



KELIBER TECHNOLOGY OY

Purkuveden laimennustekniikoiden esiselvitys

Keliber Technology Oy

Jaakko Saukkoriipi

Envineer Oy

Petri Kiuru

Henna Ruuth

Sanna Sopanen

etunimi.sukunimi@envineer.fi

www.envineer.fi

Y-tunnus: 2850396-1

Projektinnumero: 13275-007

Kansikuva

© Maanmittauslaitos, ortokuva 2025

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Menetelmät	4
2.1	Mallinnusohjelmisto	4
2.2	Tarkastelualue.....	5
2.3	Lähtötiedot	6
2.3.1	Joen virtaama ja vedenlaatu.....	7
2.3.2	Kuormitustiedot	8
2.3.3	Purkupiste ja tarkastellut laimennustekniikat	10
3	Tulokset.....	13
3.1	Tulosten esittäminen	13
3.2	Purkuveden laimeneminen	13
3.2.1	Herkkyystarkastelu	18
4	Päätelmät	20
4.1	Epävarmuustekijät.....	21
	Lähteet.....	24

1 Johdanto

Keliber Technology Oy kehittää kaivostoimintaansa Keski-Pohjanmaalla Kaustisen ja Kruunupyyn alueella sijaitsevilla Rapasaaren kaivoksella ja Päivänevan rikastamolla. Kaivostoiminnan muutosten takia kaivoksen ja rikastamon kaivannaisjätealueiden varastointikapasiteettia on tarpeen kasvattaa. Muun muassa kaivoksen sivukivialueen ja rikastamon rikastushiekka-altaan alueita suunnitellaan laajennettavaksi. Tästä syystä myös kaivosalueella syntyvien ja siltä kerättävien suotovesien ja valumavesien määrä kasvaa. Nykyisin kaivosalueen ylijäämävedet johdetaan puhdistettuina Köyhäjokeen, mutta suunnitelmissa on vesien johtaminen puhdistamisen jälkeen putkea pitkin virtaamallaan suurempaan Perhonjokeen.

Purkuveden sekoittumista jokiveteen ja sen laimenemista voidaan nopeuttaa laimentamalla purkuvettä jokivedellä ennen purkua Perhonjokeen tai asentamalla purkuputken päähän diffuusori. Diffuusori on joen pohjassa kulkeva putkirakenne, jonka kyljestä purkuvesi johdetaan jokeen yhden purkuaukon sijaan useasta, yleensä tasavälein sijaitsevasta purkuaukosta. Diffuusorin avulla purku tapahtuu yksittäistä purkuputkea laajemmalle alalle, mikä tehostaa purkuveden alkulaimenemista. Työn tarkoituksena on selvittää lähialuemallinnuksen avulla, millaisella purkutekniikalla saavutetaan tehokkain purkuveden sekoittuminen jokiveteen purkupisteen lähistöllä. Työssä mallinnettiin purkuveden muodostaman vanan (pluumin) käyttäytymistä Perhonjoen uomassa eri purkutekniikoilla. Työ on osa kaivostoiminnan laajennushankkeen YVA-menettelyä.

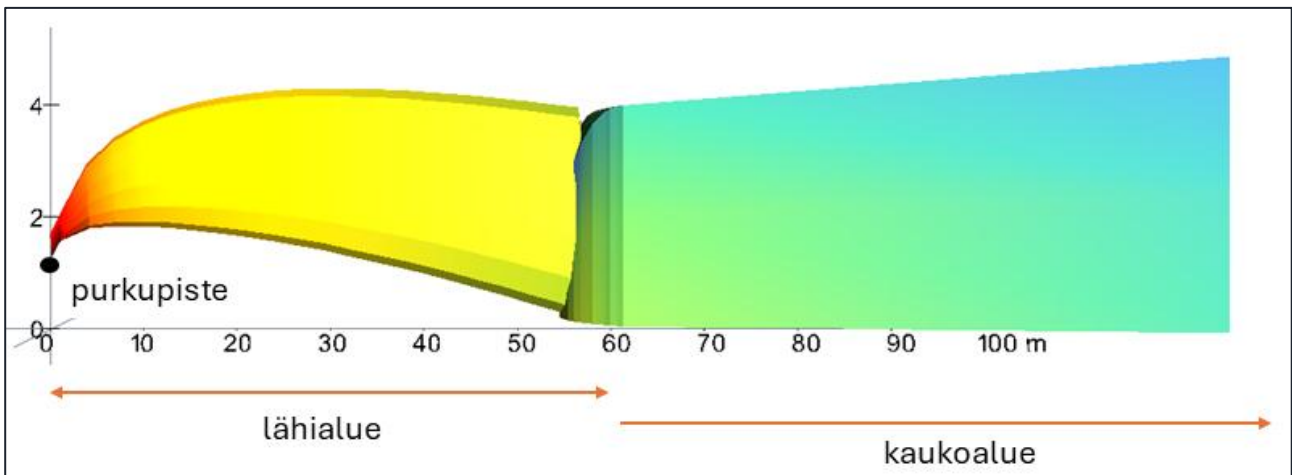
2 Menetelmät

2.1 MALLINNUSOHJELMISTO

Mallinnustyössä käytettiin CORMIX-ohjelmaa (Cornell Mixing Zone Expert System), joka on pistekuormituslähteiden aiheuttamien sekoittumisvyöhykkeiden ympäristövaikutusten arviointiin kehitetty laskentatyökalu (Jirka ym., 1991). CORMIX mallintaa purkuveden sekoittumista vastaanottavaan vesialtaaseen tai -uomaan, kuten jokeen tai järveen, sekä syntyvän purkuvesivanan muotoa ja käyttäytymistä. Malli kuvaa ensisijaisesti purkuveden leviämistä ja laimenemista purkupisteen lähialueella, jossa purkuveden käyttäytymisen määrää ensisijaisesti käytettävä purkutekniikka, mutta malli voi ennustaa purkuvesivanan leviämistä myös kauempana purkupisteestä.

CORMIX-mallinnuksessa tehdään useita yksinkertaistuksia muun muassa purkupisteen ja vastaanottavan uoman ulottuvuuksista sekä virtaamaoloista. Malli kuvaa virtauksen tasapainotilannetta, jossa sekä vastaanottavan uoman että purkuveden virtaama on ajasta riippumaton. Mallin ennustama purkuvesivanan muoto siis syntyy, kun purkuvettä johdetaan tasaisella virtaamalla vastaanottavaan uomaan, jonka virtausnopeus pysyy muuttumattomana. Vastaanottava uoma oletetaan pohjaltaan tasaiseksi ja poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoiseksi.

Vastaanottava uoma voidaan purkuvesivanan virtausominaisuuksien tarkastelun kannalta jakaa kahteen alueeseen (**Kuva 1**). Lähialue ulottuu purkuputken suulta useimmiten muutaman metrin tai muutaman kymmenen metrin etäisyydelle. Lähialueella tapahtuva purkuveden alkulaimeneminen ja sekoittuminen uoman veteen määräytyy pääosin purkuveden ominaisuuksien ja purkutekniikan mukaan. Muun muassa purkuveden virtausnopeus ja tiheys sekä purkusuunta vaikuttavat lähialueella purkuvesisuihkun alkulaimenemisen nopeuteen. Kaukoalue alkaa, kun purkuvesisuihku hidastuu niin, että vastaanottavan uoman virtaus ja sen pyörteisyys alkavat vaikuttaa sen leviämiseen ja sekoittumiseen. Kaukoalueella purkutekniikan vaikutus laimenemisnopeuteen on vähäinen.



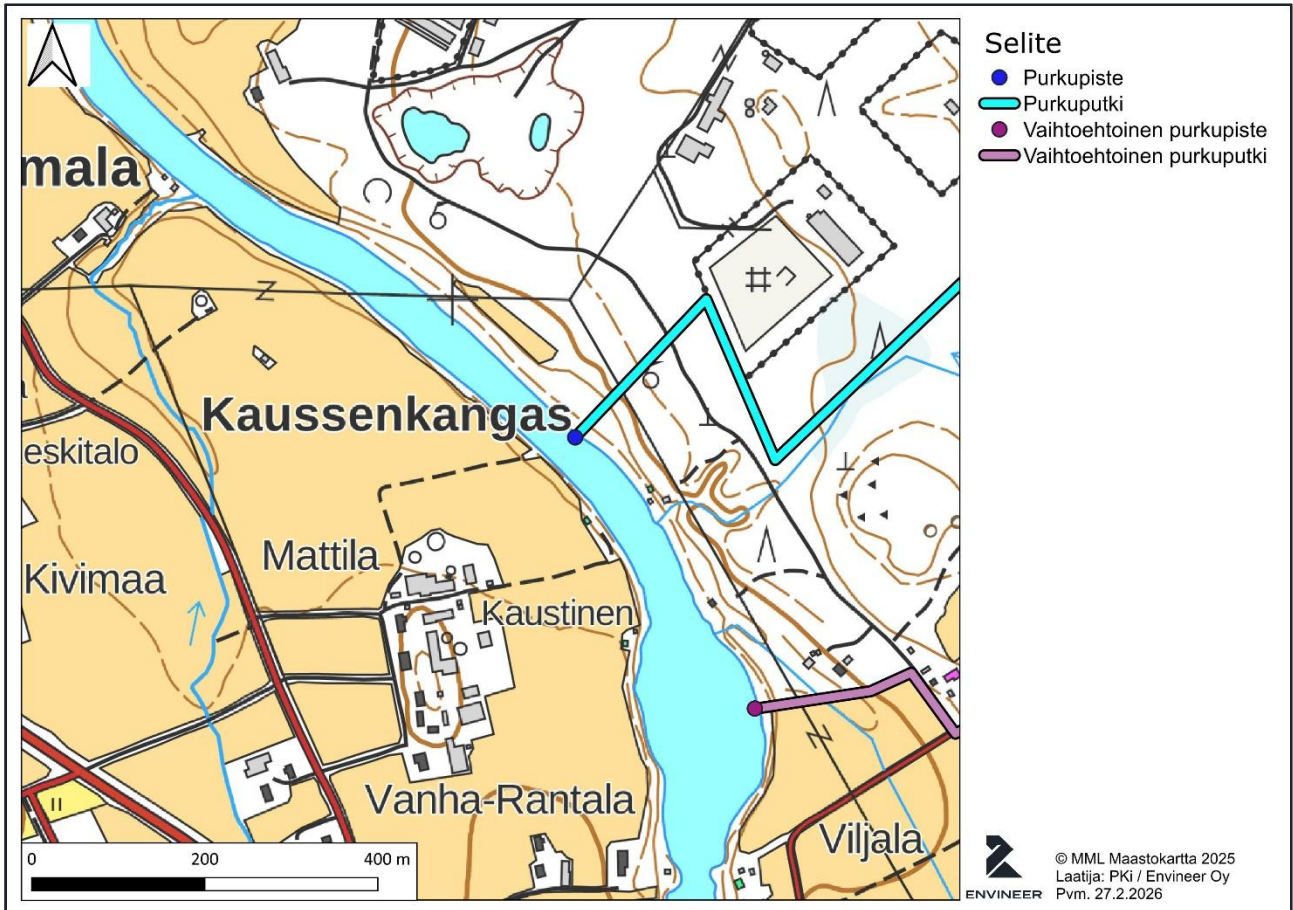
Kuva 1. Esimerkkikuva vastaanottavaan uomaan johdettavan purkuveden muodostamasta vanasta (pluumista). Vastaanottavan uoman virtaussuunta on kuvassa vasemmalta oikealle. Lähialue on alue, jossa purkuvesisuihku etenee ja sekoittuu oman liike-energiansa avulla. Kaukoalueella purkuvesi alkaa kulkeutua ja sekoittua vastaanottavan uoman virtausten mukana. Kuvassa esitetyt purkuvesivanan värit havainnollistavat purkuveden laimenemista.

