KORSHOLMS KOMMUN
MUSTASAAREN KUNTA

Vipuvoimaa EU:lta 2007–2013

Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Iskmosundenin luonnontaloudellinen esiselvitys ja kunnostussuunnitelma 2014

UPI

Olli-Matti Kärnä, FM

21.8.2014

Sisällysluettelo

1. Johdanto ... 3
1.1. Lyhyesti järvien rehevöitymisestä ... 4
2. Tutkimusalueen kuvaus ... 5
3. Selvitykset ja tutkimustulokset ... 7
3.1. Vedenlaatu ... 7
3.1.1. Happipitoisuus ja hapen kyllästysaste ... 8
3.1.2. Ravinteet ja klorofylli-a ... 10
3.1.3. Alkaliniteetti ja pH ... 13
3.1.4. Rauta ... 14
3.1.5. Kiintoaines ja sameus ... 15
3.1.6. Väri ... 17
3.1.7. Sähkönjohtavuus ... 17
3.1.8. Valuma-alueen ojat ... 18
3.2. Sedimentti ... 21
3.2.1. Ravinteet ... 23
3.2.2. Raskasmetallit ... 25
3.3. Kalasto ... 26
3.3.1. Nordic-koekalastus ... 26
3.3.2. Kalojen nousukyky ... 28
3.3.3. Kalastuskysely ... 29
4. Yhteenveto järvien tilasta ... 30
5. Suunnitellut toimenpiteet ... 32
5.1. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen ... 33
5.1.1. Haja-asutuksen jätevedet ... 33
5.1.2. Maa- ja metsätalouden suoja-alueet ... 34
5.1.3. Laskeutusaltaat/lietekuopat ... 35
5.1.4. Byträsketin kosteikko ... 36
5.1.5. Valuma-alueen kalkitukset ... 37
5.1.6. Vältettävät toimenpiteet ... 38
5.2. Järviin kohdistuvat toimenpiteet ... 40

5.2.1. Monitavoitteellinen ruoppaus ... 40
5.2.2. Vesikasvillisuuden vähentäminen ... 42
5.2.3. Hapetus ... 42
5.2.4. Biomanipulaatio ... 43
5.2.5. Kuivattaminen ... 44
5.2.6. Vedenpinnan nosto ... 45
5.2.7. Pohjasedimentin peittäminen ... 46
5.2.8. Muut menetelmät ja kunnostusmenetelmien vertailu ... 46
5.3. Vaikutusten arviointi ... 48
5.3.1. Hapetus ... 48
5.3.2. Monitavoitteellinen ruoppaus ... 49
5.3.3. Iskmo sundin vedenpinnan nosto ... 53
6. Kustannusarvio ... 54
6.1. Hapetus ... 54
6.2. Ruoppaus ... 54
6.3. Valuma-alueen vesiensuojelulliset toimet ... 56
7. Kunnostuksen toteuttaminen ja aikataulu ... 56
7.1. Toimenpiteiden luvanvaraisuuus ... 58
8. Yhteenveto ... 59
9. Lähteet ... 60
Liitteet ... 63

Kannen kuvat: Olli-Matti Kärnä 17.6.2014.

1. Johdanto

Iskmosundenin järvenhoitoyhdistys (Föreningen Iskmosunden) perustettiin 25.9.2012. Kipinänä yhdistyksen perustamiselle oli osaltaan paikallisten ja kesäasukkaiden keskuudessa herännyt huoli Iskmon alueen järvien tilasta ja havaitusta rehevöitymiskehityksestä. Yhdistys aloitti yhteistyössä Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY) viranomaisten kanssa suunnitelmat järvien tilan selvittämiseksi ja kunnostussuunnitelmien laatimiseksi. Lopulta perustettiin Iskmosundenin esiselvitys ja suunnitteluprojekti (UPI), joka käynnistyi vuonna 2013. Projektiin saatiin rahoitusta Euroopan aluekehitysrahastosta ja lisäksi Mustasaaren kunta on toiminut projektin osarahoittajana. UPI-projektin ensimmäisenä tavoitteena on ollut selvittää perusteellisesti järvien nykyinen tila muun muassa vedenlaatutietoja keräämällä. Tietojen perusteella on pyritty luomaan kokonaiskuva alueen järvistä ja niiden ongelmakohdista. Tämän jälkeen on saatettu arvioida järvien kunnostustarvetta erilaisten tavoitteiden näkökulmasta.

Tähän loppuraporttiin sisältyy kaksi laajempaa kokonaisuutta. Ensimmäinen osa on niin sanottu luonnontaloudellinen selvitys, mikä sisältää tuloksia niin vedenlaadusta kuin järvien eliöstöstä. Projektin puitteissa on tehty vuosien 2013–2014 aikana useita tutkimuksia, joiden tarkoituksena on ollut arvioida Iskmosundenin vesistöjen tilaa. Iskmosundenilla viitataan tässä työssä neljän vesimuodostuman kokonaisuuteen eli Iskmo sund, Skatasund, Strömsund ja Vekasund. Tila-arviointi perustuu vuoden aikana tehtyihin vedenlaatu-, sedimentti-, kala-, kasvillisuus-, linnusto- ja pohjaeläinselvityksiin. Kasvillisuus- ja linnusto sekä pohjaeläinselvitykset tehtiin erillisinä töinä (Kanckos 2013; Nyman 2013). Aikaisemmin alueella on tehty suppeita vedenlaatu, kalasto- ja kasvillisuusselvityksiä (Wistbacka ja Snickars 2000; Mäensivu 2001) Nämä vanhemmat tiedot toimivat osaltaan vertailuarvoina uusimmille selvityksille.

Raportin toinen ja jälkimmäinen osa sisältää varsinaiset kunnostusehdotukset Iskmon alueelle. Kunnostussuunnitelman tavoitteena on ollut arvioida yleisimpien rehevöityneiden järvien kunnostusmenetelmien soveltuvuutta Iskmon alueelle ja listata kunkin menetelmän rajoitukset, hyödyt ja mahdolliset haittatekijät. Esitellyt ehdotukset perustuvat soveltuvin osin aikaisemmin Suomessa tehtyjen järvikunnostusten kokemuksiin, joita on edelleen tarkennettu kirjallisuuslähteiden avulla. Raportin loppupuolella on esitetty arvioita toteutettavien kunnostusmenetelmien kustannuksista, luvanvaraisuudesta, aikataulutuksesta sekä niiden vaikutuksista järvien ekologiaan ja virkistyskäyttöön.

1.1. Lyhyesti järvien rehevöitymisestä

Järvien vedenlaatu on riippuvainen monista tekijöistä. Esimerkiksi valuma-alueen kallio- ja maaperä määrittelee alueen kasvillisuutta, joka edelleen vaikuttaa esimerkiksi maaperän pintakerrosten laatuun ja edelleen maanpinnalta järviin päätyvän veden ominaisuuksiin. Savialueilla sijaitsevien järvien vesi on luonnostaan tummempaa ja humuspitoisempaa kuin karkeilla harjualueilla sijaitsevien järvien (Eloranta 2005). Savialueiden maaperä on samalla usein ravinteikasta, jonka takia niitä on usein otettu maanviljelyskäyttöön. Näillä alueilla ihmisen tekemät muutokset maaperään ovat lisänneet humuksen ja kiintoaineksen kulkeutumista vesistöihin, mikä on näkynyt esimerkiksi vesistöjen samentumisena ja leväkukintoina (Eloranta 2005).

Valuma-alueelta järviin päätyvää kuormitusta sanotaan ulkoiseksi kuormitukseksi. Ulkoinen kuormitus muodostuu veden sisältämistä ravinteista ja orgaanisesta aineksesta. Lisäksi ulkoista kuormitusta on kaikki järviin päätyvä jätevesi ja ilmalaskeuma. Järvien kyky kestää ulkoista kuormitusta riippuu järven tilavuudesta, keskisyvyydestä ja viipymästä (Eloranta 2005). Monesti matalat ja pienet järvet ovat herkempiä ihmistoiminnan aiheuttamalle rehevöitymiskehitykselle kuin suuremmat vesistöt. Toisaalta järvien luontainen kehitys on usein kohti rehevämpää tilaa, mikä pitäisi ottaa huomioon kunnostusta suunniteltaessa.

Rehevöitymiseen vaikuttavista ravinteista typpi ja fosfori ovat tärkeimpiä (Wetzel 2001). Näistä fosfori on tärkeä järven perustuotantoa säätelevä tekijä, sillä sitä on usein luonnonvesissä vähäinen määrä. Sen sijaan ihmistoiminnan seurauksena fosforivirtaamat vesistöihin ovat kasvaneet. Fosfori onkin monesti tärkein syy järvien rehevöitymiselle (Hagman 2012). Suuri ulkoinen kuormitus tuo järveen paljon hajotettavaa ainesta, joka yhdessä järven lisääntyneen kasvillisuuden kanssa voi heikentää pohjasedimentin happiolosuhteita. Talvisin, jolloin vesi ei saa happitäydennystä ilmasta, happi voi pohjan läheltä loppua kokonaan. Tämä johtaa fosforin vapautumiseen pohjasta ja sisäisen kuormituksen käynnistymiseen (Wetzel 2001). Jossain vaiheessa, ulkoisen kuormituksen pysyessä vakaana fosforin määrä ylittää sedimenttiin varastoituvan fosforimäärän, jonka jälkeen veden fosforipitoisuus järvessä alkaa nousemaan, mikä edelleen kiihdyttää muita rehevöitymisprosesseja.

2. Tutkimusalueen kuvaus

Iskmosundenin vesistö sijaitsee Mustasaaren kunnan itäosassa Pohjanmaan rannikolla (kuva 1). Tämä neljän erillisen vesimuodostuman ketju ulottuu lounaasta Pantsarholmenilta 2,7 km koilliseen Iskmon kylän itäpuolelle. Iskmo sund on kluuvijärvi, Veka-, Ström- ja Skatasund ovat järviä (Wistbacka ja Snickars 2000). Toisaalta vedenkorkeuden perusteella myös jälkimmäiset voidaan lukea kluuvijärviksi. Järvien koko vaihtelee välillä 1,5–15 ha. Suurimmat järvet ovat Iskmo- ja Skatasund (taulukko 1). Nämä muinoin merensalmina olleet vesistöt ovat pitkiä, matalia ja kapeita muodostumia, joita leimaavat monin paikoin rannan kivikot ja suuret siirtolohkareet. Varsinaisia saaria järvissä ei ole. Iskmo sund on padottu vuonna 1996 alaosastaan Pantsarholmenin padolla, mutta muuten järvet ovat säilyneet pääosin luonnontilaisina. Järvet ovat myös yhteyksissä toisiinsa luonnontilaisten purojen kautta. Purojen lisäksi järvien alaosissa on monin paikoin virtaavan veden alueita. Järvikokonaisuuden vedet laskevat lopulta Pantsarholmssundin kautta Grönvikeniin.

Taulukko 1. Iskmosundenin vesimuodostumien morfologisia tietoja.

Paikka	Pinta-ala (ha)	Keskisyvyys* (m)	Maksimisyvyys* (m)	Korkeustaso** (m)	Korkeus*** (mpy)
Iskmosund	15	1	2,5	0	0,2
Vekasund	1,5	0,55	1	0,16	0,3
Strömsund	3	0,9	2,7	0,27	0,4
Skatasund	10	1	4	0,31	0,4

*Syvyystiedot perustuvat vuoden 2011 mittauksiin. Kt. myös järvien syvyyskartat: liitteet 7-9.
**Korkeustaso perustuu kevään 2014 tasomittauksiin. Ilmaisee järvien korkotason suhteessa Iskmo sundiin.
***Korkeus merenpinnan yläpuolella (Wistbacka ja Snickars 2000).

Valuma-alue koostuu pääasiassa kivikkoisesta metsämaasta, jota täplittävät paikoin pienialaiset soistumat (liite 1). Alueen maankäyttö muodostuu enimmäkseen metsätaloudesta, mutta myös maataloutta harjoitetaan edelleen erityisesti Iskmo sundin rannoilla. Sen sijaan Skata-, Ström- ja Vekasundia ympäröivät alueet ovat lähinnä metsätalouden käytössä. Metsätalouden vaikutus näkyy varsinkin Skatasundissa, jonne laskee pari suurempaa metsäojaa. Lisäksi Skatasundin länsirannalla on laaja avohakkuualue. Tutkimusalueen yksi erityisluonne on sen sijainti vanhan Litorinameren alueella, jolle on ominaista maaperän happamuuden aleneminen pintamaan alapuolella. Maaperän ojitukset aiheuttavatkin riskin järvien happamoitumiselle. Hapetetussa tilassa maaperän sisältämät sulfidit hapettuvat aiheuttaen maaperän metallien liukenemista ja huuhtoutumista vesistöihin, mistä seuraa edelleen happamoitumista (Wistbacka ja Snickars 2000).

