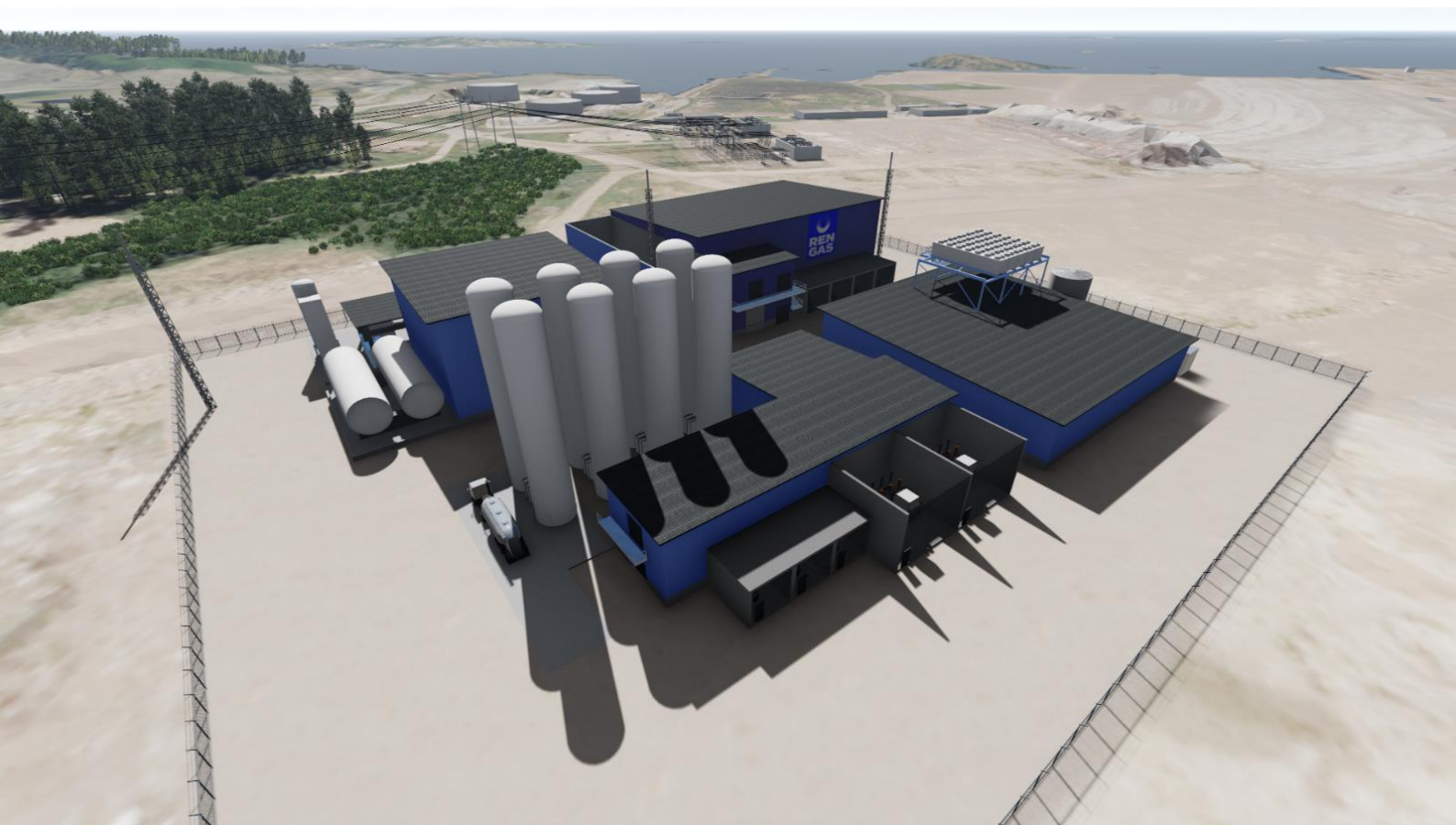




Nordic Ren-Gas Oy:n hiilidioksidin talteenottolaitos,
Kotka

Kymijoen Korkeakoskenhaaran lämpökuorman
vesistömallinnus ympäristövaikutusten arviointia varten

Asiakas: Nordic Ren-Gas Oy

Projektinumero: 101020135-010

Yhteyshenkilö
Janne Raunio

Pvm.
19/02/2024

Sähköposti
janne.raunio@afry.com

Projektiviite 101020135-010

Raportin nimi

Kymijoen Korkeakoskenhaaran lämpökuorman vesistömallinnus

Asiakas
Nordic Ren-Gas Oy

Kuvien pohjakartat: Maanmittauslaitos, ellei toisin mainita.

Sisältö

1	Johdanto.....	2
2	Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät	2
3	Mallinnusalue	3
4	Hyötyvoimalan ja suunnitellun laitoksen toiminta ja vedenotto Kymijoesta	5
5	Laskettavat skenaariot.....	6
6	Laskentamalli	9
6.1	Olosuhdetiedot	9
6.2	Mallihila	10
7	Tulokset.....	12
7.1	Skenaario 1 (nykytilanne).....	12
7.2	Skenaario 2 (CCU-laitoksen jäähdytysteho 3,8 MW th)	14
7.3	Skenaario 3 (CCU-laitoksen jäähdytysteho 10,1 MW th)	16
7.4	Kesäaikainen maksimilämmönousu	18
8	Johtopäätökset	20
9	Vesistövaikutusten arvio	21
10	Viitteet	24

1 Johdanto

Nordic Ren-Gas Oy suunnittelee Power-to-Gas -tuotantolaitosta (P2G-laitos) sekä hiilidioksidin talteenottolaitosta (CCU-laitos) Kotkaan. Power-to-Gas -laitoksen suunniteltu sijaintipaikka on Kotkassa Mussalon kaupunginosassa, Palaslahden teollisuusalueella. Hiilidioksidin talteenottolaitoksen suunnitellaan sijoittuvan Korkeakosken hyötyvoimalaitoksen yhteyteen. Korkeakosken alueelle sijoittuva hiilidioksidin talteenotto vaatii sekä lämpöenergiaa että jäähdytystä. Mikäli kaukolämpöä ei voida syöttää verkkoon, laitoksen tarvitsema jäähdytysteho (enintään noin 20 MW) otetaan Kotkan Energian hyötyvoimalaitoksen olemassa olevasta, Kymijokea hyödyntävästä vesikiertoisesta jäähdytysjärjestelmästä. Tämänkaltaisessa tilanteessa CCU-laitoksen arvioitu lisälämpökuorma Kymijokeen verrattuna hyötyvoimalaitoksen tämänhetkiseen maksimikuormitukseen olisi enintään noin 50 TJ/kk.

YVA-menettelyssä tulee tarkastella CCU-laitoksen apujäähdytysvesien aiheuttamaa jokiveden lämmönnousua sekä sen vaikutuksia vesistöön. Tässä raportissa on esitelty YVA:n mukaiset skenaariot, niiden tulokset sekä arvioitu lämpökuorman vesistövaikutuksia.

Raportissa esitetään myös vaikutusarviointi CCU-laitoksen lauhdevesien kuormitusvaikutuksesta Kymijoen Korkeakoskenhaaraan.

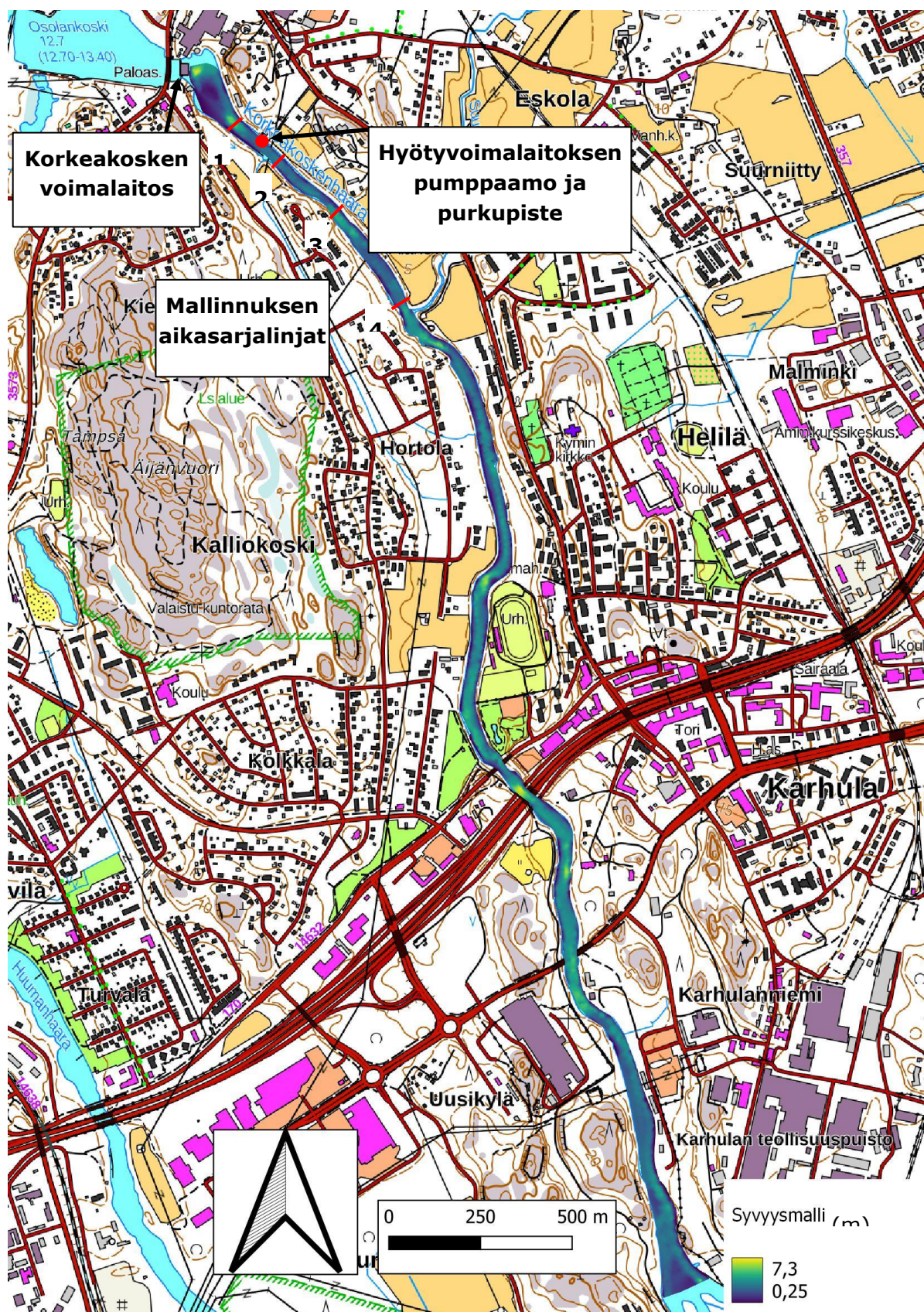
2 Vaikutusmekanismit ja arviointimenetelmät

Hanke vaikuttaa lähialueen vesistöön toiminnan aikana vedenoton sekä lämpökuormituksen johtamisen kautta. Vaikutusarvio on laadittu asiantuntijatyönä, ja sen lähtöaineistona ovat toimineet hankkeeseen liittyvä suunnitteluaineisto, lämpökuorman mallinnus ja arvioitavaan kohteeseen liittyvä taustatieto mm. vesistön ja eliöstön nykytilasta sekä kokemus aiempien vastaavien hankkeiden vaikutusarvioinnista ja kohteessa jo ilmenneistä ympäristövaikutuksista.