2.2 TARKASTELUALUE

Kaivostoiminnan puhdistettujen ylijäämavesien purkupisteelle esitetään laajennushankkeen YVA-menettelyssä kahta vaihtoehtoista sijaintia (**Kuva 2**). Purkupisteet sijaitsevat Perhonjoen uomassa noin 400 metrin etäisyydellä toisistaan. Sijainneilla ei ole merkittävää eroa purkupisteen lähialueen Cormix-mallinnuksen suhteen, kun otetaan huomioon mallinnuksessa käytettävät oletukset ja yksinkertaistukset. Uoman syvyysprofiilista ei ole mittaustietoa, mikä myös hankaloittaa purkupisteiden ja niiden ominaisuuksien yksityiskohtaista vertailua.

Työssä tarkasteltu, vaihtoehtoista pohjoisempi eli joen virtaussuunnassa alempi purkupiste sijaitsee Perhonjoen uomassa noin 2 km Pirttikosken padosta alavirtaan, Kaustisen jätevedenpuhdistamon edustalla. Perhonjoen virtaussuunta on alueella kaakosta luoteeseen. Jokiuoman leveys aivan purkupisteen kohdalla on noin 37 m, ja muutaman sadan metrin matkalla alajuoksun suuntaan leveys vaihtelee 40–50 m:n välillä. Jokiuoma on pohjoisen purkupisteen kohdalla kapeampi kuin eteläisen purkupisteen kohdalla. Joen virtausnopeus on näin ollen pohjoisessa purkupisteessä suurempi ja sen sekoittumisolosuhteet todennäköisesti otollisemmat. Koska uoman kulkusuunta ja

leveys ei juuri vaihtele muutaman sadan metrin matkalla pohjoisesta purkupisteestä, myös sen geometria voidaan ilman suurta virhettä kuvata laatikkomaisena.



Kuva 2. Mallinnuksessa käytetyn sekä vaihtoehtoisen purkupisteen sijainti.

2.3 LÄHTÖTIEDOT

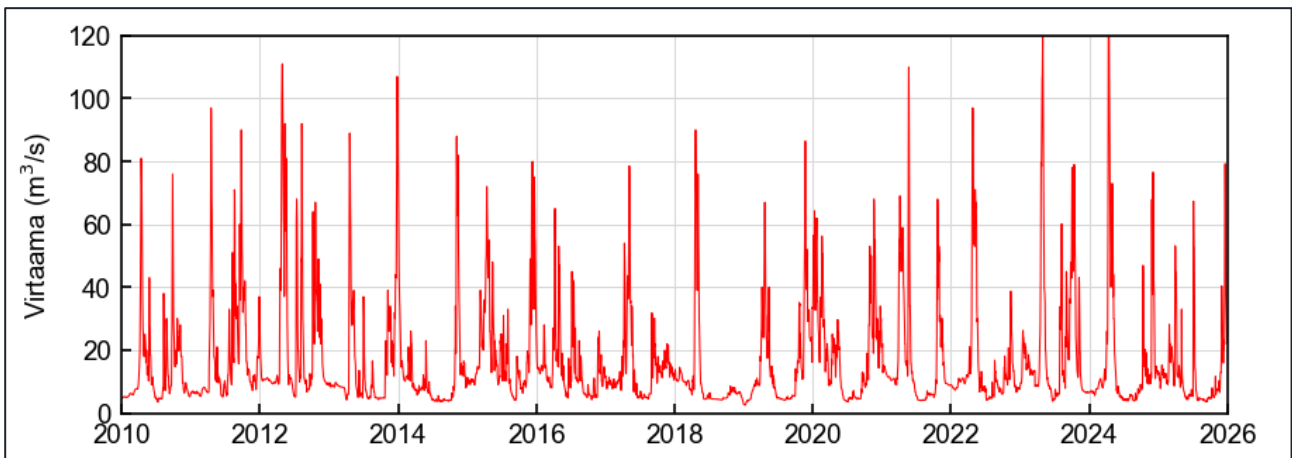
Mallinnuksen lähtötiedoiksi tarvittiin (1) vastaanottavan jokiuoman geometria eli Perhonjoen syvyys ja leveys purkupisteen alueella sekä sen virtaama- ja vedenlaatutiedot, (2) purkuveden virtaama ja vedenlaatutiedot sekä (3) purkupisteen geometria eli purkuputken pään sijainti, halkaisija ja suuntaus taikka tiedot diffusorijärjestelmän yksityiskohtaisesta rakenteesta.

Mallinnukseen tarvittiin arvio jokiuoman keskimääräisestä syvyydestä ja leveydestä purkupisteen kohdalla. Uoman leveydellä on eniten merkitystä mallinnustuloksiin purkupisteen alapuolella, missä leviävä purkuvesivana saavuttaa uoman reunan. Kapea uoma voi rajoittaa purkuvesivanan poikkisuuntaista leviämistä ja laimenemista. Joen pohjan muodoista ei ollut saatavilla mittaustietoa, joten uoman syvyys arvioitiin ympäröivien maanmuotojen perusteella silmämääräisesti. Jokiuoman ulottuvuuksien ja joen virtaaman perusteella arvioitiin myös jokiveden virtausnopeus.

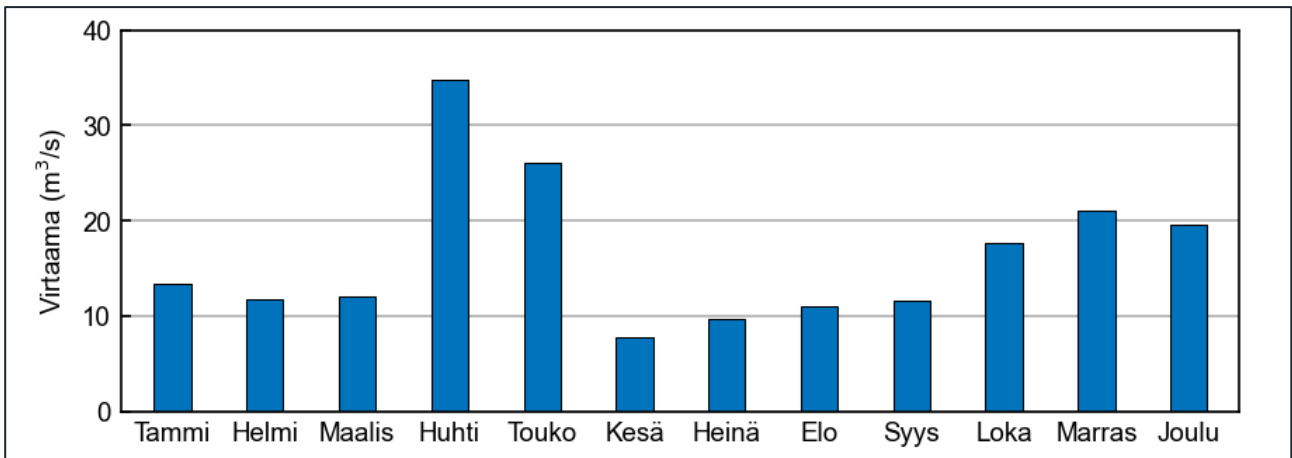
2.3.1 JOEN VIRTAAMA JA VEDENLAATU

Perhonjoen uoman leveytenä käytettiin mallinnuksessa arvoa 40 m. Purkupisteestä alajuoksun suuntaan rannan läheisyydessä mahdollisesti oleva matalampi alue, jonka vesitilavuus ja vaikutus virtaamaan on vähäinen, tuli näin otettua huomioon. Jokuoman syvyydeksi purkupisteessä asetettiin 2,5 m.

Perhonjoen virtaaman arvioinnissa käytettiin Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) Hertta-tietojärjestelmän havaintotietoja (SYKE, 2026). Perhonjoen virtaamaa mitataan Tunkkarin havaintopaikalla, joka sijaitsee purkupisteestä noin 9 km ylävirran suuntaan (**Kuva 3**). Havaintopaikan keskivirtaama jaksolla 1.1.2010–31.12.2025 oli 16,4 m³/s, keskialivirtaama 3,9 m³/s ja alivirtaama 2,5 m³/s. Purkupisteen kohdalla virtaama on tätä hieman suurempi, koska havaintopaikan ja purkupisteen välisen valuma-alueen valunta kasvattaa virtaamaa. Purkuveden laimenemistarkastelussa valittiin käytettäväksi virtaama 20 m³/s, joka vastaa keskimääräisiä loppusyksyn olosuhteita (**Kuva 4**). Jokiveden virtausnopeudeksi purkupisteen kohdalla saatiin näin virtaaman ja uoman poikkipinta-alan perusteella 0,2 m/s. Kun joen poikkileikkausala purkupisteen kohdalla arvioitiin näin hieman todellista suuremmaksi, laskennalliselle jokiveden virtausnopeudelle saatiin todellista pienempi arvo. Virtausnopeuden konservatiivinen arvio kuvaa heikompia sekoittumisoloja. Näin ollen mallin tulokset voivat kuvata myös talven aikaisia, pienemmän Perhonjoen virtaaman oloja.



Kuva 3. Perhonjoen Tunkkarin havaintopaikan vuorokausivirtaaman aikasarja 1.1.2010–31.12.2025.



Kuva 4. Perhonjoen Tunkkarin mittauspisteen virtaaman kuukausittainen keskiarvo jaksolla 1.1.2010–31.12.2025.

Perhonjoen veden suolapitoisuutta ei otettu huomioon jokiveden tiheyden määrittämisessä. Jokiveden tiheys määritettiin ainoastaan veden lämpötilan perusteella. Purkuveden käyttäytymisen mallintamisessa on olennaista jokiveden ja purkuveden välinen tiheysero. Jos oletetaan, että purkuvedellä on sama lämpötila kuin jokivedellä, käytetty veden lämpötilan arvo ei vaikuta saatuihin mallinnustuloksiin, vaan jokiveden ja purkuveden välinen tiheysero määräytyy ainoastaan purkuveden suolapitoisuuden perusteella. Perhonjoen veden lämpötilaksi asetettiin mallinuksissa 10 °C, jolloin jokiveden tiheys oli 999,703 kg/m³.

Mallinnuksessa tarkasteltiin kokonaisfosforipitoisuuden laimenemista Perhonjoessa. Perhonjoen kokonaisfosforipitoisuutta on mitattu havaintopaikalla Kaustinen ap., joka sijaitsee noin 600 metrin etäisyydellä tarkastellusta purkupisteestä ylävirtaan (SYKE, 2026). Vuosina 2016–2025 kokonaisfosforipitoisuus havaintopaikalla oli keskimäärin 58 µg/L (vaihteluväli 45–110 µg/L, mittauksia 32). Talviaikaan keskipitoisuus oli 52 µg/L (vaihteluväli 42–63 µg/L, mittauksia 7).

2.3.2 KUORMITUSTIEDOT

Mallinnuksessa käytetty purkuveden virtaama arvioitiin AFRY Finland Oy:n laatimassa Rapasaaren kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa esitetyn kaivoksen laajimman toiminnan tilanteen purkuvesimäärän pohjalta (AFRY, 2025). Vesi- ja kuormataseraportti on laadittu kuvaamaan nykyisten ympäristölupapäätösten mukaista kaivostoimintaa. Arvio kaivostoiminnan laajentamisen aiheuttamasta purkuvesimäärän muutoksesta tehtiin vesi- ja kuormataseraportissa esitettyjen purkuvesimäärien sekä kaivosalueen toimintojen pinta-alojen muutoksen ja siitä aiheutuvan suotovesien ja valumavesien määrän kasvun perusteella. Arvio on suuntaa antava ja pohjautuu vesi- ja kuormataseraportissa käytettyyn laskenta- ja tarkastelutapaan.