Iskmo sund sijaitsee kahden kylän, Iskmon ja Jungsundin rajalla. Alueella on paljon niin vakituista asutusta kuin myös loma-asuntoja. Erityisesti Iskmo sundin länsiranta on tiheään rakennettua. Tällä alueella sijaitsee myös muutamia pienempiä aktiivisessa käytössä olevia peltoaloja. Skatasundin ympäristössä on lähinnä vapaa-ajan asuntoja, mutta myös muutama vakituinen asuinpaikka. Väliin jäävien Ström- ja Vekasundin rannat ovat sen sijaan säilyneet rakentamattomina ja näitä voidaan pitää verrattain erämaisina järvinä. Erityisesti Iskmo sund on todettu alueellisesti tärkeäksi kevätkutuisten kalojen kutualueeksi (Mäensivu 2001). Ainakin hauki, ahven, särki ja säyne kutevat järvissä (Wistbacka ja Snickars 2000). Järvien virkistyskäyttö on aktiivista. Alueella risteilee muun muassa Iskmosunden -yhdistyksen ylläpitämä latuverkosto. Yleistä uimarantaa tai venevalkamaa alueella ei ole.

Kuva 1. Iskmosundenin vesistö ja sen sijainti.

3. Selvitykset ja tutkimustulokset

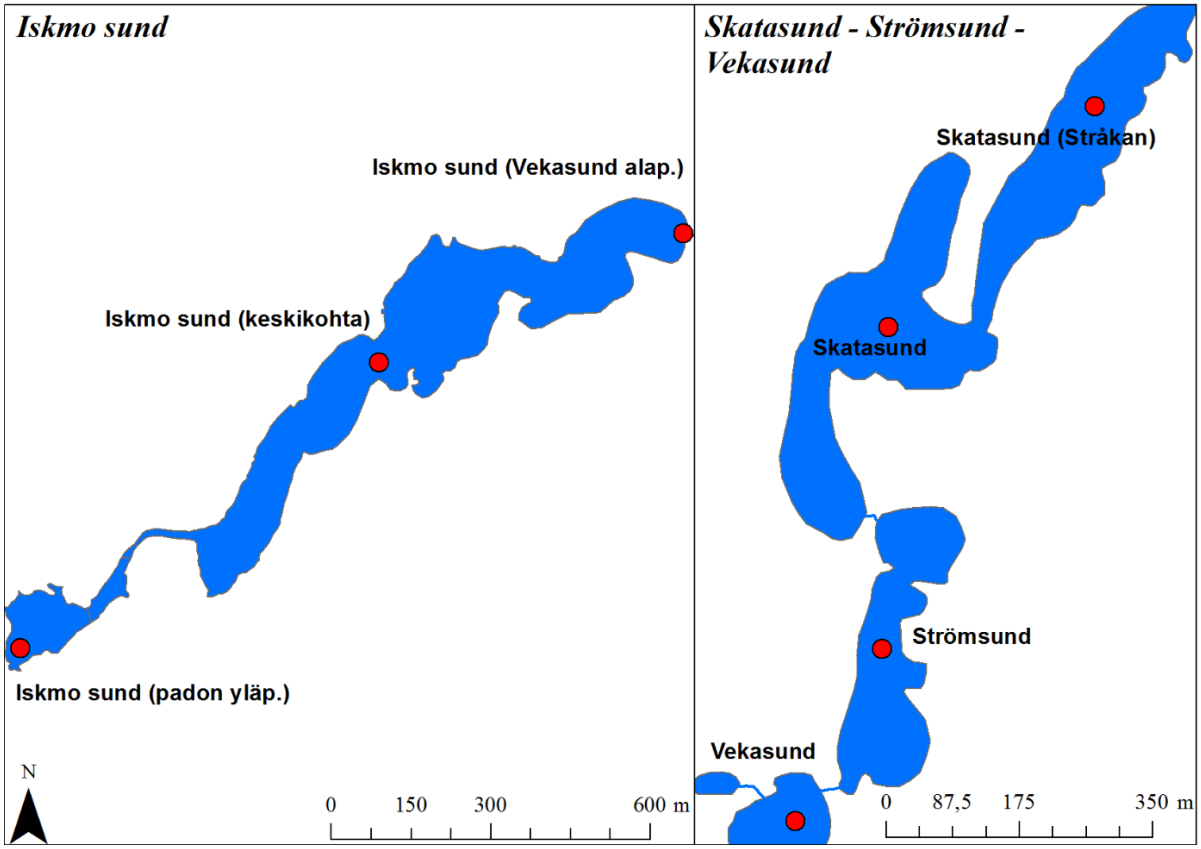
Iskmon alueella tehtiin vuosina 2013–2014 monia erilaisia selvitystöitä, joista seuraavissa kappaleissa esitellään vedenlaatua, sedimenttiä ja kalastoa koskevat menetelmät ja tulokset. Kasvillisuus- ja linnusto sekä pohjaeläinselvitykset löytyvät omista erillisistä raporteista.

Saatuja tuloksia on mahdollisuuksien puitteissa verrattu Iskmon alueelta aiemmin saatuihin tietoihin, jolloin on saatu jonkinasteista tietoa järvien kehityskulusta viimeisten vuosikymmenten aikana. Aikaisempien vedenlaatutietojen lähteenä on käytetty HERTTA-tietokantaa (Hertta 2014). Lisäksi esimerkiksi vedenlaatutietoja on verrattu kirjallisuuslähteiden avulla Suomen ja erityisesti länsirannikon järvien vedenlaatuun.

3.1. Vedenlaatu

Iskmosundenin alueelta haettiin vesinäytteitä vuosina 2013–2014 viidestä eri kohdasta (kuva 2). Tämän lisäksi talvella 2014 otettiin näytteet Strömsundista ja Vekasundista. Skatasundin, Stråkanin ja Iskmo sundin keskikohdan pisteet sijoittuvat järven syvänteiden kohdalle. Iskmo sundin keskikohdan ja Skatasundin näytepisteiden syvyys on 2 m ja Stråkanin 3 metriä. Iskmo sundin pohjoisimman pisteen eli Vekasundin alapuolisen ojan purkautumiskohdalla vesisyvyys on noin 0,6 m ja Pantsarholmenin padon yläpuolella ja Strömsundin pisteessä 1,5 m.. Vekasundin kokonaissyvyys näytepisteessä oli 1 metri. Iskmo sundin kaksi pohjoisinta pistettä sekä Stråkanin mittauspiste löytyvät valtion ympäristöhallinnon HERTTA-tietokannasta, joten näistä on saatavilla myös vanhempaa vertailutietoa (Hertta 2014).

Iskmo sundin ja Skatasundin järvipisteistä haettiin näytteet 5 ajankohtana 31.5.2013, 2.7.2013, 19.8.2013, 1.10.2013., ja 8.4.2014 Lisäksi Skatasundin ja Iskmo sundin keskikohdasta otettiin näytteet 5.–6.3.2014. Jokaisesta näytteestä analysoitiin pH, alkaliniteetti, happi, kokonaisfosfori, kokonaistyppi, sähkönjohtavuus, rauta, väri, sameus ja kiintoainepitoisuus. Järvien rehevyystason arvioimiseksi Skatasundista ja Iskmo sundin keskikohdasta otettiin kesällä 2013 kolmena ajankohtana klorofylli-a näytteet. Lisäksi alueen järvien happipitoisuutta kartoitettiin laajemmin 5.–6.3.2014, jolloin otettiin yhteensä 23 happinäytettä. Tuolloin otettiin myös alueen jokaisesta järvestä yksi laajempi näytesarja sisältäen edellä mainitut parametrit. Järvinäytteiden rinnalla on kerätty ojanäytteitä keväällä ja syksyllä 2013 sekä kevään 2014 aikana. Nämä näytteet otettiin 31.5., ja 1.10. ja keväällä 2014 8.–9.4.. Ojanäytteet on kerätty alueen suurimpien ojien alaosista. Vesinäytteet analysoitiin Vaasan kaupungin ympäristölaboratoriossa.



Kuva 2. Vesinäytteiden havaintopisteet Iskmosundin ja Skatasundin alueilla (Kartta-aineisto: MML 2010b).

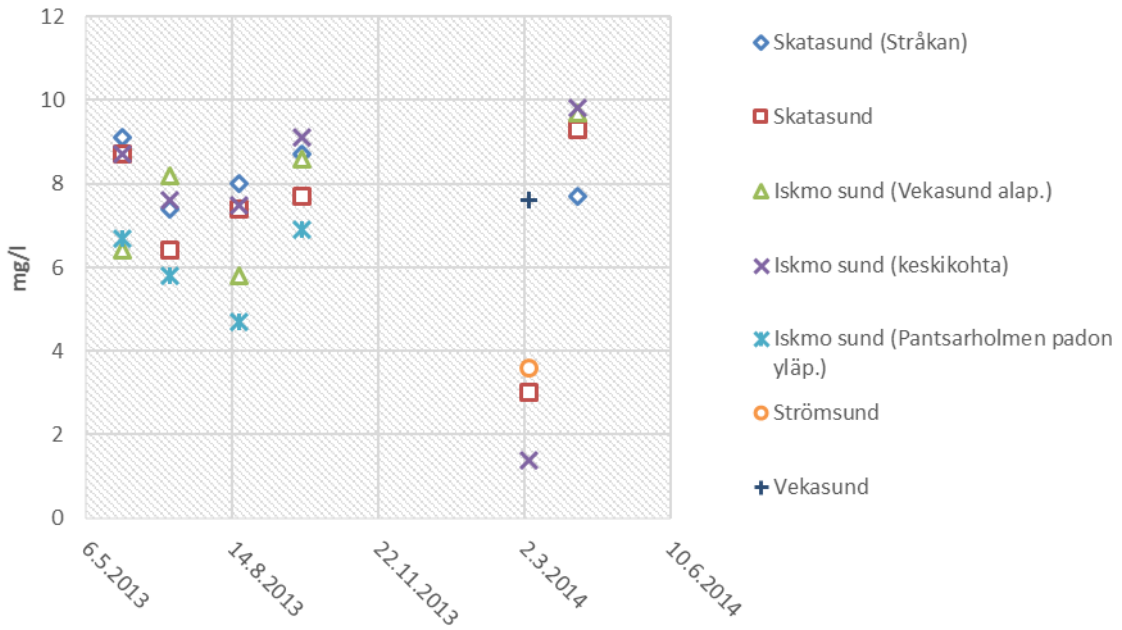
3.1.1. Happipitoisuus ja hapen kyllästysaste

Veden happipitoisuus kesällä 2013 oli suhteellisen tasaista tutkimuspisteiden välillä. Se on myös ollut lähellä kesäkerrostuneisuuden normaalina pidettyjä arvoja 8–9 mg/l sekä tyypillisellä tasolla verrattaessa arvoja muihin rehevöityneisiin ja mataliin järviin (kuva 3; Oravainen 1999). Alimmillaan happipitoisuus vuonna 2013 oli elokuussa Iskmo sundin padon yläpuolella 4,7 mg/l ja korkeimmillaan toukokuun lopulla Stråkanin pisteessä ja lokakuun alussa Iskmo sundin keskikohdan syvänteessä (9,1 mg/l). Myös jäiden lähdettyä v. 2014 alueen happipitoisuus oli hyvällä tasolla. Pantsarholmenin padon yläpuolinen piste erottuu muista ollen happiolosuhteiltaan heikoin. Iskmo sundin keskikohta ja Stråkan osoittavat kauttaaltaan muita korkeampia happipitoisuuksia. Sen sijaan Skatasundin syvänteessä ja Iskmo sundin pohjoisessa pisteessä happea on ollut vähemmän. Yleisesti paras happitilanne on ollut syksyllä 2013 ja keväällä 2014.

