

The logo for Ramboll, featuring the word "RAMBOLL" in a bold, blue, sans-serif font. The letter "O" is stylized with a white checkmark inside it. The logo is set against a white rounded rectangular background.

Bright ideas.
Sustainable change.

Imatran vetyteollisuuden maankäytöllinen rakenneselvitys

Loppuraportti - 12.12.2023



Sisälllys

1. Tavoite ja lähtökohdat
2. Vedyn tuotannon ja varastoinnin kuvaus ja turvallisuusvaatimukset
3. Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittumisen tarkastelukriteerit ja sijoituspaikat (kyllä- ja ei-analyysi)
4. Valittujen sijoituspaikkojen tarkempi tarkastelu
5. Johtopäätökset

Työn tavoite ja lähtökohdat

Euroopan Unionin vetystrategian tavoite on nostaa globaalin vedyn tuotantoa merkittävästi ja vähäpäästöisesti vuoden 2019 tuotannostasosta, joka oli 200 megawattia, 40 gigawattiin vuoteen 2030 mennessä. Vihreän vedyn käytön lisääminen on yksi keino saavuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä. Lisäksi vedyllä on merkittävä rooli energian tuotannon vihreässä siirtymässä.

Tämän työn tarkoituksena on ollut laatia maankäyttölinen selvitys vetytalouden sijoittumismahdollisuuksista Imatran alueella. Maankäyttölinen rakenneselvityksen tavoitteena on mahdollistaa uusien energiamuotojen ja uudenlaisten vihreän siirtymän hankekokonaisuuksien sijoittuminen alueelle.

Maankäyttölinen rakenneselvityksessä on kartoitettu alueen potentiaaliset sijoittumisalueet eri kokoisille vihreän siirtymän energiahankkeille perustuen paikkatietoanalyysiin.

Tavoitteena on ollut etukäteen selvittää sijoittumismahdollisuuksia ja niiden reunaehdot, ja tarjota mahdollisille toimijoille toteuttamiskelpoisia kohteita.

Lyhenteiden selitteet

Yksikkö	Selite
°C	Lämpötila-aste, celsius
μS/cm	Mikrosiemensia senttimetrillä, sähkönjohtavuuden yksikkö
m ³	Kuutiometri
cm	Senttimetri
bar	Baari, paineen yksikkö
m/s	Metriä sekunnissa
kW/m ²	Kilowattia per neliometri
kPa	Pascal, paineen yksikkö
m	Metri
km	Kilometri
Ha	Hehtaari
CO ₂	Hiilidioksidi
kWh	Kilowattitunti
TWh	Terawattitunti 1 TWh = 1 000 000 000 kWh
kW	Kilowatti
MW	Megawatti 1 MW = 1 000 kW
GW	Gigawatti 1 GW = 1 000 MW = 1 000 000 kW

Vedyn tuotannon ja varastoinnin kuvaus ja turvallisuusvaatimukset

Vedyn ominaisuudet ja käyttökohteet

Vedyn ominaisuuksia: ⁽¹⁾

- Vety on väritön, hajuton ja erittäin helposti syttyvä kaasu.
- Puhdas vety ei itsessään ole myrkyllistä, mutta suurina määrinä hengitettynä se voi korvata hapen osuuden keuhkoissa, jolloin se on terveydelle haitallista.
- Vedyllä ei ole todettu olevan haitallisia vaikutuksia ympäristöön.

Vedyn hiilineutraalisuutta luokitellaan sen tuotantomuodon mukaan: ⁽²⁾

- Vihreä vety: vety tuotetaan vedestä elektrolyysillä, jonka tarvitsema energia saadaan uusiutuvista lähteistä (kuten aurinko-, tuuli- tai vesivoima).
- Pinkki/violetti vety: vedyn tuotannon tarvitsema energia tuotetaan ydinenergialla. Ydinvoimaa voidaan hyödyntää joko sähkön (tavanomainen elektrolyysi), lämmön tai molempien muodossa. Ydinvoimasta (GEN IV tyyppisistä reaktoreista) saatavalla lämmöllä voidaan tuottaa kuumaa vesihöyryä, josta saadaan kiinteäoksidielektrolyysissä (SOEC) vetyä. Höyrylämpötilan on tässä prosessissa oltava 550 – 850 °C.
- Turkoosi vety: fossiilista raaka-aineista, kuten maakaasusta, pyrolyysillä tuotettu vety, jossa sivutuotteena syntyy hiilimustaa. Turkoosi vety voi olla lähes päästötöntä, jos prosessiin käytettävä energia on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä.
- Sininen vety: fossiilista raaka-aineista tuotettu vety, jonka hiilidioksidipäästöjä pyritään vähentämään hiilen talteenotolla ja varastoinnilla.
- Harmaa vety: kivihielestä, maakaasusta tai metaanista höyryreformoinnilla tuotettu vety. Höyryreformointi on tällä hetkellä globaalisti tuotetun vedyn päätuotantotapa ja se tuottaa CO₂-päästöjä noin 800 miljoonaa tonnia vuosittain.

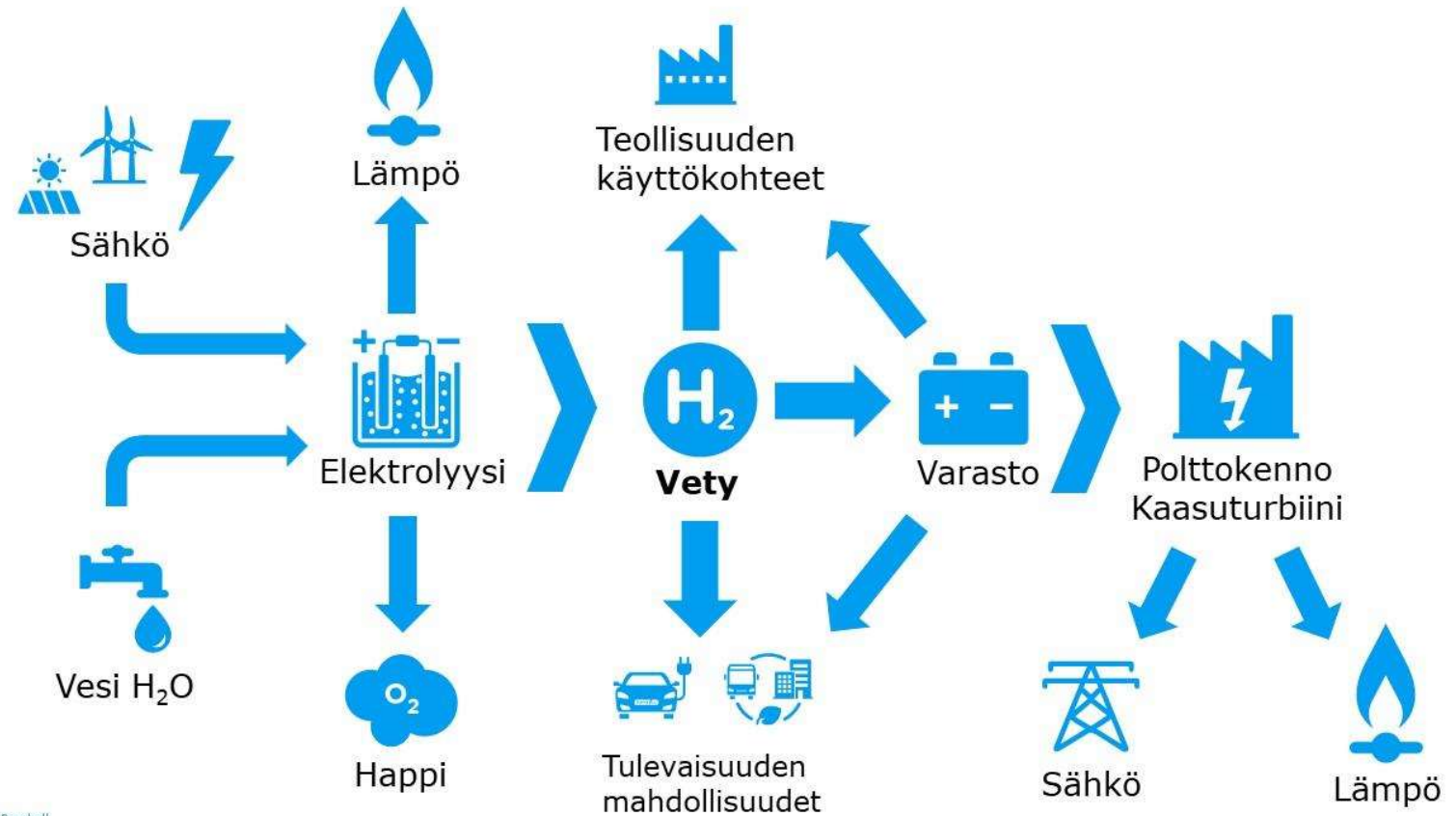
Vedyn nykyiset käyttökohteet:

- Kemianteollisuus, kuten ammoniakkin ja metanolin tuotanto
- Öljynjalostus

Tulevaisuudessa vetyä voidaan hyödyntää myös muun muassa

- Teollisuudessa, kuten terästeollisuudessa raudan suorapelkistä
- Jatkojalostaa esim. vähäpäästöisen liikenteen polttoaineeksi
- Energian varastoinnissa → Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston kanssa käytyjen sidosryhmä-keskustelujen pohjalta on todettu, että tällä hetkellä kannata varastoida energiavarastona huonon hinnan tällä hetkellä.
- Vedyn tuotannon hyötysuhde elektrolyysillä on tällä hetkellä noin 20–40 % ^(2, 3)
 - Mikäli vedystä tuotetaan sähköä polttokennolla tai kaasua, hyötysuhde on arviolta 45–55 %.
 - Tällöin kokonaishyötysuhde on noin 20–40 %.

Vedyn kierto yhteiskunnassa tuotannosta käyttöön



Vedyn nykyinen käyttö ja mahdollisuudet

Vety on jo nyt yleinen raaka-aine erityisesti teollisuudessa:

- Yli 99 % globaalisti tuotetusta vedystä on tuotetaan fossiilista raaka-aineista ja vain alle 1 % on elektrolyysillä tuotettua vähäpäästöistä vetyä. ⁽⁴⁾
- Nykypäivänä taloudellisesti edullisin menetelmä on tuottaa vetyä höyryreformoinnilla. ⁽⁵⁾
- Elektrolyysi yhdistettynä tuuli- tai aurinkovoimaan vaikuttaisi olevan vielä toistaiseksi tuotantovaihtoehtoista kalliimpaa kuin vedyn tuotanto höyryreformoinnilla johtuen elektrolyysin suuresta sähkön tarpeesta. Kuitenkin elektrolyysin etuja ovat muun muassa raaka-aineiden parempi saatavuus ja sivutuotteiden hyödyntämismahdollisuudet.

Vedyn vuotuinen tuotanto Suomessa on noin 100 000 tonnia eli noin 3,3 TWh. ⁽⁴⁾

- Vedyllä on mahdollista saada jopa 1 500 MW joustoenergiaa esimerkiksi sähkön saatavuuden ja kulutuksen tasapainottamiseen ja sähköjärjestelmän tasapainon ylläpitämiseen esimerkiksi lyhytaikaisella vedyn varastoinnilla ja 50% käyttöajalla.
- Vety toimii myös mahdollistajana kasvihuonepäästöjen merkittävässä vähentämisessä energiasektorin lisäksi liikennesektorilla ja teollisuudessa.

Euroopan Unionin tavoite globaalin vedyn suhteen on nostaa vähäpäästöisen vedyn tuotantoa elektrolyysillä 6 GW vuoteen 2024 mennessä ja 40 GW vuoteen 2030.

- Globaali vedyn tuotanto elektrolyysillä vastasi noin 200 MW sähkötehoa vuonna 2019.
- Tavoitteena todella nopea kasvu.

Lisäksi vihreän vedyn käytön lisääminen on yksi keino saavuttaa Suomen hiilineutraalisuustavoite vuoteen 2035 mennessä.

Vedyllä on lisäksi merkittävä rooli vihreässä siirtymässä säätövoiman muodossa.

Vedyn nykyinen käyttö ja mahdollisuudet

European Hydrogen Backbone (EHB) –analyysi: ⁽⁶⁾

- Vedyn rooli on tärkeä erityisen liikenteen hiilineutraalisuuden saavuttamisessa, teollisuudessa sekä energianvarastoinnissa, sillä tulevaisuudessa vedyn kysynnästä vajaa kolmannes arvioltaan kohdistuu sähköntuotantoon energian varastoinnin muodossa.
- EHB-ryhmä on tehnyt oman analyysin kansainvälisestä vetyverkoston kehityksestä vuosiin 2030, 2035 ja 2040 mennessä.
- Vedynsiirtoverkosto on olennainen tekijä vetymarkkinan luomisessa ja verkoston on arvioitu kulkeutuvan Suomeen etelästä sekä länsirannikkoa pitkin Perämerelle asti, josta verkosto hajaantuisi mantereelle.
- Analyysin mukaan kysyntää vastaava vetymäärä on mahdollista tuottaa uusiutuvista energianlähteistä ja vähähiilistä vaihtoehtoista.

