

Liite 4



Pienen Tipasjärven vesistömallinnus

Asiakas: Sotkamo Silver Oy

Projektinumero: 101018581-121

15.3.2024

Pvm.
15/03/2024
Projektiviite
101023270

Raportin nimi
Pienen Tipasjärven vesistömallinnus
Asiakas
Sotkamo Silver Oy

Kannen kuva: © AFRY Finland Oy

Kuvien pohjakartat: Maanmittauslaitos, ellei toisin mainita.

Sisältö

1	Johdanto	2
2	Mallinnusalue	2
3	Laskettavat skenaariot	4
4	Laskentamalli	5
4.1	Olosuhdetiedot	5
4.2	Mallihila	7
4.3	Mallinnus ja pitoisuuksien laskenta	8
5	Tulokset	9
5.1	Virtausolot Pieni Tipasjärvellä	9
5.2	VE0: nykytila	12
5.3	Kuormitusskenaario VE1	13
5.4	Vaikutukset kerrostumisoloihin	15
6	Johtopäätökset	17
7	Viitteet	18

1 Johdanto

Sotkamo Silver Oy on käynnistänyt Sotkamon hopeakaivoksen ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun lain mukaisen arviointimenettelyn, jossa selvitetään rikastushiekka-alueen laajentamisen sekä malmituotannon kasvattamisen vaikutuksia.

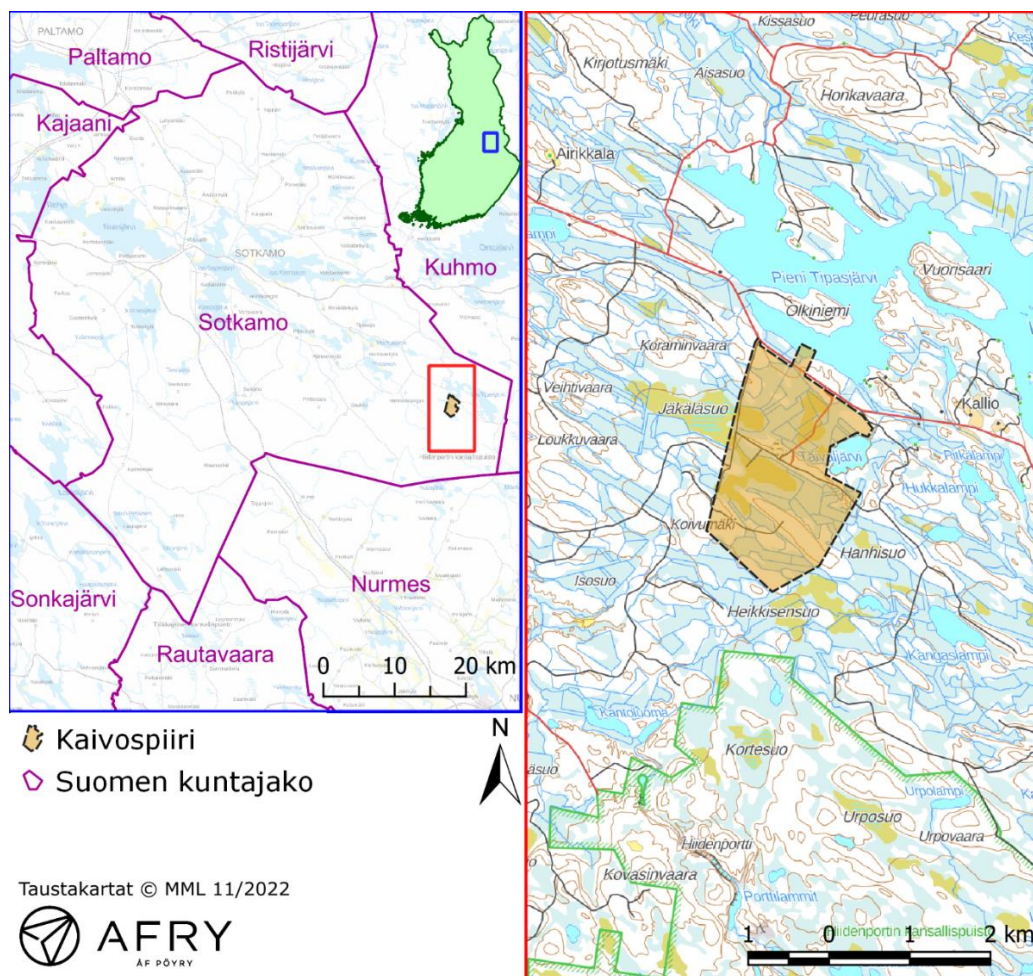
Rikastushiekka-alueen laajentuminen toteutetaan nykyisen rikastushiekka-altaan viereen. Hankkeessa tarkastellaan lisäksi nykyiseen nähden vaihtoehtoisen vesien purkusuunnan sekä rikastushiekan ja sivukiven kaivostäyttöihin hyödyntämisen ympäristövaikutuksia. YVA vaihtoehdossa VE0 toiminnan laajentamista ei toteuteta. Vaihtoehdossa VE1 toteutetaan malmituotannon nosto, jatketaan tuotantoaikaa vuoteen 2035 asti sekä maanalaista kaivosta syvennetään 1 km maanpinnan tason alapuolelle. Lisäksi vedet johdetaan nykyisen luvan mukaisesti Koivupuroon (VE0) tai jaetusti Koivupuroon ja Taivaljärveen (VE1). Arvioitujen kuormitustietojen perusteella tehtiin YVA-selostuksen osana tarkastelu, jossa arvioitiin Koivupuron ja Taivaljärven purkusuuntien kuormitusjakoa. Tarkastelussa päädyttiin ehdotukseen, jossa Taivaljärven purkusuunnan osuus kaivoksen purkuvesistä olisi 40 %. Tällöin vesistövaikutusten suuruus olisi mahdollisimman pieni kumpaankin purkusuuntaan.

Tässä raportissa on esitelty Pienen Tipasjärven vesistömallinnuksen tulokset, jotka pohjautuvat edellä esitettyyn kuormitusjakoon Koivupuron ja Taivaljärven purkusuuntien välillä. Raportissa esitetään lasketut skenaariot, niiden tulokset sekä arvioidut vesistövaikutukset.

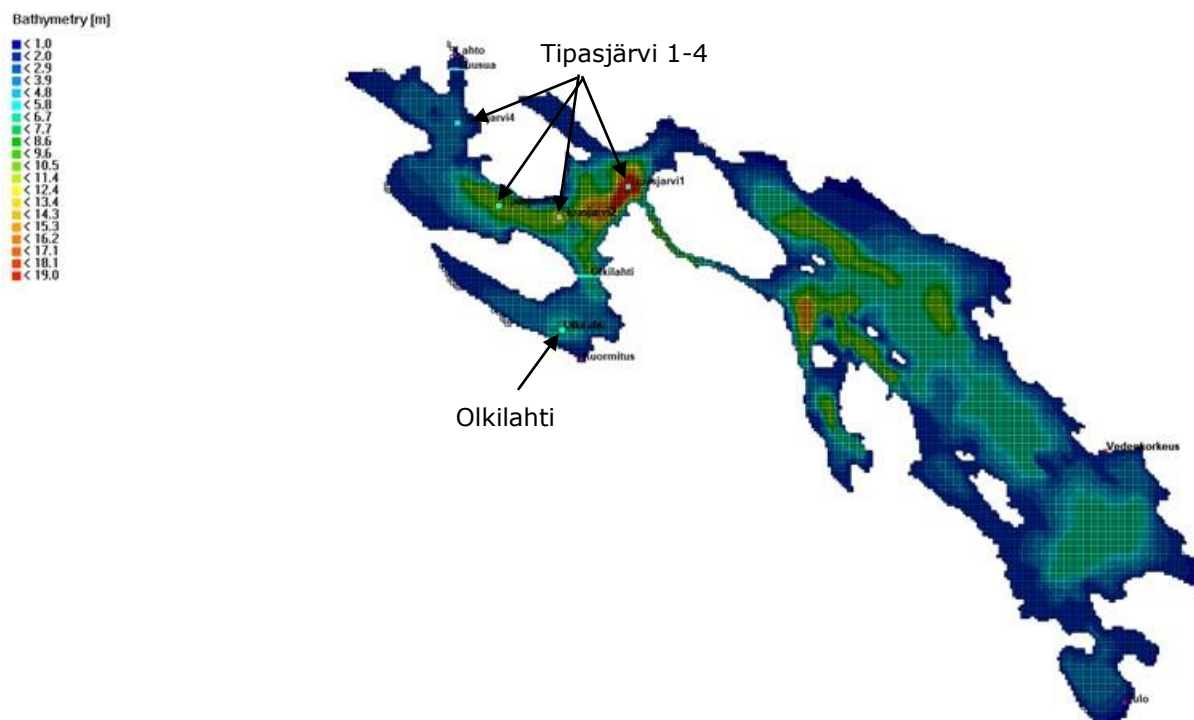
2 Mallinnusalue

Sotkamo Silver Oy:n kaivos sijaitsee Sotkamon Tipasojan kylässä n. 40 km Sotkamon kuntakeskuksesta kaakkoon. Toiminta sijoittuu Taivalhopea-nimiselle kaivospiirille, joka on Tukesin päätöksellä määrätty vuonna 2011. Kaivospiirin kokonaispinta-ala on yhteensä 371,44 ha. Lähin vesistö on hankealueen pohjoispuolelle sijoittuva Pieni Tipasjärvi. Kaivoksen pohjoispuolella on seututie nro 9005, joka yhdistää Sotkamo-Kuhmo-kantatien nro 76 ja Valtimo-Kuhmo-seututien nro 5284. Kaivospiirin sijoittuminen kartalla on esitetty **Kuva 2-1**.