Talven 2013–2014 mittauspisteistä heikoin happitilanne oli Iskmo sundin keskikohdassa, Skatasundissa, ja Strömsundissa. Kevättalvella 2014 kerätyt happinäytteet metrin syvyydeltä osoittavat monessa kohdin hyvin alhaisia happipitoisuuksia (liite 2). Tuolloin ai-

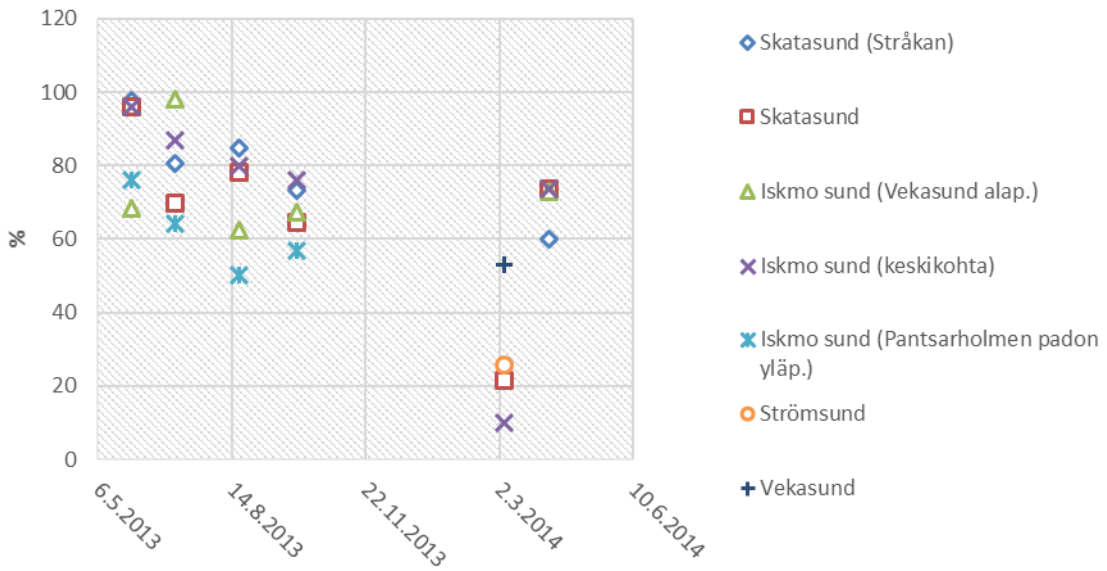
noastaan Vekasundin mittausarvo oli tyydyttävällä tasolla. Erityisesti Iskmo sundin alueelta mitattiin monesta kohdin vähäisiä happimääriä. Vähähappisuuden lisäksi on todennäköistä, että alueen järvet kärsivät paikoin talvisin suoranaisesta happikadosta. Talvi 2013–2014 oli lämpötilojen ja jäätymisen suhteen poikkeuksellinen. Järvet jäätyivät Pohjanmaan rannikkoseudulla verrattain myöhään ja jäidenlähtö tapahtui noin kuukautta tavallista aikaisemmin. Tästä johtuen happitilanne kevättalvella 2014 saattoi poiketa huomattavasti keskimääräisestä tilanteesta.

Aikaisempina vuosina Iskmo sundin keskikohdassa happipitoisuus on vaihdellut seuraavasti: 4,1 mg/l (11.2.2004), 5,3 mg/l (27.1.2005), 1,4 mg/l (31.1.2006), ja 0,5 mg/l (11.3.2010). Skatasundissa aiemmin mitattu arvo metrin syvyydessä on ollut 1,2 mg/l (7.4.1988). Stråkanin syvänteen lähimmät vertailutiedot ovat vuosilta 1988 ja 1991, jolloin happipitoisuus päällysvedessä on ollut keväisin 1 mg/l ja 4,9 mg/l. Tällöin pohjanläheinen kerros on ollut lähes hapeton. Myös Strömsundista lähin vertailuarvo on huhtikuulta 1991, jolloin happipitoisuus 1 metrin syvyydellä oli 7,4 mg/l. Happipitoisuus vaihtelee vuosittain, mutta aikaisempien vertailutietojen perusteella voidaan todeta, että alueen järvien happitilanne ei ole kohentunut. Ottaen myös huomioon kevättalven 2014 poikkeukselliset olosuhteet voidaan päätellä happitilanteen heikentyneen monelta osin. Toukokuussa 2013 Iskmo sundissa havaittiin useita kuolleita haukia, mikä myös kertoisi happikatojen esiintymisestä.



Kuva 3. Veden happipitoisuus Iskmon alueen 7 näytepisteessä. Vekasundin alapuolisen pisteen näytesyvyys on n. 0,4 m. Muut näytteet on otettu n. 1 metrin syvyydeltä. Näytteitä otettiin 4-5 ajankohtana (pl. Ström- ja Vekasund 1 kpl).

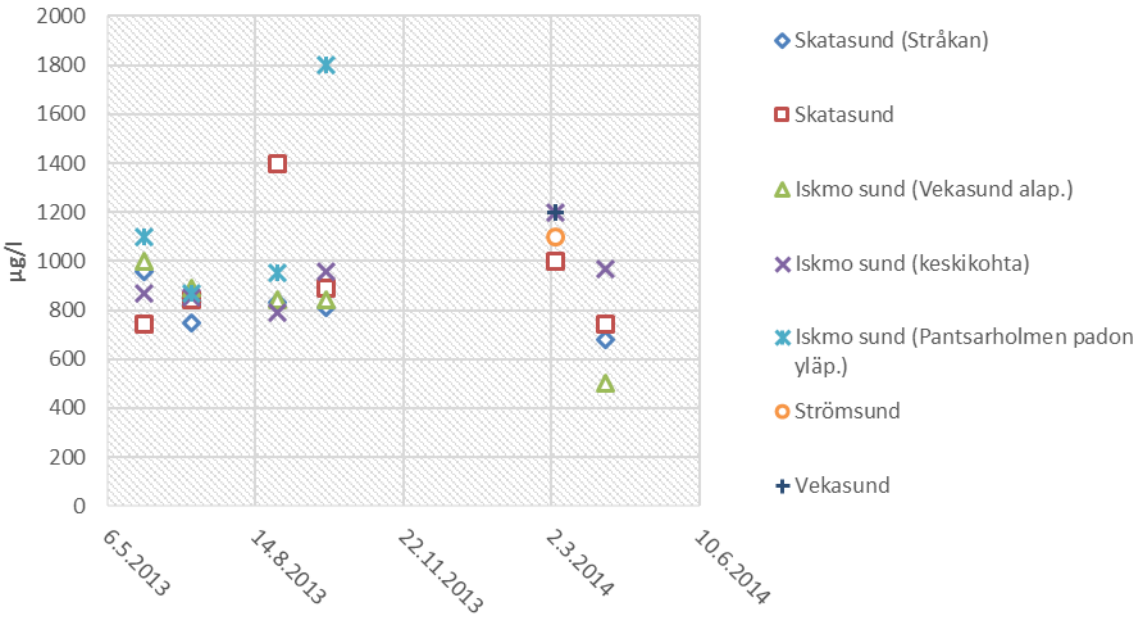
Hapen kyllästysasteen vaihtelu paikkojen välillä on ollut samansuuntaista happipitoisuuden vaihtelun kanssa (kuva 4). Kasvukauden aikana ainoastaan Stråkanin ja Iskmo sundin keskikohdan kyllästyneisyys on pysynyt lähellä normaalina pidettyä alarajaa (≥ 80 %). Skatasundin syvänteessä ja Pantsarholmenin padon yläpuolella kyllästyneisyysaste on pysynyt selkeästi alle 80 %:ssa. Alimmillaan kyllästyneisyysaste on ollut kasvukauden lopussa ja kevättalvella 2014, jolloin erityisesti Skatasundissa ja Iskmo sundissa havaittiin monin paikoin selvää happivajausta (liite 2).



Kuva 4. Veden happikyllästysaste (%) Iskmon alueen 7 näytepisteessä. Näytesyvyydet n. 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.2. Ravinteet ja klorofylli-a

Kokonaistyppipitoisuudet 3 mittauspisteen välillä ovat suhteellisen lähellä toisiaan (kuva 5). Stråkanin ja Iskmo sundin kahden pisteen väliset vaihtelut ovat myös samansuuntaisia. Näiden vaihtelu on ollut n. 800–1 000 µg/l, korkeimpien pitoisuuksien ajoittuessa alkukesälle. Sen sijaan Skatasundin kohdalla on havaittavissa hyvin selvä pitoisuuden kasvu erityisesti elokuun näytteessä, jonka jälkeen se on palautunut lähelle alkukesän arvoja. Syksyllä otetuissa näytteissä erottuu padon yläpuolinen piste, jonka 1800 µg/l oli samalla kesän korkein havaittu typpipitoisuus. Myös Iskmo sundin keskikohdan syvänteessä näkyy typpipitoisuuden lievä kasvu loppukesän aikana. Verrattaessa aikaisempiin vuosiin huomataan typpipitoisuuden paikoin kasvaneen. Keväällä 1991 Iskmo sundin keskikohdan typpipitoisuus oli 580 µg/l ja Strömsundissa 1 500 µg/l. Sen sijaan Skatasundissa pitoisuus on pysynyt samalla tasolla (vrt. 1991: 720 µg/l).

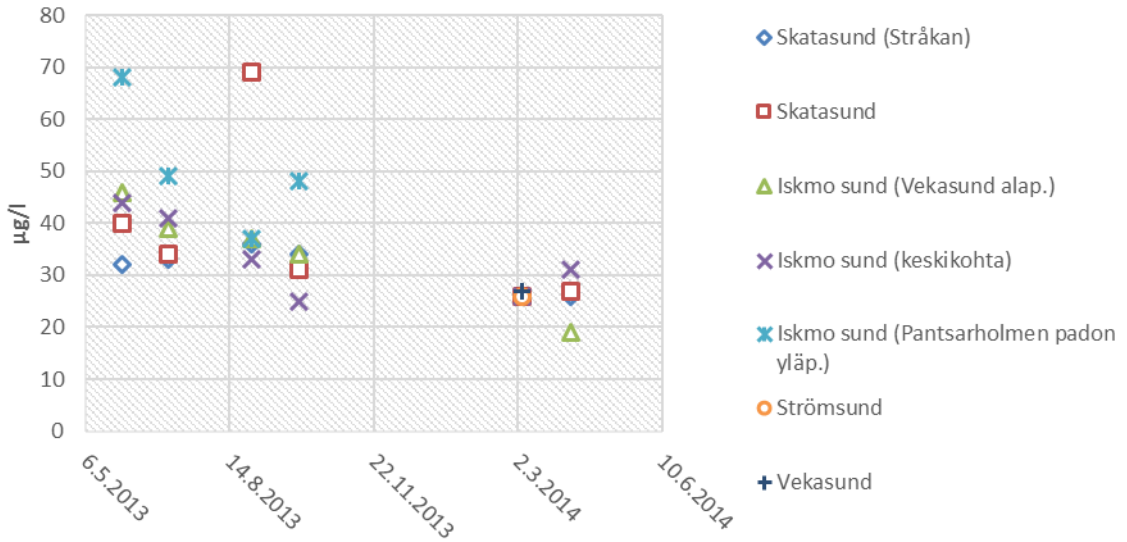


Kuva 5. Veden typpipitoisuus Iskmon alueen 7 näytepisteessä. Näytesyvyydet n. 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

Kesällä 2013 mitattujen fosforipitoisuuksien kohdalla on havaittavissa selkeämpiä eroja paikkojen välillä (kuva 6). Yleisesti fosforin määrä on ollut runsaimmillaan alkukesästä, jolloin se on vaihdellut välillä 32–68 µg/l. Runsaimmat lukemat mitattiin tuolloin Pantsarholmenin padon yläpuolelta. Fosforin määrissä on Skatasundin ja Pantsarholmenin padon kohdalla nähtävissä samanlaista vuoden aikaista kehitystä kuin typen kohdalla. Skatasundin pitoisuus on kasvanut jyrkästi elokuun havainnon mukaan ja laskenut sen jälkeen. Myös padon yläpuolinen havainto osoittaa fosforipitoisuuden selkeän kasvun syksylle tultaessa. Fosforipitoisuudeltaan Iskmo sundissa ei ole tapahtunut suuria muutoksia aikaisempiin vuosiin verrattuna (1991: 40 µg/l). Sen sijaan Strömsundissa pitoisuus on selvästi alhaisempi (1991: 56 µg/l) ja Skatasundissa hieman korkeampi (1991: 15 µg/l). Toisaalta Stråkanissa mitattiin keväällä 1991 huomattavasti korkeampia fosforipitoisuuksia (120 µg/l).

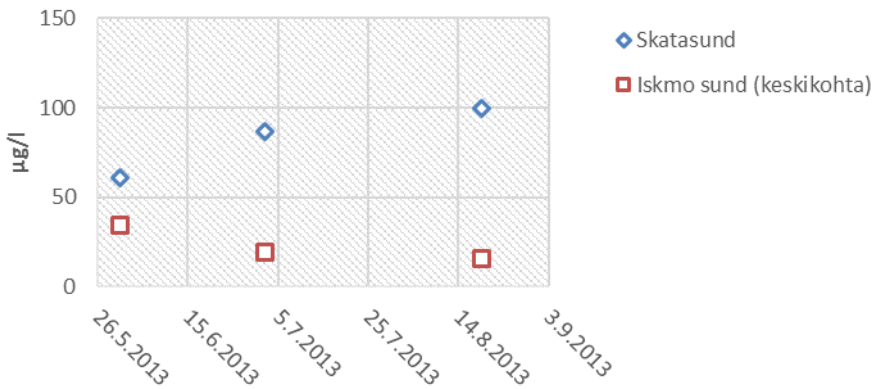
Fosforipitoisuuksien perusteella sekä Iskmo sund että Skatasund voidaan luokitella reheviksi ja ajoittain erittäin reheviksi (Oravainen 1999). Toisaalta tuloksia tarkasteltaessa täytyy muistaa, että humuspitoisissa vesissä pitoisuudet ovat luonnostaankin korkeita ja että määrät vaihtelevat paljon sääolosuhteiden mukaan. Esimerkiksi runsaiden sateiden jälkeen ravinnemäärät voivat paikallisesti nousta huomattavasti. Myös kokonaistypen määrä on mittauspisteissä ollut suurempi kuin keskimäärin Suomen järvissä. Skatasundin korkeita ravinnepitoisuuksia loppukesästä voi selittää valuma-alueella joitakin päiviä ennen näytteenottoa tehty kunnostusojitus. Kaivuun ja näytteenoton välillä esiintyi lisäksi runsaita sateita, jonka vai-

kutuksesta järveen pääsi todennäköisesti purkautumaan sedimenttipitoista ainesta. Tätä tukee samaan aikaan havaittu sameusasteen ja kiintoaineksen määrän nousu.



