

macon

Hiilidioksidin
talteenotto ja
hyödyntäminen
biokaasun
tuotannossa

12.7.2023

Hiilidioksidi (CO₂) on hyödyllinen sivutuote

- Hiilidioksidia syntyy usein sivutuotteena mm.:
 - Etanolin tuotannossa fermentoimalla (kolmasosa kaikesta tuotannosta)
 - Tuottaessa vetyä maakaasun höyryreformoinnilla
 - Biokaasun tuotanto
- Tulevaisuudessa myös ilmastosuojelun tarpeista tapahtuva hiilen talteenotto (Carbon Capture and Storage, CCS)

Hiilidioksidilla on monia käyttökohteita

- Happamoittavana aineena vedenkäsittelyssä
- Inerttikaasuna metallintyöstössä ja palontorjunnassa
- Liuottimena öljyn talteenotossa
- Pakastussovellukset
- Hiilihapollisten juomien valmistus
- Elintarvikkeiden pakkauskaasu
- Polyuretaanivaahdon valmistus (ennustettu merkittävää kasvupotentiaalia)
- Lisäksi muita nousevia mahdollisuuksia

Miten hiilidioksidi laatuluokitellaan?

Hiilidioksidin laatuluokka	Puhtausaste vähintään	Lähteet
Tieteellinen käyttö	99,999 %	2
Superkriittiset nesteet	99,997 % / 99,998 %	1, 2
SFC-kromatografia	99,995 %	3
Laboratorio	99,99 %	3
Lasersovellukset	99,95 %	2
Anaerobiset sovellukset	99,95 %	2
Panimoteollisuus	99,9 %	2
Elintarviketeollisuus	99,9 %	1, 2
Lääketieteellinen käyttö	99,5 %	2
Teollinen käyttö (esim. hitsaus)	99,5 %	2

Raakabiokaasusta erotetun hiilidioksidin myynti voi olla vaikeaa. Jätepohjaisessa tuotteessa saattaa esiintyä epäpuhtauksia, jotka tekevät siitä epämiellyttävän käytettäväksi ainakin elintarviketuotannossa, vaikka puhtausaste saavutetaan.

1: <https://echa.europa.eu/documents/10162/9bbf31f2-e76f-76f9-4099-f7e5ad0119d0>

2: <https://www.reportsanddata.com/report-detail/food-grade-gases-market>

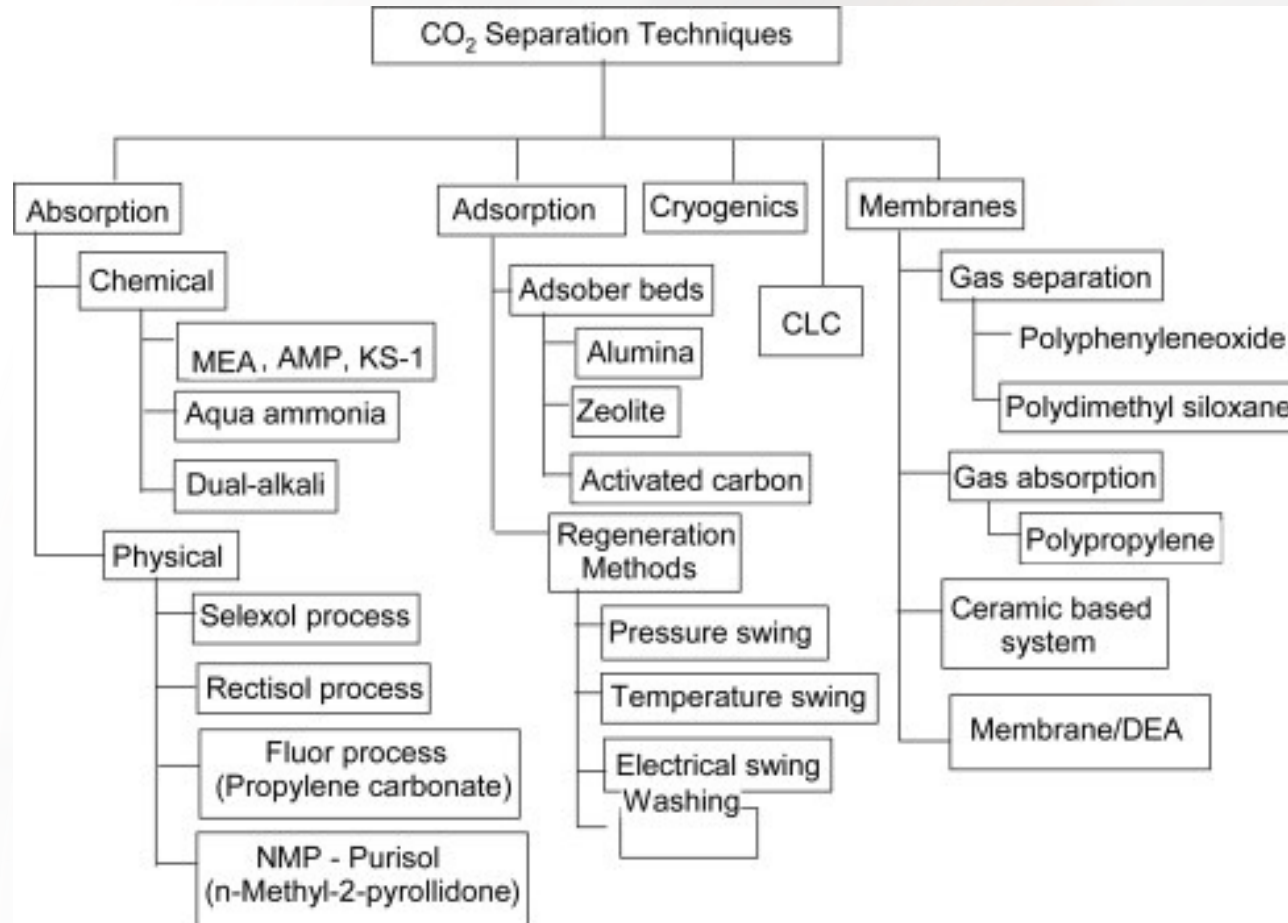
3: <https://au.airliquide.com/carbon-dioxide-high-purity-grade>

A business meeting scene with a laptop, tablet, and data charts on a table. A hand is pointing at a chart with a pen. The background is softly lit with warm light.

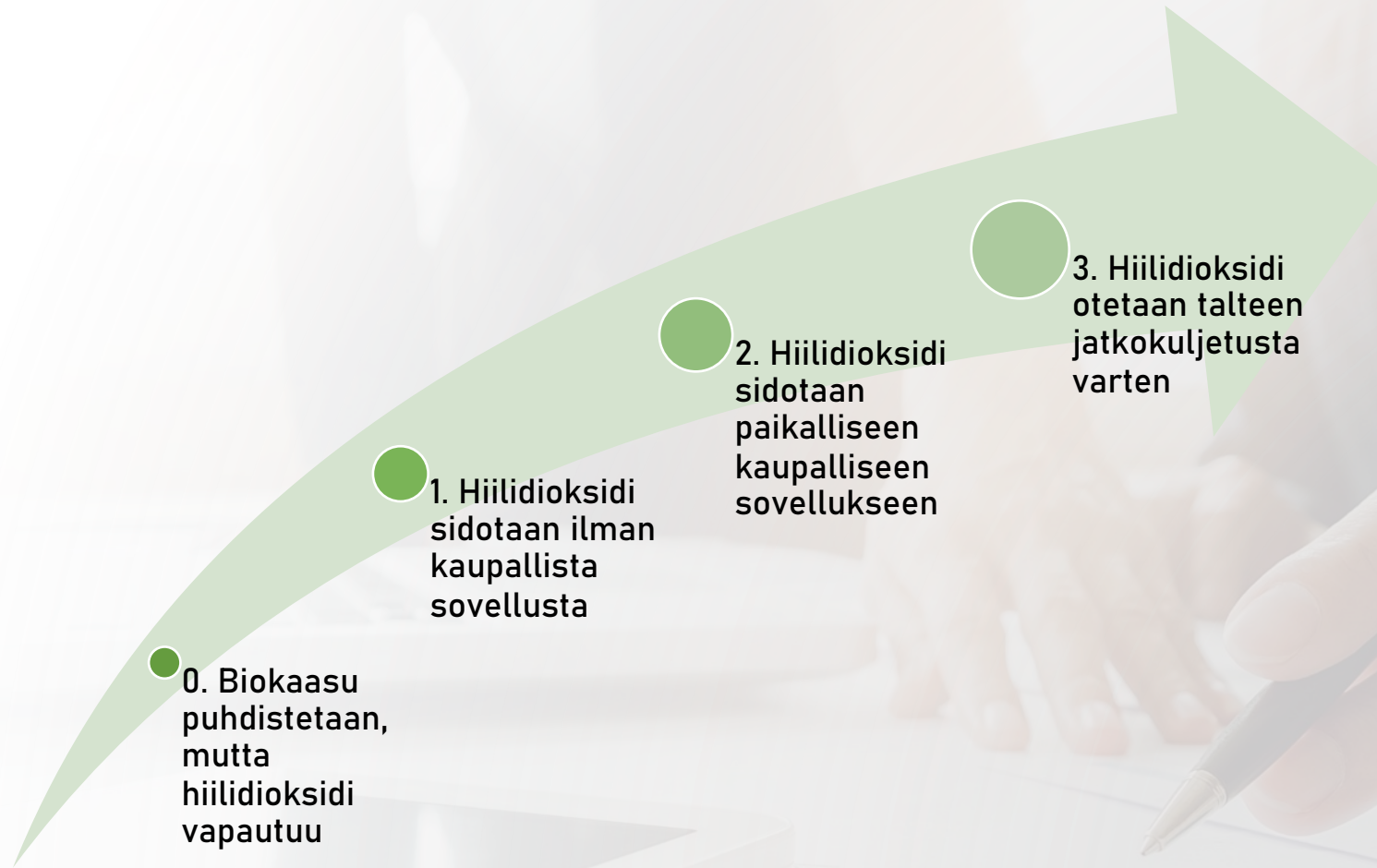
Hiilidioksidin talteenotto

Biokaasun tuotannossa

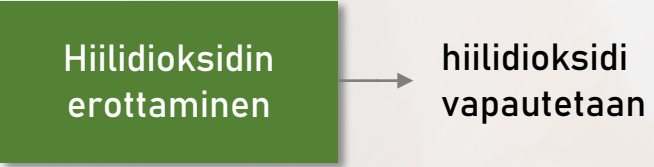
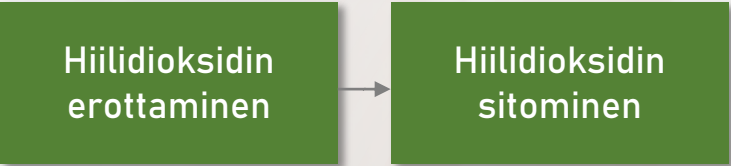

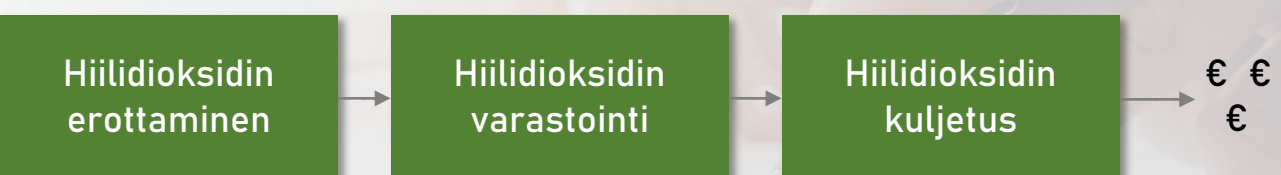
Hiilidioksidin talteenotossa on yleisesti lukuisia vaihtoehtoja



Hiilidioksidin talteenotto: millä laajuudella tarvetta lähestytään?