Kansallinen vetyverkosto –hanke: ⁽⁷⁾

- Vetytalouden valtava potentiaali on tunnistettu kansallisella ja kansainvälisellä tasolla. Suomen kestävän kasvun ohjelman yhtenä keskeisenä tavoitteena on nostaa Suomi maailman kärkimaaksi vety- ja kiertotaloudessa.
- Raahen seudun kehitys on käynnistänyt Kansallinen vetyverkosto –hankkeen, jonka tavoitteena on mahdollistaa tavoite keräämällä ja jakamalla paikallisissa vetyhankkeissa kertyvää tietoa ja osaamista alueiden välillä.
- Kansallisen kilpailukyvyn näkökulmasta globaalin vetytalouteen liittyvien mahdollisuuksien hyödyntäminen edellyttää kuitenkin myös aluelähtöisiä toimenpiteitä.
- Hankkeessa tuetaan kansallisesti liiketoimintamahdollisuuksia vetytalouden eri osa-alueisiin ja aloitetaan paikallisesti maankäytöllinen varautuminen vetyekosysteemin edistämiseen.

Vedyn tuotanto

Imatran vetyteollisuuden
maankäytöllinen rakenneselvitys

Vedyn tuotanto

Elektrolyysi

Täysin päästötöntä vetyä voidaan tuottaa elektrolyysin avulla.

- Elektrolyysillä tuotettu vety on vihreää vetyä, mikäli elektrolyysiin tarvittava sähkö on tuotettu uusiutuvilla energialähteillä.

Elektrolyysissä vesimolekyylit hajotetaan sähkön avulla hapeksi ja vedyksi. ⁽³⁾

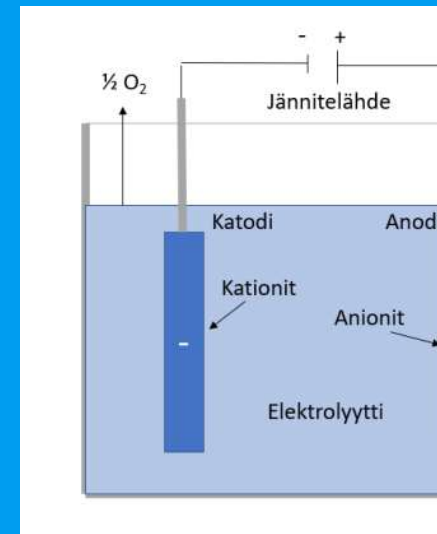
- **Prosessi tarvitsee raaka-aineeksi vettä sekä energialähteeksi sähköä.**
- Elektrolyysin sivutuotteena syntyy happea.
- Elektrolyysi on prosessina hyvin endoterminen eli prosessissa syntyy lämpöä.
- Tyypillisesti elektrolyysiyksikkö tai elektrolysaattori sisältää katodin ja anodin upotettuna elektrolyyttiin.
- Elektrolyysimenetelmiä on olemassa tällä hetkellä kolme eri tyyppiä: alkalielektrolyysi, protonielektrolyysi (PEM) ja höyryelektrolyysi. ⁽⁸⁾

Fingridin mukaan kantaverkon voimajohtoliityntään on mahdollista liittää 60MW kulutusta / tuotantoa.

	30 MW	60 MW	100MW
Vedyn tuotanto	7 600 t/a	15 200 t/a	25 000 t/a
Vedenotto	85 000 m ³ /a	170 000 m ³ /a	283 000 m ³ /a

Oheisessa taulukossa on esitetty vedyn tuotannon reunaehtoja elektrolyysin tehoon perustuen (suunnitteluarvioita). Veden ja sähkön tarve määritellään tarkemman suunnittelun yhteydessä.

- Vedyn tuotannon kriteerit ja reunaehdot ovat **puhdistettu vesi**



Periaatekuva vedyn tuotantoon elektrolyysikennosta. ⁽⁸⁾

Sähköverkko

Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031

Alueen kuvaus

Kaakkois-Suomen alueen kantaverkko on kehittynyt energiaintensiivisen teollisuuden, ydinvoiman ja vesivoiman ympärille. Kaakkois-Suomessa on paljon metsäteollisuutta, jonka lisäksi alueella on metalli-, kaivos- ja kemianteollisuuden tuotantolaitoksia. Viime vuosien aikana teollisuuden rakennemuutos on tuonut suuria epävarmuuksia kuormien kehitykseen. Alueen vesivoima on sijoittunut pieniin yksiköihin eri puolille suunnittelualueetta, poikkeuksena Suomen suurin, lähes 200 MW vesivoimalaitos Imatralla. Imatralla on liittynyt myös 110 kV voimajohdolla Venäjän puolella sijaitsevaa vesivoimaa. Loviisan ydinvoimalasta on yhteys Korian muuntoasemalle. Lisäksi alueella on sähköä ja kaukolämpöä tuottavia laitoksia sekä teollisuuden yhteydessä olevaa yhdistettyä sähkön ja lämmön tuotantoa. Kaakkois-Suomen alue liittyy 400 kV päävoimansiirtoverkkoon Korian, Kymin ja Yllikkälän 400/110 kV muuntoasemilla. Kymenlaaksossa sähköä siirretään Korian ja Kymin muuntoasemilta niitä ympäröivään 110 kV rengasverkkoon.

Kaakkois-Suomesta on kolme 400 kV siirtoyhteyttä Venäjälle: kaksi voimajohtoa Yllikkälästä ja yksi Kymin muuntoasemalta.

Viime vuosien investoinnit Kaakkois-Suomen verkkoon

Kaakkois-Suomen verkkoon investoitiin paljon 2000-luvulla, jolloin sähkönkulutus kasvoi voimakkaasti etenkin teollisuudessa. Tällöin muun muassa vahvistettiin ja lisättiin voimajohtoyhteyksiä sekä rakennettiin, uusittiin, perusparannettiin ja tehtiin kapasiteettilisäyksiä alueen sähköasemille. Vuonna 2016 valmistui Yllikkälän 110 kV kytkinlaitoksen perusparannus. Vanhaa 1920-luvulla rakennettua Rautarouva-johtoa on uusittu kokonaisuudessaan ja alueen viimeinen osuus Korialta Yllikkälään valmistui vuonna 2018. Korian iso sähköasemahanke valmistui vuonna 2019 ja hankkeen yhteydessä tehtiin 110 kV sähköaseman perusparannus, 400 kV kytkinlaitoksen uusiminen ja reaktori-investointi.

Vuoksen 110 kV kytkinlaitos otettiin käyttöön vuonna 2018 ja Imatra-Lempäälä voimajohto-osuus uusittiin paremmaksi vuonna 2019. Näiden lisäksi alueen verkkotopologiaa on kehitetty. Investoinnit toteutettiin, jotta voidaan parantaa siirtokykyä siirtämään alueen voimaa alueelle tai alueelta pois. **Pitkä Vuoksen sähköasemalle tarvitaan 400 kV muuntaja ja tähän osaan rakentamalla voimajohtoyhteyden rakenteella.** (20) Fingrid on toteuttamassa sähkön kulutuksen kasvuennusteiden mukaisesti, että kantaverkon siirtokykyä Imatralla tulee ajankohtaisiin vuosikymmenen lopulla. Tekninen ja taloudellinen järkevä verkkoratkaisu on tässä vaiheessa 400/110 kV muunto Imatran seudulla 400 kV johdolla kantaverkkoon Lempeästä Yllikkälän sähköasemalla. Fingridin on valmistettu Lempiälä-Imatra ympäristövaikutusten arvioinnin perusteella toukokuussa 2005. Yhtiö on jatkosuunnitteluun **vaihtoehdon mukaisesti sähköaseman paikaksi Joutsesta.** (21)

Sähköverkko

Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2024-2033 ja uusiutuvan energian tuotanto ja vetytalous -vastauksia

Kantaverkko - Imatran alue

- Suunnittelun lähtökohdat

1. Alueen vahvat kantaverkon liittymispisteet

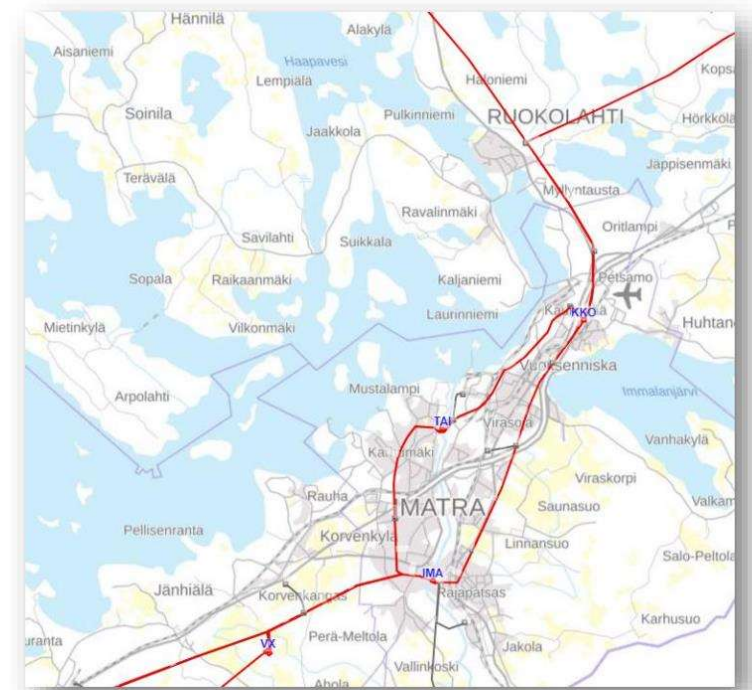
- Imatran (IMA) 110 kV kytkinlaitos
 - (liityntäsuunta < 100 MW hankkeille)
- Tainionkosken (TAI) 110 kV kytkinlaitos
 - (liityntäsuunta < 100 MW hankkeille)
- Vuoksen (VX) 110 kV kytkinlaitos
 - mahdollista laajentaa myös 400 kV sähköasemaksi, joten liityntäsuuntana suuremmille hankkeille

2. Yleistä liittymisestä *)

- Kantaverkon voimajohtoihin yhdellä voimajohtoliitynnällä mahdollista liittää 60 MW kulutusta/tuotantoa (useita voimajohtoliityntöjä mahdollisia, liityntäpiste tarkastellaan tapauskohtaisesti)
- Kytkinlaitosliitynnät suunniteltava 110 kV jännitetasolle 250 MW saakka
- Yli 250 MW liitynnät tulee suunnitella liitettäväksi 400 kV tasolle

*) Liittymisessä tulee huomioida Fingridin yleiset liittymisehdot (YLE 2021)

5

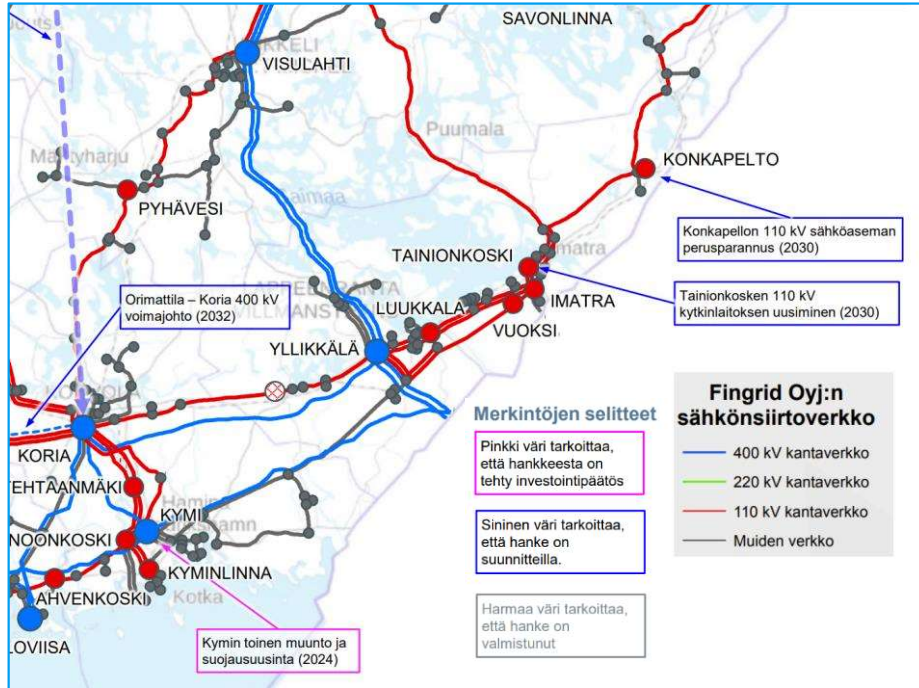


6.11.2023

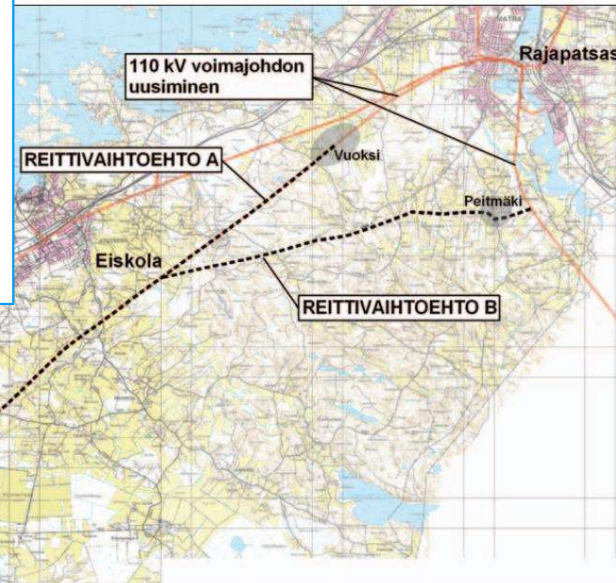
FINGRID

Sähköverkko

Fingrid, Kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022-2031 ja Yllikkälä-Imatra 400kV voimajohtohankkeen YVA-menettelyn täydentäminen



Kuva: Fingrid, 2023.



