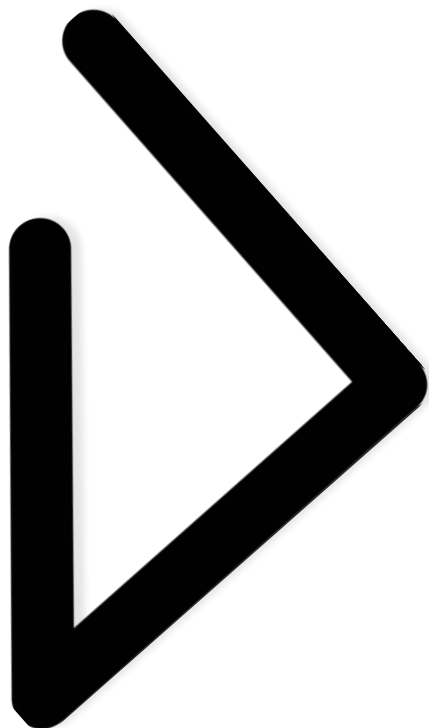


Selvitys Rauman investointiympäristön ja teollisen infrastruktuurin soveltuvuudesta vety- & P2X-arvoketjun investoinneille

Loppuraportti

5.3.2024





Vastuuvapauslauseke

Rejlers Finland Oy ("Rejlers") on laatinut tämän raportin Prizztech Oy:n ("Asiakas") käyttöön Rejlersin ja Asiakkaan välisen sopimuksen ehtoihin perustuen. Näin ollen Rejlersin vastuu raportista perustuu ja rajoittuu yksinomaan kyseisiin sopimusehtoihin. Raportin päivämääränä vallitsevaan parhaaseen tietämykseensä perustuen Rejlers on siinä käsityksessä, että tässä raportissa esitetyt tiedot ovat paikkansapitäviä, perusteltuja ja mainitun sopimuksen ehtojen mukaisia.

Asiakkaan tulisi käyttää omaa harkintaansa ja asiantuntemustaan hyödyntäessään tai tulkitessaan tätä raporttia tai siinä esitettyjä tietoja. Rejlers ei missään olosuhteissa vastaa mistään raporttiin tai siinä esitettyihin tietoihin tai arvioihin perustuvista tai niihin liittyvistä päätöksistä tai aiheutuneista vahingoista.

Kaikki esitetyt lausumat, pois lukien historiallisia tosiseikkoja koskevat lausumat, ovat tai niiden voidaan katsoa olevan tulevaisuutta koskevia lausumia. Tulevaisuutta koskevat lausumat kuvastavat tämänhetkiseen ymmärrykseen ja olettamuksiin perustuvia tulevaisuutta koskevia odotuksia. Tällaisiin lausumiin liittyy Rejlersin vaikutusvallan ulkopuolella olevia tiedossa olevia ja tuntemattomia riskejä ja epävarmuustekijöitä, joiden takia todelliset tapahtumat, lopputulokset tai kehitys saattavat poiketa olennaisesti näissä lausumissa ilmaisusta.

Tulevaisuutta koskevia lausumia ovat esimerkiksi mahdollisia teknologia- ja markkinariskejä koskevat lausumat sekä niihin liittyviä odotuksia, uskomuksia, arvioita, ennusteita, ennakoiteja ja olettamuksia koskevat lausumat. Useilla tekijöillä voi olla vaikutusta teknologian ja systeemitason kehitykseen, kaupallistamiseen ja markkinanäkymiin ja mikä tahansa näistä tekijöistä voisi aiheuttaa olennaisia poikkeamia siihen, mitä tässä raportissa olevissa tulevaisuutta koskevissa lausumissa on esitetty.

Rejlers ei anna minkäänlaisia takuita tässä raportissa esitettyjen tulevaisuutta koskevien lausumien osalta eikä ole miltään osin velvollinen tarkistamaan mitään tulevaisuutta koskevia lausumia mahdollisten uusien tietojen, tulevaisuuden tapahtumien tai muiden tietojen seurauksena.

Rejlers pidättää itsellään kaikki oikeudet (mukaan lukien tekijänoikeudet). Asiakkaalla sekä Rauman kaupungilla on oikeus hyödyntää raportin ja muun toimeksiannon aikana tuotetun materiaalin sisältöä sisäisessä toiminnassaan. Muut osapuolet eivät saa toisintaa mitään osaa tästä raportista missään muodossa tai millään keinoin ilman Rejlersin etukäteen antamaa kirjallista lupaa. Kaikki luvallinen käyttö ja toisintaminen edellyttää kaikkien tässä vastuuvapauslausekkeessa esitettyjen ehtojen ja rajoitusten jatkuvaa täyttymistä.

Sisältö

	Sivu
1. Tausta ja tavoite	<u>4</u>
2. Nykytilan kuvaus	<u>6</u>
3. P2X-tuotantokonseptit	<u>13</u>
4. Konseptien soveltuvuuden arviointi	<u>22</u>
5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi	<u>25</u>
6. Yhteenveto	<u>30</u>
7. Haastatellut tahot	<u>32</u>

1. Tausta ja tavoite

1. Tausta ja tavoite

Selvityksen tavoitteena on kuvata Rauman toimintaympäristön ja infrastruktuurin soveltuvuus vety- ja P2X-arvoketjun investoinneille

Rauman kaupungin tavoitteena on edistää kestävästä kasvua ja vihreää siirtymää sekä tunnistaa niihin liittyviä uusia liiketoiminta- ja investointimahdollisuuksia. Rauman seudun nähdään tarjoavan kilpailuetua vety- ja power-to-x (P2X) -arvoketjuun sekä sähkön varastointiratkaisuihin. Alueella on mm. ydinvoimala, suunnitteilla useita uusiutuvan energian hankkeita, vahva sähköjärjestelmä ja sekä hyvä sijainti rannikolla. Lisäksi Rauman alueella toimii yrityksiä, jotka tuottavat esim. biogeenistä hiilidioksidia tai pystyvät hyödyntämään prosessien sivuvirtoja ja lämpöä. Nämä ominaispiirteet luovat edellytykset alueellisen vetytalouden muodostumiselle.

Tässä raportissa

- kuvataan ylätasolla vety- ja P2X-tuotantolaitosten prosessit ja laitosten sijoittumiseen liittyvät oleellisten reunaehdot,
- kuvataan alustavasti vety- ja P2X-raaka-aineiden tarjonta sekä loppu- ja sivutuotteiden kysyntä Rauman seudulla,
- analysoidaan P2X-tuotantokonsepteja kahdessa eri kokoluokassa ja kolmessa eri sijoitusvaihtoehdossa: Lakarin Yrityspuistossa, Järviluodon sataman alueella sekä metsäteollisuusalueella,
- esitetään yhteenveto Rauman kaupungin investointiympäristön keskeisistä eduista/vahvuuksista valituissa P2X-konsepteissa ja sijaintivaihtoehdoissa sekä nostetaan esiin keskeiset alueelliset kehittämistarpeet.

Selvitys on laadittu Prizztechin ”Kuntien valmiuksien kehittäminen vihreän siirtymän investoinneissa” -hankkeessa, joka toteutetaan Satakuntaliiton myöntämällä Alueelliset innovaatiot ja kokeilut (AIKO) -rahoituksella. Selvityksen on toteuttanut Rejlers Finland Oy. Selvitystyön ohjauksesta vastasivat tilaaja Prizztech Oy:n lisäksi edustajat Rauman kaupungilta, Rauman Energialta, UPM:ltä sekä Ilmattarelta. Selvityksen lähtötietoina käytettiin julkisesti saatavilla olevia aineistoja sekä haastatteluja. Selvitys toteutettiin joulukuun 2023 ja helmikuun 2024 välisenä aikana.



2. Nykytilan kuvaus

2. Nykytilan kuvaus

Rauman monipuolinen teollinen toiminta mahdollistaa synergiahyötyjen syntymisen ja luo tätä kautta hyvän investointiympäristön

Rauma on eteläisessä Satakunnassa Pohjanlahden rannalla sijaitseva vajaan 39 000 asukkaan kaupunki, jossa on laajaa teollisuustoimintaa. Rauma on Suomen kolmanneksi vanhin kaupunki, jossa on kahden maailmanperintökohteen ja merellisen ympäristön lisäksi paljon vireää teollisuutta tiiviillä kaupunkialueella.

Raumalla toimivia suurimpia työnantajia ovat mm. HKScan Oyj, Oras Oy, Kongsberg Maritime Finland Oy ja UPM Communication Papers. Sijainti Pohjanlahden rannikolla, valtateiden 8 ja 12 risteyksessä sekä tavaraliikenteen ratayhteyden päässä tarkoittaa Raumalla hyviä kulkuyhteyksiä sekä Itämerelle meriteitse että Pohjanmaalle, Pirkanmaalle ja Varsinais-Suomeen sisämaan reittejä pitkin.

Rauman teollisuusyritysten toiminta kattaa monet alat ruuantuotannosta meriteollisuuteen. Vahva teollisuustoiminta luo hyvät edellytykset myös vihreän siirtymän investoinneille. Raumalla jo toimivat yritykset kytkeytyvät vahvasti myös vetytalouden tarpeisiin ja mahdollisuuksiin, kuten esimerkiksi biogeenisen hiilidioksidin tuotantoon, merikuljetusten fasilitointiin ja vedyntuotannon sivuvirtojen hyödyntämiseen.



Lähteet: Rauma.fi, [Rauma Cleantech](http://RaumaCleantech)

2. Nykytilan kuvaus

Raumalla vihreää siirtymää tuetaan jo monin hankkein, joissa myös vetytaloudella voisi olla merkittävä rooli

Rauman kaupungin merkittävin energiantuotannon keskittymä on nykyisin UPM:n, Metsä Fibren ja Forchemin muodostama metsäteollisuuden alue. Rauman lähellä Eurajoella sijaitsee myös Olkiluodon ydinvoimala, joka on Suomen suurin sähköntuotantolaitos. Rauman suurimpia vahvuuksia vetytalouden potentiaalisena alueena on sataman logistiset mahdollisuudet sekä sähkön kantaverkon läheisyys etenkin Lakarin alueella. Tämän lisäksi Rauman metsäteollisuusyriykset tuottavat runsaasti biogeenistä hiilidioksidia, joka talteenotettuna voisi kattaa suurenkin Power-to-X-tuotantolaitoksen CO₂-tarpeen.

Uutta teollisuutta tukevista kaavoitushankkeista merkittävimmät ovat Lakarin yrityspuisto laajennusosineen, sekä sataman alueen Järviluodon laajennushanke. Näissä ja metsäteollisuuden alueella voidaan tunnistaa suuri potentiaali myös vihreän siirtymän hankkeille, kuten esimerkiksi vetytalouden tuotantolaitoksille. Tässä selvityksessä tarkastellaankin etenkin Lakarin, Järviluodon satama-alueen sekä metsäteollisuusalueen potentiaalia vetylaitoksen sijoittumiselle.

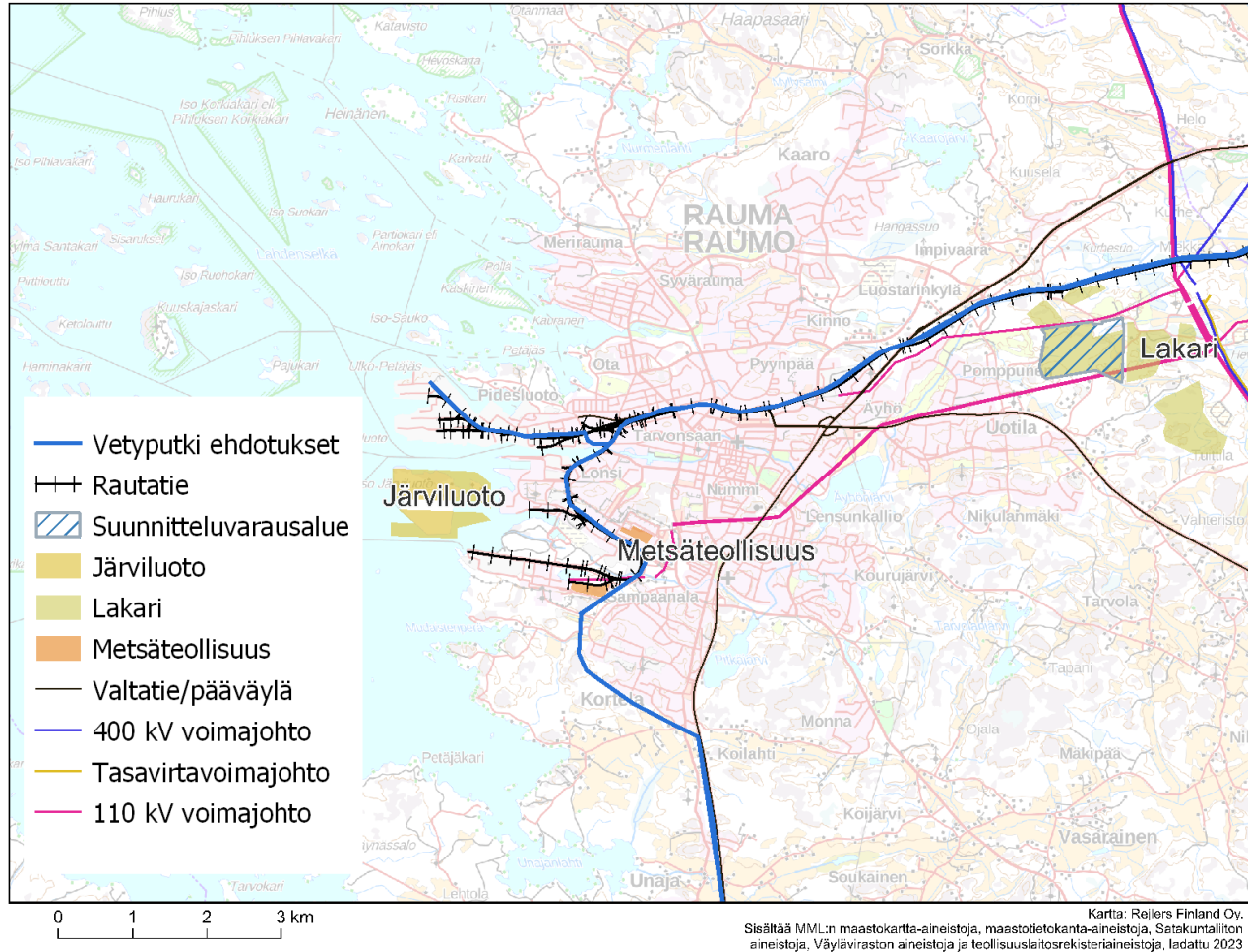
Rauman alueella on jo useita vihreään siirtymään kytkeytyviä hankkeita kehitteillä ja rakenteilla. Lakariin valmistuu vuoden 2024 aikana CPC Finlandin aurinkovoimalahanke, ja sen lisäksi Rauman lähistöllä on meneillään muita aurinko- ja tuulivoimaloiden suunnitteluhankkeita, kuten Satakunnan edustalle sijoittuva Eoluksen 2000 megawatin Wellamo-merituulivoimalahanke. Näiden suunnitelmien lisäksi Raumalle on julkistettu hankesuunnitelmia myös mm. akkuihin perustuvan energiavaraston ja datakeskuksen osalta. Vetytalouden ratkaisut tarjoavat nykyisten hankkeiden rinnalle mahdollisuuden jalostaa uusiutuvasta energiasta teollisuuden raaka-aineita ja sähköisiä polttoaineita.



