

Vesistövaikutusarvio

Päivämäärä 18.3.2024
Laatija Anne-Marie Hagman (Ramboll)
Tarkastaja Jaana Sunell (Ramboll)
Hyväksyjä Elina Uusitalo (Metso)

Sisältö

1.	Johdanto	1
2.	Veden laatu	2
3.	Ekologinen tila ja kemiallinen tila	6
3.1	Ekologinen tila	6
3.2	Kemiallinen tila	7
4.	Vaikutusten arviointi	8
4.1	Virtaamien arviointi	8
4.2	Määritettyjen muuttujien reduktiot	8
4.3	Rakentamisen aikaiset vaikutukset	9
4.3.1	Vaikutukset vedenlaatuun	9
4.3.2	Vaikutukset eliöstöön	10
4.3.3	Vaikutukset ekologiseen luokitukseen	10
4.3.4	Vaikutukset kemialliseen tilaan	11
4.4	Toiminnan aikaiset vaikutukset	11
4.4.1	Vaikutukset vedenlaatuun	11
4.4.2	Vaikutukset eliöstöön	13
4.4.3	Vaikutukset ekologiseen luokitukseen	13
4.4.4	Vaikutukset kemialliseen tilaan	14
5.	Hulevesien sähkönjohtavuus	14
6.	Tarkkailu	15
	Lähteet	15

1. Johdanto

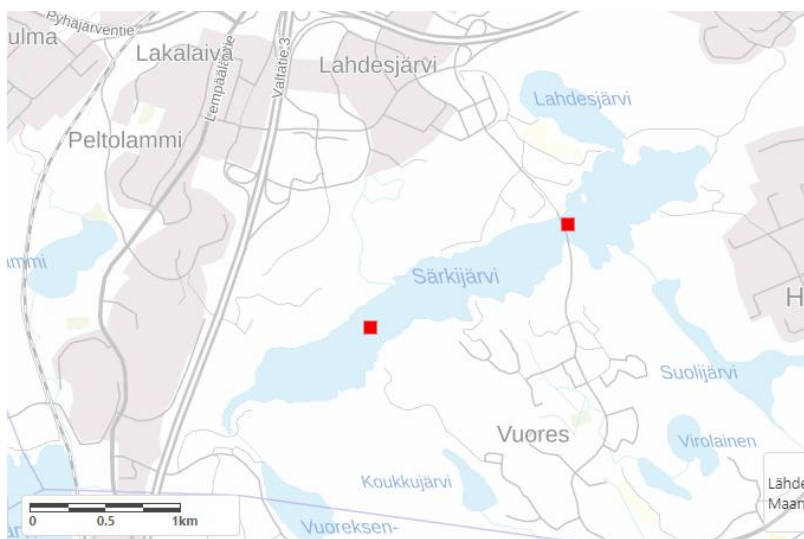
Tämä vesistövaikutusarvio on Pirkanmaan ELY-keskuksen 31.1.2024 päivätyn lausunnon (PIRELY/13316/2023) mukainen lisäselvitys liittyen Metso Oyj:n Lokomotion-teknologiakeskushankkeen hulevesien johtamisen vaikutuksiin Tampereen kaupungin asemakaava-alueella 8805 sijaitsevalla kiinteistöllä 837-330-6148-5 (Leppästensuonkatu /Akulatinkatu 13).

ELY-keskus on antamassaan lausunnossa arvioinut, että lausuntopyynnössä hulevesien käsittelystä ja johtamisesta esitettyjen tietojen perusteella ei voida varmasti poissulkea mahdollisuutta siitä, ettei hanke vaikuttaisi huonontavasti Särkijärven ekologiseen tilaan. Lausunnon mukaan hankkeen jatko-suunnittelussa tulisi arvioida tarkemmin Särkijärveen johdettavien hulevesien vaikutus järven ekologiseen ja kemialliseen tilaan sekä asianmukaisella vesistötarkkailulla varmistua siitä, ettei järven ekologista tilaa huononnetta.

Tässä vesistövaikutusarvioinnissa esitetään lausunnossa esitetyin tavoin hankkeen rakentamisen ja toiminnan aikaisten hulevesien johtamisen vaikutukset Särkijärven ekologiseen ja kemialliseen tilaan sekä lähtökohdat toiminnan vaikutusten tarkkailuun.

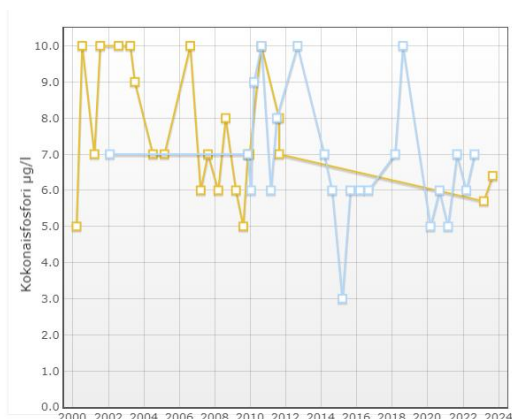
2. Veden laatu

Särkijärven vedenlaatua tarkasteltiin kahdella havaintopaikalla, Särkijärven syvänteessä ja havaintopaikassa Särkijärvi 1. Syvänte sijaitsee järven läntisellä puolella (Kuva 2-1). Särkijärven syvänteestä on otettu vesinäytteitä ajalla 22.3.1983-22.8.2022 yhteensä 35 kpl. Havaintopaikasta Särkijärvi 1 on otettu vesinäytteitä ajalla 5.10.1962-29.8.2022 yhteensä 37 kpl. Särkijärvi on pinta-alaltaan n. 145 ha ja sen suurin syvyys on 21,73 m. Keskisyvyys on 6,53 m.

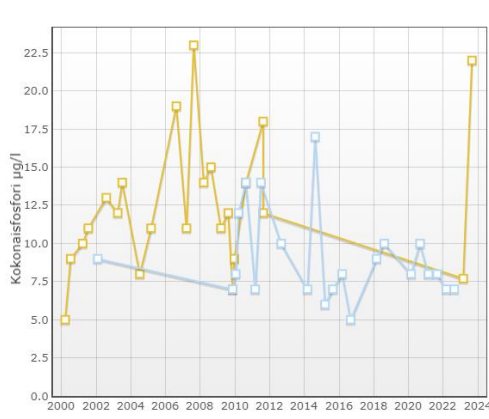


Kuva 2-1. Särkijärven näytteenottopisteiden sijainti Särkijärven.

Särkijärven pinnan läheinen kokonaisfosforipitoisuus on vaihdellut kahdessa havaintopaikassa välillä 3–10 µg/l, keskimäärin pitoisuus on ollut 6,8–7,6 µg/l (Kuvat 2-2). Pohjan läheisessä vedessä kokonaisfosforipitoisuus on ollut välillä 5–23 µg/l, ollen keskimäärin 8,8–12,3 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuus kuvastaa karua, vähäravinteista vesistöä.