Kuva: Fingrid/Sito 2005.

YLLIKKÄLÄ-IMATRA 400 KV VOIMAJOHTOHANKKEEN YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTI JA TÄYDENTÄMINEN VÄLILLÄ LUUKKALA - IMATRAN SEUTU

Imatran muuntoaseman sijoittamisesta on aiemmin tarkasteltu vuonna 2005 kehityksen perusteella. Tarkastelussa on päädytty muuntoaseman sijoittamispaikaksi Imatrankosken länsipuolelle (Vuoksi) sähköasemalla saavutettaisiin alueen voimaverkon kehittämisessä merkittäviä hyötyjä. Tällä paikalla on mahdollista vahvistaa olemassa oleviin johtoihin Imatrankosken Sähköasema olisi lähempänä kuluttajia, mikä painopistettä ja lisää siten seudun sähkövarmuutta. Tällöin välillä Lempiälä - Vuoksen sähköasema olemassa oleviin voimajohtoihin purettaisiin ja **johto toteutettaisiin 400/110 kV yhteispylväillä**. Samalla nykyinen 110 kV johto Vuokselta Imatrankosken Rajapatsaaseen uusitaan siten, että johtokatuja levennetään. Uudelta Vuokselta sähköasemalta tehtäisiin myös sisäisiä johtoja Luukkala - Imatra 110 kV -johdoille.

Vedyn tuotanto

Sähkön tarve ja saatavuus - tuulivoima

LUT yliopisto on tutkinut HYGCEL (*Hydrogen and carbon value chains in green electrification/Vihreään sähköistymiseen pohjautuvat uudet arvoketjut*) -tutkimuksen yhteydessä Suomen tuulivoimapotentiaalia erilaisten skenaarioiden avulla, keskeisimpänä muuttujana tuulivoiman etäisyys asutuksesta.

Paikkatietopohjaisen tarkastelun pohjalta Etelä-Karjalan, Kymenlaakson ja Etelä-Savon alueella tuulivoimapotentiaalia on noin 13 TWh verran, josta Etelä-Karjalan osuus on 7 TWh.

Tutkimus on teoreettinen, mutta antaa viitteitä siitä, että myös Itä-Suomeen on mahdollista kehittää tuulivoimaa, mikäli pystytään kehittämään ratkaisuja tuulivoiman aiheuttamiin häiriöihin Puolustusvoimien tutkajärjestelmiin.⁽²²⁾

Tällä hetkellä teknistä ratkaisua ei ole, vaan sähkö täytyy tuoda alueelle sähkönsiirtolinjoja pitkin. Ratkaisujen löytäminen vaatii selvitys- ja tutkimustyötä, mutta itäisen Suomen tuulivoimarakentamisen tehostamiseen on mahdollista löytää ratkaisuja tulevaisuudessa.⁽²³⁾

Vedyn tuotanto

Veden laadun vaatimukset

Elektrolyysi käyttää raaka-aineena vettä.

- Tarvittavan veden määrä riippuu valittavasta elektrolyysimenetelmästä, valitusta laitteistosta sekä tuotettavan vedyn määrästä.

Esimerkki tarvittavan veden määrän laskemisesta:

- Valitaan elektrolysaattoriksi Nel A485. ⁽⁹⁾
- Jos halutaan tuottaa 1 normaalikuutiometri (1 Nm³) vetyä, tarvitaan noin 0,9 litraa vettä.
 - Vedyn määrä ilmoitetaan normaalikuutiolina (yksikkö Nm³), joka tarkoittaa yhtä kuutiota normaalissa ilmanpaineessa 101,3 kPa ja lämpötilassa 0 °C.
- Yksi elektrolysaattori voi tuottaa vetyä enintään noin 485 normaalikuutiota (Nm³) tunnissa, jolloin vettä tarvitaan enintään noin 440 litraa tunnissa.
- Jos vetyä tarvitaan noin 120 000 normaalikuutiota tunnissa, tarvitaan tällöin noin 250 elektrolysaattoria.
→ 250 elektrolysaattoria vaatisi vettä enintään noin 110 000 litraa tunnissa, joka vastaa 110 kuutiota (m³).

Elektrolyysiin syötettävä vesi tulee puhdistaa epäpuhtauksista ennen prosessiin syöttämistä: ⁽¹⁰⁾

- Tällöin vältetään muun muassa mineraalien kertyminen elektrolysaattoriin sekä ei-toivotut sähkökemialliset reaktiot.
- Syöttöveden sähkönjohtavuuden tulee olla hyvin matala, alle 1 mikrosiemensia senttimetriltä (μS/cm).
 - Vertailukohteena juomaveden sähkönjohtavuuden laatutavoite on noin 2500 μS/cm. ⁽¹¹⁾

Kun arvioidaan vedyn tuotannon vaatimaa pinta-alatarvetta, tulee huomioida todennäköinen tarve veden puhdistusprosessille, jotta voidaan taata veden laatuvaatimukset täyttävän veden saanti.

Vedyn tuotanto

Hapen muodostuminen ja varastointi

Elektrolyysissä muodostuu *massaltaan* happea noin yhdeksänkertaisen määrä vetyyn verrattuna, mutta muodostuneen hapen *tilavuus* on puolet vedyn tilavuudesta samassa paineessa.

- Eli noin 1 kg vetyä kohti muodostuu noin 9 kg happea. Kun tuotetaan 1 000 kg vetyä, niin muodostuu samalla noin 9 000 kg happea.

Puolestaan, kun tuotetaan 1 500 m³ normaalipaineista vetyä, niin happea muodostuu normaalipaineessa noin 750 m³.

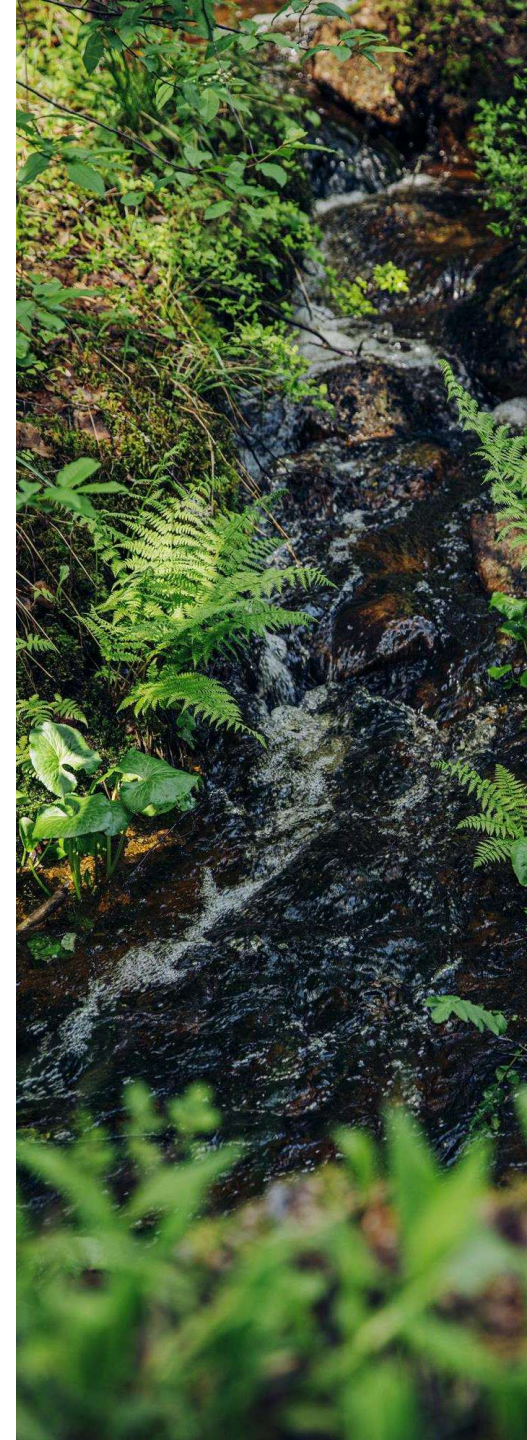
Happea käytetään muun muassa hitsauksessa ja leikkauksessa, erilaisissa polttoprosesseissa happipitoisuuden nostossa ja otsonin valmistuksessa.

Vaihtoehtoja vedyn tuotannossa muodostuvalle hapen laajamittaiselle käytölle on tarpeen selvittää.

Hapen varastoinnin vaatimukset: ⁽¹²⁾

- Happi on voimakas hapetin ja normaalioloissa stabiili, mutta vaihtelevissa lämpötiloissa muodostaa useimpien alkuaineiden kanssa yhdisteitä, yleisimmin oksideja.
- Tulee käsitellä erillään syttymis- ja lämpölähteistä.
- Varastointi viileässä kuivassa ja suojassa auringonvalolta erillään yhteensopimattomista materiaaleista, kuten palavista kaasuista.

Kun arvioidaan vedyn tuotannon vaatimaa pinta-alatarvetta, tulee huomioida tarve hapen väliaikaiselle tai mahdollisesti myös pitkän aikavälin varastoinnille sekä mahdolliset suojarakenteet hapen varastoinnille.



Vedyn tuotanto

Jäähdytystarve

Vedyn tuotanto elektrolyysillä tuottaa sivutuotteena myös lämpöä.

Elektrolyysissä muodostuvan lämmön määrä riippuu muun muassa valittavasta elektrolyysimenetelmästä sekä laitteistosta.

Elektrolyysin hyötysuhdetta voidaan parantaa ottamalla syntyvä lämpö talteen ja hyödyntämällä esimerkiksi kaukolämpöverkossa. ⁽²⁾

Vedyn tuotanto

Suojaetäisyyden määrittäminen

Tukesin ohjeistuksen mukaan tuotantolaitos on sijoitettava sellaiselle etäisyydelle asuinalueista, yleisessä käytössä olevista rakennuksista ja alueista, kouluista, hoitolaitoksista, teollisuuslaitoksista, varastoista, liikenneväylistä sekä muusta ulkopuolisesta toiminnasta niin, että ennalta *mahdollisiksi arvioitavat* räjähdykset, tulipalot ja kemikaalipäästöt eivät aiheuta henkilö-, ympäristö- tai omaisuusvahinkojen vaaraa näissä kohteissa. Vedyn tuotantolaitokselle ja varastoinnille ei ole määritetty vakioetäisyyttä suoja- ja vaaraetäisyyksiksi, vaan tuotantolaitoksen sijoittuminen tulee arvioida riskinarvioinnin ja onnettomuusskenaarioiden avulla. Etäisyysvaatimukset eroavat riippuen kohteesta, kuten etäisyys herkkiin kohteisiin tai toisiin teollisuuslaitoksiin. Vedyn siirtoputkistoa koskevan lainsäädännön soveltamisesta saa lisätietoa Tukesilta.

Porvoon kaupungin teettämässä selvitystyössä suuronnettomuuksien huomioimisesta maankäytön suunnittelussa ja siinä esitettyjä suuronnettomuusskenaarioissa arvioitiin vedyn tuotantolaitoksen konsultointietäisyydeksi 500 metriä.⁽¹³⁾ Porvoon teollisuusalueella on öljyjalostamo- ja petrokemianteollisuuden kokonaisuus. Yritykset käsittelevät, varastoivat ja vastaanottavat vaarallisia kemikaaleja. Alueella on myös sekä vetylaitos että CO₂-talteenottolaitos. Selvitys koski yhteensä kahdeksan yrityskohteen vaarallisten kemikaalien käsittelyä. On huomioitavaa, että konsultointivyöhyke ei kuvaa varsinaisesti onnettomuusvaaran vaaraetäisyyttä vaan yleisesti aluetta, jossa on vaaran mahdollisuus.

Tarkastelun yhtenäistämiseksi vedyn tuotantolaitokselle valitaan suojaetäisyys, joka vastaa vedyn varastoinnille määritettyä suojaetäisyyttä. Suojaetäisyyteen vaikuttaa valitut onnettomuusskenaariot. Imatran kaupungin alueen pinta-alarajoitteista johtuen, työssä on valittu onnettomuusskenaariot, jotka perustuvat kohtuullisen pienelle vedyn varastointimäärälle. Seuraavilla sivuilla on avattu vedyn varastoinnin riskeihin vaikuttavia tekijöitä.

Vedyn varastointi

Imatran vetyteollisuuden
maankäytöllinen rakenneselvitys

Vedyn varastointi

Vedyn suurimpia haasteita ovat sen kemiallisesta luonteesta johtuen varastointi ja siirto. Vetyä voidaan varastoida maanalaisiin suolaesiintymiin, mutta myös kallioluoliin. Varastointi voi tapahtua myös ammoniakkinä, nestemäisenä vetynä tai nestemäisinä orgaanisina yhdisteinä.

Pienempien määrien varastointiin soveltuvat parhaiten paineistetut säiliöt, joissa vety on kaasumaisessa muodossa. Vedyn varastoinnin vaatimukset ovat tällöin: ⁽¹⁾

- Varastointi viileässä, kuivassa, auringonvalolta suojattuna, hyvin tuuletetussa paikassa ja paloturvallisessa paikassa.
- Varastointi erillään syttymislähteistä, kuumista höyryputkista ja muista lämpölähteistä, palavista aineista ja yhteensopimattomista aineista.
- Vety ei saa olla kosketuksissa valurautaosien kautta, koska vedyllä on taipumus suotatutua valurautakappaleiden seinien läpi.

