

Vastaanottaja
Terrafame Oy

Asiakirjatyyppi
Raportti

Päivämäärä
11.4.2018

Viite
1510032108

Osaprojekti
Biologinen tarkkailu pintavesissä

TERRAFAME OY

OSA VI: PINTAVESIEN BIOLOGINEN TARKKAILU VUONNA 2017 PIILEVÄT



TERRAFAME OY
PIILEVÄT

Päivämäärä **11/4/2018**
Laatija **Anna Hakala**
Tarkastaja **Sanna Sopanen**
Hyväksyjä
Kuvaus **Raportti piilevätarkkailusta v. 2017**

Viite **1510032108**

SISÄLTÖ

1.	Johdanto	1
2.	Näytteenotto ja aineiston analysointi	1
3.	Pintavesien laatu	2
3.1	Tuhkajoki	2
3.2	Kivijoki	3
4.	Piileväyhteisöt	3
4.1	Indeksit	3
4.2	Ekologiset jakaumat	4
5.	Tulosten tarkastelu	6
5.1	Tuhkajoki	6
5.2	Kivijoki	6
5.3	Vertailu edellisiin vuosiin	6
6.	Kirjallisuus	7

LIITTEET

Liite 1

Ecomonitor Oy:n raportti Vuoden 2017 piilevätutkimuksista

Liite 2

Kartta tutkimusalueesta

Liite 3

Piilevälajillista

Liite 4

Piileväindeksien tulokset

Liite 5

Piilevien ekologiset jakaumat

1. JOHDANTO

Tässä raportissa kuvataan Terrafamen kaivoksen ympäristötarkkailuun kuuluvan piilevätutkimuksen tulokset. Selvityksessä tutkittiin kaivosalueelta lähtevien vesien vaikutusta kaivosalueen etelä- ja pohjoispuolisten virtavesien piileväyhteisöihin. Näytteet otettiin Tuhkajoen ja Kivijoen. Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa näiden vesimuodostumien ekologisesta tilasta, ravinteisuudesta sekä orgaanisesta kuormituksesta.

Piileviä esiintyy kaikissa vesistöissä ja ne muodostavat huomattavan osan perustuottajista etenkin pienissä virtavesissä. Useimpien piilevälajien suosimat kasvuolosuhteet tunnetaan ja tätä tietoutta voidaan käyttää hyväksi vesistöjen laatua arvioitaessa (Eloranta ym. 2007).

Virtavesien kivipinnoilla kasvavat piilevät saavat kaiken ravintonsa ympäröivästä vedestä ja siten piileväleväyhteisön rakenne kuvastaa hyvin vesistön ekologista laatua ja rehevyyttä sekä vesistöön kohdistuvaa kuormitusta. Voimakkaimmin piileväyhteisön rakenteeseen vaikuttavat vesistön pH-tasoon ja suolapitoisuuteen liittyvät tekijät, veden ravinnepitoisuudet sekä esimerkiksi metallikuormitus. Erityisesti vähäravinteisten virtavesien piileväyhteisöt reagoivat jopa viikossa veden laadullisiin muutoksiin, joten piileväkasvustoja tutkimalla saadaan ajantasaista tietoa vedenlaadun muutoksista.

Piilevätutkimus on toistettu kaivoksen vaikutusalueen vesistöissä vuosina 2008, 2010, 2013, 2014 ja 2015. Voimassa olevan tarkkailuohjelman mukaan piilevät tutkitaan nykyisiltä seuranta-paikoilta (Tuhkajoki ja Kivijoki) vuosittain. Lisäksi Vuoksen suunnasta Lumijoen, Laakajoen Multa-Väärän sekä Nurmijoen Haapakosken ja Oulujoen suunnasta Kalliojoen ja Jormasjoen tarkkailua jatketaan kolmen vuoden välein (seuraavan kerran 2018). Tässä raportissa esitellään vuoden 2017 tarkkailun tulokset.

Raportin pohjana on käytetty Ecomonitor Oy:n raporttia Terrafamen piilevämäärytyksistä (Ecomonitor Oy, 27.12.2017, liite 1).

2. NÄYTTEENOTTO JA AINEISTON ANALYYSINTI

Virtavesien piilevänäytteet otettiin 23.10.2017 Kivijoen ja Tuhkajoen seuranta-paikoilta (taulukko 1). Tutkimuspisteiden sijainti on esitetty kartalla liitteessä 2. Tuhkajoki on luokiteltu keskisuuraksi turvemaiden joeksi ja Kivijoki pieneksi turvemaiden joeksi. Indeksien laskennassa käytetään jakoa Pohjois- ja Etelä-Suomen vesistöihin ja jakolinja kulkee juuri Terrafamen kohdalla

Taulukko 1. Tutkimuspisteet ja niiden koordinaatit.

Joki	Tyyppi	ETRS-Y	ETRS-X	Pvm	Näytteenottosyvyys (cm)	Kasvualusta
Tuhkajoki	Kt (P)	7102413	554084	23.10.2017	30-40	Kivipinta
Kivijoki	Pt (E)	7087909	544863	23.10.2017	40-60	Kivipinta

Näytteenotossa, näytteiden käsittelyssä ja laskennassa noudatettiin standardien SFS-EN 13946 ja SFS-EN 14407 ja ympäristöhallinnon ohjeistusta (Eloranta ym. 2007). Näytteet otettiin kivipinnoilta noin 30-60 cm syvyydeltä näytteenottopaikasta riippuen. Tuhkajoen näytekiivillä havaittiin runsaasti vesisammalia sekä hieman orgaanista ainesta. Kivijoen näytekiivillä ei havaittu vesisammalia, mutta hieman orgaanista ainesta. Kivet kerättiin kapealta koskialueelta, jossa rannan pohjasedimentistä havaittiin vahvaa rikkivedyn hajua. Näytteet otti sertifioitu ympäristönäytteenottaja Kari Rautiainen Eurofins Environment Testing Finland Oy:stä. Näytteet toimitettiin Ecomonitor Oy:n laboratorioon lajintunnistusta varten etanoliin säilötyinä. Preparaattien käsittely, lajintunnistus ja tulosten sekä indeksien laskenta on esitetty Ecomonitor Oy:n raportissa (liite 1).

Lajintunnistuksen jälkeen tulokset taulukoitiin ja niistä laskettiin vesien tilaa kuvaavia indeksejä. Piileväindeksit laskettiin **Omnidia v. 5.2**-ohjelmistolla (päivitysversion 2015). Piileväindeksit lasketaan kaavojen avulla, joissa muuttujina ovat lajien suhteelliset osuudet, herkkyysluokat ja indikaattoriarvot. Herkkyydellä tarkoitetaan lajin herkkyyttä reagoida orgaaniseen likaantumiseen (saprobiaan) tai ravinnepitoisuuksiin (trofiaan) ja indikaattoriarvolla lajin esiintymisen laajuutta saprobian tai trofian suhteen. Ekologisesti laaja-alainen laji soveltuu huonosti indikaattoriksi (Eloranta ym. 2007).