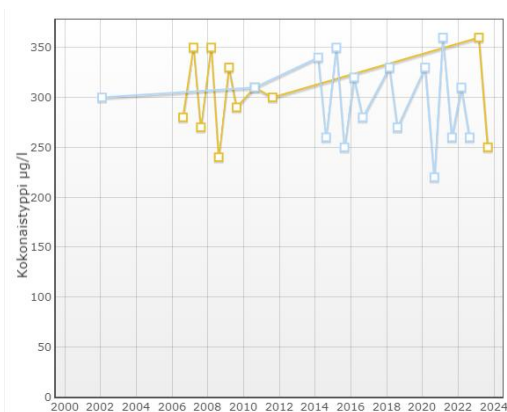
Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
 Kausi: - ; -
 ■ Särkijärvi 1 - Kokonaisfosfori (PTOT) - 1,0 m
 ■ Särkijärvi syväne - Kokonaisfosfori (PTOT) - 1,0 m



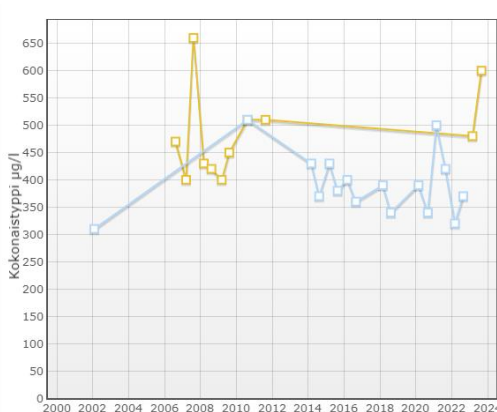
Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
 Kausi: - ; -
 ■ Särkijärvi 1 - Kokonaisfosfori (PTOT) - Pohja
 ■ Särkijärvi syväne - Kokonaisfosfori (PTOT) - Pohja

Kuvat 2-2. Särkijärven kokonaisfosforipitoisuus pinnan ja pohjan lähellä havaintopaikoissa Särkijärvi 1 ja Särkijärvi syväne.

Särkijärven kokonaistyyppipitoisuus on vaihdellut pinnan lähellä välillä 220–360 µg/l, keskimäärin pitoisuus on ollut 297–303 µg/l (Kuvat 2-3). Pohjan lähellä pitoisuus on vaihdellut välillä olleet 310–660 µg/l, ollen keskimäärin 383–485 µg/l. Pitoisuudet kertovat vähäravinteisuudesta.



Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
 Kausi: - ; -
 ■ Särkijärvi 1 - Kokonaistyyppi (NTOT) - 1,0 m
 ■ Särkijärvi syväne - Kokonaistyyppi (NTOT) - 1,0 m

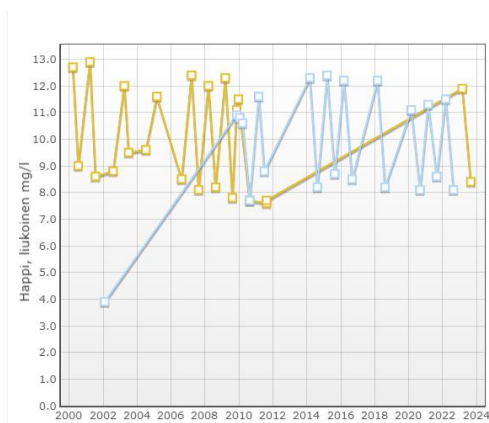


Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
 Kausi: - ; -
 ■ Särkijärvi 1 - Kokonaistyyppi (NTOT) - Pohja
 ■ Särkijärvi syväne - Kokonaistyyppi (NTOT) - Pohja

Kuvat 2-3. Särkijärven kokonaistyyppipitoisuus pinnan ja pohjan lähellä havaintopaikoissa Särkijärvi 1 ja Särkijärvi syväne.

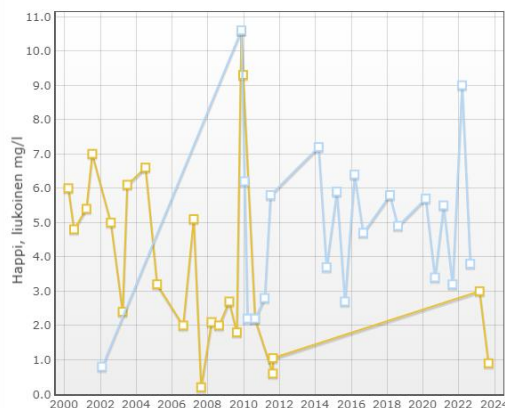
Vesistöjen ravinnerajoitteisuutta voidaan arvioida kokonaisravinnesuhteen ja mineraaliravinnesuhteen avulla. Mikäli kokonaisravinnesuhde on yli 17, fosforin on arvioitu rajoittavan leväkasvua ja mikäli se on alle 10, typpi on potentiaalinen minimiravinne. Suhteen ollessa 10–17 molemmat ravinteet voivat säädellä levien kasvua (Pietiläinen ja Räike 1999). Särkijärvestä voitiin määrittää ainoastaan kokonaisravinnesuhde, koska liukoisia ravinteita (nitraatti, nitriitti, fosfaatti) ei määritetty. Särkijärven kokonaisravinnesuhteeksi saatiin pinnan lähellä 40–44 ja pohjan lähellä 39–44. Kaikki arvot kuvaavat fosforirajoitteisuutta.

Särkijärven veden happipitoisuus on vaihdellut välillä 3,9–12,9 mg/l, ollen keskimäärin 9,8–10 mg/l (Kuvat 2-4). Pohjan lähellä happipitoisuus on vaihdellut välillä 0,2–10,6 mg/l. Keskimäärin happipitoisuus on ollut pohjan lähellä 4–5 mg/l.



Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
Kausi: - ; -

■ Särkijärvi 1 - Happi, liukoinen (O2D) - 1,0 m
■ Särkijärvi syvänte - Happi, liukoinen (O2D) - 1,0 m
■ Särkijärvi 1 - Happi, liukoinen (O2D) - 1,0 m
■ Särkijärvi syvänte - Happi, liukoinen (O2D) - 1,0 m



Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023
Kausi: - ; -

■ Särkijärvi 1 - Happi, liukoinen (O2D) - Pohja
■ Särkijärvi syvänte - Happi, liukoinen (O2D) - Pohja

Kuvat 2-4. Särkijärven happipitoisuus pinnan ja pohjan lähellä havaintopaikoissa Särkijärvi 1 ja Särkijärvi syvänte.

Hapen kyllästysaste on ollut keskimäärin päällysvedessä 83–90 % (vaihteluväli 27–101 %) ja pohjan lähellä 32–39 % (vaihteluväli 1–80 %). Pinnan lähellä happitilanne on ollut pääosin hyvä. Pohjan läheisessä vedessä on ollut ajoittain selvää hapen puutetta. Tilanteita, joissa happipitoisuus on ollut alle 2 mg/l on havaittu seitsemän kertaa. Tällaisessa tilanteessa pohjan sedimentistä voi alkaa vapautua ravinteita.