Lähteet: [Rauma.fi](https://www.rauma.fi), [Rauma Cleantech](https://www.raumacleantech.fi), [Wellamo-hanke](https://www.wellamo.fi), [Kiinteistöuutiset](https://www.kiinteistouutiset.fi), [Satakunnan Kansa](https://www.satakunnankansan.fi), [Fortum](https://www.fortum.fi), [UPM](https://www.upm.com)

2. Nykytilan kuvaus

Rauman seudulla on potentiaalisia vedyn tuotantoalueita ja hyvät logistiset yhteydet



Selvityksessä on tarkasteltu tarkemmin kolmea aluetta:

1. Järviuodon satama-alueita,
2. metsäteollisuusaluetta, sekä
3. Lakarin yrityspuistoa.

Kaikki alueista ovat alustavan vetyputkilinjauksen* läheisyydessä ja niillä on logistisia edellytyksiä sekä teollisuutta lähellä.

Metsäteollisuusalueen ja Järviuodon sataman läheisyydessä on mm. Metsäteollisuuden tuotantolaitoksia ja Lakarin pohjoispuolella sijaitsee HKScanin tehdas.

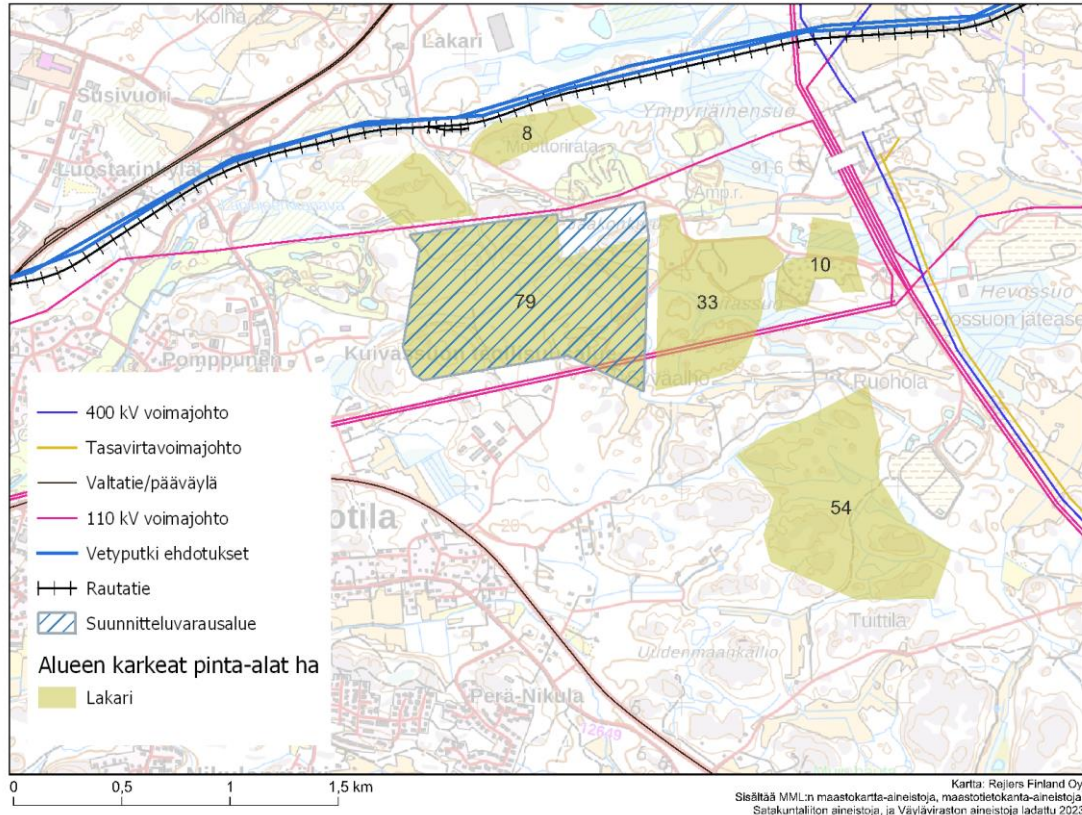
Suunnitteluvarausalue viittaa Fortumin mahdollisen datakeskusinvestoinnin sijoittumiseen.

Varsinkin Lakarin osalta keskustelu uusista suunnitteluvarauksista on Raumalla erittäin aktiivista, minkä vuoksi näkymä vapaista alueista vetytalouden ratkaisujen konseptointiin voi muuttua nopeasti.

*) Energiakaasuputken linjaus Satakunnassa -selvitys on laadittu Prizztech Oy:n Satakunnan kaasu- ja vetytaloussuunnitelma 2030 -hankkeessa (AKKE). Selvityksen on laatinut Ramboll Finland Oy vuonna 2023.

2. Nykytilan kuvaus

Lakarin yrityspuisto sijaitsee Rauman itäpuolella ja siellä on hyvät edellytykset vedyntuotantoalueeksi



Lakarin alue on suurelta osin rakentumatonta ja varattu yleiskaavassa teollisuuskäyttöön ja osin T/Kem* käyttöön. Koska nykyinen yleiskaava ei ohjaa alueelle asutusta tai muuta kilpailevaa maankäyttöä, alueen kaavoittamiselle vetyyn sopiville merkinnöille on hyvät edellytykset. Oheisessa kartassa on alueita, jotka saattavat sopia vedyntuotantoon. Aluerajaukset ovat karkeita ja alustavia ja perustuvat yleiskaavan tilanteeseen.

Alueella on käynnissä taustaselvityksiä, jotka voivat vaikuttaa tarkempaan tonttijakoon ja infrasuunnitelmiin, alueiden sisäisiin ympäristökohteisiin sekä merkintöihin. Alueella vaikuttaisi olevan useita potentiaalisia sijainteja vetyperusteiseen tuotantoon, joita on mahdollista selkeyttää asemakaavoituksella. Alueen rakennettavuudesta on myös kerätty taustatietoa yleiskaavoituksen yhteydessä.

Lähellä on mm. HKScanin tehdas sekä rakenteilla oleva aurinkovoimapuisto. Etäisyys sähköverkkoon on kohtuullinen ja sähkönsiirron kannalta sijainti on kiinnostava. Olkiluodon ydinvoimala tuottaa runsaasti sähköä, jolle ei ole alueella vastaavaa kulutusta. Oletettavasti voimajohtoyhteys olisi toteutettavissa ilman merkittävää vaikutusta asutukseen.

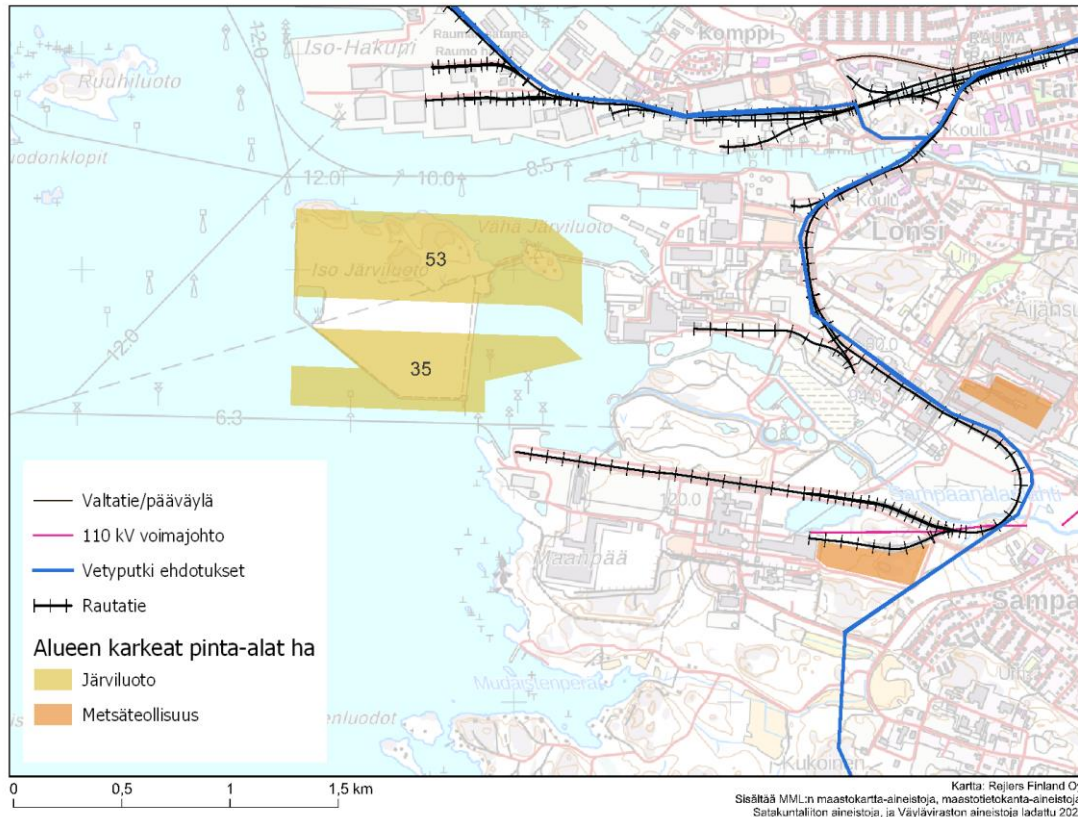
Alueella on nykyisin keskimääräistä parempi vesi-infra ja vesiputkilinjauksia alueen läheisyydessä, joskin suunnitelmat tarkentunevat vielä. Yleiskaavassa on lisäksi varaus ratapihalle ja alueen poikki menee rautatieyhteys. Vetyputkilinjaus halkoo aluetta alustavasti lähellä rautatietä, sen pohjoispuolella.

Osalla potentiaalisesta alueesta on Fortumin datakeskuksen suunnitteluvarausalue.

*) T/Kem = teollisuus- tai varastorakennusten alue, jolle saa sijoittaa merkittävän, vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen

2. Nykytilan kuvaus

Järviluodon satamaan tukeutuvalla alueella on erinomaiset vientimahdollisuudet vedyn jatkojalosteille



Alueella on Järviluodon asemakaavan muutosprosessi käynnissä ja asemakaavaluonnoksen perusteella alueelle luodaan merkittävästi uutta rakennustilaa teollisuuden ja kemianteollisuuden käyttöön. Ehdotuksen kaava-alueesta lähes 90 hehtaaria olisi varustettu vetypohjaisen tuotannon kannalta potentiaalisilla TIs/Kem* ja TIs/Kem1** merkinnöillä (alueet kokonaisuudessaan näkyvät karkeasti kartalla). Merkinnät voivat tarkentua prosessin ja selvitysten myötä. Alueen ympärille on kaavailtu alueita satamatoiminnoille.

Alueella on hyvät logistiset lähtökohdat tie- ja ratavarauksen sekä satamatoimintojen myötä, jolloin vientimahdollisuudet lopputuotteille ovat hyvät. Alueelle on tehty myös sataman yleissuunnitelma.

Alustava vetyputkilinjaus on verrattain lähellä. Vetytalouden kannalta alueella on potentiaalisia synergioita merituulivoiman kanssa. Voimajohtoyhteyksien toteutumista mantereen suuntaan hankaloittaa tiheästi rakennettu kaupunkialue ja myös vesi-infra pitää rakentaa uutena.

Satama sijaitsee linnuntietä n. 1,5-2 km päässä metsäteollisuuden keskittymästä, jossa on hiilidioksidin lähde ja vähäisessä määrin tarvetta hapelle.