Indeksien tulosten perusteella arvioidaan jokien ekologista tilaa (taulukko 2). IPS-indeksiin (*Indice de polluo-sensitivité*, Cemagref 1982) perustuva luokittelu kuvaa veden laatua (Eloranta ym. 2007). Indeksii kuvaa pääasiassa orgaanista kuormitusta, mutta ilmentää myös rehevöitymistä. Vesien tilan luokittelussa käytetään tyyppilajien määrää kuvaavaa TT- ja ns. prosentuaalinen mallinkaltaisuus, eli PMA-indeksiä. Näiden indeksien luokittelurajat vaihtelevat vesistön tyyppiin sekä maantieteellisen sijainnin (Pohjois- tai Etelä-Suomi) mukaan.

Taulukko 2. Veden laatuluokitus IPS-indeksin perusteella Suomen ympäristökeskuksen ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen luokitteluoppaan ”Pintavesien ekologisen luokittelun vertailuolot ja luokan määrittäminen”, 15.1.2008 mukaan sekä TT- ja PMA-indeksien mukainen luokittelu ympäristöhallinnon päivitetyn luokitteluoheen (7/2012) mukaan.

Luokkaraja /indeksin arvo	Erinomainen / Hyvä	Hyvä / Tyydyttävä	Tyydyttävä / Välttävä	Välttävä / Heikko
IPS	17	15	12	9
TT				
Kt (P)	13,0	9,7	6,5	3,2
Pt (E)	14,7	11,1	7,4	3,7
PMA				
Kt (P)	0,343	0,257	0,171	0,086
Pt (E)	0,360	0,270	0,180	0,090

Happamissa vesissä Omnidian laskemat indeksit pyrkivät antamaan aina erinomaisia tuloksia, joten lisäksi käytettiin Ruotsissa kehitettyä ACID-indeksiä (Andrén & Jarlman 2008), joka mallittaa vesistön happamuutta (taulukko 3). Jos ACID sijoittuu luokkaan E, vesistössä on happamuutta siinä määrin, että IPS ei ole käyttökelpoinen.

Taulukko 3. ACID-indeksin luokkarajat. Luokat C, D, ja E osoittavat happamuutta.

Luokka	A	B	C	D	E
ACID	>7,5	5,8-7,5	4,2-5,8	2,2-4,2	<2,2

IPS-tulosten lisäksi jokien tilaa arvioidaan Suomessa käytettyjen TDI:n ja %PTV:n arvojen kautta. TDI (Trophic Diatom Index; Kelly 1998) on Britanniassa jätevesipuhdistamojen seurantaan kehitetty indeksi, joka korreloi lähinnä veden fosforitason kanssa. Tässä TDI:stä esitetään versio, jossa maksimiarvo on 20 (vähäravinteinen) ja minimiarvo 1 (fosforipitoisuus erittäin korkea; yksikkönä mg/l). Aiemmin kaivoksen ympäristövaikutusten tarkkailussa on vuosina 2008-2013 käytetty versiota, jossa TDI vaihtelee 0-100 välillä. Aikaisempien vuosien TDI/100-indeksiärvot muunnettiin vastaamaan tässä raportissa käytettyä TDI/20-indeksiä, jotta tulokset olisivat vertailukelpoisia. TDI-indeksin tulkinnassa käytetään apuna kuormitusta sietävien lajien osuutta (%PTV; Pollution Tolerant Values), joka kertoo orgaanisesta likaantumisesta. TDI-indeksille ei Suomessa ole virallisesti hyväksyttyjä raja-arvoja, joten tuloksia tulkitaan sanallisesti.

3. PINTAVESIEN LAATU

Pintavesien vedenlaatutuloksia on esitelty laajemmin Terrafamen ympäristötarkkailuun kuuluvissa neljännesvuosiraporteissa ja vuoden 2017 vuosiraportissa.

3.1 Tuhkajoki

Tuhkajoki laskee kaivosalueelta Kolmisopista Jormasjärveen. Yhdessä Korentojoen kanssa se muodostaa 15,4 km mittaisen keskisuureksi turvemaiden joeksi tyytellyn vesimuodostuman, jonka valuma-alue on kooltaan 123,5 km². Tuhkajoen-Korentojoen vesimuodostuman ekologinen tila on luokiteltu tyydyttäväksi ja kemiallinen tila hyvää huonommaksi. Tuhkajoen vedenlaatua seurataan kuukausittain

Tuhkajoen pH oli vuonna 2017 lievästi hapan (pH 6,5) aiempien vuosien tapaan. Happitilanne oli hyvä. Sähkönjohtavuus Tuhkajoessa oli keskimäärin 31 mS/m ollen vuonna 2017 keskimäärin alhaisempi kuin aiempina vuosina. Sulfaattipitoisuus vaihteli välillä 50–230 mg/l. Sulfaatin keskipitoisuus vuonna 2017 oli 130 mg/l, mikä oli selvästi edellisvuosia alhaisempi (2016 208 mg/l ja 2015 205 mg/l ja 2013–2014 251–280 mg/l).

Liukoisen kadmiumin keskipitoisuus oli 0,042 µg/l ja liukoisen nikkelin 5,7 µg/l. Liukoisen nikkelin biosaatava osuus laskettiin Bio-met -mallilla ja Tuhkajoen vuosikeskiarvo 0,89 µg/l jäi alle ainekohtaisen ympäristölaatusnormin (AA-EQS 4 µg/l) tason. Liukoisen uraanin pitoisuus Tuhkajoessa vaihteli välillä <0,1-0,15 µg/l. Metallien pitoisuudet ovat laskeneet vuosittain ja olivat v. 2017 keskimäärin alhaisempia kuin aikaisemmin.

Mangaanin (171 µg/l) ja natriumin (24 mg/l) keskipitoisuudet Tuhkajoessa olivat samalla tasolla Kolmisopen päänlyysveden ja lähtevän veden pitoisuuksien kanssa.

3.2 Kivijoki

Kivijoki laskee Kivijärvestä Laakajärveen. Jokuoman pituus on kaksi kilometriä ja sen valuma-alue on kooltaan 54 km². Kivijoki on tyypiltään pieni turvemaiden joki. Joen ekologinen tila on arvioitu tyydyttäväksi ja kemiallinen tila hyvää huonommaksi. Kivijoen vedenlaatua seurataan kausittain.

Kivijoen veden pH oli keskimäärin 6,2 ja aiemmin havaitulla tasolla. Vesi on runsashumuksista (COD_{Mn} 27 mg/l) ja happitilanne oli virtavesille tyypillisesti hyvä läpi vuoden. Veden sähkönjohtavuus (ka 16 mS/m) ja sulfaattipitoisuus (163 mg/l) olivat hieman alhaisemmat kuin Kivijärven päänlyysvedessä ja olivat Kivijärven päänlyysveden tavoin laskeneet selvästi edellisvuoteen verrattuna.

