

Vastaanottaja
Prizztech Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
15.9.2025

UUDEN TEOLLISUUSALUEEN JÄÄHDYTYSVESIRATKAISUT UUDEN TEOLLISUUSALUEEN JÄÄHDYTYSVESIRATKAISUT JA NIIDEN VAIKUTUKSET



Rambollin Yhteyshenkilö:

Jouni Kivirinne
+358 40 334 1868
jouni.kivirinne@ramboll.fi

Tarkastaja: Jouni Kivirinne
Hyväksyjä: Mira Helve

Ramboll Finland Oy
PL 25
Itsehallintokuja 3
02601 ESPOO

P +358 20 755 611
F +358 20 755 6201
<https://fi.ramboll.com>

Y-tunnus 0101197-5
Kotipaikka Espoo

SISÄLTÖ

1.	TAUSTA	2
2.	Jokiveden käyttöön perustuva teollisuusvesi-infra	3
2.1	Jäähdytys- ja prosessivedet	4
2.2	Putkistoreitit sekä vedenotto- ja purkupisteet	5
2.3	Pumppaamot	8
2.4	Kustannusarvio	11
3.	Jäähdytysvedestä joelle aiheutuva lämpökuorma ja sen ekologiset vaikutukset	12
3.1	Kokemäenjoen nykytila	12
3.2	Kalasto	12
3.3	Pohjaeläimet	13
3.4	Jäähdytysvesien lämpökuorma	14
3.5	Lämpökuorman ympäristölliset vaikutukset	16
3.6	Lämpökuorman volyymin merkitys	17
3.7	Purkupaikan sijainnin vaikutus	17
3.8	Lämpökuorman vaikutukset eliöstöön	17
4.	Sähköintensiivisen teollisuuden jäähdytysratkaisut	19
4.1	Jäähdytysratkaisut	19
4.1.1	Läpivirtausjäähdytys	19
4.1.2	Haihutusjäähdytys	20
4.1.3	Ilmajäähdytys (kuivajäähdytys)	20
4.1.4	Absorptiojäähdytys	21
4.1.5	Hybridijäähdytys	21
4.2	Jäähdytysratkaisujen vertailu	21
4.3	Jäähdytysinfra	23
4.4	Kustannusarviot	24
4.5	Lämmön hyödyntämismahdollisuuksien kartoitus ja arviointi	25
4.6	Urean tuotannon potentiaali Pirunkynnen PtX-ekosysteemissä	26
4.6.1	Yleistä urean tuotannosta	26
4.6.2	Urean tuotannon vaikutukset vedenkulutukseen	27
4.6.3	Yhteenveto urean tuotannosta	28
5.	Yhteenveto ja johtopäätökset	29
5.1	Suosittelava vesi-infrastruktuuriratkaisu ja alustava kustannusarvio	29
5.1.1	Suositus	29
5.1.2	Kustannusarvio (luokka-arviona)	29
5.2	Vaikutukset Kokemäenjokeen ja vesienhoidon tavoitteisiin	30
6.	LIITTEET	31
LIITE 1: Arvioitu tilantarve ja tekniset laskelmat, 650MW "PtX to Ammonia"		31

1. TAUSTA

Kokemäenjoen ekologinen tila on vuoden 2019 arvioinnissa määritelty tyydyttäväksi. Teollisuuden raskasmetallipäästöt jokeen ovat viimeisten vuosikymmenten aikana pienentyneet merkittävästi. Ympäristölupien asettamat raja-arvot ovat tiukentuneet samalla kun jätevesien puhdistusteknologia on kehittynyt. Teollisuuden jäähdytysvesien lämpökuormalle ei toistaiseksi ole asetettu rajoituksia. Uuden vetytalouteen pohjautuvan teollisuuden jäähdytysvesien lämpökuorma saattaa nousta varsin suureksi, ja sen mahdollista vaikutusta joen ekologiseen tilaan on syytä tarkastella etupainotteisesti.

Uvilan Pirunkynteen on suunnitteilla uusi teollisuusalue, jonka vahvuutena on läheinen sijainti Ulvilassa sijaitsevaan kantaverkon sähköasemaan. Alueelle on tarkoitus houkutella paljon sähköä tarvitsevaa teollisuutta, mikä todennäköisesti tarvitsee myös prosessi- ja jäähdytysvettä. Teollisuusalue sijaitsee noin 3 km päässä Kokemäenjoesta valtatie 11 itään päin. Pirunkynnen teollisuusalueen kaavoitus on osa Ulvilan Keskustaajaman yleiskaavaa 2045, joka on siirtymässä hyväksyntämenettelyyn syksyllä 2025. Alueen lähistölle on suunniteltu rakennettavaksi vetyputki, mutta tarkka sijoitus ei ole tiedossa. Jos vetyputki toteutuu, sillä voi olla merkittäviä vaikutuksia millaista teollisuutta alueelle sijoittuu.

Selvityksen tavoitteena on selvittää Ulvilan Pirunkynteen suunnitteilla olevan teollisuusalueen vedenkäytön vaikutuksia Kokemäenjokeen sekä lämpökuorman, että reaktien kemiallisten vaikutusten osalta. Lisäksi arvioidaan mahdollisuuksia näiden vaikutusten vähentämiseen. Tarkasteltavana ovat potentiaaliset vihreän siirtymän teollisuuslaitokset ja erityisesti niiden jäähdytysvesien aiheuttama lämpökuorma. Tavoitteena on myös kuvata tarvittava infrastruktuuri jokiveden johtamiseksi alueelle ja sieltä takaisin jokeen.

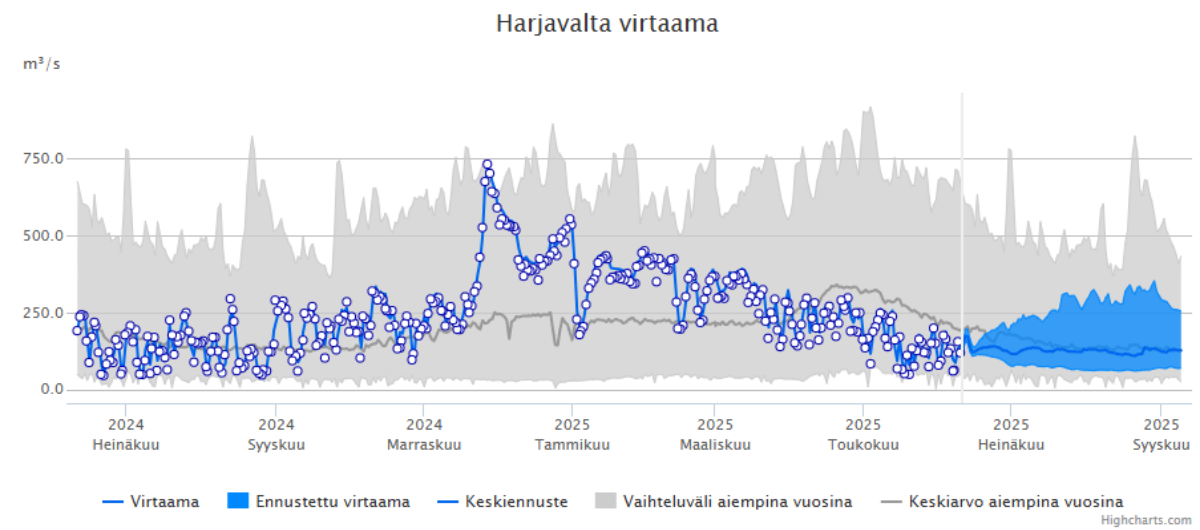
Jäähdytys- ja prosessivedentarkastelu selvitykseen valittiin aiemmasta selvityksessä määritetty skenaario, jossa Pirunkynnen uudelle teollisuusalueelle soveltuisi synteettistä ammoniakkaa valmistava tehdas ja akkumateriaalitehdas. Tällaisten laitosten on todettu soveltuvan erityisen hyvin osaksi satakuntalaista teollisuusklusteria ja ne soveltuvat vedentarpeeltaan tällaiselle alueelle. Selvityksessä tarkastellaan teoreettista skenaariota mahdollisesti alueelle sijoittuvista laitoksista. Selvitykseen valittu skenaario ei rajaa pois muita mahdollisia toimintoja sijoittumasta Pirunkynnen alueelle, vaan se tuo esille skenaariossa esitetyn toiminnan vaikutukset ja vaatimukset.

Vedyntuotanto ja sen jatkojalostus ovat hyvin sähköintensiivisiä prosesseja, joista syntyy paljon hukkalämpöä. Uusiutuvan vedyn jatkojalostus erilaisiksi synteettisiksi kemikaaleiksi kuten, ammoniakiksi, metanoliksi, metaaniksi tai uusiutuvaksi lentopolttoaineeksi (e-SAF), synnyttää suuren määrän hukkalämpöä, joka täytyy poistaa prosessista. Jatkojalostusprosessista riippuen noin 25–50 % sähköenergiasta muuttuu hukkalämmöksi, jota ei voida hyödyntää tehtaassa sisäisissä prosesseissa. Yleisesti ottaen kaikki edellä mainitut prosessit vaativat prosessivettä vihreän vedyn tuotantoon, koska elektrolyysiprosessissa vesimolekyyli hajotetaan sähköllä vedeksi ja hapeksi. Prosessissa osa sähköenergiasta muuttuu lämmöksi, joka täytyy poistaa prosessista esimerkiksi jäähdyttämällä se jokiveteen.

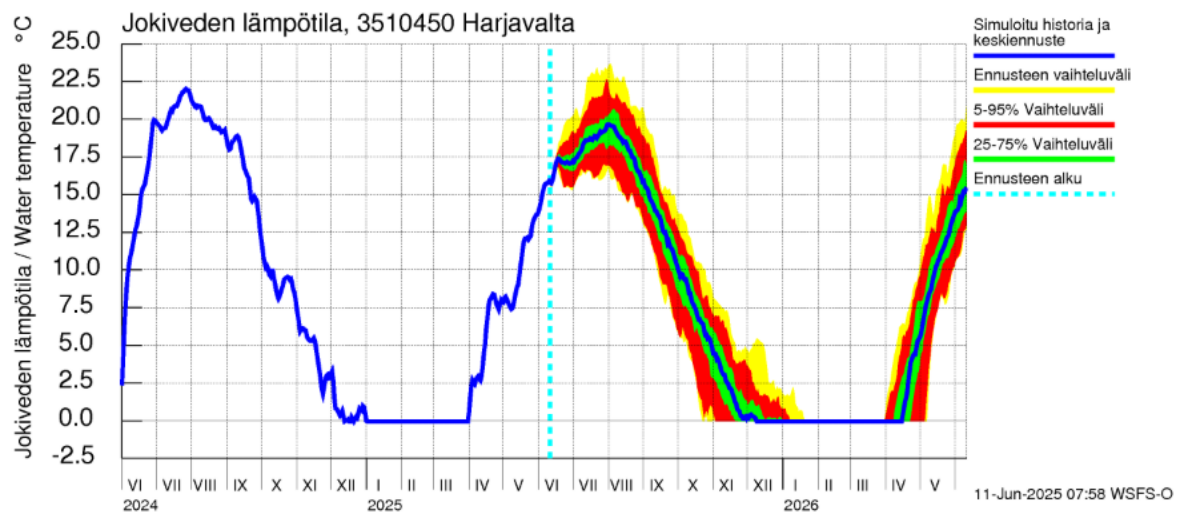
Selvitys on tuotettu osana ”Kokemäenjoen varren teknologiametalliklusterin vesivastuullisuus” -hanketta, joka toteutetaan Satakuntaliiton myöntämällä Alueiden kestävä kasvun ja elinvoiman tukeminen (AKKE) -rahoituksella.

2. JOKIVEDEN KÄYTTÖÖN PERUSTUVA TEOLLISUUSVESI-INFRA

Kokemäenjoen lähin koko jokea koskeva mittauspiste Harjavallassa, 17 kilometriä joen yläjuoksuun päin. Alla olevat kuvat (1 & 2) esittävät joen virtaaman ja lämpötilan. Kokemäenjoen keskivirtaama on 2000-luvulla ollut 238 m³/s, ja sen virtamaa säännöstellään vesivoimalaitosten tarpeisiin. Joen virtaamassa on paljon vuosittaista vaihtelua. Keskimääräinen ylin virtaama on 2000-luvulla ollut noin 600 m³/s ja alin virtaama noin 52 m³/s. Vuorokautista vaihtelua virtaamassa aiheuttaa virtaaman säännöstely voimalaitoksilla.¹



Kuva 1. Kokemäenjoen virtaama ²



Kuva 2. Kokemäenjoen lämpötila vuoden aikana ²

¹ <https://www.kokemaenjoki.fi/kokemaenjoki/veden-laatu-ja-virtaama>

² Vesi.fi <https://www2.ymparisto.fi/i2/35/q3510450y/wqfi.html>

2.1 Jäähdytys- ja prosessivedet

Jäähdytys- ja prosessivedentarkastelu selvitykseen valittiin aiemmasta selvityksessä määritetty skenaario, jossa Pirunkynnen uudelle teollisuusalueelle soveltuisi synteettistä ammoniakkia valmistava tehdas ja akkumateriaalitehdas.

Taulukko 1 alla esittää ammoniakkitehtaan ja akkumateriaalitehtaan jäähdytys- ja prosessiveden tarpeen. Yhteensä raakavedentarve on 166 000 000 m³ vuodessa tai noin 5 m³/s. Lähdeaineistossa otetun veden lämpötilaksi oletetaan läpi vuoden olevan 10 °C ja purettavan ammoniakkilaitoksen purettavan veden lämpötila vaihtelee 16–36 °C välillä. Laskennallisesti 5 m³ virtauksella, jolloin purettavan veden lämpötila on 24,4 °C kun otetun sisäänottoveden lämpötila on 10 °C. Kokemäenjoen virtaama vaihtelee hyvin paljon. Keskimäärin 238 m³/s ja alimmillaan 52 m³/s. Eli tehtaiden käyttämän veden määrä jäähdytykseen on 10 % joen minimivirtaamasta.