Mallinnusalueeksi rajattiin Iso Tipasjärvi-Pieni Tipasjärvi. Mallinnuksessa järveen sijoitettiin aikasarjapisteitä (**Kuva 2-2**), joilta koostettiin vedenlaatutuloksia eri kuormitusskenaarioissa. Aikasarjapisteitä oli viisi. Taivalpuron purkupaikkaa lähinnä sijaitsi Olkilahden syvänteeseen aikasarjapiste. Pienellä Tipasjärvellä oli neljäaikasarjapistettä. Järven pääsyvänteelle sijoitettiin yksi aikasarjapiste ja kolme muuta syvänteeltä kohti järven luusuaa (**Kuva 2-2**).



Kuva 2-1 Kaivospiirin sijainti kartalla.



Kuva 2-2 Mallinnusalueen syvyysprofiili sekä vedenlaadun aikasarjapisteiden sijainti.

3 Laskettavat skenaariot

Kuormitus, virtaamat ja pitoisuudet

Kaivosalueen reunalla sijaitsevan Taivaljärven vedet purkautuvat Taivalpuroa pitkin Pienen Tipasjärven Olkilahteen (**Kuva 2-2**). Taivalpuroa pitkin tuleva nykyinen ainevirtaama ja sen vaikutus Pienen Tipasjärveen arvioitiin skenaariossa VE0 (nykytila). Nykytilanteessa kaivosalueella syntyvät vedet johdetaan kokonaisuudessaan Koivupuron purkureitille, eikä Taivaljärveen tule kaivoksesta vesiä ja kuormitusta.

Nykytilan VE0 mukaisessa tarkastelussa koottiin Taivaljärven vedenlaatatieto vuosilta 2020-2023. Tuloksista laskettiin avovesikauden (1.5.-1.11.) pitoisuuksien keskiarvot eri aineille, joita myös kuormitusskenaariossa VE1 käsitellään. Taivalpuron sekä Ison ja Pienen Tipasjärven tulo- ja lähtövirtaamat haettiin ympäristöhallinnon Vemala-tietokannasta. Suomen ympäristökeskuksesta saatujen tietojen mukaan Vemala-malli laskee Taivalpuron virtaamaan myös kaivosalueen valumavedet, jotka johdetaan nykytilanteessa Koivupuroon, joten kaivoksen juoksutusvedet poistettiin Vemala:n antamasta virtaama-arviosta. Nykytilan mallinnus tehtiin vuodelle 2022, jolta löytyy eniten vedenlaatuaineistoa Pieneltä Tipasjärveltä. Mallinnus tehtiin avovesikaudelle, 1.5.-1.11.2022.

Tulevaisuuden kuormitusskenaariossa VE1 tarkasteltiin tilannetta, jossa 40 % kaivosalueen vesistä johdetaan Taivaljärveen ja siitä edelleen Pienen Tipasjärven Olkilahteen. Kuormitusskenaario edusti runsassateista vuotta (kerran 100 vuodessa toistuva). Lisäksi skenaariossa VE1 kaivosalueen vesistökuorma laskettiin pelkän sivukiven kaivostäyttövaihtoehdolle, joten kokonaisuutena mallinnuksessa käytetty kuormitus edusti suurinta mahdollista kuormitusta. **Taulukko 1** on koottu eri skenaarioiden mukaiset, kaivosalueelta johdettavat vesistökuormitukset.

Taulukko 1. Pienen Tipasjärven vesistömallinnuksessa lasketut skenaariot sekä kaivosalueen purkuvesimäärät (m³/a) ja ainekuormitukset (kg/a) eri skenaarioissa.

Kuormitus	VE 0 (nykytila)	VE 1 (sivukivitäyttö ja 1:100 v. sadannalla ja 40 % kokonaiskuormituksesta)
Kaivosalueen purkuvesimäärä, m³/a	540 748 (100 % Koivupuron suuntaan)	287 525
N	7 840	4492
P	70	61
SO₄	170 072	120 823
Al	147	94
As	4	3
Cd	1,5	1
Cl	10 376	6546
Cu	5	6
Fe	565	411
Hg	0,1	2E-06
Mn	145	92
Ni	7	6
Pb	6	26
Sb	40	31
Zn	1120	684
Ca	53 203	44 962
Na	10 205	6072
K	17 805	13 482
Mg	5511	2496

4 Laskentamalli

Tässä raportissa on tarkasteltu jätevesien sekoittumista Pienessä Tipasjärvessä virtausmallia käyttäen. Mallilaskennat suoritettiin Delft 3D -laskentamallilla, joka perustuu hydrostaattisten 3D-virtausyhtälöiden ratkaisemiseen differenssimenetelmällä. Mallihila koostui pystysuunnassa suorakulmaisista laskentaelementeistä. Käytetty laskentamalli soveltuu hyvin Suomen järvi- ja jokialueiden kuvaamiseen, ja sitä on käytetty lukuisissa vastaavanlaisissa tilanteissa.

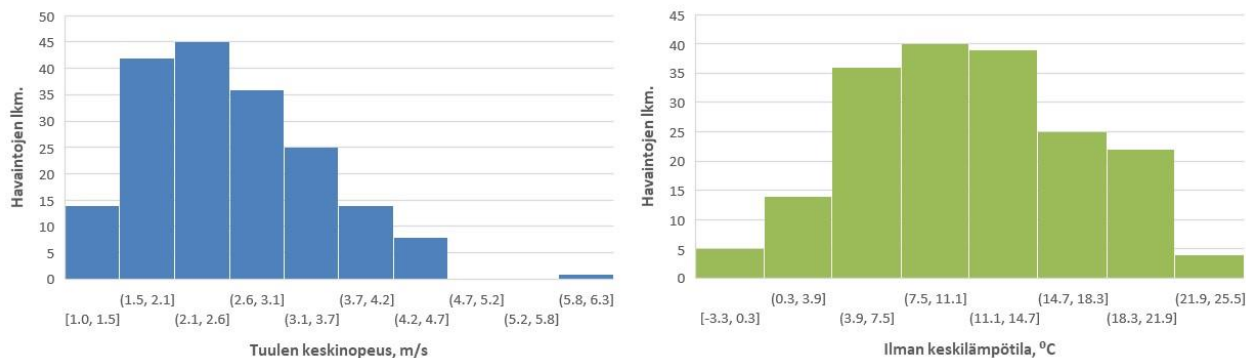
Mallilaskennassa veteen vaikuttavista voimista huomioitiin tuulen aiheuttama sekoittuminen, ilmanpaineen vaikutus sekä virtaamat. Virtaukset laskettiin dynaamisesti, ts. säähistoriasta valittiin edustava ajanjakso (toukokuu-lokakuu 2022), jota simuloitiin mallilaskennan avulla käyttämällä mitattuja säätietoja ja reuna-arvoja (esim. jokivirtaamat). Laskennan lopputuloksena saatiin valitun simulointijakson ajalta jokaiselle mallihilan hilaruudulle virtaus-, lämpötila- ja vedenlaatuarvo valitulla aikatarkkuudella (tunnin välein).

4.1 Olosuhdetiedot

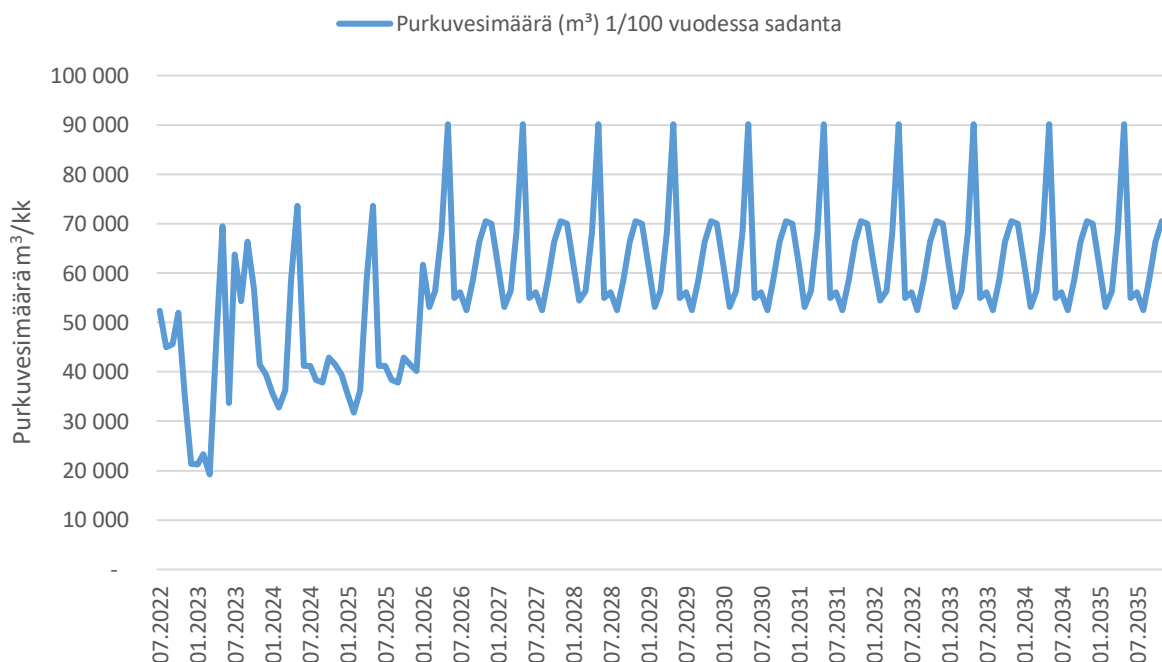
Sääaineisto poimittiin Sotkamon säähavainnoista (Ilmatieteenlaitos 2024). Ison ja Pienen Tipasjärven tulo- ja lähtövirtaamat, sekä Taivaljärvestä lähtevän Taivalpuron virtaamat saatiin ympäristöhallinnon vesistömallijärjestelmästä (Suomen ympäristökeskus 2024). Avovesikauden (touko-lokakuu) 2022 keskilämpötila Sotkamon havaintoasemalla oli 11,1 °C (minimi: -3,3 °C, maksimi: 24,5 °C). Keskimääräinen tuulen nopeus oli 2,6 m/s (**Kuva 4-1**).