Kaivosalueen tuotantovaiheen aluevesitase ja muodostuvien purkuvesien määrä voi vaihdella merkittävästi vuosittaisten sääolojen mukaan. Tässä tarkastelussa käytettiin alueen keskimääräisiä sääoloja. Laskennassa arvioitiin rikastamon rikastushiekka-altaiden, eristerakennealtaiden ja välivarastoalueen sekä kaivoksen tavanomaisen sivukiven läjitysalueiden pinta-alojen kasvun vaikutusta muodostuvan purkuveden määrään. Arvioiduissa purkuvesimäärissä otettiin huomioon laajennusalueiden nettosadannan kasvun vaikutus sekä rikastushiekkaan pidättyvän ja eri alueilta

ympäristöön suotautuvan vesimäärän kasvu. Pohjavesipurkauman, malmin sisältämän vesimäärän ja raakavedenottomäärän oletettiin pysyvän ennallaan.

Kaivoksen laajennuksen YVA-menettelyssä tarkastellaan neljää hankevaihtoehtoa, jotka eroavat toisistaan laajennusalueiden pinta-alojen ja niillä muodostuvien suotovesien ja vesien määrän suhteen. Vaihtoehdon VE0 eli nykyisten lupapäätösten mukaisen kaivostoiminnan purkuvesimääränä sekä eri alueilta kerättävien vesien määrinä käytettiin kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa esitettyjä laajimman toiminnan tilanteen (14. tuotantovuoden) arvoja, ja niihin lisättiin hankevaihtoehdoissa VE1–VE4 laajennusaloilta kerättävien suotovesien ja valumavesien vaikutus. Arvioidut laajennusalueiden uudet kokonaispinta-alat ja purkuvesimäärät eri hankevaihtoehdoissa on esitetty taulukossa (**Taulukko 1**). Vuosittainen purkuvesimäärä kasvoi eniten, noin 17 %, vaihtoehdoissa VE1 ja VE4, joissa sivukivialueiden kokonaispinta-ala on suurin.

Taulukko 1. Kaivostoimintojen alueiden pinta-alat ja arvioidut purkuvesimäärät eri hankevaihtoehdoissa.

	VE0	VE1	VE2	VE3	VE4
Rikastushiekka-altaiden yhteispinta-ala (ha)	70	83	150	87	173
Tavanomaisen sivukiven läjitysalueiden pinta-ala (ha)	63	175	140	140	175
Eristerakennealtaiden yhteispinta-ala (ha)	3	6	6	6	6
Malmin välivarastoalueen pinta-ala (ha)	0,5	8,4	8,4	8,4	8,4
Alueilta kerättävä suoto- ja valumavesimäärä yhteensä (m ³ /v)	165 000	479 000	403 000	396 000	489 000
Kaivoksen purkuvesimäärä yhteensä (m ³ /v)	1 880 000	2 190 000	2 120 000	2 110 000	2 200 000
Purkuvesimäärän muutos vaihtoehtoon VE0 nähden (%)	0	17	13	12	17

Muodostuvan purkuveden määrä vaihtelee huomattavasti vuodenajan ja sääolojen mukaan. Kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa käytettyjen lähtötietojen ja laskentojen mukaan tarkastellun keskimääräisen säävuoden purkuvesivirtaama oli suurimmillaan, noin 280 000 m³/kk eli noin 380 m³/h, loka-marraskuussa (AFRY, 2025). Loppusyksyn aikaan kuukausittainen nettosadanta eli sadannan ja haihdunnan erotus ja näin myös muodostuvien kaivoksen suotovesien ja valumavesien määrä on tyypillisesti suurimmillaan. Mallinnustyössä käytetty purkuveden virtaama arvioitiin niin, että loka-marraskuun kuukausivirtaama virtaama kasvaa hankevaihtoehdon VE4 arvion mukaisesti noin 17 %. Kaivosalueelta johdettavan purkuveden virtaamana käytettiin näin ollen työssä arvoa 440 m³/h. Lisäksi tehtiin herkkyystarkastelu, jossa käytettiin 50 % pienempää ja 25 % suurempaa purkuvesimäärää.

Purkuveden tiheys arvioitiin sen suolakoostumuksen perusteella Rapasaaren kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa esitettyjen arvojen mukaan (AFRY, 2025). Tiheyden laskentaan valittiin seitsemän runsaimman ionin (kloridi, sulfaatti, natrium, kalsium, kalium, magnesium ja rauta) laskennalliset pitoisuudet purkuvedessä. Nämä ionit muodostivat noin 96 % kaikkien suolojen kokonaispitoisuudesta. Laskennassa käytettiin suolaveden tiheyslaskuria (Boehrer ym., 2010; UFZ, 2016). Purkuveden lämpötilaksi asetettiin 10 °C, joka oli sama kuin jokiveden lämpötila.

Purkuveden laimenemista tarkasteltiin käyttäen esimerkkiaineena fosforia. Ylijäämävedestä poistetaan fosforia ennen sen johtamista purkuputkeen, ja purkuveden kokonaisfosforipitoisuus käsittelyn jälkeen on enintään 150 µg/L (AFRY, 2025). Työssä mallinnettiin purkuveden aiheuttamaa kokonaisfosforin pitoisuusnousua Perhonjoen uomassa verrattuna jokiveden taustapitoisuuteen. Perhonjoen kokonaisfosforipitoisuus on suuruusluokkaa 50 µg/L, joten aivan purkuputken suulla purkuvesisuihkun pitoisuus on noin 100 µg/L suurempi kuin sitä ympäröivän jokiveden taustapitoisuus. Pitoisuusero pienenee purkuvesivanan alkaessa sekoittua jokiveteen. Mallin lähtötietona eli purkuveden kokonaisfosforin pitoisuuserona jokiveteen nähden käytettiin siis tämän perusteella esimerkinomaista arviota 100 µg/L.

2.3.3 PURKUPISTE JA TARKASTELLUT LAIMENNUSTEKNIIKAT

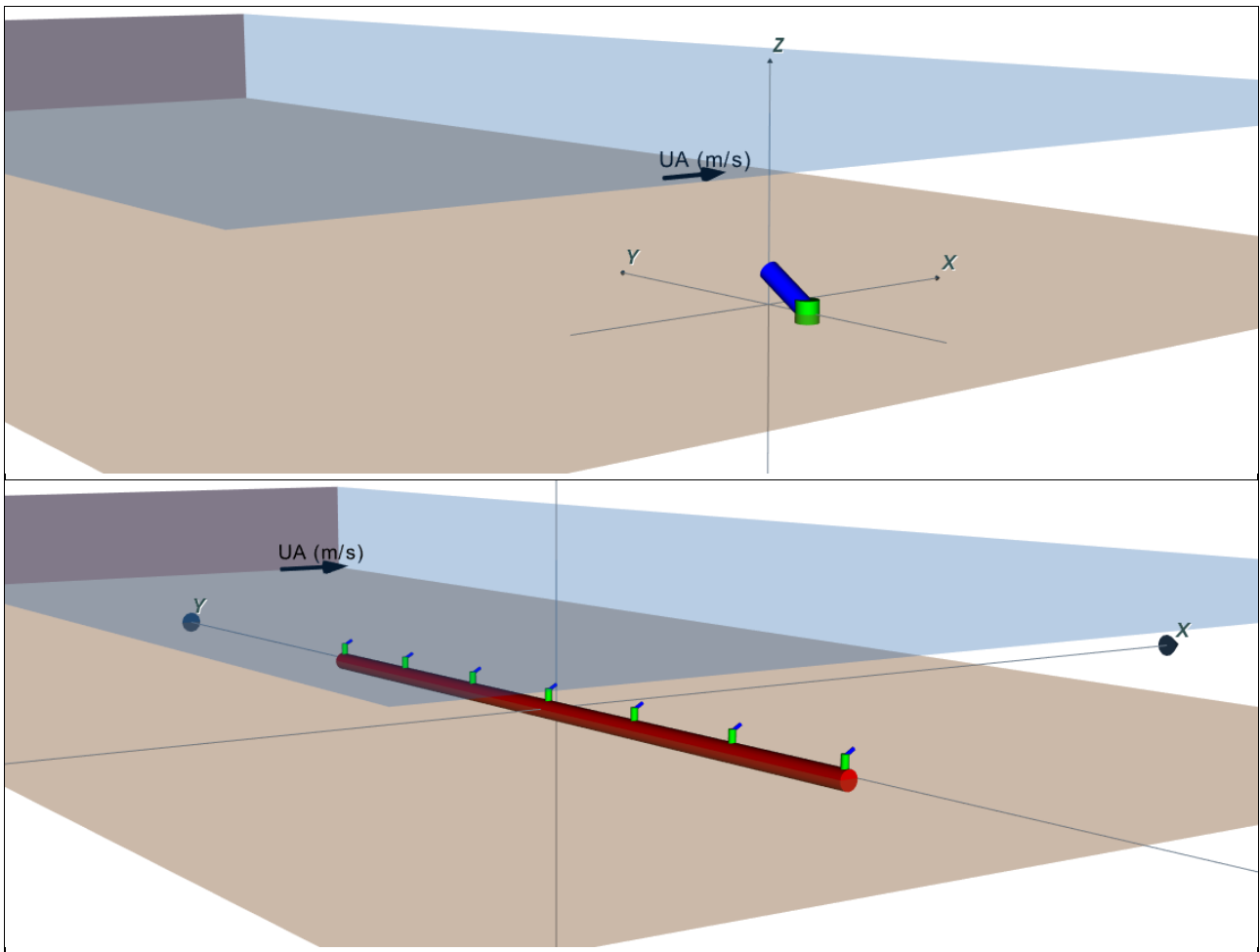
Työssä verrattiin erilaisten purkuveden sekoittumista tehostavien tekniikoiden vaikutusta purkuveden laimenemiseen Perhonjoessa. Tuloksia verrattiin kaivoksen puhdistettujen ylijäämävesien suoraan johtamiseen purkuputkesta jokiuomaan (tarkasteluvaihtoehto PT1). Vaihtoehtona PT2 oli kaivokselta johdettavan veden laimentaminen jokivedellä ennen sen johtamista purkuputkesta jokiuomaan. Vaihtoehtoissa PT1 ja PT2 käytettiin muilta osin samanlaista purkupisteen geometriaa. Vaihtoehtona PT3 tarkasteltiin alkusekoittumista tehostavan diffuusion käyttöä kaivokselta johdettavan veden purkamisessa ilman esilaimennusta. Purkuputken ja diffuusion sijaintia jokiuomassa on havainnollistettu kuvassa (**Kuva 5**). Tarkasteluvaihtoehtoissa käytetty purkuveden virtaama, suolapitoisuus ja tiheys sekä purkuveden ja jokiveden välinen fosforin pitoisuusero on esitetty taulukossa (**Taulukko 2**).

Vaihtoehdossa PT2 purkuveden määrä, suolapitoisuus ja fosforipitoisuus määritettiin niin, että jokeen purettavaan veteen oli sekoitettu jokivettä 20 % kaivosalueelta johdettavan veden määrästä. Kuten itse jokiuoman veden tiheyden määrittämisessä, purkuveteen sekoitettava jokivesi oletettiin suolattomaksi, eli jokiveden vähäisen suolapitoisuuden vaikutusta laimennetun purkuveden kokonaissuolaisuuteen ei otettu huomioon.

Taulukko 2. Purkuveden tiedot eri purkuvaihtoehdoissa.