Taulukko 1. Tyyppilaitoksen vedentarve. Laskelma ei huomioi veden lämpötilan vaihtelua vuoden aikana vaan se on laskettu 10 °C lämpötilalla.

	Ammoniakkitehdas 650 MW (Lähde Rejlers Tahkoluoto)	Akkumateriaalitehdas 85 MW (Lähde Rejlers Tahkoluoto)	Veden kulutus Yhteensä	Siirtoputken sisähalkaisija (mm)
Raakavesi m ³ /a	2 340 000	12 260 000		500 mm
Raakavesi l/s	84	390	470	
Prosessivesi m ³ /a	1 000 000	3 330 000	4 330 000	
Prosessivesi l/s	32	106	140	
Jäähdytysvesi m ³ /a	140 000 000	7 250 000		1 800 mm
Jäähdytysvesi l/s	4 440	230		
Yhteensä m ³ /a	143 340 000	22 840 000	166 000 000	
Yhteensä l/s	4 556	726	~ 5 000	
Arvioitu lämpökuuma veteen (MW)	300			

Kun tarvitaan jäähdytysvettä, niin putken virtaus on 5 m³/s. Tällöin otto- ja poistoputken halkaisija 1,6–1,8 metriä.

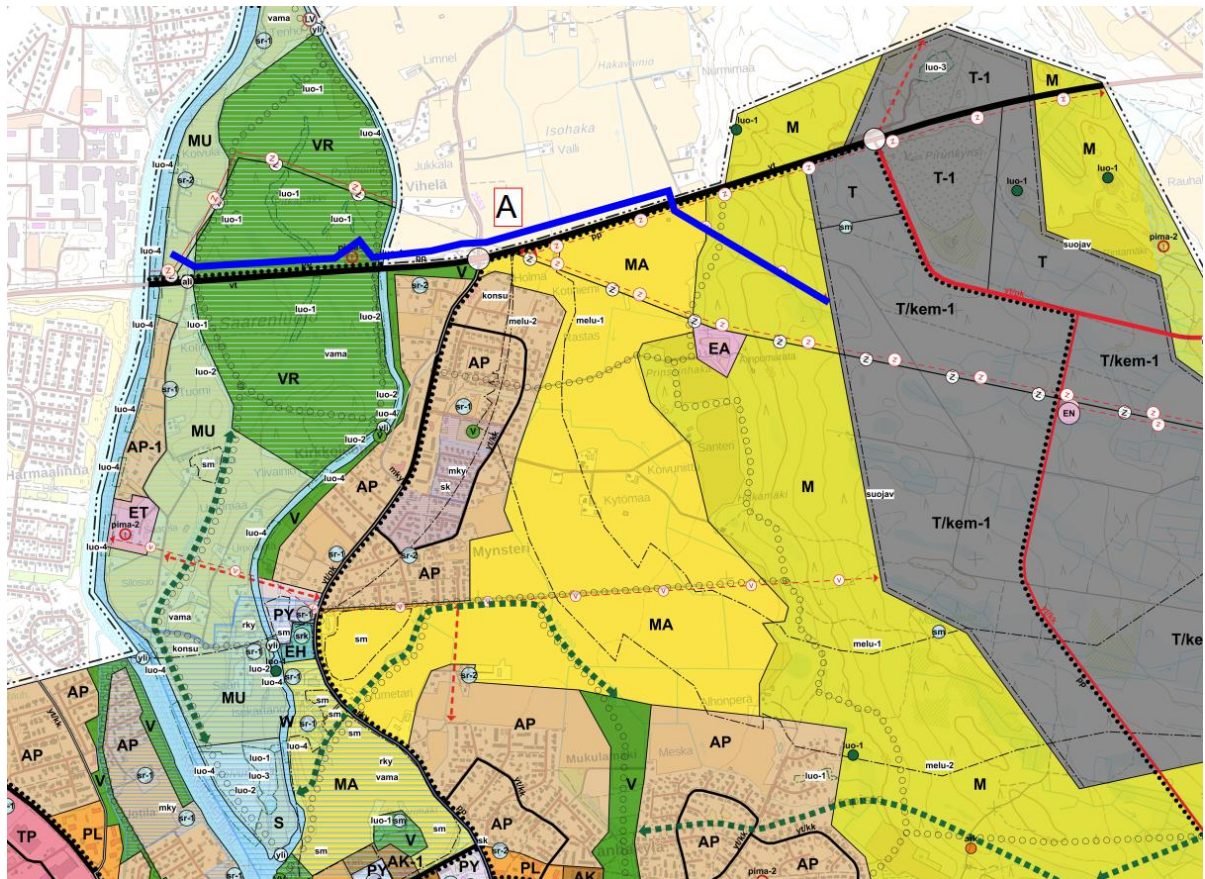
- Sisähalkaisijaltaan 1,6 m putkella virtausnopeus on vielä hyväksyttävä (2,6 m/s) ja painehäviö maltillinen (~8 m).
- Suurempi putki (1,8 m) pienentäisi häviöitä, mutta rakentamiskustannus kasvaa merkittävästi.
- Pienempi putki (1,4 m) kasvattaa häviöt yli 15 m, mikä nostaa pumpputehoa liikaa.

Sisähalkaisijaltaan suuremman 1800 mm putken painehäviöt olisivat pienemmät, mutta sen investointikustannukset ovat suuremmat ja noin suuren teräksisen paineputken saatavuus on huono. Sisähalkaisijaltaan 1600 PEH -putki on kokoluokaltaan suurimpia mitä Suomen markkinoilla on saatavilla. Jos Kokemäenjoen käyttö jäähdytysveden ottoon on jatkoselvityksissä vielä mukana, on syytä tarkastella erillisenä vaihtoehtona neljää rinnakkaista 1500 PEH -putkea, kaksi otto- ja kaksi purku putkea. Rinnakkaisten putkien voi mahdollistaa optimaaliset virtausnopeudet, pienemmän painehäviön ja joustavuutta (esim. huoltokatkot).

Pelkän prosessivedentarve ammoniakkitehtaalle ja akkutehtaalle on yhteensä 140 l/s, jolloin jäähdytys hoidetaan jollain muulla tavalla kuin jokivedellä. Lähtöaineistossa ei määritetty raakaveden ominaisuuksia vaan se on luultavasti merivettä, joten Kokemäenjoesta otettavan raakaveden määrä ei luultavasti vastaa lähtöaineistossa mainittuja arvoja. Tämän vuoksi prosessiveden ottoputken kooksi valittiin 500 mm, joka on suurempi kuin mitä pelkän prosessiveden tarve vaatisi. Jos jatkoselvityksissä raakaveden tarpeeksi todetaan 470 l/s niin siihen tarvitaan 710 PEH -putki. Tämän kokoisille putkille on helppo löytää toimittajia.

2.2 Putkistoreitit sekä vedenotto- ja purkupisteet

Paras putkireitti Kokemäenjoelle on kuvattu alla olevassa kuvassa (Kuva 3). Reitti A kulkee Valtatien 11 (Tampereentie) suuntaisesti Kokemäenjoen päähaaraan suorinta reittiä hankealueen pohjoispuolelta. Reitillä ei ole selkeitä suojelukohteita. Tämän suunnitelman perusteella päädyttiin jättämään jatkotarkasteluista pois Kokemäenjoen itäisempi pienempi haara, koska sen todettiin olevan liian pieni tämän kaltaiseen vedenottoon.



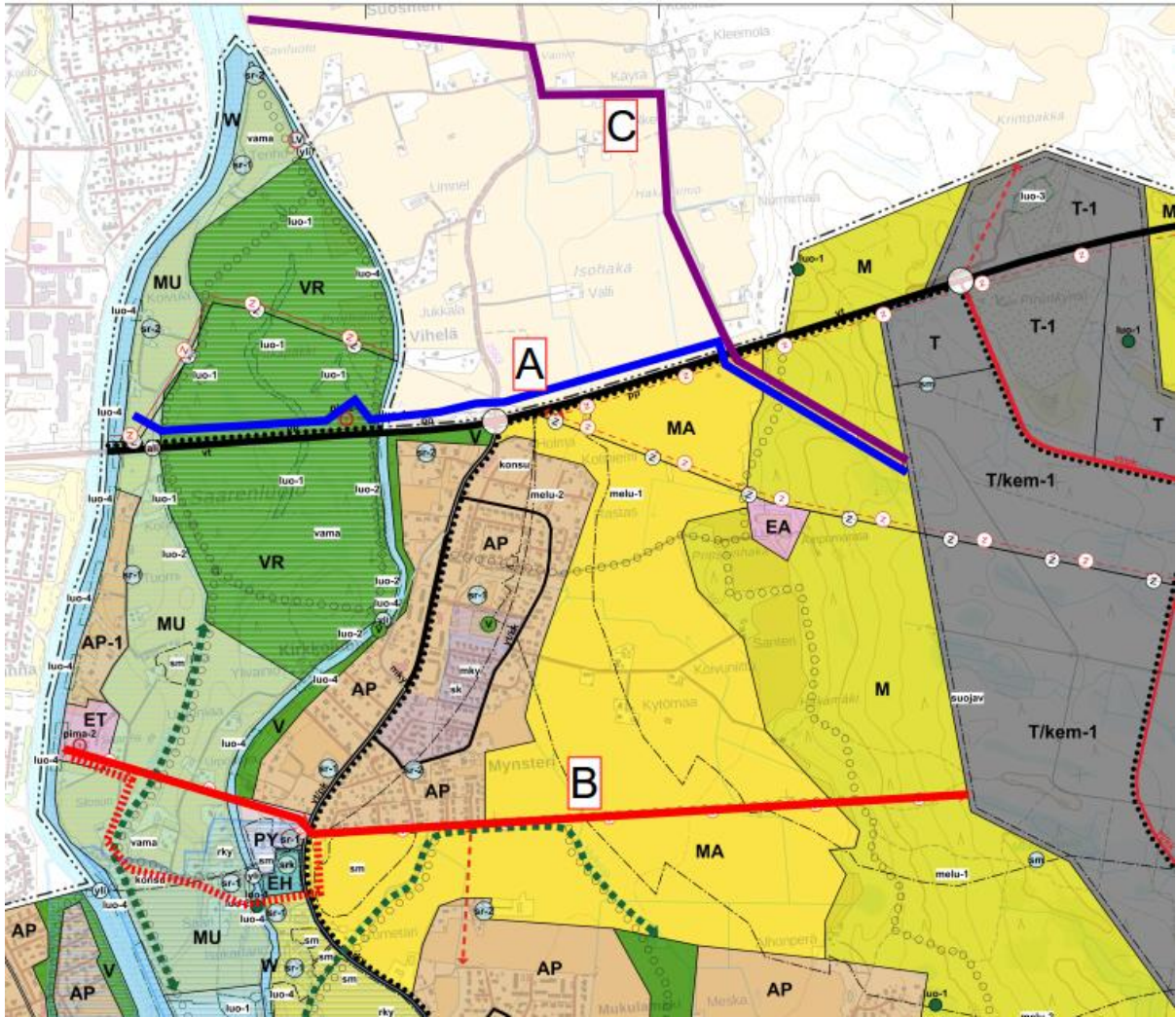
Kuva 3. Suositus parhaasta putkistoreitistä A merkitty sinisellä viivalla

Reittivaihtoehto A:lla on kaksi tienalitusta, jotka suoritetaan luultavasti tunkkaamalla. Tien alle sijoitetaan suojaputki, johon vedensiirtoputki sijoitetaan. Pelkällä prosessivedelle suojaputken koko on noin DN700 tai DN800 teräsputki, mutta jäähdytysvesi vaatii paljon suuremman suojaputken, noin DN2200 teräsputken, jollainen valmistetaan mittatilaustyönä. Lisäksi Kokemäenjoen pienemmän haaran ylityksen tai alituksen paras tekninen toteutusvaihtoehto täytyy selvittää jatkoselvityksissä.

Jäähdytysveden käytön jatkoselvityksissä tarkemmassa reittivalinnassa täytyy arvioida 1800 PEH kokoisten meno- ja paluu putken kaivannon vaikutuksista reitille. Kahden rinnakkaisen putken kaivannon pohjaleveys on luokkaa 5–6 metriä, jolloin kaivannonleveys yläpäässä on noin 17 metriä. Kaivannon kokoon vaikuttaa kuitenkin monia asia. Koska kaivannon pohja on noin 3 metrin syvyydessä, täytyy jatkoselvityksessä tarkistaa alueen pohjaveden korkeus ja siitä johtuvien rakentamista vaikeuttavien toimenpiteiden kustannukset.

Ehdotukset muista vaihtoehtoisista putkireiteistä esitetty alla (Kuva 4). Tämän suunnitelman perusteella vaihtoehto A on paras linjausreitti putkilinjoille. Reitti B kulkee hankealueen keskeltä peltojen läpi Ulvilan kirkon ohi ja Kokemäenjoen haaran ali ja siitä rantaan entiselle jätevedenpuhdistamolle, joka on kaavoitettu ET-alueeksi. Reitillä B Ulvilan kirkolta rantaan menevälle osuudelle täytyy putki vetää peltojen läpi, mikä voi nostaa kustannuksia. Reitti vaihtoehto C esittää tilannetta, jos reitin A tai B vedenotto/purkupisteen todetaan olevan käyttökelvoton, tällöin voi olla vaihtoehtona vetää putkireitti hankealueen pohjois- tai eteläreunalta peltojen ja haja-asutusalueen läpi Kokemäenjokeen. Tällaisella putken pituus kasvaisi noin neljään kilometriin ja reitillä olisi useita heikkouksia; reitille täytyisi rakentaa kantavat tiet, reitillä on asutusta, oja ja peltoja, jotka vaikeuttavat maanhankintaa ja asennusta sekä nostavat kustannuksia.