Liukoisen kadmiumin pitoisuus oli pääosin alle määritysrajan (<0,030 µg/l), ainoastaan maaliskuussa havaittiin alhainen määritysrajan ylittävä pitoisuus 0,046 µg/l. Liukoisen nikkelin pitoisuus vaihteli välillä 1,6-5,6 µg/l. Kaivoksen alueelle on esitetty asiantuntija-arviona korkeampia ympäristölaatusnormeja mm. nikkelin pitoisuudelle, johtuen alueellisesti korkeista taustapitoisuuksista. Normit koskevat nikkelin kokonaispitoisuutta ja normi on Kivijoesta Laakajärveen saakka 21 µg/l. Havaittua liukoisen nikkelin pitoisuutta ei voi suoraan verrata lupapäätöksen ympäristölaatusnormiin joka on esitetty kokonaispitoisuutena. Kivijoen liukoisen nikkelin havaituista pitoisuuksista laskettiin Bio-met -mallilla biosaatava pitoisuus. Liukoisen biosaatavan nikkelin vuosikeskiarvo oli 0,50 µg/l eikä vuosikeskiarvolle asetettu ympäristölaatusnormi AA-EQS 4 µg/l ylittynyt.

Liukoisen uraanin pitoisuus vaihteli välillä <0,10-0,19 µg/l ja oli hieman laskenut edellisvuoteen verrattuna. Mangaanin pitoisuus oli keskimäärin 215 µg/l ja natriumin 13 mg/l. Pitoisuudet olivat laskeneet selvästi aiempaan verrattuna.

4. PIILEVÄYHTEISÖT

4.1 Indeksit

Oulujoen ja Vuoksen suunnan vesistöjen piileväaineiston perustiedot ja tärkeimmät Omnidia-ohjelmiston laskemat muuttujat vuosilta 2008-2017 on esitetty taulukossa 4. Piilevien lajilista on liitteenä 3.

Näytteistä laskettujen kuorien lukumäärä oli vuoden 2017 näytteissä aiemmin havaitulla tasolla Taksonimäärä oli molemmilla tarkkailupisteillä aiempaa suurempi. Tuhkajoella havaittiin 44 eri taksonia kun aiemmin tarkkailuissa taksonimäärä on vaihdellut välillä 29-40. Kivijoella havaittiin 34 taksonia, kun vuosina 2013-2015 määrä on vaihdellut välillä 21-29.

Taulukko 4. Jokinäytteistä laskettujen leväyksikköjen (piileväkuorien) määrä, havaittujen taksonien lukumäärä sekä luokitteluindeksien saamat arvot.

	Oulujoen suunta Tuhkajoki	Vuoksen suunta Kivijoki
Kuorien määrä		
2008	418	nd
2010	428	nd
2013	444	424
2014	420	417
2015	410	433
2017	424	450
Taksonit		
2008	37	nd
2010	35	nd
2013	37	29
2014	29	22
2015	40	21
2017	44	34
TT40		
2017	11	12
PMA		
2017	0,497	0,338
ACID		
2008	1,9	nd
2010	2,4	nd
2013	6,47	6,78
2014	4,77	4,59
2015	5,04	5,88
2017	4,81	4,46
IPS		
2008	19,4	nd
2010	18,4	nd
2013	17,7	15
2014	16,8	15,3
2015	18	17,2
2017	18,5	18,9

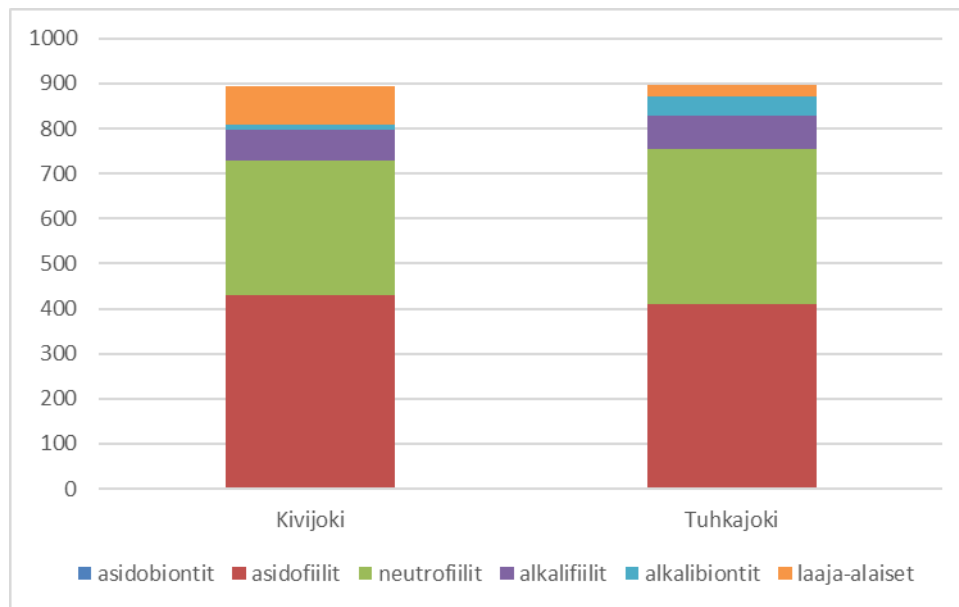
Vuoden 2017 tulosten perusteella tyyppiominaisten taksonien määrä (TT40) molemmilla tarkkailupisteillä viittaa hyvään tilaan. Prosenttinen mallinkaltaisuus (PMA) viittaa Tuhkajoella erinomaiseen tilaan ja Kivijoella hyvään tilaan. TT40- ja PMA-indeksien arvot määritettiin nyt ensimmäistä kertaa. Aiemmin käytössä ollut IPS indeksi viittasi nyt erinomaiseen tilaan molemmilla tarkkailupaikoilla ja indeksin arvo oli noussut edellisiin tarkkailukertoihin verrattuna.

4.2 Ekologiset jakaumat

Lajien ekologista jakaumaa tutkittiin levien ravinnevaatimusten, saprobian, pH:n, suolaisuuden ja tyyppiaineenvaihdunnan suhteen sekä jakautumista makean- ja murtoveden lajistoon. Tässä raportissa keskitytään tarkastelemaan lajistoa erityisesti pH- ja suolaisuusvaatimusten osalta, sillä näiden voidaan katsoa kytkeytyvän kaivoksen kuormitukseen. Kaikkien ekologisten jakaumien tulokset on esitetty liitteessä 4.