Kuva 6. Veden fosforipitoisuus Iskmon alueen 7 näytepisteessä. Näytesyvyydet n. 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

Klorofylli-a havainnoitiin kesän 2013 aikana kahdesta pisteestä kolmena eri ajankohtana (kuva 7). Pitoisuudet näissä pisteissä vaihtelivat kesän aikana 16–100 µg/l. Skatasundissa tämä levien määrää indikoiva luku oli kaikkina ajankohtina selkeästi korkeampi (61–100 µg/l). Iskmo sundissa lukema vaihteli 16–34 µg/l. Klorofylli-a:n perusteella molemmat järvet voidaan luokitella reheväksi ja Skatasund loppukesästä jopa ylireheväksi (Oravainen 1999). Klorofylli-a: ta ei ole aikaisemmin havainnoitu tutkimusalueella. Sinileväesiintymiä järvillä ei ole havaittu.

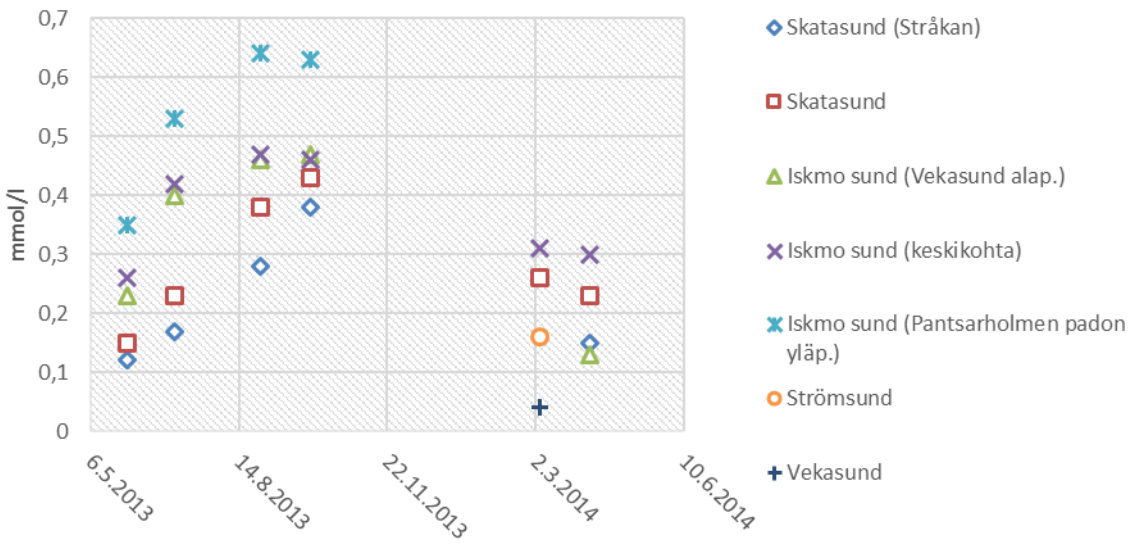


Kuva 7. Klorofylli-a pitoisuudet Iskmo sundin keskikohdassa ja Skatasundissa kesällä 2013. Havaintopäivät: 31.5., 2.7., ja 19.8.

3.1.3. Alkaliniteetti ja pH

Veden alkaliniteetti on kesällä 2013 ollut alimmillaan heti alkukesästä. Tuolloin arvot vaihtelivat välillä 0,12–0,35mmol/l (kuva 8). Stråkanissa ja Skatasundissa arvot olivat 0,12 ja 0,15 mmol/l. Muissa haponsitomiskyky oli yli 0,2, jota voidaan pitää hyvänä arvona (Oravainen 1999). Kuitenkin kaikissa pisteissä arvot nousivat loppukesää kohden, ja myös Stråkanin ja Skatasundin kohdalla alkaliniteetti nousi tyydyttävästä hyvään luokkaan. Iskmo sundissa puskurikyky vaihteli 0,26–0,47mmol/. Skatasundin heikompaa puskurikykyä voi selittää paljolti valuma-alueen ominaisuudet, sillä metsäisten moreenimaiden ympäröimä vesistö voi luonnostaan olla puskurikyvyltään heikompi. Sen sijaan peltoalueet nostavat vesistöjen kykyä vastustaa happamoitumista (Oravainen 1999). Tämä selittäisi osaltaan Iskmo sundin parempaa puskurointikykyä happamoitumista vastaan. Keväällä 2014 alkaliniteetti oli huonoin Vekasundissa, Strömsundissa ja Stråkanissa.

Aikaisempia alkaliniteettitietoja on saatavilla vuoden 1991 keväältä, jolloin se oli Iskmo sundissa 0,16 mmol/l, Stråkanissa 0,18 mmol/l, ja Strömsundissa 0,09 mmol/l.

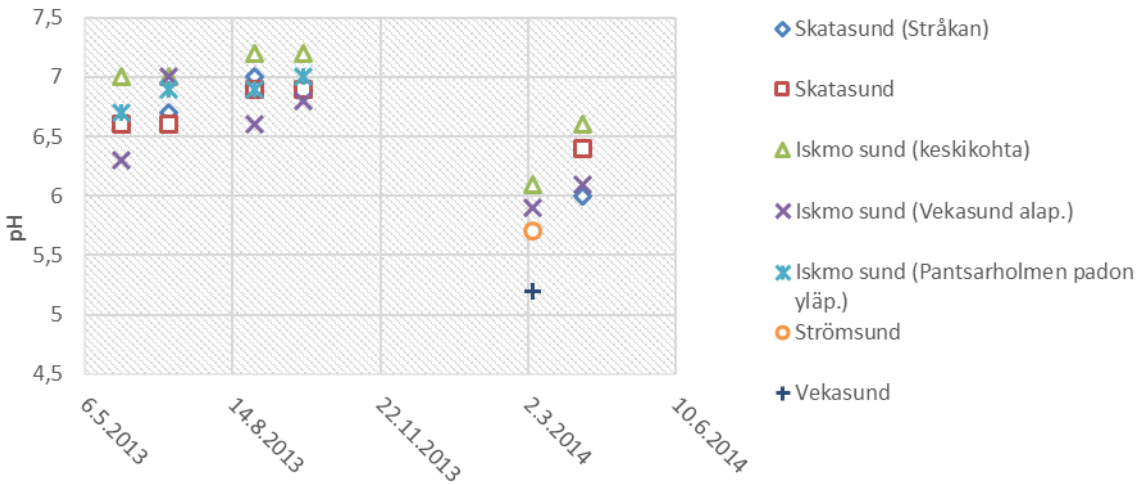


Kuva 8. Alkaliniteetti Iskmosundenin alueen 7 näytepisteessä. Näytesyvyydet n. 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

Tutkimusalueen pH on ollut kasvukauden aikana näytepisteissä lähellä neutraalia (pH: 7). PH-luku vaihteli kesällä 2013 välillä 6,3–7,2 (kuva 9). Alimmat arvot mitattiin keväisin, jolloin heikoin tilanne oli Vekasundin alapuolisen pisteen kohdalla. Skatasundin, Stråkanin ja Pantsarholmenin padon yläpuolella pH oli 6,6., 6,6., ja 6,7. Iskmo sundin keskikohdan syvänteessä

pH oli samaan aikaan tasan 7. Kesän kuluessa kaikkien kohdalla tapahtui pH:n lievää nousua siten, että syksyllä korkein pH oli edelleen Iskmo sundin keskikohdalla (7,2). Kevään 2014 havainnoista erityisesti Vekasundin pH: n alhaisuus (5,2) voi olla haitaksi särkikalojen selviytymiselle (Oravainen 1999). Myös muiden järvien kohdalla oli havaittavissa pH:n alenemista keväällä 2014.

Iskmo sundissa pH on pysynyt samalla tasolla viimeiset vuodet. Myös 1970–1980 luvuilla happamoitumisesta kärsineissä Strömsundissa ja Skatasundissa pH on pysynyt verrattain hyvällä tasolla.



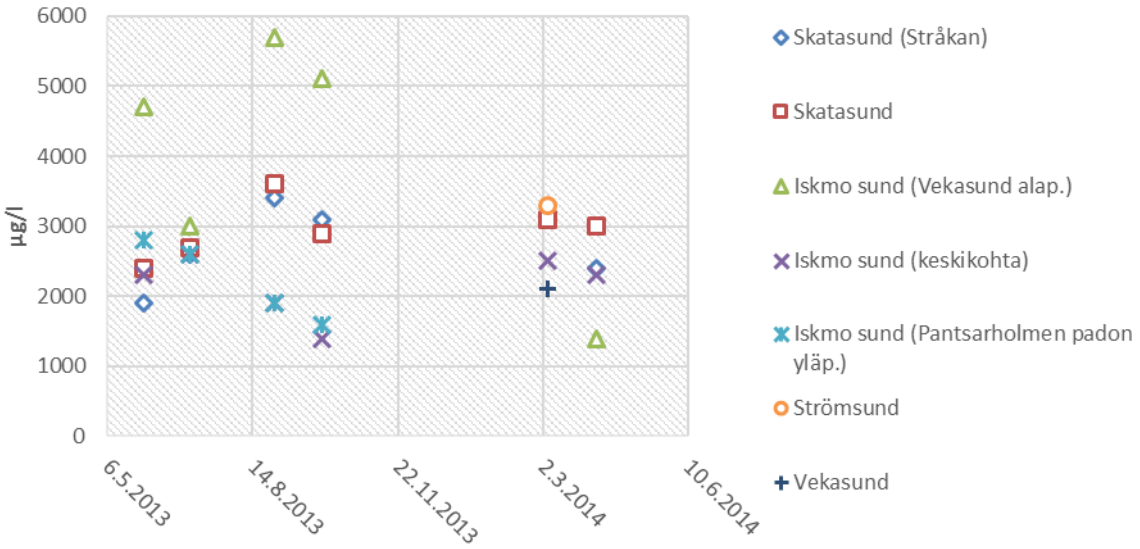
Kuva 9. Veden pH Iskmon alueen 7 tutkimuspisteessä. Näytesyvyydet 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.4. Rauta

Veden rautapitoisuus on ollut korkea kaikkien tutkimuspisteiden kohdalla (kuva 10). Se on vaihdellut 1 400–5 700 µg/l. Korkeimmillaan se on ollut loppukesällä 2013 ja alhaisimmillaan keväisin. Vekasundin alapuolisen pisteen korkea rautapitoisuus voi selittyä tutkimuspisteen sijainnilla, joka oli lähellä Vekasundin lasku-uomaa. Toisaalta myös paikan mataluus voi lisätä raudan määrää verrattuna muihin pisteisiin. Kaikkien pisteiden kohdalla osaselitys raudan korkeille pitoisuuksille voi olla pohjan huono happitilanne, sillä vähähappisissa oloissa rautaa alkaa vapautumaan veteen enenevissä määrin. Toisaalta vapaa rauta vedessä hapettuu täyskiertojen yhteydessä, jolloin se sitoo samalla osan fosforista sedimentteihin (Oravainen 1999).

Verrattaessa muihin Suomen järviin rautapitoisuudet ovat korkeita (Mannio ym. 2000). Oravaisen (1999) luokittelun mukaan Iskmon järvet voidaan lukea erittäin ruskeiksi vesiksi (> 1 000 µg/l). Aikaisempiin vuosiin verrattuna Iskmo sundin rautapitoisuus on kas-

vanut (keväällä 1991: 1 800 µg/l). Myös Stråkanissa ja Strömsundissa havaitut pitoisuudet olivat korkeampia kuin 1991 (2 300 µg/l; 2100 µg/l).