Kiintoaineen määrä kuvaa vedessä olevaa hiukasmaista ainesta. Oravaisen (1999) mukaan puhtaan kirkkaan veden kiintoainepitoisuus on alle 1,0 mg/l. Avovesiaikana kiintoainesta on levien lisääntymisen takia runsaammin (1–3 mg/l). Myös syvänteiden pohjalla kiintoainepitoisuus on suurempi kuin pintavedessä. Kiintoainepitoisuutta lisäävät jätevesikuormitus, runsas biomassa näytteessä (levät) tai eroosion kuljettama aines (savisamennus). Samoin turvetuotannosta aiheutuu kiintoainekuormitusta. Särkijärven kiintoainepitoisuus on vaihdellut pinnan lähellä välillä 0,25–1,2 mg/l. Keskimäärin pitoisuus on ollut 0,6–0,7 mg/l. Pohjan lähellä kiintoainepitoisuus on vaihdellut välillä 0,25–2,5 mg/l, ollen keskimäärin 1,0–1,5 mg/l.

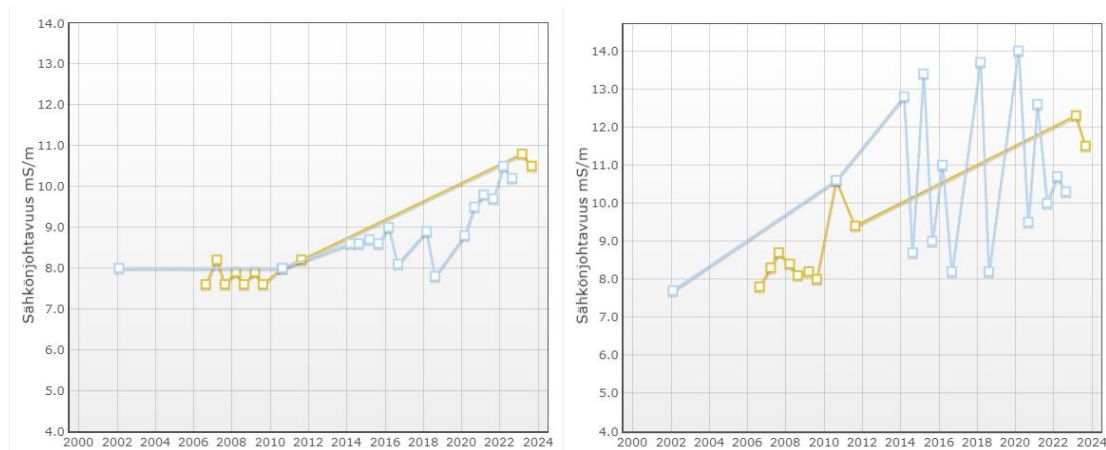
Veden väriarvo kuvaa veden ruskeutta. Mitä enemmän vesistön valuma-alueella on suota, sitä ruskeampaa on vesi. Värittömien vesien väriarvot ovat 5–15 mgPt/l. Lievää humusleimaa osoittaa lukema 20–40 mgPt/l. Humuspitoisia ovat vedet, joiden väri on 50–100 mgPt/l. Erittäin ruskeilla vesissä väri voi olla 100–200 mgPt/l. Tällainen väri näkyy jo paljaalla silmällä selvänä veden ruskeutena (suovedet). (Oravainen 1999). Vesimuodostumien tyypittelyssä raja-arvot ovat 30 mgPt/l ja 90 mgPt/l. Alle 30 mgPt/l kuvaa vähähumuksista, yli 30 mgPt/l on humuksinen vesistö, ja yli 90 mgPt/l kuvaa runsashumuksista vesistöä. Väriluku on vaihdellut pinnan lähellä välillä 9–25 mgPt/l. Keskimäärin väriluku on ollut 15–16 mgPt/l. Pohjan lähellä väriluku on ollut yhden mittauksen perusteella havaintopaikassa Särkijärvi syvänte 25 mgPt/l. Särkijärvi on selvästi vähähumuksinen järvi.

Kemiallinen hapenkulutus mittaa vedessä olevien kemiallisesti hapettavien orgaanisten aineiden määrää. COD_{Mn}-määrittäksessä hapettuvat osittain myös humusyhdisteet, joten se kuvaa samalla vesien humusleimaisuutta. Humusvesissä COD_{Mn}-arvo on 10–20 mg O₂/l. Värittömien vesien COD_{Mn}-arvo on 4–10 mg O₂/l. Jätevedet, jotka sisältävät orgaanisia aineita, lisäävät COD_{Mn}-arvoa. COD_{Mn}-arvot vaihtelevat valumaolojen mukaan. Järven perustason määrää valuma-alueen suopinta-ala. (Oravainen 1999).

Särkijärven kemiallinen hapenkulutus on vaihdellut pinnan lähellä välillä 3,0–6,3 mg/l ja pohjan lähellä 3,1–6,6 mg/l. Keskimäärin kemiallinen hapenkulutus on ollut pinnan lähellä 4,1–4,5 mg/l ja pohjan lähellä 4,0–4,7 mg/l. Arvot kertovat kirkkaasta vedestä, johon ei kohdistu humusvaikutusta.

Sähkönjohtavuus mittaa vedessä olevien liuenneiden suolojen määrää. Korkea arvo kuvaa suurta suolapitoisuutta. Makeissa vesissä sähkönjohtavuutta lisäävät lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja) (Oravainen 1999). Suolojen määrää lisäävät jätevedet (jäteveden sähkönjohtavuus 50–100 mS/m) ja peltolannoitus.

Särkijärven veden sähkönjohtavuus on ollut pinnan lähellä keskimäärin 8,4–8,9 mS/m (vaihteluväli 7,6–10,8 mS/m). Pohjan lähellä sähkönjohtavuus on ollut keskimäärin 9,2–10,7 mS/m (vaihteluväli 7,7–14 mS/m) (Kuva 2-5). Vaikka pohjan lähellä on havaittu happipitoisuuden heikentymistä, ei ravinteiden selvää vapautumista ole havaittu. Myöskään pohjan läheisen sähkönjohtavuuden perusteella ei ole havaittavissa ravinteiden vapautumista sedimentistä. Särkijärven sähkönjohtavuus on sisävesille tyypillisellä tasolla.



Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023

Kausi: - ; -

■ Särkijärvi 1 - Sähkönjohtavuus (COND) - 1,0 m
■ Särkijärvi syväne - Sähkönjohtavuus (COND) - 1,0 m

Ajanjakso: 1.1.2000 - 31.12.2023

Kausi: - ; -

■ Särkijärvi 1 - Sähkönjohtavuus (COND) - Pohja
■ Särkijärvi syväne - Sähkönjohtavuus (COND) - Pohja

Kuva 2-5. Särkijärven sähkönjohtavuus pinnan ja pohjan lähellä havaintopaikoissa Särkijärvi 1 ja Särkijärvi syväne.