Hiilidioksidin talteenotto biokaasun valmistuksen yhteydessä

0. Biokaasu puhdistetaan, mutta hiilidioksidi vapautuu	
1. Hiilidioksidi sidotaan ilman kaupallista sovellusta	
2. Hiilidioksidi sidotaan paikalliseen kaupalliseen sovellukseen	
3. Hiilidioksidi otetaan talteen jatkokuljetusta varten	

Hiilidioksidin talteenotto biokaasun valmistuksen yhteydessä

Vaihtoehtoisia menetelmiä:

1. Vesipesu
2. Painevaihteluadsorptio (PSA)
3. Membraanijärjestelmät
4. Kemiallinen CO₂-absorptio
5. Amiinikaasukäsittely
6. Jäähdytys
7. Betoniin sitominen

Hiilidioksidin talteenotto biokaasun valmistuksen yhteydessä

Alustava. Määritelmät eivät ole tarkkarajaisia.

	0. Biokaasu puhdistetaan, mutta hiilidioksidi vapautuu	1. Hiilidioksidi sidotaan ilman kaupallista sovellusta	2. Hiilidioksidi sidotaan paikalliseen kaupalliseen sovellukseen	3. Hiilidioksidi otetaan talteen jatkokuljetusta varten
Vesipesu	Mahdollinen	Mahdollinen		
Painevaihteluadsorptio (PSA)		Mahdollinen	Mahdollinen	
Membraanijärjestelmät			Mahdollinen	Mahdollinen
Kemiallinen CO ₂ -absorptio			Mahdollinen	Mahdollinen
Amiinikaasukäsittely			Mahdollinen	Mahdollinen
Jäähdytys			Mahdollinen	Mahdollinen
Betoniin sitominen			Mahdollinen	

1. Vesipesu (engl. water scrubbing)

- Euroopan yleisin menetelmä biokaasulaitoksissa biokaasun laadun parantamiseksi
- Yleinen erityisesti pienen mittakaavan laitoksissa
- Alhaiset kustannukset mutta jätevesiongelma
- Helppo huolto
- Pesujärjestelmä koostuu vesipesurista, jossa on vesisäiliöön liitetty rautavillapakattu pohja, sekä kahdesta rengasmaisesta putkesta, joita käytetään esipestyä eli raakaa biokaasua ja pestyä eli puhdasta biokaasua varten
- Vesipesulla poistetaan hiilidioksidia, mutta myös rikkivetyä biokaasusta, koska nämä kaasut liukenevat veteen paremmin kuin metaani. Imeytymisprosessi on puhtaasti fyysinen

2. Painevaihteluadsorptio (engl. pressure swing adsorption, PSA)

- Euroopan toiseksi yleisin menetelmä biokaasulaitoksissa
- Yleisesti erityisesti pienen mittakaavan laitoksissa
- Alhaiset kustannukset
- Helppo huolto
- Tyypillinen järjestelmä koostuu neljästä sarjassa olevasta astiasta, jotka on täytetty adsorboivalla aineella, joka pystyy poistamaan hiilidioksidin lisäksi myös vesihöyryn, typen ja hapen biokaasuvirrasta.
- Tyypillisesti neljä vaihetta: paineen nosto, adsorptio, paineenalennus ja regenerointi. Paineen kohoaminen tapahtuu tasapainottamalla paine paineenalennusvaiheessa olevan astian kanssa. Lopullinen paineen muodostuminen tapahtuu ruiskuttamalla raakaa biokaasua. Adsorption aikana CO_2 , N_2 ja O_2 adsorboituvat väliaineisiin ja puhdistettu kaasu purkautuu puhtaana metaanina laatuun, joka on paljon vähemmän syövyttävää ja jolla on korkeampi lämpöarvo.
- Hiljattain kehitetyt kaasu-nestemembraanit toimivat normaalipaineessa, mikä poistaa paineistukseen kuluvaan energiantarpeen.

3. Membraani- eli kalvojärjestelmät

- Yleisesti käytössä
- Kaasuseokset voidaan erottaa tehokkaasti synteettisillä kalvoilla, jotka on valmistettu polymeereistä, kuten polyamidista tai selluloosa-asetaatista, tai keraamisista materiaaleista
- Kalvoilla voidaan erottaa kaasuseoksia, kun ne toimivat läpäisevänä esteenä, jonka läpi eri yhdisteet kulkevat eri nopeuksilla tai eivät liiku ollenkaan. Kalvot voivat olla nanohuokoisia, polymeerejä jne. ja kaasumolekyylit tunkeutuvat koonsa, diffuusiivuutensa tai liukoisuutensa mukaan
- Vaikka polymeerikalvot ovat taloudellisia ja teknologisesti hyödyllisiä, niitä rajoittaa niiden suorituskyky, joka tunnetaan nimellä Robeson-raja (läpäisevyys on uhrattava selektiivisyyden vuoksi ja päinvastoin)

4. Kemiallinen CO₂-absorptio

- Yleisesti käytössä
- Natriumhydroksidi on yleisesti käytetty kemikaali:
 - Natriumhydroksidi on edullista
 - Absorboi samalla rikkivetyä
 - Vähäinen sähkönkulutus
 - Vähäinen metaaninhukka
 - Kuitenkin korkeat ja käyttökulut, koska tarvitaan kemikaaleja
- Kalsiumhydroksidia (sammutettu kalkki) reagoi hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia, jota käytetään esimerkiksi paperiteollisuuden raaka-aineena
- Magnesiumhydroksidi reagoi hiilidioksidin kanssa muodostaen magnesiumkarbonaattia, jota käytetään lääketieteellisuuden sideaineena sekä paperin, kumin ja muovin lisäaineena

5. Amiinikaasukäsittely

- Amiinien, esimerkiksi monoetanoliamiinin, kylmät liuokset sitovat hiilidioksidia, joskin sitoutuminen kääntyy korkeammassa lämpötiloissa



- Amiinit absorboivat ja myöhemmin prosessissa vapauttavat hiilidioksidia tuottaen puhtaan hiilidioksidivirran, joka puristetaan korkeaan paineeseen ja varastoidaan
- Ennen erotusta savukaasusta poistetaan hiukkaset ja happamat komponentit, kuten NO_x ja SO_x , jotka muuten hajottaisivat liuottimen
- Korkeat investointi- ja käyttökustannukset
- Tuoreita laitosinvestointeja ei tiedossa

6. Jäähdytys

- Hiilidioksidin talteenotto voidaan järjestää myös raakabiokaasua jäähdyttämällä ja ottamalla talteen kuivajää
- Hiilidioksidi voidaan myydä teollisuuskäyttöön

7. Betoniin sitominen

- **Betoni sitoo hiilidioksidin pysyvästi; hiilidioksidi reagoi betonin ainesosien kanssa**

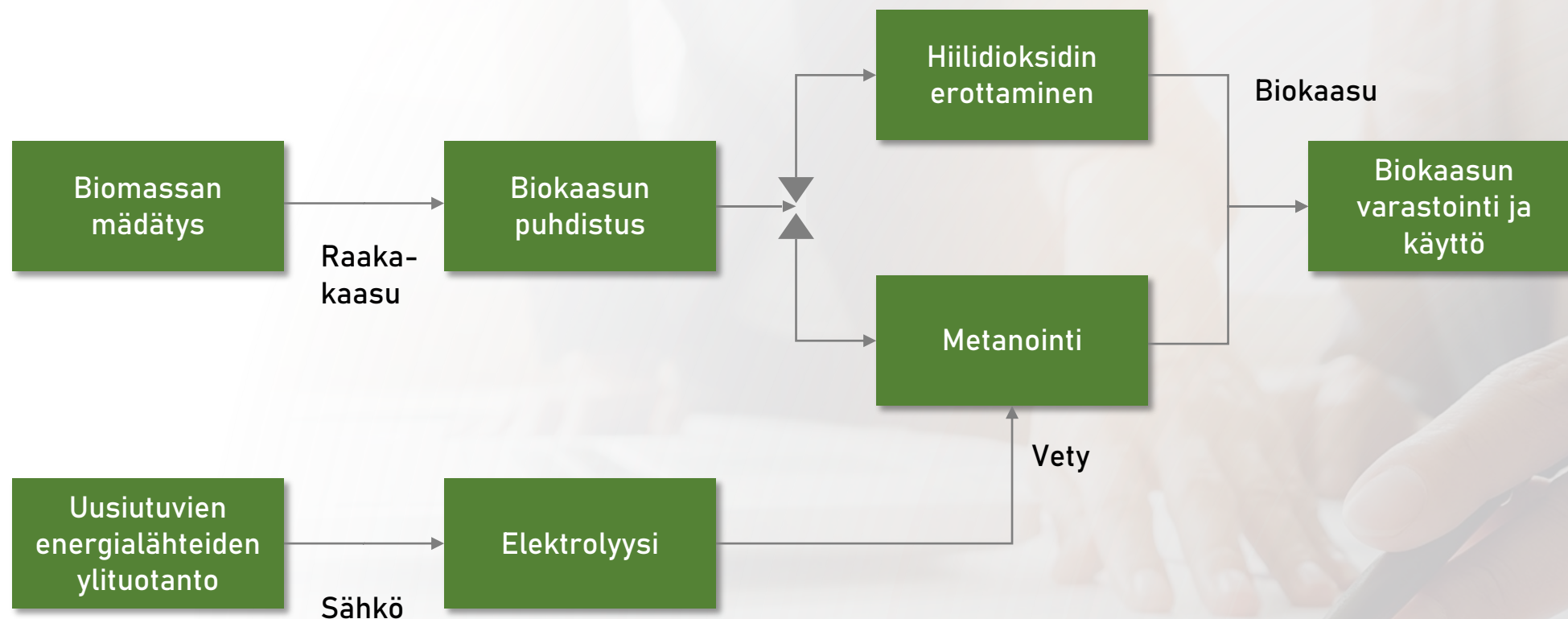
Onko hiilidioksidin talteenotto aina järkevää?