3 Mallinnusalue

Hyötyvoimalaitos sijaitsee Kymijoen Korkeakosken haarassa, Korkeakosken vesivoimalaitoksen tuntumassa (Kuva 3-1). Suunniteltu hiilidioksidin talteenottolaitos sijoittuu samalle alueelle Hyötyvoimalaitoksen kanssa. Kymijoki on virtaamaltaan ja valuma-alueeltaan Suomen neljänneksi suurin joki. Kuusankosken kohdalla joen pitkän ajan keskivirtaama on vajaa 300 m³/s. Korkeakosken haaran keskivirtaama on ollut 2000-luvulla n. 76,1 m³/s. Kymijoen veden laatu luokitellaan fysikaalis-kemialliselta tilaltaan kokonaisuutena hyväksi. Kokonaisfosforipitoisuus ja pH-minimi ilmentävät jopa erinomaista fysikaalis-kemialliselta tilaa. Ekologiselta tilaltaan joki on luokiteltu kokonaisuutena tyydyttäväksi, mutta useimmat ekologisen tilan mittarit ilmentävät hyvää tai erinomaista ekologista tilaa.

Mallinnusalueeksi rajattiin Kymijoki Korkeakosken voimalalta merelle (Kuva 3-1). Korkeakosken haaran keskisyvyys on noin 2,4 m, riippuen virtaamista ja vedenkorkeudesta (Kuva 3-1). Suurin luodattu syvyys oli 7,3 m. Korkeakoskenhaaran vedenkorkeuteen vaikuttaa oleellisesti merivedenkorkeus, joka voi nostaa vedenpintaa Korkeakosken voimalaitoksen alapuolella asti. Tässä työssä syvyysaineistona hyödynnettiin Korkeakoskelta kerättyä syvyysaineistoa, joka on tallennettu Navico-yhtymän karttapalveluun (ks. <https://www.c-map.com/social-map/>). Syvyysluotaukset on tehty 14.8.2014, jolloin Korkeakoskenhaaran keskivirtaama oli 65,4 m³/s, eli melko lähellä pitkän aikavälin keskivirtaamaa. Mallinnuksessa Kymijokeen sijoitettiin aikasarjalinjoja (Kuva 3-1), joiden kohdalta koostettiin veden lämpötilan kulkeutumista eri kuormitusskenaarioissa. Kullakin purkupisteen alapuolella aikasarjalinjalla oli aikasarjapiste joen itä- ja länsirannan tuntumassa sekä keskiuomassa. Linja 2 sijaitsi n. 40 m alavirtaan Hyötyvoimalaitoksen pumppaamosta ja sen jäähdytysvesien purkupaikasta, linja 3 n. 260 m ja linja 4 n. 600 m alavirtaan purkupaikasta. Linja 1 oli vertailulinjana purkupisteen alapuolisille linjoille.



Kuva 3-1. Mallinnusalue Kymijoen alaosalla (Korkeakosken vesivoimalaitos-meri), alueen syvyysprofiili, Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysvesien purkupiste sekä mallinnuksen aikasarjalinjat 1-4.

4 Hyötyvoimalan ja suunnitellun laitoksen toiminta ja vedenotto Kymijoesta

Korkeakosken Hyötyvoimala ottaa tarvitsemansa jäähdytys-, prosessi- ja käyttöveden Kymijoesta Korkeakosken vesivoimalan alapuolelta (Kuva 3-1). Raakavesi otetaan Korkeakoskenhaaraan rakennetun pumppaamon kautta putkea pitkin (Kuva 4-1).



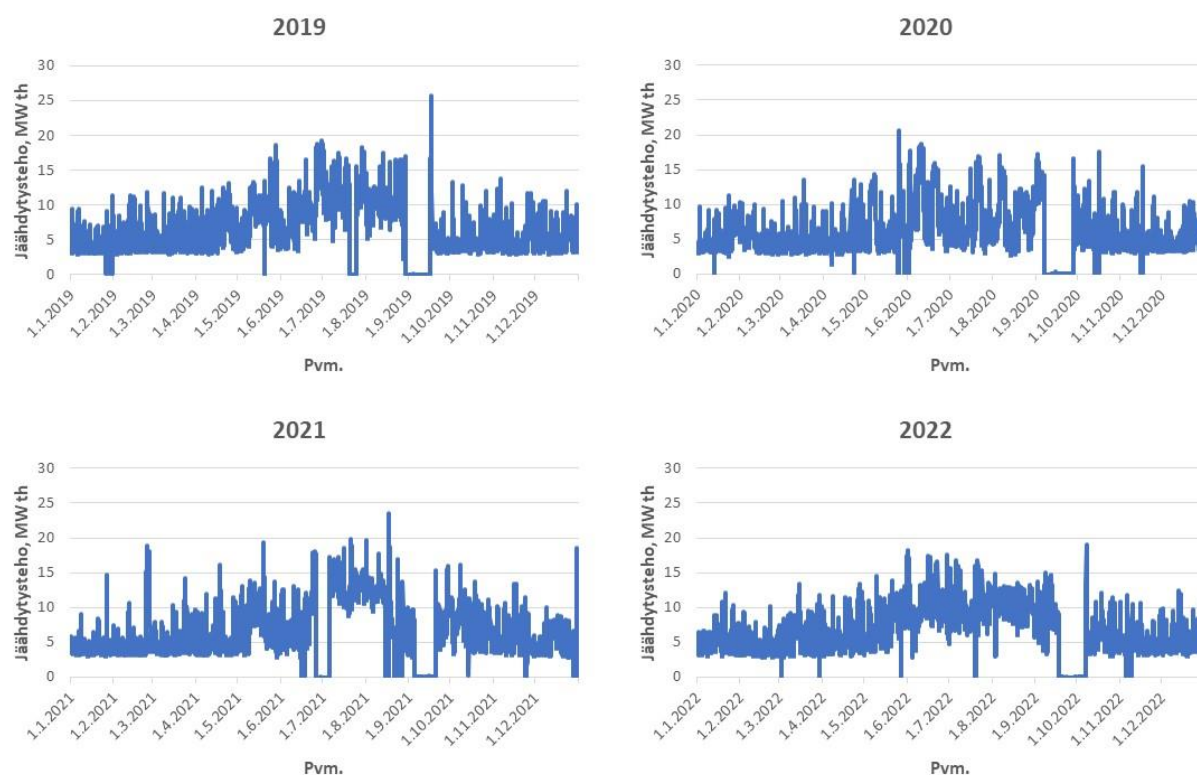
Kuva 4-1. Korkeakosken Hyötyvoimalaitoksen pumppaamo. Jäähdytysvesi puretaan noin 2 metrin syvyyteen pumppaamon edustalle. (Lähde: Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010)

Vesi puhdistetaan pumppaamalla mekaanisesti. Voimalassa lämmennyt jäähdytysvesi johdetaan takaisin Kymijokeen saman pumppaamon kautta. Jäähdytysveden purku tapahtuu paineputkea pitkin rannan läheisyyteen noin kahden metrin syvyyteen. Korkeakoskenhaaran suurin syvyys purkupaikan läheisyydessä on noin kolme metriä (Kuva 3-1). Hyötyvoimalalla käytetään Kymijoen vettä suoraan jäähdytysvetenä, prosessivetenä ja laitoksen käyttövetenä sekä vesijohtovettä talousvetenä yhteensä noin 9,0 milj.m³ /a. Veden kulutus vaihtelee vuoden aikana laitoksen käyttötilanteen mukaan ja kulutus vaihtelee välillä 250–1820 m³/h. Voimalaitos käyttää jäähdytysvettä jatkuvasti voimalaitoksen käydessä turbiinin ja kattilan apulaitteiden sekä kattilan ns. ulospuhalluksen jäähdytykseen. Laitoksen tarvitseman jäähdytysveden määrä on enintään 0,52 m³/s (9,36 milj. m³/a). Otetusta vedestä pieni osa (noin 75 000 m³/a) käytetään voimalaitoksen prosessi- ja käyttövetenä.

CCU-laitos ottaa talteen hiilidioksidia Korkeakosken hyötyvoimalaitoksen savukaasuvirrasta, enintään koko Korkeakosken hyötyvoimalaitoksen tuottaman kokonaishiilidioksidimäärän, n. 97 000 tonnia vuodessa. Vettä käytetään CCU-laitoksella 50 000 m³.