Veden normaali pH on lähellä neutraalia (pH = 7,0). Suomen vesistöissä pH on yleensä lievästi happamalla puolella vesien luontaisesta humuskuormituksesta johtuen (pH yleensä 6,5–6,8). (Oravainen 1999). Särkijärven veden pH-arvo on vaihdellut pinnan lähellä välillä 6,6–7,5, ollen keskimäärin 7,1. Pohjan lähellä veden pH-arvo on vaihdellut välillä 6,2–7,4, ollen keskimäärin 6,6.

Alkaliniteetti mittaa veden kykyä vastustaa pH:n muutosta siihen happoa lisättäessä. Särkijärven veden alkaliniteetti on vaihdellut pinnan lähellä välillä 0,16–0,23 ollen keskimäärin 0,18–0,19. Pohjan lähellä alkaliniteetista on yksi mittaustulos, jolloin se oli 0,17. Alla olevan taulukon mukaisesti Särkijärven puskurikyky on tyydyttävä, kun verrataan alkaliniteetin keskiarvoja saatuihin arvoihin (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1. Luonnonvesien puskurointikyvyn luokitus (Oravainen 1999).

Alkaliniteetti (mmol/l) luonnonvesissä	Puskurikyky
> 0,2	hyvä
0,1–0,2	tydyttävä
0,05–0,1	välttävä
0,01–0,05	huono
0–0,01	loppunut

Oravaisen (1999) mukaan alhaisimmat rautapitoisuudet esiintyvät kirkkaissa karuissa vesissä, joissa päällysveden rautapitoisuus on luokkaa 50–200 µg/l. Humusvesissä taso on selvästi korkeampi, koska rauta sitoutuu humusyhdisteisiin. Normaali taso on 400–600 µg/l. Erittäin ruskeissa vesissä rautaa voi olla jopa 1000 µg/l (suovedet). Myös eroosio lisää rautapitoisuuksia, sillä huuhtoutuva maa-aineksessa oleva rauta tulee esille analyysissä. Rautapitoisuudet ovat erittäin sameissa jokivesissä 3000–6000 µg/l.

Rautapitoisuus on vaihdellut Särkijärvessä pinnan lähellä välillä 5–74 µg/l. Keskimäärin pitoisuus on ollut 36 µg/l. Pohjan lähellä pitoisuus on vaihdellut välillä 61–2 000 µg/l, ollen keskimäärin 74–423 µg/l. Särkijärven rautapitoisuus kertoo pääosin kirkkaasta karusta vesistöstä. Pohjan lähellä rautapitoisuus on ollut Särkijärvi 1 -havaintopaikassa kerran hyvin korkea (2 000 µg/l), samaan aikaan happikadon kanssa.

3. Ekologinen tila ja kemiallinen tila

Särkijärvi (35.242.1.015_001) kuuluu Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet (Vh) -tyyppiin ja on luokiteltu vesienhoidon kolmannen kauden suunnittelussa ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi.

3.1 Ekologinen tila

Särkijärven (vesimuodostuma 35.242.1.015_001) ekologinen luokitus on ollut ensimmäisellä kaudella hyvä ja noussut toisella ja kolmannella kaudella erinomaiseksi (Taulukko 3-1). Tilatavoite on saavutettu. Riskipaineina on mainittu ilmaperäinen laskeuma (hajakuormitus). Biologinen luokitus on ollut myös erinomainen kaikkina kausina. Biologisista tekijöistä on arvioitu ainoastaan kasviplankton (lähinnä klorofyllipitoisuus) kaikkina kausina sekä kalat kolmannella kaudella. Molemmat osatekijät ovat olleet erinomaisia. Fysikaalis-kemiallinen luokitus on ollut ensimmäisellä kaudella hyvä ja noussut toisella ja kolmannella kaudella erinomaiseen luokkaan. Kokonaisfosforipitoisuus on ollut ensimmäisellä kaudella hyvä ja noussut erinomaiselle tasolle toisella ja kolmannella kaudella. Kokonaistyyppipitoisuus on ollut erinomainen kaikkina kausina. Hydrologis-morfologinen (rakenteellinen) muuntuneisuus on arvioitu tarkemmin vasta vesienhoidon 3. luokittelukaudella. Särkijärven tila on sen osalta hyvä.

Taulukko 3-1. Särkijärven ekologinen luokitus osatekijöittäin arvioituna 1.–3. vesienhoitokaudella.

Särkijärven ekologinen luokitus			
	1. luokittelukausi	2. luokittelukausi	3. luokittelukausi
Ekologinen tila		Erinomainen	Erinomainen
Kemiallinen tila	Hyvä	Hyvää huonompi	Hyvää huonompi
KeVoMu nimeäminen	Ei voimakkaasti muutettu	Ei voimakkaasti muutettu	Ei voimakkaasti muutettu
<u>Biologinen muuttuja</u>	<u>Erinomainen</u>	<u>Erinomainen</u>	<u>Erinomainen</u>
Muu vesikasvillisuus – päällyslevät eli perifyton	-	-	-
Kasviplankton	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Muu vesikasvillisuus – vesikasvit eli makrofytyt	-	-	-
Pohjaeläimet	-	-	-
Kalat	-	-	Erinomainen
<u>Fysikaaliskemiallinen muuttuja</u>	<u>Hyvä</u>	<u>Erinomainen</u>	<u>Erinomainen</u>
Kokonaisfosfori	Hyvä (10 µg/l)	Erinomainen (8 µg/l)	Erinomainen (7,75 µg/l)
Kokonaistyyppi	Erinomainen (280 µg/l)	Erinomainen (295 µg/l)	Erinomainen (263,33 µg/l)
<u>Hydrologismorfologinen muuttuja</u>	=	=	Hyvä
Esteettömyys	-	-	Tyydyttävä
Hydrologia	-	-	Erinomainen
Morfologia	-	-	Erinomainen

3.2 Kemiallinen tila

Kolmannella kaudella kemiallinen tila on laskenut kaikissa Suomen vesimuodostumissa hyvää huonommaksi palonestoaineena käytettyjen polybromattujen difenyylietterien (PBDE) tiukentuneen ympäristölaatonormin vuoksi. Tarkastellulla alueella ei ole tunnettuja PBDE-päästölähteitä tai muuta kemiallista tilaa heikentävää toimintaa.

Särkijärven prioriteettiaineiden esiintymistä on arvioitu kaikilla kolmella vesienhoitokaudella. Ensimmäisellä kaudella kaikkien aineiden katsottiin alittuvan asiantuntija-arviona. Ainoastaan tributyyliinayhdisteistä ei ollut tietoa ja niiden pitoisuus saattaa ylittyä. Toisella kaudella elohopean todettiin voivan ylittyä, mutta varsinaisia mittaustuloksia ei ollut käytettävissä. Suurimman osan aineista arvioitiin alittavan raja-arvot. Kadmiumista, nikkelistä, diuronista ja tributyyliinayhdisteistä ei ollut tietoa, mutta niiden pitoisuudet saattavat ylittyä.