- Hiilidioksidi ei ole kovin arvokasta
- Raakabiokaasusta erotetun hiilidioksidin myynti voi olla vaikeaa. Jätepohjaisessa tuotteessa saattaa esiintyä epäpuhtauksia, jotka tekevät siitä epämiellyttävän käytettäväksi elintarviketuotannossa
- Hiilidioksidi voidaan muuttaa lisämetaaniksi. Metanoinnin avulla tuottavuuden kasvu biometaanin tuotannossa voi olla jopa 38–68 %

Biometanointi

- **Metanointi** on hiilimonoksidin ja hiilidioksidin muuntamista metaaniksi hydrauksen avulla
- Metanointi on keino varastoida aurinko- tai tuulivoimalla tuotettua energiaa käyttämällä sähköstä kaasuun -järjestelmiä yhdessä olemassa olevan kaasuvaraston kanssa
- **Biometanoinnissa** biokaasulaitoksen kattilassa hiilidioksidi muutetaan biometaaniksi ruiskuttamalla prosessiin vetyä
- Biometanointia voidaan kutsua vihreäksi, jos vedyn tuotannossa käytetty elektrolyysi toimii uusiutuvalla energialla

Biometanointi



Biometanointi

- Biokaasulaitoksessa käytetään sekoittimia
- Kuvassa Landian GasMix Digester Tank Mixer
- Sekoitinjärjestelmä voidaan muuntaa ruiskuttamaan puhdasta vetyä, joka on tuotettu paikan päällä aurinkokennoista, jotta biometanointi mahdollistuu.



A photograph of a business meeting. In the foreground, a hand holds a pen over a document with a pie chart and bar graphs. In the background, a person's hand is on a laptop keyboard. The scene is lit with warm, golden light from a window.

Hiilidioksidin talteenotto: Case Kaustinen

Biokaasun tuotannossa

Pieni case: Ilpo Wennström

- Olemassa oleva laitos:
 - Membraaniteknologia käytössä. Suositellaan lisäksi aktiivihiilisuodatusta, jos hiilidioksidia harkitaan elintarvikekäyttöön.
 - 5 GWh:n biokaasulaitoksen nesteytetyn hiilidioksidin tuotantopotentiaali 67 kg/h ja 587 t/v.
- Tutkittava talteenottolaitteisto Dalum, Tanska:
 - Hankintahinta 93 000 euroa
 - Saanto 70 %, josta hiilidioksidin tuotantopotentiaali 10 kg/h
 - Tarvitaan korkeintaan 5 yksikköä ($70 \% \times 67 \text{ kg/h} = 47 \text{ kg/h}$)

Pieni case: Ilpo Wennström



TECHNICAL DATA	
Capacity	0-10 kg/hour liquid CO ₂ per hour at 35-45 bar.
Purity	99,980%-99,995% CO ₂ purity depending on feed
CO ₂ supply pressure	Minimum 0,2 bar from fermenter
Feed gas purity	Minimum 96% CO ₂ , maximum 0,6% oxygen from fermentation.
Room temperature	Minimum 5°C and maximum 40°C
UTILITY DATA	Connections
Electricity	3x400V +N+P, 50 Hz, 10 Amps fuses.
Cooling media	-5 to 0°C, flow 0-15 l/min or max 2,5 kW (0,6 kW compressor)
Water	0-15 l/hour
Drainage	0-15 l/hour
FEATURES	
Dimensions	LxWxH: 1x1x3 meters and 1x2x3 including foam trap.
Noise level	App. 65 dB(A)
Materials	Stainless steel (exclusive motor, gearboxes, control cabinet) and selected electrical valves in brass.
Controls	PLC /w color touchscreen and fully automatic operation. Remote access to live dashboard from pc and smartphones
Components	as per DALUM's best choice
Covers / Cladding	optional – recommended if module is placed in fermentation area with spraying with water and cleaning agents.
PED-code	The CO ₂ module is outside PED and ASME regulation for site inspection. No approval needed.
Documentation	The equipment is delivered CE marked and with online available manuals, videos and documentation for use and maintenance.

Pieni case: Ilpo Wennström

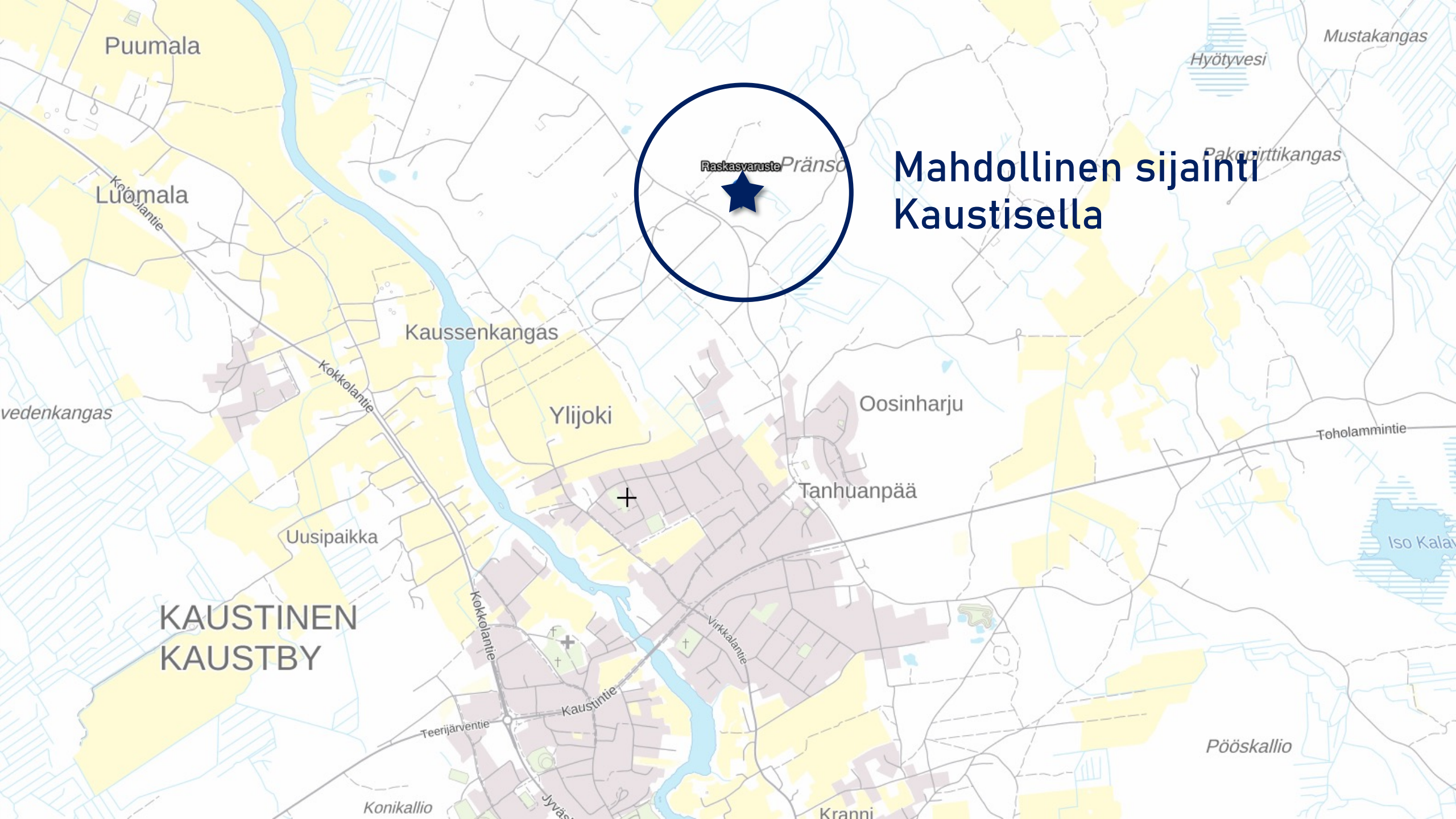
	1 yksikkö	5 yksikköä	
Hankintakustannus, talteenotto	66500	266000	EUR
Hankintakustannus, säiliö 2000 kg	26980	26980	EUR
Hankintakustannus yhteensä	93480	292980	EUR
Kapasiteetti	10	50	kg/h
Kapasiteetti	88	438	t/a
Todellinen tuotantomäärä	9	47	kg/h
Todellinen tuotantomäärä	82	411	t/a
Käyttöaste	94 %	94 %	
Tuotot	175	175	EUR/a
Tuotot	14380	71898	EUR/a
Työvoima	1000	2000	EUR/a
Korjaus ja ylläpito	1138	5688	EUR/a
Sähkö	2465	12325	EUR/a
Vesi	296	1479	EUR/a
Poistot	9348	29298	EUR/a
Kustannukset yhteensä	14246	50790	EUR/a
Kustannukset yhteensä	173	124	EUR/t

Pieni case: Ilpo Wennström

- Investoinnin tunnuslukuja:
 - Nettonykyarvo 37 000 euroa (diskonttaus korko 8 %, inflaatio 2 %)
 - Sisäinen korkokanta 11 %
 - Takaisinmaksuaika 14 vuotta (huomioi rahan aika-arvon)
- Laskelmassa on oletettu:
 - Edellisen sivun oletukset mm. hiilidioksidin myyntihinta 175 €/t
 - Investointeihin kohdistuu 40 % tukea

