteettistä polttoainetta sementtitehtaalta talteen otetusta hiilidioksidista ja puhtaasta vedystä, hyödyntämällä päästötöntä energiaa.

17 Carbonaide hankkeessa VTT:llä tutkitaan hiilidioksidin hyötykäyttöä betonin valmistuksessa. Hiilidioksidia sitoutetaan automatisoidulla järjestelmällä betonikappaleisiin.

Cement industry uses various means to reduce carbon dioxide emissions

The cement industry has for quite some time already taken plenty of efforts to reduce carbon dioxide emissions from cement production.

The carbon neutrality goal defined by the cement industry is the year 2050. Finnsementti's own goal is to reduce the total emissions of the company from the 2020 level by 25 percent by the end of the 2020s.

The efforts can be divided into two parts that support each other. The first part is based on modern technology. Reductions in emissions are achieved on a local level and already in the upcoming years, primarily through selection of raw materials and fuels and improved energy efficiency. Blending of cements and the utilisation of materials that can partly replace cement clinkers play an important role in these development efforts.

The second part is based on international cooperation to ensure the technology leap. International cooperation is important in research activities and projects due to the large scale of the research topics and the high price and high-risk character of demonstration projects, which make them impossible for individual companies to implement. The recovery of carbon dioxide is in the very centre of the technology leap.