5 Laskettavat skenaariot

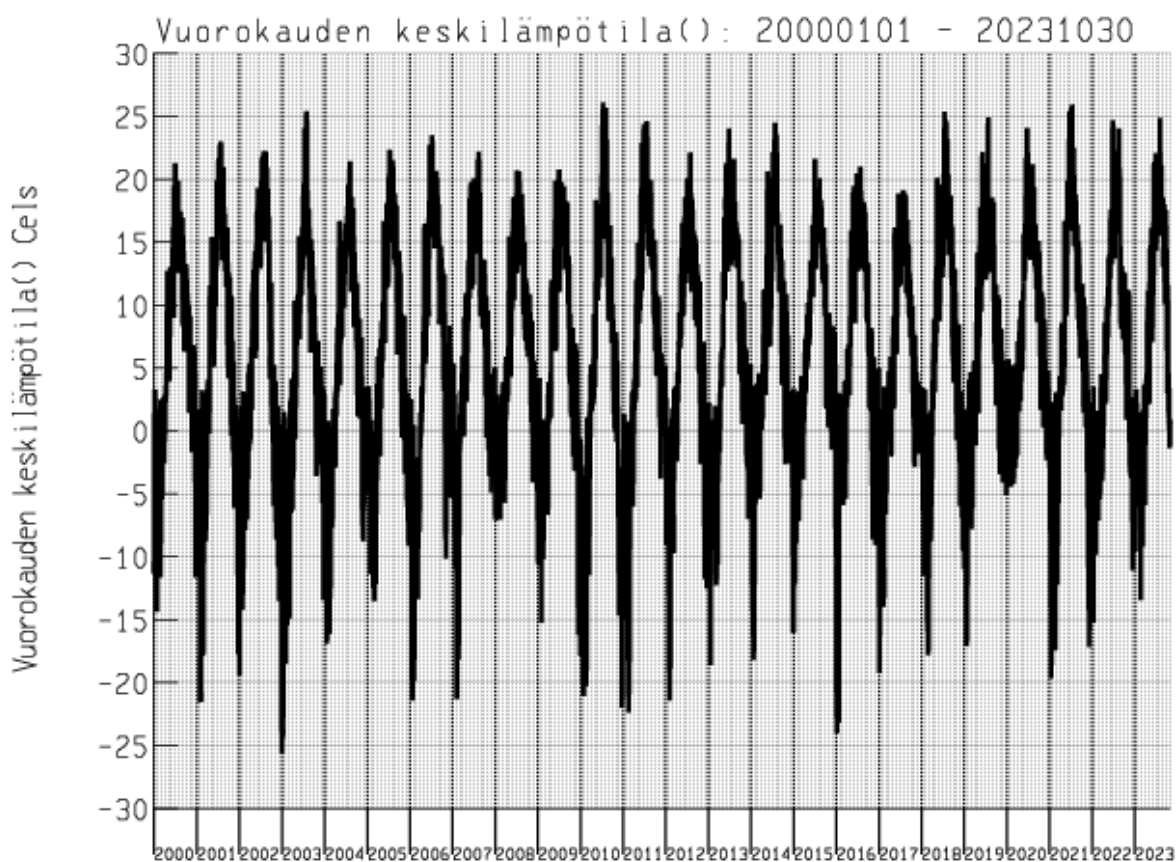
Vuonna 2019 Hyötyvoimalaitokselle asennettiin savukaasupesuri, joka lisäsi lämmöntuotantoa (Kuva 5-1). Tämän takia mallinnukseen valittiin vuosi 2021, joka edusti laitoksen toimintaa nykytilanteessa. Kesäkauden (touko-elokuu) 2021 kuukausikohtainen keskimääräinen jäähdytysteho vaihteli välillä 6,3 (kesäkuu) – 10,7 MW th (heinäkuu) (Kuva 5-1).



Kuva 5-1. Korkeakosken Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysteho vuosina 2019–2022.

Nykyisen Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuormitusta tarkasteltiin vuoden 2021 avovesikauden virtaama- ja kuormitusolosuhteissa. Mallinnuksessa lasketut skenaariot on koottu Taulukko 1. Laskettavia skenaarioita oli kaikkiaan neljä. Ensimmäiseksi laskettiin skenaario, jossa jokeen ei johdeta lainkaan lämpökuormaa. Tämän jälkeen laskettiin skenaariot 1–3, jotka kuvasivat Hyötyvoimalaitoksen nykyistä kuormaa ja sekä CCU-laitoksen kahta eri kuormitusskenaariota (Taulukko 1). Skenaariossa 3 Kymijokeen johdettava lämpökuorma oli suurin, ja jäähdytysveden virtaamana käytettiin suurinta sallittua Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysvesivirtaamaa (0,5 m³/s, Taulukko 1).

Työssä keskityttiin avovesikauteen (touko-elokuu), jolloin lämpökuormitus ja vesistövaikutukset ovat suurimmillaan. Korkeakosken haara on merkittävä etenkin vaelluskalojen kutuvaelluksen kannalta. Kesäaikaiset virtaamat ovat Korkeakosken haarassa tyypillisesti suurempia kuin viereisessä Koivukosken haarassa, jolloin suuremman virtaaman houkuttelemana myös enemmän vaelluskaloja päätyy tähän jokihaaraan (mm. Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2023). Kesä 2021 oli normaalia lämpimämpi (Kuva 5-2), joten se kuvasi lämpökuorman kannalta keskimääräistä haastavampia olosuhteita, jokiveden lämpötilojen ollessa tavanomaista korkeampia.

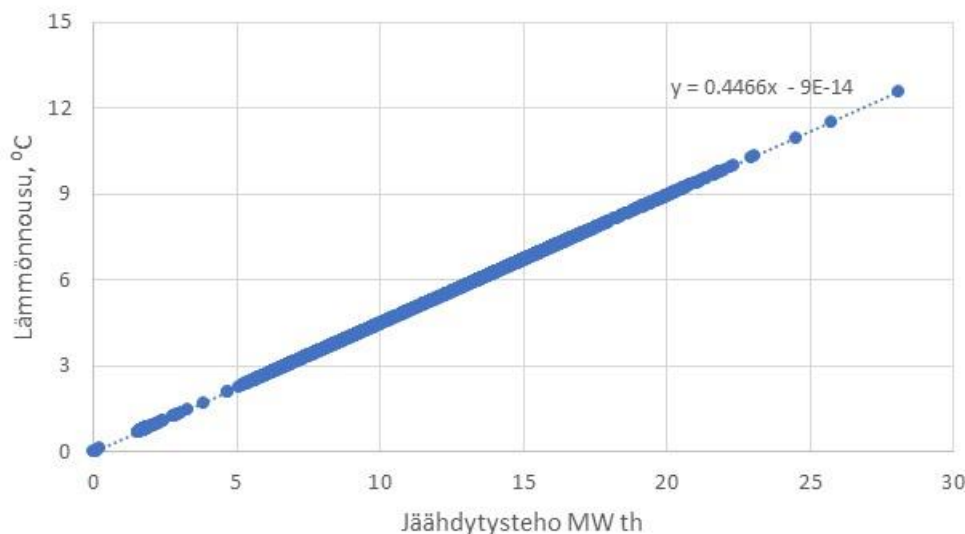


Kuva 5-2. Vuorokauden keskilämpötila Kotkassa vuosina 2000–2023.

Taulukko 1. Kymijoen lämpökuorman mallinnuksessa lasketut skenaariot sekä jokeen purettavan jäähdytysveden virtaamat ja keskilämpötilat touko-elokuun 2021 aikana.

	Jäähdytysveden keskivirtaama, m³/s (min/maks)	Jäähdytysveden keskilämpötila, °C (min/maks)
Ei lämpökuormaa. Korkeakosken haaran veden lämpötila ilman Hyötyvoimalan ja CCU-laitoksen lämpökuormaa	-	-
Skenaario 1. Korkeakosken haaran veden lämpötila ja lämmönnousu Hyötyvoimalan lämpökuormalla	0,389 m ³ /s (0,113/0,486)	22,6 °C (8,3/35,6)
Skenaario 2. Korkeakosken haaran veden lämpötila ja lämmönnousu Hyötyvoimalan ja CCU-laitoksen lämpökuormalla (CCU-laitoksen jäähdytysteho 3,8 MW th, P2G-laitoksen metaaniteho 20 MW eli hankkeen 1. vaihe)	0,389 m ³ /s (0,113/0,486)	24,4 °C (10,1/37,4)
Skenaario 3. Korkeakosken haaran veden lämpötila ja lämmönnousu Hyötyvoimalan ja CCU-laitoksen lämpökuormalla (CCU-laitoksen jäähdytysteho 10,1 MW th, P2G-laitoksen metaaniteho 60 MW eli koko YVA:n mukainen hanke)	0,5 m ³ /s (0,5/0,5)	27,7 °C (13,9/40,4)

Vuoden 2021 Hyötyvoimalaitoksen vedenoton virtaamat sekä otto- ja purkuveden lämpötilat saatiin Kotkan Energia Oy:ltä. Aineiston perusteella muodostettiin jäähdytysteholle ja veden lämmönnousulle regressioyhtälö (Kuva 5-3), jonka perusteella voitiin arvioida skenaarioiden 2 ja 3 aiheuttama lämmönnousu nykytilaan nähden. Skenaariossa 2 suunnitellun CCU-laitoksen jäähdytysteho oli 3,8 MW th ja skenaariossa 3 10,1 MW th (Taulukko 1). Näitä vastaavat lämmönnousut jäähdytysvedessä olivat 1,8 °C ja 4,8 °C (Kuva 5-3). Skenaariot 2 ja 3 kuvaavat siten Hyötyvoimalaitoksen ja CCU-laitoksen yhteiskuormaa.



Kuva 5-3. Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysjärjestelmän jäähdytystehon ja jäähdytysveden lämmön nousun suhde. Jäähdytystehoa 3,8 MW th (skenaario 2) vastaava lämmön nousu on 1,8 °C ja 10,1 MW th (skenaario 3) vastaavasti 4,8 °C.

6 Laskentamalli

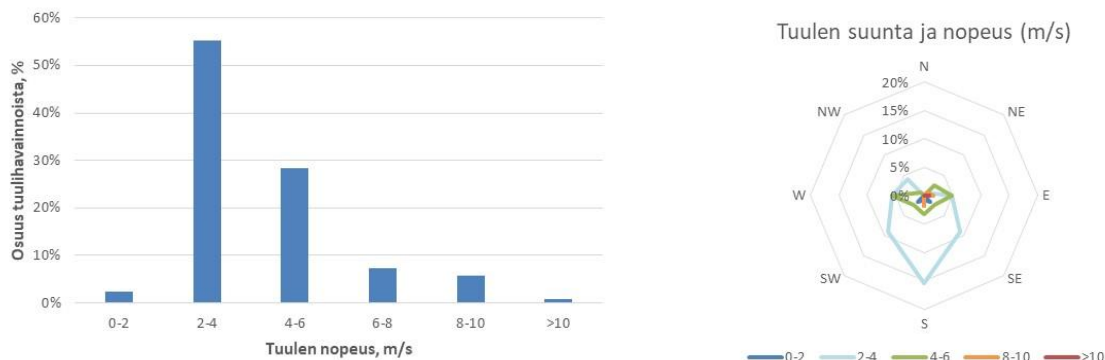
Tässä raportissa on tarkasteltu jäähdytysvesien sekoittumista purkupaikan lähialueella ja sen alapuolisella Kymijoella virtausmallia käyttäen. Mallilaskennat suoritettiin Delft 3D-laskentamallilla, joka perustuu hydrostaattisten 3D-virtausyhtälöiden ratkaisemiseen differenssimenetelmällä. Käytetty laskentamalli soveltuu hyvin Suomen järvi- ja jokialueiden kuvaamiseen, ja sitä on käytetty lukuisissa vastaavanlaisissa tilanteissa.