Suuri case: Uusi laitos

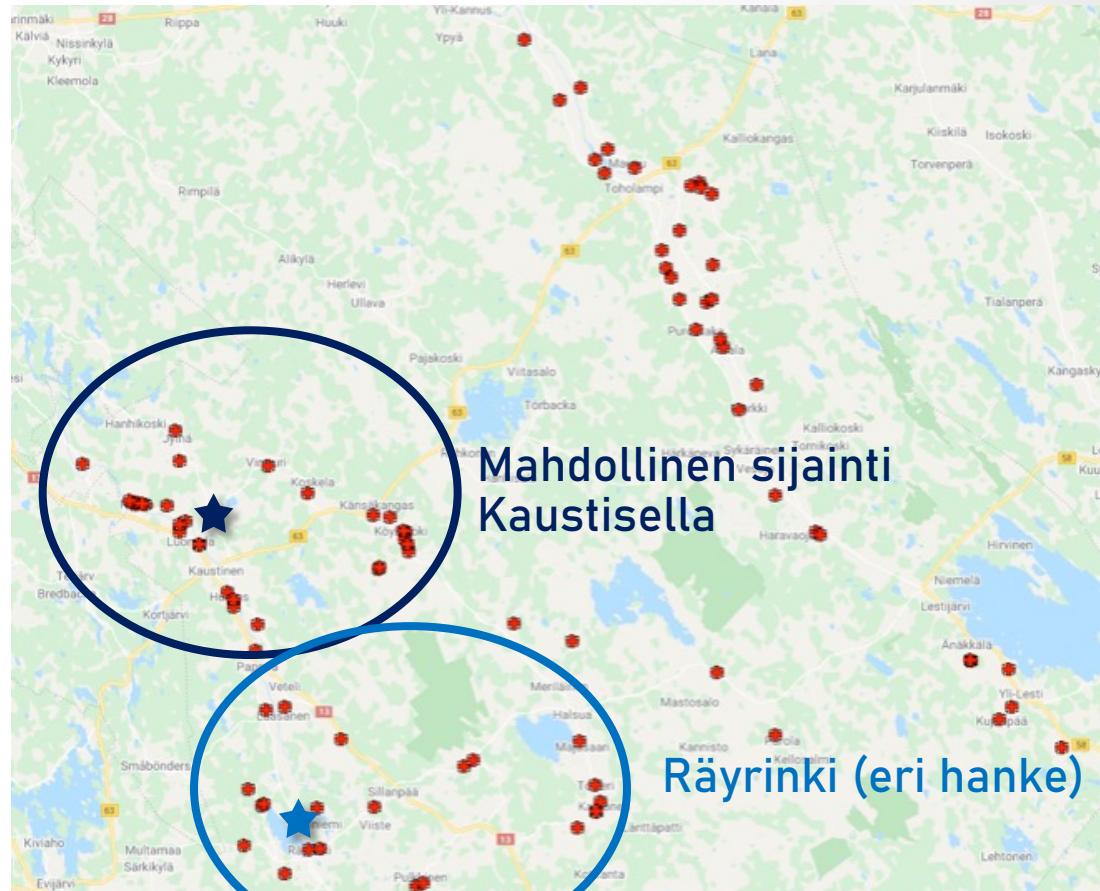
- Uusi laitos:
 - Tutkitaan hiilidioksidin talteenottoa uuden mahdollisen suuren biokaasulaitoksen yhteydessä joka rakennettaisiin Kaustiselle.
 - Syötepotentiaali 79500 tonnia lantaa vuodessa, mikä tarkoittaa 2,1 milj. Nm³ raakabiokaasun vuosituotantoa
 - Vastaava nesteytetyn hiilidioksidin tuotantopotentiaali 170 kg/h ja 1491 t/v.
- Tutkittava CF250-talteenottolaitteisto Cryo Pur, Ranska:
 - Sisältää sekä biometaanin nesteytyksen että hiilidioksidin talteenoton
 - Hankintahinta 2,3 miljoonaa euroa
 - Hiilidioksidin nimellinen tuotantopotentiaali 160 kg/h; yksikön arvioidaan riittävän suhteessa tuotettavaan biokaasun määrään.