Kolmannella kaudella Särkijärven kemiallisen tilan luokituksen prioriteettiainelistauksessa on arvioitu polybromattujen difenyylietterien ylittyvän selvästi kuten on arvioitu tapahtuneen kaikissa Suomen vesimuodostumissa. Suurin osa prioriteettiainepitoisuuksista alittaa ympäristölaatonormit asiantuntija-arviona. Myös toisella kaudella esille nostetun kadmiumin, nikkelin, diuronin ja tributyyliinayhdisteinen pitoisuuksien arvioidaan alittuvan asiantuntija-arviona. Elohopean arvioidaan ylittyvän kaukokulkeumariskin ja luonnonolosuhteiden perusteella myös kolmannella kaudella.

Särkijärven osalta ei ole tietoja ympäristöhallinnon KERTY-rekisterissä eli kaloista ei ole määritetty elohopeaa.

4. Vaikutusten arviointi

Kuormituksen aiheuttamat pitoisuuslisäykset laskettiin Särkijärveen virtaamapainotteisesti.

4.1 Virtaamien arviointi

Virtaama-arvioissa on huomioitu ennustettu ilmastonmuutoksen sademääriä kasvattava vaikutus kuluvan vuosisadan aikana. Suomen Ilmastopaneelin raportissa 2/2021 "Ilmastonmuutokseen sopeutumisen ohjaukskeinot, kustannukset ja alueelliset ulottuvuudet" vuotuisten sademäärien on ennustettu kasvavan 5–7 % nykyisestä vuosisadan loppuun mennessä (RCP2.6 ja RCP4.5 -skenaariot).

Keskimääräinen vuotuinen sademäärä Tampereen alueella on ollut 602 mm vertailujaksolla 1991–2020 (*Ilmatieteenlaitos 2024*). Tämän perusteella arvioitu ilmastonmuutoksen vaikutukset huomioiva sademäärä olisi 632–644 mm. Koska vuotuisissa sademäärissä voi esiintyä huomattavan paljon alueittaista ja vuotuista vaihtelua, on vaikutusten arvioinnissa käytetty varovaisuusperiaatteen mukaisesti suurempaa 700 mm vuotuisia sademäärää.

Laskelmissa käytetyt keskivirtaamat on arvioitu erikseen Särkijärven valuma-alueelle ja hankealueelle. Särkijärven valuma-alueen keskivirtaama on määritetty asiantuntija-arviona perustuen vertailuvesistöistä (Paunulanpuro, Siukolanpuro, Katajaluoma) vuosina 1971–2024 mitattuihin valumiin sekä Tampereen alueen puroista (Myllypuro, Vihioja, Härmälänoja) vuosina 2019–2024 mitattuihin virtaamiin. Arvioitu keskivirtaama (MHQ) Särkijärven valuma-alueelle (7,9 km²) on 66 l/s (8,4 l/s/km²), jossa on huomioitu ilmastonmuutoksen vaikutus sateisiin ja valuntaan.

Hankealueen osalta Särkijärven valuma-alueelle kohdistuvat keskivirtaamat on arvioitu StormTac Web -ohjelmistolla. StormTac Web -ohjelmisto on konseptuaalinen valuma-alueilla kuormitusta ja vaikutuksia purkuvesistöissä simuloiva Ruotsissa kehitetty malli. Ohjelmistossa käytetyt laskentamallit ovat tieteellisesti vertaisarvioituja (mm. ICUD ja Nordiwa) ja ajantasaisen tiedon perusteella päivittyviä. Ruotsissa ohjelmisto on erittäin laajasti käytössä osana ympäristövaikutusten arviointia kunnallisissa ja lääninhallinnon (Länsstyrelsen) alaisissa hankkeissa.

StormTac Web -ohjelmistolla hankealueelta Särkijärveen kohdistuvaksi keskivirtaamaksi on arvioitu 2,64 l/s. Arviossa hankealueella valuntaa muodostavaksi pinta-alaksi on arvioitu 18,2 ha ja keskimääräiseksi volumetriseksi valuntakertoimeksi 61 %. Volumetrinen valumakerroin edustaa sitä osaa sadannasta, joka vuosisatasolla muodostaa valuntaa, kun siitä vähennetään haihdunnan ja imeytymisen osuus.

4.2 Määritettyjen muuttujien reduktiot

Hankealueen hulevesien hallintarakenteiden reduktiot on arvioitu StormTac Web-ohjelmistolla. Arvio reduktioista perustuu hallintarakenteelle kohdistuvaan keskivirtaamaan, haitta-ainepitoisuuteen sekä hallintarakenteiden ominaisuuksiin (altailla ja säiliöillä mm. pinta-ala, vesisyvyys; suodatinrakenteilla mm. pinta-ala, rakennekerrosten materiaali ja paksuus). Arviossa on huomioitu seuraavat rakenteet: biosuodatusrakenteet, hiekanerotussäiliöt, hulevesialtaat ja imeytysrakenteet louhepenkereissä). Arvioidut, keskimääräiset reduktiot on esitetty taulukossa 4–1.

Taulukko 4-1. Stormtac-ohjelmiston esittämät eri muuttujien reduktiot.

Reduktiot	
Fosfori	34 %
Typpi	28 %
Lyijy	62 %
Kupari	52 %
Sinkki	66 %
Kadmium	64 %
Kromi	47 %
Nikkeli	40 %
Kiintoainees	49 %
Bentso-a-pyreeni	36 %

Saatuja pitoisuuslisäyksiä verrattiin Särkijärven vedenlaatutietoihin sekä VHS-havaintopaikan pitoisuuksiin. VHS-paikan pitoisuutta käytettiin tarkasteluissa, jotta voitiin arvioida vaikutukset ekologiseen tilaan ja luokituksen luokkarajoihin.

Särkijärvi kuuluu Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet (Vh) -tyyppiin. Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet -tyypille on annettu luokkarajat kokonaisfosforille ja kokonaistypelle (Taulukko 4-2). Hertta-tietojärjestelmän mukaan Särkijärven vesimuodostuman kokonaisfosforipitoisuus oli 7,75 µg/l. Tämä tarkoittaa yllä olevan taulukon mukaisesti erinomaista tilaa. Kokonaistypen pitoisuus on 263,33 µg/l, joka kuvaa samoin erinomaista tilaa.

Taulukko 4-2. Särkijärven järvityypin ekologisen luokituksen luokkarajat (Aroviita ym. 2019).

		Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet	Kokonaisfosfori, µg/l	-10	10–17	18–34	35–69	70-
	Kokonais-typpi, µg/l	-400	400–499	500–749	750–999	1000 -

4.3 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

4.3.1 Vaikutukset vedenlaatuun

Rakentamisen aikainen kuormitus arvioitiin alueella aiemmin tehdyn louhinnan vesistövaikutustietoihin pohjautuen. Rakentamisen aikaiseksi virtaamaksi arvioitiin 1,8 l/s eli 0,0018 m³/s. Tällä virtaamalla kerrottiin keskimääräiset pitoisuudet, jolloin saatiin kuormitus yksikössä kg/a. Kyseinen kuorma laimennettiin sen jälkeen Särkijärven keskimääräiseen virtaamaan 66 l/s (0,0066 m³/s) ja muunnettiin pitoisuuslisäyksiä (Taulukko 4-3).

Vedenlaatutiedot otettiin havaintopaikasta C, eli juuri ennen Särkijärveä. Kyseiseen paikkaan tulevat vedet ovat jo käyneet läpi erilaiset hulevesien hallintajärjestelmät eli niille ei enää erikseen lasketa reduktioita. Vesinäytteissä oli määritetty kokonaisravinteiden lisäksi kiintoaine- sekä arseenipitoisuus.

Taulukko 4-3. Särkijärven laskennalliset pitoisuuslisäykset vesinäytteiden mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaamatilanteessa.

Särkijärvi		
		Keskivirtaama (0,066 m ³ /s)
Fosfori	µg/l	0,84
Typpi	µg/l	46,2
Kiintoainees	mg/l	0,52
Arseeni	µg/l	0,01

Kokonaisfosforin pitoisuudenlisäys oli keskivirtaamatilanteessa 0,84 µg/l. Kyseisellä pitoisuuden lisäyksellä ei ole heikentävää vaikutusta vedenlaadulle. Kokonaistyyppipitoisuus kasvaa 46,2 µg/l keskivirtaamatilanteessa. Särkijärvi on fosforirajoitteinen, joten tyyppipitoisuuden kasvulla ei ole rehevöitymistä aiheuttavia vaikutuksia. Kiintoainepitoisuuden lisäys on marginaalinen, eikä sillä ole vaikutusta vedenlaatuun. Arseenipitoisuuden pitoisuuslisäys ei ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja.

4.3.2 Vaikutukset eliöstöön

Vaikutukset eliöstöön arvioitiin vedenlaadun kautta. Vedenlaatua heikentäviä muutoksia ei ole havaittavissa, joten myöskään eliöstölle (kalat, pohjaeläimet, kasviplankton) ei aiheudu haittaa. Laskettu arseenin pitoisuuslisäys ei ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja. Täten eliöstölle ei aiheudu haittaa.

4.3.3 Vaikutukset ekologiseen luokitukseen

Särkijärvi on luokiteltu kokonaisfosforipitoisuutensa (7,75 µg/l) perusteella erinomaiseksi. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 10 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden lisäyksillä keskivirtaamatilanteessa ei ole vaikutusta kokonaisfosforipitoisuuden luokittelumuuttuun tai vesistön luokitukseen. Kokonaistyyppipitoisuuden (263,33 µg/l) perusteella Särkijärven tila on erinomainen. Kokonaistyyppipitoisuuden lisäys oli keskivirtaamatilanteessa 46,2 µg/l. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 400 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuuden lisäys jää vähäiseksi (uusi pitoisuus 310 µg/l). Ekologinen luokitus ei ole vaarassa varovaisuusperiaate huomioon ottaen muuttua.

Särkijärven vesimuodostuman kasviplankton on luokiteltu ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi (tosin arvio pohjautuu vain klorofylli-a-tietoihin). Kokonaisfosforin lisäys on keskivirtaamatilanteessa erittäin vähäinen, eikä sillä katsota olevan vaikutuksia perifytoniin.

Särkijärven pohjaeläimiä ei ole luokiteltu. Särkijärven kiintoainepitoisuuden nousu on keskivirtaamatilanteessa erittäin vähäistä, samoin kokonaisfosforipitoisuuden nousu. Myös kokonaistyyppipitoisuuden nousu on vähäistä. Pohjaeläimille on merkitsevää kiintoainemäärä ja toisaalta happipitoisuus. Rakentamisen aikainen kuormitus ei aiheuta haittaa vedenlaadulle, joten myöskään pohjaeläimille ei aiheudu haittaa.

Särkijärven kalasto on arvioitu erinomaiseksi. Koekalastuksien mukaan biomassat ja yksilömäärät ovat erinomaisia. Lisäksi järvessä esiintyy indikaattorilajeista madetta ja muikkua. Vaikutukset Särkijärven

kalastoon katsotaan erittäin vähäiseksi. Särkijärven happitilanne on pysynyt hyvänä, eikä hankkeen kuormitus huononna sitä.

Rakentamisen aikaisella kuormituksella ei ole heikentäviä vaikutuksia vedenlaatuun, eikä eliöstölle. Fosfori- ja kiintoainepitoisuuden nousu on erittäin vähäistä. Myös typpipitoisuuden nousu on vähäistä, eikä se heikennä fosforirajoitteen vesistön vedenlaatua. Rakentamisesta ei aiheudu yhdenkään vesipuidedirektiivin liitteessä V tarkoitetun laadullisen tekijän tilan huononemista yhdelläkään luokalla, eikä toiminta vaaranna Särkijärven erinomaista tilaa.

4.3.4 Vaikutukset kemialliseen tilaan

Särkijärven kemiallinen tila on luokiteltu kolmannella kaudella hyvää huonommaksi, koska polybromattujen difenyyliettereiden (PBDE) laatu normi muuttui. Toisella kaudella syynä hyvää huonompaan luokitukseen oli elohopea kalassa (tunnistettu riski).

Rakentamisen aikana arseenin pitoisuuslisäys ei ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja. Täten Särkijärven kemialliseen tilaan ei aiheudu heikentäviä vaikutuksia.

4.4 Toiminnan aikaiset vaikutukset

4.4.1 Vaikutukset vedenlaatuun

Toiminnan aikaista kuormitusta arvioitiin StormTac-mallin antamien kuormitustietojen mukaan. Kattopinnoilla kuormitusarvoina on käytetty metallien ja kiintoaineen osalta luokittelemattomalle kattopinnalle ominaisia arvoja, ja ravinteiden osalta ilmaperäistä laskeumaa. Piha- ja pysäköintialueilla on ravinteiden osalta käytetty tyypillisiä asfalttipäällysteisen alueen kuormitusarvoja. Metallien ja kiintoaineen osalta arvioissa on käytetty korotettuja teollisuus- ja pysäköintialueille ominaisia kuormitustietoja. Mallin antamat reduktiot huomioitiin arvioinnissa.

Kuormitus muunnettiin pitoisuuslisäyksiksi laimentamalla sen Särkijärven arvioituun keskivirtaamaan (Taulukko 4-4).

Taulukko 4-4. Särkijärven laskennalliset pitoisuuslisäykset StormTac-mallin mukaisella keskimääräisellä kuormituksella arvioituna keskivirtaamatilanteessa. Laskennassa on huomioitu reduktiot.