Reitit A ja B ovat melko tasavertaisia toisiinsa nähden, kustannuksien ja reitin puolesta. Reitin paremmuuteen vaikuttaa mille tontille Pirunkynnen teollisuusalueella uusi tehdas tulee sijoittumaan, kumpaan linjaukseen saa paremmin maanomistajien luvat ja onko pumppaamolle tarpeeksi sähköä. Reitillä C ei ole selkeitä vahvuuksia muihin reitteihin verrattuna. Taulukko 2 esittää vaihtoehtojen vertailun. Kaikkien reittien vedenotto/-purku paikalla syvyyttä on 5–10 metriä. Purkupisteiden vastarannalla on asutusta koko Kokemäenjoen alueella.



Kuva 4. Ehdotukset vaihtoehtoisista putkireiteistä. Reitille B on esitetty vaihtoehtoinen reitti Ulvilan kirkon kohdalle katkoviivalla.

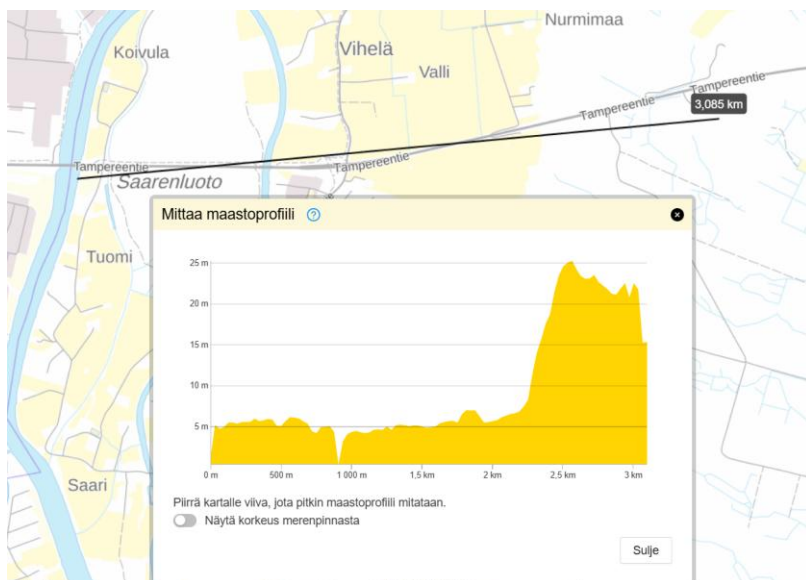
Taulukko 2. Vaihtoehtoisten reittien plussat ja miinukset

	Reitti A Länsi	Reitti B Etelä	Reitti C Pohjoinen
Plussat	Putkireitillä ei asutusta. Pääosin peltoa ja metsää. Lyhyin ja suorin reitti, Pituus noin 3,15 km. Ottopaikalla ranta on suojaviheralue pellonlaidalla, ei asutusta.	Pituus noin 3,2 km. Ottopaikalla vanhan jätevedenpuhdistamon rakennuksia.	Ei vaadi Kokemäenjoen pienen haaran alittamista.
Miinukset	Vaatii luultavasti Valtatien 11 (Tampereentie) alittamisen. Vaatii Kokemäenjoen haaran alittamisen.	Putkiliinja menee hyvin lähellä asutusta ja on osittain hyvin tiukka. Vaatii Kokemäenjoen haaran alittamisen. Osittain hiekkatietä, tien kantokyky ei välttämättä riitä kalustolle.	Pituus 3,7 km. Pumppaamolle ei luonnollista paikkaa ja sähköistys voi olla vaikea. Vaatii Valtatien 11. Pellolle rakentaminen voi olla haastavaa. Reitillä asutusta.

Vedenotto- ja purkupisteiden oletetaan olevan lähellä toisiaan. Virtaavassa joessa otto- ja purkupiste voivat olla lähekkäin joen virtaussuuntaan. Vedenotto- ja purkupisteiden välimatka voi vaihdella 20–100 metrin välillä myötävirtaan.

2.3 Pumppaamot

Pirunkynnen kohdealue on noin 20–25 metriä korkeammalla kuin Kokemäenjoen pinta. Kuva 5 esittää maaston profiilin Kokemäenjoelta hankealueelle.



Kuva 5. Kokemäenjoen ja kohdealueen maastoprofiili ³

Suurimalla jäähdytysveden tarpeella vaadittava pumppausteho on noin 2,6 MW. Pumppaus on tehtävissä yhdellä tai kahdella pumppaamolla:

- Yhdellä pumppaamolla rannassa 2,6 MW
- Yksi pumppaamo rannassa 0,7 MW ja toinen 1,9 MW ennen mäkeä noin 1 km hankealueelta. Tämä mahdollistaa pienemmän yksikkökoon, huollon ja jouston.

Suuri pumppaamon rakennus vaatii noin 400–600 m² tilan, riippuen pumppujen määrästä. Kokonaisuudessaan pumppaamo vaatii tonttivaraukseksi noin 800–1000 m² tontin, kun otetaan huomioon huoltopiha, suurien putkien liittynät ja huoltotila.

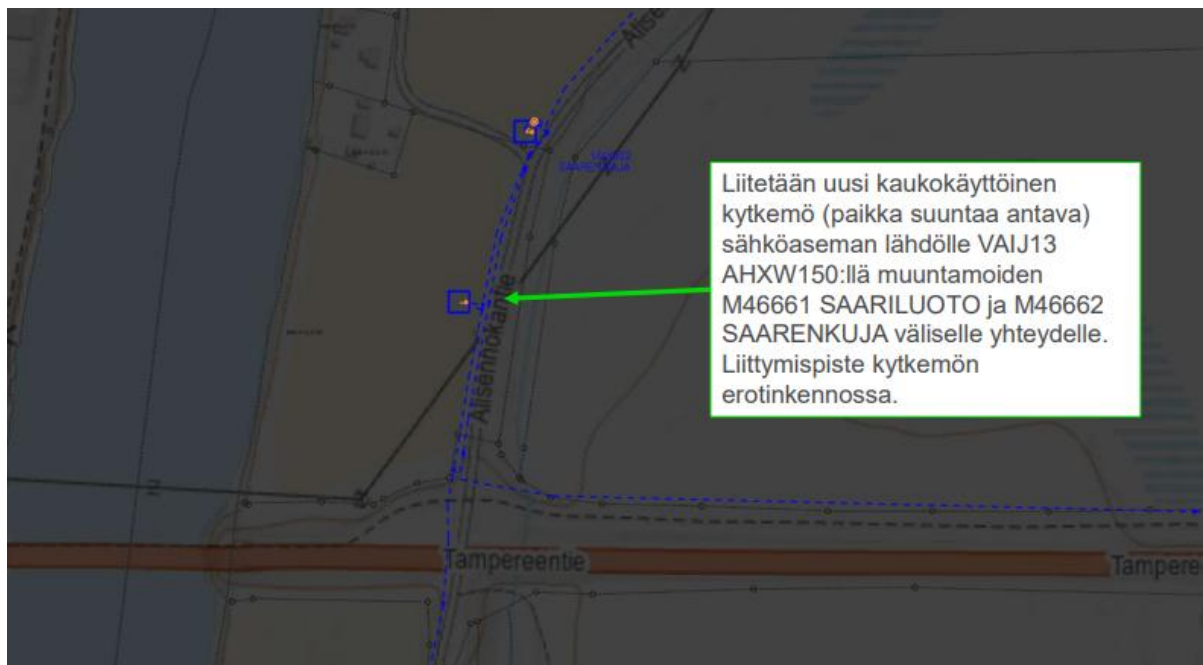
Pelkän prosessiveden oton edellyttämä pumppausteho on noin 70 kW, joka on liitettävissä helpommin pienjännite tai keskijänniteverkkoon. Pienen pumppaamorakennuksen pinta-ala on noin 85 m², kun tiloja käytetään vain pumpuille ja sähkölaitteille. Kuva 6 esittää pumppaamoiden pinta-alat ja karkean sijoittumispaikan. Tarkempi sijoittumispaikka selvitetään jatkoselvityksissä, kun putkireitti varmistuu ja paikan rakennettavuus on selvitetty.

³ Paikkatietoikkuna: <https://kartta.paikkatietoikkuna.fi/>



Kuva 6. Pumppaamovaihtoehtojen esimerkkiset sijoittumispaikat ja pinta-alat Kokemäenjoen ja Tampereentien (Valtatie 11) sillan lähetyvillä.

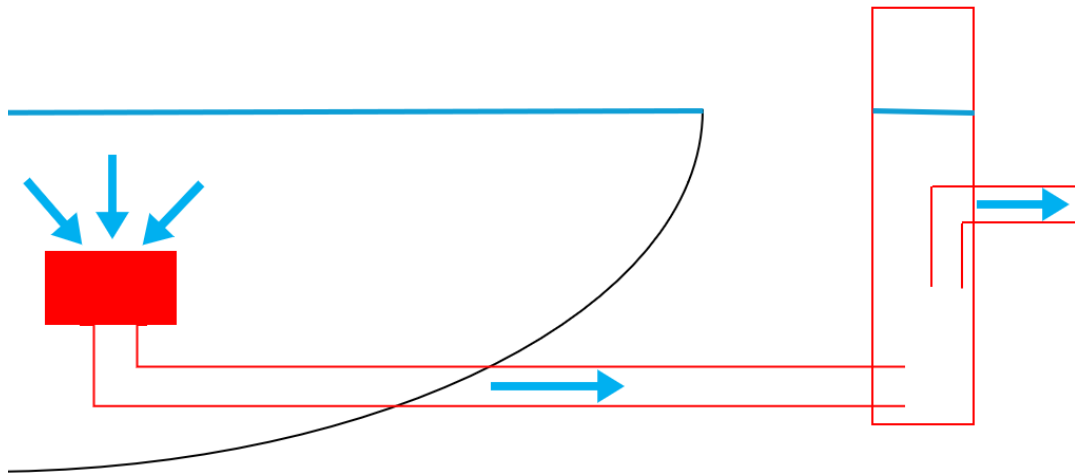
Pumppaamoiden pumput vaativat sähköliitännän Carunan verkolta. Kuva 7 esittää Carunan liitettävyydestarkastelun 2,6 MWA tehoiselle liittymälle keskijänniteverkkoon. Selvityksen perusteella suuren pumppaamon sähköistys on mahdollista.



Kuva 7. Carunan liitettävyydestarkastelu 2,6 MWA pumppaamolle keskijänniteliittymällä. Verkko muutoksen jälkeen.

Prosessiveden ottamiselle joesta, riittää ratkaisuksi viedä joen syvimpään kohtaan 500 mm muoviputki, niin että lakipinta on 0,5 m NW eli vesipinnan alapuolella. Rannassa muoviputki kaivetaan maahan, jonka kautta vesi siirtyy imukaivoon. Imuputken päässä on siivilä, joka estää

roskia tukkimasta putkea. Pumppaamo imee veden imukaivosta ja siirtää sen laitosalueelle. Kuva 8 havainnollistaa imuputken ja -kaivon toiminnan.



Kuva 8. Esimerkinomainen kuvaus pienemmän prosessivedelle soveltuvan vedenoton toteutuksesta

Jäähdytysveden tarve on niin suuri, että sen vedenotto vaatii luultavasti ruoppaamista tai vedenottopoukaman kaivamista.

2.4 Kustannusarvio

Alla olevassa Taulukossa 3 on esitetty vesi-infran eritelty kustannusarvio reittivaihtoehdolle A. Reittivaihtoehdon B kokonaiskustannuksien arvioidaan olevan samat kuin reitillä A. Reitillä A ja reitillä B vesi-infran kustannusarvio prosessivedelle on 4,7 M€ ja jäähdytysvedelle 11,9 M€. Jos uusi tehdas sijaitsee kaava-alueen sisällä jollain muulla tontilla, vedenottoputken reittiä täytyy pidentää, joka nostaa kustannuksia 500 mm PEH putkelle 0,6 M€/km ja 1800 mm PEH putkelle 1,7–1,9 M€/km.

Taulukko 3. Vesi-infran kustannusarvio reitille A.

Vesi-infran investointi kustannukset tuhatta euroa (k€)		
Prosessilaitte	Pelkkä prosessivesi 500 mm PEH putki	Jäähdytysvesi PEH 1800 putket
Imuputki ja imukaivo	100	500
Pumppaamo varusteineen ja laitteineen	1 000	2 000
Sähkötyöt	360	500
Automaatio	100	150
Siirtolinja 3 km	1 600	5 000
Teiden alitus ja joen ylitys/alitus	180	500
Muut työt, nostot, telineet, suojaukset yms.	40	100
Varaus 30 % hankinnoista	1 000	2 600
Suunnittelu, valvonta, luvat, hankinnat yms.	400	500
Yhteensä	4 700 k€	11 850 k€

3. JÄÄHDYTYKSESTÄ JOELLE AIHEUTUVA LÄMPÖKUORMA JA SEN EKOLOGISET VAIKUTUKSET

3.1 Kokemäenjoen nykytila

Kokemäenjoki on voimakkaasti muutettu vesimuodostuma. Kokemäenjoen alaosalla peruste on lyhytaikaisäännöstely sekä kevään ylivirtaaman alenema. Pintavesien tilaa heikentävät erityisesti hajakuormituksesta johtuva rehevöityminen, happamat sulfaattimaat sekä vesistöjen rakenteelliset muutokset. Vaikka pistekuormituksen osuus ravinnekuormituksesta on kokonaisuudessaan vähäinen, sen paikalliset vaikutukset voivat olla huomattavia.