**Mahdollinen sijainti
Kaustisella**

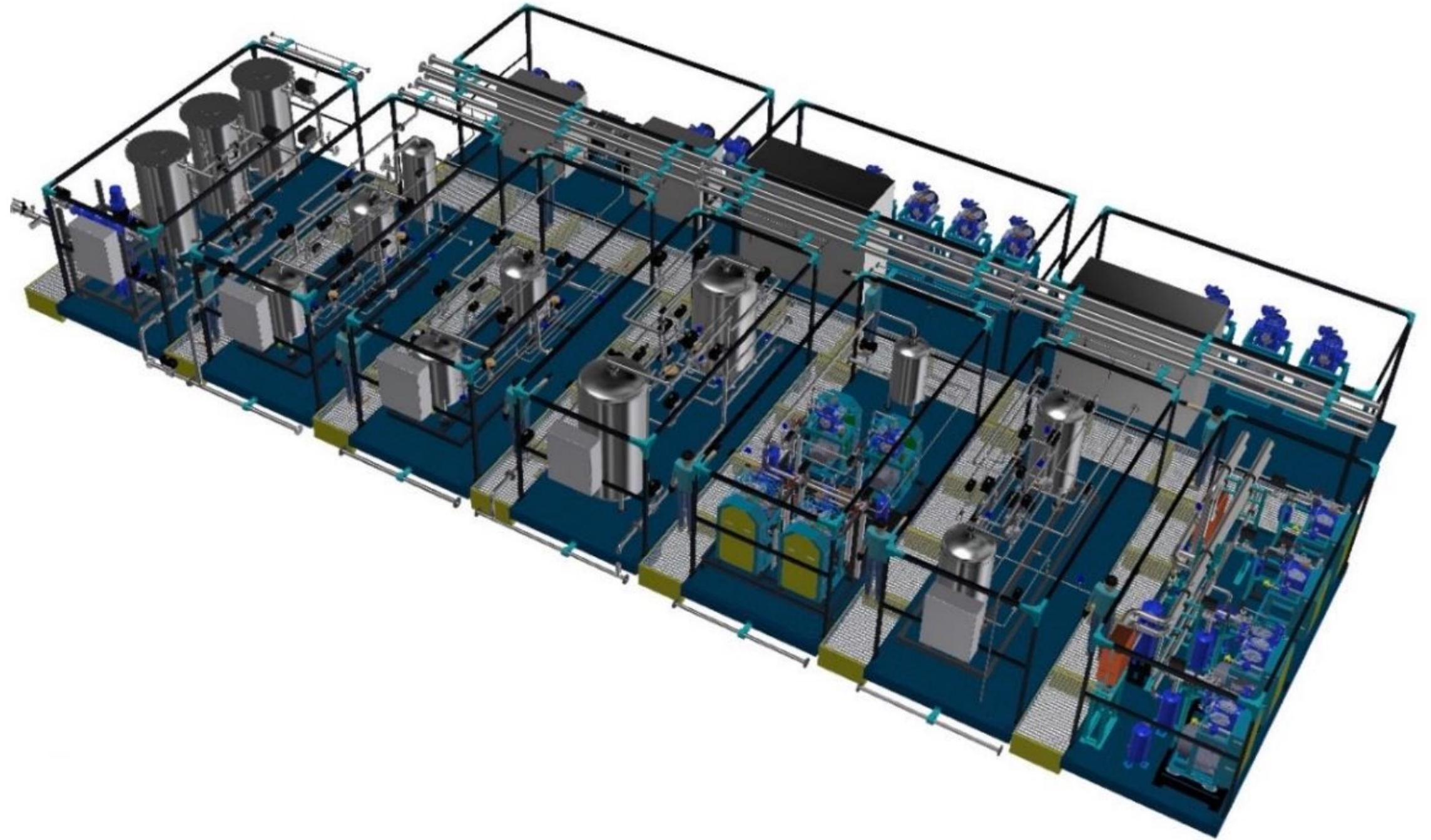
**KAUSTINEN
KAUSTBY**

Kiertoon!-hankkeen tunnistamat syötteet

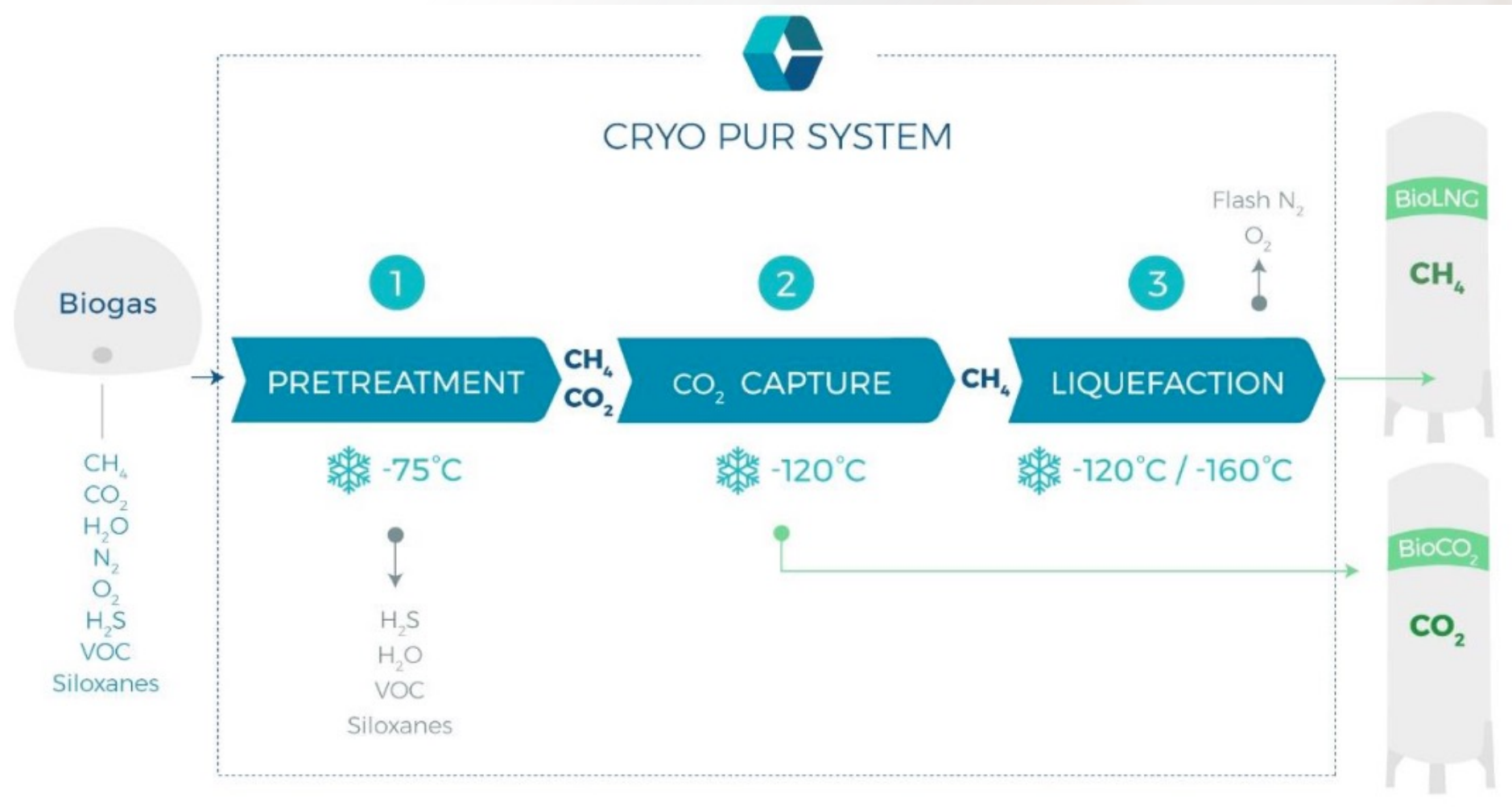


Kartoituksessa löytyneet lietalannat

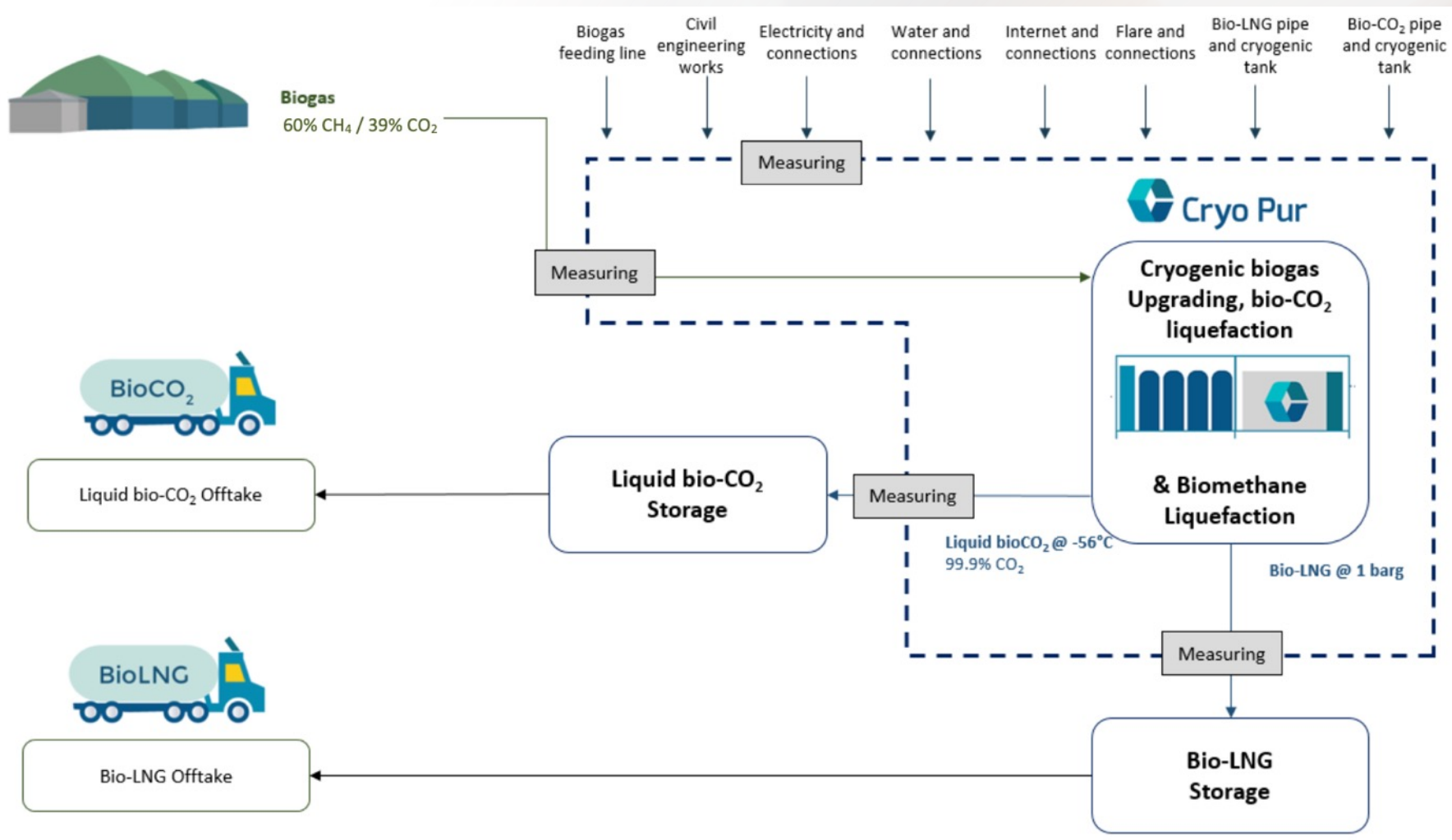
1. Kaustinen: n.79 500 t
2. Veteli: n.75 000 t
3. Halsua: n.33 000 t
4. Lestijärvi: n.18 500 t
5. Toholampi: n.76 000 t



Suuri case: Uusi laitos



Suuri case: Uusi laitos



Suuri case: Uusi laitos

- Koska Cryo Pur -laitteisto kattaa sekä biokaasun nesteytyksen että hiilidioksidin talteenoton, arvioidaan hiilidioksidin talteenoton taloudellista hyötyä seuraavasti:

1. Lasketaan Cryo Pur -kokonaisinvestointi ja vesipesu

CO2-erotus

Biokaasun nesteytys

CO2-talteenotto

2. Lasketaan pelkkään biokaasun vesipesuun ja nesteytykseen perustuvan ratkaisun kustannukset

Vesipesu (CO2-erotus)

Biokaasun nesteytys

3. Huomioidaan kahden edellisen laskelman erotus biokaasun nesteytyksen osalta ja esitetään johtopäätös

CO2-talteenotto

1. Cryo Pur -kokonaisinvestointi

Suure	Arvo	Mittayksikkö
Kapasiteetti	230	Nm3-biogas/h
Kapasiteetti	2014800	Nm3-biogas/a
Todellinen syöte	2142836	Nm3-biogas/a
Kapasiteetti	160	kg-liquid-CO2/h
Kapasiteetti	1402	t-liquid-CO2/a
CAPEX-laitteisto	2100000	EUR
CAPEX-asennus ja käyttöönotto	150000	EUR
CAPEX yhteensä	2250000	EUR
OPEX-varaosat	80000	EUR/a
OPEX-käyttö ja kunnossapito	100000	EUR/a
OPEX-sähkö	100000	EUR/a
OPEX yhteensä	280000	EUR/a
Poistot	225000	EUR/a
Kustannukset yhteensä	505000	EUR/a
CO2-tuotantomäärä	1491	t/a
CO2-myyntihinta	175	EUR/t
CO2-myyntituotot	260867	EUR/a

Biokaasun nesteytyksen hyötyjä ei eritellä tässä laskelmassa

2. Pelkkään biokaasun nesteytykseen perustuvan ratkaisun kustannukset

Biokaasun vesipesu (CO₂-erotus)

Suure	Lukuarvo	Mittayksikkö
Kapasiteetti	2550000	Nm ³ /a, raakakaasua
CAPEX	525000	EUR
Käyttöaika	8500	h/a
Sähkönkulutus	0,35	kWh/Nm ³ , raakakaasua
Sähkönkulutus	0,01	EUR/kWh
Sähkönkulutus	0,0035	EUR/Nm ³ , raakakaasua
Vedenkulutus	100	l/h
Vedenkulutus	1	EUR/m ³
Vedenkulutus	0,0033	EUR/Nm ³ , raakakaasua
OPEX	0,0068	EUR/Nm ³ , raakakaasua



Biometaanin nesteytyslaitos (Bio-LNG), Stirling Cryogenics

- Sisääntuleva biometaani (135 Nm³/h), 12 bar
- Tuottokapasiteetti on 80 kg/h (enintään 2,3 tonnia päivässä) bio-LNG:tä.
- Käyttöaika 350 vrk/vuosi
- Energiankulutus 0,92 kWh / kg bioLNG (noin 10% biokaasun sisältämästä energiasta)
- Huollot 15 vrk/vuosi
- Konttitoteutus

2. Pelkkään biokaasun nesteytykseen perustuvan ratkaisun kustannukset

Suure	Arvo	Mittayksikkö
Kapasiteetti	1134000	Nm ³ /a, biometaanina
Kapasiteetti	805	t/a, LBG:tä
Kapasiteetti	1917	Nm ³ /a, LBG:tä
Tehollinen käyttöaika	96 %	%
CAPEX	1164800	EUR
Huollot	100000	EUR
Sähkönkulutus	0,92	kWh/kg, LBG
Sähköhinta	0,1	EUR/kWh
Sähköhinta	92	EUR/t, LBG
OPEX	276333	EUR
Poistot	116480	EUR
Kustannukset yhteensä	392813	EUR

3. Huomioidaan kahden edellisenlaskelman erotus biokaasun nesteytyksen osalta ja esitetään johtopäätös

CO2-erotus

Biokaasun nesteytys

CO2-talteenotto

Cryo Pur (1)

Suure	Arvo	Mittayksikkö
Kapasiteetti	230	Nm3-biogas/h
Kapasiteetti	2014800	Nm3-biogas/a
Todellinen syöte	2142836	Nm3-biogas/a
Kapasiteetti	160	kg-liquid-CO2/h
Kapasiteetti	1402	t-liquid-CO2/a
CAPEX-laitteisto	2100000	EUR
CAPEX-asennus ja käyttöönotto	150000	EUR
CAPEX yhteensä	2250000	EUR
OPEX-varaosat	80000	EUR/a
OPEX-käyttö ja kunnossapito	100000	EUR/a
OPEX-sähkö	100000	EUR/a
OPEX yhteensä	280000	EUR/a
Poistot	225000	EUR/a
Kustannukset yhteensä	505000	EUR/a
CO2-tuotantomäärä	1491	t/a
CO2-myyntihinta	175	EUR/t
CO2-myyntituotot	260867	EUR/a

Vesipesu (CO2-erotus)

Biokaasun nesteytys

Stirling (2)

Suure	Arvo	Mittayksikkö
Kapasiteetti	1134000	Nm3/a, biometaanina
Kapasiteetti	805	t/a, LBG:tä
Kapasiteetti	1917	Nm3/a, LBG:tä
Tehollinen käyttöaika	96	%
CAPEX, vesipesu	525000	EUR
CAPEX, nesteytys	1164800	EUR
CAPEX yhteensä	1689800	EUR
Vesipesu, kustannukset	14089	EUR/a
Nesteytys, huollot	100000	EUR/a
Nesteytys, sähkönkulutus	0,92	kWh/kg, LBG
Sähkönhinta	0,1	EUR/kWh
Nesteytys, sähkönhinta	92	EUR/t, LBG
OPEX yhteensä	290422	EUR
Poistot	168980	EUR
Kustannukset yhteensä	459402	EUR

CO2-talteenotto

Erotus (1)-(2)

Hankintahinnan erotus
560 200 EUR

Kustannusten erotus
45 598 EUR/v

Hyötyjen erotus
(CO₂-myyntituotot)
260 867 EUR/v

Suuri case: Uusi laitos

- Investoinnin tunnuslukuja:
 - Nettonykyarvo 1,0 miljoonaa euroa (diskonttaus korko 8 %, inflaatio 2 %, 10 v)
 - Sisäinen korkokanta yli 20 %
 - Takaisinmaksuaika 3 vuotta (huomioi rahan aika-arvon)
- Laskelmassa on oletettu:
 - Jos hiilidioksidia ei oteta talteen Cryo Pur -laitteistolla, joka samalla nesteyttää biokaasun, käytetään biokaasun nesteyttämiseen muuta laitteistoa, tässä tapauksessa Stirling Cryogenics -laitteistoa.
 - Investointilaskelma vertailee näiden kahden vaihtoehdon erotusta sekä kustannuksissa että hyödyissä.
 - Investointeihin kohdistuu 40 % tukea.
- **Johtopäätös: Hiilidioksidin talteenotto on hyvin kannattavaa.**

A photograph of a business meeting. In the foreground, a hand holds a pen over a document with a pie chart and bar graphs. In the background, a laptop and a tablet are on a table, and two people in business attire are looking at the documents. The scene is brightly lit, possibly from a window, creating a professional and collaborative atmosphere.