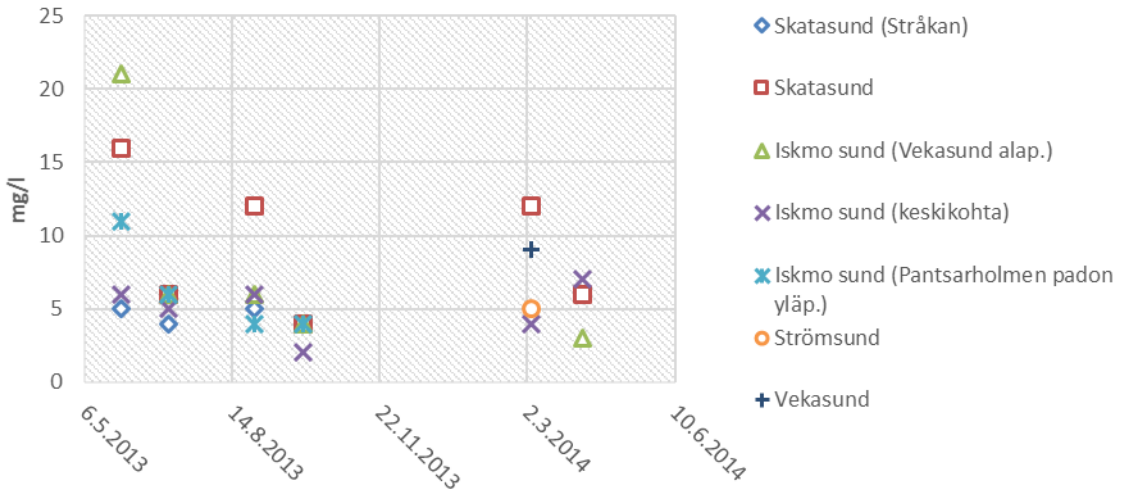
Kuva 10. Rautapitoisuudet Iskmon alueen näytepisteissä. Näytesyvyydet 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.5. Kiintoaines ja sameus

Kiintoainepitoisuus alueen järvissä on vaihdellut 2–21 mg/l välillä. Korkeimmillaan se on ollut toukokuun lopulla 2013 ja keväällä 2014 (kuva 11). Kesää kohti kiintoaineksen määrä on laskenut. Poikkeuksena on Skatasundin piste elokuussa, jolloin sen pitoisuudet olivat hetkellisesti korkeampia. Skatasundissa kiintoaineksen määrä on muutenkin ollut korkeampi verrattuna muihin pisteisiin.

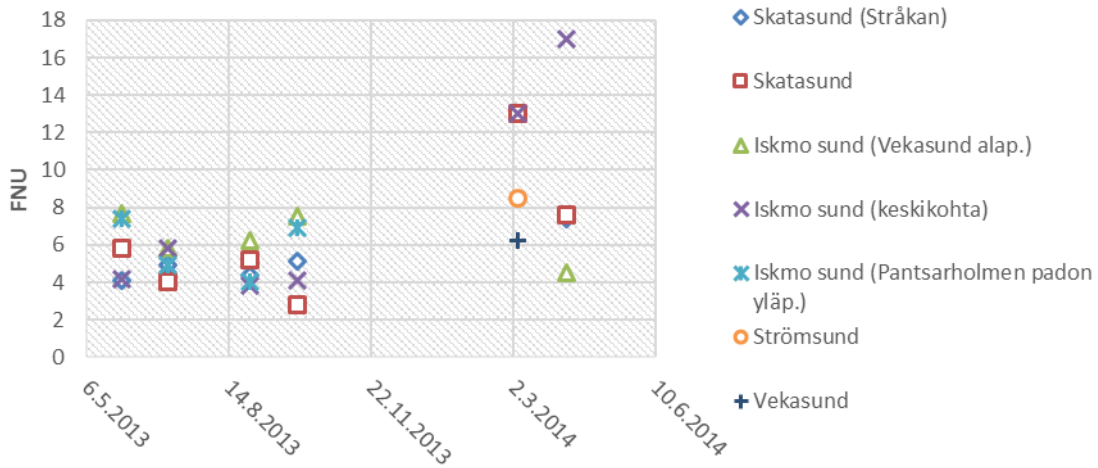
Kiintoainepitoisuutta vedessä lisäävät Oravaisen (1999) mukaan biomassan (levien) määrä, jätevesikuormitus ja eroosion kuljettama aines. Kiintoainepitoisuus voi vaihdella runsaasti myös saman vuoden sisällä johtuen muun muassa sääoloista (Koivisto ym. 2005). Sääolot ja toisaalta eroosion vaikutus on todennäköinen syy Skatasundin suurempiin pitoisuuksiin elokuussa 2013. Pisteen yläpuolella sijaitsevaa ojaa oli tuolloin kaivettu, jonka jälkeen alueella oli runsaita sateita. Tämä saattoi hetkellisesti nostaa hiukkasmaisen aineksen määrää vedessä, mikä näkyi samaan aikaan nousseena sameutena. Myös ravinnepitoisuudet kohosivat samanaikaisesti. Toisaalta Skatasundissa myös levien määrä saattoi lisätä kiintoaineen määrää. Tätä tukee Skatasundin korkeat klorofylli-a pitoisuudet. Iskmo sundin aleneva trendi kasvukauden aikana voi puolestaan kertoa siitä, että siellä tärkeä kiintoaineksen määrään vaikuttava tekijä on nimenomaan valuma-alueen kuormitus, mikä näkyisi korkeina pitoisuuksina

keväisin. Keväällä 1991 kiintoainepitoisuus Iskmo sundissa oli 1,7 mg/l, Stråkanissa 3,5 mg/l ja Strömsundissa 6,2 mg/l.



Kuva 11. Mitatut kiintoainepitoisuudet Iskmon alueen näytepisteissä. Huom. Kiintoaineksen määritysraja on 2 mg/l. Kuvaajassa ≤2 mg/l tulos on merkitty 2 mg/l kohdalle.

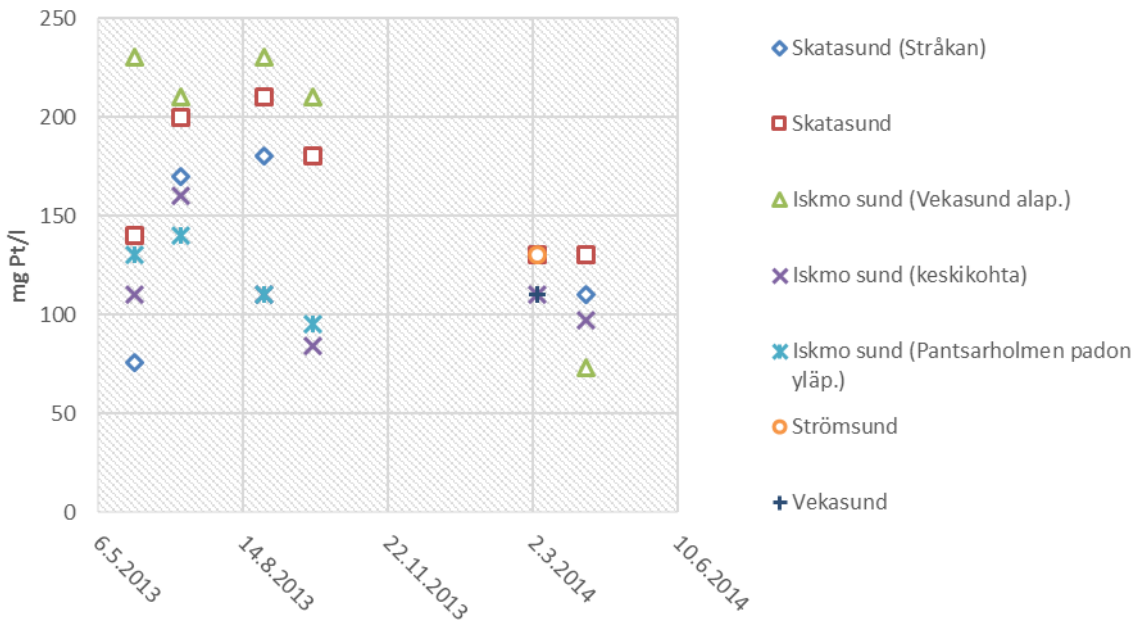
Veden sameus kaikilla mittauspisteillä indikoi reheviä järvivesiä. Veden sameus oli lievää (1–5 FNU) tai selvästi sameaa (kuva 12; esim. padon yläpuolinen piste). Sameuden vaihtelu seurasi myös paljolti kiintoaineksen vaihtelua saaden korkeimpia arvoja heti keväällä jäiden lähdettyä ja toisaalta myös syksyllä. Keväällä 1991 Iskmo sundin sameus oli huomattavasti alempi (2 FNU). Stråkanissa hieman alempi (4,1 FNU) ja Strömsundissa samaa tasoa (6 FNU).



Kuva 12. Veden sameusvaihtelut 7 näytepisteessä. Näytesyvyydet 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.6. Väri

Iskmon alueen järvien väriluku oli varsin korkea 2013–2014. Väriluku vaihteli 73–230 mg Pt/l (kuva 13). Korkeimmat arvot havaittiin Iskmo sundin pohjoisesta pisteestä, Skatasundista ja Stråkanista. Nämä kaikki voidaan luokitella erittäin ruskeiksi vesiksi. Näissä pisteissä väriarvot myös pysyivät korkeina koko vuoden. Kevään 2014 alhaisimpia väriarvoja selittävät kuivat sääolot ja vähäiset sulamisvedet. Kuivina kausina väriarvot luonnostaan pienenevät (Oravainen 1999: 15). Vuonna 1991 Iskmosundin keskikohdan väriluku oli 25 mg Pt/l, Stråkanin 120 mg Pt/l ja Strömsundin 120 mg Pt/l.



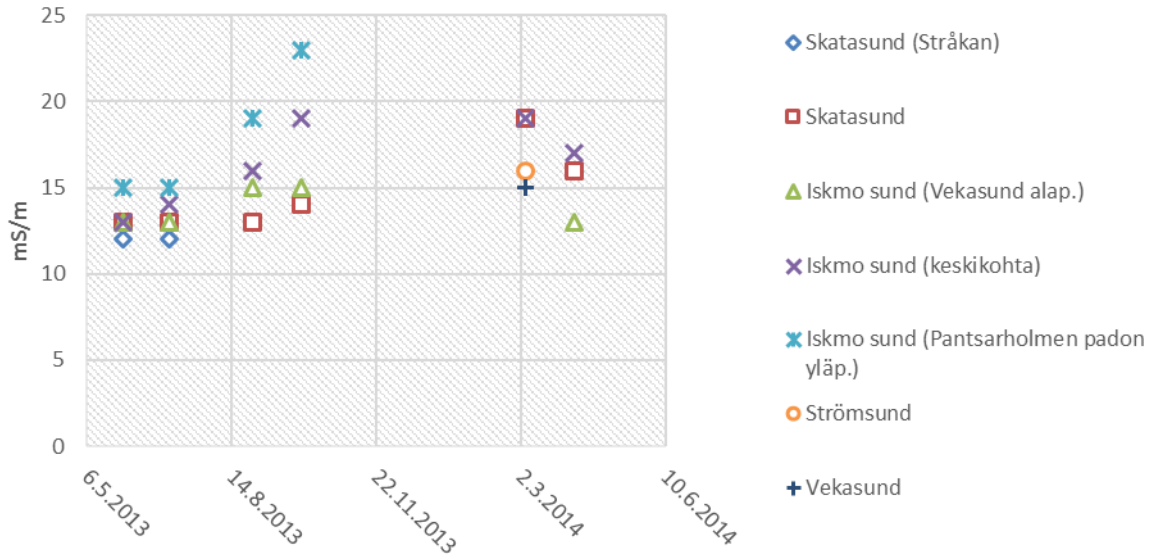
Kuva 13. Väriluku Iskmon alueen näytepisteissä. Näytesyvyydet 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.7. Sähkönjohtavuus

Sähkönjohtavuus kertoo veden liuenneiden suolojen määrästä. Sisävesissä sähkönjohtavuutta lisäävät esimerkiksi natrium, kalium. kloridit ja sulfaatit. Näin ollen arvot voivat nousta jätevesien ja peltolannoituksen vaikutuksesta (Oravainen 1999: 10). Lisäksi Itämeren alavilla rannikkoalueilla sähkönjohtavuusarvot voivat kohota, mikäli valuma-alue kuuluu happamiin alunamaihin (Myrstener 2012). Iskmon alueen järvien sähkönjohtavuusarvot ovat korkealla tasolla verrattuna Suomen muihin järviin (Mannio ym. 2000), mutta toisaalta hieman alemmat kuin esimerkiksi läheisellä Karperöfjärdenillä (Koivisto ym. 2005).

Iskmossa korkeimmat sähkönjohtavuusarvot kesällä 2013 mitattiin Iskmo sundin eteläpäästä ja Iskmon keskikohdasta (13–23 mS/m; kuva 14). Sen sijaan Skatasundin ja Stråkanin arvot olivat alemmalla tasolla (12–14 mS/m). Myös huhtikuun 2014 mittauksissa Iskmon keskikohdan arvot olivat muita korkeammat. Tällöin myös Skatasundista mitattiin hieman korkeampia arvoja (16 mS/m). Tuloksista voidaankin päätellä, että Iskmo sundissa peltolannoituksen ja ojien kuormitus on suurempaa verrattuna pohjoisimpiin pisteisiin Skatasundissa ja Stråkanissa. Sähkönjohtavuusarvojen korkeat lukemat kertovat myös happamien alunamaiden vaikutuksesta (Koivisto ym. 2005; Myrstener 2012).

Sähkönjohtavuusarvot sekä Iskmo sundissa että Skatasundissa olivat verraten hyvät verrattuna aikaisempiin vuosiin. Iskmo sundin sähkönjohtavuus on vaihdellut 2000-luvulla 29–39 mS/m välillä. Stråkanista mitattiin keväällä 1991 sähkönjohtavuudeksi 11 mS/m. Toisaalta tuoreimmissa tuloksissa täytyy huomioida kuivat sääolot, jolloin valuma-alueen kuormitus ei näy niin selkeästi järvien vedenlaadussa.