Mallilaskennassa veteen vaikuttavista voimista huomioitiin tuulen aiheuttama sekoittuminen, ilmanpaineen vaikutus sekä jokivirtaamat. Virtaukset laskettiin dynaamisesti, ts. säähistoriasta valittiin edustava ajanjakso (touko-elokuu 2021), jota simuloidaan mallilaskennan avulla käyttämällä mitattuja säätietoja ja reuna-arvoja (jokivirtaamat). Laskennan lopputuloksena saatiin valitun simulointijakson ajalta jokaiselle mallihilan hilaruudulle virtaus- ja lämpötila-arvo valitulla aikatarkkuudella (tunnin välein).

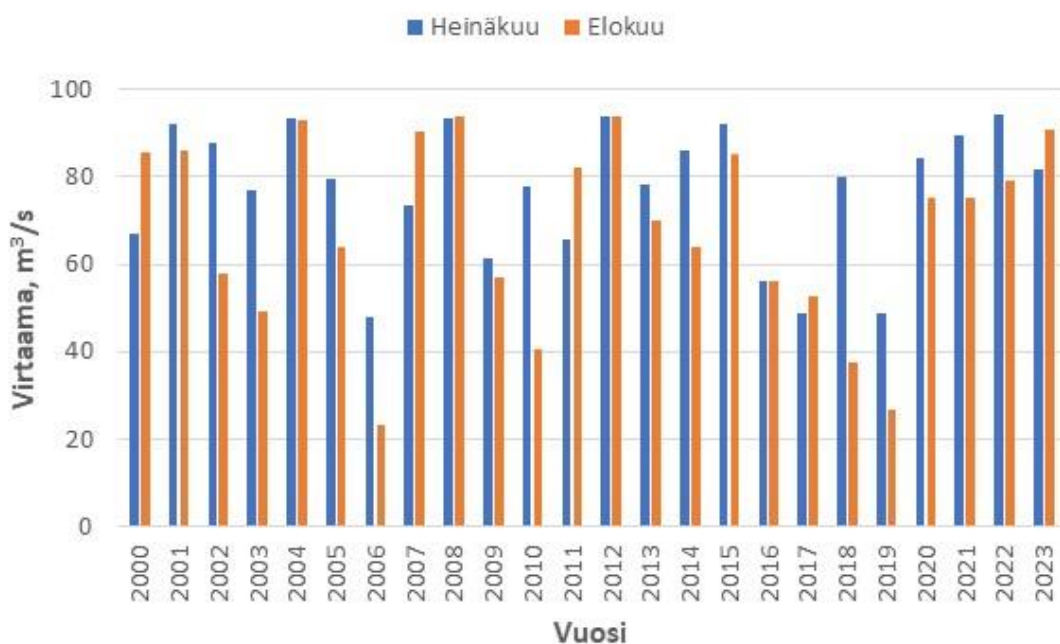
6.1 Olosuhdetiedot

Sääaineisto poimittiin Kotkan säähavainnoista (Ilmatieteenlaitos 2023). Kymijoen virtaamat saatiin ympäristöhallinnon OIVA-tietokannasta (Suomen ympäristökeskus 2023). Mallinnusjakson touko-elokuu 2021 keskilämpötila Kotkan havaintoasemalla oli 14,9 °C (minimi: 3,6 °C, maksimi: 26,2 °C). Keskimääräinen tuulen nopeus oli 4,2 m/s, ja vallitseva tuulen suunta oli etelä (Kuva 6-1). Työssä käytettiin Korkeakosken voimalan virtaamahavaintoja. Korkeakosken voimalaitoksen keskivirtaama on ollut 2000-luvulla 76 m³/s. Saman ajanjakson minimivirtaama on ollut 11 m³/s ja maksimivirtaama 96,4 m³/s. Mallinnusvuonna 2021 kuukausittaiset keskivirtaamat kesäaikaan olivat 89 m³/s (heinäkuu) ja 75 m³/s (elokuu) (Kuva 6-2). Koko 2000-luvun vastaavat kuukausittaiset keskivirtaamat ovat vastaavasti olleet 77 m³/s (heinäkuu) ja 68 m³/s (elokuu). Kesällä 2021 virtaamat olivat siis hieman ajankohdan keskiarvoon nähden korkeammat. Virtaamalla on vesistöön kohdistuvan lämpökuorman suhteen suuri merkitys, sillä suurempien virtaamien vallitessa

vaikutukset laimentuvat nopeammin. Vastaavasti kuuma kesä ja korkea veden taustalämpötila on lämpökuorman kannalta haasteellinen tilanne, sillä veden lämpötila voi nousta kuormituksen myötä nopeammin yli eliöstön kannalta kriittisten raja-arvojen.



Kuva 6-1. Kotkan säähavaintoasemalla mitattu tuulen nopeus ja tuulen suunta vuonna 2021.



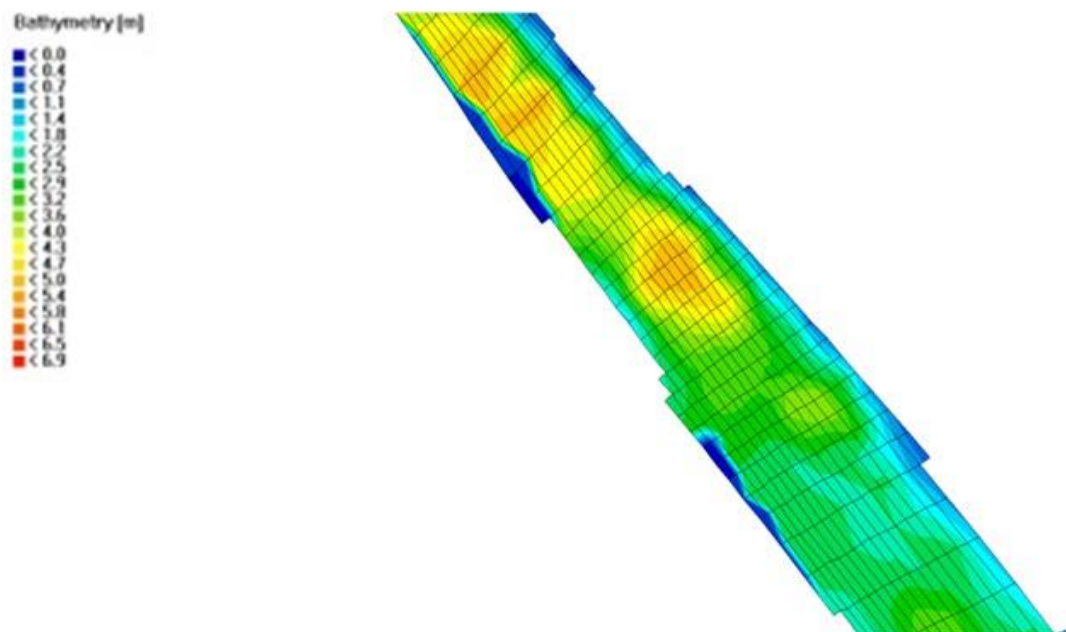
Kuva 6-2. Kymijoen Korkeakoskenhaaran keskivirtaama heinä- ja elokuussa 2000–2023.

6.2 Mallihila

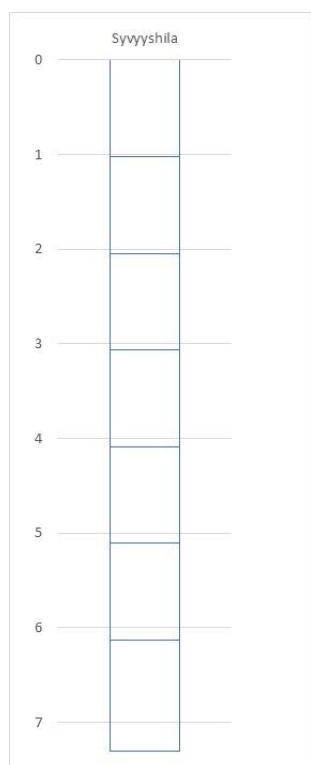
Mallilaskentaa varten alueelle laadittiin mallihila saatavilla olleita rantaviiva- ja syvyystietoja käyttäen. Rantaviivana käytettiin MML:n kartta-aineistoa (Maanmittauslaitos 2023). Syvyystiedot saatiin Navico-yhtymän karttapalvelusta (<https://www.c-map.com/social-map/>). Julkiset syvyysaineistot puuttuvat Korkeakosken voimalaitoksen ja rannikon väliseltä alueelta.

Mallihila koostui pystysuunnassa suorakulmaisista laskentaelementeistä, joiden mitat vaihtelivat (Kuva 6-3). Pienimmät hilakopit sijoitettiin jäähdytysvesien purkupaikan

läheisyyteen, jolloin mallinnuksen resoluutio oli mahdollisimman hyvä. Mallihila jaettiin syvyys suunnassa seitsemään osaan, jonka avulla voitiin tarkastella lämpötilamuutoksia erityisesti pintavedessä (syvyys 0–1 m) (Kuva 6-4). Mallihilaan yhdistettiin luotaamalla hankittu syvyystieto Korkeakosken voimalan sekä rannikon väliseltä alueelta (Kuva 6-3). Virtaama syötettiin malliin Korkeakosken voimalan alapuolelta.



Kuva 6-3. Osa lämpökuorman mallinnuksessa käytettyä mallihilaa Kymijoen Korkeakoskenhaarasta.