Mallinnuksessa käytetyt purkuvesien virtaamat saatiin kaivokselle simuloituista purkuvesimääristä (**Kuva 4-2**). Kaivoksen purkuvesimäärät kasvavat skenaariossa vuosien 2022-2025 välillä, ja tasaantuvat sen jälkeen. Tässä mallinnuksessa käytettiin avovesikauden keskiarvoa vuosilta 2026-2036, jolloin purkuvesimäärät ovat suurimmillaan (**Kuva 4-3**).

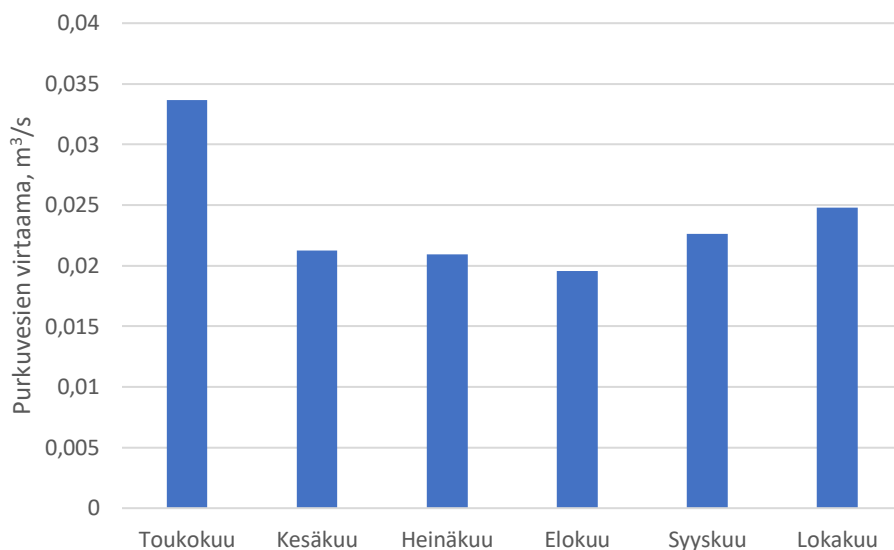
Tipasjärven osalta käytettiin vesistömallijärjestelmästä poimittuja Pienen Tipasjärven virtaamatietoja. Vuosien 1990-2020 välillä Pienen Tipasjärven lähtövirtaama on ollut keskimäärin 0,99 m³/s. Keskialivirtaama on ollut vastaavasti 0,87 m³/s ja keskiylivirtaama 1,09 m³/s. Vuoden 2022 virtaamat olivat normaalia suuremmat (**Kuva 4-4**), joten olosuhteet vastasivat runsassateisen vuoden tilannetta, jota käytettiin myös kaivosalueen purkuvesien osalta.



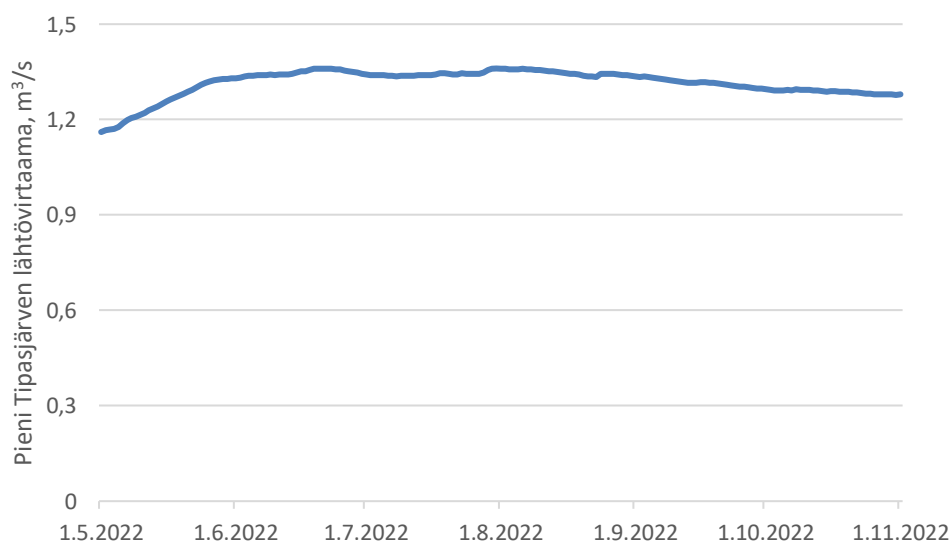
Kuva 4-1 Sotkamon säähavaintoasemalla mitattu tuulen keskinopeus ja ilman keskilämpötilat (vrk:n aikana) vuonna 2022.



Kuva 4-2 Sotkamo Silver Oy:n purkuvesien virtaamat skenaarion VE1 ja runsaan sadannan (1:100 v) mukaisessa tilanteessa vuosina 2022-2036.



Kuva 4-3 Sotkamo Silver Oy:n purkuvesien keskimääräiset virtaamat avovesikaudella skenaarion VE1 ja runsaan sadannan (1:100 v) mukaisessa tilanteessa.



Kuva 4-4 Pienen Tipasjärven luusuan lähtövirtaama mallinnusjakson 1.5.-1.11.2022 aikana.

4.2 Mallihila

Mallilaskentaa varten alueelle laadittiin mallihila saatavilla olleita rantaviiva- ja syvyystietoja käyttäen. Rantaviivana käytettiin MML:n kartta-aineistoa (Maanmittauslaitos 2023). Syvyystiedot ovat Liikenneviraston ylläpitämästä järvien ja jokien syvyysaineistosta (Väylävirasto 2023). Laskennassa käytetty mallihila on esitetty **Kuva 2-2**. Suola- ja metallipitoisen jätevesikuorman mahdollisesti aiheuttamaa kerrostumista tarkasteltiin purkualueella, Olkilahdella sekä Pienellä Tipasjärvellä. Aikasarjapisteiden (ks. **Kuva 2-2**) alus- ja päänäyksen vedestä sekä koko vesirungon keskipitoisuuksista koostettiin veden pitoisuuslisien aikasarjat touko-marraskuun 2022 simulointijakson ajalta. Koosteet laadittiin em. kahdella skenaariolla.