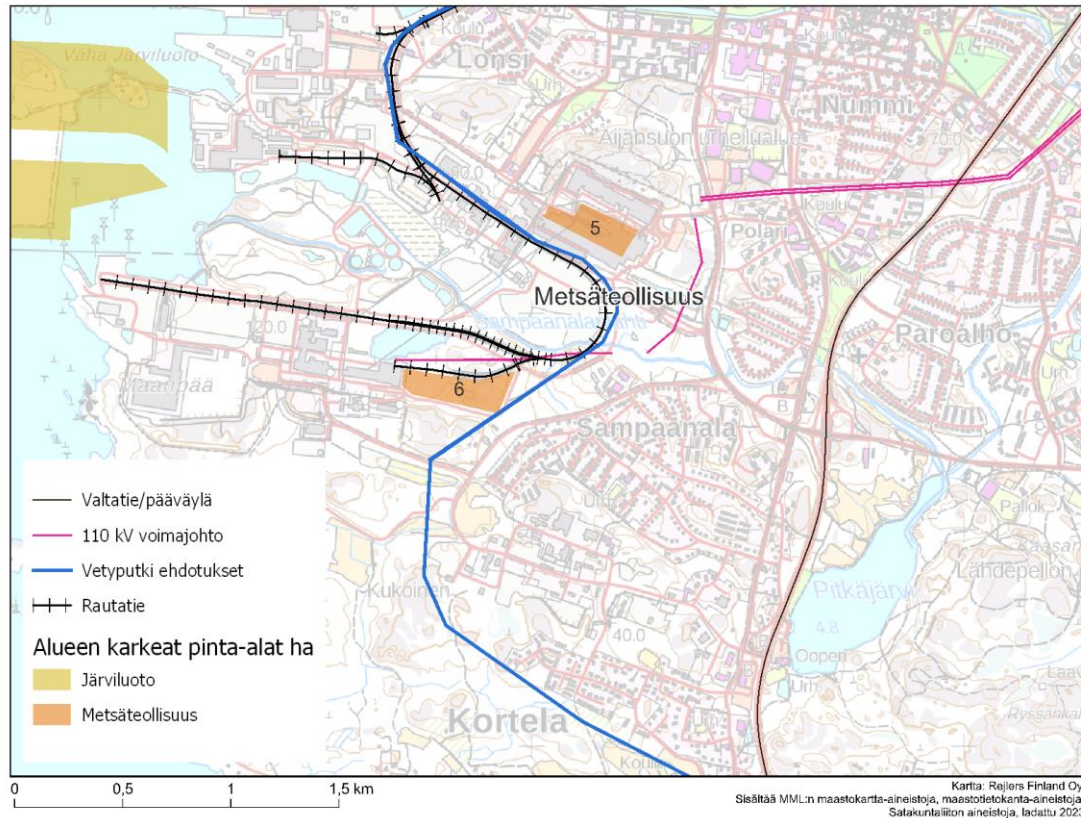
Toistaiseksi alue on rakentumaton ja rakentuminen edellyttää myös maantäyttöjä.

*) TIs/Kem = teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue, jolle saa sijoittaa satamatoimintaan liittyviä rakennuksia ja laitteita. Alueelle saa sijoittaa merkittäviä vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia.

**) TIs/Kem1 = Teollisuus- ja varastorakennusten korttelialue, jolle saa sijoittaa satamatoimintaan liittyviä rakennuksia ja laitteita. Alueelle saa sijoittaa merkittäviä vaarallisia kemikaaleja valmistavia tai varastoivia laitoksia. Sijoittamisessa tulee erityisesti huomioida, että lähellä olevat ympäröivien alueiden työpaikka- ja asutustoiminnot eivät vaarannu. Toiminnanharjoittajan tulee esittää perusteltu arvio mahdollisten kemikaalionnettomuuksien vaikutuksista ympäröiville alueille myös silloin, kun toiminta on vähäistä tai toimivaltainen viranomaisen ei edellytä arviota. Arviosta pyydetään pelastustoimen ja/tai Tukesin arvio.

2. Nykytilan kuvaus

Metsäteollisuusalueella on vahvat teolliset synergiaedut vetytalouden kanssa



Rauman metsäteollisuuden keskittymä kattaa UPM Communication Papers Oy:n, Metsä Fibre Oy:n ja Forchem Oy:n tehdasalueet. Tehtaiden toiminnalla on selkeitä synergiaetuja vedyn ja etenkin vetyjohdannaisien tuotannossa. Suurin etu alueella olisi biogeenisen hiilidioksidin talteenottopotentialiaali Metsä Fibren soodakattilalta ja Rauman Biovoiman voimalaitokselta.

Tehtaat tarvitsevat kemiallisesti puhdistettua vettä kuten elektrolyyseritkin, joskin varsinainen demineralisointikapasiteetti keskisuuren kokoluokan vedyntuotantoon pitäisi varmistaa vielä tarkemmin. Rauma Fibren tehdas on yliomavarainen sähkön suhteen. Rauman Biovoiman voimalaitos UPM:n tehdasalueella tuottaa myös sähköä. Näiden lisäksi tehtaille tulevat kartassa näkyvät omat 110 kV verkkolinjat, joiden avulla voitaneen kattaa keskikokoisen vetylaitoksen tarpeet. Lisäksi alueella käytetään tehdasprosesseissa happea, joka voitaisiin saada elektrolyyserin sivuvirtana. Gasgridin vetyputkilinjauksen alustava ehdotus kulkee myös metsäteollisuusaluetta sivuten. Logistisia mahdollisuuksia parantaa hyvä rautatieyhteys tehdasalueelta.

Alueen haasteena nähdään tilamahdollisuudet. UPM:llä on vapautunutta tilaa paperikonesalissa ja Metsä Fibren kiinteistöllä on joitain hehtaareja rakentamatonta alaa, mutta näiden alueiden potentiaalia rajoittavat yhtiöiden omat kehitysvaraukset sekä vanhojen rakennusten hyödynnettävyyden epävarmuus uusissa vety- ja P2X-laitoksissa, joissa turvallisuuskulmat ovat hyvin erilaiset paperintuotantoon verrattuna.

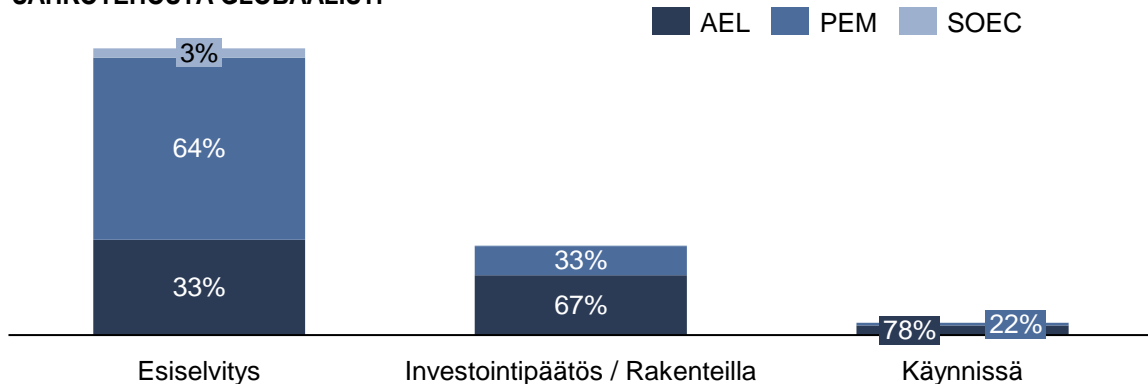
3. P2X-tuotantokonseptit

3. P2X-tuotantokonseptit: yleistä elektrolyysereistä

Puhtaan vedyn tuotantoon on monia vaihtoehtoja käytössä ja kehitteillä – elektrolyysarit ovat tällä hetkellä kaupallisesti kypsä teknologia

- Sähkökemialliset teknologiat kuten elektrolyysarit mahdollistavat hiilettömän vedyn tuotannon. Muitakin vaihtoehtoja on kehitteillä, kuten esimerkiksi maakaasun pyrolyysierotus vedyksi ja hiileksi, mutta tässä selvityksessä arvioidaan vain elektrolyysereitä, niiden ollessa kaupallisesti kypsä tuotantomuoto.
- Elektrolyysereissä on kolme hallitsevaa tekniikkaa, joista alkalikemio (AEL) on kehittyneintä. Protoninvaihtomembraanielektrolyysarit (PEM) on myös nosteessa etenkin uusien hankkeiden esiselvityksissä (ks. Kuva 1). Parhaan hyötysuhteen kiinteäoksidikemion (SOEC) kaupallinen valmius ei yllä vielä AEL:n ja PEM:n tasolle.
- Tuotantokonsepteja ajatellen AEL:n ja PEM:n hyötysuhteet ja käyttöhyödykkeiden tarpeet ovat melko samanlaiset, mutta niiden edut ja haitat vaihtelevat, kuten Taulukosta 1 nähdään.

KUVA 1. TEKNOLOGIOIDEN MARKKINAOSUUDET TARKASTELTUJEN ELEKTROLYYSERIEEN SÄHKÖTEHOSTA GLOBAALISTI



Lähteet: IEA Hydrogen Projects Database, IRENA Global Hydrogen Review 2023

TAULUKKO 1. ELEKTROLYYSERITYYPPIEN VERTAILUA

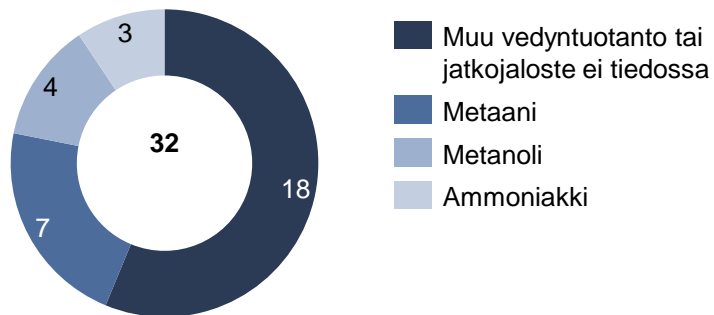
	AEL	PEM	SOEC
+	<ul style="list-style-type: none"> Teknisesti kypsä ratkaisu Ei vaadi kalliita jalometalleja Soveltuva suureen kokoluokkaan Pisin arvioitu elinikä 	<ul style="list-style-type: none"> Joustava tuotantomuoto; toimintakykyinen myös katkonaisemmalla sähkösaannilla Soveltuva suureen kokoluokkaan Vaatii vähiten tilaa Puhdas tuotekaasu Jos jalometallit pystytään korvaamaan muilla materiaaleilla, investointikustannukset tulevat laskemaan 	<ul style="list-style-type: none"> Puhdas tuotekaasu Joustava polttoaineiden osalta (vety, metaani) Korkea hyötysuhde
-	<ul style="list-style-type: none"> Vaatii jatkuvan sähkösaannin Vaatii enemmän tuotantoa tukevia teknisiä järjestelmiä kuin muut elektrolyysarit Korrosoiva elektrolyysi Tuotekaasu vaatii lisäpuhdistusta 	<ul style="list-style-type: none"> Katalyyttimateriaalit kalliita, mistä johtuen koko ratkaisu on kallis 	<ul style="list-style-type: none"> Toistaiseksi pienen kokoluokan ratkaisu Vaatii lämmönlähteen Ei vielä kaupallinen Korkea käyttölämpötila ja siitä johtuvat haasteet materiaalikestävyydelle Pitkä käynnistysaika

3. P2X-tuotantokonseptit: yleistä vedyn jatkojalosteista

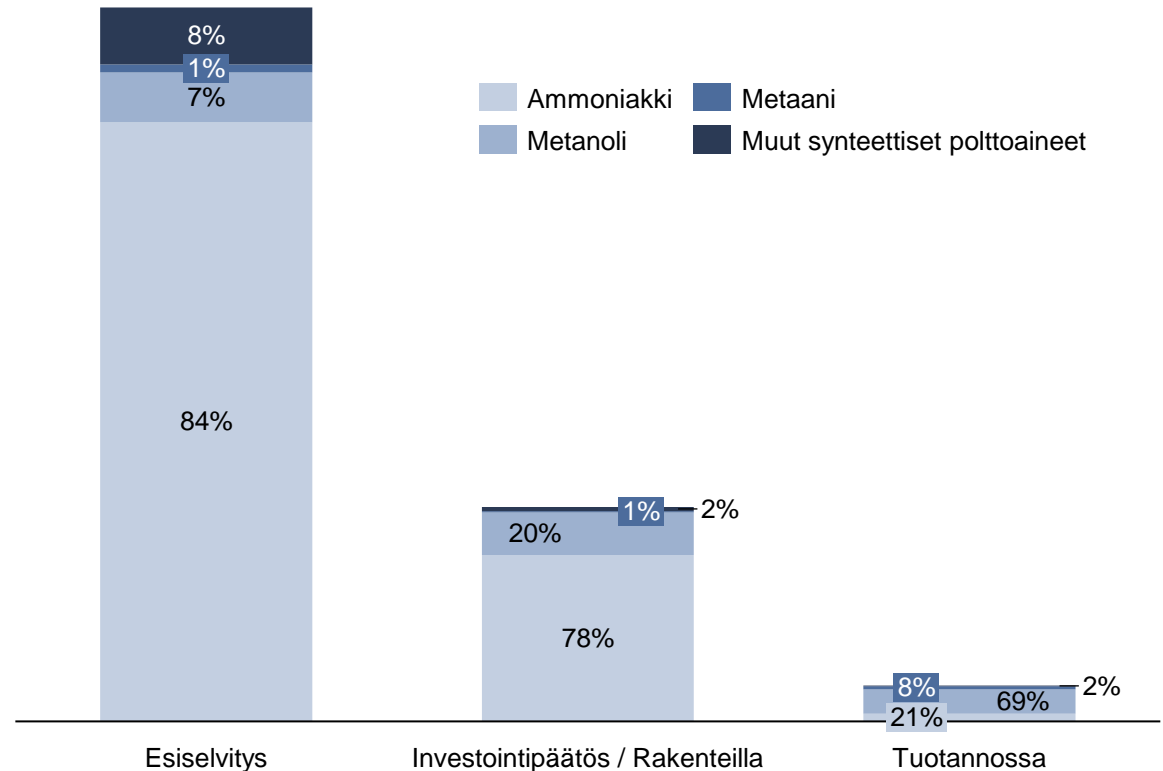
Vedystä voidaan jatkojalostaa monipuolisia tuotteita, joita voidaan käyttää teollisuudessa, liikenteessä ja energiantuotannossa