- Tässä selvityksessä keskitytty skenaari joissa valmistettu vety hyödynnetään käyttäjäpaikan päällä (sisäkäyttöön kaasuverkostoon).
- Selvityksessä oletettiin että vedyn varsinaiset loppukäyttäjät (teollisuus) arvioi omaa prosessiaan varten välivarastointitarpeen ja huomioi sen hankkeensa teknisessä suunnittelussa.

Vedyn varastointi

Suojaetäisyyden määrittäminen

Kun valitaan vedyn varastoinnin tapa ja kapasiteetti, on huomioitava

- miten pitkän ajan tuotanto on pystyttävä varastoimaan (tunnit – viikot) sekä,
- missä muodossa vetyä varastoidaan. Vetyä voidaan varastoida paineistettuna, tai nesteytettynä.

1. Paineistettu vety

- Korkea paine (suuruusluokka 200–300 bar) → korkeammat vaarat
- Taloudellisempi vaihtoehto, vain 10 % hukkaenergiaa paineistukseen.
- Pienempi vedyn tiheys säiliössä, tarvitaan tilavuudelta **enemmän** varastointikapasiteettia

2. Nesteytetty vety

- Matalampi paine (suuruusluokka 20 bar) → merkittävästi pienemmät vaarat
- Nesteytykseen menee 40 % hukkaenergiaa
- Ylläpidettävä hyvin matalaa lämpötilaa
- Suurempi vedyn tiheys säiliössä, tarvitaan tilavuudelta **vähemmän** varastointikapasiteettia

Säiliöiden määrä ja koko

- Useamman säiliön kohdalla investointikustannukset suuremmat kuin yhdellä isolla säiliöllä, mutta riskit ovat pienemmät, jos varastointi tehdään useammassa säiliössä (tai sylinterissä, jos varastointimäärä on tarpeeksi pieni).

• Vetyä voidaan varastoinnilla eri tavoilla erilaisilla volyymeillä. Vetyä voidaan varastoida paineistettuna, tai nesteytettynä. Vetyä voidaan varastoida paineistettuna, tai nesteytettynä.

• Työssä määritettiin onnettomuusskenaariot varastoinnille perustuen työryhmän asiantuntijatehtyyn näkemykseen erilaisista vetyteollisuuden tuotantokokonaisuuksista kaupungin alueella on toteutettavia.

• Vedyn varastointia rajoittava kohtuullisen pieneen onnettomuuksien riski pystytään rajaamaan

Vedyn varastointi

Suojaetäisyyden määrittäminen

Selvityksessä yhteydessä mallinnettiin vedyn varastoinnin syttymis- ja räjähdysvaaralliset etäisyydet.

Mallinnetut vaaraa aiheuttavat skenaariot:

1. Vuoto ja vetykaasun purkautuminen ilman välitöntä syttymistä, jolloin vetyä leviää ympäristöön
→ **Syttymis- ja räjähdysvaara etäämmällä**
2. Vuoto ja vetykaasu syttyy palamaan, jolloin muodostuu pitkä liekki
→ **Lämpösäteilyn vaikutukset**
3. Vuoto ja vetykaasun purkautuminen, joka räjähtää minuutin kuluttua
→ **Räjähdyksen ylipaineen vaikutukset**

- Suojaetäisyyden määrittäminen on mallinnettu erilaisissa onnettomuustilanteissa. Mallinnukset on laske-
-ohjelmistolla (Sandia
Laboratories, U.S. De-
Energy's National Nuc-
Security Administrati-
tilanteiden vaikutukset
käyttäen säiliön paine-
bar.
- Vuodon kokona on kä-
0,1cm, 1 ja 5cm (hall-
korkeuteen.
- Suojaetäisyydet kasv-
huomattavasti, kun v-
kasvaa. Mallinnusta e-
"äritilanteeseen" vaa-
on **skenaario, jolla o-**
relevanssia (asiantu-
Tällä perusteella vuot-
koon maksimiksi mää-
5cm.

Alustavia turvaetäisyyksiä

Räjähdys

Räjähdys: vetyä vuotaa säiliöstä ja muodostunut vetysuihku räjähtää kerralla.

Tarkasteltavat räjähdysten ylipaineet:

- 30 kPa: Kantavien rakenteiden romahduksia, onnettomuuden mahdollinen laajenemisriski.
- 15 kPa: Talojen osittaisia romahtamisia, pysyvän vammautumisen riski. Teollisuusrakennusten pitäisi kestää 15 kPa:n ylipaine.
- 5 kPa: Pieniä vaurioita talojen rakenteille, vammautumisen riski.

		Etäisyydet metriä	
paine [bar]	vuodon koko [cm]	5 kPa	15 kPa
250	5	130	51
250	1	26	10
250	0,1	2,7	1,1

Huom.
etäisyydet
vuotokohdasta

Alustavia turvaetäisyyksiä

Pistoliekkipalo

Pistoliekkipalo: Vety syttyy vuotokohdassa ja palaa räjähtämättä. Listattu vaikutus kohdistuu luonnollisesti vain liekin suuntaan.

- Liekin pituus (ylhäältä katsottuna) on 1 cm:n vuodolla noin 19 m ja 1 mm:n vuodolla noin 2 m.

Tarkasteltavat lämpösäteilyn intensiteetit;

- 8 kW/m²: rakennukset ja rakenteet voivat syttyä palamaan.
- 5 kW/m²: voi estää ihmisten suojautumisen tai poistumisen vaikutusalueelta.
- 3 kW/m²: pelastustoimet mahdollisia, voi aiheuttaa palovammoja.
- **1,5 kW/m²: "turvaraja", jonka ulkopuolella ei ole merkittävää vaaraa ihmisille.**

		Etäisyydet metriä		
paine [bar]	vuodon koko [cm]	1,5 kW/m ²	3 kW/m ²	5 kW/m ²
250	5	203	160	130
250	1	38	31	27
250	0,1	3	2,5	2,3

Alustavia turvaetäisyyksiä

Syttyvät alueet (LEL)

Syttyvät alueet (LEL):

- Käytetyt vuotokoot ja paine ovat sen verran pieniä, etteivät vetysuihkun syttyvät alueet nouse valtavan paljon ylöspäin.
- Vedylle syttyvä/räjähtävä pitoisuus (**LEL**, *lower explosive limit*) on 4 tilavuusprosenttia.
- Usein tarkastellaan myös 60 %:a syttymisrajasta (2,4 %), koska virtauksen pyörteisyyden takia vuodossa on korkeamman pitoisuuden alueita.

			Etäisyydet metriä		
LEL			sivulle	sivulle	
paine [bar]	vuodon koko [cm]	vuodon nopeus [kg/s]	100 % LEL	60 % LEL	100 % LEL
250	5	30,2	175	251	
250	1	1,21	37	61	
250	0,1	0,0121	4	7	<

Vedyn siirto

Imatran vetyteollisuuden
maankäytöllinen rakenneselvitys

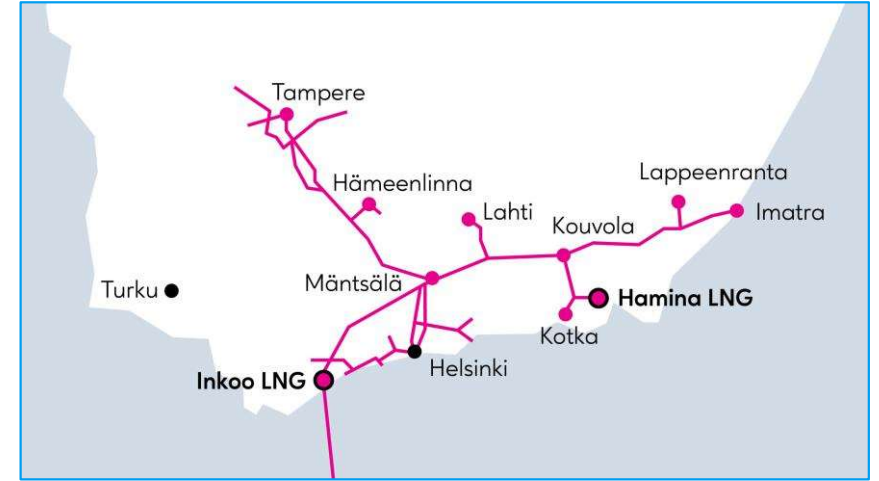
Vedyn ja maakaasun siirto

Vedyn siirto, esimerkiksi vedyn varastointiin tai käyttökohteille niin lähelle kuin kauas, on yksi vedyn tuotannon edellytyksistä. Vedyn suurien määrien siirtoon soveltuu parhaiten korkeapaineistettu kaasuputkisto. Suomen osalta vetyputkisto pitää pitkälti rakentaa kokonaan, sillä olemassa olevaa putkistoa, jota voitaisiin hyödyntää vedyn kuljetuksessa (kuten maakaasuputkistoa) on rakennettu vain vähän. Maakaasuputkisto ei kuitenkaan sellaisenaan sovellu vedyn kuljetukseen. Kansallisen kuin kansainvälisen vetyputkistoverkon rakentamisen yksi tavoite on taata vedyn saatavuus lähellä vedyn pääkäyttökohteita sekä mahdollistaa paikalliset edut vedyn tuotannon kannalta sekä hyödyntää vedyn tuotannossa syntyvää lämpöä esim. kotitalouksien lämmitykseen. ⁽⁶⁾ Gasgrid Finland Oy:n on käynnistänyt vedyn siirtoinfrastruktuurin demonstraatiohankkeen, jossa tarkoituksena on suunnitella vedyn siirtoputki, jossa Kemira Oyj:n Joutsenon tehtaalla syntyvää vetyä siirretään Ovako Imatra Oy Ab:n Imatran terästehtaalle Gasgridin vetyputkea pitkin. Hanke on ensimmäinen teollisuusalueen ulkopuolinen vedyn siirtohanke. Hanke mahdollistaisi alueellisen vetyklusterin kehittymisen luoden edellytyksiä vedyn toimitukseen ja jatkojalostukseen. ⁽¹⁸⁾

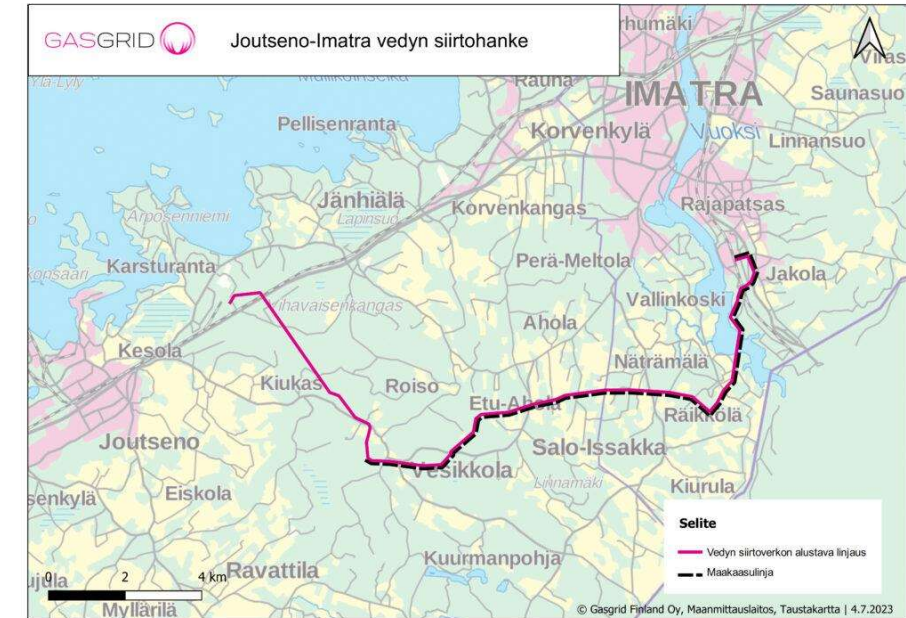
Gasgrid Finland Oy ylläpitää Suomessa kaasun siirtoverkostoa, johon voidaan syöttää metaania, joka on yksi vedyn jatkojalostustuote. Metaanin tuotanto tapahtuu joko kemiallisesti katalyytin avulla tai biologisesti bakteerien tuottaessa entsyymejä, joiden avulla metanointi tapahtuu. Reaktioon tarvitaan vetyä ja hiilidioksidia tai hiilimonoksidia ja lopputuotteena saadaan metaania ja vettä. ⁽¹⁷⁾ Metaanikaasu voidaan syöttää kaasumaisessa olomuodossa siirtoverkkoon jo nykyisellään.

Maakaasun siirtoverkosto on esitetty kuvassa oikealla ylhäällä. Suomen kaasun siirtoalusta sisältää kaksi valtionrajat ylittävää pistettä; Imatran rajapisteen sekä Balticconnector-yhdyspisteen. Maakaasun maahantuonti Imatran rajapisteen kautta Suomeen päättyi vuonna 2022. ⁽¹⁶⁾

Mahdollisten uusien **vedyn** siirtolinjojen suunnittelussa tulee huomioida putkilyn suojaetäisyys rakennuksiin, joka on n. 30-50 metriä puolelleen, riippuen putken paineistuksesta ja halkaisijasta. ⁽¹⁹⁾ Siirtoputkiston suojaetäisyys on pienempi kuin esim. varastoinnin suojaetäisyys johtuen pienemmästä vetyputkiston pienemmästä paineesta.





Kuva: Kaasun siirtoverkosto. Gasgrid Finland Oy, 2023.