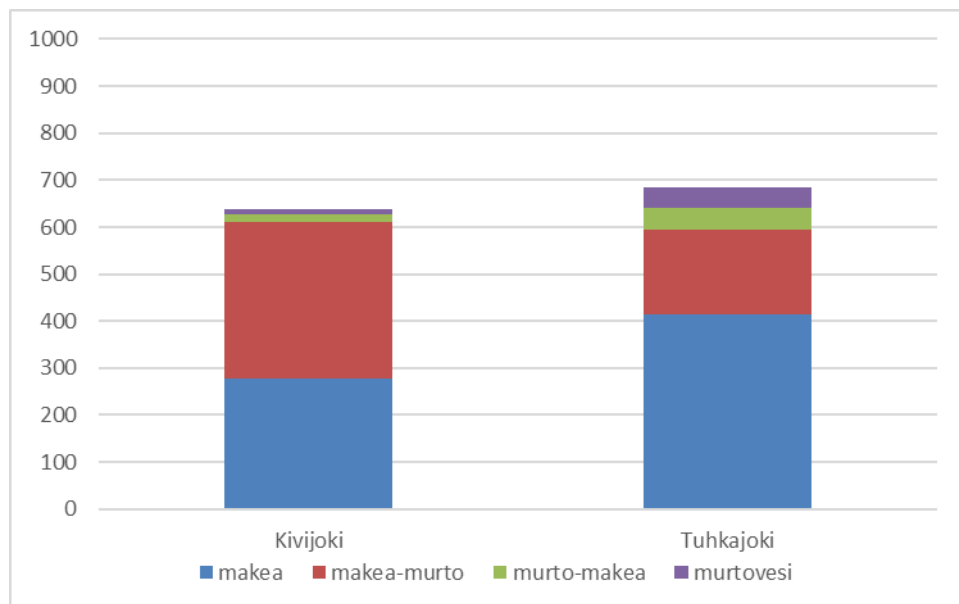
Sekä Tuhkajoella että Kivijoella näytteissä havaittiin eniten asidofiileja eli hieman happaman ympäristön lajeja. Valtaosa lajistosta molemmilla pisteillä lukeutuu neutrofiileihin tai asidofiileihin (pH <7) lajeihin (kuva 2). Alueen vesistöt ovat luontaisesti humuksen vaikutuksesta lievästi happamia, joten asidofiilien suuri osuus on vesistöille tyypillistä. Tuhkajoella selvästi emäksisen ympäristön lajien osuus oli vähentynyt. Kivijoella hapanta ympäristöä suosivien lajien osuus lajistossa

oli kasvanut ja emäksisen ympäristön lajien osuus vähentynyt edelliseen tarkkailuvuoteen verrattuna.



Kuva 2. Määritettyjen piileväkuorien jakautuminen (‰) eri pH-tasojen suosiviin lajeihin virtavesinäytteissä.

Lajiston suolaisuusvaatimusten perusteella (kuva 3) lajistossa havaittu murtoveden lajisto on vähentynyt ja valtaosa lajistosta on puhtaasti makean veden tai makea-murtoveden lajistoa. Tuhkajoella selvästi suolaisen ympäristön lajiston osuus on tippunut yli 10 %:sta alle 5 %:iin ja Kivijoen yli 10 %:sta noin 1 %:iin. Tämä voi olla seurausta sulfaattipitoisuuden alenemisesta.



Kuva 3. Määritettyjen piileväkuorien jakautuminen (‰) eri suolaisuustasojen suosiviin lajeihin jokinäytteissä.

5. TULOSTEN TARKASTELU

5.1 Tuhkajoki

Tuhkajoen näyte koostui pääosin jokityypille tyypillisistä taksoneista, mm. *Achnantheidium minutissimum*, *Gomphonema exilissimum*, *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia*-suku. *Diatoma moniliformis* havaittiin noin 4,5 %:n osuudella ja *Diatoma tenuis* noin 3,5 %:n osuudella. Vuoden 2015 näytteessä *D. moniliformis* havaittiin selvästi runsaampana, noin 12 %:n osuudella.

Lajistoa kuvaavista indekseistä PMA- ja IPS-indeksin perusteella Tuhkajoki on erinomaisessa tilassa ja TT40-indeksin perusteella hyvässä ekologisessa tilassa. Näyte edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa keskimäärin kasvukauden aikana.

5.2 Kivijoki

Kivijoen näytteessä runsaimpia taksoneita ovat tyypilliset *Achnantheidium minutissimum*, *Fragilaria gracilis*, *Aulacoseira tenella*, sekä *Eunotia*-suvun lajit. Selkeästi luonnontilaisuudesta poikkeavina havaitaan *Gomphonema parvulum f. parvulum*, *Diatoma tenuis* ja *D. moniliformis* kukin noin 1 %:n osuudella. Murtovesissä yleinen *Diatoma moniliformis* on havaittu aikaisemmassa seurannassa suuremmalla osuudella (v. 2014 noin 15 %). Tutkitun näytteen perusteella Kivijoen veden laatu on lähempänä luonnontilaista kuin vuonna 2015, ja edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa.

5.3 Vertailu edellisiin vuosiin

Laskettujen kuorien määrä on pysynyt melko vakiona kaikkina tutkimusvuosina, nyt taksonimäärien havaittiin hieman kasvaneen sekä Tuhkajoen että Kivijoen näytteissä aiempaan verrattuna.

Kaivostoiminnan vaikutus on näkynyt erityisesti murtovettä (suolaisuutta) ja alkalisuutta (emäksisyyttä) suosivan lajiston lisääntymisenä. Vuonna 2008 murtovettä suosivia lajeja ei vielä juurikaan esiintynyt, mutta vuoden 2010 tutkimuksen jälkeen murtovesilajiston osuus näytteissä kasvoi. Vuonna 2014 murtovesilajistoa tavattiin runsaasti tai melko runsaasti sekä Tuhkajoen että Kivijoen näytteistä. Vuoden 2015 näytteissä suolaisen ympäristön lajisto oli hieman vähentynyt ja nyt 2017 edelleen vähentynyt. Alkalisia oloja suosivien lajien osuus oli myös edelleen vähentynyt edellisvuodesta.

Tarkkailussa laskettiin ensimmäistä kertaa TT40- ja PMA-indeksien arvot aiemmin käytetyn IPS-indeksin rinnalla. TT40 ja PMA ovat käytössä valtakunnallisessa vesistöjen ekologisen tilan luokittelussa. IPS-indeksin perusteella Tuhkajoen ja Kivijoen ekologinen tila on edelleen erinomainen ja jopa kohentunut. TT40- sekä PMA-indeksit viittaavat molemmissa vesistöissä hyvään tai erinomaiseen tilaan.

6. YHTEENVETO

Tässä raportissa on kuvattu Terrafamen kaivoksen ympäristötarkkailuun kuuluvan piilevätutkimuksen tulokset vuodelta 2017. Selvityksessä tutkittiin kaivosalueelta lähtevien vesien vaikutusta Tuhkajoen ja Kivijoen päällyslevästöön. Tutkimuksen tarkoituksena oli kerätä tietoa näiden vesimuodostumien ekologisesta tilasta, ravinteisuudesta sekä orgaanisesta kuormituksesta.