- Tuotettu vety voidaan jatkojalostaa synteettiseksi metaaniksi tai metanoliksi hiilidioksidin avulla hydrogenointiprosessissa, tai synteettiseksi ammoniakiksi typen avulla Haber-Bosch –synteesisissä.
- Metaanin ja metanolin syntetisointi vaatii prosessisyötteeksi biogeenistä (tai suoraan ilmasta talteenotettua) hiilidioksidia, jotta lopputuotteen käyttö polttoaineena olisi hiilineutraalia.
- Suomessa julkistetuissa vetyhankkeissa korostuu synteettinen metaani yleisimpänä P2X-tuotteena (ks. Kuva 2). Maailmanlaajuisesti toteutuspäätöksen saaneissa ja jo operatiivisissa demoprojekteissa metanoli ja ammoniakki ovat kuitenkin suuremmassa roolissa vetyjohdannaisia tarkastellessa (ks. Kuva 3).

KUVA 2. VETYHANKKEIDEN JULKISTETUT TEKNOLOGIASUUNNITELMAT SUOMESSA



KUVA 3. TEKNOLOGIOIDEN MARKKINAOSUUDET GLOBAALISTI SÄHKÖTEHOLLA MITATTUNA

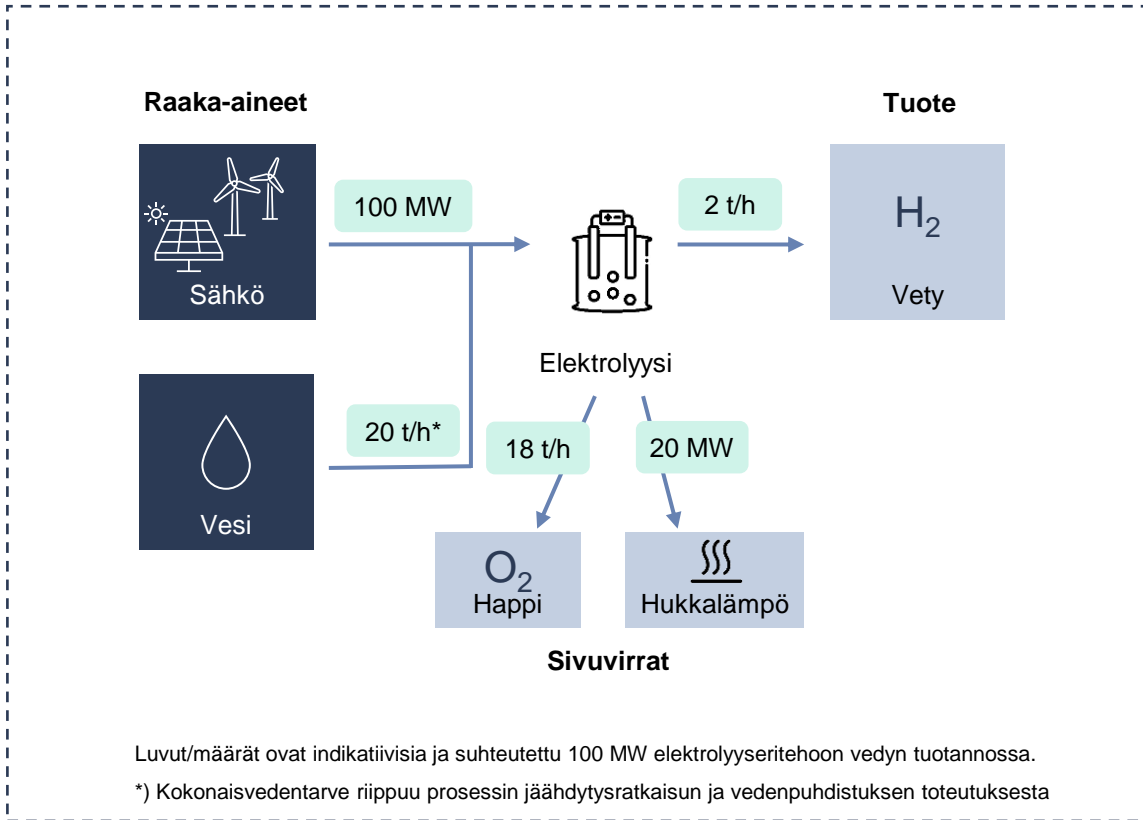


Lähteet: [IEA Hydrogen Projects Database](#), [IEA Global Hydrogen Review 2023](#), [EK Suomen vihreät investoinnit](#)

3. P2X-tuotantokonseptit: vety

Vedyn tuotanto elektrolyysillä vaatii sähköä ja vettä ja tuottaa vedyn lisäksi hukkalämpöä ja happea

KUVA 4. VEDYN TUOTANTO ELEKTROLYYSILLÄ



TIETOA TEKNOLOGIASTA

- Elektrolyysissä sähkövirta hajottaa veden katalyytin avulla vedyksi ja hapeksi. Happea muodostuu huomattavasti vetyä enemmän. Lämpötila-alueena on n. 50-90 °C (AEL, PEM) tai 700-850 °C (SOEC) ja painetasona 1-70 bar laitteistotyypistä riippuen.
- Prosessin nopeuttamiseksi vaaditaan teoreettista virrantarvetta suurempi ylivirta, joka yhdessä muun lämpenemisen kanssa tuottaa talteenotettavaa hukkalämpöä.
- Sähkön lisäksi elektrolyysi tarvitsee erittäin puhdasta vettä vedyn ja hapen erotusreaktioon sekä jäähdytysvettä optimaalisen prosessiolosuhteen ylläpitoon.

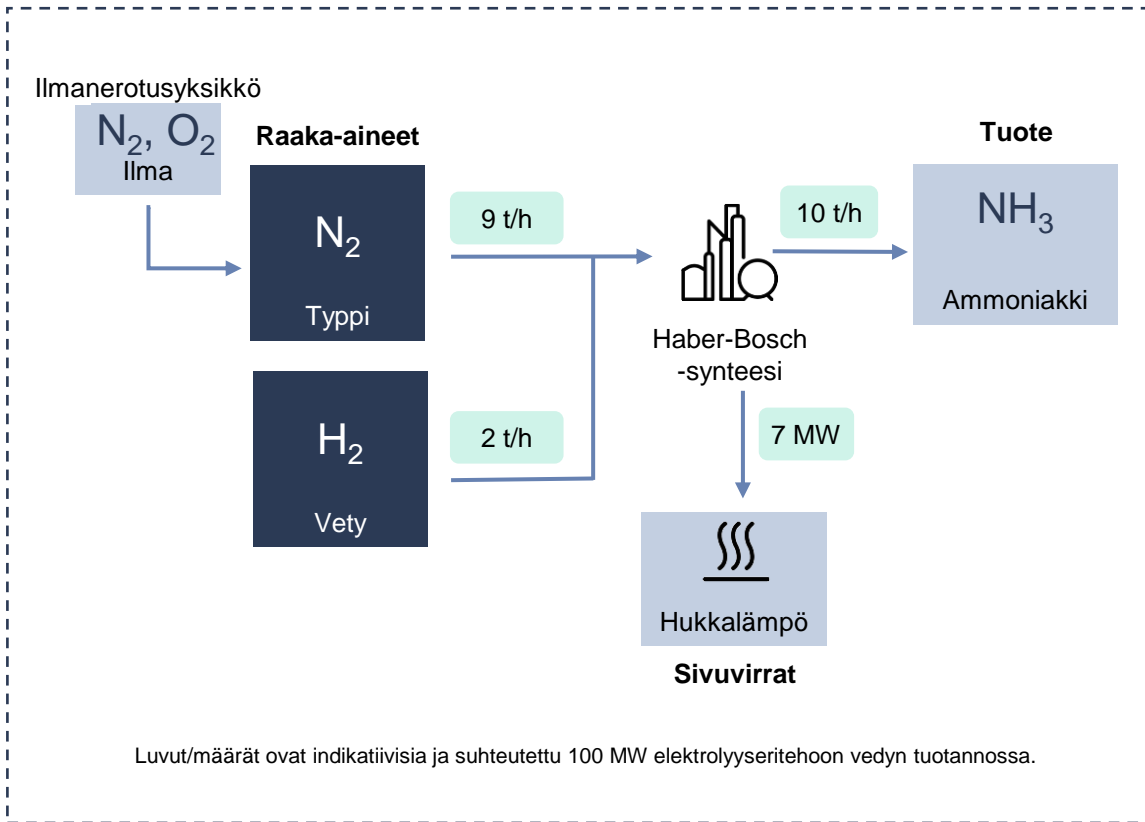
Edut	Yksinkertainen tuotantoprosessi verrattuna jatkojalosteisiin
Heikkoudet	Alhainen energiatiheys ja turvallisuusriskit, varastointi- ja logistiikkahaasteet, rajalliset suuren kokoluokan käyttökohteet Rauman alueella ilman jatkojalostusta
Merkittävin kustannustekijä	Sähköenergian hinta
Potentiaaliset käyttökohteet	Teolliset prosessit, hiiletön terästuotanto, jatkojalostus, raskas liikenne, työkoneet
Muuta	Sähkönsaannin järjestäminen on elektrolyyseriprosessin kulmakivi

Lähteet: IEA Global Hydrogen Review 2023, IRENA Green Hydrogen Cost Reduction 2020

3. P2X-tuotantokonseptit: synteettinen ammoniakki

Ammoniakki tarjoaa väylän hiilettömiin P2X-arvoketjuihin sen raaka-aineiden sisältäessä vain vetyä ja ilmaa

KUVA 5. AMMONIAKIN TUOTANTO HABER-BOSCH -SYNTEESILLÄ



TIETOA TEKNOLOGIASTA

- Ammoniakkia voidaan jatkojalostaa vihreästä vedystä Haber-Bosch –synteesiprosessissa hyödyntämällä ilmasta erotettua typpeä. Tyypillinen reaktion lämpötila on 400-650 °C ja paine 100-400 bar.
- Haber-Bosch –prosessia on kehitetty jo yli sadan vuoden ajan. Prosessin muunnos fossiilisista raaka-aineista kestävämpään ratkaisuun lisää sähkönkäyttöä, mutta alentaa merkittävästi ammoniakkin tuotannon hiilidioksidipäästöjä.