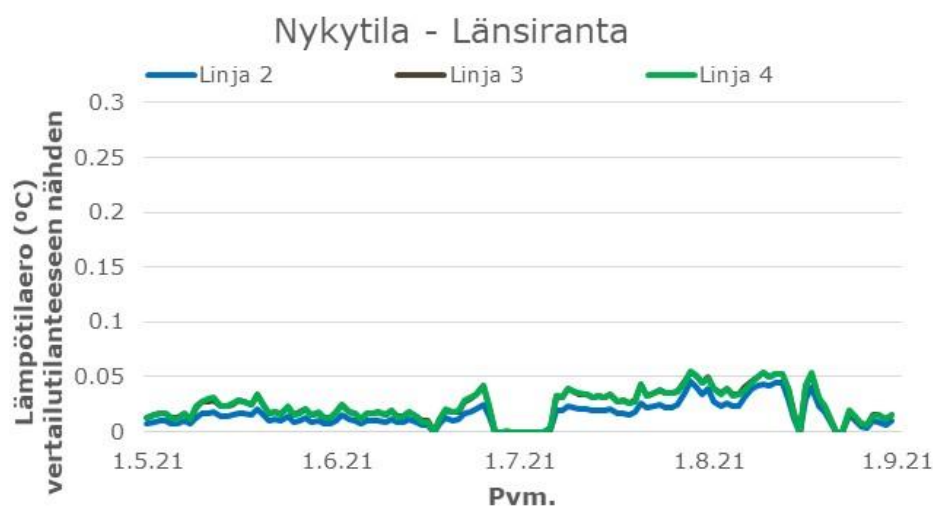
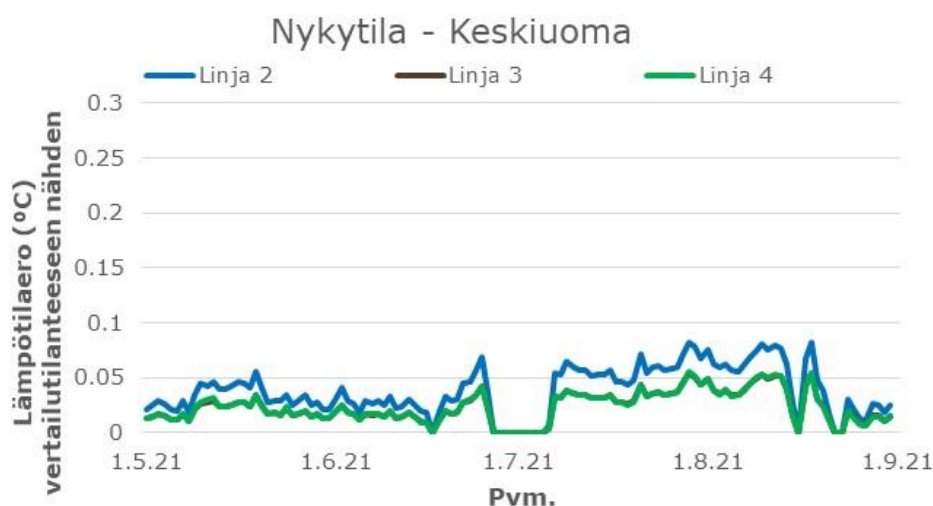
Kuva 6-4. Lämpökuorman mallinnuksessa käytetyt syvyyshilat (metriä pinnasta).

Jäähdytysvesien aiheuttama lämpökuorma purettiin mallissa purkukohdan hilakopin pintakerrokseen (0–1 m). Lämpimät jäähdytysvedet nousevat luonnonvesissä nopeasti pintaveteen, jossa leviäminen ja sekoittuminen pääosin tapahtuu (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010). Tutkimusalueelle sijoitetuilta aikasarjalinjoilta 1 ja 2 (Kuva 3-1) arvioitiin kumulatiivinen (touko-elokuu) lämpöenergian kulkeutuminen ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3$) purkupaikasta alavirtaan. Linja 1 oli purkupisteen yläpuolinen vertailulinja (Kuva 3-1). Lisäksi tarkasteltiin pintaveden (0–1 m) lämmön nousua suhteessa vertailutilaan (ei lainkaan lämpökuormaa) purkupisteen alapuolisilla aikasarjalinjoilla 2–4 (Kuva 3-1).

7 Tulokset

7.1 Skenaario 1 (nykytilanne)

Hyötyvoimalaitoksen lämpökuormitus nosti vuoden 2021 kesäkauden virtaama- ja lämpötilaolosuhteissa Kymijoen alaosan pintaveden (0–1 m) lämpötilaa purkupaikan alapuolisilla aikasarjapisteillä keskimäärin 0,02–0,06 $^{\circ}\text{C}$ (Taulukko 2). Purkupisteen lähellä olevilla aikasarjapisteillä vaikutukset näkyivät selvimmin joen itärannan tuntumassa (Kuva 7-1). Korkeimmillaan lämpötila nousi joen itärannan tuntumassa, lähellä purkupaikkaa, n. 0,12 $^{\circ}\text{C}$ elokuun puolivälissä (Kuva 7-1). Lämpötilaolot olivat lähes samanlaiset linjojen 3 ja 4 aikasarjapisteillä (Kuva 7-1). Suhteessa taustatasoon, eli tilanteeseen ilman lämpökuormaa, Hyötyvoimalaitoksen nykyinen lämpökuorma nosti kesän 2021 olosuhteissa Korkeakosken haaran lämpöenergian kulkeutumista ($^{\circ}\text{C} \cdot \text{m}^3$) purkupisteen alapuolisella aikasarjalinjalla (linja 2) 0,57 %.



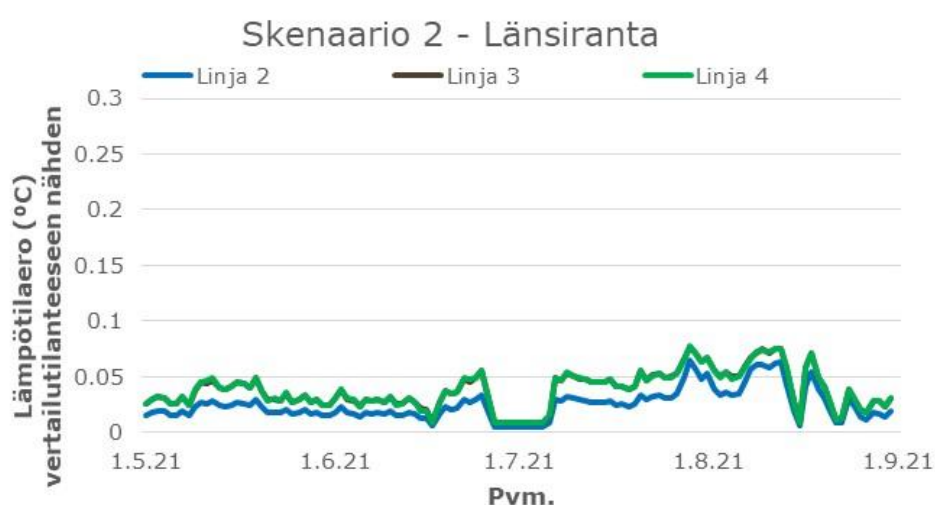
Kuva 7-1. Hyötyvoimalaitoksen lämpökuorman aiheuttama lämpötilanmuutos touko-elokuussa 2021, nykytilanteen mukaisella lämpökuormalla kolmella aikasarjalinjalla purkupaikan alapuolella (ks. Kuva 3-1). Lämpötilaolot olivat samanlaiset linjoilla 3 ja 4, eikä toista aikasarjaa siksi juuri erota.

Taulukko 2. Kymijoen Korkeakoskenhaaran keskimääräinen lämmönnousu eri etäisyyksillä purkupaikasta (aikasarjalinjat 2–4) touko-elokuun 2021 aikana, skenaarion 1 mukaisella kuormituksella.

	Länsiranta	Keskiuoma	Itäranta
Aikasarjalinja 2	0,02	0,02	0,06
Aikasarjalinja 3	0,02	0,02	0,04
Aikasarjalinja 4	0,01	0,02	0,02

7.2 Skenaario 2 (CCU-laitoksen jäähdytysteho 3,8 MW th)

Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen (jäähdytysteho 3,8 MW th) lämpökuormitus nosti vuoden 2021 kesäkauden virtaama- ja lämpötilaolosuhteissa Kymijoen alaosan pintaveden (0–1 m) lämpötilaa purkupaikan alapuolisilla aikasarjapisteillä keskimäärin 0,03–0,09 °C (Taulukko 3). Korkeimmillaan lämpötila nousi joen itärannan tuntumassa, lähellä purkupaikkaa, n. 0,17 °C (Kuva 7-2). Lämpötilaolot olivat lähes samanlaiset linjoilla 3 ja 4 (Kuva 7-2). Suhteessa taustatasoon, eli tilanteeseen ilman lämpökuormaa, skenaario 2:n lämpökuorma nosti kesän 2021 olosuhteissa Korkeakosken haaran lämpöenergian kulkeutumista (°C * m³) purkupisteen alapuolisella aikasarjalinjalla (linja 2) 0,78 %.