Särkijärvi		
		Keskivirtaama (0,066 m ³ /s)
Fosfori	µg/l	1,65
Typpi	µg/l	50,3
Lyijy	µg/l	0,23
Kupari	µg/l	0,68
Sinkki	µg/l	2,48
Kadmium	µg/l	0,02
Kromi	µg/l	0,22
Nikkeli	µg/l	0,27
Kiintoainek	mg/l	1,58
Bentso-a-pyreeni	µg/l	0,00

Ympäristöhallinnon Avoimen tiedon Hertta -tietojärjestelmästä haettua vesienhoidon (VHS) vesimuodostumakohtaista pitoisuutta verrattiin laskennallisiin pitoisuuslisäyksiin. Vuosittain tulee kuormitusta laskennallisen pitoisuuslisäyksen verran, ja se laimenee isompaan vesimassaan. VHS pitoisuudet ovat vesimuodostumaan liitettyjen havaintopaikkojen tuloksista laskettuja keskiarvoja. Järjestelmä laskee vesimuodostumaan valittujen havaintopaikkojen tuloksista keskiarvoja. Jos havaintopaikkoja on useita, saatetaan niistä laskea ensin erikseen keskiarvot, joista vielä lopuksi otetaan keskiarvo. Tarkastelussa haettiin Särkijärven vesimuodostumakohtaiset pitoisuustiedot ja verrattiin saatuja pitoisuuksia laskennallisiin pitoisuuslisäyksiin (Taulukko 4-5).

Taulukko 4-5. Särkijärven pitoisuuslisäykset keskivirtaamatilanteessa sekä keskimääräinen veden laatu Särkijärven havaintopaikalla eri syvyyksissä 2000-luvulla sekä vesienhoidon seurantapaikalla (Särkijärven vesimuodostuma).

	Särkijärvi 1 pinta 1 m	Särkijärvi 1, pohjan läheinen	Särkijärvi syväne, 1 m	Särkijärvi syväne, pohjan läheinen	VHS, kolmas kausi	Pitoisuuslisäys, keskivirtaama
Fosfori, µg/l	7,6	12,3	6,8	8,8	7,75	1,65
Typpi, µg/l	303	485	297	383	263,33	50,3
Lyijy, µg/l	-	-	0,025	0,025	-	0,23
Kupari, µg/l	-	-	1,6	1,7	-	0,68
Sinkki, µg/l	-	-	2,5	2,5	-	2,48
Kadmium, µg/l	-	-	-	-	-	0,02
Kromi, µg/l	-	-	0,31	0,5	-	0,22
Nikkeli, µg/l	-	-	0,34	0,47	-	0,27
Kiintoaines, mg/l	0,64	1,45	0,68	1,0	-	1,58
Bentso-a-pyreeni, µg/l	-	-	-	-	-	0,00

Kokonaisfosforin pitoisuudenlisäys oli keskivirtaamatilanteessa 1,65 µg/l. Kyseisellä pitoisuuden lisäyksellä ei ole heikentävää vaikutusta vedenlaadulle. Kokonaistyyppipitoisuus kasvaa 50,3 µg/l keskivirtaamatilanteessa. Särkijärvi on fosforirajoitteinen, joten tyyppipitoisuuden kasvulla ei ole rehevöitymistä aiheuttavia vaikutuksia. Kiintoainepitoisuuden lisäys on marginaalinen, eikä sillä ole vaikutusta vedenlaatuun.

Lasketut metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja (Taulukko 4-6).

Taulukko 4-6. Ympäristölaatonormit, haitattoman pitoisuuden tasot (PNEC-arvoja), talousvedelle asetetut raja-arvot ja Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämät akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvot. Kaikille aineille ei ole määritetty raja-arvoja.

Aine	Vertailuarvo	Vertailuarvo	Vertailuarvo	Vertailuarvo	Vertailuarvo
	Pintaveden ympäristölaatonormi	Haitaton pitoisuus pintavedessä (PNEC)	Talousveden raja-arvo	Toksisuuden arvot US EPA	Toksisuuden raja-arvot CCME (akuutti / krooninen)
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
Arseeni		13	10	340 / 150	- / 5
Kadmium	0,1–0,25	0,19	5	1,8 / 0,72	1 / 0,09
Kromi		6,5	50	16–570 / 11–74	- / 1–8,9
Kupari		7,8	2 000		
Lyijy	1,4–1,5	7,0		82 / 3,2	
Sinkki		20,6		120 / 120	37 / 7

4.4.2 Vaikutukset eliöstöön

Vaikutukset eliöstöön arvioitiin vedenlaadun kautta. Vedenlaatua heikentäviä muutoksia ei tapahdu, joten myöskään eliöstölle (kalat, pohjaeläimet, kasviplankton) ei aiheudu haittaa. Laskettu arseenin pitoisuuslisäys ei ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja. Täten eliöstölle ei aiheudu haittaa.

4.4.3 Vaikutukset ekologiseen luokitukseen

Särkijärvi on luokiteltu kokonaisfosforipitoisuutensa (7,75 µg/l) perusteella erinomaiseksi. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 10 µg/l. Kokonaisfosforipitoisuuden lisäyksillä keskivirtaamatilanteessa ei ole vaikutusta luokitukseen, vaikka arvio menee lähelle hyvän tilan rajaa. Toiminnasta ei tule suoria fosforipäästöjä lainkaan. StormTac-malli antaa kuitenkin fosforille arvon, kun tarkastellaan asfalttipintoja. Lisäksi malliin on otettu mukaan ravinteiden osalta ilmaperäinen laskeuma (typpi). Kokonaistypen pitoisuuden (263,33 µg/l) perusteella Särkijärven tila on erinomainen. Kokonaistypen lisäys oli keskivirtaamatilanteessa 50,3 µg/l. Erinomaisen ja hyvän luokan raja on 400 µg/l. Kokonaistyyppipitoisuuden lisäys jää vähäiseksi (uusi pitoisuus 314 µg/l). Ekologinen luokitus ei varovaisuusperiaatte huomioon ottaen ole vaarassa muuttua.

Särkijärven vesimuodostuman kasviplankton on luokiteltu ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi (tosin arvio pohjautuu vain klorofylli-a-tietoihin). Kokonaisfosforin lisäys on keskivirtaamatilanteessa erittäin vähäinen, eikä sillä katsota olevan vaikutuksia perifytoniin.

Särkijärven pohjaeläimiä ei ole luokiteltu. Särkijärven kiintoainepitoisuuden nousu on keskivirtaamatilanteessa erittäin vähäistä, samoin kokonaisfosforipitoisuuden nousu. Myös kokonaistypen nousu on vähäistä. Pohjaeläimille on merkittävää kiintoainemäärä ja toisaalta happipitoisuus. Toiminnan aikainen kuormitus ei aiheuta haittaa vedenlaadulle, joten myöskään pohjaeläimille ei aiheudu haittaa.