Edut

Vihreän ammoniakkin arvoketju ei vaadi hiiltä ja Haber-Bosch-prosessi ammoniakkin tuottamiseksi on kypsää tekniikkaa

Heikkoudet

Turvallisuus- ja ympäristöhaasteet: ammoniakki on myrkyllinen ja korrosoiva kaasu, ammoniakkipohjaiset yhdisteet ovat vesiliukoisia ja aiheuttavat ympäristöriskin pohjavesiin ja vesieliöille

Merkittävin kustannustekijä

Vedyn tuotantokustannus

Potentiaaliset käyttökohteet

Typpilannoitteet, laivaliikenteen polttoaine, teolliset käyttökohteet (muovit, räjähteet, synteettiset kuidut)

Muuta

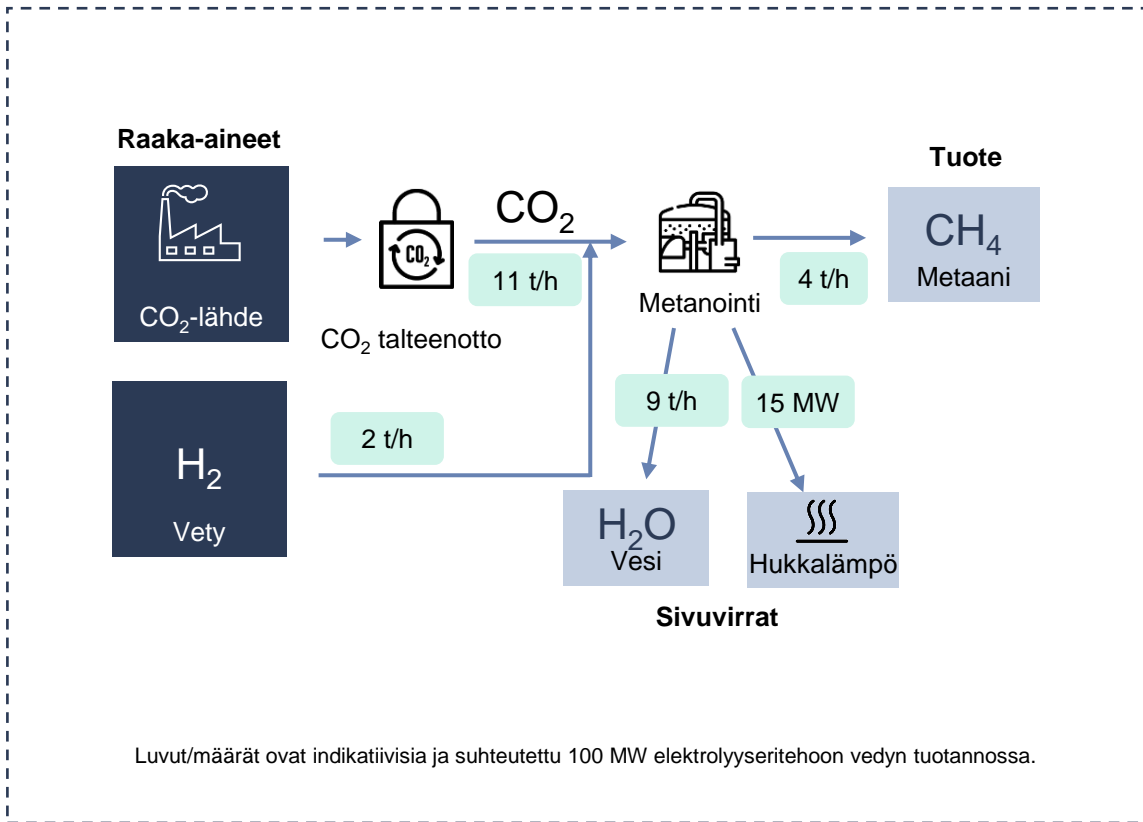
Haber-Bosch –prosessi vaatii tasaisen vedyn ja typen syötön

Lähteet: [IEA Ammonia Technology Roadmap](#), [Smith et al. 2020](#)

3. P2X-tuotantokonseptit: synteettinen metaani

Synteettinen metaani on yleisin P2X-tekniikan käyttö-/selvityskohde Suomessa ja metaani soveltuu moneen eri käyttökohteeseen

KUVA 6. METAANIN TUOTANTO



TIETOA TEKNOLOGIASTA

- Metaanin raaka-aineina ovat hiilidioksidi ja vety. Synteesiprosessissa käytetään korkeita lämpötiloja, mutta matalampia paineita verrattuna ammoniakkin synteesiin (~400 °C & 10 – 20 bar).
- Reaktiossa muodostuu lämpöä, joka pitää poistaa, mikä tarkoittaa merkittävää määrää hukkalämpöä hyödynnettäväksi lämpöä tarvitsevalle prosessille tai esimerkiksi kaukolämmöksi.
- Sivutuotteena muodostuu myös huomattava määrä vettä, jota voidaan hyödyntää sivuvirtana.
- Metaani on yleisin tuote selvityksen alla olevissa P2X-konsepteissa Suomessa.

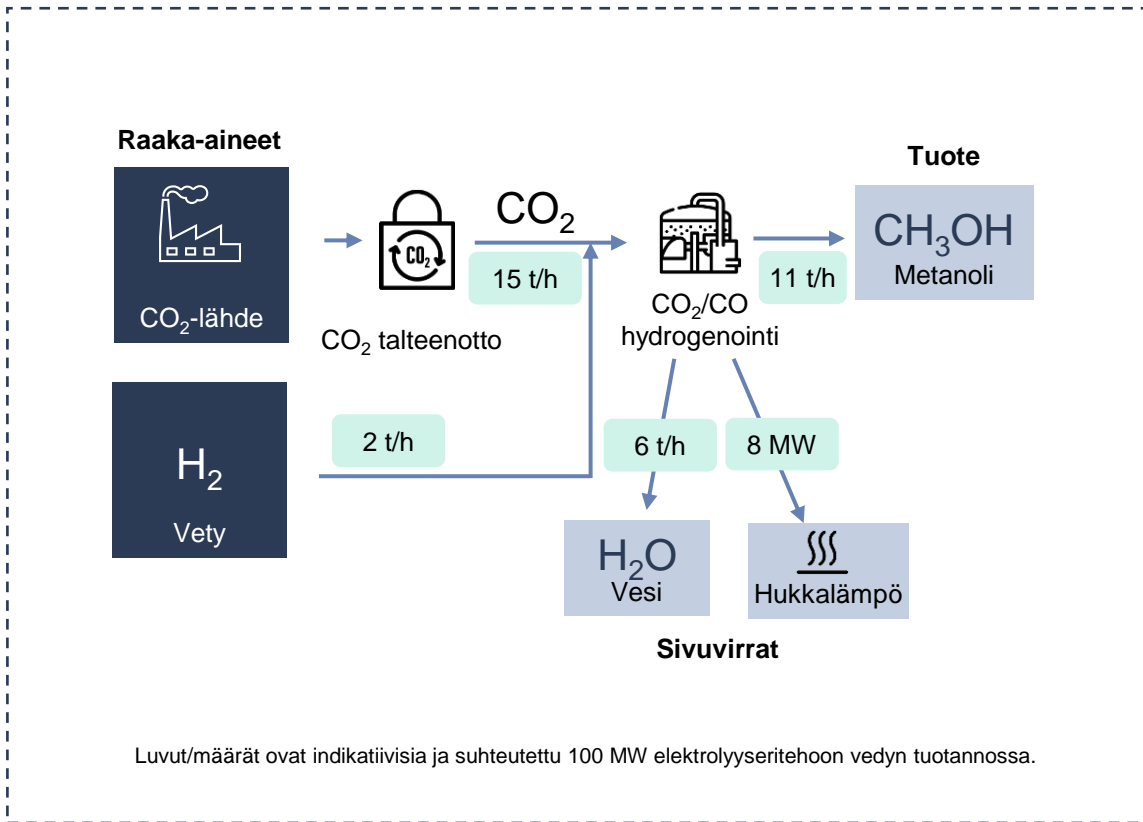
Edut	Metaani on energiatiheä kaasu ja olemassa olevaa infrastruktuuria voidaan käyttää sen hyödyntämiseksi. Sillä on monia käyttökohteita, ja se palaa puhtaasti (verrattuna esim. bensiiniin). Metaanilla on pienin syttymisalue verrattuna vetyyn, ammoniakkiin ja metanoliin
Heikkoudet	Metaani on merkittävä kasvihuonekaasu, sitä on kallista kuljettaa (nesteytettynä), synteettinen metaani kilpailee biokaasun kanssa
Merkittävien kustannustekijä	Vedyn tuotantokustannus, CO ₂ talteenotto, kaasujen paineistus, mahdollinen metaanin nesteytys
Potentiaaliset käyttökohteet	Polttoaine (voidaan korvata CNG & LNG ajoneuvoissa sekä laivoissa), sähkön tuotanto, lämmön tuotanto, energian varastointi, syöttö maakaasuverkostoon
Muuta	Maakaasun halpa hinta voi olla haaste synteettisen metaanin kaupallistamisen kannalta. Synteesi tarvitsee tasaisen vedyn ja hiilidioksidin syötön

Lähteet: IEA Global Hydrogen Review 2023, Nemmour et al. 2023, Gorre et al 2019

3. P2X-tuotantokonseptit: synteettinen metanoli

Metanoli on tärkeä raaka-aine hiilineutraaliuden saavuttamiseksi kemianteollisuudessa – sen nestemäinen olomuoto huoneenlämpötilassa tarjoaa etuja muihin P2X-tuotteisiin verrattuna

KUVA 7. METANOLIN TUOTANTO



Luvut/määrät ovat indikatiivisia ja suhteutettu 100 MW elektrolyyseritehoon vedyn tuotannossa.

TIETOA TEKNOLOGIASTA

- Metanolin raaka-aineina ovat hiilidioksidi ja vety. Verrattuna metaanisynteesiin, reaktio tapahtuu matalammissa lämpötiloissa (220 – 300 °C), mutta korkeammassa paineissa (50 – 100 bar).
- Sivutuotteena muodostuu vettä ja lämpöä, mutta vähemmän kuin metaanin valmistuksessa.
- Metanolia käytetään erityisesti kemianteollisuuden raaka-aineena.

Edut	Metanoli on nestemäistä huoneenlämmössä, veteen liukeneva, korkea energiatiheys, olemassa oleva logistinen infrastruktuuri, poltettaessa ei muodostu typpi- tai rikkioksideja
Heikkoudet	Kaasumainen metanoli on ammoniakkia ja metaania helpommin syttyvä (25 % vesiseos on myös nestemäisenä syttyvä). Metanoli liuottaa tiettyjä muoveja ja syövyttää tiettyjä metalleja
Merkittävien kustannustekijä	Vedyn tuotantokustannus, CO ₂ talteenotto, kaasujen paineistus, katalyyttien vaihto
Potentiaaliset käyttökohteet	Polttoaine (sekoitettuna bensiiniin tai sellaisenaan) ajoneuvoille tai laivoille, energian varastointi, kemikaalien ja muovien valmistus
Muuta	Synteesi tarvitsee tasaisen vedyn ja hiilidioksidin syötön

Lähteet: IRENA & Methanol Institute 2021, IEA Global Hydrogen Review 2023, Tanmay et al. 2022

Sijoituspaikkojen edellytykset, tarpeet ja reunaehdot

	Vedyn tuotantolaitos	Synteettisen polttoaineen tuotantolaitos	Huomioita
Infratarpeet	<ul style="list-style-type: none"> 110/400 kV sähköverkkoliityntä Puhdas vesi Vetyputkiverkosto Hukkalämpöä hyödyntävä taho (esim. kaukolämpöverkosto) 	<ul style="list-style-type: none"> 110/400 kV sähköverkkoliityntä Puhdas vesi Maakaasuputkiverkosto Raide-, laiva- ja maantieyhteydet Hiilidioksidia tuottava teollisuus 	<p>Kantaverkkoliityntä riippuu tuotettavan vedyn määrästä.</p> <p>Molemmille tuotantolaitoksille tarvitaan oma vedenpuhdistusyksikkö.</p>
Turvallisuusaspektit	<ul style="list-style-type: none"> Suojaetäisyydet ovat vähintään 15 m tontin rajasta sekä liikenneväylistä ja 25 m asuinrakennuksista. Vetylaitosta tai -jakeluasemaa ei saa sijoittaa ilmajohtojen alle <p>Tarkempaa sijoittelua tulee arvioida mallintamalla onnettomuuskenaarioiden seurausvaikutuksia, käyttäen eri voimakkuuksisia lämpösäteilyintensiteettejä ja paineaaltoja.</p> <p>Turvaetäisyysvaatimukset riippuvat myös muista alueelle mahdollisesti sijoittuvista rakennuksista/laitoksista sekä niiden käyttötarkoituksesta. Mikäli alueelle suunnitellaan esim. useita teollisuuslaitoksia, niin turvaetäisyyksiä on arvioitava ottaen huomioon molempien mahdolliset vaikutukset yhdessä. Turvaetäisyydet toisiin rakennuksiin tulee siis arvioida tapauskohtaisesti ja ne voivat erota esitetyistä (asuinrakennuksien) etäisyyksistä.</p>	<p>Suojaetäisyydet laajamittaiselle* tuotannolle ovat vähintään:</p> <ul style="list-style-type: none"> 80 m tontin rajasta sekä liikenneväylistä ja 250 m asuinrakennuksista ammoniakille 15 m tontin rajasta sekä liikenneväylistä ja 25 m asuinrakennuksista metanolille ja kaasumaiselle metaanille 25 m asuinrakennuksista ja 100 m yleisistä kokoontumistiloista nesteytetyille metaanille <p>Tarkempaa sijoittelua tulee arvioida mallintamalla onnettomuuskenaarioiden seurausvaikutuksia, käyttäen eri voimakkuuksisia lämpösäteilyintensiteettejä ja paineaaltoja.</p>	<p>Mahdollisten onnettomuuksien vaikutusalue tulee minimoida ja leviäminen tulee voida estää.</p> <p>Tukesin vetyopas sisältää tarkempia ohjeita, joita tulee ottaa huomioon tuotantolaitosten tarkemmassa sijoittamisessa sekä onnettomuusseurauksien analysoinnissa.</p>
Ympäristön huomioiminen	<ul style="list-style-type: none"> Mahdollisesti ilmaan, maaperään ja vesistöihin päätyvät kemikaalit tulee minimoida suunnitteluratkaisuilla. Näiden päästöjen vaikutus tulee tutkia. 	<ul style="list-style-type: none"> Mahdollisesti ilmaan, maaperään ja vesistöihin päätyvät kemikaalit tulee minimoida suunnitteluratkaisuilla. Näiden päästöjen vaikutus tulee tutkia. Tuotantolaitoksen sijoittamista pohjavesialueelle tulee välttää. Mikäli näin tehdään, pohjaveden pilaantuminen tulee estää. 	<p>Päästöjen vaikutuksia arvioidaan alueen suojelutason mukaisesti (virkistyskäyttö, luonnonsuojelualueet tai Natura 2000 -kohteet)</p>
Alustava tilantarve laajamittaiselle tuotannolle	≥ 2 hehtaaria	≥ 4 hehtaaria	Riippuen tontin ja maaston muodoista sekä suojaetäisyyksien toteutumisista
Kaavoitustyyppi	Lähtökohtaisesti "T", "TT" tai "EN". Suuronnettomuusvaarallisille kohteille suositellaan kaavamerkintää "T/Kem".	Lähtökohtaisesti "T", "TT" tai "EN". Suuronnettomuusvaarallisille kohteille suositellaan kaavamerkintää "T/Kem".	Rakennettava vetylaitos ei saa rajoittaa ympäröivien tonttien kaavassa osoitettua käyttöä.
Luvitus	<ul style="list-style-type: none"> Synteettisen vedyn tuotantolaitos ei lähtökohtaisesti vaadi YVA-menettelyä Vaatii ympäristöluvan Vesilain mukainen lupa voidaan tarvita vedenotolle, jos prosessissa tarvittava vesi otetaan vesistöstä Toiminnan laajuudesta riippuen vaatii toimintaperiaate- (yli 5 tonnia**) tai turvallisuusselvityslaitostason (yli 50 tonnia**) luvan Vaatii rakennusluvan 	<ul style="list-style-type: none"> Vaatii YVA-menettelyn Vaatii ympäristöluvan Vesilain mukainen lupa voidaan tarvita vedenotolle, jos prosessissa tarvittava vesi otetaan vesistöstä Toiminnan laajuudesta riippuen vaatii toimintaperiaate- tai turvallisuusselvityslaitostason luvan Vaatii rakennusluvan 	<p>Vedyn siirtoputkille (tuotantolaitoksen ulkopuolella) tarvitaan Tukesilta rakentamislupa.</p> <p>Yli 2 tonnin vetymäärän varastointiin tarvitaan lupa Tukesilta.</p> <p>0,1 - 2 tonnin vetymäärästä on tehtävä ilmoitus kunnan pelastusviranomaiselle</p>

*) Laajamittaisuus valittu niin, että suurin minimisuojaetäisyys tulee valituksi.