Kuva 14. Sähkönjohtavuus Skatasundin ja Iskmosundin näytepisteissä vuosina 2013–2014. Näytesyvyydet 1 metrin syvyydeltä (pl.Vekasundin alapuolinen piste: 0,4 m).

3.1.8. Valuma-alueen ojat

Iskmon valuma-alueen suurimpien ojien vedenlaatua havainnoitiin keväällä ja syksyllä 2013 sekä huhtikuussa 2014. Sääolosuhteiden kuivuus hankaloitti kuitenkin näytteenottoa, mikä täytyy ottaa huomioon tuloksia tulkittaessa. Loppukevät v. 2013 oli ensiksi vähäsateinen minkä takia valuma-alueen ojista ei saatu suunniteltua näytemäärää 31.5.. Tuolloin otettiin näyte

ainoastaan Björklundinojasta, joka laskee Kråkträsket–lammesta Skatasundiin. Syksyllä 2013 otettiin edellisen paikan lisäksi näytteet Skatasundiin laskevasta Byträsketojasta. Edustavan näytteen varmistamiseksi Byträsketojan vesinäyte jouduttiin lisäksi ottamaan hieman ylempää peltoalueen kohdalta, sillä tätä alempana vesi oli liian matalalla häiriintymättömän näytteen saamiseksi.

Keväällä 2014 näytteenottoa jatkettiin ottamalla näytteet edellisten lisäksi myös Vekasundin itäpuolelle laskevasta ojasta sekä Iskmo sundin keskivaiheille laskevasta ojasta. Lumipeite talvella 2013–2014 oli hyvin olematon ja lumet sulivat poikkeuksellisen aikaisin helmi-maaliskuussa. Tämän takia ojista ei pystytty ottamaan varsinaisia ylivirtaamanäytteitä, mikä näkynee myös näytetuloksissa. Valuma-alueen ojavesien pH:ta seurattiin erikseen syksyllä 2013 ja keväällä 2014 pH-paperin avulla (liite 3). Seurantapäivät olivat 14.11.2013, 10.3.2014 ja 9.–10.4.2014.

Taulukko 2. Vedenlaatu Iskmosundenin alueen suurimmissa ojissa vuosina 2013–2014.

Ojan nimi										
Björklund	ph	Happi (mg/l)	Kok. fosfori (µg/l)	Kok. typpi (µg/l	Alkaliniteetti (mmol/l)	Sähkönjoht. (mS/m)	Rauta (µg/l)	Väri (mg Pt/l)	Sameus (FNU)	Kiinto-aine (mg/l)
31.5.2013	6,1	5,8	93	3400	0,27	11	10000	500	34	220
30.9.2013	6,3	6,8	62	690	0,26	15	8000	300	73	12
8.4.2014	6,2	10,9	36	670	0,14	9,2	2300	110	6,1	3
Byträsket										
30.9.2013	4,7	5,7	87	1400	0,02	28	6400	110	22	22
8.4.2014	5	10	35	1500	0,02	14	1900	110	4,6	5
Iskmo sund										
9.4.2014	6,6	10,2	90	1900	0,38	16	1200	75	9,5	5
Vekasund										
9.4.2014	6	12,5	21	510	0,08	16	1100	35	5,1	4

Toukokuussa 2013 Björklundinojan arvot olivat monelta osin hyvin korkeita. Verrattaessa saman vuoden syksyyn ja kevääseen 2014 ero oli huomattava. Syksyn näytteessä ravinne- ja kiintoaineen määrä ojassa oli laskenut, mutta pysynyt edelleen selvästi Skatasundin järvipistettä korkeammalla. Myös pH on ollut hiukan alempi kuin järvessä. Toisaalta veden puskurikyky happamoitumista vastaan on ollut hyvä muulloin paitsi huhtikuussa 2014. Ojan pH näyttäisi kohentuneen selvästi vuodesta toukokuusta 1983, jolloin se oli ainoastaan 4,9. Samoin alkaliniteetti oli tuolloin alhainen, 0,02.

Toisen Skatasundiin laskevan valtaojan eli Byträsketojan vesi indikoi huomattavaa kuormitusta. Ojan ravinnepitoisuudet olivat selvästi järvivesiä korkeammat ja korkeimmillaan arvot olivat syksyllä 2013. Samaan aikaan myös veden rautapitoisuus ja sähkönjohtavuusarvot olivat korkeita. Rautapitoisuus tyypillisesti nousee eroosion vaikutuksesta (Oravainen 1999). Sähkönjohtavuuden kohoaminen puolestaan kertoo ojan valuma-alueen peltojen kuormittavasta vaikutuksesta ja happamien alunamaiden vaikutuksesta. Byträsketojan havaitut pH-lukemat olivat tutkimuksen kaikkein alimmat ja niissä havaittiin vain vähän vaihtelua syksyn 2013 ja kevään 2014 välillä. Tilannetta kyseisessä ojassa heikensi samaan aikaan huono puskurointikyky, joka oli vain 0,02 mmol/l. Byträsketojan pH ei myöskään ole kohentunut mainittavasti aiemmista vuosista (toukokuussa 1988 pH: 4,3 ja alkaliniteetti 0,01 mmol/l). PH-paperilla otetut näytteet ojan yläjuoksulta olivat selvästi happamia (4–4,5).

Vekasundin itäpuolen ojan arvot olivat alkaliniteettia lukuun ottamatta hyvällä tasolla. Ojan valuma-alue muodostuu metsätalouskäytössä olevasta metsämaasta, jossa on vasta tehty suuria hakkuita. Ojaa oli kunnostettu monin paikoin, mikä lisäsi epäilyjä mahdollisesti korkeista kiintoainesmääristä ja alemmasta pH:sta. Ojan alaosaan on kaivettu pieni lietekuoppa, jonka alapuolelta näyte otettiin. Tulosten mukaan lietekuoppa näyttäisi pidättävän kohtuullisesti niin kiintoaineksen kuin ravinteiden kulkeutumista Vekasundiin. Sen sijaan alkaliniteetti ja pH olivat lähellä tyydyttävänä pidetyn tason alarajoja. Myös in-situ tutkimustulokset antoivat alhaisia pH-lukemia tälle Vekasundin itäpuolelle laskevalle ojalle.

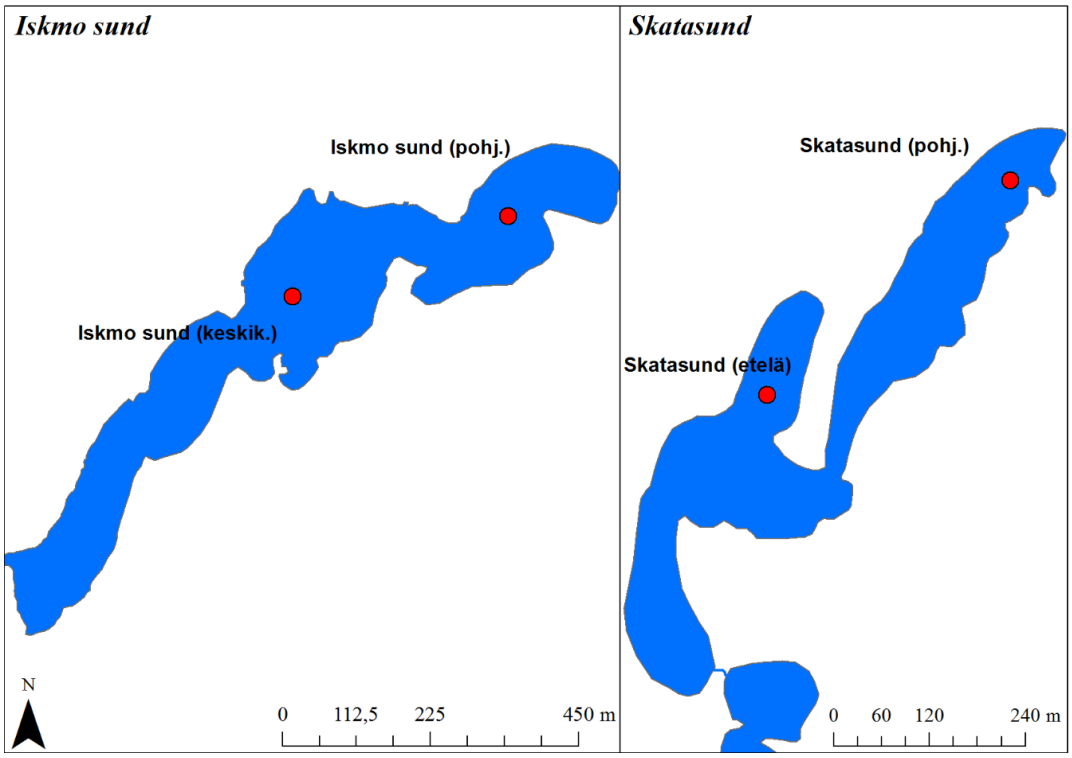
Iskmo sundin länsirannalle laskevan ojan pH ja alkaliniteetti olivat muita ojia paremmalla tasolla ja lähellä neutraalia. Sen sijaan ravinnemäärät olivat selkeästi korkeammat kuin Iskmon järvipisteestä mitatut. Tämä siitä huolimatta, että ojan virtaama oli keskimääräistä kevätvirtaamaa vähäisempää. Ojan kohdalla tulisikin kiinnittää huomiota ravinteita pidättävien rakenteiden suunnitteluun.

Syksyn 2013 ja kevään 2014 kartoituksessa ojavesien pH oli koko valuma-alueella alle 6:n, mikä kuvastaa maaperän happamuuden vaikutusta vesien happamuuteen. Alimmat pH:t mitattiin Byträsketojasta ja Iskmo sundiin laskevasta ojasta (liite 3). Yhteistä näille ojille oli vasta tehdyt kunnostusojitukset. Sen sijaan Björklundin ojan ja Vekasund etelälaidan ojien pH oli hieman parempi. Iskmo sundin valuma-alueella tulisikin välttää vanhojen metsäojien syventämistä.

3.2. Sedimentti

Sedimenttinäytteitä otettiin yhteensä neljästä kohdasta (Iskmo sund 2 paikkaa ja Skatasund 2 paikkaa) (kuva 15). Jokaisesta kohdasta otettiin pintanäyte (1–10 cm pohjan pinnasta) ja syvempi näyte 28–38 cm syvyydeltä. Vesisyvyyden vaihteluväli näytepisteissä oli noin 150 – 200 cm. Jokaisesta perusnäytteestä analysoitiin kuiva-ainepitoisuus, pH, hehkutushäviö, hehkutusjäännös, typpi, fosfori ja kalkitustarve. Lisäksi maalaji arvioitiin laboratoriossa silmämääräisesti. Sedimenttinäytteet analysoitiin Suomen ympäristöpalvelun laboratoriossa Oulussa.

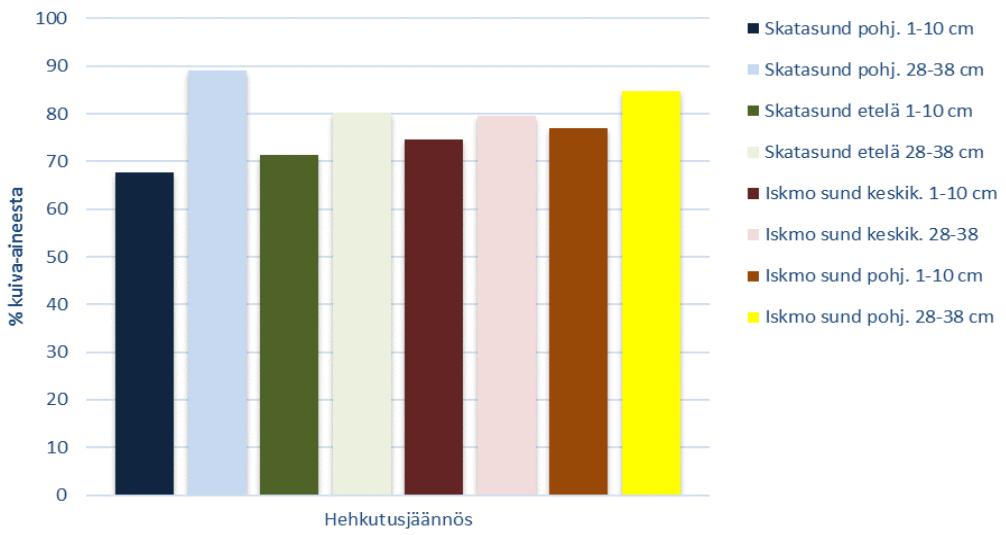
Perusnäytteiden lisäksi kahdesta pisteestä (Skatasund etelä ja Iskmosund keskik.) analysoitiin ns. lietepaketti (Hg, Ca, Cd, Cr, Cu, K, Mg, Mn, Ni, P, Pb, Zn). Näiden raskasmetallien pitoisuudet mitattiin kokoomanäytteenä koko sedimenttipatsaasta (1–38 cm).