4.3 Mallinnus ja pitoisuuksien laskenta

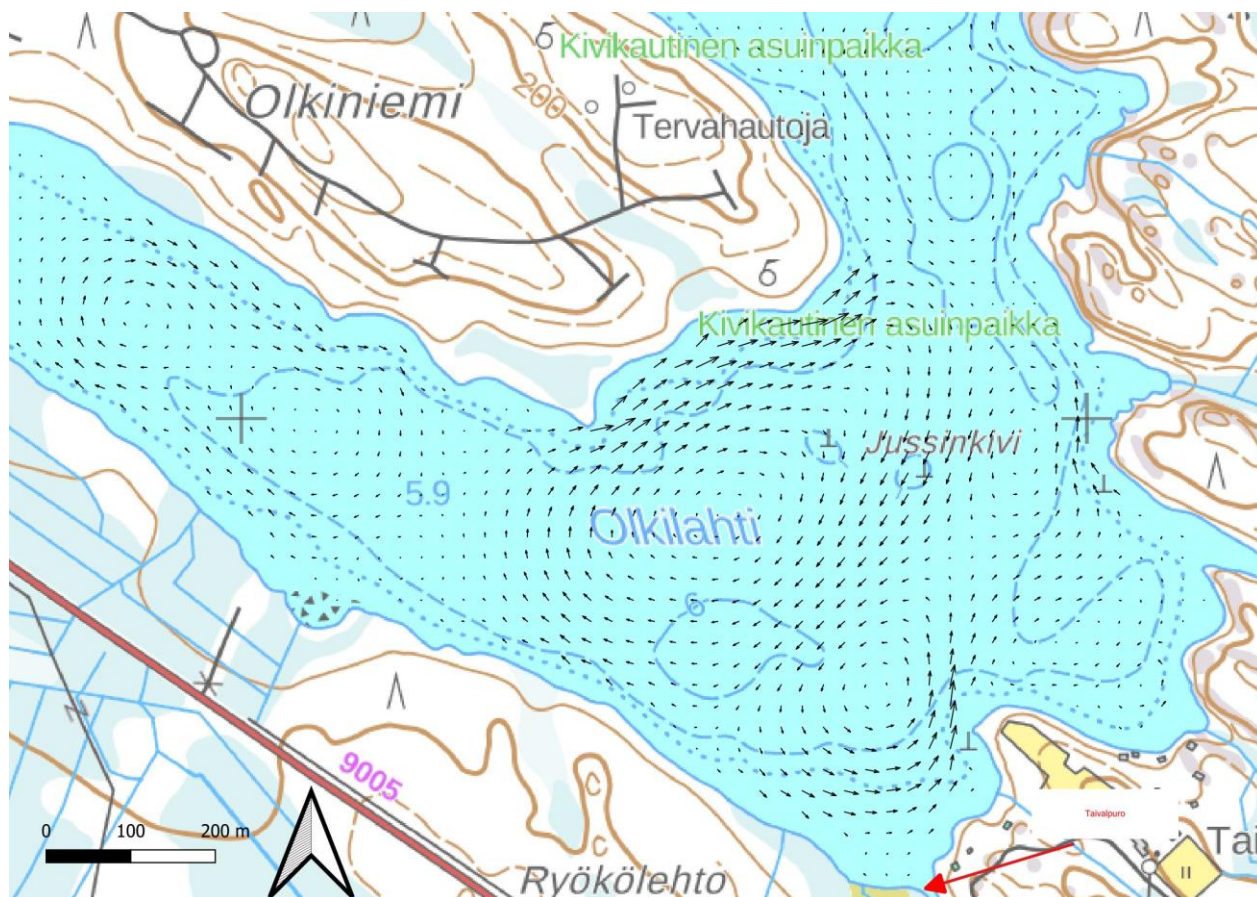
Mallilaskennassa jätevettä simuloitiin käyttämällä mallissa purkuvetenä merivettä, jonka tiheys asetettiin vastaavaksi kuin purkuvedelle arvioitu tiheys. Purkuveden tiheydet on laskettu Ca, K, Mg, Na, Cl ja SO₄ -ainepitoisuuksien perusteella. Muilla kuin em. aineilla oli vain marginaalinen vaikutus veden tiheyteen. RHOMV-laskurilla (Boehrer ym. 2010) arvioitujen tiheydet ja vastaavat kokonaissuolapitoisuudet olivat skenaariossa VE0 0,0001 g/l ja skenaariossa VE1 0,793 g/l. Purkuveden ionikoostumuksella ei tässä tapauksessa ole vaikutusta veden sekoittumiseen mallilaskennassa, sillä suolapitoisuutta käsiteltiin mallissa reagoimattomana ja täysin liukoisena (ns. konservatiivinen merkkiaine). Aikasarjapisteiltä (**Kuva 2-2**) simuloinnin havaitut suolapitoisuudet muunnettiin takaisin ainepitoisuuksiksi skenaariokohtaisten ainepitoisuuksien perusteella. Laskennallinen pitoisuus oli tällöin pitoisuusnousu. Ainekohtaiset pitoisuusnousut (%) laskettiin suhteuttamalla laskennallinen pitoisuusnousu taustapitoisuuteen. Taustapitoisuutena käytettiin Tipasjärven Olkilahden vesianalyysituloksia vuosilta 2016-2018, eli ennen kaivoksen toiminnan aloittamista. Analyysituloksista koostettiin ainekohtaiset keskiarvot em. vuosilta, jotka edustivat tässä työssä taustapitoisuuksia.

5 Tulokset

5.1 Virtausolot Pienellä Tipasjärvellä

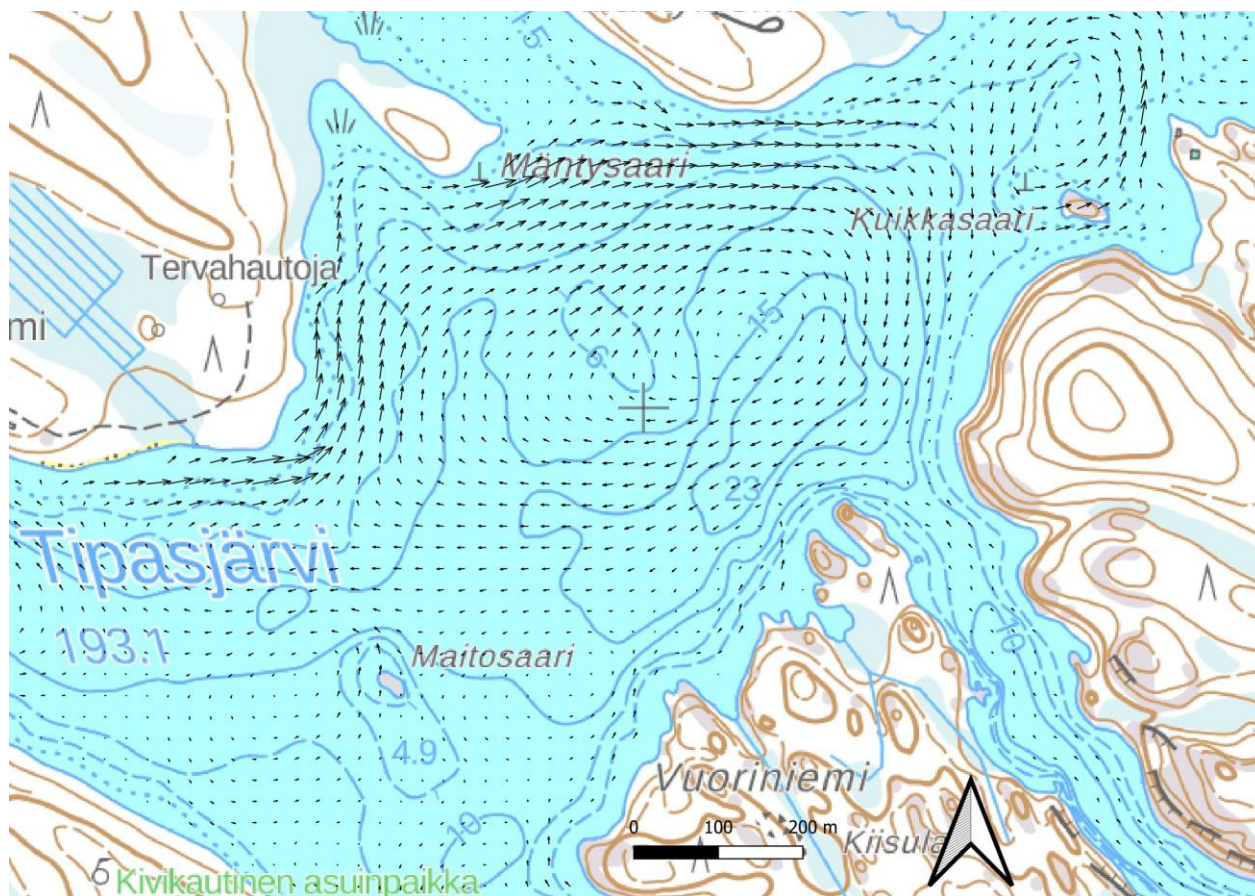
Pienellä Tipasjärvellä vallinneita virtausoloja tarkasteltiin virtausmallin avulla. Avovesikaudelta 2022 koostettiin kuvaajia ajan ja syvyyden suhteen keskiarvotetuista virtaussuunnista ja -nopeuksista. Ajan ja syvyyden suhteen keskiarvona tarkasteltuna tavoitteena oli kuvata Pienellä Tipasjärvellä tyypillisesti vallitsevia olosuhteita.

Taivalpuron suualue Olkilahdella on melko matalaa, syvyyden ollessa alle 3 m (**Kuva 5-1**). Olkilahden syväne sijoittuu kuitenkin suualueen välittömään läheisyyteen, ja vesisyvyys kasvaa hieman yli 6 m:n. Olkilahdella, Taivalpuron suulle muodostuu vastapäivää kiertävä pyörre, josta vedet suuntaavat kohti Pienen Tipasjärven pääallasta, salmen itäreunaa myöden (**Kuva 5-1**). Olkilahden pääsyvänteelle muodostuu vastaavasti myötäpäivään kiertävä laajempi pyörre.