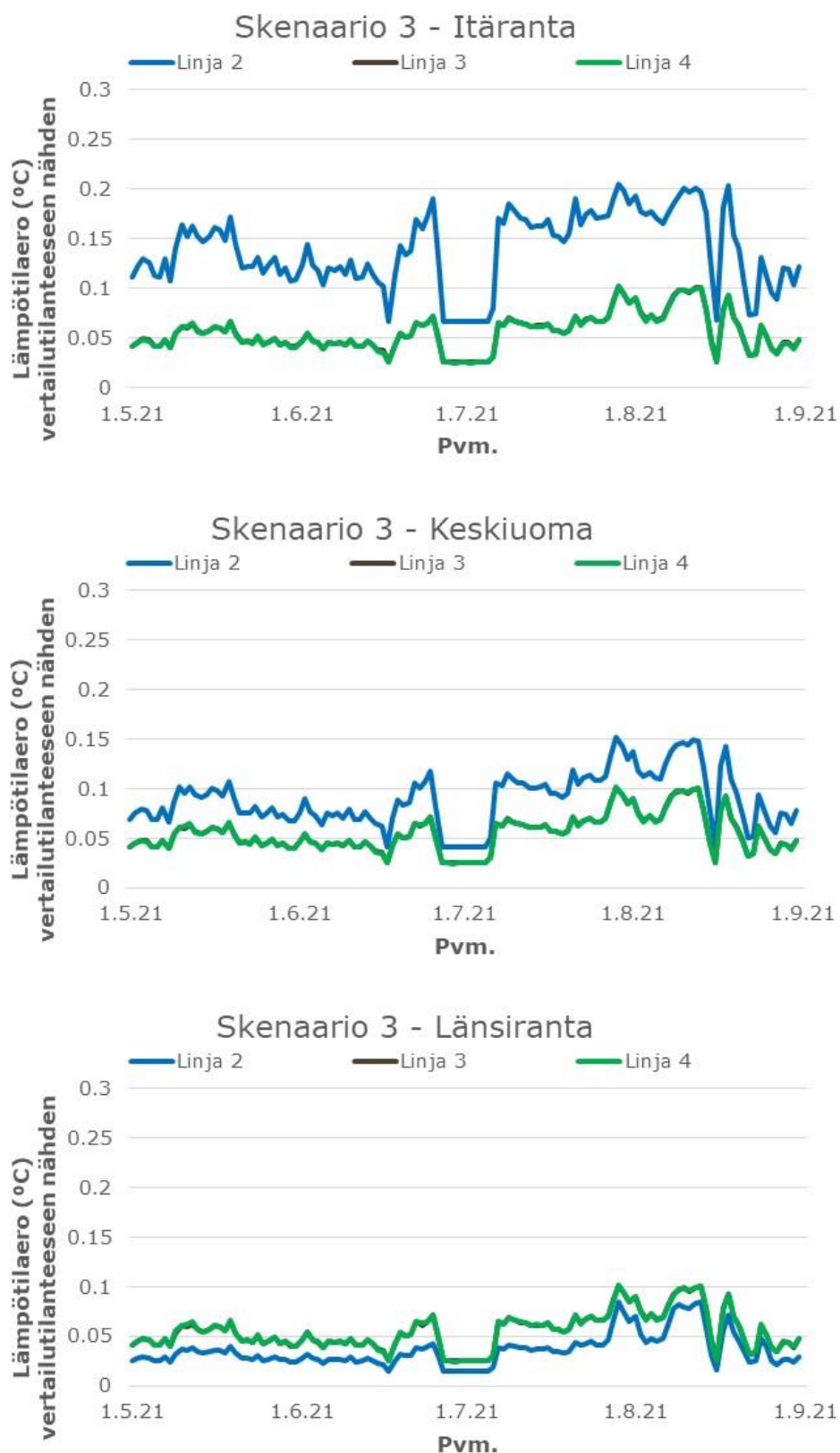
Kuva 7-2. Hyötyvoimalaitoksen lämpökuorman aiheuttama lämpötilanmuutos touko-elokuussa 2021, skenaarion 2 mukaisella lämpökuormalla kolmella aikasarjalinjalla purkupaikan alapuolella (ks. Kuva 3-1). Lämpötilaolot olivat samanlaiset linjoilla 3 ja 4, eikä toista aikasarjaa siksi juuri erota.

Taulukko 3. Kymijoen Korkeakoskenhaaran keskimääräinen lämmön nousu eri etäisyyksillä purkupaikasta (aikasarjalinjat 2–4) touko-elokuun 2021 aikana skenaarion 2 mukaisella kuormituksella.

	Länsiranta	Keskiuoma	Itäranta
Aikasarjalinja 2	0,03	0,06	0,09
Aikasarjalinja 3	0,04	0,04	0,04
Aikasarjalinja 4	0,04	0,04	0,04

7.3 Skenaario 3 (CCU-laitoksen jäähdytysteho 10,1 MW th)

Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen (jäähdytysteho 10,1 MW th) lämpökuormitus nosti vuoden 2021 kesäkauden virtaama- ja lämpötilaosuhteissa Kymijoen alaosan pintaveden (0–1 m) lämpötilaa purkupaikan alapuolisilla aikasarjapisteillä keskimäärin 0,04–0,14 °C (Taulukko 4). Korkeimmillaan lämpötila nousi joen itärannan tuntumassa, lähellä purkupaikkaa, n. 0,22 °C (Kuva 7-3). Lämpötilaolot olivat lähes samanlaiset linjoilla 3 ja 4 (Kuva 7-3). Suhteessa taustatasoon, eli tilanteeseen ilman lämpökuormaa, skenaario 3:n mukainen lämpökuorma nosti kesän 2021 olosuhteissa Korkeakosken haaran lämpöenergian kulkeutumista (°C * m³) purkupisteen alapuolisella aikasarjalinjalla (linja 2) 0,88 %.



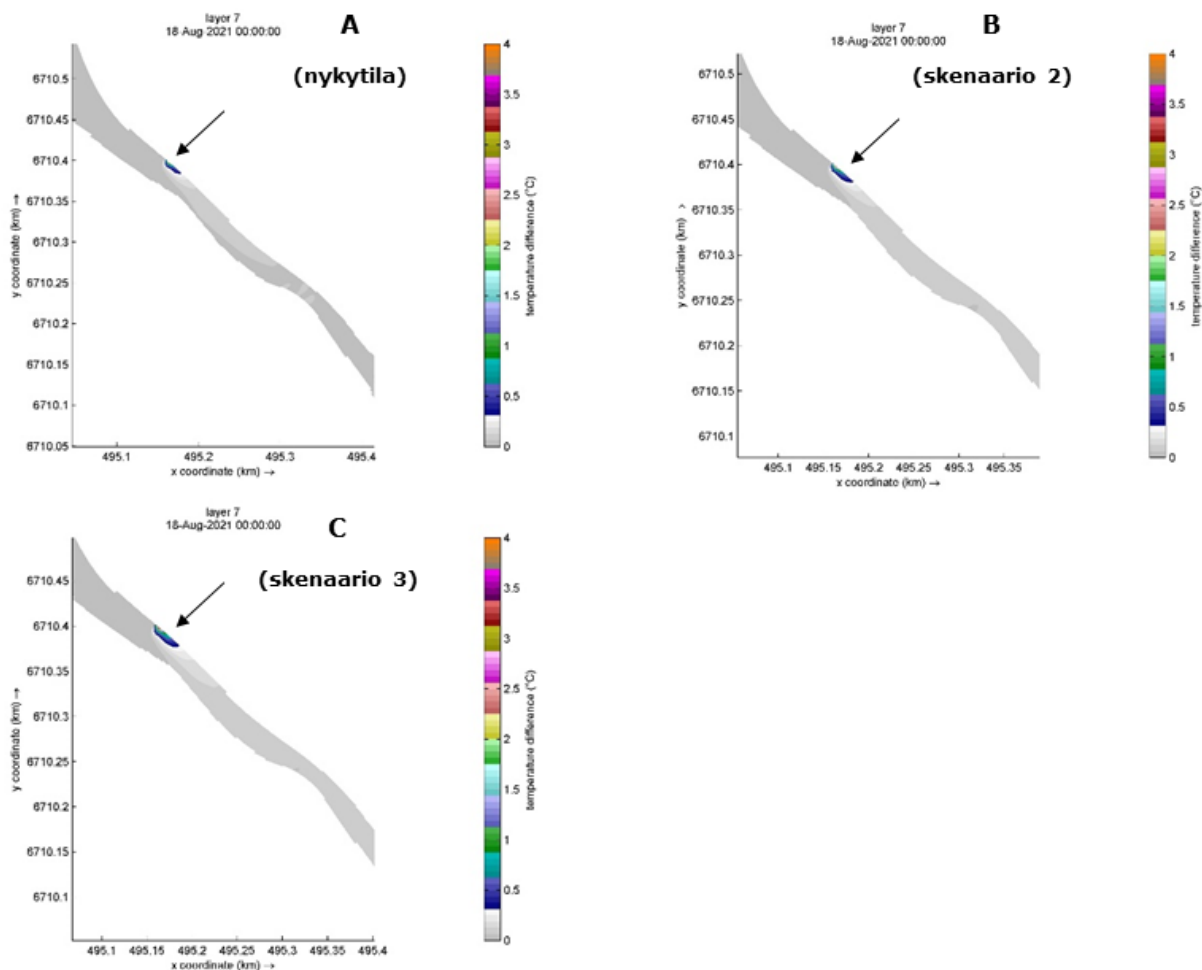
Kuva 7-3. Hyötyvoimalaitoksen lämpökuorman aiheuttama lämpötilanmuutos touko-elokuussa 2021, nykytilanteen mukaisella lämpökuormalla kolmella aikasarjalinjalla purkupaikan alapuolella (ks. Kuva 3-1). Lämpötilaolot olivat samanlaiset linjoilla 3 ja 4, eikä toista aikasarjaa siksi juuri erota.

Taulukko 4. Kymijoen Korkeakoskenhaaran keskimääräinen lämmön nousu eri etäisyyksillä purkupaikasta (aikasarjalinja 2–4) touko-elokuun 2021 aikana skenaarion 3 mukaisella kuormituksella.

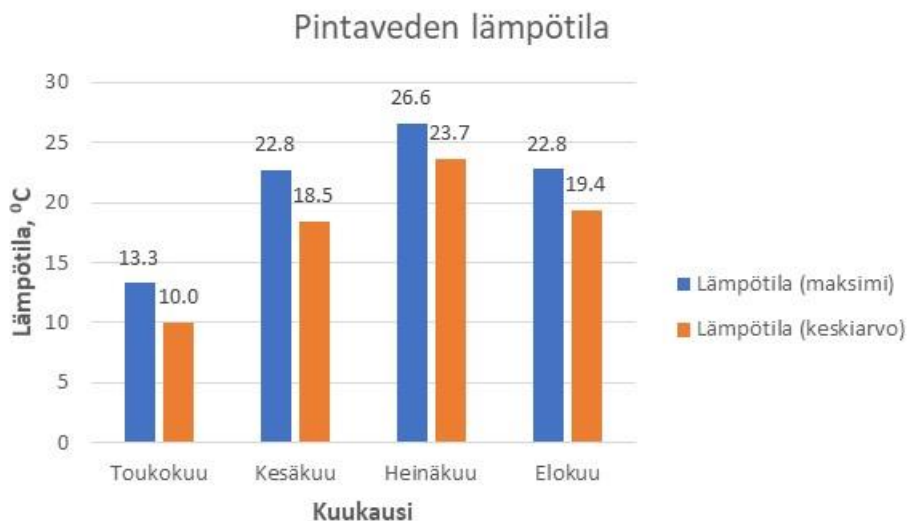
	Länsiranta	Keskiuoma	Itäranta
Aikasarjalinja 2	0,04	0,09	0,14
Aikasarjalinja 3	0,06	0,06	0,06
Aikasarjalinja 4	0,06	0,06	0,06

7.4 Kesäaikainen maksimilämmön nousu

Hyötyvoimalaitoksen ja CCU-laitoksen aiheuttamaa maksimilämmön nousua Kymijoen Korkeakoskenhaarassa tarkasteltiin elokuun osalta, jolloin jäähdytystarve on tyypillisesti suuri ja vaikutukset etenkin vaelluskaloihin ovat potentiaalisesti suurimmat. Skenaariossa 1 pintaveden lämpötila nousi purkupisteen välittämässä läheisyydessä elokuun 18. päivä taustatasoon nähden suurimmillaan 2,5 °C (Kuva 7-4 A). Skenaariossa 2 (Kuva 7-4 B) purkualueen pintaveden lämpötilan nousu oli suurimmillaan 3,3 °C ja skenaariossa 3 n. 4 °C (Kuva 7-4 C). Heinäkuun osalta skenaarion 1 mukainen kuorma nosti purkualueen pintaveden lämpötilaa vastaavasti n. 2,1 °C, skenaarion 2 kuorma n. 2,7 °C ja skenaarion 3 n. 3,4 °C. Korkeakoskenhaaran pintaveden taustalämpötila oli korkeimmillaan heinäkuussa n. 26,6 °C (keskiarvo 23,7 °C) ja elokuussa vajaa 23 °C (keskiarvo 19,4 °C) (Kuva 7-5). Korkein pintaveden lämpötila oli siten purkupisteellä heinäkuussa 2021, n. 30 °C (skenario 3).