Hankealuetta lähin vesimuodostuma on Kokemäenjoen alaosa (35.141_001), jonka ekologinen tila vesienhoidon 3. suunnittelukaudella on ollut tyydyttävä, ja kemiallinen tila hyvää huonompi. Kalasto ja pohjaeläimet ovat tyydyttävässä tilassa, muu vesikasvillisuus eli päällyksilevät hyvässä tilassa. Kokonaisfosfori (40,2 µg/l) ja kokonaistyyppi (1163,95 µg/l) kuvaavat tyydyttävää tilaa, pH-minimi (6,96) erinomaista. Kokonaisfosforin ja kokonaistyyppien pitoisuudet viittaavat rehevään ja sameaan vesistöön, mitä tukevat myös kemiallisen hapenkulutuksen sekä väriluvun korkeat arvot. Hydrologis-morfologinen tila on tyydyttävä; sen osatekijöistä esteettömyys viittaa erinomaiseen, hydrologia välttävään ja morfologia hyvään tilaan. Tavoitetila on alennettu ja se arvioidaan saavutettavan vuoteen 2027 mennessä. Ekologinen potentiaali arvioidaan tyydyttäväksi. Suoraan vesimuodostumaan kohdistuvat toimenpiteet ovat laitosten käyttö, ylläpito ja tehostaminen (teollisuus) ja joen elinympäristökunnostus (valuma-alue yli 100 km²).

3.2 Kalasto

Kokemäenjoki alaosa -vesimuodostumassa on tehty sähkökoekalastuksia 13 eri sähkökoekalastusalueella. Ylin havaintopaikka sijaitsee Ruskilassa, hankealueen alapuolella. Ruskilassa on 2 havaintopaikkaa (Kuva 9.), joista on tehty sähkökoekalastuksia vuosina 2011–2016 ja vuonna 2024.

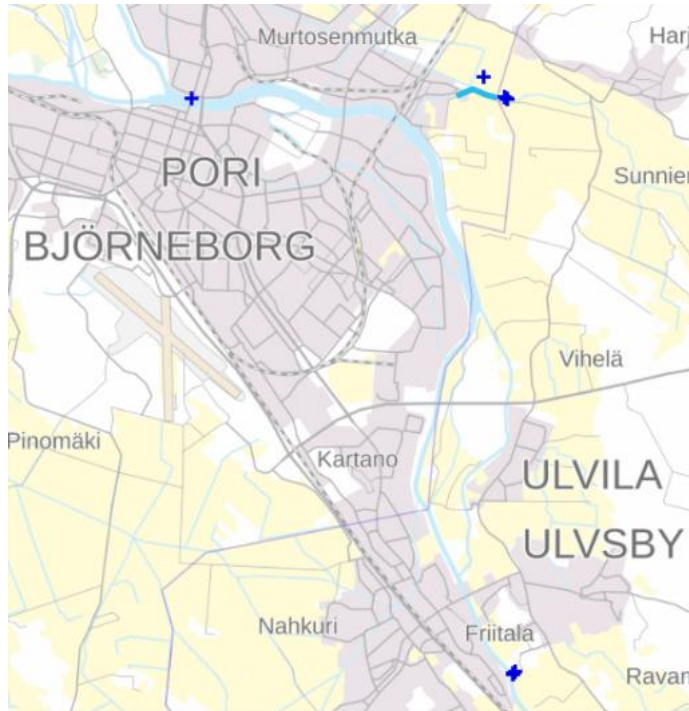
Kalastossa esiintyy ahventa, kivennuoliaista, kivisimppua, lohta, madetta, salakkaa, seipiä, särkeä, turpaa ja töröä. Lisäksi taimenesta, kiiskestä ja säyneestä oli yksittäisiä havaintoja.



Kuva 9. Sähkökoekalastusalueiden sijainti Kokemäenjoessa.

3.3 Pohjaeläimet

Kokemäenjoen alaosa -vesimuodostuman pohjaeläimistössä on selviä muutoksia luonnontilaisesta. Tilaluokka on arvioitu tyydyttäväksi. Ympäristöhallinnon Hertta-tietojärjestelmä Pohjerekisteristä haettiin pohjaeläintiedot vaihtoehtoisia purkupaikkoja koskevalta alueelta. Tietoja löytyi hankealueen ylä- ja alapuolelta vuosilta 2009, 2012, 2014, 2015, 2018 ja 2021. Yläpuolella sijaitsee havaintopisteet Kokemäenjoki N (Ulvila) 2 m, 5 m ja 8 m ja alapuolella havaintopiste Kokemäenjoki Q (Pori) 2 m (Kuva 10.).

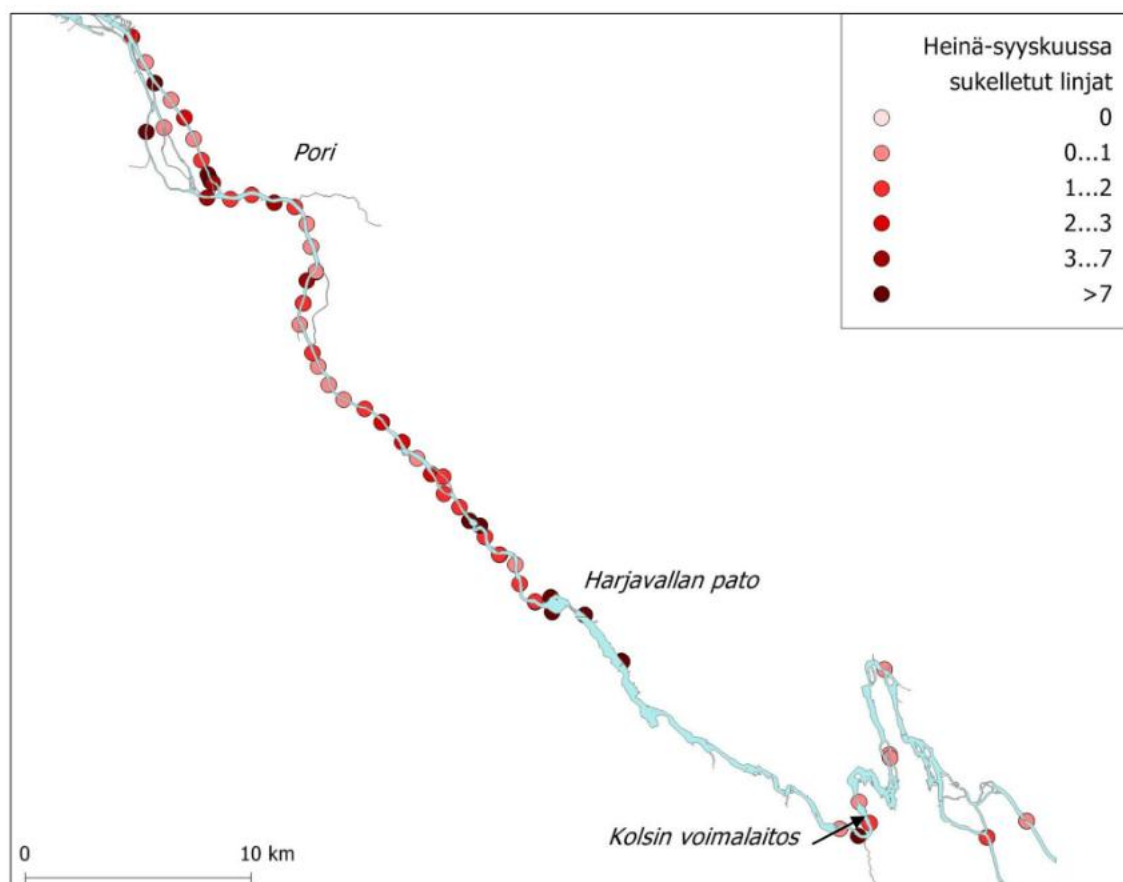


Kuva 10. Pohjaeläinten havaintopaikat Kokemäenjoessa.

Molemmissa havaintopaikoissa esiintyy pääosin harvasukamatoja (*Oligochaeta*) ja surviaissääsken toukkia (*Chironomidae*).

Kokemäenjoessa esiintyy hyvin paljon vuollejokisimpukkaa (*Unio crassus*)⁴. Heinä-syyskuussa 2014 tehdyissä sukelluksissa mahdollisilla purkuputken sijoituspaikoilla on ollut vuollejokisimpukoita tutkimuslinjalla 1–7 kpl (Kuva 11). Kyseinen tulos pitää muuntaa tiheydeksi kertomalla simpukoiden määrät sukelluslinjojen pinta-alojen suhteella. Tässä työssä muunnosta ei tehty tietojen puuttumisen vuoksi.

⁴Leinikki J. 2015. Selvitys vuollejokisimpukan (*Unio crassus*) lajirauhoituksesta poikkeamiseen. Alleco oy. Raportti n:o 2/2015



Kuva 11. Vuollejokisimpukoiden tiheydet heinä–syyskuun 2014 aikana sukkelletuilla havaintolinjoilla ⁵

3.4 Jäähdytysvesien lämpökuorma

Kappaleen 2.1 taulukon 1 mukaisesti arvioitu lämpökuorma veteen on 300 MW, joka perustuu aiemmin esitettyihin skenaarioihin. Lämpökuorman tarvitsema virtaustilavuus voidaan laskea seuraavalla kaavalla.

$$V = \frac{Q}{p \cdot c \cdot \Delta T}$$

jossa:

V = tarvittava virtausnopeus (m³/s)

p = veden tiheys (kg/m³)

c = ominaislämpökapasiteetti (kJ/kg·K)

ΔT = sallittu lämpötilan nousu

Aluehallintoviraston (AVI) myöntämien lupien mukaan (esim. LSSAVI/199/04.08/2012), jäähdytysveden lämpötilan nousu saa olla enintään 14 °C. Jos laitoksen lämpökuorma on 300 MW, sen hallitsemiseksi tarvitaan noin 5,1 m³/s jäähdytysvettä. Seuraava taulukko (Taulukko 4) kuvaa tarvittavan jäähdytysveden virtaaman, jos purettavan veden ja jokiveden lämpötilaero olisi 14 °C tai suurempi. Taulukosta nähdään myös, että jokiveden ja purettavan veden lämpötilan erotus pysyy samana, kunhan virtaama pysyy samana.

⁵ Leinikki J. 2015. Selvitys vuollejokisimpukan (Unio crassus) lajirauhoituksesta poikkeamiseen. Alleco oy. Raportti n:o 2/2015

Taulukko 4. Tarvittava jäähdytysveden määrä erilaisilla jokiveden sekä jäähdytysveden lämpötiloilla.

Jäähdytysteho, MW	Jokiveden lämpötila, °C	Purettavan veden lämpötila, °C	Jäähdytysveden virtaama, m ³ /s
300	20	34	5,13
300	10	24	5,13
300	2	16	5,13
300	20	34	5,13
300	10	34	2,99
300	2	34	2,24

Lämmön leviämisen laajuus määräytyy sallitun jokiveden lämpötilan nousun sekä virtausnopeuden mukaan. Vaikutusten voidaan olettaa päättyvän, kun vesi on sekoittunut niin, että lämpötilaero ympäröivään veteen on enintään 0,1 °C.

Newtonin jäähtymislain mukaisesti:

$$\frac{dT}{dt} = -K(T - T_y)$$

jossa:

K = kokeellinen vakio (lämmönjohtavuus), joka on riippuvainen

$\frac{dT}{dt}$ = lämpötilan derivaatta ajan suhteen

T_y = ympäristön lämpötila

T = kappaleen lämpötila

Newtonin jäähtymislain mukaan 14 asteen lämpötilaero pienenee noin 0,1 asteen lämpötilaeroon noin neljän sekunnin kuluessa. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kun joen virtausnopeus vaihtelee uoman reunoilla 0,1–0,9 m/s, lämpötilavaikutus etenee virran mukana noin neljän sekunnin ajan alavirtaan. Tällöin vaikutusalue ulottuu arviolta 0,4–3,6 metrin päähän purkuputkesta. Vaikutusalueen jakautuminen joen syvyysuunnassa riippuu siitä, missä kohdassa purkuputki sijaitsee suhteessa joen kokonaissyvyyteen.

Virtauslinjan voidaan olettaa seuraavan pääosin joen suuntaa, mutta purkuputki voi synnyttää pyörteitä ja turbulenssia, jotka levittävät lämpimämpää vettä myös joen poikkisuunnassa. Purkuputken aiheuttama virtaama on kuitenkin vain muutamia prosentteja joen virtaamasta, minkä vuoksi leveyssuunnassa syntyvät vaikutukset arvioidaan selvästi vähäisemmiksi kuin pituussuunnassa. Vaikutusalue muodostuu purkuputken yläpuolelle syvyysuunnassa, sillä jäähdytysvesi on ympäröivää jokivettä kevyempää.