	Purkutekniikka	Purkuveden virtaama (m ³ /h)	Purkuveden suolapitoisuus (g/L)	Purkuveden tiheys (kg/m ³)	Fosforipitoisuus ¹ (µg/L)
PT1	Suora purku	440	0,48	1000,14	100
PT2	Esilaimennus	528	0,40	1000,06	83,3
PT3	Diffuusori	440	0,48	1000,14	100

¹Purkuveden ja jokiveden välinen fosforipitoisuusero



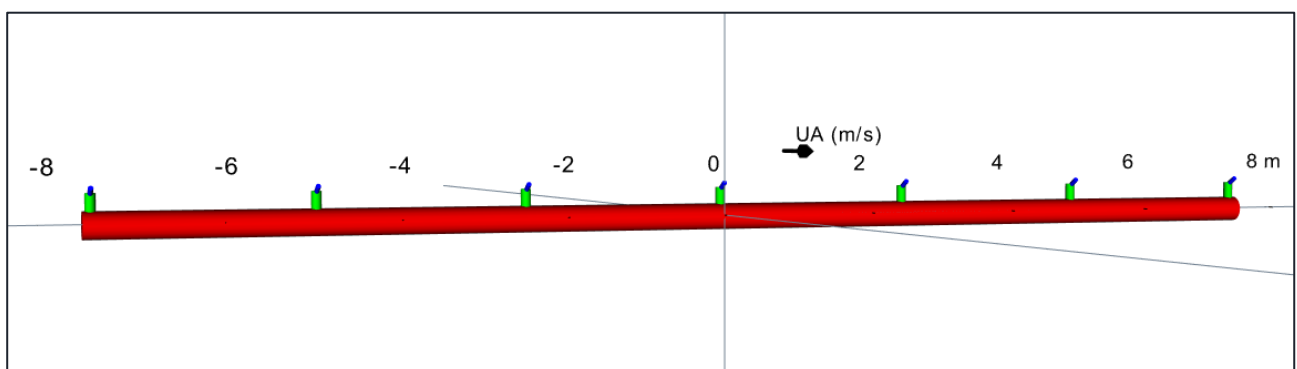
Kuva 5. Havainnekuva mallinnuksessa käytetystä purkupisteen geometriasta vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 (yksittäinen purkuputki, ylempi kuva) sekä PT3 (diffuusori, alempi kuva). Kuvissa esitetty koordinaatiston nollakohta sijaitsee ylempässä kuvissa purkuputken suulla 5 m:n etäisyydellä uoman reunasta ja alemmassa kuvassa diffuusorin keskipisteessä 12,5 m:n etäisyydellä uoman reunasta. Joen virtaussuunta on x-akselin suuntainen. Ruskea taso kuvaa jokiuoman pohjaa ja sininen taso vedenpintaa.

Skenaarioissa PT1 ja PT2 käytetyn purkuputken sijainti, koko ja suuntaus on esitetty taulukossa (**Taulukko 3**). Purkuputken suuaukko sijaitsi 5 m:n päässä rannasta, Purku tapahtui poikittaissuuntaan joen virtaussuuntaan nähden ja 30 astetta vaakatasosta yläviistoon. Työssä oletettiin, että purkuputki on tyyppiä PEH315-10, jonka ulkohalkaisija on 315 mm ja seinämän paksuus 18,7 mm. Purkuputken sisähalkaisija oli näin ollen 278 mm.

Vaihtoehdossa PT3 käytetyn diffuusorin ominaisuudet on esitetty taulukossa (**Taulukko 3**), ja diffuusorin rakennetta on havainnollistettu kuvassa (**Kuva 6**). Diffuusori oli asetettu poikittaissuuntaisesti lähelle uoman pohjaa. Diffuusorissa oli 7 purkuaukkoa, ja ne sijaitsivat tasavälein diffuusorin kyljessä. Lähimpänä uoman reunaa sijainnut diffuusorin purkuaukko oli 5 metrin etäisyydellä rannasta. Purkuaukot oletettiin halkaisijaltaan ympyränmuotoisiksi. Purku tapahtui kaikista purkuaukoista joen virtauksen suuntaisesti.

Taulukko 3. Mallinnuksessa käytetyn purkuputken ja diffuusorin sijainti ja ominaisuudet.

	Purkuputki	Diffuusori
Purkuputken pään / diffuusorin keskikohdan etäisyys rannasta	5 m	12,5 m
Kokonaispituus		15 m
Pituusakselin kulma uoman virtaussuuntaan nähden		90°
Purkuputken/purkuaukkojen keskipisteen etäisyys pohjasta	0,6 m	0,4 m
Purkuputken/purkuaukkojen sisähalkaisija	0,278 m	0,06 m
Pystysuuntainen purkukulma pinnan tasoon nähden	30°	30°
Vaakasuuntainen purkukulma uoman virtaussuuntaan nähden	90°	0°



Kuva 6. Havainnekuva mallinnuksessa käytetyn diffuusorin rakenteesta. Kuvan katselusuunta on vinottain ylävirran suuntaan.

3 Tulokset

3.1 TULOSTEN ESITTÄMINEN

Eri purkutekniikoilla muodostuvan purkuvesivanan muotoa ja purkuveden laimenemista havainnollistetaan kolmiulotteisilla havainnekuvilla. Kuvissa on oletettu, että purkuvesivanan ainepitoisuus lähialueella noudattaa poikittaissuunnassa vanan keskilinjan ympärillä Gaussin jakaumaa. Pitoisuus on suurin vanan keskilinjalla ja pienenee pysty- ja poikittaissuunnassa, kun vanan reuna-alueet sekoittuvat uoman veteen. Lähialueen osalta kolmiulotteisissa kuvissa esitetään pinta, jolla pitoisuus on vähentynyt puoleen vanan keskilinjan pitoisuudesta. Kaukoalueen osalta kuvan esitystapa vaihtelee purkuvesivanan virtausominaisuuksien mukaan, mutta sen tulkinta vastaa kuitenkin lähialueen tapaa. Purkuvesivanan laimenemista kuvataan myös pitoisuusnousun tasa-arvokäyrien avulla. Nämä kuvaajat esittävät kokonaisfosforipitoisuuden nousun purkuvesivanan keskilinjan tasossa.

Diffuusorin avulla tapahtuvan purun tapauksessa CORMIX-mallinnus kuvaa välittömällä lähialueella diffuusorin leveydellä tapahtuvaa keskimääräistä laimenemista. Mallin tulos kuvaa diffuusorin yksittäisten purkusuihkujen yhdistyessä syntyvän yhtenäisen purkuvesivanan käyttäytymistä todenmukaisesti vasta hieman kauempana diffuusorista. Diffuusorin purkuaukot olivat 2,5 metrin etäisyydellä toisistaan. Diffuusorin viereisten purkuaukkojen muodostamat suihkut sekoittuvat toisiinsa etäisyydellä, joka on tyypillisesti 3–5-kertainen purkuaukkojen välimatkaan nähden. Kunkin purkuaukon synnyttämä suihku etenee siis tarkastellun diffuusorin tapauksessa aluksi noin 8–12 metrin matkan ilman merkittävää vuorovaikutusta viereisten suihkujen kanssa. Tällä alueella tapahtuvaa välitöntä alkulaimenemista voidaan arvioida mallintamalla diffuusorin yksittäisestä purkuaukosta tulevaa suihkua. Tätä alkulaimenemista kuvaavat tasa-arvokäyrät on esitetty erillisessä kuvassa.

Purkuveden laimenemisen havainnollistamiseksi esitetään myös purkuveden aiheuttama kokonaisfosforipitoisuuden nousu purkuvesivanan keskilinjalla eri purkuvaihtoehdoissa. Lisäksi esitetään purkuveden laimenemissuhde vanan keskilinjalla eri purkuvaihtoehdoissa sekä herkkyytarkastelun eri purkuvesi- ja jokivirtaamilla. Laimenemissuhde tarkoittaa purkuveden ainepitoisuuden ja purkuvesivanan keskilinjan ainepitoisuuden suhdetta. Jos esimerkiksi purkuveden fosforipitoisuus on 100 µg/L suurempi kuin jokiveden fosforipitoisuus ja purkuvesivanan keskilinjan fosforipitoisuus 10 metrin etäisyydellä purkuputken suusta on 5 µg/L suurempi kuin jokiveden fosforipitoisuus, niin laimenemissuhde 10 metrin etäisyydellä on $100 / 5 = 20$. Etäisyys on määritetty purkuvesivanan liikeradan keskilinjan etäisyytenä purkupisteestä. Diffuusorin yhden purkuaukon suihkun alkulaimeneminen on esitetty laimenemissuhdetta esittävässä kuvaajassa erikseen.

3.2 PURKUVEDEN LAIMENEMINEN

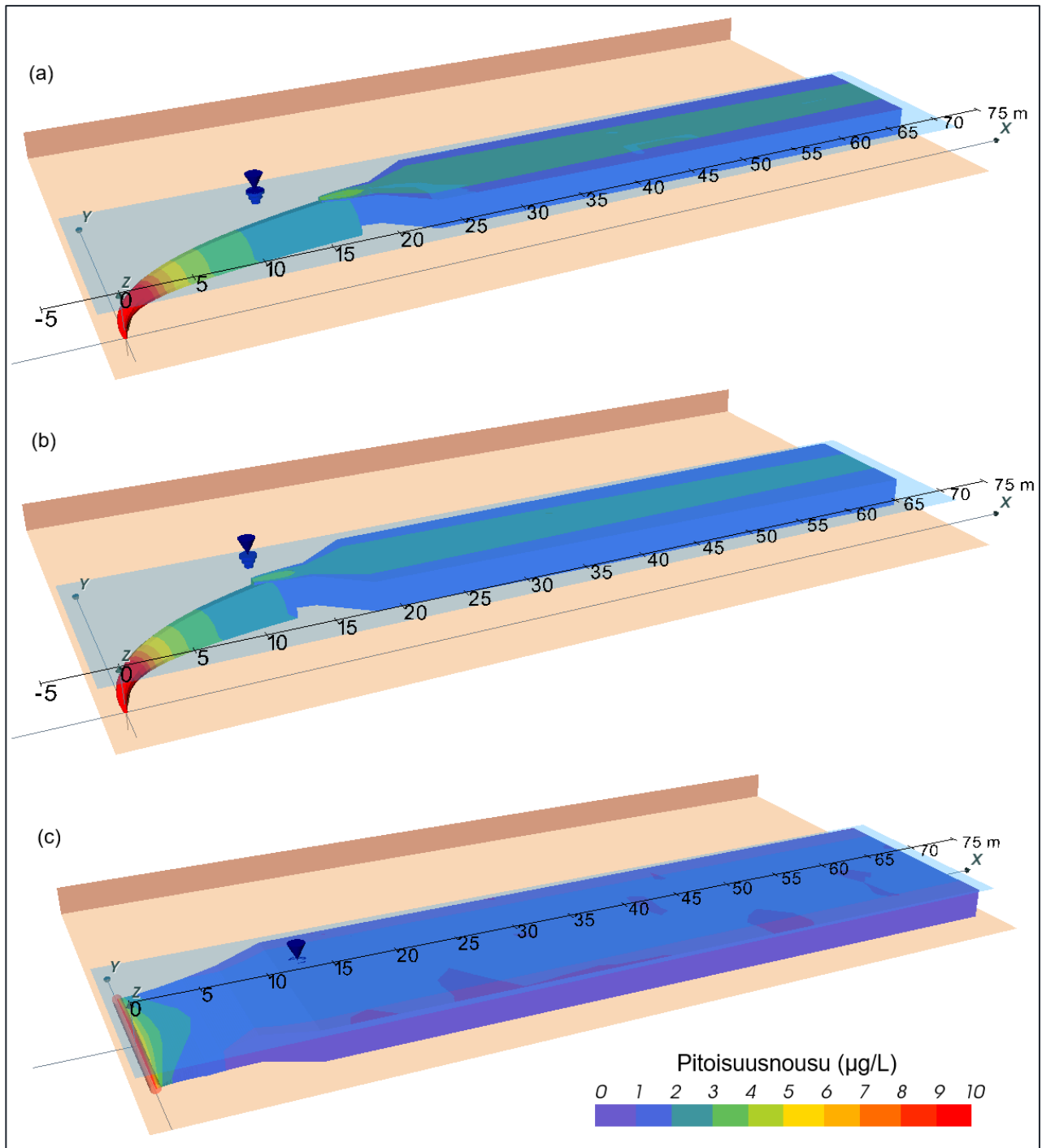
Kaivokselta johdettavan veden laimentaminen ennen purkamista jokeen (tarkasteluvaihtoehto PT2) pienensi purkuvesivanan fosforipitoisuutta mutta ei muilta osin merkittävästi nopeuttanut