Kuva: Joutseno-Imatra vedyn siirtohanke. Uusi vetyputki kulkee Imatran puolella samalla käytävässä maakaasulinjan kanssa. Gasgrid Finland Oy, 2023.

Vedyn ja maakaasun siirto

- Vetyä voidaan kuljettaa edellämainitusti putkessa, joko puhtaana tai sekoitettuna maakaasuun ja lisäksi paineistettuna tai nesteytettynä säiliöautolla tai raiteita pitkin. Ohessa on esitetty siirtotapojen karkea vertailu.
- Tässä selvityksessä oletuksena on ollut se, että vety siirretään pääkäyttökohteeseen putkea pitkin tai kuljetetaan kumipyörillä maanteitä pitkin jatkojalosteena käyttökohteisiin.

Putki	Laiva	
<ul style="list-style-type: none">• Matalat kustannukset, koska siirtomäärät suuria ja teknologia yksinkertaista.	<ul style="list-style-type: none">• Vety pitää nesteyttää• Kallista, koska nesteyttäminen vaatii paljon energiaa• Vedyn siirto esim. ammoniakkina kustannus- tehokkaampi menetelmä	<ul style="list-style-type: none">• Joustava kustannuksella lyhyillä pienis...
		

Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittumisen tarkastelukriteerit ja sijoituspaikat (kyllä- ja ei- analyysi)

Tuotantolaitoksen ja varastoinnin sijoittuminen

Tarkastelukriteerit

Ensimmäisessä vaiheessa vedyn tuotantolaitoksen, varastoinnin ja siirtoputkistojen sijoittamismahdollisuuksia Imatran kaupungin alueella selvitettiin paikkatietopohjaisella EI-alue-analyysillä.

EI-alue analyysissä otollista sijaintipaikkaa tarkastellaan niin sanotun poissulkevan kriteeristön avulla. Kriteeristöä ja tarkastelua varten määritettiin valikoitujen kohteiden suoja-alueet ja etäisyydet, joille vedyn tuotantolaitos ja varastointi eivät saa sijoittua. Sijoittumisen lähtökohtana oli, ettei onnettomuustilanteessa saa aiheutua merkittävää haittaa.

Kriteeristön perustana käytettiin HyRAM -ohjelmistoilla toteutettuja onnettomuusmallinnuksia. Mallinnuksissa määritettiin vedyn varastoinnin onnettomuustilanteessa mahdollisesti syntyvää lämpösäteilyä ja räjähdysen paineaaltoa.

Ei-alueanalyysissä kriteereillä luotiin suojavyöhykkeet tiettyihin valikoituihin avoimeen sekä Imatran kaupungilta saatuun paikkatietoon pohjautuviin kohteisiin. Kohteet käsittivät muun muassa suuret liikenneväylät, rakennetun ympäristön kohteet, luonnonsuojelualueet sekä maisema- ja kulttuuriympäristön arvokohteet.

C_KAYTTA_1

- Ammatilliset oppilaitokset
- Asuntolat, vanhusten palvelutalot, asuntolala
- Elokuvateatterit
- Hotellit, motellit, matkustajakodit, kylpylähot
- Järjestöjen, liittojen, työnantajien yms. opetus
- Jäähallit
- Katsomo
- Kehitysvammaisten hoitolaitokset
- Kirjastot
- Kirkot, kappelit, luostarit, rukoushuoneet
- Korkeakoulurakennukset
- Lasten päiväkodit
- Lastenkodit, koulukodit
- Liike- ja tavaratalot, kauppakeskukset
- Monitoimi- ja muut urheiluhallit
- Museot, taidegalleriat
- Muualla luokittelemattomat opetusrakennuk
- Muut kokoontumisrakennukset
- Muut majoitusliikerakennukset
- Muut majoitusrakennukset
- Muut palo- ja pelastustoimen rakennukset
- Muut sairaalat
- Muut sosiaalityötoimen rakennukset
- Muut terveydenhoitorakennukset
- Muut urheilu- ja kuntoilurakennukset
- Muut uskonnollisten yhteisöjen rakennukset
- Myymälähallit
- Myymälä rakennukset
- Näyttelyhallit
- Paloasemat
- Peruskoulut, lukiot ja muut
- Rautatie- ja linja-autoasemat, lento- ja satam
- Ravintolat, ruokalat ja baarit
- Seurain-, nuoris- yms. talot
- Seurakuntatalot
- Teatterit, konsertti- ja kongressitalot, ooppera
- Tennis-, squash- ja sulkapallohallit
- Terveydenhoidon erityislaitokset (mm. kuntou
- Terveyskeskukset
- Tutkimuslaitosrakennukset
- Uimahallit
- Vanhainkodit

Rajaavat tekijät

Tyyppi	Kohde	Etäisyys tuotantolaitoksesta ja va (m)
Infra	Rautatie (henkilöliikenne)	Ei saa sijaita
	Rautatie (tavaraliikenne)	Ei saa sijaita
	Valtatiet, kantatiet, seututiet ja yhdystiet	Ei saa sijaita
	Suurjännitejohto	Ei saa sijaita
Rakennukset	Herkät kohteet (ks. Tukes)	VE1: 100 m, VE2: 200 m
	Muut asuin-, julkiset, palvelu-, loma, ja kirkolliset rakennukset sekä kirkko	VE1: 100 m, VE2: 200 m
	Teolliset rakennukset	VE1: 100 m, VE2: 200 m
Luonnonsuojelu	Luonnonsuojeluohjelma-alueet	Ei saa sijaita
	Luonnonsuojelualueet (yksityinen)	Ei saa sijaita
	Luonnonsuojelualueet (valtio)	Ei saa sijaita
	Natura-alueet	Ei saa sijaita
Pohjavesi	Pohjavesialueet	Ei saa sijaita
Kulttuuriympäristö ja maisema	Muinaisjäännöskohteet	Ei saa sijaita
	Muinaisjäännosalueet	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laske
	Suojellut rakennukset suojelukohteet	Ei saa sijaita
	Suojellut rakennukset suojelualueet	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laske
	RKY-alue	Ei saa sijaita
	RKY-viiva	Ei saa sijaita, viivoille laskettu 50m ei-alue
	RKY-kohde	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laske
	Maakunnallisesti arvokkaat kulttuuriympäristöt	Ei saa sijaita, pistemuotoisille kohteille laske
	Maakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	Ei saa sijaita
	Valtakunnallisesti arvokkaat maisema-alueet	Ei saa sijaita
Muut	Tuuli- ja rantakerrostuma	Ei saa sijaita
	Moreenimuodostumat	Ei saa sijaita
	Kivikot	Ei saa sijaita
	Kallioalueet	Ei saa sijaita
	Vesistöt	Ei saa sijaita
	Rajavyöhyke	Ei saa sijaita
	Puolustusvoimien alueet (maakuntakaavasta)	Ei saa sijaita, viivoille laskettu 50m ei-alue

Paikkatietoanalyysi

- n. 10 ha laitosalue, jonka ympärillä
 - **VE1:** 200 m suojavyöhykettä (jonkin verran varastointia)
 - **VE2:** 100 m suojavyöhykettä (ei varastointia, pieni varastointitarve)
- Tarkastelualueen (10 hehtaaria) koko määritettiin seuraavasti:
 - 4 ha vedyn tuotantolaitokselle
 - 2 ha vedyn varastoinnille
 - 2 ha hapen varastoinnille
 - 2 ha varaus mahdollisille suojarakenteille
- Lisäksi tarkasteltu kartalta:
 - 100 MW laitoksen tarvitsema sähkövirta (110 kV)
 - vesistön läheisyys (n. 500m)
 - keskeiset liikenneväylät (kohteet, joista hyvä saavutettavuus vt6:lle)

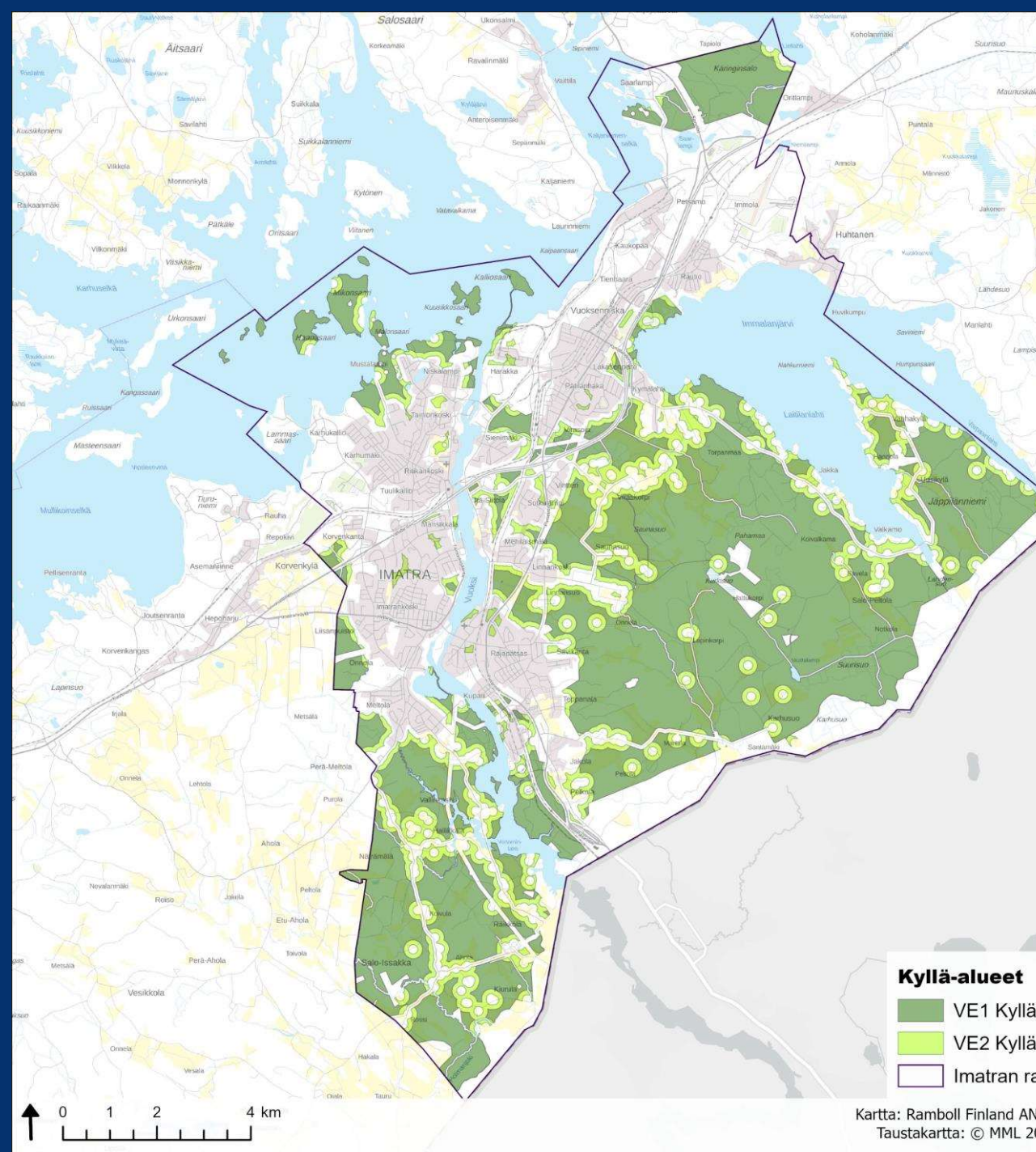
- Huomioitava, että tehty nykyisen sähköverkoston po
- Jatkosuunnittelua a mahdollisten uusien sähkönsiirtolinjojen valmistelun yhteyd tarkastella, syntyy mahdollisia uusia v tuotantoon soveltu

Muodostuneet Kyllä-alueet

Hyödyntämällä paikkatietoja tehty poissulkuanalyysi, jonka perusteella on määritetty alueet, joissa vedyn tuotanto voi olla mahdollista ympäristön reunaehdot huomioiden.