3.5 Lämpökuorman ympäristölliset vaikutukset

Sekoittuneen veden lämpötila heti pumpatun veden liittymiskohdassa voidaan arvioida tilavuuspainotetulla keskiarvolla

$$T_{mix} = \frac{Q_j \times T_j + Q_p \times T_p}{Q_j + Q_p}$$

jossa:

T_{mix} = Sekoittuneen veden lämpötila °C

Q_j = Joen virtaama m³/s

T_j = Joen lämpötila °C

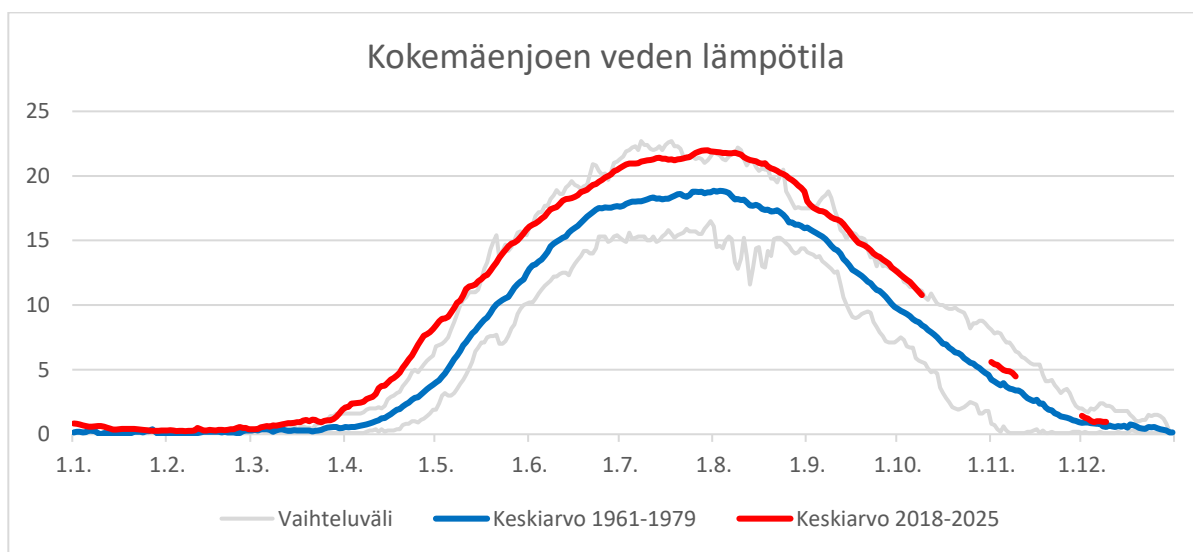
Q_p = Pumpatun veden virtaama m³/s

T_p = Pumpatun veden lämpötila °C

Tammikuun keskimääräisissä olosuhteissa joen virtaama on 251 m³/s ja jokiveden lämpötila 0,2 °C. Jäähdytysveden virtaama on 5,1 m³/s ja lämpötila 14,2 °C. Välittömän sekoittumisen oletuksella veden lämpötila nousee 0,48 °C:een. Kesäisessä alivirtaamatilanteessa joen virtaama on noin 50 m³/s ja veden lämpötila 22 °C. Kun sama määrä (5,1 m³/s) jäähdytysvettä johdetaan jokeen, sekoittuneen veden lämpötila on 23,19 °C. Kyse on purkuputken lähivyöhykkeen hetkellisestä lämpötilan noususta, jonka vaikutus häviää joesta lämpötilan haihdunnan vuoksi ilmaan, eikä kaikki lämpö siten leviä jokeen.

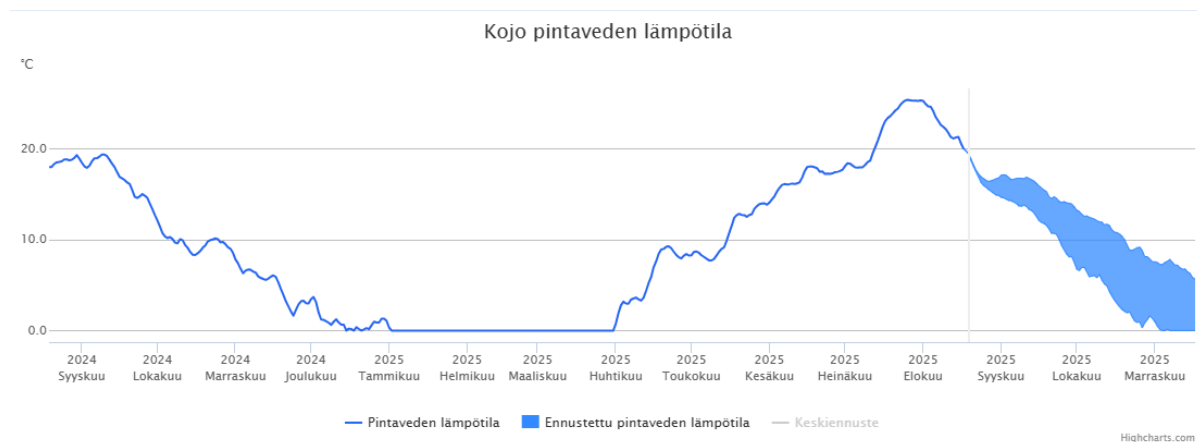
Kokemäenjoesta ei ole saatavilla yhtenäistä pitkän aikavälin lämpötilaseurantaa. Luotettavaa havaintoaineistoa on olemassa ainoastaan ajanjaksoilta 1961–1979 sekä 2018–2025. Lämpötilan havainnot tiedusteltiin selvitystä varten myös SYKE:ltä sekä KVVY:ltä.

Seuraavassa kuvassa 12. on esitetty Äetsä havaintoaseman vedenlämpötilan päiväkeskiarvo sekä veden vaihteluväli ajanjaksolla 1961–1979 sekä Porin havaintoasemalta mitattu vedenlämpötilan päiväkeskiarvo ajanjaksolla 2018–2025. Porin havaintoaseman aikasarja on lyhyt, mutta siitä on nähtävissä jokiveden keskilämpötilan nousu varsinkin kesäisin. Uuden havaintojakson keskiarvolämpötila on ollut kesällä lähes samalla tasolla, kuin vanhemmassa aikasarjassa kesän korkeimmat havainnot.



Kuva 12. Kokemäenjoen veden lämpötilan vaihteluväli sekä keskiarvo ajanjaksolla 1961–1979 sekä lämpötilan keskiarvo vuosina 2018–2025.

Vesi.fi -sivujen Kojo -havaintopaikan veden lämpötila oli noin kuukauden ajan yli 20 astetta (Kuva 13.) Kuvaajan lämpötilat ovat vesistömallilla laskettuja arvoja eivätkä mitattuja havaintoja.



Kuva 13. Kojo havaintopisteen arvioitu pintaveden lämpötila vuonna 2025 Vesi.fi -sivuston mukaan.

3.6 Lämpökuorman volyymin merkitys

Lämpökuorman suuruus on suurimmillaan purkupaikan välittömässä läheisyydessä. Jos lämpökuorma kasvaa, on lisättävä joko sallittua jäähdytysveden lämpötilan nousua tai veden virtaamaa. Molemmissa tapauksissa purkuveden ja jokiveden sekoittumisen jälkeen saavutettu lämpötila nousee. Sen sijaan vaikutusalueen laajuuteen lämpökuorman suuruus ei vaikuta, koska suurempi purkuvirtaama lisää samalla lämmönvaihdon pinta-alaa, mikä nopeuttaa purkuveden ja jokiveden lämpötilaerojen tasoittumista.

3.7 Purkupaikan sijainnin vaikutus

Arvioinnin perusteella joen virtausolosuhteet, kuten virtausnopeus, syvyys sekä leveys on hyvin samankaltainen lähialueella. Tämän perusteella purkupaikan sijainti ei vaikuta lämpökuorman leviämiseen ja vaikutuksiin.

Purkupaikan sijainnilla ei ole vaikutusta eliöstöön. Tarkastelluilla alueilla kalasto ja pohjaeläimet pysyvät samanlaisina eliöstöltään.

3.8 Lämpökuorman vaikutukset eliöstöön

Kokemäenjoessa esiintyy paljon vuollejokisimpukoita.⁶ Harvasukamadot (*Oligochaeta*) sopeutuvat yleensä hyvin erilaisiin olosuhteisiin, mutta niiden kyky kestää korkeita veden lämpötiloja vaihtelee lajikohtaisesti. Surviaissääsken (*Chironomidae*) toukat ovat samoin tunnettuja hyvästä sopeutumiskyvystään erilaisiin ympäristöolosuhteisiin, mukaan lukien veden lämpötilan vaihtelut.

Vuollejokisimpukat (*Unio crassus*) voivat sietää tietyn verran korkeita veden lämpötiloja, mutta liian korkeat lämpötilat saattavat vaikuttaa haitallisesti niiden lisääntymiseen ja selviytymiseen. Toukkien selviytyminen on suurempaa kevään normaaleissa vesilämpötiloissa verrattuna korkeisiin vesilämpötiloihin, joissa selviytymisaste on alhaisempi. Korkeat lämpötilat voivat nostaa simpukoiden aineenvaihduntaa ja lyhentää toukkien elinikää, mikä voi johtaa heikompaan lisääntymismenestykseen.

Eri kalalajit kestävät ja sietävät korkeita lämpötiloja eri tavoin. Heikoiten lämpöä sietävät monet lohikalat, kuten lohi, muikku, nieriä, taimen ja harjus. Osa kalalajeista taas pärjää hyvin korkeissakin lämpötiloissa. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi särki, kuha, ahven, hauki, suutari ja

⁶ Leinikki J. 2015. Selvitys vuollejokisimpukan (*Unio crassus*) lajirauhoituksesta poikkeamiseen. Alleco oy. Raportti n:o 2/2015

ruutana.⁷ Lohikalat ovat veden lämpötilalle herkimpiä. Yli 20 °C lämpötiloissa kalojen aineenvaihdunta kiihtyy, jolloin ne kuluttavat enemmän happea. Samalla lämmin vesi sitoo vähemmän happea, mikä voi aiheuttaa hapenpuutetta kaloille. Lohikalojen poikaset eivät kestä pitkiä, yli 20 asteen lämpötilajaksoja. 25-asteinen vesi on lohikalojen poikasille jo tappavan kuumaa.

Yllä olevissa kappaleissa on esitetty lämpötilan muuttuminen Kokemäenjoessa, kun sinne johdettu vesi on 14 astetta jokiveden lämpötilaa lämpimämpää. Talvella lämpökuorma nostaa veden lämpötilan 0,2 °C:sta 0,48 °C:een välittömän sekoittumisen oletuksella. Kesällä lämpökuorma aiheuttaa veden lämpötila nousemisen 22 °C:sta 23,19 °C:een. Lämpötilan nouseminen on laskettu hetkellä, jolloin Kokemäenjoessa on hyvin poikkeuksellinen alivirtaama. Kyseinen lämmön nousu on erittäin vähäinen talvella, eikä sillä ole eliöstön elinoloja heikentäviä vaikutuksia. Kesällä lämpötilan nousu on myös vähäistä, mutta veden lämpötila on valmiiksi lohikaloille liian suuri. Lämmön nousu voi heikentää eliöstön elinolosuhteita erityisesti lohikalojen kannalta.

Toisessa tarkastelutavassa laskettiin, kuinka pitkälle 14-asteinen vesi leviää, kunnes vesi on sekoittunut niin, että lämpötilaero ympäröivään veteen on enintään 0,1 °C. Newtonin jäähdytyslain perusteella 14 °C lämpötilaeron todettiin pienenevän noin 0,1 °C:een jo noin neljässä sekunnissa. Koska virtausnopeus on uoman keskellä noin 0,9 m/s ja reunoilla 0,1–0,3 m/s, vaikutukset ulottuvat arviolta vain noin neljän metrin päähän purkuputkesta alavirtaan. Vaikutusalueen kerrospaksuuden todettiin olevan riippuvainen purkuputken sijainnista suhteessa joen syvyyteen. Neljän metrin vaikutusalue on Kokemäenjoen mittakaavassa hyvin pieni. Lisäksi todettiin, että purkuputken aiheuttama virtaama on kuitenkin vain muutamia prosentteja joen virtaamasta, jolloin vaikutukset joen leveyssuunnassa arvioidaan jäävän huomattavasti vähäisimmiksi kuin pituussuunnassa. Vaikutusalue muodostuu purkuputken yläpuolelle syvyyssuunnassa, sillä jäähdytysvesi on ympäröivää jokivettä kevyempää.

Pohjaeläimet elävät pohjan lähellä, joten lämpökuorma ei tavoita niitä. Edellä on todettu, että lämmin vesi purkautuu lähinnä joen pituussuunnassa alavirtaan. Jonkin verran vesi voi sekoittua myös syvyyssuunnassa, mutta varsinainen lämpökuorma jäänee pohjan yläpuoliseen vesimassaan.

Kalat voivat uida samassa vesikerroksessa kuin minne purkuputki lämpökuorman purkaa. Kuitenkin neljän metrin matka on erittäin lyhyt, eikä lämpötilan nousun aiheuttamia mahdollisia fysiologisia muutoksia (kuten hapen tarpeen kasvu) ehdi kehittyä. Vaikutukset kalastoon katsotaan vähäisiksi. Lohikalojen syksyinen kutu tapahtuu sorapohjilla, joihin lämpökuorma ei ulotu. Keväällä kalanpoikasten kuoriutuessa vedenlämpö ei ole liian suuri. Loppukesästä voi Kokemäenjoessa esiintyä ilmastonmuutoksen aiheuttamia kuumempia jaksoja. Tällöin veden lämpötila voi kasvaa liian suureksi. Erityisesti hellekausina vähävetiseen aikaan saattaa lämpökuorma heikentää lohikalojen elinolosuhteita.

⁷ <https://www.eraluvat.fi/kalastus/kalastajan-tietopankki/ohjeita-vastuulliselle-kalastajalle#veden-lampotilan-huomioiminen>

4. SÄHKÖINTENSIIVISEN TEOLLISUUDEN JÄÄHDYTYSRATKAISUT

4.1 Jäähdytysratkaisut

Alkuun on tärkeää todeta, että erityisesti vetytalouden laitokset, kuten elektrolyysilaitokset ja e-ammoniakin tuotantoyksiköt, tarvitsevat vaihtoehtoisia jäähdytysratkaisuja, sillä suora jokivesijäähdytys ei ole monilla alueilla teknisesti tai luvituksellisesti toteuttamiskelpoinen.

Tässä kappaleessa keskitytään tarkastelemaan vetytalouden ja e-ammoniakin tuotantolaitosten jäähdytysratkaisuja eri teholuokissa (200 MW, 400 MW ja 650 MW). Tarkastelu kattaa seuraavat jäähdytysmenetelmät:

- Ilmajäähdytys
- Vesikiertoinen jäähdytys
- Haihdutusjäähdytys
- Absorptiojäähdytys
- Hybridijäähdytys

Tässä yhteydessä ei enää tarkastella tämän selvityksen aiemmissa luvuissa esitettyä skenaariota e-ammoniakki- ja akkumateriaalitehtaista, vaan keskitytään pelkästään vetytalouden ja e-ammoniakin tuotantolaitosten itsenäisiin jäähdytysratkaisuihin eri teholuokissa.