laimenemista verrattuna suoraan purkuun (tarkasteluvaihtoehto PT1) (**Kuva 7–Kuva 9**). Suurempi purkuvirtaama tehosti hieman purkuveden sekoittumista ja leviämistä lähialueella eli noin 15 metrin säteellä purkuputken suulta, mutta purkuvesivanan käyttäytyminen oli muutoin varsin samankaltaista kuin suoran purun tapauksessa. Lähialueella purkuvesisuihku seurasi kummassakin vaihtoehdossa uoman pohjaa, joten suihkun laimenemissuhde oli pienin pohjan lähellä ja kasvoi pintaan päin. Kummassakin vaihtoehdossa purkuvesi sekoittui syvyysuunnassa noin 20 metrin etäisyydellä purkuputkesta, vaihtoehdossa PT2 muutamaa metriä aiemmin kuin vaihtoehdossa PT1, ja vana pysyi sen jälkeen syvyysuunnassa kokonaan sekoittuneena. Uoman virtaussuuntaan nähden kohtisuoraan tapahtunut purku ohjasi purkuvesivanan keskeemmälle uomaa. Vana ei ensimmäisten satojen metrien aikana levinnyt niin lähelle rantaa, että rannan vaikutus olisi hidastanut laimenemista.

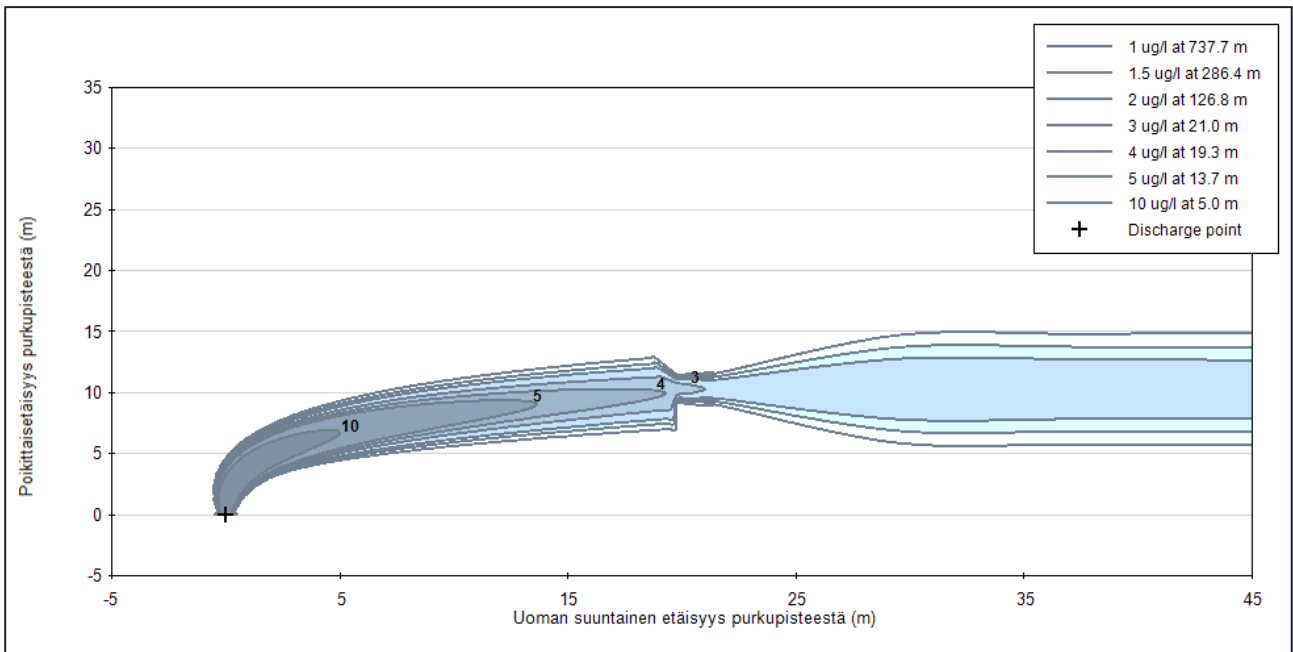
Diffuusorin käyttö (tarkasteluvaihtoehto PT3) tehosti purkuveden alkulaimenemista huomattavasti verrattuna suoraan purkuun tai purkuveden esilaimentamiseen (**Kuva 7, Kuva 10–Kuva 11**). Diffuusorin mallinnustulos (**Kuva 7, Kuva 10**) kuvaa lähialueella purkuvesivanan keskimääräistä laimenemista sen koko leveydellä, mutta välittömän lähialueen pitoisuusjakaumassa on todellisuudessa yksittäisistä purkuaukoista lähtevien purkuvesisuihkujen muodostamia tihentymiä (**Kuva 11**). Poikittaissuunnassa kahden metrin välein sijaitsevat suihkut yhtyvät toisiinsa noin kymmenen metrin päässä diffuusorista, ja niiden yhdistyminen voimisti entisestään virtauksen pyörteisyyttä ja jokiveden sekoittumista purkuveteen. Varsinkin yli 10 metrin päässä diffuusorista purkuvesi oli sekoittunut poikittaissuunnassa huomattavasti paremmin ja laimentunut selvästi enemmän kuin vaihtoehdoissa PT1 ja PT2. Noin 10 metrin päässä diffuusorista purkuvesi oli myös sekoittunut kokonaan syvyysuunnassa.

Myös purkuvesivanan keskilinjan laimenemissuhde oli selvästi suurempi ja fosforipitoisuuden nousu selvästi pienempi vaihtoehdossa PT3 kuin vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 (**Kuva 12, Kuva 13**). Ennustettu diffuusorin synnyttämä laimenemissuhde ja pitoisuusnousu kuvaa vaihtoehdossa PT3 ensimmäisen noin 10 metrin matkalla purkuvesivanan keskimääräistä tilannetta poikittaissuunnassa, joten kuvaajissa on esitetty katkoviivalla (PT3 lähi) yksittäisen purkuvesisuihkun laimenemista. Noin 10 metrin kohdalla laimeneminen tehostuu, kun yksittäiset suihkut törmäävät toisiinsa, ja tämän jälkeen laimenemissuhde alkaa noudattaa yhtenäistä viivaa (PT3). Myös diffuusorin yksittäiset suihkut laimenivat selvästi nopeammin kuin suoran purun tai purkuveden esilaimennuksen purkuvesivana.

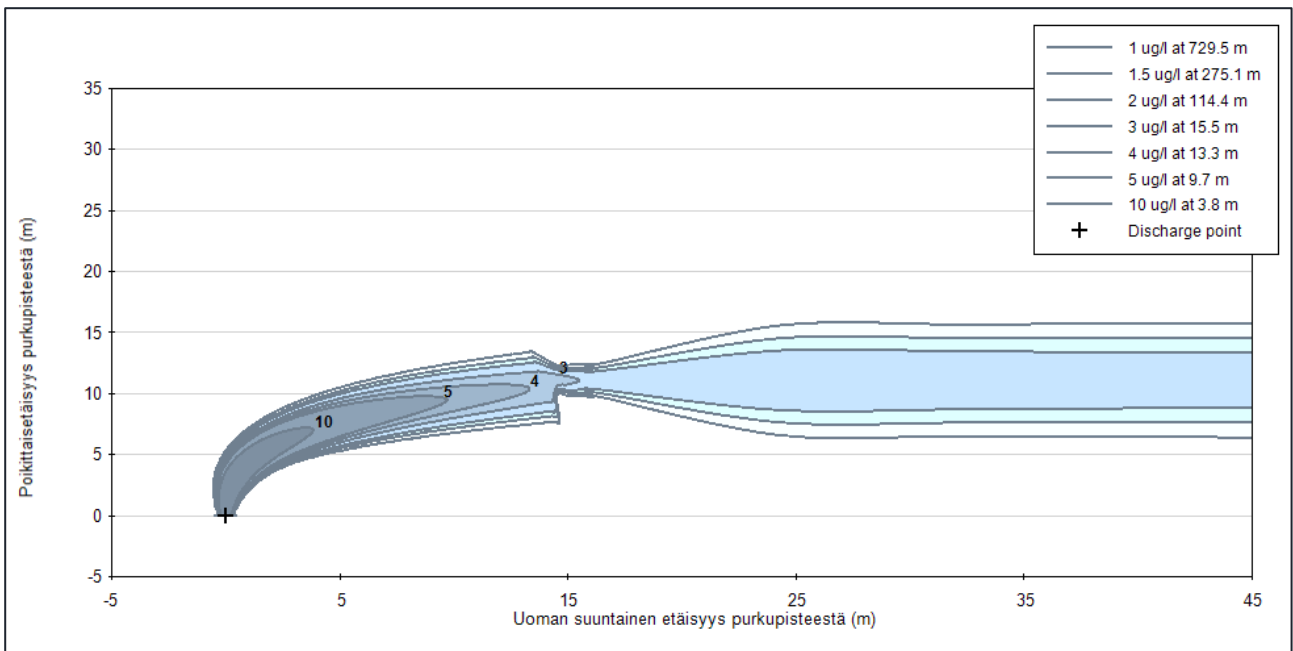
Vaihtoehdon PT2 mallinnustuloksissa purkuveden 20 %:n esilaimennus on otettu huomioon, niin että purkuveden laimenemissuhde oli jo putken suulla 1,2. Aivan purkuputken läheisyydessä laimeneminen ei kuitenkaan tämän jälkeen tapahtunut vaihtoehdossa PT2 juuri nopeammin kuin vaihtoehdossa PT1. Kun yksittäisen purkuputken vana laajeni syvyysuunnassa niin, että se ulottui joen pintaan, syntyvät pyörrevirtaukset voimistivat sekoittumista, mikä näkyi nopeampana laimenemisena noin 20 metrin etäisyydellä purkupisteestä. Esilaimennettu purkuvesi levisi suuremman virtaaman takia syvyysuunnassa nopeammin, ja pintakontakti tapahtui näin ollen hieman aiemmin vaihtoehdossa PT2 kuin vaihtoehdossa PT1. Tätä kauempana purkuvesivanan energia oli pienentynyt niin paljon, että purkuveden laimeneminen tapahtui jokiveden virtaaman pyörteisyyden vaikutuksesta, eikä esilaimennuksella enää ollut vaikutusta laimenemisnopeuteen.