Kuva 7-4 Hyötyvoimalaitoksen ja CCU-laitoksen lämpökuorman aiheuttama maksimi lämpötilanmuutos päälyysvedessä, elokuussa 2021, skenaarioiden 1-3:n mukaisilla lämpökuormalla (A=nykytila, B=skenaario 2, C=skenaario 3). Jäähdytysvesien purkupaikka on osoitettu mustalla nuolella.



Kuva 7-5. Kymijoen Korkeakoskenhaaran keski- ja maksimilämpötilat (taustataso, ilman lämpökuormitusta) eri kesäkuukausina vuonna 2021.

8 Johtopäätökset

Tämän mallinnuksen perusteella Kotkan Korkeakosken Hyötyvoimalaitos nosti nykytilanteen mukaisella lämpökuormalla vuoden 2021 kesäkuukausina Kymijoen pintaveden (0–1 m) lämpötilaa lähellä purkupistettä (linja 2, noin 40 metrin etäisyydellä) keskimäärin vain 0,02–0,06 °C. Skenaarioissa, joissa Hyötyvoimalaitoksen lämpökuorman päälle laskettiin myös CCU-laitoksen kuormitus kahdella eri jäähdytysteholla, pintaveden lämpötila nousi em. aikasarjalinjan 2 eri osissa n. 0,03–0,14 °C. Nykytilanteen mukaisen kuormituksen aiheuttama maksimi lämpötilannousu oli Kymijoen päällysvedessä (0–1 m), purkupaikan välittömässä läheisyydessä elokuussa 2,5 °C. CCU-laitoksen aiheuttaman kuormituslisän myötä elokuinen maksimi lämpötilannousu oli vastaavasti 3,3 °C (skenaario 2) ja 4 °C (skenaario 3). Korkein pintaveden lämpötila purkupisteellä oli heinäkuussa 2021 n. 30 °C.

Hyötyvoimalaitoksen lämpökuormaa selvitettiin vuonna 2009 pintaveden lämpötilakartoituksin. Jatkuvatoimisella anturilla mitattuna Kymijoen pintaveden (anturisyyvyys n. 0,2 m) lämpötila nousi keskikesän (heinäkuu) olosuhteissa ja Hyötyvoimalaitoksen suurimmalla mahdollisella lämpökuormituksella suurimmillaan n. 1,5 °C (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010). Huhtikuun kartoituksissa pintaveden lämpötilan nousu oli suurimmillaan n. 0,6 °C. Mallinnusten perusteella lämpötilannousu voi siis purkupisteellä olla suurempaa kuin mitä kahdella mittauskerralla havaittiin, mutta päivien välillä on melko suuria eroja, johtuen mm. jokivirtaamien ja jäähdytystehon vaihtelusta. Kartoitustuloksista tiedetään myös, että vaikutukset näkyivät lähinnä joen itärannalla ja sekoittuminen koko uoman leveydeltä tapahtui melko hitaasti, n. 600–800 m matkalla purkupaikasta alavirtaan (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010). Tämä voitiin todeta myös mallinnuksen aikasarjapisteillä, joen itärannan pintalämpötilojen ollessa länsipuolta korkeampia. Aikasarjalinjojen tulosten perusteella lämpökuorma oli sekoittunut lähes kokonaan tai kokonaan joen leveydeltä linjalle 4 tultaessa (n. 600 m etäisyydellä purkupaikasta). Mallin voidaan siten arvioida toistaneen vuoden 2009 maastohavainnot (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010) varsin hyvin.

Lämpökuormituksen vaikutuksia tarkasteltiin myös suhteessa koko Korkeakosken haaran virtaamaan ja vesitilavuuteen. Virtaavan vesimassan sisältämän lämpöenergian kulkeutuminen kasvoi Hyötyvoimalaitoksen nykyisen lämpökuorman vaikutuksesta noin 0,57 % verrattuna purkupaikan yläpuoliseen vertailulinjaan. Kun Hyötyvoimalaitoksen lämpökuormaan lisättiin suunnitellun CCU-laitoksen kuormitus, nousi lämpöenergian kulkeutuminen 0,78–0,88 %:iin. Tulokset vahvistavat edellä esitettyä käsitystä, että nykyisen ja suunnitellun lisälämpökuorman vaikutukset koko uoman ja sen vesimassan sisältämään lämpöenergiaan olivat vähäisiä (<1 %). Lämpöenergian kulkeutuminen Korkeakoskenhaarasta merelle kasvaa laskennallisesti kutakuinkin yhtä paljon kuin mitä arvioitiin tapahtuvan purkupaikan ylä- ja alapuolisten linjojen välillä. Tämä johtuu lyhyestä välimatkasta Korkeakoskelta merelle ja jokihaaran melko suuresta virtaamasta ja vesitilavuudesta, jonka vuoksi veden lämpötila ei kerkeä juuri muuttua ennen jokivesien sekoittumista mereen.

9 Vesistövaikutusten arvio

Lämpimän jäähdytysveden vaikutuksia on Suomessa tutkittu jo pitkään esimerkiksi merialueilla Loviisan ja Olkiluodon ydinvoimaloiden edustoilla (mm. Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2009). Lisäksi aiheesta on julkaistu kirjoja ja tieteellisiä artikkeleita, joissa käsitellään jäähdytysvesien vaikutuksia ja niihin liittyviä tutkimusmenetelmiä myös virtavesiympäristöissä (esim. Langford 1990).

Lämpimien jäähdytysvesien vaikutukset riippuvat purkuvesistön luonteesta ja jäähdytysvesien sisältämästä lämpöenergiasta. Lämpimän jäähdytysveden vaikutukset vesistössä voidaan jakaa fysikaalis-kemiallisiin ja biologisiin vaikutuksiin, jotka ovat riippuvaisia toisistaan. Fysikaalisiin vaikutuksiin kuuluu veden lämpötilan nousu ja lämpimän jäähdytysveden vaikutukset veden kerrostumiseen purkuvesistössä. Veden kerrostumisolosuhteet riippuvat puolestaan mm. veden virtauksista. Veden voimistunut kerrostuneisuus voi pahimmillaan aiheuttaa alusveden happiongelmaa, mutta voimakkaasti virtaavassa ympäristössä kerrostuminen ja alusveden happiongelmat eivät ole kuitenkaan todennäköisiä. Kymijoen Korkeakosken tapauksessa voitiin havaita, että vaikutukset veden lämpötilaan olivat selvimmät päällysvedessä, joen itärannalla. Koko vesimassan lämpöenergiaan nähden lisäys oli suurimmillaankin pieni (<1 %).

Vaikutusten kohdistuessa lähinnä päällysveteen, ei lämpökuormituksella ole todennäköisesti vaikutuksia joen **vesihyönteisiin ja pohjaeläimiin** kuin ehkä korkeintaan aivan purkupisteen välittömässä läheisyydessä. Kylmiin vesiin sopeutuneiden lajien (ns. kylmän stenotermiset lajit) esiintyminen purkualueella on epätodennäköisempää ja lajien elinkierto saattaa nopeutua taustatasoa lämpimämmässä vedessä. Toisaalta monien vesihyönteislajien toukat liikkuvat aktiivisesti ja passiivisesti, ja vaikutusalueen ollessa etenkin pohjan läheisen vesikerroksen osalta varsin pieni, ei vaikutuksia pohjaeliöstöön tämän perusteella ole odotettavissa. Epäsuoria vaikutuksia kerrostumisen ja happipitoisuuden muutosten muodossa ei myöskään pääse virtaavassa vedessä muodostumaan.

Kymijoella esiintyy uhanalaisista ja luonnonsuojelulailta suojelluista pohjaeläinlajeista **vuollejokisimpukkaa** (VU/vaarantuneet, vuoden 2019 arvion perusteella). Eri hankkeisiin liittyvissä selvityksissä lajin on todettu olevan Kymijoen alaosalla monin paikoin varsin yleinen, ja joen simpukkalajeista usein runsaslukuisin (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022).

Pernoon- ja Langinkoskenhaarassa vuollejokisimpukan tiheydet ovat olleet jopa n. 15–20 kpl/m² (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022). Sen sijaan Korkeakosken haarassa tiheydet ovat olleet keskimäärin vain n. 0,2 kpl/m² (Valovirta ym. 2011, Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022). Korkeakoskenhaaran virtausnopeus on todennäköisesti lajille liian voimakas, jonka vuoksi yksilötiheydet ovat vain murto-osan Kymijoen alaosan normaaleista tiheyksistä. Lienee todennäköistä, että vuollejokisimpukkaa esiintyy myös Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysvesien purkupisteen läheisyydessä. Lajia tavataan yleensä runsaimmin uoman syvimmistä osista (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022), ja rannan läheinen purkupaikka ei ole lajin tyypillistä elinaluetta. Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuorman ollessa pohjan läheisen vesikerroksen suhteen muutenkin varsin pieni, ei sen arvioida vaarantavan vuollejokisimpukan populaatiota, sillä Korkeakoskenhaara yleisemmin ja jäähdytysvesien purkupaikka eivät ole lajille suotuisa elinympäristö tai merkittävä lisääntymis- tai levähdyspaikka (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022). Vuollejokisimpukan ohella Kymijoelta tavataan myös muita simpukkalajeja, joilla ei kuitenkaan ole samanlaista suojele- ja uhanalaisuusstatusta. Korkeakoskenhaarastakin tavattavat sysi- ja soukkojokisimpukka sekä litteäjärvisimpukka (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022) on luokiteltu elinvoimaisiksi.