PtX-laitoksen (Power-to-X-laitoksen) pääprosessit koostuvat tyypillisesti seuraavista vaiheista:

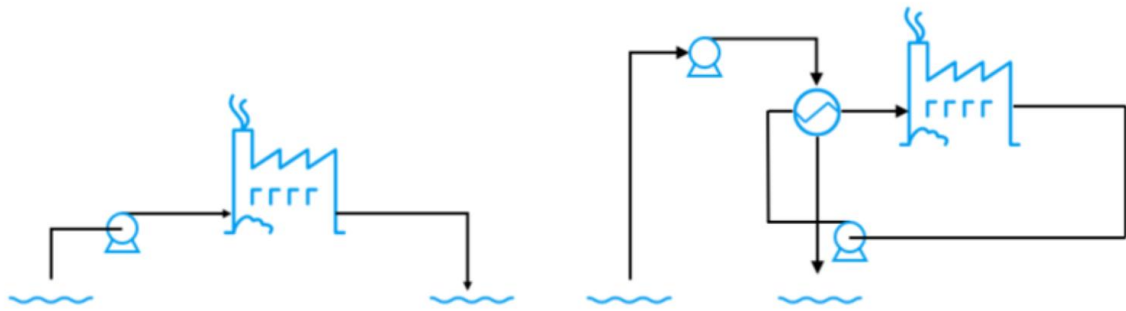
- **Elektrolyysi**, jossa vesi hajotetaan vedyksi ja hapeksi.
- **Synteesiprosessit**, kuten metanolin, ammoniakin tai synteettisten polttoaineiden valmistus vedystä ja hiilidioksidista.
- **Kaasun puhdistus ja kompressointi**, jotka mahdollistavat tuotekaasujen hyödyntämisen tai varastoinnin.

Näissä prosessivaiheissa syntyy merkittäviä määriä hukkalämpöä, joka on poistettava prosessin energiatehokkuuden, laitteiden kestävyuden ja turvallisen toiminnan varmistamiseksi.

Jäähdytysjärjestelmän valintaan vaikuttavat useat keskeiset tekijät, kuten prosessin tuottama lämpökuorma, alueellisesti saatavilla olevat resurssit (esimerkiksi vesivarannot, sähkön saatavuus ja maankäyttömahdollisuudet), voimassa oleva ympäristösääntely sekä mahdollisuudet hukkalämmön hyödyntämiseen, esimerkiksi kaukolämpöverkossa.

4.1.1 Läpivirtausjäähdytys

Läpivirtausjäähdytys, kuten tämän selvityksen luvuissa 2 ja 3 tarkasteltu jokivesijäähdytys, on yleinen ratkaisu suuritehoisissa teollisuuslaitoksissa, joissa jäähdytykseen tarvittavaa vettä on runsaasti saatavilla ja sen palauttaminen vesistöön on mahdollista. Läpivirtausjäähdytys voidaan toteuttaa suorana tai epäsuorana järjestelmänä (Kuva 14.). Mikäli vettä ei ole tarpeeksi saatavilla tai vedenkäyttöä halutaan minimoida, voidaan käyttää kiertojäähdytysjärjestelmiä, kuten jäähdytystorneja.



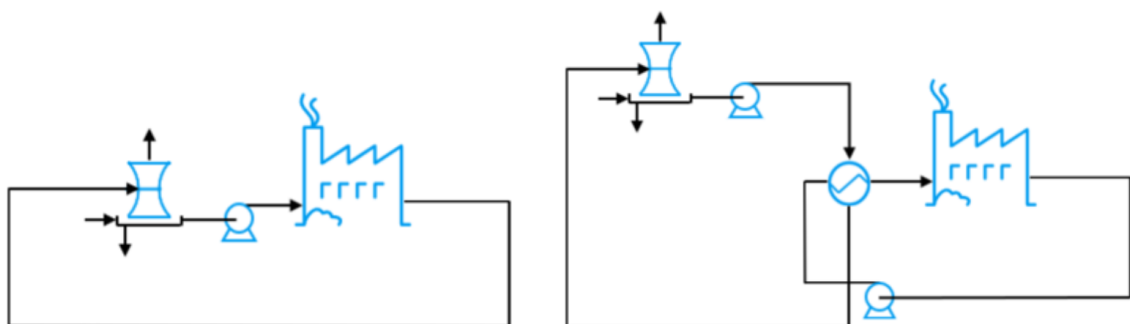
Kuva 14. Suora ja epäsuora läpivirtausjäähdytysjärjestelmä (esim. jokivesijäähdytys)

Jäähdytystorni on laite, jonka tehtävänä on poistaa prosesseissa syntynyttä hukkalämpöä ilmakehään. Tämä tapahtuu jäähdyttämällä vettä ulkoilman avulla alempaan lämpötilaan. Jäähdytystorneissa voidaan hyödyntää joko veden haihtumista (haihduttavat eli märkjäähdytystornit) tai pelkästään ilman kiertoa (kuivajäähdytystornit).

4.1.2 Haihdutusjäähdytys

Haihdutusjäähdytys perustuu veden faasimuutokseen ja siinä vapautuvaan latenttilämpöön. Järjestelmässä lämmin jäähdytysvesi johdetaan jäähdytystorniin, jossa se kohtaa ilmvirran (Kuva 15.). Osa vedestä haihtuu ilmvirran mukana, ja tämän prosessin aikana jäljelle jäävä vesi viilenee merkittävästi. Jäähdytystehoa rajoittavana tekijänä toimii ulkoilman märkälämpötila. Mitä kuivempaa ilma on, sitä tehokkaammin haihdutus tapahtuu ja sitä viileämpää vettä järjestelmä pystyy tuottamaan. Haihdutusprosessiin liittyy legionellariski, jonka vuoksi järjestelmä vaatii vedenkäsittelyä ja tarkkaa valvontaa. Jäähdytystornin toimintaan liittyy lisäksi melua, jota syntyy erityisesti ilmvirroista ja veden putoamisesta.

Jäähdytystorneissa ilman virtaus voidaan järjestää joko luonnollisesti tai koneellisesti. Luonnollinen ilmanotto perustuu ilman tiheyseroihin ja sääolosuhteisiin, kun taas koneellisessa ilmanotossa käytetään puhaltimia, jotka tuottavat jatkuvan ilmvirran tornin läpi.



Kuva 15. Suora ja epäsuora haihdutusjäähdytys jäähdytystorneilla

4.1.3 Ilmajäähdytys (kuivajäähdytys)

Ilmajäähdyttimiä käytetään joko niin sanottuina vapaajäähdyttiminä (free cooling) tai kylmäkoneiden lauhduttimien jäähdyttämiseen. Ilmajäähdyttimiä on tyypillisesti kahta rakennetyyppiä: tasorakenteisia (flatbed) ja V-mallisia (V-shape). Jäähdytys tapahtuu

lämmönsiirtokierukan avulla, joka koostuu putkista ja lamelleista. Menetelmä perustuu aistittavan lämmön siirtoon, jossa ulkoilman kuiva lämpötila rajoittaa saavutettavaa viilennystehoa.

Yksi ilmajäähdtyksen keskeisimmistä eduista on vähäinen tai olematon vedentarve. Järjestelmän toiminta kuitenkin edellyttää suuria lämmönvaihdepintoja ja voimakasta ilmavirtausta. Puhaltimet kuluttavat sähköä ja aiheuttavat melua. Toisaalta järjestelmä ei vaadi kemikaaleja eikä siihen liity legionellariskiä.

Joissakin ilmajäähdtytimissä on erillinen adiabaattinen jäähdtyysjärjestelmä, jossa laitteeseen on lisätty veden haihdutukseen perustuva osa. Vettä voidaan joko suihkuttaa suoraan lämmönsiirto-putkien päälle tai johtaa haihdutuspaneeleihin, joiden rakenne lisää veden haihtumispintaa. Adiabaattinen jäähdtyys parantaa jäähdtyystehoa.

Ilmajäähdtystä käytetään tyypillisesti pienissä ja keskisuurissa jäähdtyysjärjestelmissä sekä kohteissa, joissa veden saatavuus on rajoitettua. Lisäksi se voi toimia varajärjestelmänä tai osana hybridijärjestelmää suurissa laitoksissa.

4.1.4 Absorptiojäähdytys

Absorptiojäähdytysjärjestelmissä hyödynnetään lämpöenergiaa ajamaan absorptiosykliä, jossa perinteisen kylmäainekompressorin tehtävät on korvattu absorbentilla ja generaattorilla. Järjestelmän sähkönkulutus on selvästi pienempi kuin mekaanisella kompressorijäähdtyksellä, koska absorptiojäähdytysjärjestelmä tarvitsee sähköä käytännössä vain pumppaukseen ja ohjaukseen.

4.1.5 Hybridijäähdtyys

Hybridijäähdtyksellä tarkoitetaan jäähdtyysjärjestelmää, jossa on yhdistetty eri jäähdtystekniikoita, esimerkiksi ilma- ja haihdutusjäähdytys. Tavoitteena on hyödyntää kummankin tekniikan edut ja minimoida niiden haittapuoleet. Hybridijäähdtyksen etuna on joustavuus, joka mahdollistaa toimintaparametrien optimoinnin ympäristö- ja prosessiolosuhteiden mukaan.

4.2 Jäähdtyysratkaisujen vertailu

Taulukossa 5 on esitetty lähtötietoina jäähdtyysratkaisujen vertailussa käytettyjä oletuksia.

Taulukko 5. Jäähdtyysratkaisujen vertailun oletukset

Parametri	Oletusarvo / vaihteluväli
Jäähdtyystarve / hukkalämpö	Kokonaishyötysuhteen ollessaan 53 % noin 47 % kokonaissähkötehosta poistetaan hukkalämpönä
Jäähdtyysjärjestelmän EER	15–20 (Energy Efficiency Ratio, teollinen taso)
Jäähdtyyssähkön osuus kokonaiskulutuksesta	~2–3 % laitoksen sähköstä (tyypillisesti)
Käyttöaika	8000 h/vuosi

EER = poistettu lämpöteho / jäähdtyykseen käytetty sähköteho

→ Esim. EER = 15 tarkoittaa, että 15 MW lämpöä poistetaan 1 MW sähköllä.

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 6) on vertailtu jäähdytysratkaisuja keskenään sen mukaan, kuinka ne soveltuvat eri laitoskokoluokille.

Taulukko 6. Jäähdytysratkaisujen vertailu eri laitoskokoluokissa soveltuvuuden näkökulmasta

Jäähdytysratkaisu	Kuvaus	200 MW	400 MW	650 MW
Ilmajäähdytys	Lämmönsiirto ilmaan puhaltimilla, ei veden tarvetta	♦ Rajoitetusti soveltuva pieniin kohteisiin (esim. sähköjärjestelmät)	✗ Riittämätön pääprosessien jäähdytykseen	✗ Käytännössä vain apujäähdytykseen
Vesikiertoinen jäähdytys	Suljettu tai avoin kierto, tehokas ja luotettava ratkaisu	✓ Toimiva perusratkaisu	✓ Soveltuu hyvin	✓ Perussuositus, jos vesistö saatavilla
Haihdutuseräjäähdytys	Jäähdytys veden osittaisella haihdutuksella, korkea hyötysuhde	♦ Tehokas, mutta vedenkulutus voi olla kriittinen	✓ Tehokas ja skaalautuva	✓ Erittäin tehokas suurissa prosesseissa
Absorptiojäähdytys	Hyödyntää hukkalämpöä jäähdytyksen tuottamiseen	♦ Mahdollinen lisäprosesseihin (jos hukkalämpöä on)	♦ Täydentävänä ratkaisuna	✓ Suositeltava lisätoiminto suurella hukkalämmöllä
Hybridijäähdytys	Yhdistää esim. ilma- ja haihdutuseräjäähdytyksen	♦ Soveltuu pieniin kohteisiin, joissa vaihteleva ilmasto	✓ Vähentää vedenkulutusta	✓ Suositeltava suurille laitoksille

Taulukko 7 esittää jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutukset eri kokoisille laitoksille EER-arvolla (Energy Efficiency Ratio) 16. Arvioitu tilantarve ja tekniset laskelmat 650MW "PtX to Ammonia"-laitokselle on esitetty liitteessä 1.