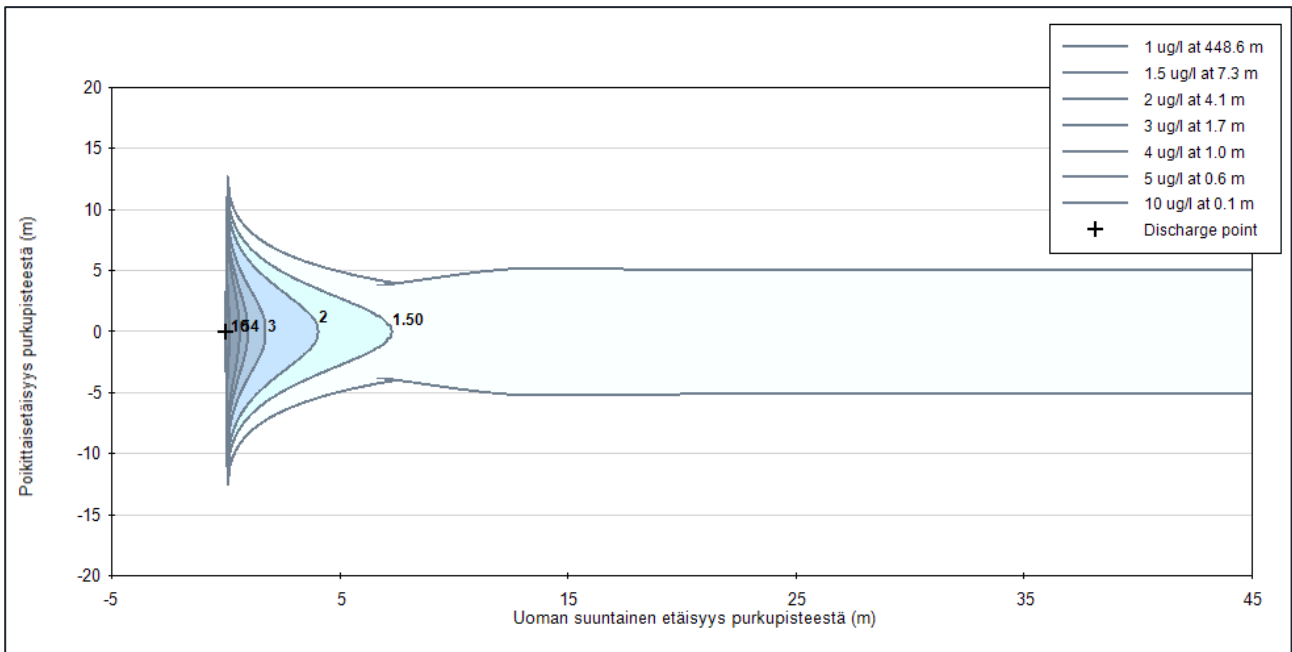
Kuva 7. Muodostuvat purkuvesivanat ja kokonaisfosforin pitoisuusnousu eri purkuvaihtoehtoissa: (a) suora purku (PT1), (b) esilaimennus (PT2) ja (c) diffusori (PT3). Kuvissa on esitetty uoman pohja ja vasemman puoleinen ranta vaaleanruskeana tasana sekä uoman vedenpinta siniharmaana tasana. Purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ (vaihtoehdossa PT2 $550 \text{ m}^3/\text{h}$) ja Perhonjoen virtaama $20 \text{ m}^3/\text{s}$.



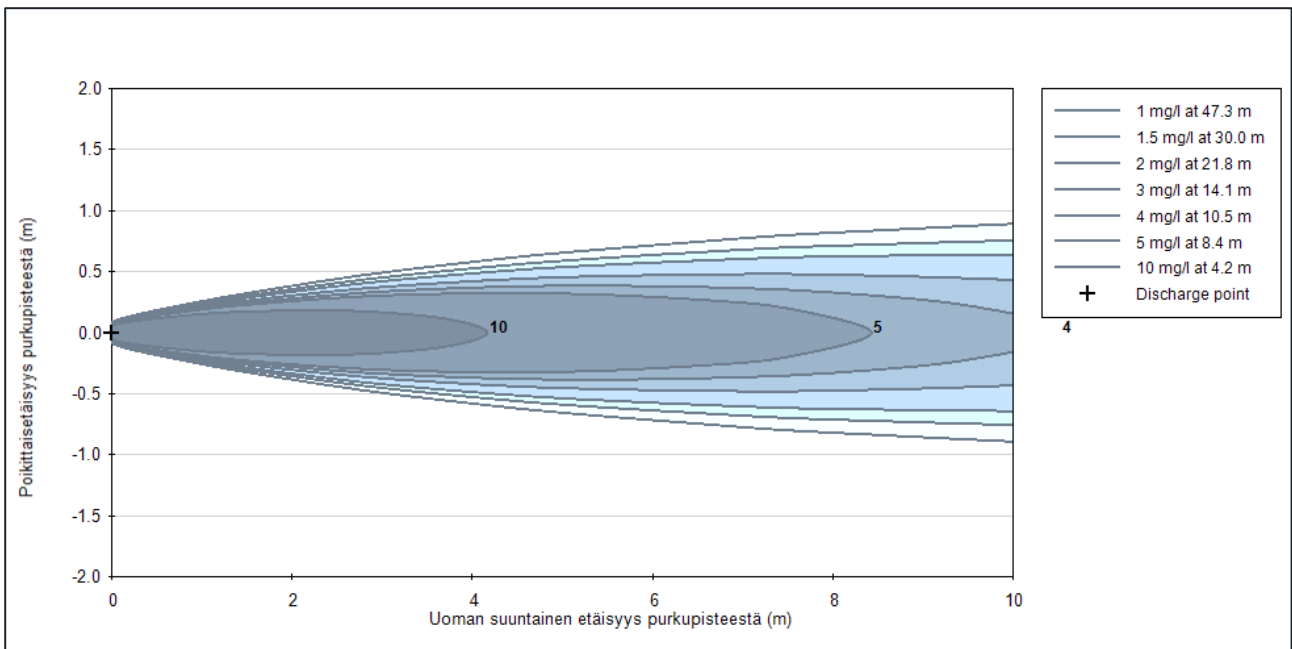
Kuva 8. Kokonaisfosforin pitoisuusnousun tasa-arvokäyrät vaihtoehdossa PT1 (suora purku). Joen virtaussuunta on vasemmalta oikealle. Kuvaajan pysty- ja vaaka-akselien nollakohta sijaitsee purkupisteessä. Purkuveden virtaama on 440 m³/h ja Perhonjoen virtaama 20 m³/s.



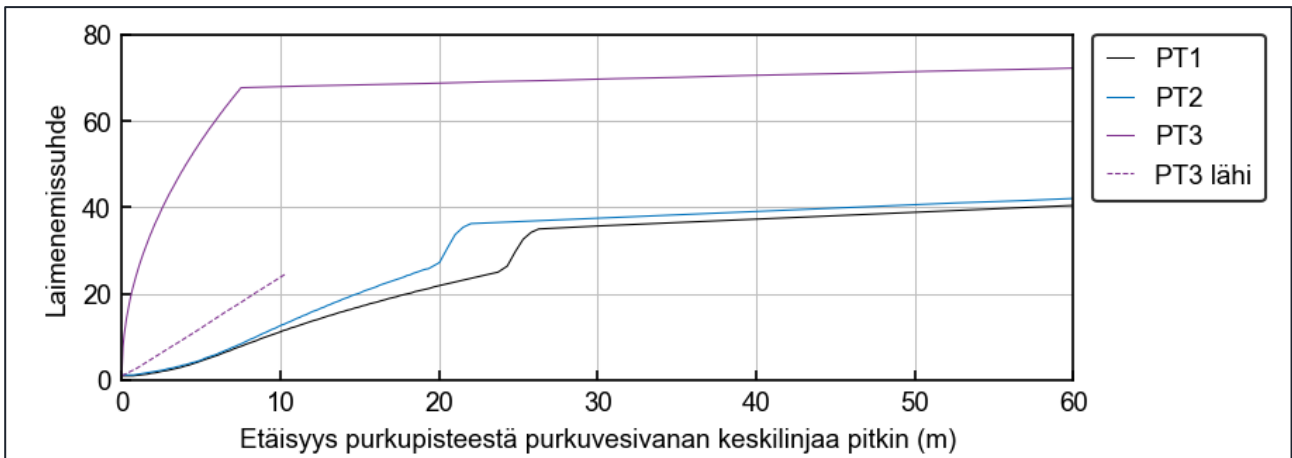
Kuva 9. Kokonaisfosforin pitoisuusnousun tasa-arvokäyrät vaihtoehdossa PT2 (esilaimennus). Joen virtaussuunta on vasemmalta oikealle. Kuvaajan pysty- ja vaaka-akselien nollakohta sijaitsee purkupisteessä. Purkuveden virtaama on 550 m³/h ja Perhonjoen virtaama 20 m³/s.



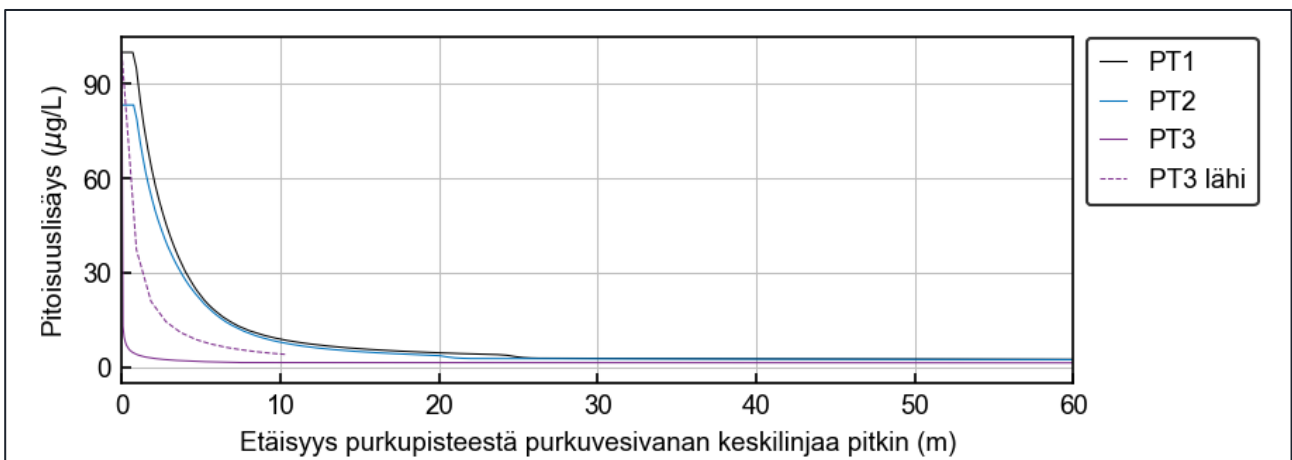
Kuva 10. Kokonaisfosforin pitoisuusnousun tasa-arvokäyrät vaihtoehdossa PT3 (diffuusori). Joen virtaussuunta on vasemmalta oikealle. Kuvaajan pysty- ja vaaka-akselien nollakohta sijaitsee diffuusorin keskipisteessä. Purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ ja Perhonjoen virtaama $20 \text{ m}^3/\text{s}$.



Kuva 11. Kokonaisfosforin pitoisuusnousun tasa-arvokäyrät yksittäisen purkuaukon välittömässä läheisyydessä vaihtoehdossa PT3 (diffuusori). Joen virtaussuunta on vasemmalta oikealle. Kuvaajan pysty- ja vaaka-akselien nollakohta sijaitsee diffuusorin purkuaukon kohdalla. Purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ ja Perhonjoen virtaama $20 \text{ m}^3/\text{s}$.