Tuhkajoen näyte edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa keskimäärin kasvukauden aikana. Kivijoen veden laatu on lähempänä luonnontilaista kuin vuonna 2015, ja edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa.

Tarkkailua suositellaan jatkettavan tarkkailuohjelman mukaisesti ja käytettävän jatkossa sekä TT40-, PMA- että IPS -indeksejä tilan kehittymisen seurannassa.

7. KIRJALLISUUS

Cemagref 1982. Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux., Q.E. Lyon-A.F.Bassion Rhône-Méditerranée-Corse: 218.

Ecomonitor Oy, 2014. Kittilän kaivoksen vesistötarkkailu – piilevämääritykset syyskuu 2014. 4.11.2014. 11 s.

Eloranta, P., 2009. Kevitsan kaivoksen alapuolisten vesistöjen tarkkailu, Liite 5: Piilevätutkimusten tulokset 2009. Julkaisussa Lapin vesitutkimus Oy, 2010. Kevitsan kaivoksen rakentamista edeltävä vesistötarkkailu 2008–2009. 20173/2010.

Eloranta P., Karjalainen S., Vuori K-M., 2007. Piileväyhteisöt jokivesien ekologisen tilan luokittelussa ja seurannassa – menetelmäohjeet. Ympäristöopas, 58 s. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu. ISBN 978-952-11-2570-6 (PDF)

European Standard EN 14407, 8/2004. Water quality - Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters.

Hakala, A. 2013. Agnico-Eagle Finland Oy. Kittilän kaivoksen biologinen tarkkailu pintavesissä – piilevät 2013. 7 s.

Oravainen, R 1999. Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi havaintoesimerkein varustettuna. 24 s.

LIITE 1

ECOMONITOR OY:N RAPORTTI VUODEN 2017 PIILEVÄTUTKIMUKSISTA



Raportti 27.12.2017

Juha Miettinen

Terrafamen kaivoksen vesistötarkkailu
– piilevämäärietykset syksy 2017



Raportti 27.12.2017

Juha Miettinen

Piilevämääritykset syksy 2017

Ecomonitor Oy
Länsikatu 15
80110 JOENSUU

puh. +358-404117913
<http://www.ecomonitor.fi>

Tekijä: Juha Miettinen, FT

Tilaaja: Ramboll Finland Oy
Katariina Koikkalainen
Niemenkatu 73
15140 LAHTI

SISÄLTÖ

JOHDANTO4

MENETELMÄT4

TULOKSET6

TULOSTEN TARKASTELU8

KIRJALLISUUS9

MÄÄRITYSKIRJALLISUUS9

JOHDANTO

Osana kaivoksen vesistötarkkailuja kerätään näytteitä päällysleväyhteisöistä (vedessä erilaisilla pinnoilla kasvavat levät). Piikuoriset piilevät muodostavat huomattavan osan päällyslevien yhteisöstä useimmissa vesiympäristöissä Suomen oloissa, ja niitä käytetään standardien mukaisesti kuvaamaan pohjalevien ekologista tilaa.

Tässä työssä tutkittiin kaksi kappaletta Eurofins Environment Testing Finland Oy:n 23.10.2017 keräämää piilevänäytettä kaivosalueen etelä- ja pohjoispuolisista virtavesistä (Taulukko 1). Tavoitteena on seurata virtavesien ekologista tilaa, ja luokitella tutkittujen vesimuodostumien ekologinen tila pohjalevien osalta.

Kaikki määritykset on tehnyt FT Juha Miettinen. Määritysaineisto on saatavissa digitaalisessa muodossa taulukkoina sekä Omnidia-ohjelmiston siirtotiedostona.

Taulukko 1. Tutkitut virtavesinäytteet.

Paikka	ETRS (Y)	ETRS (X)	pvm
Kivijoki	7087909	544863	23.10.2017
Tuhkajoki	7102413	554084	23.10.2017

MENETELMÄT

Näytteistä poistettiin orgaaninen aines vetyperoksidimenetelmällä, ja valmistettiin kolme kappaletta kestopreparaatteja kustakin näytteestä. Preparaatit lähetetään Suomen Ympäristökeskuksen piileväarkistoon. Preparaattien valmistus ja piilevien määritykset tehtiin kansallisten ohjeiden (Eloranta ym. 2007) ja eurooppalaisen standardin (CEN 2004) mukaisesti. Määritykset tehtiin käyttäen LeicaDM2000 tutkimusmikroskooppia faasikontrastilla, 10× okulaarilla ja 100× objektiivilla (1000× suurennos).

Määritystulosten pohjalta laskettiin **Omnidia v. 5.2**-ohjelmistolla (päivitysversio 2015) piileväindeksien arvot (/20) kullekin näytteelle, sekä erilaisiin ekologisiin ryhmiin kuuluvien piilevien osuuksia (ekologiset jakaumat).

Suomessa virtavesien päällykslevien perusteella määräytyvät ekologisten laatuluokkien rajat määritellään IPS-indeksin (*Indice de polluo-sensitivité*, Cemagref 1982) arvoina (Taulukko 2), minkä lisäksi muita indeksejä ja ekologisia jakaumia voidaan käyttää apuna ekologisen laadun luokituksessa erityisesti humuspitoisissa vesissä. IPS-arvo osoittaa lähinnä veden ravinnetasoa (orgaaninen ja epäorgaaninen kuormitus); muiden tekijöiden merkitys on arvioitava eri menetelmillä. IPS-indeksin virhemarginaalina määrittästyön osalta kokeneella määrittäjällä pidetään $\pm 0,5$ IPS-yksikköä, kun $IPS > 12$, ja ± 1 IPS-yksikkö, kun $IPS < 12$ (Kahlert ym. 2009).

Taulukko 2. Ekologisten laatuluokkien luokkarajat päällyksleville Suomen ympäristökeskuksen ja Riista- ja kalatalouden tutkimuslaitoksen luokitteluoppaan ”Pintavesien ekologisen luokittelun vertailuolot ja luokan määrittäminen”, 15.1.2008, mukaan.

Laatuluokka	Erinomainen	Hyvä	Tyydyttävä	Välttävä	Huono
IPS-indeksin arvo	17–20	15–17	12–15	9–12	0–9

IPS-tulosten lisäksi esitetään Suomessa käytettyjen TDI:n ja %PTV:n arvot. TDI (*Trophic Diatom Index*; Kelly 1998) on Britanniassa jätevesipuhdistamojen seurantaan kehitetty indeksi, joka korreloi lähinnä veden fosforitason kanssa. Tässä TDI:stä esitetään versio, jossa maksimiarvo on 20 (vähäravinteinen) ja minimiarvo 1 (fosforipitoisuus erittäin korkea; yksikkönä mg/l). TDI-indeksin tulkinnassa käytetään apuna kuormitusta sietävien lajien osuutta (%PTV; Pollution Tolerant Values), joka kertoo orgaanisesta likaantumisesta.