Taulukko 7. Jäähdytysjärjestelmän sähkönkulutus eri kokoisille laitoksille EER-arvolla (Energy Efficiency Ratio) 16

Laitoskoko	Poistettava lämpö (MW)	EER (teollinen)	Sähkön tarve EER arvolla 16 (MW)	Vuotuinen sähkönkulutus (GWh)	Sähkön kokonaishinta (€/MWh)	Vuotuinen kustannus (€)
200 MW	94 MW	16	~5,87 MW	~46,96 GWh	66,13 €/MWh	~3,1 milj.€
400 MW	188 MW	16	~11,75 MW	~94,00 GWh	66,13 €/MWh	~6,2 milj.€
650 MW	308 MW	16	~19,25 MW	~154,00 GWh	66,13 €/MWh	~10,2 milj.€

Huomioita:

- Energiantarve vaihtelee käyttöasteen, ulkoilman lämpötilan, jäähdytyspiirin tehokkuuden ja järjestelmän optimoinnin mukaan.
- Absorptiojärjestelmien sähköntarve on hyvin pieni, mutta ne vaativat jatkuvan lämpöenergian lähteen (esim. hukkalämpö).
- Haihdutuseräjäjärjestelmissä vedenkulutus on merkittävä mitoitustekijä.
- Hybridiratkaisut voivat optimoida energiatehokkuutta vuodenaikojen mukaan.
- Sähköenergian kustannusten arvioinnissa käytetty:
 - Sähkön energiamaksu 50 €/MWh
 - Sähkönsiirto 15 €/MWh
 - Huoltovarmuusmaksu 0,13 €/MWh
 - Sähkövero (veroluokka 2): 0,5 €/MWh
 - Yhteensä 66,13 €/MWh = ~0,066 €/kWh

4.3 Jäähdytysinfra

Jäähdytysteho riippuu prosessin hyötysuhteesta

Esimerkiksi jos laitos käyttää 650 MW sähkötehoa ja prosessin hyötysuhde on 53 %, loput 47 % muuttuu lämmöksi. 650 MW:n sähköteholla lämpöä syntyy noin:

- 244 MW vedyn tuotannosta
- 64 MW ammoniakkin tuotannosta

Kaikki lämpö ei vaadi aktiivista jäähdytystä

Prosessissa syntyy n. 310 MW hukkalämpöä ($650 \text{ MW} \times 47 \%$) joka vaatii aktiivista lämmönpoistoa:

- Osa lämpöenergiasta poistuu luonnollisesti prosessin mukana, esimerkiksi:
 - Poistokaasut, ilmanvaihto
 - Lämpö kulkeutuu tuotteiden, jäähdytysnesteiden tai sivuvirtojen mukana
- Osa lämpöenergiasta voidaan hyödyntää uudelleen, esimerkiksi:
 - Lämmöntalteenotto (LTO)
 - Prosessien sisäinen lämmönsiirto (esilämmitys tms.)
 - Ulkoinen hyötykäyttö, kuten kaukolämpö
- Osa lämpöenergiasta on niin matalalämpöistä, ettei sen poistaminen vaadi mekaanista jäähdytystä (se siirtyy ympäristöön ilman merkittävää jäähdytyslaitetta)

Aktiivinen jäähdytys mitoitetaan kriittisimmille kohteille

- Aktiivinen jäähdytys (esim. jäähdytysvesipiirit, lämmönvaihtimet, tornit) kohdistetaan niihin laitteisiin tai kohtiin, joissa lämpökuorma on suurin tai laite tarvitsee ehdottomasti lämpösuojelua.
- Tällaisia voivat olla esim. teholaitteet, moottorit, elektroniikka, reaktiiviset prosessit

Yhteenvetona energiatappiot PtX-ammoniakkitehtaissa ovat monimutkaisempia kuin yksinkertainen oletus, että kaikki käyttämätön energia muuttuu lämmöksi. Vaikka komponenteista, kuten elektrolyysereistä ja kompressoreista, johtuvat tappiot hajautuvat suurelta osin lämpönä sähkö- ja mekaanisten häviöiden vuoksi, tämä oletus ei täysin päde tehtaan ammoniakkisynteesiosaan. Tässä prosessin osassa energiatappiot voivat ilmetä myös reagoimattomina kaasuina, kemiallisina sivutuotteina ja epätäydellisinä konversioina, jotka säilyttävät kemiallisen potentiaalin sen sijaan, että ilmentyisivät lämpöenergiana. Lisäksi, tehtaan suunnittelu ja maantieteellinen sijainti huomioon ottaen, tietyt taselaitoksen (BoP, Balance of Plant) komponentit – kuten kompressorit – eivät välttämättä vaadi aktiivista jäähdytystä, sillä niiden lämmönhajoamista voidaan hallita passiivisesti tai ympäristön ilmanvaihdon avulla.

Sen sijaan elektrolyysarit ja ammoniakkireaktorit tarvitsevat huolellisesti suunniteltuja aktiivisia jäähdytysjärjestelmiä turvallisen ja jatkuvan toiminnan varmistamiseksi. Karkean tason arviot osoittavat, että tyypillinen 650 MW:n PtX-ammoniakkitehdas tarvitsee noin 244 MW jäähdytyskapasiteettia elektrolyysarijärjestelmälle, jota yleensä hallitaan jäähdytysvesipiireillä.

Lisäksi ammoniakkireaktori vaatii noin 64 MW aktiivista jäähdytystä, mikä saavutetaan usein höyryntuotannon kautta, jolloin mahdollistetaan sekä lämmön poisto että energian talteenotto.

Taulukko 8. Jäähdytysratkaisujen tilantarve

Vaihtoehto	Tilantarve (m ² /MW)	Huomio
Vesikiertoinen	50–100	Kompakti järjestelmä, lähderakenteet
Haihdutusjäähdytys	80–120	Torni vaatii ~80 m ² /MW, teollisuuskäytännöt
Absorptiojäähdytys	100–150	Tarvitsee kone- ja varastosäiliöiden tilaa
Hybridijäähdytys	100–180	Monimenetelmä, yhdistää esimerkiksi ilma- ja vesijäähdytyksen

Lähdeperustat ja laskentatarkkuus:

- Ilmajäähdytys: ASHRAE: ~150–250 m²/MW lämpökuorman ja puhallinalueen perusteella.
- Vesikiertoinen: teollisuuden standardien perusteella noin 50–100 m²/MW kompaktin laitekoonpanon mukaan.
- Haihdutusjäähdytys: tyypillisesti 80–120 m²/MW torni + merivesiallas (EPA:n raportit ja teollisuuden käytännöt).
- Absorptiojäähdytys: vaatii lisätilaa (varastot, hukkalämpöjärjestelmät) ~100–150 m²/MW.
- Hybridijäähdytys: yhdistelmä lisää tilavaatimusta korotettuna 100–180 m²/MW, teolliset viitearvot.

4.4 Kustannusarviot

Arvioissa (Taulukko 9.) esitetään investointikustannus (CAPEX) €/MW jäähdytystehoa sekä vuotuiset käyttökustannukset (OPEX) €/MW. Kustannustasoja voidaan tarkentaa suunnittelun edetessä. Erot eri ratkaisujen välillä johtuvat mm. laitetoimituksista, veden- ja energian kulutuksesta sekä huollon intensiteetistä.

Taulukko 9. CAPEX ja OPEX (€/MW jäähdytysteho) PtX ammoniakkilaitokselle

Järjestelmä	CAPEX (€/MW)	OPEX (€/MW/vuosi)	Kommentti
Ilmajäähdytys	300 000 – 500 000	4 000 – 8 000	Edullinen, mutta rajoitettu suuriin laitoksiin
Vesikiertoinen	600 000 – 900 000	8 000 – 12 000	Yleinen ja luotettava, vaatii vesilähteen
Haihdutusjäähdytys	900 000 – 1 300 000	15 000 – 25 000	Korkea hyötysuhde, veden kulutus huomioitava
Absorptiojäähdytys	1 000 000 – 1 500 000	18 000 – 30 000	Käytetään hukkalämmön hyödyntämiseen, investointi iso
Hybridijäähdytys	900 000 – 1 400 000	12 000 – 22 000	Optimaalinen isoille laitoksille, yhdistää parhaat puolet

Lähteitä ja referenssejä:

- IEA PtX raportit: Keskeiset arvioinnit PtX-teollisuuden prosessien kustannuksista, mukaan lukien jäähdytys
- VTT tekniset raportit: Suomalainen tutkimuslaitos, paljon teollisuusratkaisuja ja jäähdytysjärjestelmien kustannusarvioita
- ASHRAE Handbook: Standardi jäähdytys- ja ilmastointitekniikasta
- Ympäristö- ja energiakonsulttien raportit (esim. Ramboll, Pöyry): Teollisuuden jäähdytys- ja energiatehokkuushankkeet

- Käytännön tapausesimerkit: Ammoniakkitehtaiden jäähdytysjärjestelmien rakentamisprojektit

Huomioita:

- Investointikustannukset sisältävät laitteistot, putkistot, sähköistyksen, perustukset ja asennuksen.
- Käyttökustannukset sisältävät energian (sähkö/lämpö), veden, kemikaalit, huollon ja valvonnan.
- Absorptiojärjestelmät voivat vähentää sähkönkulutusta, mikä pienentää operointikustannuksia, jos lämpöenergia on ilmaista tai hukkalämpöä.

4.5 Lämmön hyödyntämismahdollisuuksien kartoitus ja arviointi

PtX-laitoksen (Power-to-X) hukkalämpöä – sen lämpötilasta ja muodosta riippuen – voidaan hyödyntää useilla teollisuudenaloilla. Vedyn tuotannossa syntyvä hukkalämpö on yleensä matalalämpötilaista (30–80 °C), kun taas vedyn jatkojalosteiden tuotannossa syntyvän hukkalämmön lämpötilat voivat olla merkittävästi korkeampia. Yleisiä esimerkkejä hukkalämmön hyödyntämiskohteista ovat:

Kaukolämpö

Kaupungit ja taajamat voivat hyödyntää matala- ja keskilämpöistä hukkalämpöä asuntojen, toimistojen ja julkisten rakennusten lämmittämiseen.

***Elintarviketeollisuus**

Hukkalämpöä voidaan käyttää esimerkiksi kuivaamiseen, pastörintiin tai puhdistusprosesseihin.

***Kalaviljely**

Hukkalämpöä voidaan hyödyntää kasvatusaltainen lämmitykseen, 14–22 °C veden lämpötila kalalajista riippuen.

Metsä- ja paperiteollisuus

Hyödyllistä paperin kuivaamisessa ja prosessiveden esilämmityksessä.

Kemianteollisuus

Hukkalämpöä voidaan käyttää prosessilämpönä kemiallisissa reaktioissa tai raaka-aineiden esilämmityksessä.

***Kasvihuoneviljely**

Hukkalämpö voi ylläpitää sopivaa lämpötilaa ympärivuotisessa viljelyssä.

Tekstiiliteollisuus

Käytettävissä esimerkiksi värjäyksessä, kuivauksessa ja pesuprosesseissa.

***Vedenkäsittely**

Suolanpoisto- ja jätevedenpuhdistuslaitokset voivat hyödyntää hukkalämpöä.

Metalliteollisuus

Joissain tapauksissa hukkalämpöä voidaan käyttää metallien esilämmitykseen tai pintakäsittelyihin.

Jos hukkalämpö on **korkealämpöistä** (>100 °C), sen käyttömahdollisuudet teollisuudessa kasvavat merkittävästi.

Matala lämpötila (<100 °C) soveltuu paremmin rakennusten lämmitykseen tai vähälämpöisiin teollisuusprosesseihin.

*Suositus

Taulukko 10. Hukkalämmön hyödyntämiskohteet ja niiden soveltuvuus

Toimiala	Lämmön käyttötarkoitus	Sopiva lämpötila	Investointi (suuntaa antava)	Työllisyysvaikutus
Kaukolämpö	Asuntojen ja rakennusten lämmitys	50–100 °C	1–3 M€/MW lämpöteho	5–10 htv rakentamisvaiheessa
Elintarviketeollisuus	Kuivaus, pastörointi, puhdistus	60–120 °C	0,5–1,5 M€ / linja	2–5 htv pysyvästi
Kalaviljely	Kasvatusaltilaiden veden lämmitys	14–22 °C	0,3–0,8 M€/kasvatusyksikkö	1–3 htv pysyvästi
Metsä- ja paperiteollisuus	Paperin kuivaus, prosessiveden esilämmitys	>100 °C	1–4 M€ / laitos	5–15 htv rakentamisessa
Kemianteollisuus	Prosessilämpö ja raaka-aineiden esilämmitys	>100 °C	2–6 M€ / prosessiyksikkö	10–20 htv pysyvästi
Kasvihuoneviljely	Ympärivuotisen viljelyn lämpö	30–70 °C	0,3–0,8 M€/ha	2–4 htv/ha
Tekstiiliteollisuus	Värjäys, pesu, kuivaus	60–90 °C	0,5–1 M€ / laitos	3–6 htv pysyvästi
Vedenkäsittely	Suolanpoisto, jäteveden puhdistus	50–100 °C	1–2 M€ / 1000 m ³ /vrk	3–8 htv pysyvästi
Metalliteollisuus	Esilämmitys, pintakäsittely	>150 °C	1–3 M€ / tuotantolinja	5–10 htv rakentamisvaiheessa

* Investointikustannukset ovat alustavia ja vaihtelevat sijainnin, olemassa olevan infrastruktuurin ja mittakaavan mukaan.

** Työllisyysvaikutukset (htv = henkilötyövuosi) arvioidaan sekä rakentamisen että pysyvän toiminnan näkökulmasta.

4.6 Urean tuotannon potentiaali Pirunkynnen PtX-ekosysteemissä

Pirunkynnen alue tarjoaa merkittävän mahdollisuuden e-ammoniakin jatkojalostukseen ureaksi. Urean tuotanto lisäisi huomattavasti alueen teollista arvoa ja loisi uusia mahdollisuuksia korkeamman jalostusasteen tuotteiden valmistukseen kotimaassa. Urean valmistusprosessi voisi täydentää alueen PtX-kokonaisuutta ja vahvistaa alueen asemaa vetytalouden solmukohtana. Jalostusarvon nostaminen ammoniakista ureaan mahdollistaa paitsi taloudellisesti kannattavamman tuotantoketjun, myös tehokkaamman resurssien hyödyntämisen ja vientipotentiaalin kasvattamisen.

4.6.1 Yleistä urean tuotannosta

Urea eli virtsa-aine on yksinkertainen orgaaninen yhdiste, kemialliselta kaavaltaan CO(NH₂)₂.

Urea yleisesti

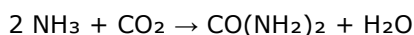
- Koostumus: yksi hiiliatomi, yksi happiatomi ja kaksi aminoryhmää (–NH₂).
- Ulkonäkö: valkoinen, kiteinen, hyvin veteen liukeneva kiinteä aine.
- Typpipitoisuus: n. 46 % (siksi se on erittäin tehokas typpilannoite).

Urean pääkäyttötarkoitukset

- Lannoitteet: Urea on maailman yleisin typpilannoite.
- Kemianteollisuus: Ureaa käytetään mm. muovien, hartsien ja liimojen valmistukseen.
- Päästöjen vähennys (DEF/AUS32): Urealiuosta ruiskutetaan dieselmoottorien pakokaasuihin, jolloin NO_x-päästöt hajoavat typeksi ja vesihöyryksi (*SCR-tekniikka*).