Kuva 12. Purkuveden laimenemissuhde eri purkuvaihtoehdoissa. Purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ (vaihtoehdossa PT2 virtaama $550 \text{ m}^3/\text{h}$) ja Perhonjoen virtaama $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

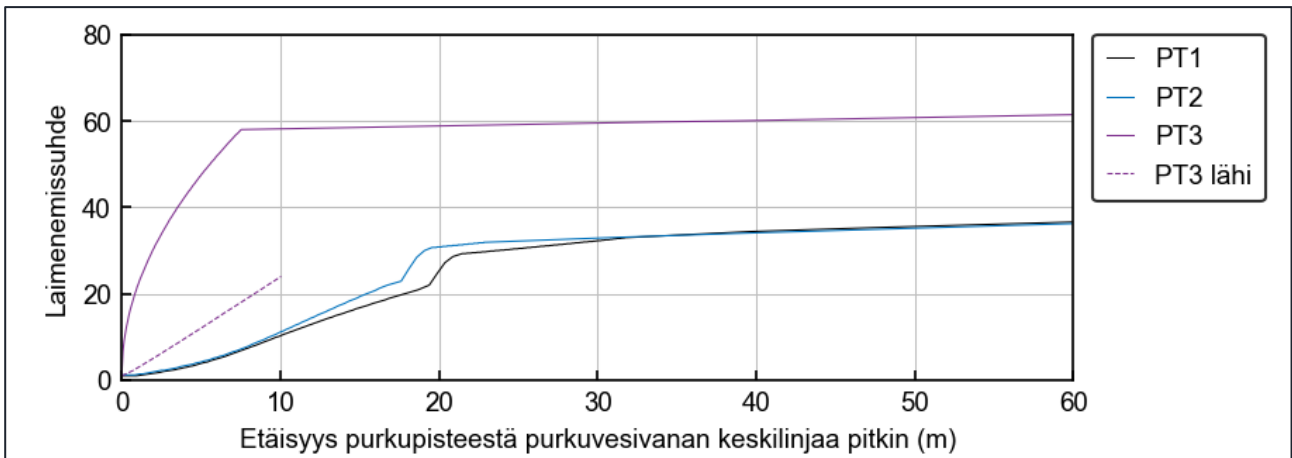


Kuva 13. Purkuveden aiheuttama kokonaisfosforin pitoisuusnousu eri purkuvaihtoehdoissa. Purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ (vaihtoehdossa PT2 virtaama $550 \text{ m}^3/\text{h}$) ja Perhonjoen virtaama $20 \text{ m}^3/\text{s}$.

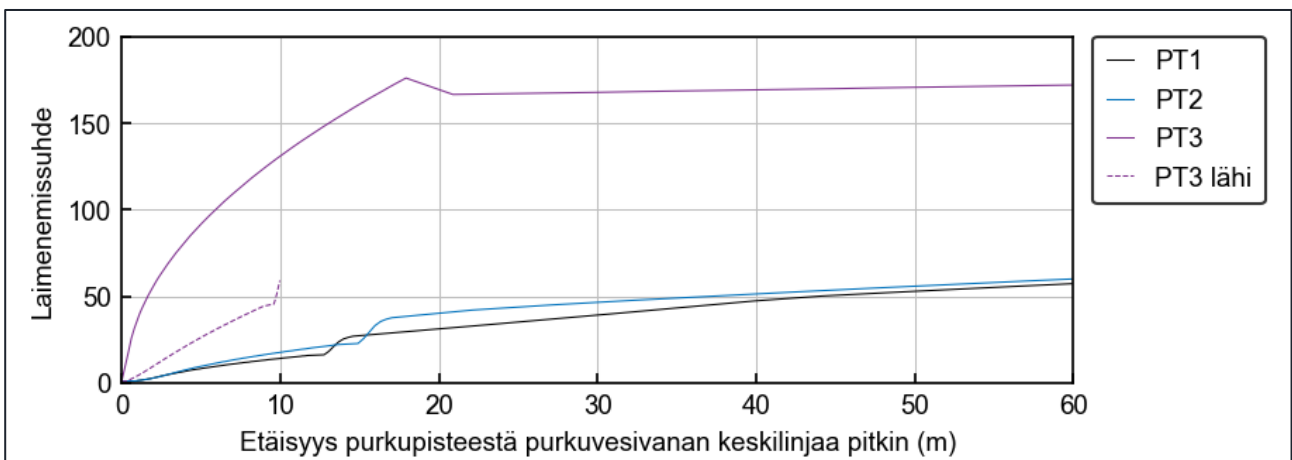
3.2.1 HERKKYYSTARKASTELU

Purkuveden virtaaman vaikutusta purkuveden laimenemiseen ja purkuvaihtoehto- jen välisiin eroihin selvitettiin tarkastelemalla tilanteita, joissa jokeen johdettavan purkuveden virtaama oli 25 % perustilannetta suurempi ($550 \text{ m}^3/\text{h}$; vaihtoehdossa PT2 virtaama $660 \text{ m}^3/\text{h}$) tai 50 % perustilannetta pienempi ($220 \text{ m}^3/\text{h}$; vaihtoehdossa PT2 virtaama $264 \text{ m}^3/\text{h}$). Lisäksi tarkasteltiin tilannetta, jossa Perhonjoen virtaama oli puolet perustilanteen virtaamasta eli $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

Suuremmalla purkuvesivirtaamalla diffuusion ja yksittäisten purkuputkien laimenemisen välinen ero oli varsin samankaltainen kuin perustilanteessa (**Kuva 14**). Pienemmällä purkuvesivirtaamalla taas diffuusion tehokkuus yksittäisiin purkuputkiin verrattuna oli selvästi suurempi (**Kuva 15**), mikä saattaa johtua siitä, laajalle alalle tapahtuvan purun vaikutus korostuu, kun purkuvesivirtaama on pieni. Diffuusion laimenemissuhteen nousu noin 18 m:n kohdalla ja pieneminen sen jälkeen johtuu mallinnustavan ominaisuudesta, joka yliarvioi lähialueen ulkoreunalla tapahtuvaa laimenemistä hetkellisesti mutta palauttaa sen massan säilymislain mukaisesti taas ennalleen.



Kuva 14. Purkuveden laimenemissuhde eri purkuvaihtoehdoissa, kun purkuveden virtaama on 550 m³/h (vaihtoehdossa PT2 virtaama 660 m³/h).



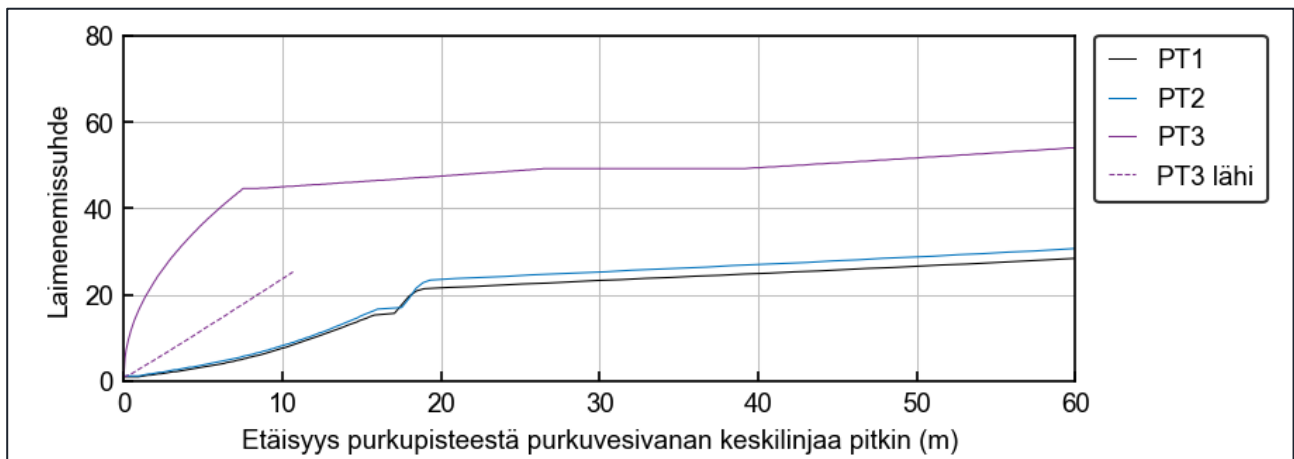
Kuva 15. Purkuveden laimenemissuhde eri purkuvaihtoehdoissa, kun purkuveden virtaama on 220 m³/h (vaihtoehdossa PT2 virtaama 264 m³/h).

Pienempi jokivirtaama 10 m³/s ei juuri vaikuttanut purkupaiksteen lähialueen käyttäytymiseen yksittäisen purkupaikteen vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 eikä diffusorin yksittäisen purkusuihkun välittömään laimenemiseen (**Kuva 16**). Diffusori tehosti laimenemistä tässäkin tapauksessa selvästi verrattuna yksittäiseen purkupaikteen. Lähialueen loppupäässä ja sen ulkopuolella pienempi jokivirtaama kuitenkin hidasti laimenemistä.

Kun jokivirtaama oli pienempi, jokivettä tiheämpi ja raskaampi purkuvesi ei sekoittunut pysyvästi syvyysuunnassa heti purkupaiksteen lähialueella. Vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 purkuvesi sekoittui lähialueella syvyysuunnassa pohjasta pintaan asti, mutta sen jälkeen vana painui tiheyseron vaikutuksesta hieman kohti pohjaa. Syvyysuuntainen sekoittuminen ulottui jälleen pintaan asti lopulta noin 200 metrin päässä purkupaiksteesta. Myös diffusorin tapauksessa vaihtoehdossa PT3 tapahtui vähäistä painumista, kunnes noin 50 metrin etäisyydellä purkupaiksteessä vana sekoittui syvyysuunnassa kokonaan. Mallinnustilanteessa vedenpinnan korkeus pidettiin kuitenkin ennallaan, vaikka joen virtaama pieneni. Todellisuudessa pienemmällä virtaamalla myös uoman

pinnankorkeus voi laskea selvästi, ja syvyysuuntainen sekoittuminen tapahtuu helpommin ja nopeammin.

Purkuvesivanan poikkisuuntainen leviäminen oli pienellä jokivirtaamalla kaikissa purkuvaihtoehdoissa nopeampaa kuin suuremman jokivirtaaman tapauksessa. Purkuvesivana levisi vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 uoman reunoihin asti jonkin verran alle 200 metrin päässä purkupisteestä, mikä hidasti hieman laimenemistä tämän jälkeen. Diffuusorin tapauksessa purkuvesivanan rantakontakti tapahtui jo noin 25 metrin päässä purkupisteestä. Diffuusori sijaitsi mallinnustilanteessa melko lähellä rantaa, niin että reunimmainen purkuaukko oli 5 metrin päässä uoman reunasta. Purkuvesivanan poikkisuuntainen leviäminen rajoittui vaihtoehdossa PT3 siis pienemmällä jokivirtaamalla jo varsin nopeasti.



Kuva 16. Purkuveden laimenemissuhde eri purkuvaihtoehdoissa, kun purkuveden virtaama on $440 \text{ m}^3/\text{h}$ (vaihtoehdossa PT2 virtaama $550 \text{ m}^3/\text{h}$) ja Perhonjoen virtaama $10 \text{ m}^3/\text{s}$.

4 Päätelmät

Tarkastelluissa purkuvesi- ja jokivirtaamatilanteissa diffuusorin avulla tapahtuva purku tehosti sekoittumista ja laimenemistä selvästi verrattuna yksittäisestä purkuputkesta tapahtuvaan purkuun. Purkuveden esilaimennus jokivedellä nopeutti hiukan laimenemistä suoraan purkuun verrattuna purkupisteen lähialueella, noin parinkymmenen metrin päässä purkupisteestä, mutta tätä kauempana vaikutus purkuvesivanan muotoon ja purkuveden laimenemiseen oli varsin pieni. Purkuveden virtaaman vaihtelu tai pienempi jokivirtaama ja siitä johtuneet heikommat sekoittumisolosuhteet eivät juuri vaikuttaneet purkutekniikoiden välisiin eroihin.