Happamissa vesissä Omnidian laskemat indeksit pyrkivät antamaan aina erinomaisia tuloksia, joten lisäksi käytettiin Ruotsissa kehitettyä ACID-indeksiä (Andrén & Jarlman 2008), joka mallittaa vesistön happamuutta (Taulukko 3). Jos ACID sijoittuu luokkaan E, vesistössä on happamuutta siinä määrin, että IPS ei ole käyttökelpoinen.

Taulukko 3. ACID-indeksin luokkarajat. Luokat C, D, ja E osoittavat happamuutta.

Luokka	A	B	C	D	E
ACID	>7,5	5,8-7,5	4,2-5,8	2,2-4,2	<2,2

Omnidia-ohjelmisto luokittaa piilevätaksonit erilaisten ympäristövaatimusten suhteen (pH, suolaisuus, typpiaineenvaihdunta, happipitoisuus, saprobia, trofiataso, kuivumisen kesto). Luokittelu eri tekijöiden mukaan perustuu julkaisuun Van Dam ym. (1994). Lajiston jakautuminen

eri luokkiin esitetään ns. ekologisina jakaumina (luokkien osuudet näytteen koostumuksesta), jotka havainnollistavat lajiston vaatimia olosuhteita. Ekologisista jakaumista käytetään määrittystulosten tulkinnassa tähän seurantaan soveltuvina pH-, suolaisuus- ja trofiavaatimuksia.

TULOKSET

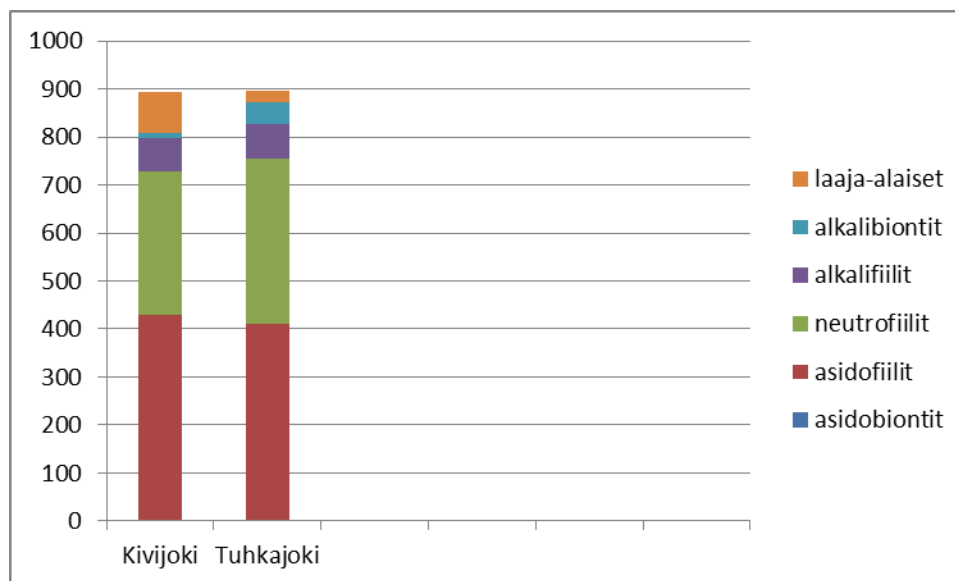
Taulukossa 4 on esitetty aineiston perustiedot ja tärkeimmät Omnidia-ohjelmiston laskemat muuttujat.

Taulukko 4. Jokinäytteistä laskettujen leväyksikköjen (piileväkuorien) määrä ja taksonien lukumäärä, ACID-arvot, sekä tärkeimpien Omnidia-ohjelmiston indeksien arvot.

Paikka	Kuoria	Taksonit	ADMI μm	ACID	IPS	TDI	%PT
Kivijoki	450	34	2,76	4,46	18,9	14,1	1,3
Tuhkajoki	424	44	2,80	4,81	18,5	13,7	1,9

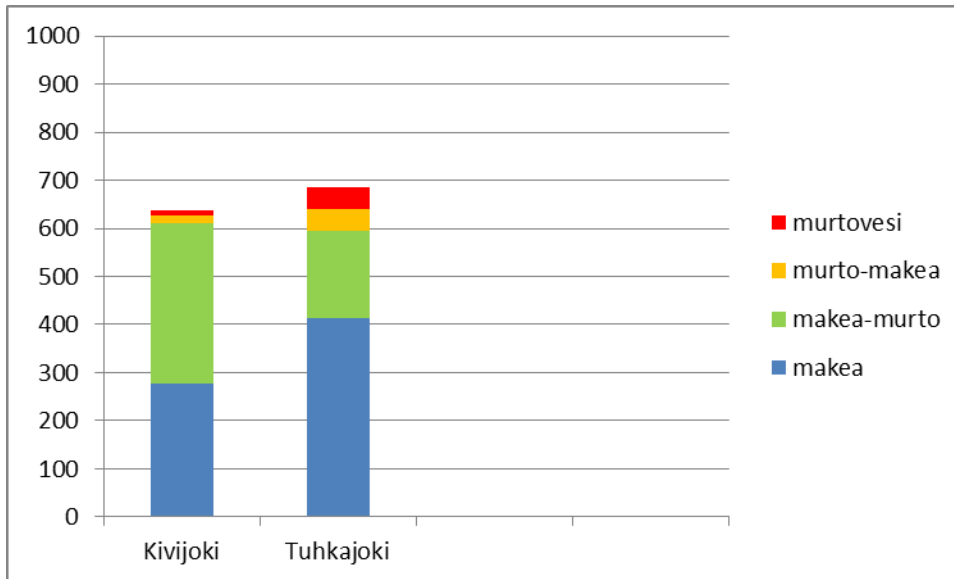
ACID-arvojen perusteella näytteet eivät edusta voimakasta veden happamuutta. IPS:n perusteella näytteet sijoittuvat erinomaiseen laatuluokkaan. TDI-arvot ovat melko vähäravinteisella tasolla.

Ekologisista jakaumista tarkasteltaessa lajistojen pH-vaatimuksia (Kuva 1), nähdään että näytteissä on pääosin asidofiileja (pH < 7 suosivia) ja neutrofiilejä piileviä. Alkalifiileja havaitaan alle 10 %:n osuudella. Alueen vesistöt ovat luontaisesti humuksen vaikutuksesta lievästi happamia.