**) Raja-arvot riippuvat myös muista alueella säilötyistä kemikaaleista.

3. P2X-tuotantokonseptit: alueellinen kysyntä vedylle ja sen jatkojalosteille

Vedyn tuotannon prosessissa syntyvien loppu- ja sivutuotteiden kysyntää kartoitettiin julkisesti saatavilla olevan materiaalin sekä haastattelujen avulla

- **Vedylle ei ole tällä hetkellä alueellista käyttöä teollisuudessa tai energian tuotannossa/varastoinnissa.** Kyseessä on muna-kana -ongelma, joka tulee tulevaisuudessa ratkeamaan kun vedyn saatavuus kasvaa. Tällä hetkellä todennäköisin käyttökohde vedylle on suunnitteilla oleva **valtakunnallinen jakeluverkosto**, johon vetyä tarvitsevat teollisuuden yritykset mahdollisesti tulevaisuudessa liittyvät.
- **Ammoniakille on kysyntää** elintarviketeollisuudessa kylmäaineena. Lisäksi Oras käyttää ammoniakkivettä prosessissaan. Nämä ovat kuitenkin vuotuisesti suhteellisen pieniä määriä. Ammoniakille voisi olla merkittävämpää kysyntää Yaran Uudenkaupungin ja Kokkolan tehtaalla lannoitteiden ja typpihapon valmistuksessa.
 - Rauman telakalle ja satamaan voi tulevaisuudessa olla ammoniakille tarvetta laivojen polttoaineena. Myös muut satamat sekä esimerkiksi Wärtsilä Vaasassa voivat olla mahdollisia toimituskohteita.
- **Myös metanolille on ennustettu tulevaisuudessa suurta kysyntää laivojen ja liikenteen polttoaineena.** Tällä hetkellä metanolia ei kuitenkaan hyödynnetä alueellisesti, vaan potentiaali nojaa vientiin.
- **Synteettistä metaania voisi käyttää Forchemilla biokaasun vaihtoehtona.** Se sopii myös laivojen ja raskaiden ajoneuvojen polttoaineiksi jo tänä päivänä. Muussa tapauksessa voi olla kannattavinta laivata metaani **nesteytettynä vastaamaan globaalin kysynnän tarpeisiin.** On myös hyvä huomioida, että metanolin ja metaanin tuotanto paikallisesti voi olla haastavaa, sillä UPM:llä ei ole tällä hetkellä suunnitteilla hiilidioksidin talteenottoa ja Metsä Groupin mahdolliset CO₂-talteenottosuunnitelmat ovat vielä selvityksen alla.
- Hapelle ei haastatteluissa todettu tarvetta Rauman Vedelle tai UPM:lle. Metsä Fibre ja HK Scan käyttävät happea, mutta hyvin vähän siihen nähden, mitä laajamittainen vedyntuotanto tuottaisi. **Vaadittaviin investointeihin nähden hapen talteenotto, varastointi ja jakelu on todennäköisesti kannattamatonta.**
- **Merkittävälle hukkalämpömäärälle ei myöskään löytynyt selkeää tarvetta Rauman Vedelle, tai Rauman Energialle.** Laajamittaisen vedyntuotannon hukkalämpöenergia ylittää Rauman lämmöntarpeen kesäisin. Talvella tarve on suurempi, mutta hukkalämmön tuottajana laitos kilpailisi mm. Metsä Fibren ja mahdollisen datakeskusinvestoinnin lämmöntalteenoton kanssa.

4. Konseptien soveltuvuuden arviointi

4. Konseptien soveltuvuuden arviointi

Rauman alue soveltuu hyvin vedyntuotannolle ja sen ammoniakkijalostukselle – laitoksen kokoluokka määrittää lopulliset vaatimukset ja reunaehdot toiminnalle

Selvityksen ja alueen toimijoiden näkökantojen perusteella tarkempaan konseptivertailuun nostetaan tässä vedyn tuotanto sekä sen vaihtoehtona jatkojalostaminen ammoniakiksi.

Yleisimmistä jatkojalostevaihtoehtoista ammoniakki valittiin konseptitarkasteluun e-metaanin ja e-metanolin hiilidioksidin tarpeen ja sen mahdollisten sijaintirajoitteiden vuoksi. Kuitenkin esimerkiksi Metsä Groupin mahdolliset CO₂-talteenottosuunnitelmat voisivat Raumalla toteutuessaan tehdä metaani- ja metanolivaihtoehtoista houkuttelevampia.

Vedyn selkeä etu on sen jalostuspotentiaali edelleen, sekä käyttömahdollisuudet esimerkiksi teollisuudessa ja liikenteessä. Energiasisältöön suhteutettu tuotantohinta jää vedyllä myös jatkojalosteita alhaisemmaksi.

Ammoniakin etuja ovat sen jalostuspotentiaali vedystä ja ilmasta erotetusta tyydestä ilman hiilidioksidia, mikä helpottaisi laitoksen sijoittumista Raumalla myös Järviuodon satamalaajennusalueelle tai Lakariin. Energianäkökulmasta ammoniakkikonseptia tukee sataman mahdollisuudet toimia tulevaisuudessa ammoniakin tankkauspaikkana, mikäli sen käyttö laivapolttoaineena yleistyy. Hiilineutraalilla ammoniakilla nähdään suuri potentiaali myös lannoiteteollisuudessa, kun sen kotimainen tuotanto vähentäisi riippuvuutta Venäjään ja fossiilisiin raaka-aineisiin.

Analyyisin kokoluokkavalinnat pohjautuvat vetytalouden peruskriteerien toteutumiseen kohdealueilla, näkemyksiin tuotteiden kysynnästä sekä laitosten teknistaloudelliseen skaalaetuu.

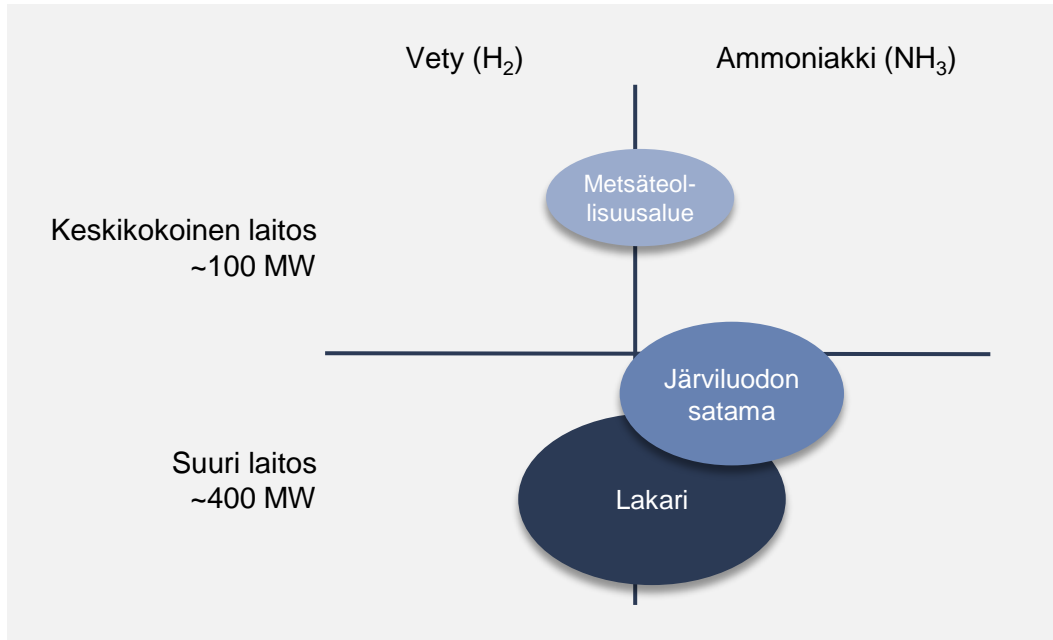
	Keskikokoinen laitos, ~100 MW sähkötehoa	Suuri laitos, ~400 MW sähkötehoa
Vety (H ₂)	<ul style="list-style-type: none">Tarvittava verkkolinjatyyppi 110 kV. Mahdollinen toteuttaa kaikilla selvityksen kohdealueilla.Puhtaan veden saanti on toteutettavissa kaikille sijainneille.Keskikokoisen laitoksen tuotantomäärillä sataman vientipotentiali vedylle ei ole korostunut, vaan Gasgridin vetyputki tarjoaisi parhaan kuljetusvaihtoehdon kaikilta laitoksilta.Keskikokoisen vetylaitoksen hukkalämpöä voitaisiin hyödyntää suhteellisesti enemmän Rauman kaukolämmön tuotannossa, vaikkei kaikkea hukkalämpöä saadakaan hyötykäytettyä. Fortumin datakeskussuunnitelma voi vaikuttaa tähän potentiaaliin.	<ul style="list-style-type: none">Tarvitaan yhteys 400 kV kantaverkkoon ja kytkeytyminen verkkoon sähköasemalla.Puhtaan veden saanti voi olla mahdollista myös suuressa kokoluokassa talousvesiverkoston kautta Eurajoesta puhdistettuna, mutta tämä vaatii selvityksen Rauman Veden kanssa ja puoltavan ympäristöluvan. Vaihtoehtona on syöttöveden puhdistaminen merivedestä.Suuren kokoluokan vetylaitoksella Gasgridin vetyputken toteutuminen parantaisi etenkin Lakarin vientimahdollisuuksia. Ilman vetyputkea parhaat viennin edellytykset ovat sataman alueella.Suuren vetylaitoksen hukkalämpömäärille ei tunnisteta riittävää kysyntää, ellei lämpöä voida laskea mereen satamassa ja hyödyntää sitä talvella satama-aitaiden sulanapitoon.
Ammoniaki (NH ₃)	<ul style="list-style-type: none">Vedyn lisäksi Haber-Bosch-prosessi lisää hieman sähkönkulutusta. 110 kV verkkolinja riittää kuitenkin myös ammoniakin tuotantoon keskikokoisella laitoksella, mutta alueellisten pullonkaulojen vuoksi verkon vapaa kapasiteetti pitää selvittää erikseen.Laitokselle tarvitaan YVA-menettely ja sen mukainen luvitusprosessi.	<ul style="list-style-type: none">Suurella tuotantomäärällä vientipotentiali sataman kautta korostuu entisestään.YVA-prosessin, ammoniakin myrkyllisyyden ja vientipotentialin vuoksi suuri laitos voi olla ammoniakin tapauksessa kannattavampi kuin keskikokoinen, kun suurempi kokoluokka vähentäisi investointikustannusta tuotantoyksikköä kohti tarkastellen. Kysyntäpotentiaalia voisi tässäkin kokoluokassa olla vielä lähes paikallisesti esimerkiksi Yaran Uudenkaupungin tehtaalla.

4. Konseptien soveltuvuuden arviointi

Lakari ja Järviluodon satama-alue erottuvat potentiaalisimpina kohteina, mutta niiden vahvuudet eriävät toisistaan merkittävästi

Teknisiin ja kaupallisiin sekä maantieteellisiin ja lopputuotteen kysyntään liittyviin näkökantoihin perustuen suuren kokoluokan ammoniakkilaitos vaikuttaa potentiaaliselta konseptilta Rauman alueelle. Sen sijaintivalinnassa vaikuttavat logistiikan, sähköverkon ja vedensaannin kysymykset, jotka puoltavat sijoitusalueeksi joko Lakaria tai Järviluodon satamalaajennusta.

Alla olevassa kuvassa on arvioitu sijaintivaihtoehtojen potentiaalia (ympyrän koko) suhteessa tuotannon lopputuotteeseen ja laitoksen kokoluokkaan.