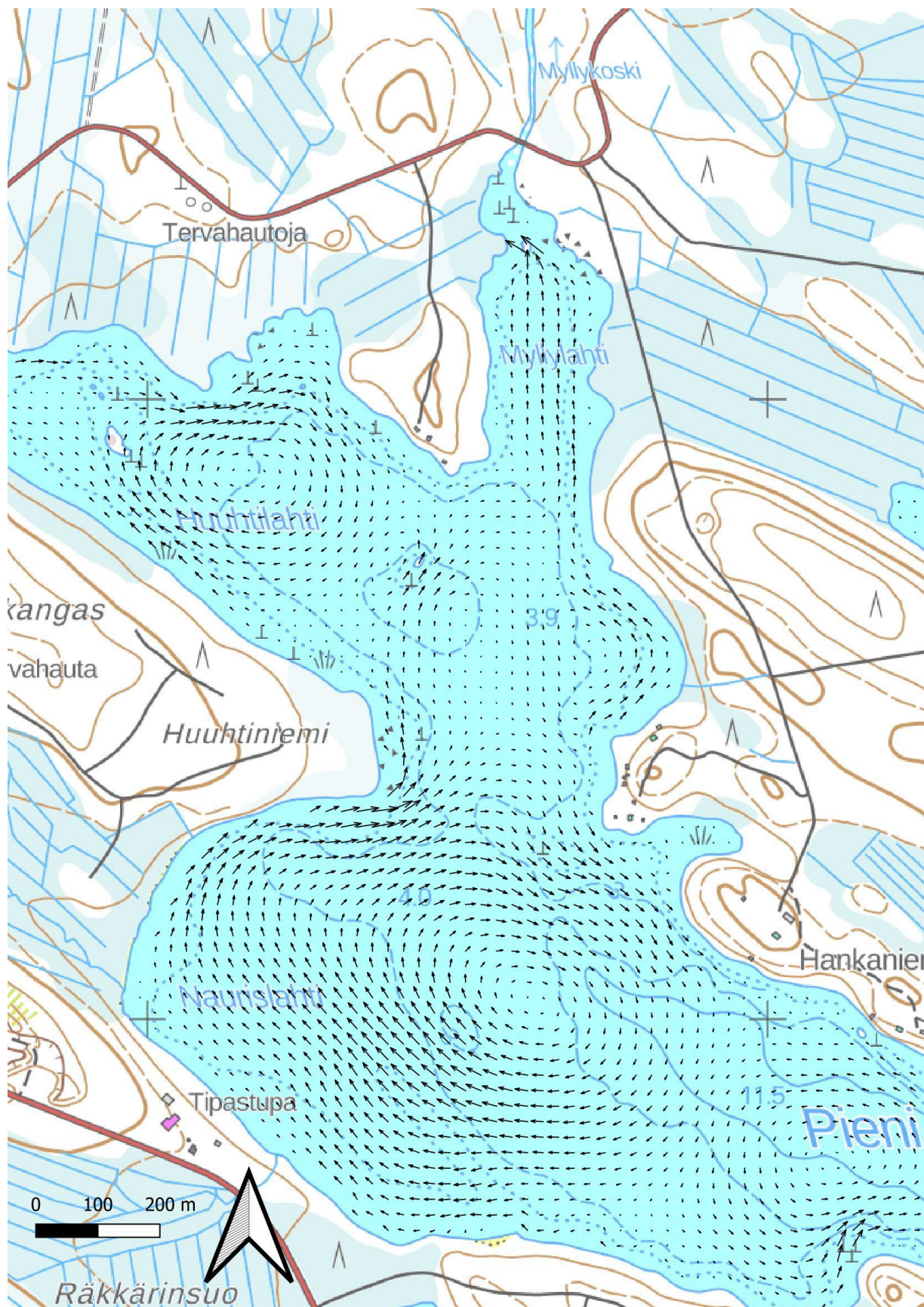


Kuva 5-1 Pienen Tipasjärven Olkilahden syvyyden suhteen keskiarvotetut virtaussuunnat ja -nopeudet. Nuolien pituus ilmentää virtausnopeutta (lyhyt nuoli=pieni virtausnopeus)

Pienen Tipasjärven pääaltaalle vedet virtaavat Olkilahdesta sekä Ison Tipasjärven puolelta Vuorisaaressa molemmin puolin (**Kuva 5-2**). Pääsyvänteellä vallitsee myötäpäivään kiertävä virtaus, jossa suurimmat virtausnopeudet on altaan pohjoisosassa (**Kuva 5-2**). Vesimassat purkautuvat Pienen Tipasjärven pohjoisosaan Olkiniemen muodostaman kapean salmen pohjoisosaan myöten. Järven pohjoisosan pääaltaalle muodostuu laaja myötäpäivään kiertävä pyörre (**Kuva 5-3**).



Kuva 5-2 Pienen Tipasjärven päältäan syvyyden suhteen keskiarvotetut virtaussuunnat ja -nopeudet.



Kuva 5-3 Pienen Tipasjärven Naurislahti-Myllylahti -alueen syvyyden suhteen keskiarvotetut virtaussuunnat ja -nopeudet.

5.2 VE0: nykytila

Vuoden 2022 avovesikaudella Taivaljärvestä tuleva virtaama ja ainekuormitus nosti Olkilahden kokonaistyyppipitoisuutta päällysvedessä keskimäärin n. 35 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuutta keskimäärin n. 1,3 µg/l (**Taulukko 2**). Pienen Tipasjärven pääsvvanteessa (Tipasjärvi 1) pitoisuusnousut olivat pienempiä, johtuen Ison Tipasjärven tulovirtaaman laimentavasta virtauksesta. Tipasjärven aikasarjapisteillä 2-4 pitoisuudet olivat hieman korkeampia kuin pääsvvanteessa (Tipasjärvi 1). Taivaljärven kuormituksen aiheuttamat suhteelliset (%) pitoisuusnousut taustatasoon nähden olivat pääsääntöisesti pieniä. Suurimmat pitoisuusnousut havaittiin antimonin (Sb) ja sinkin (Zn) kohdalla (**Taulukko 3**).

Taulukko 2. Taivaljärvestä tulevan ainevirtaaman aiheuttamat pitoisuusnousut (µg/l) Pienessä Tipasjärven nykytilanteen mukaisella kuormituksella vuonna 2022. Aikasarjapisteiden sijainnit, ks. Kuva 2-2.

Skenaario: VE0		Päällysvesi		Alusvesi	
Aine	Aikasarjapiste	Keskiarvo	Maks.	Keskiarvo	Maks.
Kok. N, µg/l	Olkilahdi	35.32	60.67	34.90	59.40
	Tipasjärvi 1	19.39	26.37	13.93	23.60
	Tipasjärvi 2	21.57	29.87	19.34	26.11
	Tipasjärvi 3	21.09	28.22	20.14	26.39
	Tipasjärvi 4	20.67	27.61	20.67	27.61
Kok. P, µg/l	Olkilahdi	1.32	2.26	1.30	2.21
	Tipasjärvi 1	0.72	0.98	0.52	0.88
	Tipasjärvi 2	0.80	1.11	0.72	0.97
	Tipasjärvi 3	0.79	1.05	0.75	0.98
	Tipasjärvi 4	0.77	1.03	0.77	1.03
SO ₄ , µg/l	Olkilahdi	821.89	1411.84	812.20	1382.14
	Tipasjärvi 1	451.15	613.70	324.24	549.07
	Tipasjärvi 2	501.91	695.10	450.00	607.60
	Tipasjärvi 3	490.80	656.56	468.65	614.13
	Tipasjärvi 4	480.95	642.53	481.02	642.51
Al, µg/l	Olkilahdi	22.11	37.98	21.85	37.18
	Tipasjärvi 1	12.14	16.51	8.72	14.77
	Tipasjärvi 2	13.50	18.70	12.10	16.34
	Tipasjärvi 3	13.20	17.66	12.61	16.52
	Tipasjärvi 4	12.94	17.28	12.94	17.28
As, µg/l	Olkilahdi	0.09	0.16	0.09	0.16
	Tipasjärvi 1	0.05	0.07	0.04	0.06
	Tipasjärvi 2	0.06	0.08	0.05	0.07
	Tipasjärvi 3	0.06	0.07	0.05	0.07
	Tipasjärvi 4	0.05	0.07	0.05	0.07
Cd, µg/l	Olkilahdi	0.01	0.02	0.01	0.02
	Tipasjärvi 1	0.01	0.01	0.00	0.01
	Tipasjärvi 2	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 3	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 4	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl, µg/l	Olkilahdi	24.13	41.45	23.85	40.58
	Tipasjärvi 1	13.25	18.02	9.52	16.12
	Tipasjärvi 2	14.74	20.41	13.21	17.84
	Tipasjärvi 3	14.41	19.28	13.76	18.03
	Tipasjärvi 4	14.12	18.86	14.12	18.86
Cu, µg/l	Olkilahdi	0.07	0.11	0.07	0.11
	Tipasjärvi 1	0.04	0.05	0.03	0.04
	Tipasjärvi 2	0.04	0.06	0.04	0.05
	Tipasjärvi 3	0.04	0.05	0.04	0.05
	Tipasjärvi 4	0.04	0.05	0.04	0.05
Fe, µg/l	Olkilahdi	86.32	148.29	85.31	145.17
	Tipasjärvi 1	47.38	64.46	34.05	57.67
	Tipasjärvi 2	52.72	73.01	47.26	63.82
	Tipasjärvi 3	51.55	68.96	49.22	64.50
	Tipasjärvi 4	50.51	67.48	50.52	67.48
Hg, µg/l	Olkilahdi	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 1	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 2	0.00	0.01	0.00	0.00
	Tipasjärvi 3	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 4	0.00	0.00	0.00	0.00