Kartalla:

- 100 m (VE1) ja 200 m (VE2) etäisyysvyöhykkeet herkkiin kohteisiin
- EI-alueet karsittu pois (mm. kulttuuriympäristö ja luonnonsuojelu)



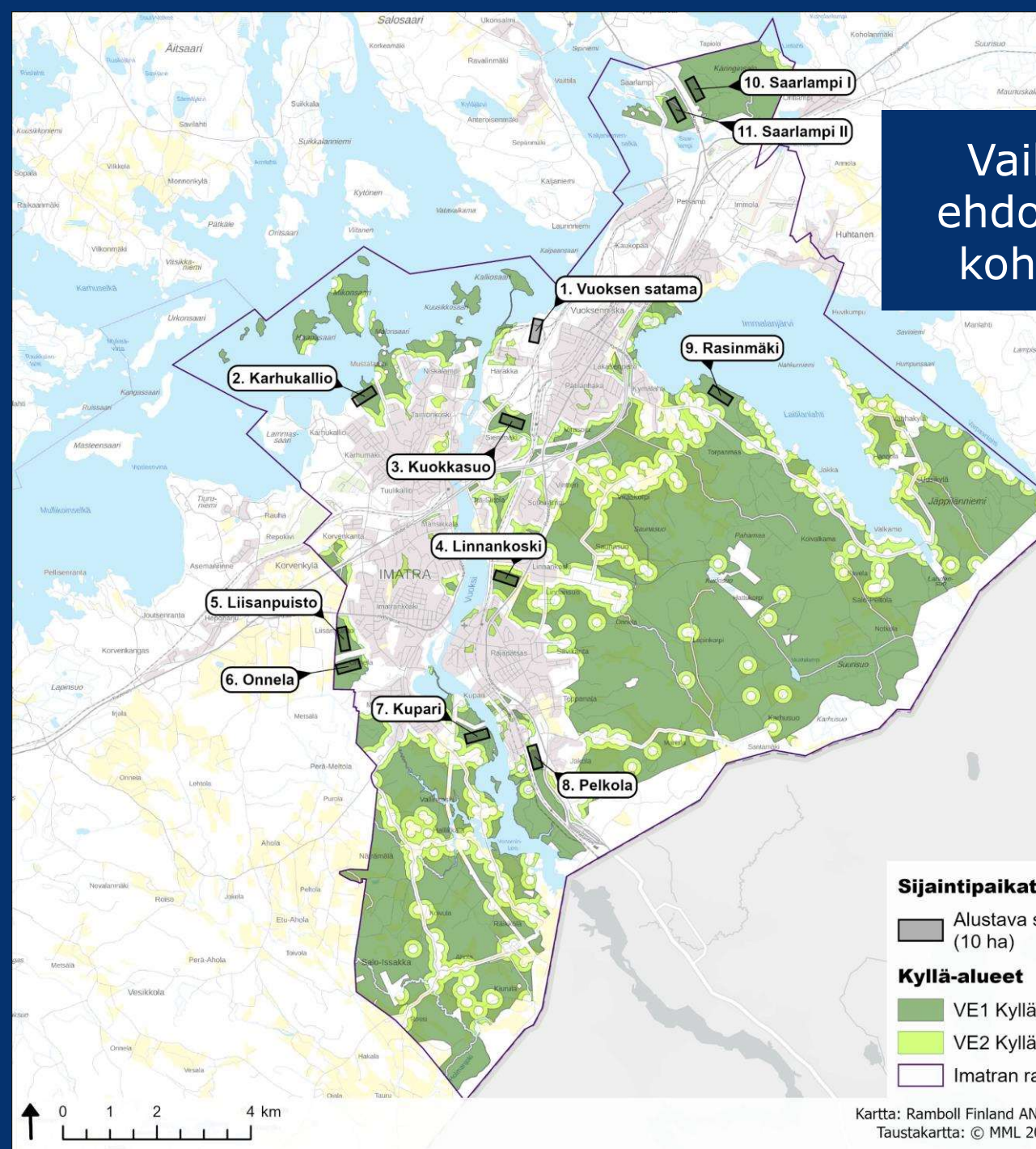
Kyllä-alueilta valitut sijaintipaikat

Kohdekohtaisesti tarkasteltu kartalta alueet, joissa hyvä saavutettavuus:

- vesistöihin (n. 500m)
- keskeisiin liikenneväyliin (vt6)
- laitoksen tarvitsemaan sähkövirtaan (110 kV sähkölinjat)

Kartalla:

- Ehdotukset alustavista potentiaalisista vetyteollisuuden sijoituspaikoista kaupungin työryhmän kommentoitavaksi



Vai
ehdo
koh

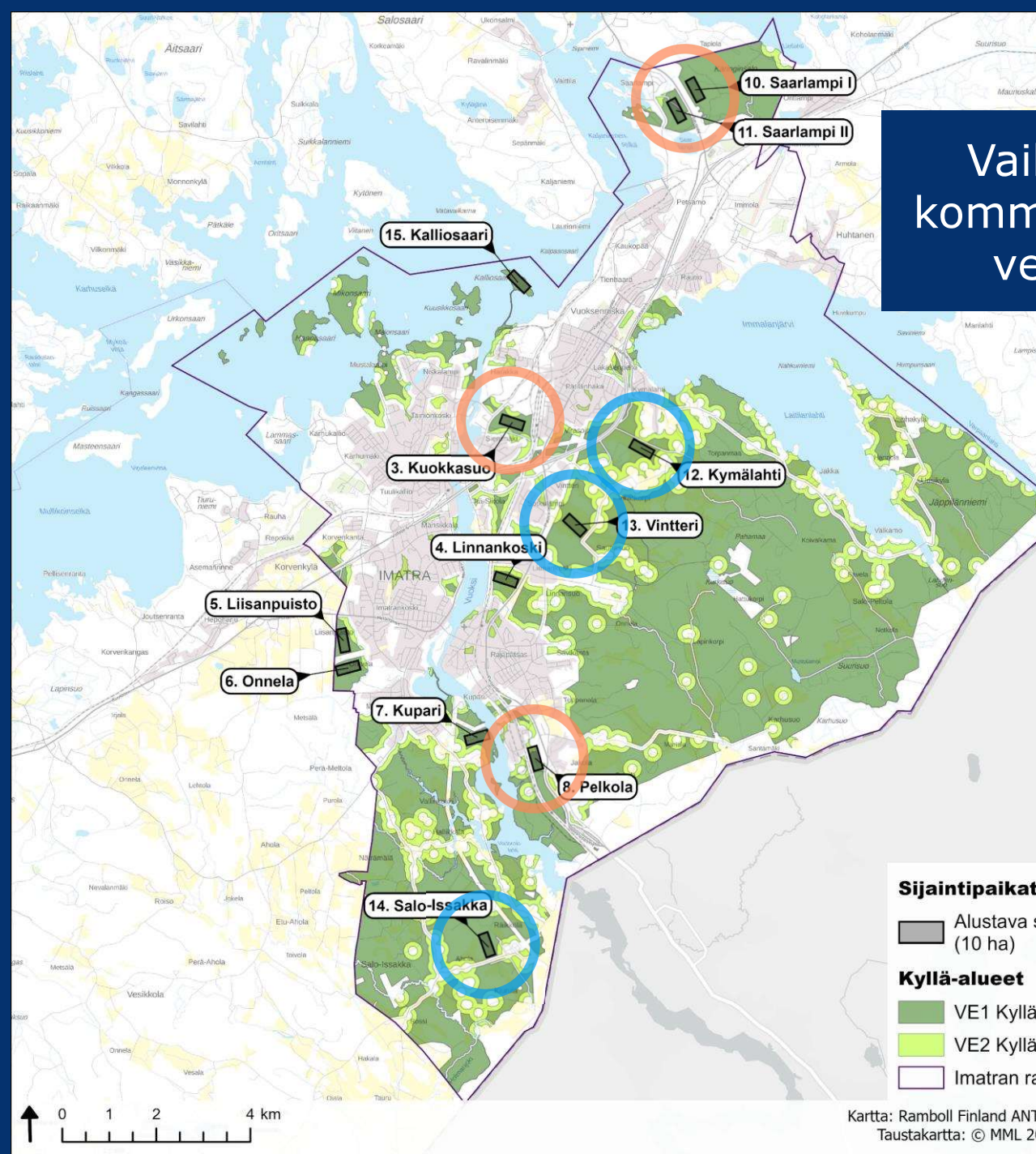
Kyllä-alueilta valitut sijaintipaikat

Tarkastelusta pudotettiin alhaisen hyödyntämispotentiaalin vuoksi kohteet 1. Vuoksen satama, 2. Karhukallio, 9. Rasinmäki.

Kartalle nostettiin tilalle seuraavat hyödyntämispotentiaailtaan huomionarvoiset uudet kohteet: 12. Kymälahti, 13. Vintteri, 14. Salo-Issakka

Tarkempaan vaikutusarviointiin valittiin kolme kohdetta: 3. Kuokkasuo, 8. Pelkola ja 10./11. Saarlammen kohteet.

Sidosryhmäyhteistyön (LUT) pohjalta kartalle nostettiin kohde 15. Kalliosaari.