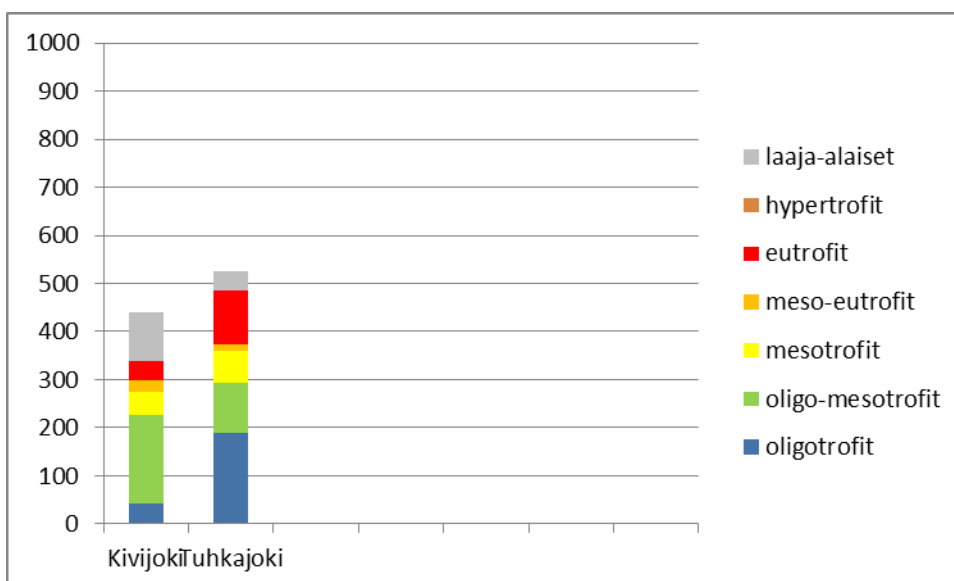
Kuva 1. Määritettyjen piileväkuorien jakautuminen (%) eri pH-tasojen suosiviin lajeihin virtavesinäytteissä.

Kuvassa 2 esitetään lajitojen suolaisuusvaatimukset eri näytteissä. Näytteissä havaitaan pieniä määriä suolaista vettä suosivia piileviä, Kivijoessa alle 3 % ja Tuhkajoessa noin 8 %.



Kuva 2. Määritettyjen piileväkuorien jakautuminen (‰) eri suolaisuustasoja suosiviin lajeihin jokinäytteissä.

Ravinteisuusvaatimukset (trofiataso) ovat suurelta osin luokittelemattomia tutkittujen näytteiden piileville (Kuva 3). Molemmissa näytteissä vähäravinteisuutta suosivia oligotrofeja on kuitenkin enemmän kuin runsasravinteisuutta suosivia eutrofeja.



Kuva 3. Määritettyjen piileväkuorien jakautuminen (‰) eri trofiatasoja suosiviin lajeihin jokinäytteissä.

TULOSTEN TARKASTELU

Kivijoki

Kivijoen näytteessä runsaimpia taksoneita ovat tyypilliset *Achnanthydium minutissimum*, *Fragilaria gracilis*, *Aulacoseira tenella*, sekä *Eunotia*-suvun lajit. Selkeästi luonnontilaisuudesta poikkeavina havaitaan *Gomphonema parvulum* f. *parvulum*, *Diatoma tenuis* ja *D. moniliformis* kukin noin 1 %:n osuudella. Murtovesissä yleinen *Diatoma moniliformis* on havaittu aikaisemmassa seurannassa suuremmalla osuudella (v. 2014 noin 15 %).

Tutkitun näytteen perusteella Kivijoen veden laatu on lähempänä luonnontilaista kuin vuonna 2015, ja edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa.

Tuhkajoki

Tuhkajoen näyte koostuu pääosin tyypillisistä taksoneista, mm. *Achnanthydium minutissimum*, *Gomphonema exilissimum*, *Tabellaria flocculosa*, *Eunotia*-suku. *Diatoma moniliformis* havaitaan noin 4,5 %:n osuudella ja *Diatoma tenuis* noin 3,5 %:n osuudella. Vuoden 2015 näytteessä *D. moniliformis* havaittiin noin 12 %:n osuudella.

IPS-arvo sijoittuu erinomaiseen laatuluokkaan. Veden laatu on piilevien koostumuksen perusteella ollut pääosin tyypillinen humushapan ja vähäravinteinen. Alkaalista ja suolaista vettä vaativa *Diatoma moniliformis* havaitaan pienemmällä osuudella kuin vuonna 2015. Näyte edustaa vähintään hyvää päällyslevästön ekologista tilaa keskimäärin kasvukauden aikana.

KIRJALLISUUS

- Andrén, C. and Jarlman, A. (2008). Benthic diatoms as indicators of acidity in streams. *Fundamental and Applied Limnology* 173/3 : 237-253.
- Cemagref (1982). Etude des méthodes biologiques d'appréciation quantitative de la qualité des eaux., Q.E. Lyon-A.F.Bassion Rhône-Méditerranée-Corse: 218.
- CEN/TC 230 (2004) Water quality – Guidance standard for the identification, enumeration and interpretation of benthic diatom samples from running waters. *European Standard EN 14407*, 8/2004.
- Eloranta, P., Karjalainen, S.-M. & Vuori, K.-M. (2007) Piilevyyhteisöt jokivesien ekologisen tilan luokittelussa ja seurannassa – menetelmäohjeet. Ympäristöopas 2007.
- Kahlert, M. et al. (2009). "Harmonization is more important than experience - results of the first Nordic-Baltic diatom intercalibration exercise 2007 (stream monitoring)." *Journal of Applied Phycology* 21: 471–482.
- Kelly M.G. (1998) Use of the Trophic Diatom Index to monitor eutrophication in rivers. *Wat. Res.* 32: 236-242.
- Van Dam H., Mertens A & Sinkeldam J (1994) A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands, *Netherlands Journal of Aquatic Ecology* 28, 117-133.

MÄÄRITYSKIRJALLISUUS

- Cantonati M., Kelly M.G. & Lange-Bertalot H. 2017. *Freshwater Benthic Diatoms of Central Europe: Over 800 Common Species used in Ecological Assessment*. Koeltz Botanical Books.
- Krammer K. & Lange-Bertalot H. 1986-1991. Bacillariophyceae. Teil 1-4. *Süßwasserflora von Mitteleuropa*, Band 4/1-4. G. Fischer Verlag, Stuttgart.
- Lange-Bertalot H. (2001) *Diatoms of Europe*, vol. 2. *Navicula sensu stricto* – 10 genera separated from *Navicula sensu lato* *Frustulia*. A.R.G. Gantner-Verlag K.G.