Skenaario: VE0		Päällysvesi		Alusvesi	
Aine	Aikasarjapiste	Keskiarvo	Maks.	Keskiarvo	Maks.
Mn, µg/l	Olkilahdi	6.36	10.93	6.29	10.70
	Tipasjärvi 1	3.49	4.75	2.51	4.25
	Tipasjärvi 2	3.89	5.38	3.48	4.70
	Tipasjärvi 3	3.80	5.08	3.63	4.75
	Tipasjärvi 4	3.72	4.97	3.72	4.97
Ni, µg/l	Olkilahdi	0.46	0.79	0.46	0.78
	Tipasjärvi 1	0.25	0.34	0.18	0.31
	Tipasjärvi 2	0.28	0.39	0.25	0.34
	Tipasjärvi 3	0.28	0.37	0.26	0.35
	Tipasjärvi 4	0.27	0.36	0.27	0.36
Pb, µg/l	Olkilahdi	0.06	0.10	0.06	0.10
	Tipasjärvi 1	0.03	0.04	0.02	0.04
	Tipasjärvi 2	0.04	0.05	0.03	0.04
	Tipasjärvi 3	0.04	0.05	0.03	0.04
	Tipasjärvi 4	0.04	0.05	0.04	0.05
Sb, µg/l	Olkilahdi	0.04	0.07	0.04	0.07
	Tipasjärvi 1	0.02	0.03	0.02	0.03
	Tipasjärvi 2	0.03	0.04	0.02	0.03
	Tipasjärvi 3	0.03	0.03	0.02	0.03
	Tipasjärvi 4	0.02	0.03	0.02	0.03
Zn, µg/l	Olkilahdi	7.75	13.32	7.66	13.04
	Tipasjärvi 1	4.25	5.79	3.06	5.18
	Tipasjärvi 2	4.73	6.56	4.24	5.73
	Tipasjärvi 3	4.63	6.19	4.42	5.79
	Tipasjärvi 4	4.54	6.06	4.54	6.06
Ca, µg/l	Olkilahdi	301.55	518.01	298.00	507.11
	Tipasjärvi 1	165.53	225.17	118.96	201.46
	Tipasjärvi 2	184.15	255.03	165.11	222.93
	Tipasjärvi 3	180.08	240.89	171.95	225.33
	Tipasjärvi 4	176.46	235.75	176.49	235.74
Na, µg/l	Olkilahdi	69.12	118.73	68.30	116.23
	Tipasjärvi 1	37.94	51.61	27.27	46.18
	Tipasjärvi 2	42.21	58.46	37.84	51.10
	Tipasjärvi 3	41.27	55.21	39.41	51.65
	Tipasjärvi 4	40.45	54.03	40.45	54.03
K, µg/l	Olkilahdi	37.66	64.69	37.21	63.33
	Tipasjärvi 1	20.67	28.12	14.86	25.16
	Tipasjärvi 2	23.00	31.85	20.62	27.84
	Tipasjärvi 3	22.49	30.08	21.47	28.14
	Tipasjärvi 4	22.04	29.44	22.04	29.44
Mg, µg/l	Olkilahdi	82.32	141.42	81.35	138.44
	Tipasjärvi 1	45.19	61.47	32.48	55.00
	Tipasjärvi 2	50.27	69.62	45.07	60.86
	Tipasjärvi 3	49.16	65.76	46.94	61.51
	Tipasjärvi 4	48.17	64.36	48.18	64.36

Taulukko 3. Pienen Tipasjärven Olkilahden päänlyysveden (1 m) taustapitoisuudet ja ainepitoisuuksien suhteellinen nousu nykytilassa (VE0) ja skenaarion VE1 mukaisessa kuormituksessa.

Aine	Taustapit. Olkilahdella	VE0 (nykytila): pitoisuusnousu taustatasosta %		VE1 (sivukivitäyttö ja 1:100 v. sadannalla): pitoisuusnousu taustatasosta %	
		Keskiarvo	Maksimi	Keskiarvo	Maksimi
N	386 µg/l	9	16	20	27
P	10,4 µg/l	13	22	10	14
SO₄	1,8 mg/l	45	78	115	153
Al	147 µg/l	15	26	1,1	1,5
As	0,8 µg/l	11	20	6,4	8,5
Cd	0,01 µg/l	82	142	152	202
Cl	0,5 mg/l	5	8	23	30
Cu	0,8 µg/l	9	15	13	17
Fe	878 µg/l	10	17	0,8	1,1
Hg	0,03 µg/l	20	35	0,0001	0,0002
Mn	91 mg/l	7	12	0,002	0,002
Ni	1 µg/l	46	79	10	13
Pb	0,4 µg/l	17	29	42	56
Sb	0,03 µg/l	135	232	1770	2356
Zn	3,9 µg/l	197	338	81	107
Ca	1,8 mg/l	16	28	43	57
Na	0,8 mg/l	9	15	13	17
K	0,5 mg/l	7	12	46	62
Mg	0,5 mg/l	17	28	9	11

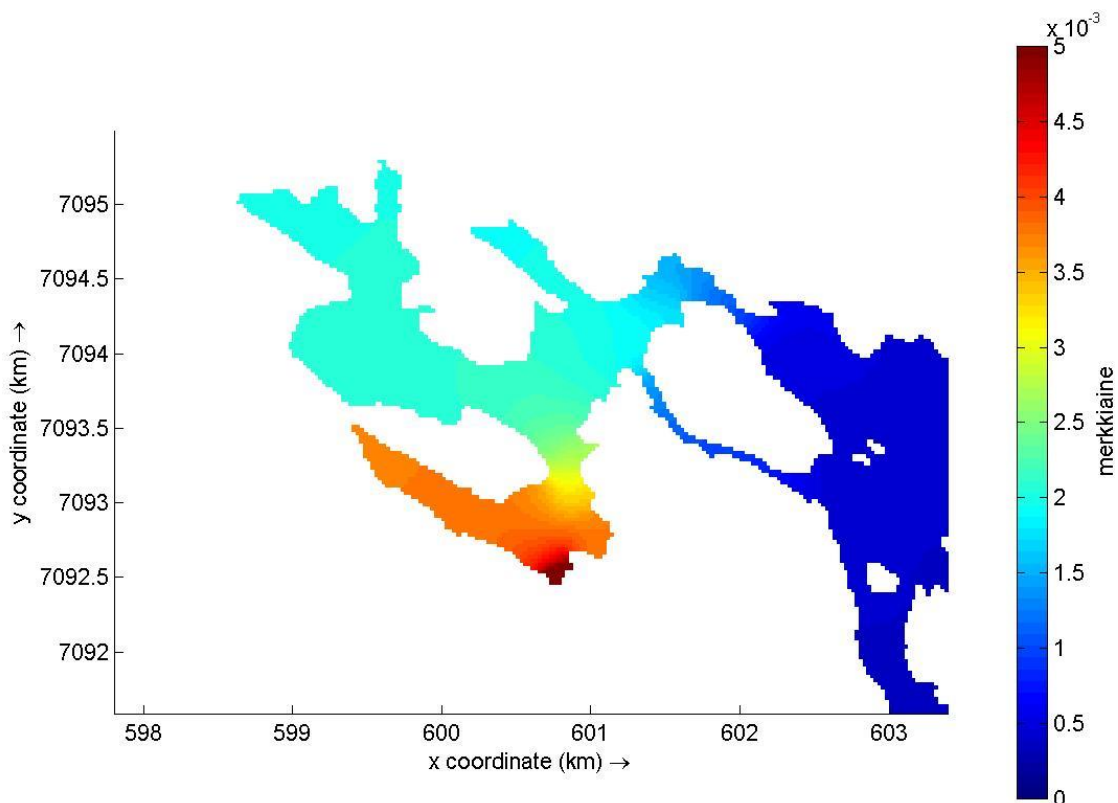
5.3 Kuormitussskenaario VE1

Kuormitussskenaario VE1:ssä ainekuormitus nosti Olkilahden syvänteen päänlyysveden kokonaistyyppipitoisuutta keskimäärin n. 73 µg/l ja kokonaisfosforipitoisuutta keskimäärin n. 1 µg/l (**Taulukko 2**). Pienen Tipasjärven pääsvvänteessä (Tipasjärvi 1) ja aikasarjapisteillä Tipasjärvi 2-4 pitoisuusnousut olivat noin puolta pienemmät kuin Olkilahdella. Sotkamo Silver Oy:n kuormituksen aiheuttamat suhteelliset (%) pitoisuusnousut olivat taustatasoon nähden pääsääntöisesti pieniä. Suurimmat pitoisuusnousut havaittiin antimonin (Sb), sulfaatin (SO₄) ja kadmiumin (Cd) kohdalla (**Taulukko 3**). Joidenkin metallien (mm. elohopea ja mangaani) osalta kaivosalueen kuormitus on selvästi pienempää kuin nykyiset Taivaljärvestä tulevat ainevirtaamat. Jätevesikuormitusta simuloivan merkkiaineen leviämistä Pienellä Tipasjärvellä on havainnollistettu **Kuva 5-4**.

Taulukko 4. Sotkamo Silver Oy:n vesistökuormituksen aiheuttamat pitoisuusnousut (µg/l) Pieni Tipasjärvessä skenaarion VE1 mukaisella kuormituksella vuonna 2022. Aikasarjapisteiden sijainnit, ks. Kuva 2-2.