Särkijärven kalasto on arvioitu erinomaiseksi. Koekalastuksien mukaan biomassat ja yksilömäärät ovat erinomaisia. Lisäksi järvessä esiintyy indikaattorilajeista madetta ja muikkua. Vaikutukset Särkijärven kalastoon katsotaan erittäin vähäisiksi. Särkijärven happitilanne on pysynyt hyvänä, eikä hankkeen kuormitus huononna sitä.

Toiminnan aikaisella kuormituksella ei nähdä olevan heikentäviä vaikutuksia vedenlaatuun, eikä eliöstölle. Fosfori- ja kiintoainepitoisuuden nousu on erittäin vähäistä. Myös typpipitoisuuden nousu on vähäistä, eikä sen katsota heikentävän fosforirajoitteen vesistön vedenlaatua. Toiminnasta ei aiheudu yhdenkään vesipuidedirektiivin liitteessä V tarkoitettua laadullisen tekijän tilan huononemista yhdelläkään luokalla, eikä toiminta vaaranna Särkijärven erinomaista tilaa.

4.4.4 Vaikutukset kemialliseen tilaan

Särkijärven kemiallinen tila on luokiteltu kolmannella kaudella hyvää huonommaksi, koska polybromattujen difenyyliettereiden (PBDE) laatu normi muuttui. Toisella kaudella syynä hyvää huonompaan luokitukseen oli elohopea kalassa (tunnistettu riski).

Toiminnan aikana metallien pitoisuuslisäykset eivät ylitä haitattoman pitoisuuden tasoja (PNEC-arvoja), talousvedelle asetettuja raja-arvoja tai Yhdysvaltojen tai Kanadan käyttämiä akuutin tai kroonisen toksisuuden raja-arvoja. Täten Särkijärven kemialliseen tilaan ei aiheudu heikentäviä vaikutuksia.

5. Hulevesien sähkönjohtavuus

Hulevesien sähkönjohtavuutta on mitattu louhinnan aikana vuosina 2019–2020 havaintopaikalta C. Vuodelta 2018 on myös yksi mittaus, joka kuvaa tilannetta ennen louhintaa. Ennen louhintaa huleveden sähkönjohtavuus on ollut 6,3 mS/m. Louhinnan aikana sähkönjohtavuus on vaihdellut välillä 4,8–46,6 mS/m, ollen keskimäärin 15,9 mS/m. Hulevesien määrä rakentamisen aikana on arvioitu olevan 1,8 l/s eli 0,0018 m³/s. Särkijärven virtaamaksi arvioitiin 66 l/s eli 0,066 m³/s. Hulevesien osuus koko järven vesimäärästä rakentamisen aikana on 2,7 %. Toiminnan aikana sähkönjohtavuudelle käytetään arvoa, joka on mitattu ennen louhintaa. Tällöin sähkönjohtavuus oli 6,3 mS/m. Toiminnan aikana hulevesien määräksi on arvioitu 2,64 l/s eli 0,00264 m³/s. Toiminnan aikaisten hulevesien osuus Särkijärven virtaamasta on 4 %.

Särkijärven veden sähkönjohtavuus on ollut pinnan lähellä havaintopaikassa Särkijärvi 1 keskimäärin 8,4 (vaihteluväli 7,6–10,8 mS/m). Havaintopaikassa Särkijärvi syväne sähkönjohtavuus on ollut pinnan lähellä 8,9 mS/m (vaihteluväli 7,8–10,5 mS/m). Pohjan lähellä sähkönjohtavuus on ollut havaintopaikassa Särkijärvi 1 keskimäärin 9,2 mS/m (vaihteluväli 7,8–12,3 mS/m) ja havaintopaikassa Särkijärvi syväne 10,7 mS/m (vaihteluväli 7,7–14 mS/m).

Jos verrataan huleveden keskimääräistä sähkönjohtavuutta Särkijärvessä mitattuihin arvoihin, huomataan, että huleveden sähkönjohtavuus on rakentamisen aikana jonkin verran Särkijärven sähkönjohtavuutta korkeampi.

Sähkönjohtavuuden korkea arvo kuvaa suurta suolapitoisuutta. Sähkönjohtavuutta lisäävät makeissa vesissä lähinnä natrium, kalium, kalsium, magnesium (kationeja) sekä kloridit ja sulfaatit (anioneja). Myös metallit nostavat sähkönjohtavuutta. Keskimääräinen purovesien sähkönjohtavuus vaihtelee 2 - 22 mS/m välillä mutta erityisesti Uudenmaan savisilla valuma-alueilla sähkönjohtavuus voi olla korkeampi, jopa 50 - 60 mS/ (Lahermo ym. 1996.). Hulevesien sähkönjohtavuus selittyy siis veteen liuenneiden aineiden koostumuksella. Hulevesien laadun vaikutusta vedenlaatuun on arvioitu aiemmin tässä selvityksessä. Pitoisuusnousujen mukaan vedenlaatu ei tule heikentymään. Koska Särkijärven tuleva

hulevesi tulee laimentumaan, myös sen sähkönjohtavuus tulee laskemaan. Huleveden keskimääräinen sähkönjohtavuus on vain hieman Särkijärven sähkönjohtavuutta suurempi, joten Särkijärven suuressa vesimäärässä sähkönjohtavuus ei tule kasvamaan. Särkijärven pohjanläheisen ja pinnanläheisen veden sähkönjohtavuuksissa ei ole myöskään suurta eroa, joten vahvaa kerrostumista ei voida nykytilassa havaita. Hankkeen aiheuttaman kuormituksen ei nähdä lisäävän kerrostumista.

6. Tarkkailu

Hankkeen vaikutuksia tullaan tarkkailemaan erikseen laadittavan tarkkailuohjelman mukaisesti, jolloin havaitaan pienetkin muutokset vedenlaadussa, jolloin voidaan tehdä tarvittavia toimenpiteitä. Särkijärven purkautuvan veden laatua tullaan tarkkailemaan ennen rakentamisen aloittamista, sen aikana ja sen jälkeen (eli toiminnan aikana). Särkijärven Syväne -havaintopaikasta tullaan myös ottamaan vesinäytteitä. Määritettävät muuttujat ovat ravinteet, kiintoaines ja metallit. Lisäksi otetaan tavanomaiset veden pH-arvo, sameus, väri, COD_{Mn}, ja happipitoisuus.

Lähteet

Aroviita J., Mitikka S. ja Vienonen S. 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37/2019. 114 s.

Ilmatieteenlaitos 2024. Tilastoja vuodesta 1961. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/tilastoja-vuodesta-1961>

Lahermo P., Väänänen P., Tarvainen T. ja Salminen R. 1996. Suomen geokemian atlas. Osa 3: Ympäristögeokemia – purovedet ja sedimentit. 150 s.

Oravainen R. 1999. Vesistötulosten tulkinta – opasvihkonen. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 25 s.