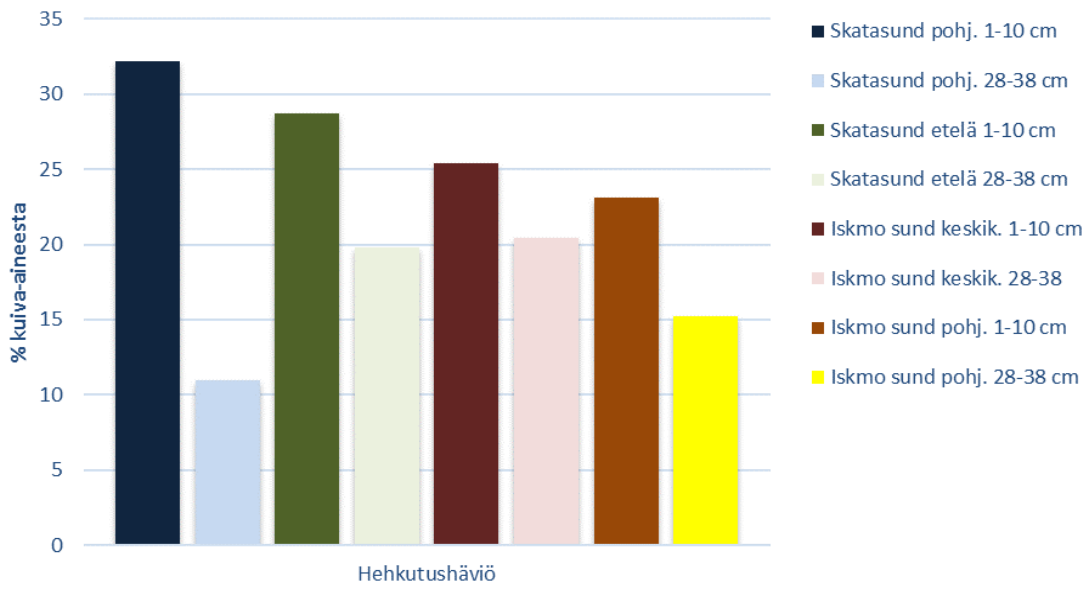
Kuva 15. Sedimenttinäytteiden havaintopisteet Iskmo sundissa ja Skatasundissa 2013 (Karttaaineisto: MML 2010b).

Kaikkien tutkimuspisteiden pintanäytteiden (1–10 cm) maalaji oli järvimutaa. Syvempien näytteiden (28–38 cm) maalaji oli savea, lukuun ottamatta Iskmo sundin eteläistä pistettä, missä vallitseva maalaji oli järvimutaa. Saven multapitoisuus vaihteli Skatasundin pohjoisen pisteen runsasmultaisesta Skatasundin eteläisen ja Iskmo sundin pohjoisen pisteen erittäin multaiseen.

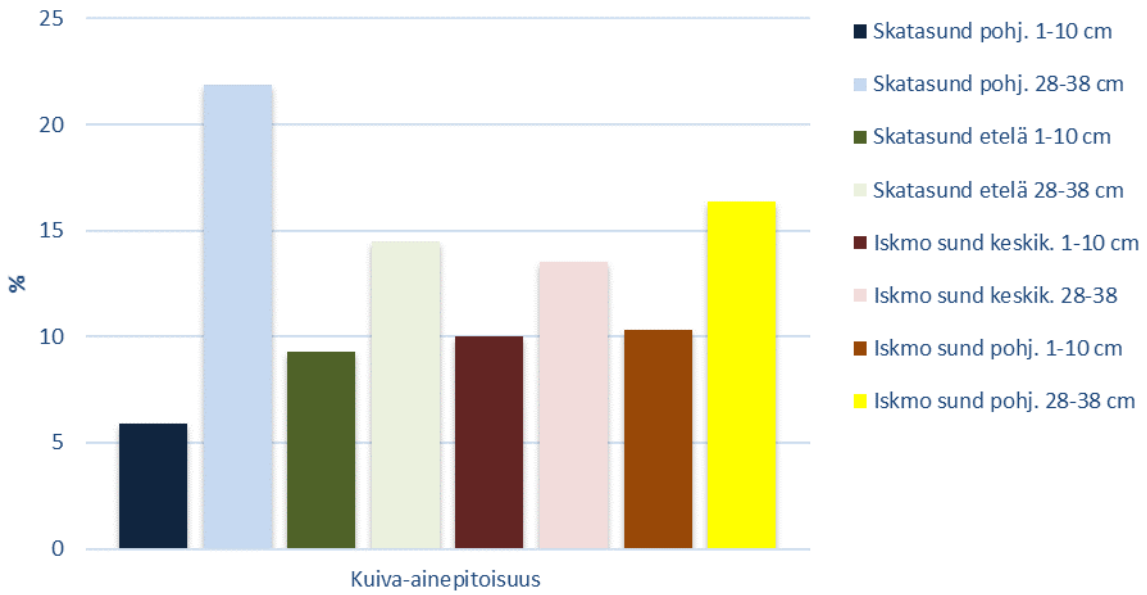
Hehkutusjäännös eli näytteen epäorgaanisen aineksen osuus pintanäytteissä oli pienempi kuin syvemmältä otetuissa näytteissä (kuva 16). Eri paikkojen välillä ei myöskään ollut suuria eroja. Toisaalta Iskmo sundin näytteissä hehkutusjäännöksen osuus oli hieman suurempi kuin Skatasundissa eli siellä näytteissä oli hieman vähemmän orgaanista ainesta kuin Skatasundin tutkimuspisteissä. Selvä poikkeama oli Skatasundin pohjoisen pisteen syvempi näyte, missä orgaanisen aineksen osuus oli tutkimuksen pienin. Samassa näytteessä myös kuiva-ainepitoisuus oli suurin (kuva 18). Lukuun ottamatta Skatasundin pohjoista pistettä näytteiden kuiva-ainepitoisuus oli suunnilleen saman suuruista pisteiden välillä. Syvemmissä näytteissä kuiva-ainetta oli enemmän (kuva 18).



Kuva 16. Hehkutusjäännös (epäorgaaninen aines) Iskmo sundin ja Skatasundin näytepisteissä.



Kuva 17. Hehkutushäviö (orgaaninen aines) Iskmosundin ja Skatasundin näytepisteissä 2013.

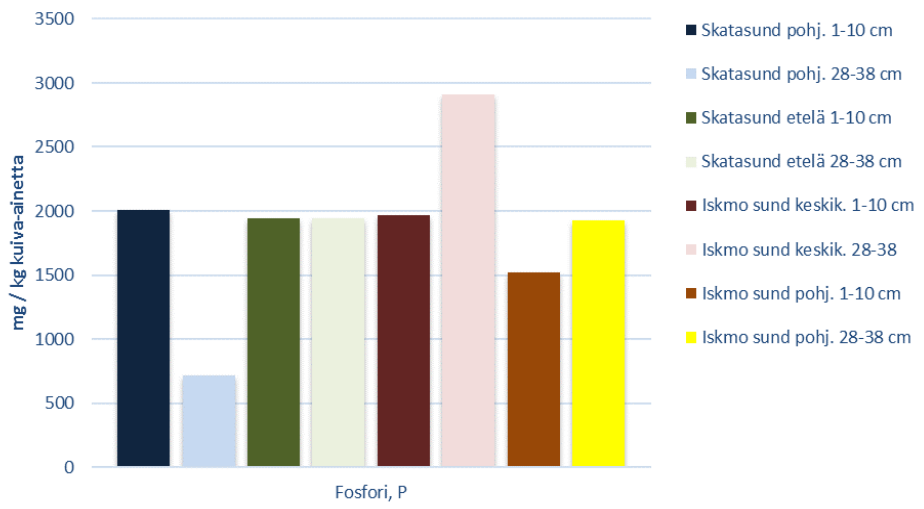


Kuva 18. Sedimenttinäytteiden kuiva-ainepitoisuus.

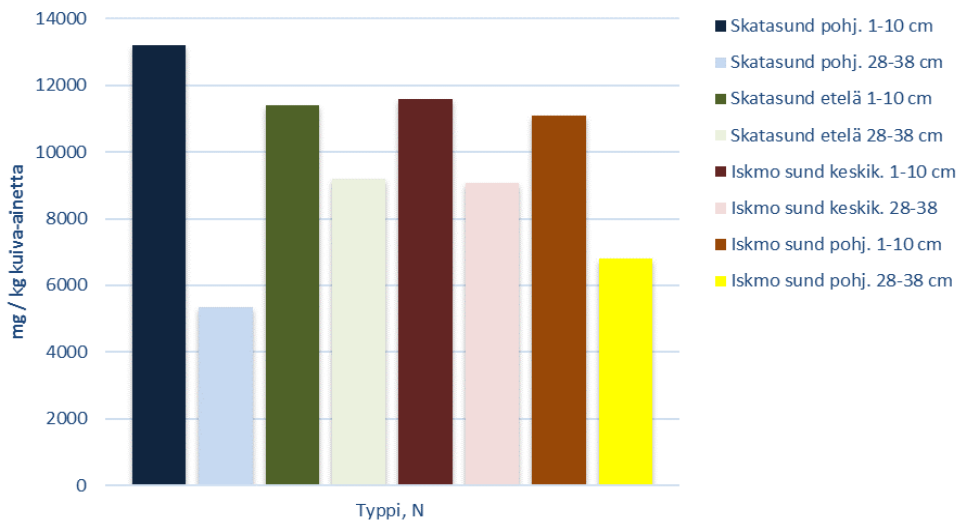
3.2.1. Ravinteet

Kokonaisfosforin määrä vaihteli Skatasundin näytteen (28–38 cm) 720 mg/kg kuiva-ainetta Iskmo sundin keskikohdan (28–38 cm) 2910 mg/kg kuiva-ainetta (kuva 19). Skatasundissa fosforipitoisuus oli hyvin tasaista pois lukien pohjoisen pisteen syvempi näyte. Iskmo sundissa fosforipitoisuus sen sijaan nousi syvemmältä otetuissa näytteissä. Kokonaistypen määrä puolestaan vaihteli 5360–13200 mg/kg kuiva-ainetta välillä. Typpipitoisuus laski syvemmälle mentäessä sillä suurimmat pitoisuudet mitattiin jokaisessa näytepisteessä pintanäytteestä, kun taas syvemmällä typpeä oli vähemmän (kuva 20).

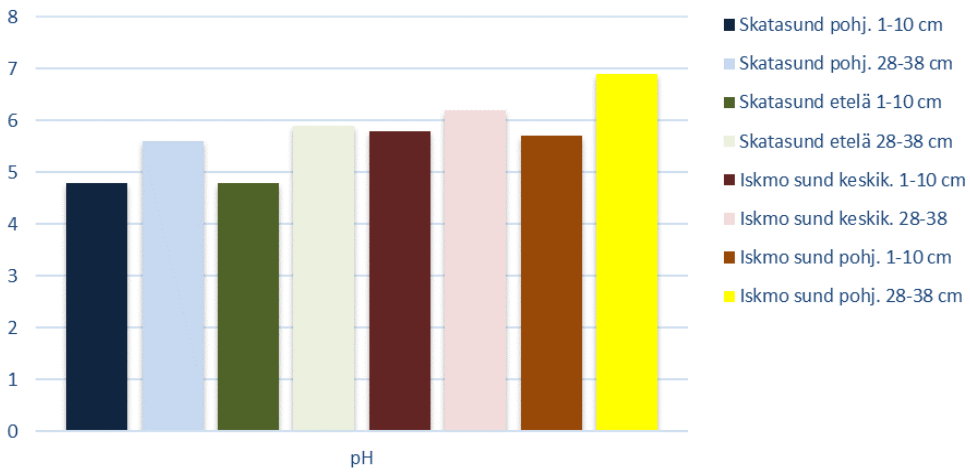
Ravinnepitoisuudet eri syvyyksiltä osoittavat, että mahdollinen pintakerroksen ruoppaaminen paljastaisi kerroksen missä typen määrä olisi vähäisempää. Toisaalta fosforin kohdalla tilanne on päinvastoin. Varsinkin Iskmo sundissa fosforipitoisuus nousi syvemmällä molempien pisteiden kohdalla, mikä oli hieman yllättävä tulos. Ennen varsinaisia ruoppauksia sedimenttien ravinnepitoisuuksia tulisi selvittää useammasta kohdasta ja vielä syvemmältä kuin kesällä 2013.



Kuva 19. Kokonaisfosfori kaikissa näytepisteissä 2013.



Kuva 20. Kokonaistyppi kaikissa näytepisteissä 2013.



Kuva 21. Sedimenttinäytteiden pH-arvot Iskmosundin ja Skatasundin näytepisteissä.

3.2.2. Raskasmetallit

Järvisedimentin ekologisten riskien arvioimiseksi Iskmo sundista ja Skatasundista määritettiin eräiden tärkeimpien raskasmetallien pitoisuuksia. Vaikka maankäytön perusteella alueella ei sijaitse erityisiä pistekuormituslähteitä raskasmetallien esiintymisen suhteen, päätettiin riskitekijät kartoittaa muun muassa sen perusteella, että alueen lähistöllä esiintyy happamia sulfaattimaita. Kyseisillä aluna-alueilla on kohonnut riski haitallisten metallien valumiselle vesistöihin ja edelleen pohjasedimentteihin.