Yksittäisen purkuputken vaihtoehdoissa PT1 ja PT2 purku oli suunnattu hieman yläviistoon, mikä alustavan mallinnustarkastelun perusteella tehosti jokivettä raskaamman purkuveden alkusekoittumista siihen verrattuna, että purku tapahtuisi vaakasuuntaan. Jos uoma on purkupisteen kohdalla matala, selvästi kohti pintaa suuntautuva purku voi kuitenkin talviaikaan haitata joen jääkannen muodostumista ja kehittymistä. Mallinnustilanteissa uoman syvyys oli 2,5 m, ja purkuveden virtausnopeus oli pintakontaktin kohdalla varsin pieni verrattuna joen taustavirtauksen

nopeuteen. Myös diffuusorin vaihtoehdossa PT3 purku suuntautui hieman yläviistoon, mutta purkuvesivanan käyttäytymisen ero vaakatasoon suuntautuvan diffuusoripurkuun nähden oli herkkyytarkastelun perusteella kuitenkin erittäin vähäinen.

Perhonjoki on purkupisteen ympäristössä melko matala. Uoman mataluus ja joen pinnankorkeuden vaihtelu voivat vaikuttaa huomattavasti purkuvesivanan käyttäytymiseen erilaisilla purkuvirtaamilla. Myös joen pohjan muodot voivat vaikuttaa purkuveden sekoittumiseen. Etenkin pystysuuntaisen purkukulman vaikutus purkuveden käyttäytymiseen voi olla matalassa uomassa huomattava purkuvirtaaman vaihdellella. Kattavaa käsitystä purkuveden laimenemisestä eri oloissa on siis haastavaa muodostaa lähialuemallinnuksen avulla.

Mallinnustyö on tehty suuntaa antavilla tiedoilla ja arvioilla purkuvesimääristä ja purkutekniikoista. Purkupisteen ja purkutekniikan yksityiskohtaiseen toteutukseen ja näin ollen myös purkuveden lähialueen käyttäytymiseen vaikuttaa jokiuoman todellinen geometria. Myös tekniset seikat voivat asettaa reunaehdoja tai rajoitteita purkuputken tai diffuusorin mitoille, sijoituspaikalle tai rakenteelle. Kaivoksen vedenkäsittelyn maksimikapasiteetti saattaa lisäksi rajoittaa purkuveden enimmäisvirtaamaa. Kuormitusvaihtoehtojen ja -tilanteiden mallintaminen siinä vaiheessa, kun hankkeen ja purkutekniikan suunnittelu on edennyt pidemmälle ja myös joen pohjan muodoista on tarkempaa tietoa, parantaa purkuvesien kuormitusvaikutusten arviointia. Lähialuemallinnuksen avulla voidaan edelleen selvittää sellaista purkupisteen geometriaa, jolla purkuveden sekoittuminen ja alkulaimeneminen on mahdollisimman optimaalista ja purkuveden pintavesivaikutuksia voidaan näin lieventää.

4.1 EPÄVARMUUSTEKIJÄT

Virtausmallinnuksessa joudutaan tekemään oletuksia ja yksinkertaistuksia virtauksen käyttäytymiseen vaikuttavista tekijöistä ja prosesseista. CORMIX-lähialuemallinnuksessa erityisesti vastaanottava uoma kuvataan hyvin yksinkertaisella tavalla, ja yksittäinen malli kuvaa yksittäistä virtaamatilannetta. CORMIX-ohjelmalla ennustetun purkuveden laimenemisen ja ainepitoisuusnousun epätarkkuuden on havaittu olevan useimmissa tapauksissa korkeintaan 50 % (Doneker & Jirka, 2021).

Mallinnuksessa käytettyjen reunaehtojen, kuten virtaamien sekä purkupisteen geometrian, valinta vaikuttaa mallinnustuloksiin. Työssä on tarkasteltu yksittäistä melko todennäköistä virtaamatilannetta sekä tarkasteltu mallin herkkyyttä erilaisilla purku- ja jokivirtaamilla. Joissakin tapauksissa pienikin muutos reunaehtoihin, kuten purkuveden virtaamaan, purkukulmaan tai vastaanottavan uoman syvyyteen voi vaikuttaa selvästi mallin antamiin tuloksiin ja jopa niiden realistisuuteen. Mallinnustulosten perusteella yksittäisen purkuputken (PT1 ja PT2) ja diffuusorin (PT3) synnyttämän laimenemisen väliset erot olivat kuitenkin niin selviä, että diffuusorin käyttäminen tuottaa todennäköisesti yksittäistä purkuputkea paremman laimenemisen monissa eri virtaamaolosuhteissa ja erilaisilla purkupisteen geometrioilla.

Jokiveden virtausnopeus arvoitiin sen leveyden ja virtaaman perusteella, eikä joen tarkka syvyysprofiili purkupisteen kohdalla ollut tiedossa. Jokiuoman leveydellä tai virtausnopeudella on yleensä melko vähäinen vaikutus aivan purkupisteen lähialueella tapahtuvan sekoittumisen

tehokkuuteen. Joen virtausnopeus vaikuttaa laimenemiseen vasta kauempana purkupisteestä. Joen virtausten synnyttämä pyörteisyys vaikuttaa siihen, kuinka nopeasti purkuveden syvyysuuntainen sekoittuminen tapahtuu mahdollisen kerrostumisalueen jälkeen, ja siihen, kuinka paljon purkuvesi on laimentunut siinä vaiheessa, kun purkuvesi on sekoittunut leveys- ja syvyysuunnassa joen koko vesitilavuuteen. Työn tarkastelu keskittyi lähialueella tapahtuvaan sekoittumiseen, joka tapahtuu muutaman kymmenen metrin etäisyydellä purkupisteestä, joten uoman leveyden ja virtausnopeuden epävarmuuden vaikutus mallinnustuloksiin ja purkutekniikoiden välille syntyviin eroihin oli pieni.

Jos vastaanottavan jokiuoman syvyys on vain muutama metri, syvyys ja sen vuodenaikaisvaihtelu saattaa vaikuttaa purkuveden sekoittumisoloihin myös purkupisteen lähialueella. Purkuvesivana etenee lähialueella melko kapeana suihkuna. Matalassa uoman osassa jokiveden virtausnopeus kasvaa verrattuna syvempään uomaan, mikä voi hieman parantaa purkuveden sekoittumista. Jos uoma on matala tai purkupiste ei sijaitse poikittaissuunnassa uoman syvimmissä kohdassa, purkuvesivana ehtii kuitenkin lähialueella sekoittua syvyysuunnassa vain pieneen vesitilavuuteen ennen kuin se saavuttaa vedenpinnan, mikä hidastaa vanan laimenemistä. Myös uoman syvyyden poikkisuuntainen vaihtelu purkupisteen lähellä saattaa joissakin virtausoloissa vaikuttaa purkuvesivanan käyttäytymiseen varsinkin silloin, kun purkuvesi on jokivettä raskaampaa ja pyrkii painumaan kohti pohjaa.

Mallinnuksessa käytetty purkuveden virtaama arvioitiin Rapasaaren kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa esitettyjen arvojen perusteella, niin että kaivosalueiden laajennuksen takia muodostuva purkuveden määrän kasvu arvioitiin laajennusalueiden pinta-alojen perusteella. Kaivoksella syntyvien valumavesien määrä vaihtelee vuosittain huomattavasti sääolojen mukaan. Myös muihin kaivoksen vesitaseen tekijöihin liittyy epävarmuutta ja vaihtelua, mikä hankaloittaa Perhonjokeen johdettavan vesimäärän arviointia. Kaivostoiminnan laajennushankkeessa ei suunnitella muutoksia louhintaan, mutta esimerkiksi nykyisten lupapäätösten mukaisen Rapasaaren kaivostoiminnan pohjavesipurkauman ja avolouhoksen kuivanapitoveden määrän arviointiin sisältyy huomattavaa epävarmuutta. Kuivanapitovesi voi muodostaa vesi- ja kuormataseraportin arvioiden mukaan jopa lähes puolet muodostuvasta vuosittaisesta kaivosalueen ylijäämävedestä, joten se on merkittävä osa kaivosalueen vesitasetta myös muiden alueiden laajennusten jälkeen. Purkuveden käyttäytymistä ja laimenemistä tarkasteltiin työssä kuitenkin usealla eri virtaamalla, mikä jonkin verran vähentää tulosten tulkintaan liittyvää epävarmuutta.

Mallinnuksessa käytetty purkuveden tiheys pohjautuu kaivoksen vesi- ja kuormataseraportissa esitetyn purkuveden suolakoostumuksen perusteella tehtyyn arvioon. Arviossa huomioitiin seitsemän runsainta ionia, jotka muodostivat noin 96 % kaikkien raportissa esitettyjen suolojen kokonaispitoisuudesta, joten saatu tulos aliarvioi hieman kokonaissuolaisuutta. Lisäksi oletettiin, että kaivosalueen laajeneminen ei muuta purkuveden suolakoostumusta. Eri kaivostoimintojen alueilla muodostuvien suotovesien ja valumavesien laatu kuitenkin vaihtelee, mikä vaikuttanee jonkin verran myös purkuveden suolakoostumukseen. Mallinnusten perusteella purkuveden ja jokiveden tiheysero hidastaa Perhonjoessa tapahtuvaa syvyysuuntaista sekoittumista lähinnä vain silloin, kun jokivirtaama on pieni. Pienen jokivirtaaman oloissa kuitenkin myös joen vesikerroksen paksuus on todennäköisesti pienempi ja myös purkuveden virtaama keskimääräistä pienempi, mikä vähentää syntyvää vaikutusta. Lisäksi mallinnuksessa ei mallin vaatimien yksinkertaistuksien takia otettu huomioon sitä, että työssä tarkasteltu purkupiste sijaitsee Kaustisen kunnan jätevedenpuhdistamon

purkuputken välittömässä läheisyydessä. Jätevedenpuhdistamon purkuvedet voivat vaikuttaa Perhonjoen veden suolapitoisuuteen ja tiheyteen purkupisteen lähistöllä. Purkuveden laadun ja tiheyden epävarmuus ei siis vaikuta merkittävästi mallinnustulosten epävarmuuteen verrattuna mallinnuksen muihin epävarmuustekijöihin.

Lähteet

AFRY Finland Oy (AFRY). (2025). Rapasaaren kaivoksen ja Päivänevan rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupahakemus. Kaivoksen vesi- ja kuormatase. 18.12.2025.

Boehrer, B., Herzsprung, P., Schultze M. & Millero F. J. (2010). Calculating density of water in geochemical lake stratification models. *Limnology and Oceanography: Methods*, 8, 567–574. [www.doi.org/10.4319/lom.2010.8.0567](https://doi.org/10.4319/lom.2010.8.0567)

Doneker, R. L. & Jirka, G. H. (2021). *CORMIX user manual. A hydrodynamic mixing zone model and decision support system for pollutant discharges into surface waters*. U.S. Environmental Protection Agency.

Helmholz-Centre for Environmental Research (UFZ). (2016). *RHOMV*. Viitattu 3.3.2026. <https://www.ufz.de/index.php?en=39156>

Jirka, G. H., Doneker, R. L. & Barnwell, T. O. (1991). CORMIX: an expert system for mixing zone analysis. *Water Science and Technology* 24(6), 267–274. [www.doi.org/10.2166/wst.1991.0165](https://doi.org/10.2166/wst.1991.0165)

Suomen ympäristökeskus (SYKE). (2026). *Avoimet ympäristötietojärjestelmät. Herttätietojärjestelmä*. Viitattu 3.3.2026. <https://www.syke.fi/fi/ymparistotieto/kartta-ja-tietopalvelut/avoimet-ymparistotietojarjestelmat>



ENVINEER

envineer.fi