	Lakari	Järviluodon satama	Metsäteollisuusalue
Vety (H ₂)	<ul style="list-style-type: none"> Tonttitila laitokselle suoraan T/Kem-merkinnällä Lakarin uudella, junaradan eteläpuolisella kaavoitusalueella Sähköverkon kapasiteettivaatimukset puoltavat voimakkaasti sijoittumista Lakariin etenkin suuressa kokoluokassa Vedensaanti Lakarissa täytyy selvittää tarkemmin suuressa kokoluokassa 	<ul style="list-style-type: none"> Mikäli Gasgridin vetyputki ei toteutu, satama tarjoaisi parhaan sijainnin vedyntuotantoon logistiikan kannalta. Prosessiveden tuotanto merivedestä on vaihtoehto satamassa etenkin suuressa kokoluokassa Sähköverkon kapasiteetti muodostuu haasteeksi etenkin suuressa kokoluokassa 	<ul style="list-style-type: none"> Keskikokoisen laitoksen veden tarve saattaisi olla helpointa kattaa metsäteollisuusalueella, jossa vettä käytetään jo teollisuuskäyttöön puhdistettuna. Metsäteollisuusalueen ongelmana on vapaan tilan vähäinen määrä
Ammoniikki (NH ₃)	<ul style="list-style-type: none"> Synteettisen polttoaineen tuotantolaitoksen vaatima T/Kem-kaavaratkaisu toteutuu parhaiten Lakarin ja Järviluodon kaavoitus suunnitelmissa. Lakarin edut ovat samat sekä vedyntuotannossa että ammoniakkijalostuksessa, mutta jälkimmäisessä vientiratkaisu rautateitse satamaan nousee merkittäväksi tekijäksi. 	<ul style="list-style-type: none"> Ammoniakin vientitarve puoltaa laitoksen sijoittamista satamaan. Kuljetus voisi kuitenkin onnistua myös rautateitse metsäteollisuusalueelta ja Lakarista. Satama-alueella ammoniakin paikallinen kysyntäpotentiaali on vertailualueista korkein laivaliikenteen polttoaineiden kehityssuunnitelmien myötä. 	<ul style="list-style-type: none"> Nykyinen teollinen toiminta saattaisi auttaa synteettisen polttoaineen tuotantolaitoksen luvitusprosessissa metsäteollisuusalueelle, mutta vähäinen vapaa tila ei puolla jalostuslaitoksen perustamista tänne. Muutokset alueen yhtiöiden suunnitelmissa voisivat kuitenkin vapauttaa soveltuvaa tilaa paremmin myös ammoniakkilaitoksen toteutukselle. Alueen potentiaalisiin P2X-tuotantokonsepti olisi kuitenkin e-metaani tai e-metanoli ammoniakin sijaan.

5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi

5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi

Potentiaalisimmaksi konseptiksi tunnistettiin ammoniakintuotanto Lakarin alueella – alueen kehityssuunnitelmat tukevat valintaa

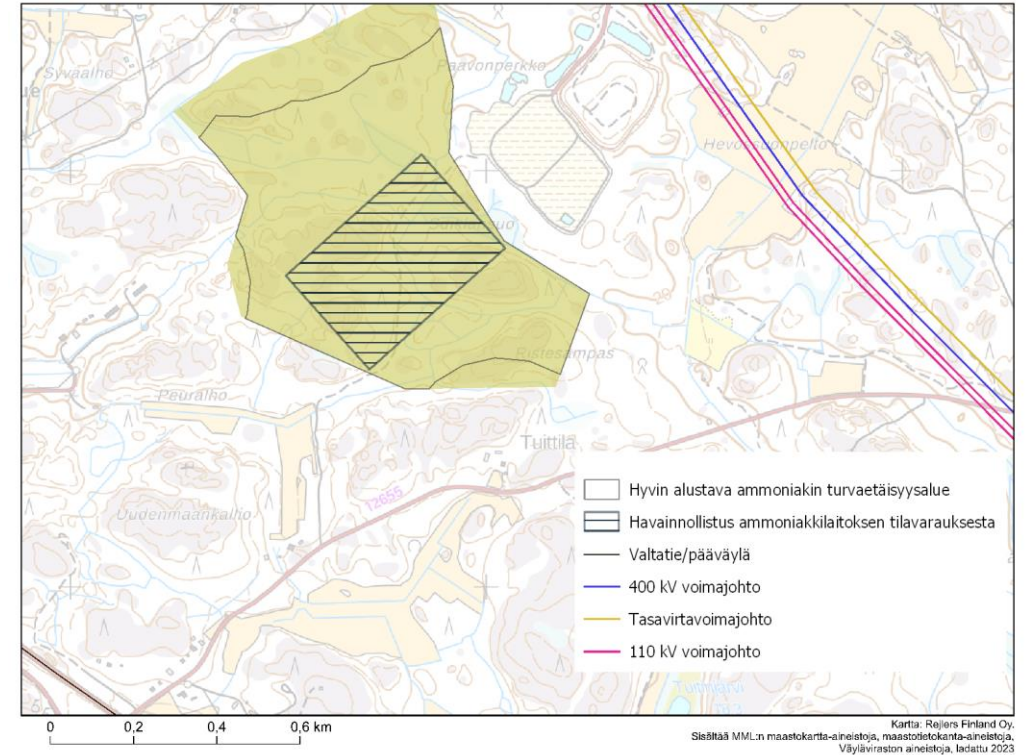
- Lakarin alue valittiin tässä selvityksessä potentiaalisimmaksi kohdealueeksi tarkempaa arviointia varten, sillä sen **kaavoitusnäkyvä näyttää vertailun alueista toistaiseksi parhaalta**. Mikäli Järviuodon satamalaajennus osoittautuu toteutuskelpoiseksi esimerkiksi ympäristönäkökulmien osalta, voisi tässä hahmoteltu laitospotentiali sijoittua myös kyseiselle alueelle.
- Lakarissa toiminnalle sopivaa aluetta haarukoitiin ammoniakilaitoksen suojaetäisyyksien sekä osayleiskaavaa varten tuotettujen rakennettavuus- ja liikenneselvitysten avulla. Alla on kuvattu tarkemmin reunaehtoja alueen valinnalle.
 - Käytetyt suojaetäisyydet on esitetty sivulla 20. Sijaintia tarkasteltaessa minimoitiin mahdollisessa häiriötilanteessa eristettävän alueen vaikutus läheiseen asutukseen.
 - Turvaetäisyysvaatimuksien lisäksi huomioitiin, että vaatimukset eivät rajoittaisi ympäröivää maankäyttöä esimerkiksi vaatimuksien myötä syntyvällä epätarkoituksenmukaisella maankäytöllä tai muutostarpeilla nykyiseen rakentamiseen.
 - Lisäksi sijainnissa huomioitiin alueen ympäröivien tonttien kaavan osoittama käyttötarkoitus (raportin tekohetkellä) siten, että tuotantolaitos ei aiheuttaisi rajoitteita käyttötarkoitukselle.
 - Laitoksen suositeltavaksi vähimmäispinta-alaksi arvioitiin 12 ha.
 - Turvemaata ja savista maaperää vältettiin, kun taas moreenista ja kallioista maaperää suositettiin.
 - Suuria korkeuseroja vältettiin.
 - Fortumin datakeskuksen suunnitteluvarausalue suljettiin tarkastelun ulkopuolelle.
 - Tonttien rajat suojaetäisyyksien sisällä jätettiin huomioimatta. Useissa potentiaalisissa kohdissa ne olivat varattuina tuleville liikenneverkon kehityskohteille. Nämä kohteet pyrittiin jättämään tarkastelun ulkopuolelle siitä huolimatta, että tiestön suunnittelua ei ole raportin tekohetkellä aloitettu.
 - Nykyistä Kokemäki–Rauma -junarataa sekä Lakarinkadun pistoraitteen hyödynnettävyyttä arvioitiin. Myös suunniteltu Uusikaupunki–Rauma–Pori -rata otettiin huomioon. Etäisyys toiseen näistä pyrittiin minimoimaan.
 - Etäisyys 400 kV kantaverkon sähköasemaan pyrittiin minimoimaan.
- Potentiaalisimmaksi alueeksi tunnistettiin **Hevossuon jäteaseman päätyalueen sekä Murtamontien välinen alue**.
 - Valitun alueen jatkosuunnittelussa on huomioitava hulevesien käsittely, sillä nykyisessä yleiskaavassa osiin aluetta on osoitettu hulevesien käsittelyn tarve.
 - Lisäksi jatkosuunnittelussa on huomioitava noin 0,2 hehtaarin "Suikilanmaa" -muinaisjäännösalue alueen pohjoisosassa.

5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi

Lakarin alueella tunnistettiin useita keskisuuren ammoniakkilaitoksen sijoittumisvaihtoehtoja

Ammoniakkilaitoksen sijoittumista Lakariin puoltaa lähellä oleva Fingridin 400 kV kantaverkkolinjan sähköasema. Fingridin arvion mukaan sähköasemaan on mahdollista liittää satoja megawatteja uutta kulutusta. Tämän arvion pohjalta sekä suurehko elektrolyyserilaitos ja siihen kytkeytyvä ammoniakkilaitos, että Lakarin alueelle suunniteltu datakeskushanke pystyisivät saamaan nykyiseltä sähköasemalta tarvitsemansa sähkön.

- Konseptoitavan ammoniakintuotantolaitoksen avainluvut ovat:
 - Kokoluokka 300 MW (elektrolyyseri)
 - Vuosituotanto 240 kt ammoniakkia (NH₃)
 - Prosessiveden tarve noin 700 000 m³/a
 - Pinta-alasuositus vähintään 12 ha
- Konseptoitava laitos sijoittuisi Hevossuon jäteaseman päätyalueen sekä Murtamontien väliselle alueelle. Rauman Koillisen teollisuusalueen osayleiskaavassa kohdealue on merkitty teollisuuden varauksen T/res-merkinnällä. Laitoshankkeen toteutumisen edellytyksenä olisi siten alueen asemakaavoitus, johon hahmoteltu ala suositellaan merkittäväksi kemikaaleja valmistavan laitoksen T/Kem –merkinnällä. Hyvin alustavan ammoniakin turvaetäisyystarkastelun myötä jäljelle jäisi edelleen yli 40 ha alue jatkotarkasteluun. Ammoniakin vuotoriski tuotantolaitoksella tulisi huomioida mahdollisen hankkeen YVA-vaiheessa, vaikkakaan korostunutta ympäristöriskiä Lakarin alueen osalta ei tässä selvityksessä tunnistettu.
- Laitoskokonaisuuteen kuuluu elektrolyyserilaitteiden lisäksi sähkönmuuntoasema, vedenpuhdistuslaitos ja veden demineralisointilaitos, tuotevedyn kuivaus- ja paineistusyksikkö, vedyn välivarasto, Haber-Bosch - prosessikokonaisuus ammoniakin valmistukseen, typenerotuslaitos sekä ammoniakin välivarasto. Ammoniakkivarasto voisi sijaita kohdekiinteistön sijaan myös lähempänä rautatietä, jolloin tuotantolaitoksen ja rautatievaraston välisen logistiikkaratkaisun ensisijainen vaihtoehto olisi ammoniakkiputki.
- Muodostuvan hukkalämmön määrä olisi tässä esitetyllä ammoniakkilaitoksella niin suuri, ettei Rauman kaukolämpöverkossa riitä kysyntää kuin vain pienelle osuudelle tuotetusta hukkalämmöstä. Lisäjähdytystarpeen tekniseksi ratkaisuksi ehdotetaan ensisijaisesti ilmalauhdutusta, sillä alueen välittömässä läheisyydessä ei sijaitse jäähdytykselle potentiaalisia vesistöjä.



Lähteet: [Fingrid](#), [Fortum](#)

5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi

Lakarissa ammoniakkilaitoksen vaatimien infrastruktuurikustannusten osuus olisi kokonaisinvestoinnissa vähäinen

INVESTOINTI: Investointi kattaa P2X-tuotantolaitoksen, sisältäen elektrolyyserikokonaisuuden, Haber-Bosch – ammoniakkiprosessin, typpilaitoksen sekä tarvittavat balance of plant -laitteet. **Karkean tason arvio investointikustannukselle on noin 720 M€.**

O&M ELI KÄYTTÖ- JA HUOLTOKULUT: Kiinteäluontoisten käyttö- ja huoltokulujen eli O&M-kulujen arvioinnin pohjana on käytetty 3 % investointikustannuksesta vuodessa. Arviossa huomioidaan lisäksi suurempi elektrolyyserikokojen huoltovaihto 10 vuoden välein. Käyttö- ja huoltokulut kattavat laitoksen operoinnin ja laitososien huollon tyypilliset kulut, kuten esimerkiksi työvoimakustannukset, tuotantoprosessin käynnissäpidon ja kuluvien osien vaihtokulut.

MUUTTUVA TUOTANTOKUSTANNUS: Sähkön hankinta muodostaa muuttuvista kuluista selkeästi suurimman osan, ja tämän myötä sähkön hinta ohjaa myös merkittävästi tuotetun ammoniakkin yksikkökustannusta. Sähköstä selkeästi suurin osa vaaditaan kuitenkin vedyntuotantoon. Vedyntuotannon yksikkökustannukseksi ammoniakkilaitoksen osana arvioidaan tässä 5,0 €/kg H₂. Typen erotuksen ja Haber-Bosch -prosessin osuudet laitoksen sähkönkulutuksesta ovat vähäisiä.