Hiilidioksidin hyödyntäminen

Biokaasun tuotannossa

Hiilidioksidin käyttökohteita

- Elintarviketeollisuus
- Orgaanisten yhdisteiden tuotanto
- Energian varastointi
- Polttoaineentuotanto
- Huokoisten aineiden tuotanto

Hiilidioksidin käyttökohteita

Käyttökohde	Kuvaus	Hyödyt
Elintarviketeollisuus	Hyvin laajat sovellusalueet, ks. seuraava sivu	Hyvin laajat sovellusalueet, ks. seuraava sivu
Orgaanisten yhdisteiden tuotanto	Sähkökemiallisella pelkistämällä voidaan tuottaa orgaanisia yhdisteitä, joilla on korkea virtahyötysuhde, kuten metaanieli muurahaishappoa (HCOOH), hiilimonoksidia, metaania ja etyleeniä	Orgaanisia yhdisteitä voidaan käyttää raaka-aineena kemiallisten yhdisteiden tuotannossa tai muuttaa hiilivetypolttoaineiksi
Energian varastointi	Sähkökemiallinen pelkistäminen mahdollistaa jaksottaisen energian varastoimisen kemiallisiin sidoksiin hiilen ja vedyn sekä kahden hiilen välillä	Uusiutuvan energiantuotannon varastointi; mahdollistaa jo olemassa olevan nestemäistä polttoainetta varten kehitetyn infrastruktuurin hyödyntämisen
Huokoisten aineiden tuotanto	Vettä ja hiilidioksidia käyttämällä saadaan aikaiseksi erittäin huokoisia materiaaleja ilman erillisiä orgaanisia liuottimia HIPE-menetelmää (high internal phase emulsion) käyttäen	Huokoisia materiaaleja käytetään monissa sovelluksissa, kuten kemiallisessa erotuksessa, katalyyseissa, sekä biolääketieteessä
Polttoaineentuotanto	Fotokatalyyttinen prosessi, jolla hiilidioksidi ja vesihöyry voidaan auringonvalon avulla muuttaa polttoaineeksi	Sähkökemialliseen pelkistämiseen verrattuna hiilidioksidin suorassa fotokatalyyttisessä pelkistämisessä vältetään sähköä tuottava välivaihe, mikä tekee fotokatalyyttisestä menetelmästä tehokkaamman kehityksen myötä

Elintarvikelaatuisen hiilidioksidin markkinarakenne

Sovellusalue

Kylmäsäilytys

Pakkausteollisuus

Hiilihapotus

Hydraus

Peittaus

Teollisuus

Liha- ja kalateollisuus

Meijeriteollisuus

Panimoteollisuus

Hedelmät ja vihannekset

Valmisruokateollisuus

Muut

Toimitus

Bulkki

Kaasupullo

Faasi

Kaasu

Neste

Kiinteä

Hiilidioksidin tuottajia

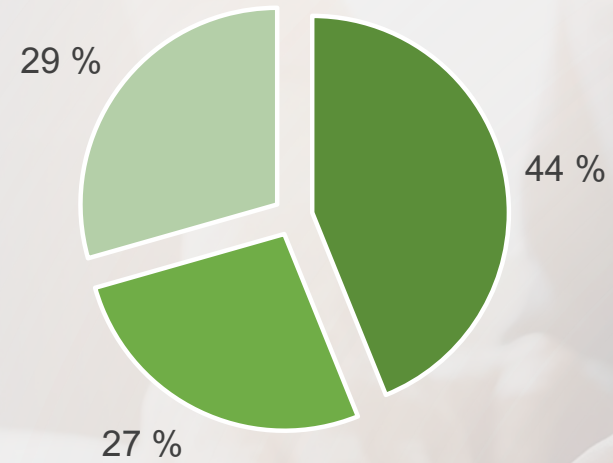


- Linde
- Air Products and Chemicals
- Air Liquide
- Messer Group
- Taiyo Nippon Sanso Corp
- Westfarmers Limited
- PT Aneka Industri
- Massy Group
- Air Water
- Sold Group
- Gulf Cryo
- National Gases
- Gruppo SIAD
- Cryogenic Gases
- Lez Gaz Industriels
- Aditya Air Products
- Sidewinder Dry Ice & Gas
- Axcel Gases
- Chengdu Taiya Industrial Gases
- Yingde Gas Group Shanghai
- Siddhi Vinayak Industries Gases
- American Welding & Gas
- Ijsfabriek Strombeek
- Air Source Industries
- Purity Cylindrical Gases

Hiilidioksidimarkkinan rakenne



■ Elintarvikelaatu ■ Teollisuus- ja muut laadut



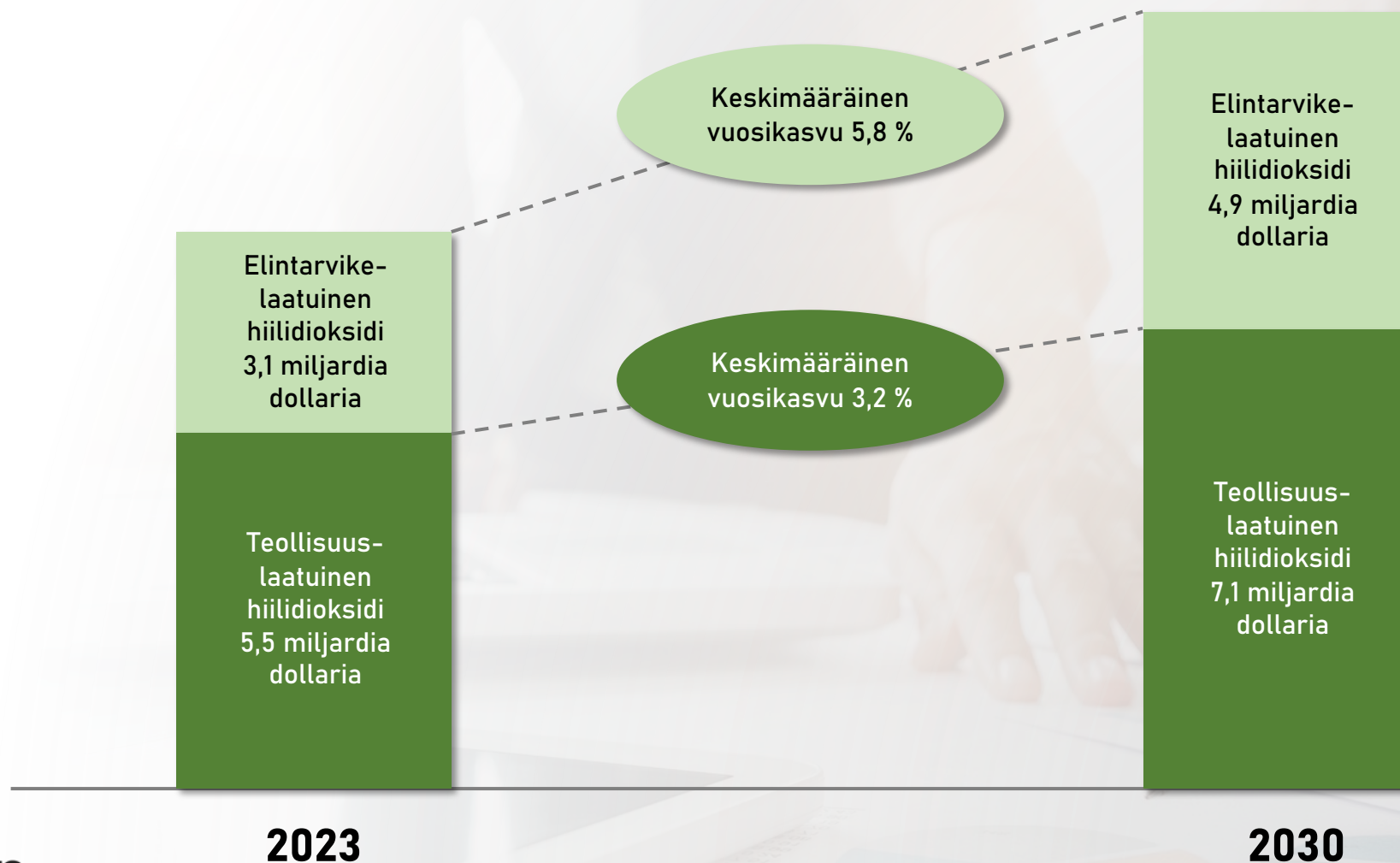
■ Pohjois-Amerikka ■ Eurooppa ■ Muu maailma