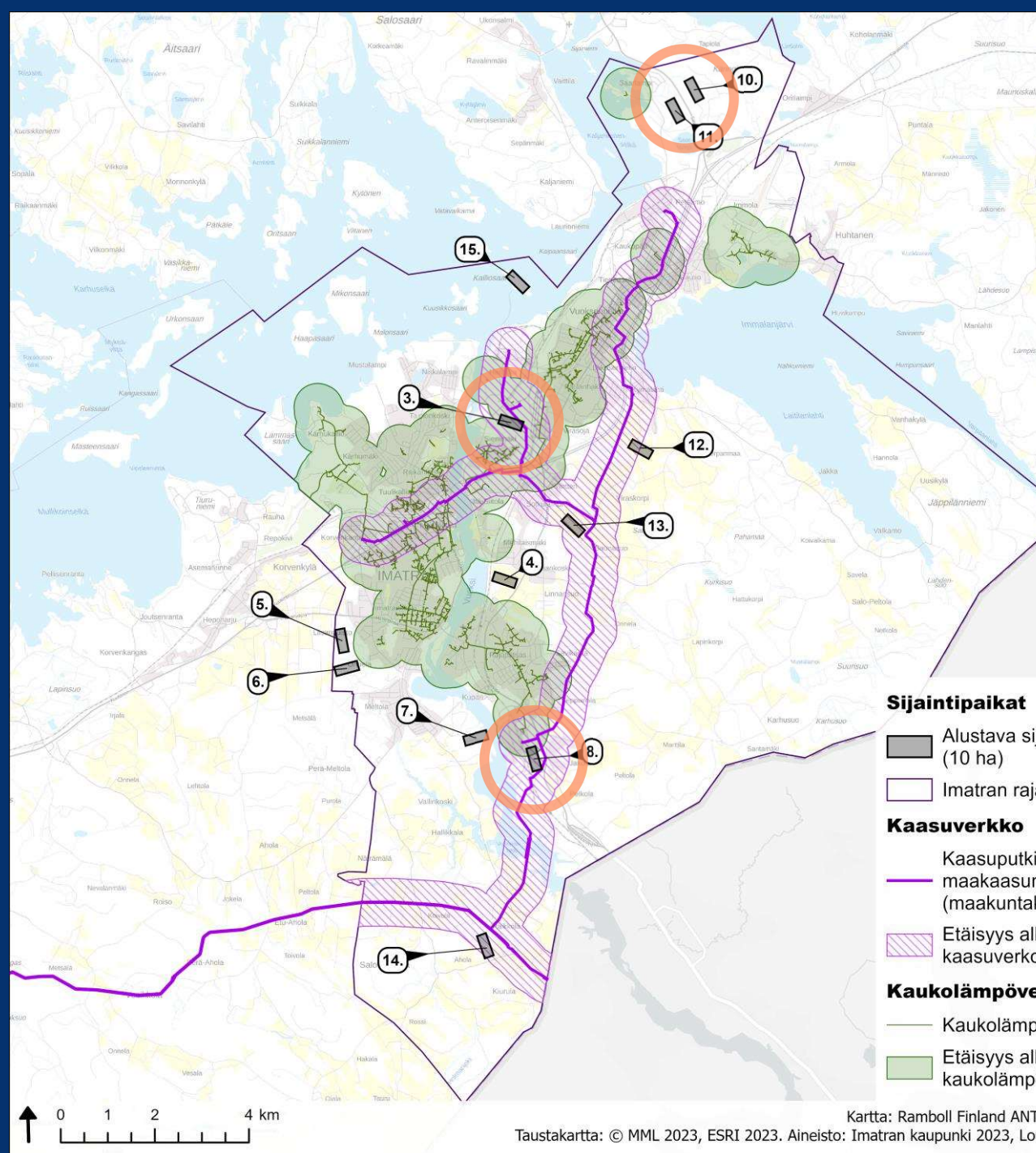


Vai
komm
ve

Sijaintipaikat suhteessa maakaasun ja kaukolämpö- verkostoon

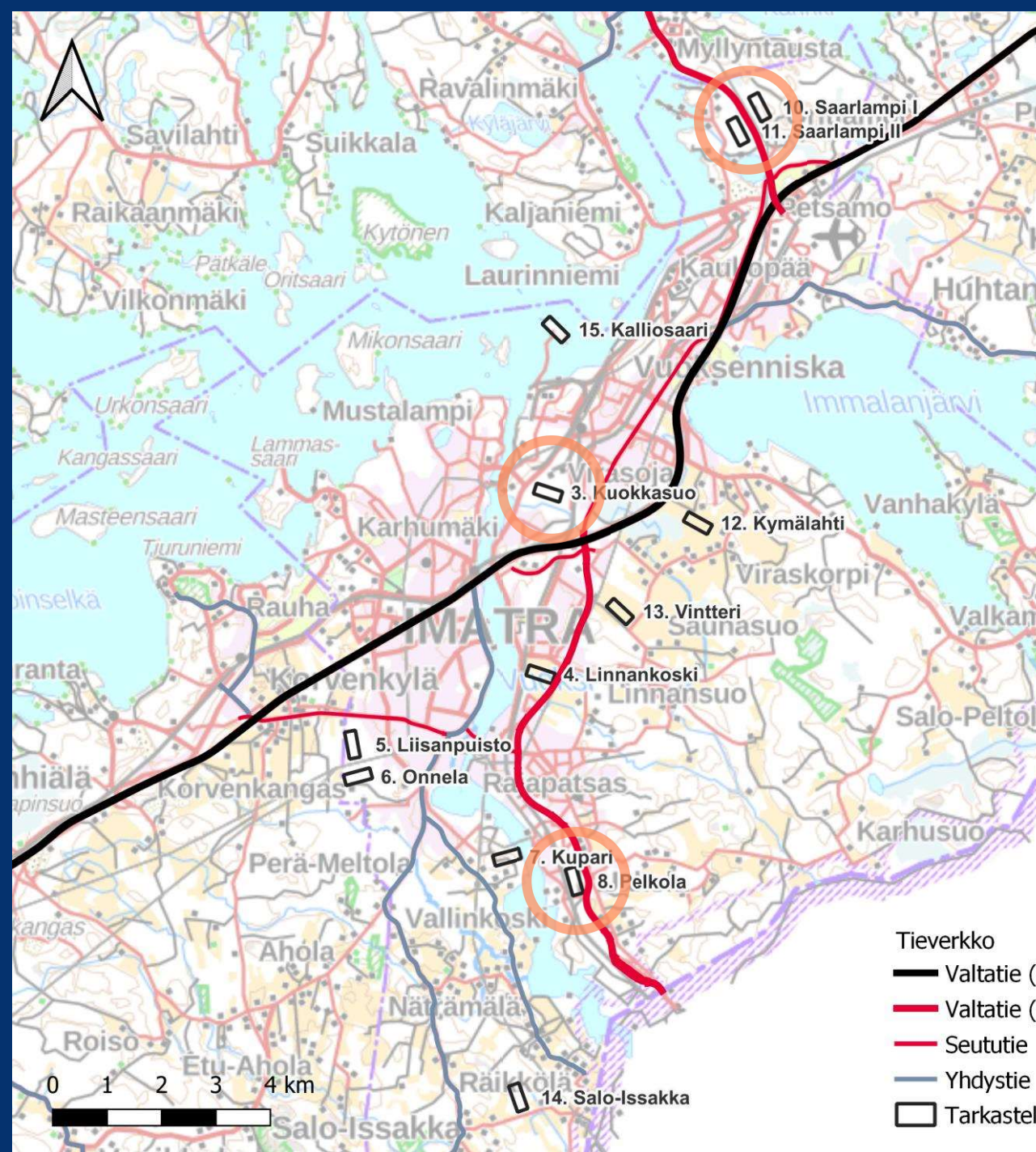
Oheisella kartalla on esitetty esitettyjen kohteiden sijainti suhteessa maakaasun runkoputkeen ja kaukolämpöverkkoon. Jatkotarkastelukohteet on korostettu **oranssilla**.

Mahdollinen uusi vedyn siirtoputki kulkee samassa käytävässä maakaasun runkoputken kanssa päättyen etelän kautta tarkastelukohteelle 8.



Sijaintipaikat suhteessa tieverkkoon

Oheisella kartalla on esitetty esitettyjen kohteiden sijainti suhteessa tieverkkoon. Jatkotarkastelukohteet on korostettu **oranssilla**.



Sijoituspaiikkojen valinta, etäisyydet

Jatkotarkastelu-
kohteet on korostettu
oranssilla.

Nro	Nimi	Kauko- lämpö- putki	Pääkaasu- linja	Vesi- huollon toiminta- alue	Jääsken vesiosuus kunnan toiminta- alue	Vesistö (järvi)	Vesistön nimi	Vesistö, joki	Joen nimi	Sähkölinja	Sähkö- asema	Säh- ase nimi
3	Kuokkasuo	0,41	0,16	0,28	6,81	1,77	Saimaa	0,64	Vuoksi	0,73	0,75	Viran
4	Linnankoski	0,83	1,83	0,33	3,48	4,73	Saimaa	0,39	Vuoksi	0,35	0,58	Raj
5	Liisanpuisto	0,74	2,19	0,33	3,02	3,25	Saimaa	1,81	Vuoksi	0,34	2,08	Mar
6	Onnela	0,82	2,75	0,47	2,42	3,85	Saimaa	1,68	Vuoksi	0,22	2,19	Ima
7	Kupari	0,97	1,03	0,47	0,06	6,43	Saimaa	0,22	Vuoksi	0,19	0,61	Ova
8	Pelkola	0,58	0,23	0,23	0,96	7,55	Saimaa	0,53	Vuoksi	1,00	1,12	Ova
10	Saarlampi I	1,41	2,65	0,62	14,60	0,99	Saimaa	5,86	Salonjoki	0,22	0,95	Saa
11	Saarlampi II	1,06	2,16	0,46	14,06	0,53	Saimaa	5,36	Salonjoki	0,33	0,75	Saa
12	Kymälahti	1,56	0,52	0,30	7,12	1,29	Immalan- järvi	1,04	Salonjoki	1,29	2,26	Viran
13	Vintteri	1,28	0,33	0,63	5,02	3,40	Immalan- järvi	1,09	Salonjoki	0,48	1,83	Viran
14	Salo- Issakka	4,58	0,33	3,00	0,13	8,98	Saimaa	1,70	Hallikkaan- joki	0,65	4,81	Ova
15	Kalliosaari	1,48	1,52	1,25	9,79	0,11	Saimaa	1,38	Vuoksi	1,24	1,70	Tai en

Valittujen sijoituspaikkojen tarkempi tarkastelu

Kuokkasuo - Pelkola - Saarlampi

Työvaiheet

Vaikutusten arviointi valituille kohteille

Määriteltyjen kriteerien perusteella paikkatieto-ohjelmiston avulla etsittiin Imatran alueelta mahdollisia hankkeiden sijoittumiskohteita, joiden kohdekortit on esitetty raportin liitteessä 2.

Tarkempaan tarkasteluun valittujen sijaintipaikkojen vaikutusten arvioinnissa on kuvattu hankealueen nykytilanne sekä maanomistus ja kaavoitus- ja lupatilanne. Nämä kohdekortit on esitetty raportin liitteessä 1.

Johtopäätöksissä tämän raportin lopussa on esitetty mahdolliset selvitys- ja muut tarpeet hankkeiden toteuttamiseksi sekä arvio soveltuvuudesta erilaisiin hankkeisiin, hankealueen toteuttamisen etenemisprosessi ja mahdollinen aikataulu.

Tarkempaan vaikutusarviointiin valittiin kolme kohteita

3. Kuokkasuo

8. Pelkola

10./11. Saarlam
kohteet

Jatkotarkastelu

Kuokkasuo – Pelkola - Saarlampi

Seuraavilla sivuilla on esitetty kohteiden arvotus kolmiportaisella asteikolla huono/kohtalainen/hyvä, sekä sanallinen kuvaus arviosta.

Oikealla on esitetty tarkastelukriteerin selite.

- **Kaava:** Alueen kaavoituksen tilanne ja vaatiiko kaavamääräisen teollisen toiminnan mahdollistamiseksi alueella.
- **Infra:** Alueen lähistön jo olemassa oleva infrastruktuuri.
- **Vedyn siirtoputkisto:** Arvio tarvittavan vedyn siirtoputkistojen rakentamisesta huomioiden mahdolliset vedyn pääkäyttäjien mahdollinen yhteys vetyverkostoon.
- **Vaade suojarakenteille:** Arvioitu etäisyys alueen läheisiin herkkiin kohteisiin, kuten asuin- ja lomarakennuksiin.
- **Veden saatavuus:** Arvio käytettävien vesilähteistä ja niiden sijainnista alueeseen nähden.
- **Veden laatu:** Arvioitujen vesilähteiden veden laatu huomioiden veden laadun vaatimukset elektrolyysiä varten.
- **Maanmuokattavuus:** Arvioitu tarve alueen maanmuokkaukseen.
- **Happamat sulfaattimaat:** Arvio alueen sijoittumisesta happamien sulfaattimaiden riskialueelle.
- **Luonnontilaisuus:** Alustava arvio alueen luonnontilaisuudesta.
- **Luonnonsuojelu ja kulttuuriympäristö:** Arvio alueen läheisyyteen sijoittuvista luonnonsuojelualueista, muinais- ja kulttuuriympäristön kohteista.

Jatkotarkastelu

Tarkastelu- kriteerit	Kaava	Infra	Vedyn siirto pääkäyttö- kohteelle	Vaade suoja- rakenteille	Veden saatavuus	Veden laatu	Maan- muokat- tavuus	Happamat sulfaatti- maat	Luonnon- tilaisuus
Kuokkasuo	3. Huono	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä	2. Kohtalainen	1. Hyvä	2. Kohtalainen	1. Hyvä	1. Hyvä
Pelkola	2. Kohtalainen	2. Kohtalainen	1. Hyvä	2. Kohtalainen	2. Kohtalainen	1. Hyvä	3. Huono	1. Hyvä	1. Hyvä
Saarlampi	3. Huono	2. Kohtalainen	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä	1. Hyvä

Jatkotarkastelu

Tarkastelu-kriteerit	Kaava	Infra	Vedyn siirto pääkäyttö-kohteelle	Vaade suoja-rakenteille	Veden saatavuus	Veden laatu	Maanmuokattavuus	Happamat sulfaattimaat	Luonnon-tilaisuus
Kuokkasuo	Alueella ei voimassa olevaa asemakaavaa. Imatran osayleiskaavassa merkitty pääosin maatalous- ja taimitarha-alueeksi.	Valtatie noin 2 km päässä ja rautatieasema noin 4 km päässä. Sähköasema sijaitsee noin 1 km päässä.	Lähin kaasuverkko-asema sijaitsee alle 1 km päässä, teollisuutta 1,5 km päässä.	Alue sijaitsee kokonaan KYLLÄ-alueella, josta on lähimpiin herkkiin kohteisiin noin 200 m.	Vuoksi joki alueen lähellä, riittävä veden saatavuus tarkistettava.	Makeaa vettä saatavilla läheltä, veden tila on hyvä, veden laatu tarkistettava.	Voi vaatia maanmuokkaus-toimia laajasti alueella, kuten massanvaihtoja tai paaluttamista savikoilla.	Happamien sulfaattimaiden esiintymistä ei olla selvityetty. Hyvin pieni riski.	Alue on osin metsätalous-käytössä, joka on menettänyt luonnon-tilaisuutensa.
Pelkola	Voimassa asemakaava, pääasiassa teollisuus- ja varastorakennusten kortteli-alueeksi. Edellyttäneen kaavamuutoksen (T/kem). Osayleiskaavan mukainen työpaikka-alue.	Valtatie ja juna-asema alle 10 km. Sähköasema sijaitsee noin 3 km päässä.	Lähin kaasuverkko-asema sijaitsee alle 1 km päässä, teollisuutta alle 1 km päässä.	Alue osittain VE1 ja VE2 KYLLÄ-alueilla ja osin näiden alueiden ulkopuolella. Etäisyys lähimpiin herkkiin kohteisiin on noin 150 m ja teolliseen rakennukseen noin 50 m.	Vuoksi joki alueen lähellä, riittävä veden saatavuus tarkistettava.	Makeaa vettä saatavilla läheltä, veden tila on hyvä, veden laatu tarkistettava.	Vaatii maanmuokkaus-toimia laajasti alueella, kuten massanvaihtoja tai paaluttamista savikoilla.	Happamien sulfaattimaiden esiintymistä ei olla selvityetty. Hyvin pieni riski.	Alue on pääosin metsäistä, mutta ei luonnon-tilaista.
Saarlampi	Alueella ei voimassa olevaa asemakaavaa. Imatran osayleiskaavassa merkitty maa- ja metsätalous-valtaiseksi alueeksi.	Valtatie sijaitsee alle 5 km päässä ja juna-asema sijaitsee alle 10 km päässä kohteesta Sähköasema sijaitsee noin 10 km päässä	Lähin kaasuverkko-asema sijaitsee 2 km päässä, teollisuutta 2 km päässä.	Alue sijaitsee kokonaan KYLLÄ-alueella, josta on lähimpiin herkkiin kohteisiin noin 200 m.	Kaljaniemen-selkä (järvivesi) alueen lähellä.	Makeaa vettä saatavilla läheltä, veden tila on hyvä, veden laatu tarkistettava.	Vaatii arvioltaan vähäisiä maanmuokkaus-toimia. Voi vaatia louhintaa.	Happamien sulfaattimaiden esiintymistä ei olla selvityetty. Hyvin pieni riski.	Alue on talousmetsää, joka on menettänyt luonnon-tilaisuutensa.

Johtopäätökset

Tarkemmat
maankäytölliset
kohdekortit on esitetty
selvityksen liitteessä 1.

Johtopäätökset

Yleistä

Vedyn valmistuksen ja siirtoputkiston suunnittelussa on syytä huomioida olemassa olevan teollisuuden sijainti. Vetyhanke voi tukea muiden teollisten toimijoiden toimintaa erityisesti tulevaisuudessa.

Vedyn käytön osalta paras tilanne olisi, jos vedyn hyödyntäjä sijaitsisi mahdollisimman lähellä vedyn tuotantoa. Tästä johtuen alueen valinnassa on syytä huomioida mahdollisuus alueen laajentamiseen. Tällaisia kohteita ovat mm. Saarlammen kohteet.

Teollisten toimintojen keskittäminen on kannatettavaa erityisesti, jos kaupunkiympäristössä on paljon herkkiä kohteita tai muita toimintoja, joihin hankkeella voi olla merkittäviä vaikutuksia.

Hankkeiden hyväksyttävyyden kannalta on parempi, että teollisuus keskittyy tietyille alueille. Tästä näkökulmasta Pelkolan kohde on huomionarvoisin.



Johtopäätökset

Tarkastelupaikkojen siirrettävyys ja muokattavuus

Tehty KYLLÄ- ja EI -alueanalyysi mahdollistaa tarkasteltujen alueiden siirtämisen analyysissä saatujen tulosten puitteissa. Mikäli alueita siirretään tai alueen kokoa laajennetaan, vaatii se uudestaan alueen tarkempaa tarkastelua.