LIITE 2
KARTTA TUTKIMUSALUEESTA

● Piilevätarkkailupiste

□ Kaivospiiri

● **Jormasjoki**

● **Tuhkajoki**

● **Kalliojoki**

● **Lumijoki**

● **Kivijoki**

● **Laakajoki Multa-Väära**

● **Nurmijoki Haapakoski**

0 20,00
kilometres



LIITE 3
PIILEVÄLAJILISTA

Taksoni	Koodi	Huom.	Kivijoki	Tuhkajoki
Achnantheidium minutissimum (Kützing) Czarnecki group 2	ADM2	2.2-2.8 um	49	83
Adlafia minuscula (Grunow) Lange-Bertalot	ADMS		1	0
Aulacoseira alpigena(Grunow) Krammer	AUAL		7	0
Aulacoseira subarctica (O.Muller) Haworth	AUSU		1	0
Aulacoseira tenella (Nygaard) Simonsen	AUTL		37	1
Aulacoseira valida(Grunow)Krammer	AUVA		2	0
Brachysira garrensis (Lange-Bertalot & Krammer) Lange-Bertalot	BGAR		2	3
Brachysira neoexilis Lange-Bertalot	BNEO		16	5
Caloneis tenuis (Gregory) Krammer	CATE		0	2
Cyclotella meneghiniana Kützing	CMEN		1	2
Diatoma moniliformis Kützing ssp.moniliformis (moniliforme?)	DMON		5	19
Diatoma tenue Agardh	DITE		6	15
Encyonema silesiacum (Bleisch in Rabh.) D.G. Mann	ESLE		0	2
Encyonopsis subminuta Krammer & Reichardt	ESUM		0	2
EUNOTIA C.G. Ehrenberg	EUNO		5	5
Eunotia bilunaris (Ehr.) Mills var. bilunaris	EBIL		38	10
Eunotia botuliformis Wild, Nörpel-Schempp & Lange-Bertalot	EBOT	cf.	42	14
Eunotia implicata Nörpel-Schempp Alles & Lange-Bertalot in Alles & al.	EIMP		22	14
Eunotia incisa Gregory var.incisa	EINC		0	14
Eunotia meisterioides Lange-Bertalot	EMEO		1	11
Eunotia minor (Kützing) Grunow in Van Heurck	EMIN	s.l.	20	39
Eunotia mucophila (Lange-Bertalot&Nörpel Schempp) Lange-Bertalot	EMUC		0	11
Eunotia paratridentula Lange-Bertalot & Kulikovskiy in Kulikovskiy	EPTD		19	1
Eunotia pectinalis (Kützing) Rabenhorst var.pectinalis	EPEC		4	0
Eunotia rhomboidea Hustedt	ERHO		0	23
Eunotia serra Ehrenberg var.serra	ESER		0	0
Eunotia tenella (Grunow in Van Heurck) Hustedt in Schmidt & al	ETEN		0	1
Eunotia tridentula Ehrenberg	ETRI		0	0
Eunotia undulata Grunow in Moeller	EUND		0	2
Fragilaria capucina Desmazieres	FCAP	lajirymä	3	0
Fragilaria gracilis Rstrup	FGRA		64	21
Fragilaria mesolepta Rabenhorst	FMES		4	0
Fragilaria nanana Lange-Bertalot	FNAN		0	1
Frustulia erifuga Lange-Bertalot & Krammer	FERI		0	11
GOMPHONEMA C.G. Ehrenberg	GOMP		1	3
Gomphonema exilissimum(Grun.) Lange-Bertalot & Reichardt	GEXL		11	26
Gomphonema parvulum (Kützing) Kützing var. parvulum f. parvulum	GPAP		6	6
Gomphonema truncatum Ehr.	GTRU		0	0
Gomphonema varioreduncum Jüttner, Ector, Reichardt, Van de Vijver & Cox	GVRD		37	17
Microcostatus maceria (Schimanski) Lange-Bertalot. Kusber & Metzeltin	MMAC		8	7
Navicula angusta Grunow	NAAN		0	1
Navicula cryptocephala Kützing	NCRY		0	1
Navicula gregaria Donkin	NGRE		0	2
Navicula notha Wallace	NNOT		1	1
Navicula rhynchocephala Kützing	NRHY		0	3
Nitzschia alpina Hustedt	NZAL		0	2
Nitzschia dissipata (Kützing) Grunow ssp.dissipata	NDIS		0	3
PINNULARIA C.G. Ehrenberg	PINU		2	1
Pinnularia subcapitata Gregory var. subcapitata	PSCA		0	5
Pinnularia viridis (Nitzsch) Ehrenberg var.viridis morphotype 1	PVIR		0	0
Placoneis elginensis (Gregory) Cox	PELG		0	3
Sellaphora pupula (Kützing) Mereschkowksy	SPUP		0	2
Staurosira brevistriata (Grunow) Grunow	SBRV		7	2
Staurosira construens Ehrenberg	SCON		11	1
Tabellaria fenestrata (Lyngbye) Kützing	TFEN		1	0
Tabellaria flocculosa (Roth) Kützing	TFLO		15	26
Ulnaria ulna (Nitzsch) Compčre	UULN		1	0

LIITE 4
PIILEVÄINDEKSIEN TULOKSET

No	4326	4327
ETRS (Y)	7087909	7102413
ETRS (X)	544863	554084
pvm	23.10.2017	23.10.2017
Paikka	Kivijoki	Tuhkajoki
Kuoria	450	424
Taksonit	34	44
ADMI µm	2,76	2,80
ACID	4,46	4,81
IPS	18,9	18,5
TDI	14,1	13,7
%PT	1,3	1,9
Tyyppi	Pt E	Kt E
Paikka	Kivijoki	Tuhkajoki
TT40	12	11
TT luokka	Hyvä	Hyvä
PMA	0,3384	0,4971
PMA luokka	Hyvä	Erinomainen
Taksonit	27	36
Yksiköt	400	399
SLA	16,3	16
DESCY	18,5	18,1
IDSE/5	4,15	4,15
SHE	15,9	15,9
WAT	11,9	13,5
GENRE	16,9	17,3
CEE	17,5	17,5
IBD	20	20
IDAP	14	12
EPI-D	16,5	14,8
DI CH	15,5	14,7
IDP	11,6	9,5
LOBO	2,8	4
SID	18	18
TID	15	14,8

LIITE 5
PIILEVIEN EKOLOGISET JAKAUMAT

PREP. N°

Kivijoki

Tuhkajoki

Van Dam 1994

pH		
asidobiontit	0	0
asidofiilit	429	410
neutrofiilit	300	344
alkalifiilit	69	73
alkalibiontit	11	45
laaja-alaiset	84	24
SUOLAISUUS		
makea	278	413
makea-murto	333	182
murto-makea	16	45
murtovesi	11	45
N-HETEROTROFIA		
autotrofit herkäät	391	356
autotrofit kestävät	109	134
heterotrofit fakult.	16	19
heterotrofit	0	0
HAPPIPITOISUUS		
100 %	271	316
75 %	120	75
50 %	16	59
30 %	13	26
10 %	2	5
SAPROBIA		
oligosaprobit	282	382
beta-mesosaprobit	162	120
alfa-mesosaprobit	13	52
meso-polysaprobit	18	19
polysaprobit	0	0
TROFIATASO		
oligotrofit	42	189
oligo-mesotrofit	184	104
mesotrofit	49	66
meso-eutrofit	24	14
eutrofit	40	111
hypertrofit	0	0
laaja-alaiset	102	42
KOSTEUS		
akvaattiset	56	42
aerofiilit sat.	56	99
akvaattiset-aero	213	281
aerofiilit	47	123
terrestriset	0	0