Skenario: VE1 + Sk + 1:100		Päälyysvesi		Alusvesi	
Aine	Aikasarjapiste	Keskiarvo	Maks.	Keskiarvo	Maks.
Kok. N, µg/l	Olkilampi	77.17	102.69	76.12	101.96
	Tipasjärvi 1	38.24	55.51	28.88	55.65
	Tipasjärvi 2	42.70	58.76	38.52	58.98
	Tipasjärvi 3	41.33	57.82	39.65	57.81
	Tipasjärvi 4	40.15	57.55	40.15	57.55
Kok. P, µg/l	Olkilampi	1.06	1.40	1.04	1.39
	Tipasjärvi 1	0.52	0.76	0.40	0.76
	Tipasjärvi 2	0.58	0.80	0.53	0.81
	Tipasjärvi 3	0.57	0.79	0.54	0.79
	Tipasjärvi 4	0.55	0.79	0.55	0.79
SO ₄ , µg/l	Olkilampi	2075.62	2761.79	2047.29	2742.12
	Tipasjärvi 1	1028.50	1492.96	776.62	1496.71
	Tipasjärvi 2	1148.41	1580.37	1035.98	1586.34
	Tipasjärvi 3	1111.59	1555.18	1066.48	1554.70
	Tipasjärvi 4	1079.90	1547.80	1079.89	1547.85
Al, µg/l	Olkilampi	1.61	2.14	1.59	2.13
	Tipasjärvi 1	0.80	1.16	0.60	1.16
	Tipasjärvi 2	0.89	1.22	0.80	1.23
	Tipasjärvi 3	0.86	1.21	0.83	1.20
	Tipasjärvi 4	0.84	1.20	0.84	1.20
As, µg/l	Olkilampi	0.05	0.07	0.05	0.07
	Tipasjärvi 1	0.03	0.04	0.02	0.04
	Tipasjärvi 2	0.03	0.04	0.03	0.04
	Tipasjärvi 3	0.03	0.04	0.03	0.04
	Tipasjärvi 4	0.03	0.04	0.03	0.04
Cd, µg/l	Olkilampi	0.02	0.02	0.01	0.02
	Tipasjärvi 1	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 2	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 3	0.01	0.01	0.01	0.01
	Tipasjärvi 4	0.01	0.01	0.01	0.01
Cl, µg/l	Olkilampi	112.45	149.63	110.92	148.56
	Tipasjärvi 1	55.72	80.89	42.08	81.09
	Tipasjärvi 2	62.22	85.62	56.13	85.95
	Tipasjärvi 3	60.22	84.26	57.78	84.23
	Tipasjärvi 4	58.51	83.86	58.51	83.86
Cu, µg/l	Olkilampi	0.10	0.14	0.10	0.14
	Tipasjärvi 1	0.05	0.07	0.04	0.08
	Tipasjärvi 2	0.06	0.08	0.05	0.08
	Tipasjärvi 3	0.06	0.08	0.05	0.08
	Tipasjärvi 4	0.05	0.08	0.05	0.08
Fe, µg/l	Olkilampi	7.06	9.39	6.96	9.33
	Tipasjärvi 1	3.50	5.08	2.64	5.09
	Tipasjärvi 2	3.91	5.38	3.52	5.40
	Tipasjärvi 3	3.78	5.29	3.63	5.29
	Tipasjärvi 4	3.67	5.27	3.67	5.27
Hg, µg/l	Olkilampi	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 1	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 2	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 3	0.00	0.00	0.00	0.00
	Tipasjärvi 4	0.00	0.00	0.00	0.00

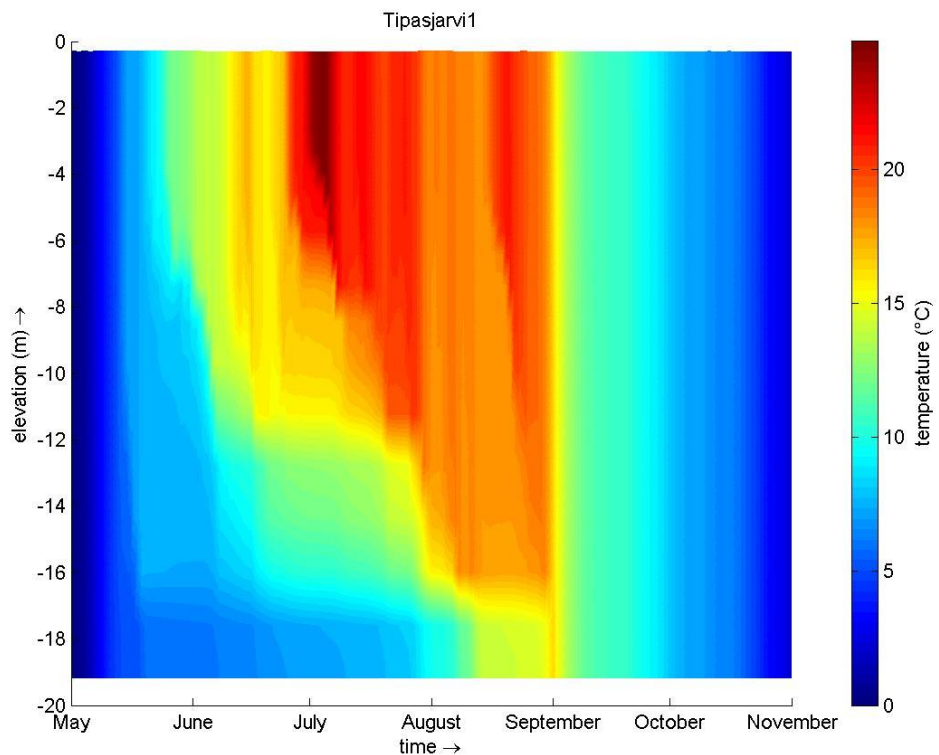
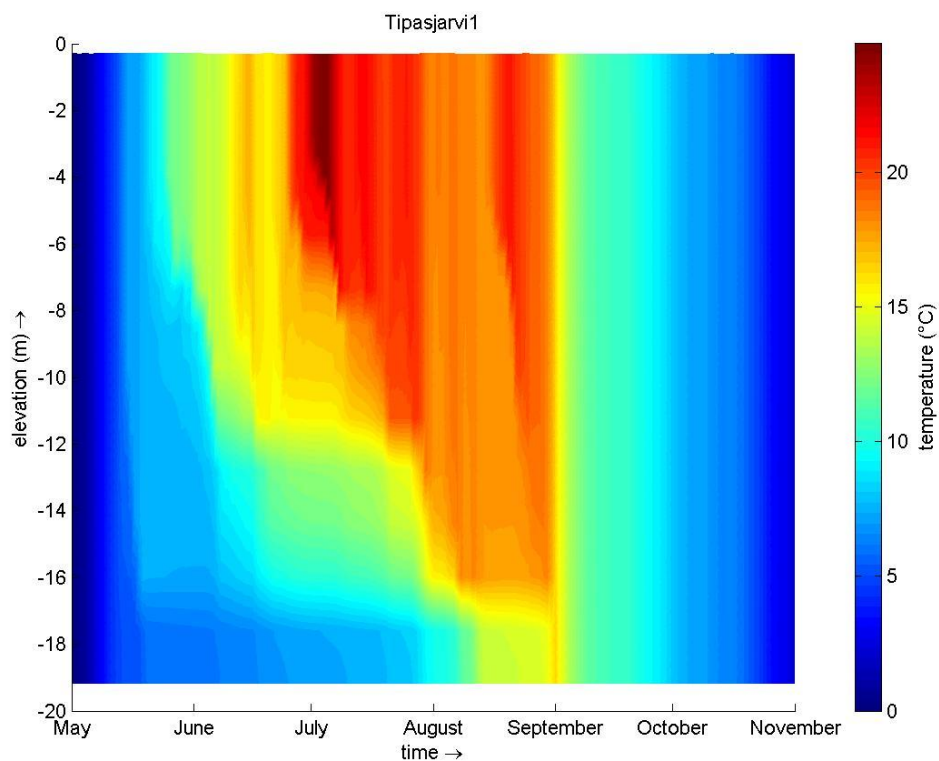
Skenario: VE1 + Sk + 1:100		Päälyysvesi		Alusvesi	
Aine	Aikasarjapiste	Keskiarvo	Maks.	Keskiarvo	Maks.
Mn, µg/l	Olkilampi	1.58	2.11	1.56	2.09
	Tipasjärvi 1	0.79	1.14	0.59	1.14
	Tipasjärvi 2	0.88	1.21	0.79	1.21
	Tipasjärvi 3	0.85	1.19	0.81	1.19
	Tipasjärvi 4	0.82	1.18	0.82	1.18
Ni, µg/l	Olkilampi	0.10	0.13	0.10	0.13
	Tipasjärvi 1	0.05	0.07	0.04	0.07
	Tipasjärvi 2	0.05	0.07	0.05	0.07
	Tipasjärvi 3	0.05	0.07	0.05	0.07
	Tipasjärvi 4	0.05	0.07	0.05	0.07
Pb, µg/l	Olkilampi	0.17	0.22	0.17	0.22
	Tipasjärvi 1	0.08	0.12	0.06	0.12
	Tipasjärvi 2	0.09	0.13	0.08	0.13
	Tipasjärvi 3	0.09	0.13	0.09	0.13
	Tipasjärvi 4	0.09	0.13	0.09	0.13
Sb, µg/l	Olkilampi	0.53	0.71	0.52	0.70
	Tipasjärvi 1	0.26	0.38	0.20	0.38
	Tipasjärvi 2	0.29	0.40	0.27	0.41
	Tipasjärvi 3	0.28	0.40	0.27	0.40
	Tipasjärvi 4	0.28	0.40	0.28	0.40
Zn, µg/l	Olkilampi	3.14	4.18	3.10	4.15
	Tipasjärvi 1	1.56	2.26	1.18	2.27
	Tipasjärvi 2	1.74	2.39	1.57	2.40
	Tipasjärvi 3	1.68	2.35	1.61	2.35
	Tipasjärvi 4	1.64	2.34	1.64	2.34
Ca, µg/l	Olkilampi	772.40	1027.74	761.85	1020.42
	Tipasjärvi 1	382.73	555.57	289.00	556.97
	Tipasjärvi 2	427.35	588.10	385.52	590.32
	Tipasjärvi 3	413.65	578.73	396.87	578.55
	Tipasjärvi 4	401.86	575.98	401.86	576.00
Na, µg/l	Olkilampi	104.31	138.79	102.88	137.80
	Tipasjärvi 1	51.69	75.03	39.03	75.21
	Tipasjärvi 2	57.71	79.42	52.06	79.72
	Tipasjärvi 3	55.86	78.15	53.59	78.13
	Tipasjärvi 4	54.27	77.78	54.27	77.79
K, µg/l	Olkilampi	231.61	308.18	228.45	305.99
	Tipasjärvi 1	114.77	166.60	86.66	167.01
	Tipasjärvi 2	128.15	176.35	115.60	177.02
	Tipasjärvi 3	124.04	173.54	119.01	173.49
	Tipasjärvi 4	120.50	172.72	120.50	172.72
Mg, µg/l	Olkilampi	42.89	57.06	42.30	56.66
	Tipasjärvi 1	21.25	30.85	16.05	30.92
	Tipasjärvi 2	23.73	32.65	21.40	32.78
	Tipasjärvi 3	22.97	32.13	22.04	32.12
	Tipasjärvi 4	22.31	31.98	22.31	31.98