Jatkotarkasteluun valittujen alueiden siirrettävyys ja muokattavuus:

Kuokkasuo:

- Alue on siirrettävissä tai laajennettavissa hyvin rajallisesti.

Pelkola:

- Alue ei ole siirrettävissä tai laajennettavissa.

Saarlampi:

- Alueet on siirrettävissä ja laajennettavissa.
- Mahdollisuus yhdistää yhdeksi suuremmaksi kokonaisuudeksi, jos alue II todetaan rakentamiskelpoiseksi (vanha kaatopaikka).

Johtopäätökset

Tarkastelupaikkojen käyttö: vedyn tuotanto ja/tai varastointi

Kuokkasuo:

- Alue soveltuu sekä vedyn tuotantoon että pienimuotoiseen varastointiin.
- Alueella tulee huomioida tarvittavat suojarakenteet, mikäli vetyä varastoidaan.
- Alue vaatisi laajempia maanmuokkaustoimia tai massanvaihtoja, mikäli aluetta hyödynnettäisiin myös vedyn tuotantoon tai varastointiin

Pelkola:

- Alue soveltuu sekä vedyn tuotantoon että pienimuotoiseen varastointiin.
- Alueella tulee huomioida tarvittavat suojarakenteet, mikäli vetyä varastoidaan.

Saarlampi:

- Alue soveltuu sekä vedyn tuotantoon että varastointiin.

Johtopäätökset

Selvitystarpeet ja luvitus

Suunnittelualueiden osalta tarkempien selvityksien lisäksi seuraavia mahdollisia tarpeita ovat:

- YVA-menettely
- Kaavoitus
- Tarvittavat luvat, kuten ympäristölupa, rakennuslupa, maanottolupa, vesilupa ja kemikaaliluvat.

Vedyn tuotannon ja varastoinnin osalta ei ole varmuutta YVA-menettelyn tarpeesta. YVA-menettelyn tarve tulee selvittää ELY-keskuksen yhteysviranomaisen kanssa.

→ Mikäli hankkeesta aiheutuu merkittäviä ympäristövaikutuksia, ylittää hanke YVA-menettelyn laukaisevan kynnyksen.

Maankäytönsuunnittelun edetessä valittujen osalta on syytä toteuttaa tarkempia selvityksiä alueilla, kuten:

- Maanomistajuuden selvitys ja voimassa olevien vuokrasopimusten tarkastelu
- Rakennettavuusselvitykset
- Kasvillisuus- ja luontoselvitykset maastokäytön aikana
- Sähkönsiirron voimajohtolinjojen riittävyys selvitys ja uusien linjojen aluevaraukset
- Veden saatavuuden selvitys

Johtopäätökset

Kaavoitus

Yleiskaava

- Pelkolassa lähtötilanne osayleiskaavan osalta paras.
- Kuokkasuolla ja Saarlammin kohteissa alue on osayleiskaavassa maa- ja metsätalousaluetta. → Asemakaavan muutos teolliseen toimintaan saattaa vaatia osayleiskaavan muutoksen.

Yleiskaavan muutoksen tarvetta pohdittaessa mahdollisesti huomioitavia asioita:

- Onko yleiskaava ilmeisen vanhentunut → onko yleiskaavasta poikkeamiseen tästä johtuen perusteltu syy?
- Sopeutuuko asemakaava yleiskaavan kokonaisuuteen?
- Täyttäisikö asemakaava riittävällä tavalla yleiskaavan sisältövaatimukset?

Asemakaavan tarve

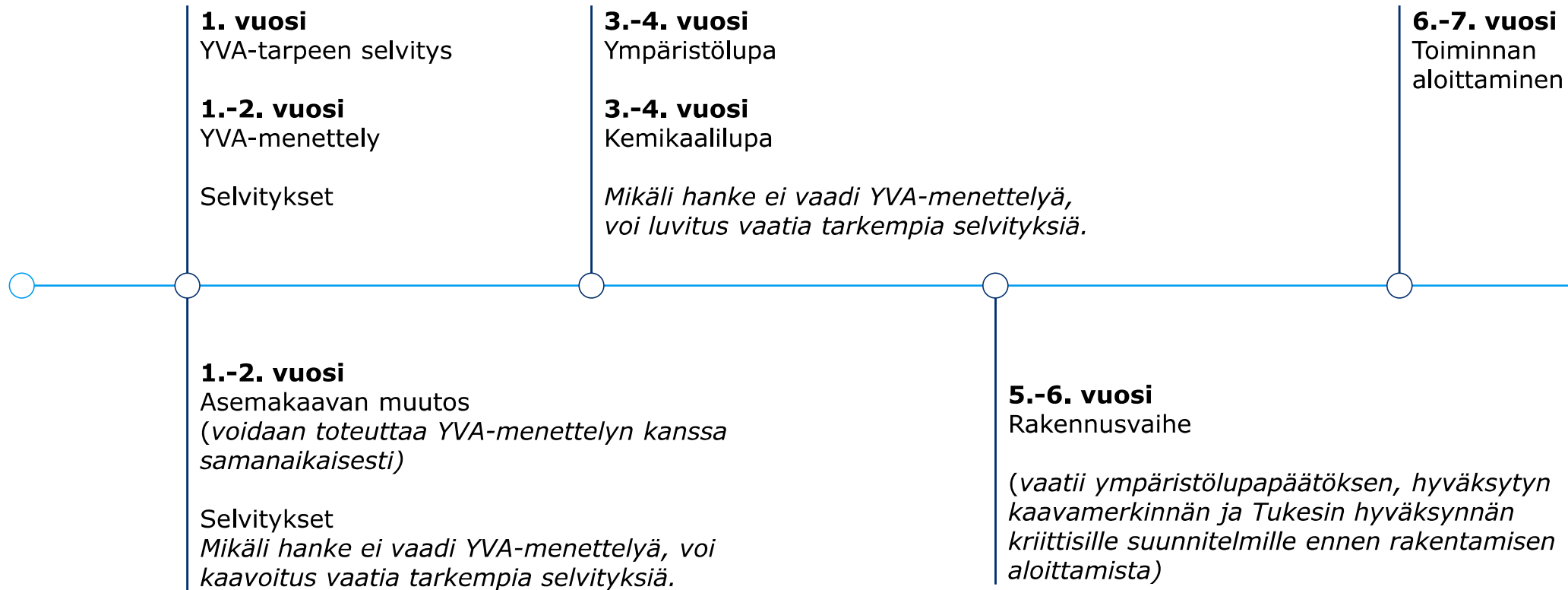
Vedyn tuotanto vaatii asemakaavan T/kem – kaavamerkinnällä.

Tukes toteaa oppaassaan *Tuotantolaitosten sijoittamista* seuraavaa: *Suuronnettomuusvaarallisille kohteille suositellaan kaavamerkintää T/kem (teollisuus- tai varastorakennusten alue, jolle saa sijoittaa merkittäviä vaarallisia kemikaaleja valmistavan tai varastoivan laitoksen).*

Lisäksi huomioitavaa:

- Asemakaavan päivitys voidaan toteuttaa saman mahdollisen YVA-menettelyn kanssa.
- YVA-menettelyn ja kaavoituksen yhdistäminen joltain siltä kannalta, että YVA:n selvityksiä ja vaikutusarvioita voidaan hyödyntää kaavassa. Toisaalta taas valtion kaupungin teettämä kaava nostaa kohteen potentiaalisen investorien näkökulmasta.

Arvio hankkeen aikataulusta



Lähteet

1. Työterveyslaitos, 2017. OVA-ohje: Vety. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/ova/vety.html>.
2. Fortum, 2020. Vetytalous tulee – ennemmin tai myöhemmin. Saatavilla: <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/blogi/forthedoers-blogi/vetytalous-tulee-ennemmin-tai-myohemmin>.
3. Orava, I., 2014. Diplomityö – Power to Gas – sähköenergiasta luonnonkaasua, liiketoimintamahdollisuudet Suomessa. Lappeenrannan teknillinen yliopisto; Energiatekniikan koulutusohjelma.
4. Himanen, O., 2020. VTT – Vedyn nykytilanne ja mahdollisuudet. Saatavilla: <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/JulkaisuMetatieto/Documents/EDK-2020-AK-317559.pdf>.
5. Kiesilä, P., 2021. Kandidaatintyö – Vetytalous ja vedyn tuotanto eri teknologioilla: Teknicaloudellinen vertailu. Tampereen yliopisto; Ympäristö- ja energiatekniikan tutkinto-ohjelma.
6. Jens, J., Wang, A., van der Leun, K., Peters, D. & Buseman, M., 2021. Extending the European Hydrogen backbone: A European Hydrogen Infrastructure Vision covering 21 countries.
7. Raahan seudun kehitys, 2021. Kansallinen vetyverkosto. Saatavilla: <https://www.raahenseudunkehitys.fi/kansallinen-vetyverkosto>
8. Jääskö, A., 2021. Kandidaatintyö – Vedyn tuotanto elektrolyysilla. Oulun yliopisto; Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma.
9. Nel ASA, 2019. Nel Hydrogen Electrolysers – The World’s Most Efficient and Reliable: Electrolysers. Saatavilla: <https://nelhydrogen.com/wp-content/uploads/2020/03/Electrolysers-Brochure-Rev-C.pdf>.
10. A. Ursua, L. Gandía, P. Sanchis. 2012. Hydrogen Production From Water Electrolysis: Current Status And Future Trends.
11. Valvira, 2020. Talousvesiasetuksen soveltamisohje osa III – Enimäisarvojen perusteet. Sosiaali- ja terveysalan lupa- ja valvontavirasto Valvira ohje 5/2020. Dnro V/33102/2020.
12. Työterveyslaitos, 2015. OVA-ohje: Happi. Saatavilla: <https://www.ttl.fi/ova/happi.html>.
13. Gaia Consulting Oy, 2018. Kilpilahden suuronnettomuuksien huomioiminen maankäytön suunnittelussa – selvityksen päivitys. Saatavilla: https://www.porvoo.fi/library/files/5b961159ed6b97b22b000b32/KKM_Kilpilahden_suuronnettomuuksien_huomioiminen_maank_yt_n_suunnittelussa_2018.pdf.
14. Ramboll Finland Oy, 2017. Nord Stream 2 – maakaasuputkilinja itämeren poikki: Ympäristövaikutusten arviointiselostus, Suomi.
15. SFS 3278 Kuljetettavat kaasusäiliöt: Vedyn, metaanin ja eteenin varastointi ja käyttö.
16. Gasgrid, 2023. <https://gasgrid.fi/kaasuverkosto/kaasun-siirtoverkosto/>
17. Haikarainen I. Hiilidioksidin käsittely p2G prosessia varten, 2015. Saatavilla: https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/104437/Hiilidioksidin%20k%C3%A4sittely%20P2G-prosessissa_kandity%C3%B6_haikarainen.pdf?sequence=2&isAllowed=y
18. Joutseno-Imatra vedyn siirtoverkkohanke. Saatavilla: <https://gasgrid.fi/hankkeet/joutseno-imatra-hanke/>
19. PÄÄTÖS YMPÄRISTÖVAIKUTUSTEN ARVIOINTIMENETTELYN SOVELTAMISESTA YKSITTÄISTAPAUKSESSA Gasgrid Finland Oy:n vedyn siirtoinfrastruktuurin demonstraatiohanke, Lappeenranta ja Imatra, 2023. Saatavilla: <https://www.ymparisto.fi/sites/default/p%C3%A4%C3%A4t%C3%B6s%20Gasgrid%20Finland%20Oyn%20vedyn%20siirtoinfrastruktuurin%20demonstraatiohanke%20Joutseno%20Lappeenranta.pdf>
20. Fingrid kantaverkon kehittämissuunnitelma 2022–2031. Saatavilla: <https://www.fingrid.fi/globalassets/dokumentit/fi/kantaverkko/kantaverkon-kehittaminen/kantaverkon-kehittamissuunnitelma-2022-2031.pdf>
21. Ylikkälä-Imatra 400 kV voimajohtohankkeen ympäristövaikutusten arvioinnin täydentäminen, 2005, Sito. Saatavilla: https://www.fingrid.fi/contentassets/4ae87d693fc140198beb6cb1b8be0b22/1240478346062_2_le_yl_raportti.pdf
22. YLE-artikkeli; Tuulivoimalat voisivat yli kymmenkertaistaa Suomen sähköntuotannon – tieto yllätti tutkijan: “Luvut ovat huimia”, 2023. Saatavilla: https://yle.fi/a/74-20054445?utm_source=social-media-share&utm_medium=social&utm_campaign=ylefiaapp
23. Valtioneuvosto, ITÄISEN SUOMEN TUULIVOIMARAKENTAMISEN TEHOSTAMINEN, 2023. Saatavilla: https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/153287519/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf/ed8981bb-e8dd-fc65-eeb1-4d999256002c/Tuulivoimaselvitys_final_AR_150323.pdf?t=1678882585236

Lähteet

- Paikkatietoaineistojen lähteet:
 - Maanmittauslaitos 9/2023 Maastotietokanta
 - Maanmittauslaitos 9/2023 Maastokarttarasteri
 - Maanmittauslaitos 9/2023 Kiinteistörekisteri
 - Museovirasto 9/2023 Suunnitteluaineistot
 - Kaakkois-Suomen liitto 9/2023 Maakuntakaava
 - Imatran kaupunki 9/2023 Maanomistus
 - Syke 9/2023 Ladattavat paikkatietoaineistot
 - Syke 9/2023 Yleiskaavapalvelu
- Kuvat:
 - Ramboll kuvapankki