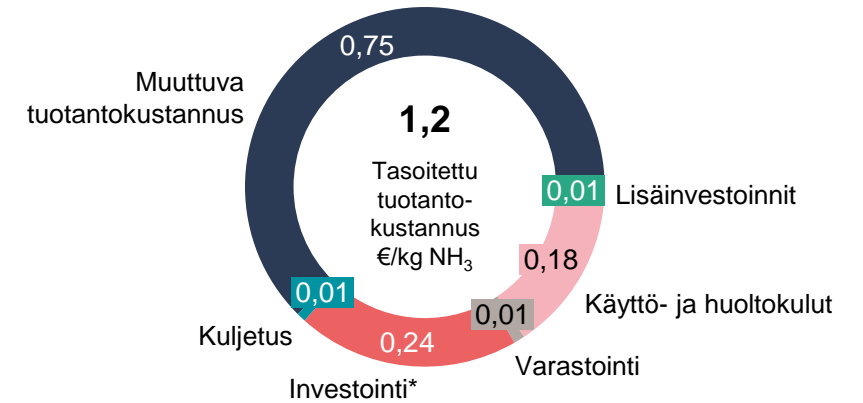
KULJETUS: Kuljetuskustannukset muodostavat vain pienen osan ammoniakkilaitoksen kokonaiskustannuksista. Pistoraitteen toteutus Lakarin eteläiselle laajennusosalle toisi rautatien saavutettavalle etäisyydelle ammoniakkilaitoksesta. Kuljetus satamaan ja Länsi-Suomen muihin kulutuskohteisiin pystyttäisiin kuitenkin järjestämään mahdollisella putki-investoinnilla satamaan tai tieliikenteen kuljetuksenakin, eli pistoraitteen toteutus ei ole välttämättömyys hankkeelle. Teitse liikennöintitarve olisi arviolta 10-15 säiliöautoa päivässä, rautatieyhteydellä puolestaan noin 0,5-1 junakuljetusta päivässä.

VARASTOINTI: Tuotettu ammoniakki voidaan välivarastoida joko laitoksen omalla kiinteistöllä, tai mahdollisesti myös lähempänä rautatieterminaalia tai viennin osalta satamassa. Välivarastoinvestointien vaikutus varastoinnin kokonaiskustannukseen on pieni verrattuna varastoinnin operointiin, johon lukeutuu mm. ammoniakkin nesteytys tuotantoprosessin jälkeen.

LISÄINVESTOINNIT: Lisäkustannuksissa arvioidaan jyvitetäviä maksuosuuksia esimerkiksi vesijohtoinvestoinnista, ammoniakki kuljetuksen rautatieterminaalin rakentamisesta ja sähköverkko kytkennästä. Näiden osuus ammoniakkin kokonaistuotantokustannuksista on kuitenkin tässä tapauksessa vähäinen.

Lähteet: [IRENA](#), [University of Twente](#), [Satakunnan Kanssa](#)

Hankkeen yksikkökustannukset (€/kg NH₃)



Raaka-aineiden kulutus ja tuotteiden vuosituotanto

Ammoniakin tuotanto	kt/a	240
Hapen tuotanto	kt/a	400
Hukkalämpö ...josta kaukolämmöksi hyödynnettävää	GWh/a	650 50-70
Sähköntarve	GWh/a	2400
Prosessivedentarve	tuhatta m ³ /a	700

*) WACC (weighted average cost of capital) 5 %, käyttöikä 20 vuotta

5. Potentiaalisimman konseptin vaikutusten arviointi

Hankkeen aluetalousvaikutukset koostuvat enimmäkseen verotuloista sekä sähkön ja veden hankinnasta – työllistävyys on merkittäväntä laitoksen rakennusvaiheessa

Lakarin ammoniakkilaitoksen vuotuinen liikevaihto voisi olla yli 400 M€, ja tässä kokoluokassa konseptoituna se olisi valmistuttuaan **Rauman suurimpia teollisia toimijoita**.

ALUETALOUSVAIKUTUKSET

- **Lakarin ammoniakkihankkeen aluetaloudelliset vaikutukset painottuisivat teollisuuden sähkönkäyttöön, ammoniakkin lähialueen kuluttajiin, ammoniakkin vientipotentialiin rautatiekuljetuksien ja satamatoiminnan muodossa, sekä raaka-aineiden ja sivuvirtojen hyödyntämiseen.**
- Suoraan liikevaihdon ja tuloksen kautta arvioitu yhteisövero voisi olla luokkaa 2-4 M€/a. Tähän vaikuttaa kuitenkin merkittävästi yrityksen harjoittama verosuunnittelu. Yhteisöveroa muodostuu myös arvoketjun muissa toiminnoissa. Yhteisöverojen lisäksi kunnalle muodostuu tuloja kiinteistöverotuksen kautta.
- Laitoksen 2,4 TWh:n sähkötarve loisi kysyntää suurelle määrälle päästötöntä energiantuotantoa. Ammoniakkilaitos ei kuitenkaan pystyisi joustamaan nopeasti tuuli- ja aurinkovoiman tuotantovaihteluiden mukana.
- Rauman Veden asiakkaana ammoniakkilaitos maksaisi vesimaksuja yhtiölle arviolta yli 1 M€/a. Veden vuosikustannuksen suuruuteen voidaan olettaa vaikuttavan merkittävästi se, veloittaako Rauman Vesi laitoksen vesijohtoinvestoinnin asiakaslaskutuksessaan ja osallistuuko ammoniakkilaitostoimija johtoinvestoinnin rahoitukseen.
- 300 MW:n ammoniakkilaitoksen vaatima määrä tyyppiä olisi saatavilla Linden ja Air Liquidin Harjavallan ilmakaasutehtaiden ylijäämänä, jolloin tyypilaitosta ei tarvittaisi Lakarissa. Tämä synergiamahdollisuus vaatisi kuitenkin tarkempaa selvitystä kustannusvaikutusten tunnistamiseksi etenkin kuljetusvaihtoehtojen (säiliökuljetus, putki) osalta. Mahdolliset säästöt ammoniakkin tuotantokustannuksiin voidaan kuitenkin arvioida vähäisiksi, sillä tyyppien erotuksen osuus tuotannon kokonaiskustannuksista on pieni.

- Laitos tuottaisi happea huomattavasti ylimäärin verrattuna esimerkiksi siihen, mitä Linde toimittaa tällä hetkellä Rauman metsäteollisuuden tarpeisiin. Keski-suuren ammoniakkilaitoksen ylijäämähapelle ei tässä selvityksessä tunnistettu selkeää alueellista käyttökohdetta.
- Hanke voisi vähentää Rauman Energian kaukolämmön tuotantokustannuksia ja Rauman Biovoiman polttoainekustannuksia useilla sadoilla tuhansilla euroilla vuodessa. Tässä on kuitenkin otettava huomioon myös muut kilpailevat vaihtoehdot ja niiden kustannukset Rauman Energian lämmöntuotannossa. Hukkalämmöstä voisi muodostua jatkossa merkittävä osa Rauman kaukolämmöntoimituksesta, mutta realistinen potentiaali pitäisi selvittää tarkemmin Rauman Energian kanssa.
- Tuotetun ammoniakkin osuus esimerkiksi Yaran Uudenkaupungin ammoniakkitarpeesta olisi merkittävä, ja Nornickel Harjavallan ammoniakkitarve täytyisi Lakarin laitoksen tuotannolla moninkertaisesti.

TYÖLLISYYSVAIKUTUKSET

- Rakennusvaiheen työllisyysvaikutuksen voidaan arvioida olevan joitain satoja henkilötyövuosia. Laitoksen aktiivinen rakennusvaihe voisi kestää noin kaksi vuotta.
- Käynnissä ollessaan laitoksen arvioidaan työllistävän pysyvästi noin 40-60 henkilöä, joista merkittävä osa olisi kemianteollisuuden prosessiammattilaisia. Ammoniakkilaitos ei tämän arvion mukaan ole erityisen työvoimaintensiivinen. Pysyvien työpaikkojen kunnallisveron tuotto olisi siten arviolta luokkaa 120 000 – 200 000 €/a. Kunnallisveroja muodostuu myös arvoketjun muissa toiminnoissa.
- Muuntokoulutustarpeen ei nähdä olevan kovin merkittävä, sillä vakituksessa operoinnissa ei vaadittaisi merkittävästi uutta, paikallista korkean tason osaamista.

Lähteet: [CE Delft](#), [Flexens Oy Ab Kokkola YVA](#), [E2C Advisory](#), [Luke](#), [Satakunnan kaasu- ja vetytaloussuunnitelma 2030](#), [Yara](#)

6. Yhteenveto

6. Yhteenveto

Rauman alueella on erinomainen potentiaali vetytalouden investoinneille – kehittämistarpeita ohjaa valittava laitoskonsepti

Rauman kaupungin maine vahvana teollisuuden keskittymänä luo houkuttelevaa pohjaa myös vetytalouden ratkaisuille. Synergiset edut esimerkiksi sataman, metsäteollisuuden ja sähköverkon osalta tekevät Raumasta lupaavan investointiympäristön vihreän siirtymän vetypohjaiselle uudelle tuotannolle. Tässä selvityksessä tarkasteltiin vetytalouden investointiedellytyksiä kolmelle lupaavaksi tunnistetulle hankealueelle, eli Lakarin Yrityspuistoon, sataman suunnitellulle Järviluodon laajennusalueelle sekä Rauman metsäteollisuuskeskittymään. **Selvityksessä konseptoitiin vihreän ammoniakkin tuotantolaitosta Lakariin, mutta Raumalla on vahva kehityspotentiaali kaikkien tyyppisten vety- sekä P2X-tuotteiden, eli ammoniakkin, metaanin ja metanolin, tuotantoon.**

Hankekehittäjät laativat usein suunnitteluvaiheessa selvityksen tarkemmista aluetalousvaikutuksista edistääkseen hankkeen yleistä hyväksyttävyyttä. **Suunnitteluvaramien valmistelussa Rauman kaupungin suositellaan vaativan vaikuttavuus selvityksen laatimista hankekehittäjältä tai sijoittajataholta.**



Lakarin alue nostettiin tämän selvityksen ammoniakkilaitoksen esimerkkikonseptin sijoituspaikaksi, sillä kytkeytyminen Fingridin 400 kV:n kantaverkon sähköasemaan olisi helposti järjestettävissä ja alueen kaavoitussuunnitelmissa on lupaavia teollisuustontteja kehitettäväksi vihreän siirtymän hankkeille. Ammoniakin käsittelyyn liittyy ympäristöriskejä, joiden huomioimiseksi tarvittavat varoetäisyydet olisi toteutettavissa hyvin Lakarissa. Vetytalouden investointien toteutuminen Lakarin rakentamattomille alueille vaatisi silti perusinfrastruktuurin kehittämistä ja etenkin vesijohtoverkoston laajentamista merkittäväällä uudella kapasiteetilla. Logistiikan osalta pistoraide Lakarin uusien teollisuustonttien luokse ja varauma tulevaisuuden URPO-radan linjaukselle parantaisivat selkeästi vetytalouden toimintaedellytyksiä alueella.



Järviluodon satamalaajennus olisi toteutuessaan ihanteellinen sijainti vientimarkkinoille suuntaavien P2X-polttoaineiden tuotantolaitokselle. Logistisen edun lisäksi merenrantasijainti voisi mahdollistaa vetyprosessin meriveteen pohjautuvan jäähdytysratkaisun. Sijainnin merkittävin kehittämistarve olisi sähköverkkoyhteydessä ja satamalaajennuksen lainvoimaisuuden varmistumisessa. Nykyisen, kaupungin läpi metsäteollisuuden alueelle kulkevan 110 kV verkkolinjan kehitysmahdollisuus 400 kV:n linjaksi parantaisi oleellisesti Järviluodon vetytalousratkaisujen toteutettavuutta.



Metsäteollisuuden keskittymässä Metsä Fibren ja UPM:n tehtaiden biogeeniset CO₂-päästöt riittäisivät hyvin laajamittaiseen uusiutuvan metaanin tai metanolin tuotantoon. Alueen sijainti Järviluodon satamalaajennusalueen lähistöllä tarjoaisi tämän lisäksi lähes vastaavan logistiikkaedun kuin satamakin. Merkittävimmäksi haasteeksi metsäteollisuusalueella nähtiin kiinteistöjen vapaat tilat, joiden soveltuvuus uusille vetylaitoksille on rajallinen. Yhtiöillä voi myös olla omia tilavaroja kiinteistöjen rakentamattomilla alueilla, mikä heikentää vety- ja P2X-laitosten sijoittumispotentiaalia näihin kohteisiin.

7. Haastatellut tahot

7. Haastatellut tahot

Selvityksen aikana haastateltiin alueellisia toimijoita vetytalouden arvoketjusta

1. Marko Haapala, Rauman Energia
2. Juha Eskolin, Rauman kaupunki (kaavoitus)
3. Jukka Vastamäki, Rauman Vesi
4. Janne Rantanen, Metsä Fibre
5. Jari Mäki-Petäys, UPM
6. Janne Virta, Rauman Satama



REJLERS

Rejlers Finland Oy on teknisen alan suunnittelu- ja konsultointiyhtiö, joka luo tulevaisuuden toimivaa yhteiskuntaa.

Olemme asiakkaidemme luotettu kumppani teollisuuden, rakentamisen, energian ja infran hankkeissa.



Tekijät:

Jaakko Tamminen, Leo Hari, Fabian Anttonen, Aki Pesola