Urean valmistus

Teollisesti urea (CO(NH₂)₂) syntyy reagoittamalla ammoniakkia (NH₃) ja hiilidioksidia (CO₂) korkeassa lämpötilassa ja paineessa:



Koska ammoniakki tuotetaan Haber–Bosch-prosessilla, jossa CO₂ on sivutuote, urea voidaan valmistaa usein samassa tehtaassa. Tämä tekee siitä luontevan jatkojalosteen myös vihreälle ammoniakille PtX-hankkeissa.

UREAn markkina-arvo

Alla olevassa taulukossa (Taulukko 11) on esitetty urean hintoja vuonna 2025 eri lähteissä.

Taulukko 11. Urean hintoja USD ja EUR (EUR-kurssilla 1,1578) 2025

Lähde / Tyyppi	USD/tonni	EUR/tonni (≈)
Trading Economics – Benchmark	435	376
World Bank – Global Average (kesäkuu)	420,5	363
Farmonaut – Retail (kesäkuu)	663	573
IMARC – USA	390	337
IMARC – Kiina	247	213
IMARC – Venäjä	355	307
IMARC – Saudi-Arabia	372	321
IMARC – Egypti	419	362

4.6.2 Urean tuotannon vaikutukset vedenkulutukseen

Urean tuotanto on vedenkäytön kannalta merkittävä prosessi. Keskimääräinen prosessin tarvitsema vesimäärä on noin 12,8 m³ per tuotettu tonni ureaa, josta noin 45 % käytetään varsinaiseen prosessiin ja loput jäähdytykseen, höyryntuotantoon ja muihin tukitoimintoihin.⁸ Veden käsittelyyn tarvitaan kemikaaleja kuten alumiinisulfaattia, natriumhydroksidia ja klooria, ja prosessissa syntyy myös jätevesiä, jotka sisältävät ammoniakkia ja typpeä. Ureanvalmistuksen jätevesien puhdistaminen on suositeltavaa tehdä laitoksella, jolloin ammoniakki ja typpi voidaan ottaa talteen ja palauttaa prosessiin. Puhdistettu vesi voidaan myös kierrättää, mikä pienentää prosessin veden tarvetta.

Pirunkynnen alueen vesivarojen näkökulmasta urean tuotannon käynnistäminen edellyttää tarkkaa arviota veden saatavuudesta ja vaikutuksista muihin toimintoihin. Erityisesti jäähdytysveden tarve voi olla merkittävä, ja sen saatavuus voi vaikuttaa koko alueen teolliseen

⁸ <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/472/1/012034/pdf>

kapasiteettiin. Lisäksi on huomioitava mahdollisuus veden kierrätykseen ja prosessikondensaatin hyödyntämiseen, mikä voi vähentää kokonaisvedentarvetta.⁹

4.6.3 Yhteenveto urean tuotannosta

Pirunkynnen alueella on potentiaalia urean tuotannolle, mutta tämä edellyttää huolellista suunnittelua ja lisäselvityksiä. Veden riittävyyden varmistamiseksi on tärkeää toteuttaa:

- **Tarkka vesivarojen kartoitus ja kapasiteettiselvitys**, jotta voidaan arvioida alueen kyky vastata teollisen mittakaavan vedenkulutukseen.
- **Veden kierrätysjärjestelmien hyödyntäminen**, mikä voi merkittävästi vähentää kokonaisvedentarvetta ja parantaa prosessin kestävyyttä.
- **Yhteensovittaminen muiden teollisten ja ympäristöllisten tarpeiden kanssa**, jotta veden käyttö ei aiheuta haittaa muille alueen toimijoille tai ekosysteemeille.

Tämä alustava arvio tukee jatkoselvitysten tarvetta erityisesti vedenhankinnan ja jätevesien hallinnan osalta, mikä on keskeistä kestäväen teollisen kehityksen kannalta.

Lisäksi on huomioitava tuotantoprosessien tekniset ja logistiset edellytykset:

- **Urealaitos edellyttää ammoniakilaitoksen olemassaolon**, sillä urea valmistetaan ammoniakista ja hiilidioksidista.
- **Prosessien integrointi samaan teollisuusalueeseen** on suositeltavaa energiatehokkuuden, materiaalivirtojen hallinnan ja logistiikan optimoimiseksi.
- **Hiilidioksidilähteen saatavuus** on olennainen osa ureatuotantoa, ja sen varmistaminen on keskeinen osa investointisuunnittelua.
- **Yhdistetty ammoniakki- ja urealaitos** parantaa investoinnin kannattavuutta, mahdollistaa monipuolisemman tuotetarjonnan ja tukee alueen teollista ekosysteemiä.

⁹http://productstewardship.eu/fileadmin/user_upload/user_upload_prodstew/documents/Booklet_nr_5_Production_of_Urea_and_Urea_Ammonium_Nitrate.pdf

5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän selvityksen perusteella voidaan todeta, että Kokemäenjoki on hyvä jäähdytysresurssi Pirunkynnen alueelle sijoittuville puhtaan siirtymän tuotantolaitoksille. Suora jokivesijäähdytys on teknisesti ja taloudellisesti soveltuva ensisijaiseksi jäähdytysratkaisuksi.

Suoran jokivesijäähdytyksen jäähdytyskapasiteetti riittää selvityksessä tarkasteltujen laitosten tarpeisiin pääosan vuodesta. Hellekausina ja vähävetiseen aikaan Kokemäenjoen ekologinen tila voi heikentyä luonnostaan, mikä saattaa aiheuttaa rajoituksia laitosten tuotannoille. Jos jokivesijäähdytystä tehostetaan jokiveden lämpötilan ollessa korkea avustavalla jäähdytysjärjestelmällä, esimerkiksi ilmajäähdytyksellä, jäähdytyksen tuottaman lämpökuorman aiheuttama haitallinen ympäristövaikutus erityisesti kalastolle ei lisäänny merkittävästi.

PtX-laitosten prosesseissa syntyvää hukkalämpöä voidaan myös hyödyntää useilla eri teollisuuden aloilla. Tällöin jäähdytykseen kuluvat resurssit pienenevät, ympäristövaikutukset vähenevät ja prosessin kokonaishyötysuhde paranee.

5.1 Suositeltava vesi-infrastruktuuriratkaisu ja alustava kustannusarvio

5.1.1 Suositus

Hybridijäähdytysjärjestelmä, jossa yhdistetään jokivesijäähdytys perusratkaisuna ja mahdollisesti vaihtoehtoinen jäähdytysjärjestelmä (esim. jäähdytystornit tai ilmajäähdytys), jota voidaan hyödyntää, kun jokivesijäähdytyksen kapasiteetti ei riitä (esim. poikkeukselliset lämpötilat, huoltoseisokit).

Infrastruktuurikomponentit:

- Jäähdytysjärjestelmä, jonka kapasiteetti n. 300 MW tarkentuu seuraavassa konsepti / feasibility suunnitteluvaiheessa
- Vedenotto- ja palautuslinjasto Kokemäenjoesta
- Automaatio- ja ohjausjärjestelmät lämpökuorman minimointiin
- Avustava jäähdytysjärjestelmä

Jokivesijäähdytysinfrastruktuuri mahdollistaa prosessiveden oton Kokemäenjoesta.

5.1.2 Kustannusarvio (luokka-arviona)

Taulukossa (Taulukko 12) on esitetty kustannusarvio ilmajäähdytyksellä tehostetulle jokivesijäähdytykselle.

Taulukko 12. Kustannusarvio 300 MWt jäähdytysjärjestelmälle

Komponentti	Arvioitu investointi (M€)
Vedenotto/palautus + rakenteet	10–15 M€
Varastointi ja pumppaus	5–10 M€
Ohjaus- ja automaatiojärjestelmät	3–5 M€
Ilmajäähdytysjärjestelmä	2–3 M€
Yhteensä (alustava arvio):	20–33 M€

5.2 Vaikutukset Kokemäenjokeen ja vesienhoidon tavoitteisiin

Nykyinen ekologinen luokka

Tyydyttävä, alennettu tilatavoite. Alttius lämpötilan muutoksille erityisesti kesäisin.

Skenaarioiden vaikutus

Suora lämpökuorma voisi nostaa veden lämpötilaa enimmillään hellekautena ja vähävetiseen aikaan paikallisesti $>1,5$ °C, mistä voi seurata vesienhoidon ekologisen luokituksen tilan heikentymistä erityisesti kalaston osalta.

Hybridiratkaisulla

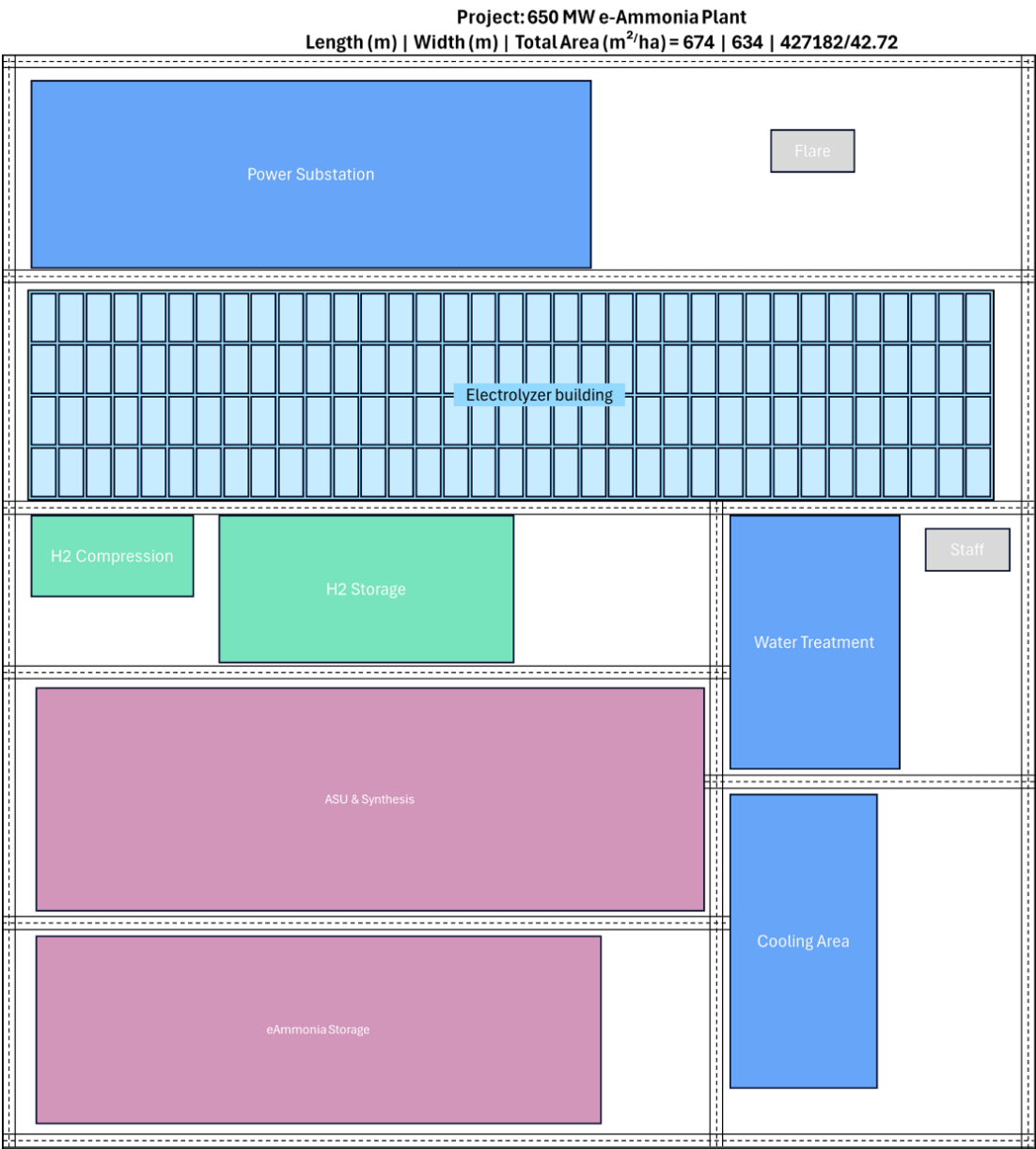
Lämpökuormaa voidaan säädellä ja minimoida, jolloin riski negatiivisille ympäristövaikutuksille ja vesienhoitotavoitteiden vaarantumiselle jää vähäiseksi.

Yhteenveto

Mikäli jäähdytysjärjestelmä mitoitetaan ja säädetään oikein, hanke on sovitettavissa yhteen vesienhoitosuunnitelman tavoitteiden kanssa, eikä se heikennä Kokemäenjoen alaosan ekologista tilaa, eikä estä ekologisen tilan saavuttamista.

6. LIITTEET

LIITE 1: Arvioitu tilantarve ja tekniset laskelmat, 650MW "PtX to Ammonia"



Assumptions		
Electrolyser Voltage	V	2
FT synthesis efficiency	%	70%
LHV - H ₂	MJ/kg	120
LHV-FT Liquid	MJ/kg	42

Electrolyser (Low Temperature)		
<i>Input</i>		
Electrical Power - Electrolyser	MW	650
Electrical Power - BoP*	MW	76.2
Water	kg/h	109278
<i>Output</i>		
Hydrogen	mol/h	6063119
Hydrogen	kg/h	12285
Oxygen	kg/h	96993
Cooling (DH + Loss)*	MW	244.0
* Average of low T technologies		

Ammonia (Including ASU)		
<i>Input</i>		
Hydrogen	kg/h	12285
Nitrogen	kg/h	57330
Air (ASU)	kg/h	76047
Electrical Power (ASU)	MW	5.7
Electrical Power (Synthesis + Compression)	MW	20.475
<i>Output</i>		
Ammonia	kg/h	68250
Oxygen	kg/h	17579.97
Argon	kg/h	977.2459
Cooling (DH+Loss)	MW	64.5

650 MW Ammonia Plant		
Total length	m	674
Total width	m	634
Area	m ²	427182
Area	ha	42.72