Hiilidioksidin maailmanmarkkina

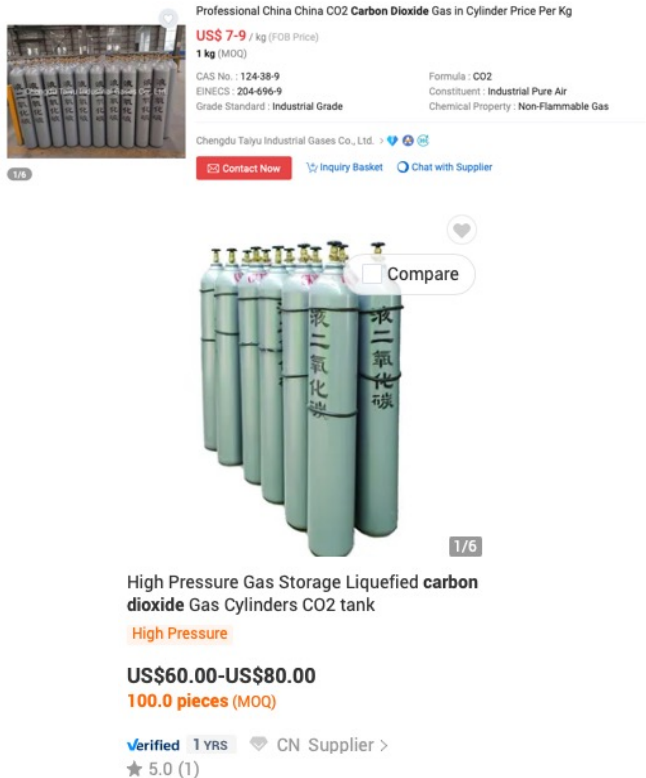
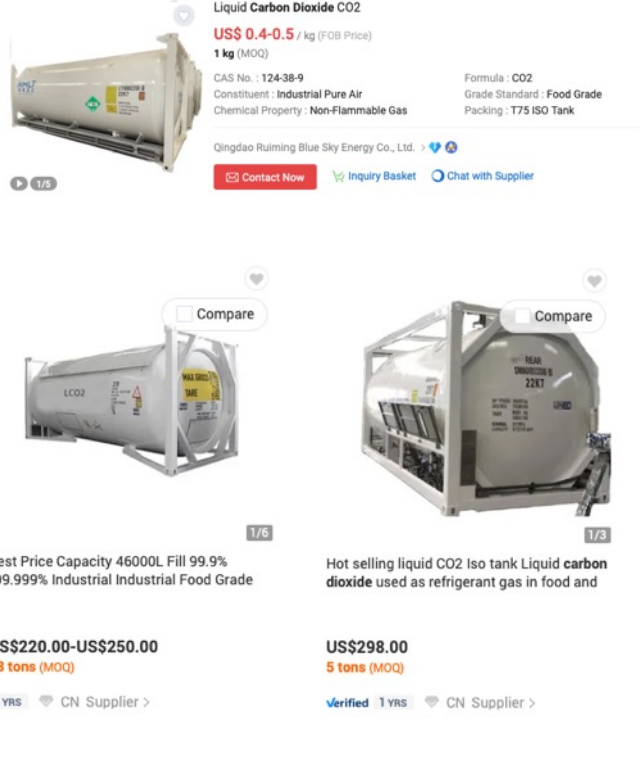
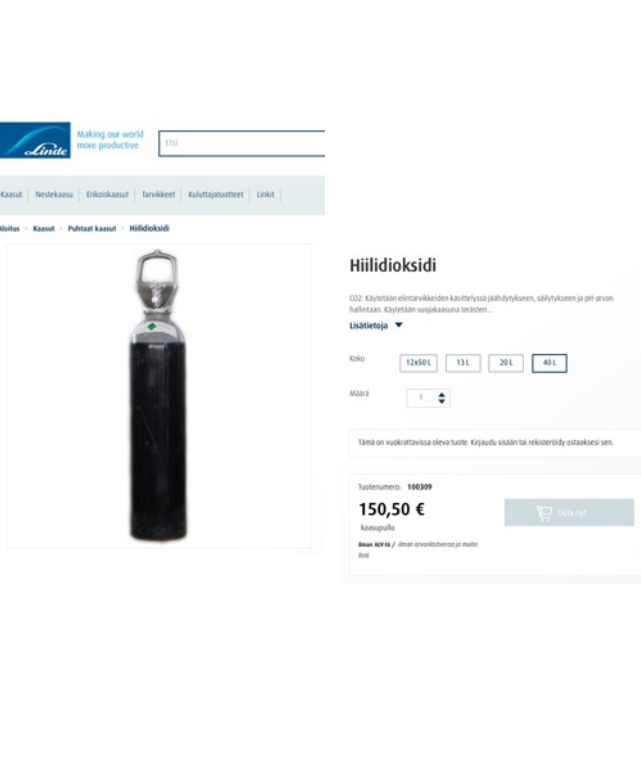
	Hiilidioksidin maailmanmarkkina, teollisuuslaatu	Hiilidioksidin maailmanmarkkina, elintarvikelaatu	Hiilidioksidin maailmanmarkkina, yhteensä	Vuosikasvuennuste (CAGR)
Tietolähde 1	6,8 mrd. USD (2020) 7,5 mrd. USD (2023)	3,6 mrd. USD (2020) 4,0 mrd. USD (2023)	10,4 mrd. USD (2020) 11,6 mrd. USD (2023)	3,6 % (2021–2028)
Tietolähde 2	5,2 mrd. USD (2021) 5,5 mrd. USD (2023)	2,8 mrd. USD (2021) 3,1 mrd. USD (2023)	8,0 mrd. USD (2021) 8,6 mrd. USD (2023)	5,8 % (2022–2030)
Tietolähde 3	5,3 mrd. USD (2023)	2,9 mrd. USD (2023)	8,2 mrd. USD (2023)	3,2 % (2023–2033)

Harmaat luvut ovat laskennallisia edellisen sivun tilaston perusteella.

Hiilidioksidin markkinaennuste



Hinnat

Hiilidioksidi, teollisuuslaatu, kaasupullot, Kiina	Hiilidioksidi, elintarvikelaatu, kemikaalikontti, Kiina	Hiilidioksidi, elintarvikelaatu, kaasupullot, Suomi
 <p>Professional China China CO2 Carbon Dioxide Gas in Cylinder Price Per Kg US\$ 7-9 / kg (FOB Price) 1 kg (MOQ) CAS No. : 124-38-9 EINECS : 204-696-9 Grade Standard : Industrial Grade Formula : CO2 Constituent : Industrial Pure Air Chemical Property : Non-Flammable Gas Chengdu Taiyu Industrial Gases Co., Ltd. > Contact Now Inquiry Basket Chat with Supplier</p> <p>High Pressure Gas Storage Liquefied carbon dioxide Gas Cylinders CO2 tank High Pressure US\$60.00-US\$80.00 100.0 pieces (MOQ) Verified 1 YRS CN Supplier > ★ 5.0 (1)</p>	 <p>Liquid Carbon Dioxide CO2 US\$ 0.4-0.5 / kg (FOB Price) 1 kg (MOQ) CAS No. : 124-38-9 Formula : CO2 Constituent : Industrial Pure Air Chemical Property : Non-Flammable Gas Grade Standard : Food Grade Packing : T75 ISO Tank Qingdao Ruiming Blue Sky Energy Co., Ltd. > Contact Now Inquiry Basket Chat with Supplier</p> <p>Best Price Capacity 46000L Fill 99.9% /99.999% Industrial Industrial Food Grade US\$220.00-US\$250.00 18 tons (MOQ) 1 YRS CN Supplier ></p> <p>Hot selling liquid CO2 Iso tank Liquid carbon dioxide used as refrigerant gas in food and US\$298.00 5 tons (MOQ) Verified 1 YRS CN Supplier ></p>	 <p>Hiilidioksidi CO2 Käytetään elintarvikelaatua käsitellessä jäähdytykseen, säilytykseen ja pih-eräen hallintaan. Käytetään myös kaasuna teollisuudessa... Lisätiloja > Koko: 12x50L 13L 20L 40L Määrä: 1 > Tämä on vuokrattavissa oleva tuote. Kijäudu sisään tai rekisteröidy ostaksesi sen. Tuotenumero: 100309 150,50 € kaasupullo Osta nyt Verified 1 YRS CN Supplier ></p>

Hinnat

	Hiilidioksidi, teollisuuslaatu, kaasupullot, Kiina	Hiilidioksidi, elintarvikelaatu, kemikaalikontti, Kiina	Hiilidioksidi, elintarvikelaatu, kaasupullot, Suomi
Olomuoto	Nestemäinen	Nestemäinen	Nestemäinen
Hinta \$/kg	8,00	0,50	-
Vaihtosuhte €/\$	1,09	1,09	-
Hinta €/kg	7,34	0,46	4,88
Tiheys g/l	771	771	771
Hinta €/l	5,66	0,35	3,76


Kiinan hintoja vastaavat hinnat Suomessa: Lisättävä rahti, tulli ja verot.
Suomen hinta ilmoitettu ilman arvonlisäveroa.

Hiilidioksidin kuljetus

- Hiilidioksidin kuljetus on verrattain kallista suhteessa kemikaalin arvoon
- Mahdollisia kuljetusmuotoja ovat tieliikenne, rautatiet, meriliikenne ja paineistetut putket, joista jälkimmäinen on kustannustehokkain, jos kysymys on suurista määristä; myös nesteytys meriliikennettä varten vaatii paljon energiaa
- Kuljetus on mahdollista kaasuna, nesteenä ja kiinteässä olomuodossa, joista jälkimmäinen vaatii eniten energiaa

Merkittäviä toimialauutisia

- Vuonna 2021 kiinalainen Guanggang Gas hankki Linde-konserniin kuuluneen Linde Carbon Dioxide Companyn, jonka päätoimipaikka on Iso-Britanniassa
- Vuonna 2021 alankomaiden hallitus myönsi kahden miljardin euron investointituen Royal Dutch Shellin and ExxonMobilin yhteenliittymän CCS-hankkeelle (Carbon Capture and Storage), joka toteutetaan Rotterdamin sataman kemikaalipuistoon

A photograph of a business meeting. In the foreground, a hand holds a pen over a document with a pie chart and bar graphs. A tablet and a laptop are also visible on the table. In the background, two people in business attire are looking at the laptop. The scene is brightly lit, possibly from a window, creating a professional and collaborative atmosphere.

Hiilidioksidin hyödyntäminen: Case Kaustinen

Biokaasun tuotannossa

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Kasvihuoneviljely

Kannuksen Kauppapuutarha, toimitusjohtaja Aleksi Hauhtonen:

- Hiilidioksidia kuluu vuodessa noin 200 tonnia, käyttäisivät enemmänkin, mutta hinta vaikuttaa paljon. Hiilidioksidi tulee nyt Kokkolasta.
- Tällä hetkellä maksaa n. 175 €/tonni sisältäen kuljetus/säiliömaksun (alv 0). Pelkkä hiilidioksidin raaka-ainehinta n.143 €/tonni. Talvella oli lisäksi erillinen kustannuslisä sähkön hinnan takia tähän päälle 80 €/tonni ja n. 6 euron polttoainekustannuslisä.
- Kiinnostunut asiasta, jos hinta saadaan järkeväksi.

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Kasvihuoneviljely

Österbackan puutarha, toimitusjohtaja Sune Österbacka, Teerijärvi:

- Hiilidioksidia kuluu vuodessa noin 100 tonnia.
- Hintataso nykyisin noin 135 €/tonni ja siihen muutama kymppi päälle kuljetus/säiliömaksua.
- Voidaan tarjota hiilidioksidia Kaustiselta.

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Kasvihuoneviljely

Nina Mustonen, Järvikylä/Famifarm Oy:

- Käytämme toki hiilidioksidia. Meidän pitää annostella hiilidioksidia, muuten tuottavuus laskee merkittävästi. Olemme kasvihuoneista Suomen suurimpia hiilidioksidin käyttäjiä. Reilu 1000 tonnia per vuosi on kulutuksemme kertaluokka.
- Hinnalla on vaikutus, mutta imagohyöty olisi vielä suurempi. Kiertotalous ja vastuullisuus kiinnostavat suuresti. Olemme kiinnostuneita käyttämään toisten tuottamaa hiilidioksidia. Koemme, että nykymarkkina on kuin monopoli. Hinta on noussut.
- Ottaisimme mielellään itsekin talteenottolaitteiston, sillä meillä on oma leijupetikattila (3 MW). Lisäksi varaöljypolttimet. Olemme tehneet pesurikokeiluja, mutta emme ole vielä onnistuneet.
- Talvella kaikki menee myyntiin, kesällä syntyy enemmän biojätettä. Kompostoimme biojätteen, mutta emme punnitse. Kompostin tuotos menee omille pelloille. Useampi kärryllinen biojätettä syntyy päivässä.

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Betoniteollisuus

Sakari Klemola, toimitusjohtaja, Klemolan Betoni Oy:

- Kiinnostunut kuulemaan lisää

Tapio Vehmas, toimitusjohtaja, Carbonaide Oy:

- Biokaasulaitos betonituotetehtaan vieressä olisi ideaali
- Nesteytetty hiilidioksidi kiinnostaa
- Tarve noin 3000-4000 tonnia hiilidioksidia vuodessa

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Betoniteollisuus

Hietalahti ja Pojat Oy:

- Asia tulee ajankohtaiseksi
- Pidetään jakelussa

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Panimoteollisuus

Kaj Kostander, toimitusjohtaja ja panimomestari, Tornion Panimo Oy:

- Mädätysperäinen hiilidioksidi ei sovellu käytännössä oluenvalmistukseen, sillä makuvirheet ovat todennäköisiä, vaikka hiilidioksidilla olisi korkea puhtausaste
- Lisäksi kyseessä voisi olla imagomielessä rasite, sillä tuotteita markkinoidaan puhtaus- ja turvallisuusnäkökulmilla

Muussa juomateollisuudessa hiilidioksidi voi silti olla käyttökelpoisia.