Kuva 5-4 Sotkamo Silver Oy:n jätevesikuormituksen leviäminen skenaarion VE1 mukaisessa tilanteessa Pienellä Tipasjärvellä. Pitoisuudet kuvaavat jätevesien aiheuttamaa keskimääräistä kokonaissuolaisuuslisää (g/l) avovesikaudella (1.5.-1.11.2022) päällysvedessä (1 m), jota simuloitiin konservatiivisen merkkiaineen avulla.

5.4 Vaikutukset kerrostumisoihin

Vedenlaadun ohella tarkasteltiin skenaarion VE1 vaikutuksia syvänteiden kerrostumisoihin. Voimakas suolakuormitus voi muuttaa järven syvänteiden sekoittumisoloja, jolla on suoria vaikutuksia mm. happitilanteeseen pohjan läheisessä vesikerroksessa. Ainepitoisuuksien osalta voitiin havaita, ettei skenario VE1:n mukainen kuormitus juuri nostanut syvänteiden (Olkilahti ja Tipasjärvi 1) ainepitoisuuksia nykytilaan nähden. Pienen Tipasjärven pääsyvänteeltä muodostetut lämpötilan aikasarjat osoittivat, että vesistökuormituksella ei ollut vaikutusta järven kerrostumisoihin (**Kuva 5-5**).



Kuva 5-5 Pienen Tipasjärven pääsyvänteen (Tipasjärvi 1) lämpötilaolot avovesikaudella 2022 nykytilanteessa (yläkuva) ja skenaarion VE1 (alakuva) mukaisella vesistökuormituksella.

5.5 Epävarmuustarkastelu

Vesistömallinnuksen lähtötietoina on käytetty virtaamien osalta vesistömallijärjestelmän simuloituja virtaamia. Kaivosalueen kuormitus johdetaan skenaariossa VE1 40 %:sti Taivaljärveen, ja se laimenee Taivaljärven ja siitä purkautuvan Taivalpuron virtaamaan ja lopulta Pieni Tipasjärveen. Pienien valuma-alueiden, kuten Taivaljärven/Taivalpuron valuma-alueen virtaamatietoihin liittyy epävarmuutta, joka heijastuu myös mallinnustuloksiin.

Kaivosalueen kuormitus on arvioitu vesitasemallin avulla. Kuormitusarvioissa ei ole huomioitu typen mahdollisia poistumia nitrifikaatio-denitrifikaatio-prosessin kautta. Vesistömallinnus tehtiin konservatiivisen merkkiaineen avulla, joka ei niin ikään huomioi aineiden muuntumista, sedimentoitumista eikä poistumista. Tulokset ovat siten todennäköisemmin maltillisia yliarvioita todellisuudesta, ainakin niiden aineiden osalta joihin em. prosesseja vedessä kohdistuu.

6 Johtopäätökset

Tämän mallinnuksen perusteella Taivaljärvestä Pienen Tipasjärveen virtaavat vedet nostavat nykytilanteessa (VE0) hieman järven ravinnepitoisuuksia. Olkilahdessa kokonaistyyppipitoisuuden nousu oli päällysvedessä keskimäärin n. 35 µg/l ja kokonaisfosforin n. 1,3 µg/l. Lähellä Pienen Tipasjärven luusuaa pitoisuusnousut olivat vastaavasti n. 21 µg/l (kok. N) ja n. 0,8 µg/l (kok. P). Muista aineista suhteellisesti eniten Pienessä Tipasjärvestä nousivat antimoni- (Sb) ja sinkkipitoisuudet (Zn). Pienen Tipasjärven ainepitoisuudet olivat taustatasoltaan siinä määrin pieniä, että suhteellinen pitoisuusnousu oli em. aineiden osalta jo nykytilassa suurta.

Sotkamo Silver Oy:n eri kuormitusskenaarioista mallinnukseen valittiin skenaario VE1, johon liittyi poikkeuksellisen sateinen vuosi (kerran sadassa vuodessa toistuva sadanta) sekä purkuvesien ainepitoisuuksia nostava sivukivitäyttö. Valittu skenaario edusti suurinta mahdollista kaivosalueen kuormitusta. Mallinnusvuodeksi valittiin vuosi 2022, joka oli runsassateinen ja laimenemisolot olivat tällöin myös keskimääräistä paremmat. Kaivosalueen kuormitus jaettiin edelleen Koivupuron ja Taivaljärven purkusuuntiin suhteella 60/40 %, josta siis 40 % purettiin Taivaljärveen. Kaivoksen purkuvesien virtaama oli melko pieni, ja arvioitu kuormitus laimeni jo ennen Pientä Tipasjärveä selvästi suurempaan Taivalpuron virtaamaan. Kaivosalueen purkuvesien virtaama oli vain noin kymmenesosa Taivalpuron arvioidusta keskivirtaamasta. Taivalpuron ja kaivosvesien isosta virtaamaerosta johtuen pitoisuusnousut Tipasjärvellä olivat joidenkin aineiden osalta hyvin lähellä toisiaan skenaarioiden VE0 ja VE1 välillä, ja esimerkiksi kokonaisfosforin osalta nykytilan mukaisen ainevirtaaman aiheuttama pitoisuusnousu oli jopa hieman skenaariota VE1 korkeampi.

Kaivosalueen purkuvedet nostivat ainepitoisuuksia Pienessä Tipasjärvestä, mutta ero nykytilaan nähden oli useimpien vedenlaadun parametrien osalta pieni. Tulos selittyy pitkälti purkuvesien pienellä virtaamalla ja laimenemisena jo matkalla Taivaljärvestä Pienen Tipasjärven Olkilahteen. Pitoisuusnousut olivat Olkilahdessa noin kaksinkertaiset verrattuna Pienen Tipasjärven pääaltaan ja luusuan väliselle alueelle sijoitetuilla aikasarjapisteillä. Pienen Tipasjärven taustapitoisuuksiin nähden suhteelliset pitoisuusnousut olivat myös skenaariossa VE1 suuria, mutta kokonaispitoisuudet pieniä. Ravinteiden osalta mallinnus ei myöskään huomionut aineiden muuntumista, denitrifikaatiota, sitoutumista eliöstöön ja sedimentoitumista. Todellisuudessa ravinnepitoisuuksien nousut jäisivät vielä arvioitua pienemmiksi. Yhteenvedona mallinnuksista voidaan todeta suurimman kuormitusskenaarion (VE1) aiheuttavan vain melko pieniä ainepitoisuuksien nousua Pienessä Tipasjärvestä. Vaikutukset olivat voimakkaimmat Olkilahdessa, mutta ne laimenivat jo Pienen Tipasjärven pääaltaalle tultaessa. Kuormitus ei vaikuttanut myöskään Pienen Tipasjärven kerrostumisoloihin.

7 Viitteet

Boehrer, B., Herzprung, P., Schultze, M. & Millero, F.J. 2010. Calculating density of water in geochemical lake stratification models. Limnol. Oceanogr. Methods 8: 567–574. RHOMV-laskuri ><https://www.ufz.de/index.php?en=39156><

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

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

Suomen ympäristökeskus 2023. OIVA – Ympäristö ja paikkatietopalvelu asiantuntijoille. ><https://wwwp2.ymparisto.fi/scripts/oiva.asp><

Väylävirasto 2023. Lataus- ja katselupalvelu. ><https://julkinen.traficom.fi/rasteripalvelu/wmts?request=getcapabilities><