Vesihyönteisten osalta Kymijoen alaosalla tavataan vaarantuneeksi (VU) luokiteltua Kymisurviaista (*Ephemera lineata*) sekä silmälläpidettävistä (NT) lajeista virtaludetta (*Aphelocheirus aestivalis*) ja keltasurviaista (*Potamanthus luteus*). Näiden kolmen lajin tyypillisin elinympäristö on koskikivikko, jollaisia Korkeakoskenhaarasta ei juuri löydy. Lajien havainnot sijoittuvatkin läheiseen Koivukosken haaraan, josta löytyy runsaasti vuolasvirtaisia ja matalia koskihabitaatteja. Näiden lajien esiintymien Korkeakoskenhaarassa on siten epätodennäköistä.

Lämpötilan nousu kiihdyttää eliötoimintaa kaikilla tasoilla, mikä voi vaikuttaa esimerkiksi **planktisten levien** kevätkehitykseen ja **rantavyöhykkeen päällysluviin ja vesikasvillisuuteen** (Langford 1990). Lämpövaikutukset voivat vaikuttaa myös eliölajistoon ja sen rakenteeseen. Talviaikana jäähdytysvedet heikentävät jääpeitteitä ja lyhentävät jääpeitteistä aikaa, mikä taas saattaa voimistaa veden valaistusolosuhteita. Parantuneet valaistusolosuhteet voivat pidentää ns. perustuotantokautta, mikä voi johtaa jäähdytysvesien vaikutusalueella perustuotannon kasvuun. Vaikutusalueen laajuudesta riippuen tällä perustuotannolla tarkoitetaan sekä planktista että ranta-alueiden vesimakrofyyttien ja päällysluviin perustuotannon lisääntymistä. Lämpökuormalla on havaittu olevan esim. Suomenlahden rannikon oloissa uposvesikasvillisuutta lisäävää, rehevöittävää vaikutusta (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2017). Virtaavassa vedessä vaikutusalue vastaavalla lämpökuormalla on kuitenkin pienempi. Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuormalla voi joka tapauksessa olla paikallinen rehevöittävä vaikutus purkupisteen välittömässä läheisyydessä.

Merkittävällä lämpökuormituksella (esim. ydinvoimalan jäähdytysvedet) on havaittu vaikutuksia myös **kalojen** kutuaikoihin. Pohjoisen vaihtelevissa olosuhteissa paikallisesti merkittävä lämpökuorma tasoittaa luontaista lämpötilan vaihtelua, joka voi johtaa eri alueilla eläneiden kalojen kudun valmistautumisen eriaikaisuuteen tai epäsynkroniaan (Gashkina & Moiseenko 2020). Tämä voi puolestaan johtaa lajin lisääntymismenestyksen ja poikastuotannon laskuun. Liian korkea veden lämpötila voi olla jo sinänsä kohtalokas viileisiin vesiin sopeutuneille kaloille, kuten monille lohikaloille. Esimerkiksi taimenelle veden

lämpötilan nouseminen pitemmäksi aikaa yli 22 °C:een voi olla kohtalokasta. Tutkimuksissa on havaittu, että seitsemän vuorokauden altistusaikana taimenen sietoraja oli 23,3 °C, veden keskilämpötilana mitattuna. Kun altistusaika nousi pitemmäksi (21-63 päivää) oli taimenen sietoraja enää 22,1-21 °C (Wehrly ym. 2007). Näihin tuloksiin peilaten voi Kymijoen alaosan lämpötilat nousta kuumina kesinä jo nykyisellään lohikalojen ja muiden viileisiin vesiin sopeutuneiden kalojen kannalta haitallisen korkeiksi. Heinäkuun 2021 veden keskilämpötila oli Kymijoen Korkeakosken haarassa 23,7 °C. Vesi sekoittuu Korkeakosken padolla, joten alapuolisen jokihaaran lämpötila oli tuolloin kauttaaltaan lähes saman lämpöistä. Pitemmällä aikajänteellä kalat voivat kuitenkin sopeutua muuttuneisiin olosuhteisiin ja kykenevät sietämään aiempaa korkeampia lämpötiloja (Gashkina & Moiseenko 2020). Veden lämpötilan noustessa lähelle lajin sietorajaa, kalat välttävät lämpimiä alueita ja hakeutuvat mahdollisuuksien mukaan syvempiin ja viileämpiin vesikerrokseen tai alueille, joihin purkautuu esim. viileää pohjavettä.

Korkeakoskenhaaraan nousee lukumääräisesti eniten vaellussiikaa, tyypillisesti useita tuhansia kaloja kaudessa, mutta myös lohen emokalamäärät ovat vuosittain melko suuria, karkeasti luokkaa 1000–2000 kpl/vuosi (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2023). Meritaimenen nousukausi alkaa jo kesäkuussa, mutta ensimmäiset lohet nousevat tyypillisesti hieman myöhemmin. Lohen nousuhuippu ajoittuu yleensä heinä-elokuulle, ja vaellussiian syys-lokakuulle. Lohen nousu ajoittuu siis ajankohtaan, jolloin Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuorma on tyypillisesti suurimmillaan. Korkeakosken kalaporras ei ole toiminut lohelle ja vaellussiialle nousuväylänä, vaan valtaosa kaloista jää padon alapuoliseen uomaan (mm. Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2023). Korkeakosken haarassa ei ole juurikaan lohikaloille soveltuvia kutu- ja poikashabitaatteja, tai ne ovat hyvin pienialaisia. Niinpä osa emokaloista lähtee kutuajan lähestyessä etsimään sopivampia kutupaikkoja joen muista suuhaaroista tai palaa takaisin merelle (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2023). Osa emokaloista kutee Korkeakoskenhaarassa, mutta poikastuotto on soveltuvien elinympäristöjen vähäisyydestä johtuen ja emomäärän nähden pieni. Lohen ja meritaimenen poikaset elävät pohjan tuntumassa ja kivien väleissä, jossa lämpökuorman vaikutukset ovat pieniä. Nousuvaelluksen aikana myös emokalat uivat tyypillisesti pohjan tuntumassa, jossa virran vaikutus on vähäisempää kuin päällysvedessä. Hyötyvoimalaitoksen purkupaikka sijaitsee n. 300 m alavirtaan Korkeakosken kalatiestä. Lämpökuorman vaikutukset näkyvät Korkeakoskenhaaran itärannan tuntumassa, purkupaikasta alavirtaan. Hyötyvoimalaitoksen ja suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuormalla ei arvioida olevan vaikutusta Korkeakoskenhaaran kalatien toimintaan tai poikasten selviytymiseen Korkeakoskenhaarassa. Olosuhteista riippuen emokalat ja poikaset saattavat välttää Hyötyvoimalaitoksen jäähdytysvesien purkupaikkaa, mutta lämpökuorman vaikutusalueen ollessa etenkin alusveden osalta pienialainen, ei hanke vaaranna lohikalojen lisääntymistä tai kutunousua Korkeakoskenhaarassa.

Yhteenvetona suunnitellun CCU-laitoksen lämpökuorman vaikutuksista arvioidaan niiden olevan vaikutuksiltaan pieniä, paikallisia ja kohdistuvan lähinnä päällysveteen. Lämpökuormalla ei arvioida olevan vaikutusta vesienhoidon tavoitteisiin eikä se estä hyvän ekologisen tilan saavuttamista. Lämpötila ei ole luokittelumuuttuja, vaan se vaikuttaa välillisesti varsinaisiin luokittelumuuttujiin kuten pohjaleviin ja -eläimiin. Koko vesimuodostuman tasolla näitä vaikutuksia ei hankkeesta arvioida koituvan.

10 Viitteet

Gashkina, N. A. & Moiseenko, T. I. 2020. Influence of thermal pollution on the physiological conditions and bioaccumulation of metals, metalloids, and trace metals in Whitefish (*Coregonus lavaretus* L.). Int. J. Mol. Sci. 21(12):4343. doi: 10.3390/ijms21124343.

Ilmatieteenlaitos 2023. Aineistojen latauspalvelu.
><https://www.ilmatieteenlaitos.fi/havaintojen-lataus><

Kotkan Energia Oy 2019. Hakemus ympäristöluvan muuttamiseksi koskien uutta savukaasupesuria sekä toiminnan aloittamislupa. Aluehallintoviraston päätös, Dnro ESAVI/12201/2018, 25 s.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2023. Vaelluskalojen määrän arviointi Kymijoen Koivukosken ja Korkeakosken haarassa sekä kalateissä vuonna 2022. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 616/2023.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2022. Kymenlaakson vesi Oy:n vedenottoputken asentaminen: selvitys vuollejokisimpukan esiintymisestä Kymijoen Korkeakoskenhaarassa. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 574/2022.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2017. Tuike Finland Oy:n kalataloudellinen velvoitetarkkailu vuonna 2016. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 355/2017.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2010. Hyötyvoimalan jäähdytysvesien lämpötilatutkimukset Kymijoessa. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 129/2010.

Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2009. Loviisan voimalaitoksen vesistötarkkailu vuonna 2008: meriveden laatu ja biologinen tila, laaja yhteenvetoraportti. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 179/2009.

Langford T. E. L. 1990. Ecological effects of thermal discharges. Pollution monitoring series. Elsevier Applied Science. ISBN 1-85166-451-3. 468 s.

Maanmittauslaitos 2023. Maanmittauslaitoksen avoimet tietoaaineistot, maastotietokanta.
><https://www.maanmittauslaitos.fi/rajapinnat/kartat><

Suomen ympäristökeskus 2023. OIVA – Ympäristö ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille.
><https://www.p2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp><

Valovirta, I., Vuolteenaho, J. ja Laaksonen, R. 2011. Kymijoen viiden suuhaaran ja Siltakylänjoen vuollejokisimpukakantojen inventoinnit E18-moottoritien vaikutusalueella 2010. Luonnontieteellinen keskusmuseo, Eläinmuseo ja Maailman Luonnon Säätiö (Suomen WWF). Helsinki 2011.

Wehrly, K. E., Wang, L. & Mitro, M. 2007. Field-based estimates of thermal tolerance limits for trout: incorporating exposure time and temperature fluctuations. Transactions of the American Fisheries Society 136: 365-374.