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Juomateollisuus

Finn Springin toimitusjohtaja Hannu Alihaapala ja Ilpo Wennström (biokaasuyhteistyössä Alihaapalan kanssa):

- Hiilidioksidin kulutus 1500 t/v
 - Lestijärven tehdas 700 t/v
 - Toholammen tehdas 800 t/v
- Maksettava hinta nykyisin 175 €/t
- Myös Finn Spring on kärsinyt hiilidioksidipulasta

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Elintarviketeollisuus

Profood Oy

- Hiilidioksidi on potentiaalinen suojaokaasu kuluttajapakkauksissa
- Kuivajää eli hiilihappojää kiinnostaa myös (kuivajään prosessi vaatii erillisen tarkastelun)

Euroopan olutpanimot kärsivät hiilidioksidipulasta – samaan aikaan CO2-päästöjä tuupataan taivaalle ympäri maailman

Hiilidioksidille povataan valtavaa markkinaa vetytaloudessa. CO2-talteenottoa kehitetään kiivaasti ympäri maailman.



Hiilidioksidia hyödynnetään yllättävän monessa arkisessa asiassa. Videolla kerrotaan niistä muutamia esimerkkejä. Video: Jarkko Riikonen, Yle

RIIKKA PENNANEN

20.2. 21:19

 Jaa

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Vedenkäsittely

Päivi Mannola, Owatec Group Oy:

- pH-säätöön voi käyttää hiilidioksidia periaatteessa; teknologia sallii. Multifaasipumpulla voi syöttää, sekoittuu hyvin.
- Kulutusta en osaa suoraan sanoa, mutta se riippuu vedestä (puskuri). Pitäisi testata pienillä multifaasipumpuillamme. Selvinnee kirjallisuudessa.
- Jos hiilidioksidi on ylijäämää esimerkiksi 100 euroa/tonni sisältäen kuljetuksen, kuulostaa, että hiilidioksidissa on potentiaalia pH-säädössä.
- Asiasta on puhuttu, mutta saatavuus on rajoittanut käytännön etenemistä.

Potentiaaliset Kaustisen hiilidioksidin hyödyntäjät: Keinolihan valmistus

Petri Tervasmäki, Solar Foods Oy:

- Biokaasupohjainen hiilidioksidi voisi tulla kyseeseen, jos laatu on oikeasti kunnossa.
- Jos valmistetaan sata tonnia jauhetta, menee tuplamäärä hiilidioksidia eli kaksi sataa tonnia. Jatkossa 50–100-kertainen laitos suunnitteilla.
- Hintaa vaikea kommentoida, mutta mahdollisimman halpaa.
- Ei tarvitse olla pulloitettu. Jos tuo kauempaa, pitää tuoda paineistettuna, mutta prosessimme ei vaadi paineistettua hiilidioksidia.

A professional business meeting scene. In the foreground, a hand in a white sleeve holds a black pen, pointing at a document with a pie chart and bar graphs. A tablet is also visible on the table. In the background, two people in business attire are looking at a laptop. The scene is lit with warm, natural light from a window.

Eurooppalaisia esimerkkeitä

Hilidioksidin talteenotto ja hyödyntäminen
biokaasun tuotannossa

Korskro, Tanska

- Korskron biokaasulaitos Tanskassa on ollut toiminnassa vuodesta 2019.
- Laitos käsittelee vuosittain noin 500 000 tonnia biomassaa, josta noin 75% on lantaa ja lietettä karjasta, sioista ja minkeistä.
- Laitos lisäsi äskettäin tuotantokapasiteettiaan ja lisäsi prosessiin hiilidioksidin talteenoton.
- Biometaanin tuotantokapasiteetti kasvoi 22 miljoonasta m³:sta (vuonna 2019) 49 miljoonaan m³:aan biometaania.
- Puhdistuksen jälkeen biogeenistä hiilidioksidia käytetään elintarviketeollisuudessa ja muussa käytössä.
- Vuosittain talteen otetaan ja hyödynnetään 16 250 tonnia biogeenistä hiilidioksidia, mikä vastaa 25% Tanskan hiilidioksidin kysynnästä.



Metha Treil, Ranska

- Metha Treil sijaitsee Loire-Atlantiquessa, läntisessä Ranskassa.
- Metha Treilissa yhdistää kolme maatilaa toimittaa raaka-aineita mädätykseen, ja vähintään yksi kahdesta puutarhurista käyttää hiilidioksidia kasvihuonekasvien kasvatukseen.
- Anaerobisen mädätyksen laitokseen kuuluu muun muassa kaksi 1 800 m³:n mädätysastiaa. Syötteinä käytetään karjan lantaa, säilörehua (katekasvit tai maissi) sekä vihannestuotannon sivutuotteita.
- Biometaanin puhdistus suoritetaan kalvosuodatustekniikalla. Biogeenisen hiilidioksidin talteenotto-prosessi kerää laihan kaasun puhdistusmoduulin ulostulosta ja erilaisten termodynaamisten ja fysikaalisten toimenpiteiden kautta erottaa hiilidioksidin nestemäisessä muodossa.
- Vuosituotanto on 1500 tonnia hiilidioksidia.
- Hiilidioksidi varastoidaan pystysuoraan säiliöön, ennen kuin se kuljetetaan kerran tai kaksi kertaa viikossa kasvihuoneisiin hyödynnettäväksi.



Revis Bioenergy, Saksa

- Revis Bioenergy toteuttaa täysin kierrätysperusteisen teollisen mittakaavan biokaasun, biogeenisen hiilidioksidin ja orgaanisen lannoitteen tuotantoyksikön Cloppenburgin kunnan alueella.
- Yksikön on tarkoitus tuottaa vuosittain noin 125 tonnia nestemäistä biokaasua, 178 tonnia kuivattua lannoitetta, 43 tonnia nestemäistä lannoitetta ja 596 000 tonnia puhdasta vettä. Lisäksi se tuottaa vuosittain 103 tonnia biogeenistä nestemäistä hiilidioksidia.
- Hyödyt ovat kaksinkertaiset - sekä taloudellisesti maanviljelijöille että yhteiskunnalle metaanipäästöjen vähentämisen kautta, mikä tuottaa merkittävän yhteiskunnallisen kasvihuonekaasujen säästön.
- Kyseessä on Euroopan ensimmäinen tämän mittakaavan toiminta, mikä tarjoaa hiilidioksidinegatiivista polttoainetta liikenteeseen tai hiilidioksidinegatiivista polttoainetta kotien lämmitykseen fossiilisten maakaasujen korvaajaksi.
- Yksikön on tarkoitus aloittaa kaupallinen tuotanto vuoden 2023 aikana.



Agricultural Cooperativa Speranza, Italia

- Agricultural Cooperativa Speranza sijaitsee Candiolo, Italiassa.
- Tällä hetkellä seitsemän tilaa on liittynyt osuuskuntaan, jolla on yli 2 000 hehtaarin yhteiskäyttöinen maa-alue, jota omistetaan ja hallitaan tilojen toimesta.
- Osuuskunta omistaa kaksi maatalouden biokaasulaitosta (rakennettu vuosina 2008 ja 2010), jotka saavat syöt jäsenien kaikista maatalouden sivutuotteista ja eläinten jätteistä (lanta ja liete) sekä joidenkin lähellä sijaitsevien ei-jäsenfarmien jätteistä.
- Nämä syöttöaineet käytetään uusiutuvan sähkön (myydään verkkoon), nesteytetyn biokaasun (bio-LNG), biogeenisen hiilidioksidin, mädätejäännöksen sekä lämmön tuottamiseen.
- Vuonna 2020 osuuskunta rakensi uuden biokaasulaitoksen, joka tuottaa 300 m³ biokaasua tunnissa.
- Kaasumainen biokaasu nesteytetään, ja kaikki puhdistusprosessissa syntyvä hiilidioksidi otetaan talteen.
- Hiilidioksidin tuotanto on 4 000 tonnia vuodessa.
- Hiilidioksidi myydään paikallisesti teollisuuskaasuja käsittelevälle yritykselle ja sekä mineraalivettä valmistavalle yritykselle.



Greenville Energy Ltd, Pohjois-Irlanti

- Greenville Energy Ltd on maatilapohjainen biokaasun tuotantoyritys, joka sijaitsee Pohjois-Irlannissa.
- Yritys aloitti anaerobisen mädätysprosessin vuonna 2012 muuntaakseen laajan valikoiman orgaanisia aineksia ja eläinperäisiä jätteitä uusiutuvaksi biokaasuksi.
- Vuonna 2018 Greenville Energy asensi maailman ensimmäisen bio-LNG-laitoksen, jossa raaka biokaasu jalostetaan biometaaniksi ja hiilidioksidiksi tuottaakseen uusiutuvaa nestemäistä maakaasua (bio-LNG) ja nestemäistä hiilidioksidia.
- Bio-LNG:ta käytetään sähkön ja lämmön tuottamiseen paikallisille yrityksille, joilla on suuri energiantarve.
- Nestemäinen hiilidioksidi (tuotanto 5 tonnia/päivä) jalostetaan kiinteäksi kuivajääksi teollisuuden käyttöön.
- Yrityksen jatkaessa kasvuaan kestävän ja päästöttömän lähestymistapansa mukaisesti se odottaa tulevaisuudessa tuottavansa bio-LNG:tä tieliikenteen polttoaineeksi ja käyttävänsä sitä omassa jäteajoneuvokalustossaan.



RENEVO, Norja

- RENEVO on projekti, joka toimii Stordin, Eldøyaneen, Länsi-Norjassa, ja siinä nesteytetään biokaasua kryogeenisen tuotantolaitoksen avulla.
- Tuotantolaitos hyödyntää lohen kalanjätteitä ja karjan lantaa syöttöaineena. Biokaasulaitoksen ulostulo tuottaa biokaasua, joka jalostetaan biometaaniksi ja biogeeniseksi hiilidioksidiksi.
- Kaasut nesteytetään ja varastoidaan erillisissä säiliöissä. Arvioitu biogeenisen hiilidioksidin tuotanto on 11 tonnia/päivä.
- Nesteytettyä biogeenistä hiilidioksidia myydään kaupallisiin käyttötarkoituksiin, kuten kuivajään tuotantoon.



The image features a blurred background of a road at sunset. The sky is a warm, golden-orange color, and the road surface is a dark, textured brown. The word "macon" is overlaid in the center of the image. The letters "m", "a", and "c" are in a vibrant green color, while the letters "o", "n", and "o" are in a solid black color. The text is in a clean, sans-serif font.

macon