Mitattuja metallipitoisuuksia verrattiin ensisijaisesti Suomen rannikolta havaittuihin taustapitoisuuksiin (Rytkönen ja Riipi 1997). Lisäksi sedimentin haitallisuuden arvioimiseksi saatuja arvoja verrattiin saastuneiden maiden tavoite- ja raja-arvoihin (taulukko 3). Näin saatiin karkea kuva sedimentin toksisuuden tasosta.

Yleisesti havaitut raskasmetallipitoisuudet olivat suhteellisen lähellä rannikon taustapitoisuuksia. Sinkin, nikkelin ja kuparin osalta pitoisuudet ylittivät selvästi tausta-arvot, kun taas elohopean ja kadmiumin osalta tausta-arvojen ylitys oli vähäistä. Lyijyn ja kromin pitoisuudet jäivät alle tausta-arvojen. PIMA-alueisiin verrattuna kadmiumin, kuparin, nikkelin ja sinkin arvot ylittivät tavoitearvon. Selkeintä ylitys oli jälleen kuparin, nikkelin ja sinkin kohdalla. Erot järvien välillä olivat vähäisiä. Iskmo sundissa mitatut metallipitoisuudet olivat hieman korkeammat kuin Skatasundissa.

Taulukko 3. Sedimentin raskasmetallipitoisuudet Iskmo sundin keskikohdassa ja Skatasundin eteläisessä pisteessä. Tavoite- ja raja-arvot PIMA-alueiden luokittelusta.

Tutkimuspiste	Hg	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Pb
	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka	mg/kg ka
Iskmosund	**0,065**	**2**	**36**	**55**	**140**	**540**	**24**
Skatasund	**0,054**	**1,7**	**36**	**47**	**110**	**400**	**20**
Tausta-arvo*	**0,039**	**0,33**	**43,6**	**31,6**	**29,5**	**115**	**24,9**
Tavoitearvo**	0,139	0,233	50	22,8	25	44,5	23
Raja-arvo**	5	10	500	400	300	700	300

*Tausta-arvo: Suomen rannikon taustapitoisuuksia (Rytkönen ja Riipi 1997).
**Tavoite- ja raja-arvot: Saastuneiden maiden tavoitearvot ja raja-arvot metalleille (Seppänen 1998).

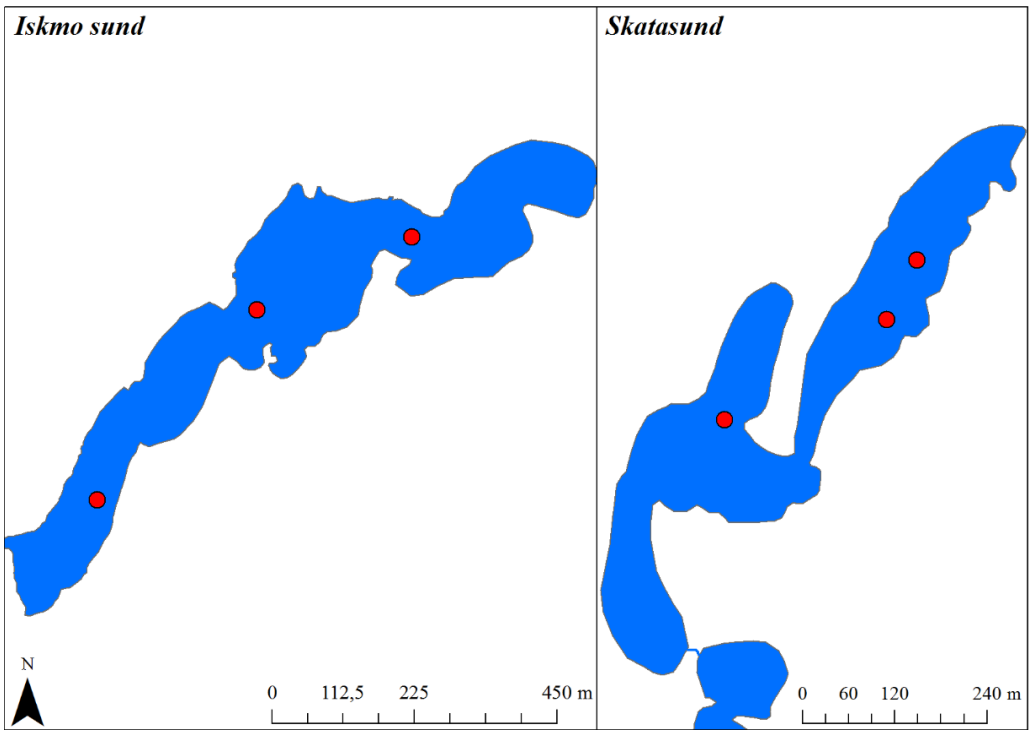
3.3. Kalasto

Iskmon järvien kalaston selvittämiseksi Iskmo sundissa ja Skatasundissa suoritettiin koekalastus nordic-verkoilla elokuussa 2013. Kalaston tarkkailua jatkettiin keväällä 2014, jolloin huomion kohteena olivat kalojen nousukyky ja mahdolliset nousuesteet järvisysteemin sisällä. Kalastotietojen täydentämiseksi tehtiin vielä kesäkuussa 2014 pienimuotoinen kysely alueen kalastajille.

3.3.1. Nordic-koekalastus

Koeverkkokalastus suoritettiin 15.–16.8.2013. Iskmo sundiin ja Skatasundiin laskettiin molempiin kolme pohjoismaisen yleisstandardin mukaista nordic-yleiskatsausverkkoa (kuva 22). Verkot olivat pyynnissä yhden yön eli noin 14 h. Tämä katsottiin maksimiajaksi, jonka verkot pystyisivät kalastamaan limoittumatta liikaa. Järvien mataluuden vuoksi syvänteitä ei jaettu erikseen vyöhykkeisiin vaan verkot sijoitettiin sopiviin paikkoihin. Verkot olivat pyynnissä pohjalla.

Saatu kalasaalis punnittiin 1 g:n ja mitattiin 1 mm:n tarkkuudella. Lajikohtaisesti laskettiin kappalemäärä, pituus- ja painojakauma, keskipaino, keskipituus ja keskihajonnat pituudesta ja painosta. Lisäksi laskettiin eri lajien osuudet saaliin kokonaismäärästä.

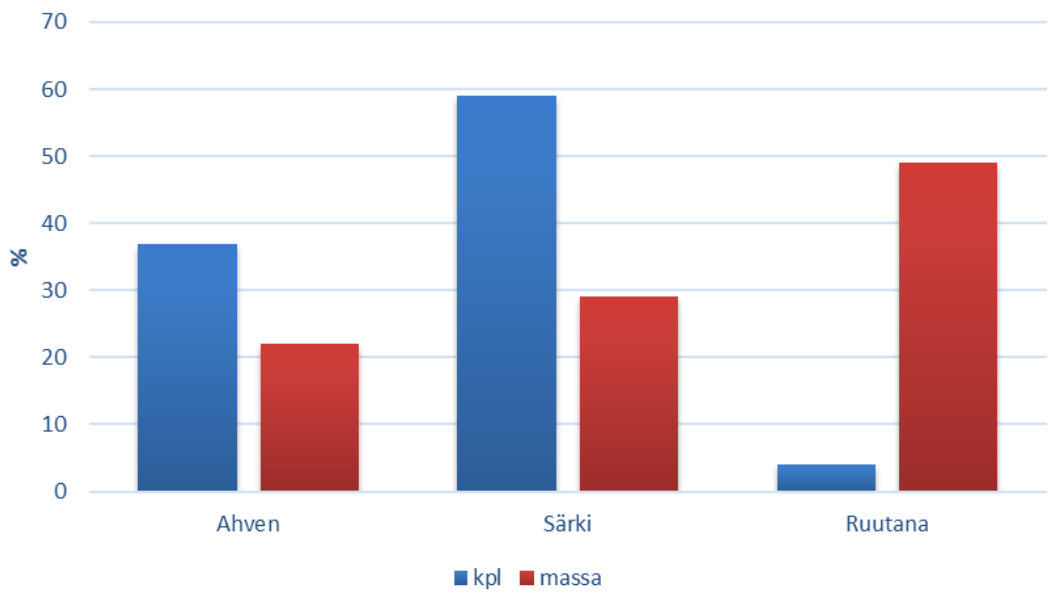


Kuva 22. Nordic-yleiskatsausverkkojen sijainti Iskmosundissa ja Skatasundissa 2013 (Karttaaineisto: MML 2010b).

Saalistulokset Iskmo sundin ja Skatasundin välillä poikkesivat toisistaan. Iskmo sundissa yön yli kestäneessä kalastuksessa saatiin runsaasti särkiä (82 kpl), ahvenia (52 kpl) sekä joitain ruutanoita (6 kpl) (taulukko 4). Särjet olivat enimmäkseen keskikokoisia, mutta vaihteluväli oli suuri. Ahventen kokovaihtelu oli myös huomattavaa, mutta mikä merkittävää niin myös suuria yksilöitä näytti esiintyvän Iskmo sundissa. Verkoista saatiin yksi yli 30 cm ahven, mikä voidaan luokitella jo huomattavaksi pedoksi. Tämän kokoiset yksilöt ovat tärkeitä pienten särkikalojen saalistajina. Särkien osuus kokonaissaaliista oli alle 60 % ja ahvenia esiintyi yli 20 % kokonaissaaliista (kuva 23). Ruutanoiden osuus kokonaismassasta oli huomattavan suuri, noin 50 %. Suurin osa ruutanoista saatiin järven pohjoispäästä, kun taas ahvensaalis keskittyi järven keski- ja eteläosan alueille.

Taulukko 4. Saaliskalojen kappalemäärät sekä pituuksien ja painojen keskiarvot, keskihajonnat ja vaihteluvälit Iskmo sundissa 2013.

		keskiarvo		keskihajonta		vaihteluväli	
laji	n	mm	g	mm	g	mm	g
Ahven	52	128,48	44,33	64,81	86,10	50–330	1-549
Särki	82	149,32	38,06	37,08	25,00	44–250	1-152
Ruutana	6	326,67	869,83	31,55	174,88	280–375	625–1131



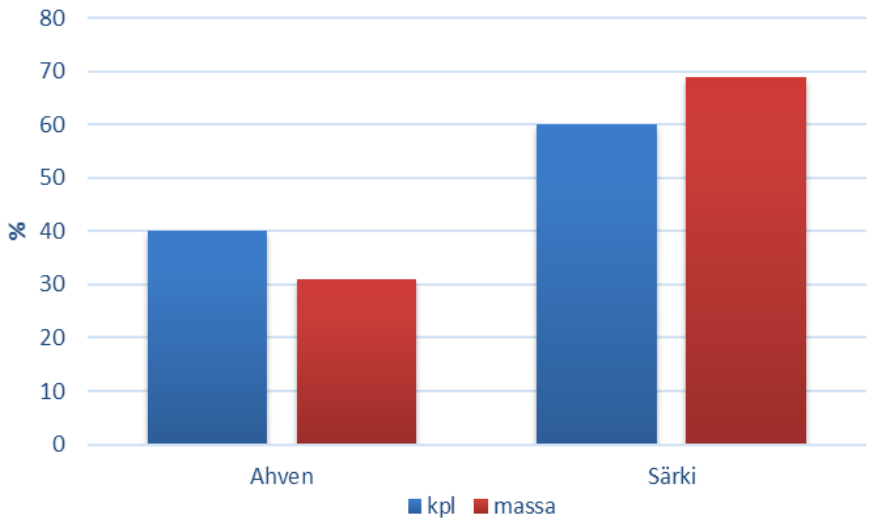
Kuva 23. Saaliin jakautuminen lajeittain Iskmo sundissa 2013. Jakaumat % kokonaismassasta ja lukumäärästä.

Skatasundin koekalastustulokset poikkesivat täysin Iskmo sundista. Saalistulos kolmella verkolla oli huomattavan heikko. Yhteensä kaloja saatiin ainoastaan 10 kpl, mistä ahvenia 6 kpl (taulukko 5; kuva 24). Heikosta saalismäärästä johtuen taulukon lukuja ei Skatasundin kohdalla voida pitää tilastollisesti merkittävinä.

Saalis jakautui lähes tasan särkien ja ahventen välillä. Särkien ja ahventen keskikoko oli hieman suurempi verrattuna Iskmo sundin tuloksiin. Toisaalta saaliiseen ei lukeutunut yhtään pedoksi luokiteltavaa ahventa. Kaikki kalat saatiin Stråkanin alueelta, kun taas Skatasundin eteläosan verkko oli täysin tyhjä.

Taulukko 5. Saaliskalojen kappalemäärät sekä pituuksien ja painojen keskiarvot, keskihajonnat ja vaihteluvälit Skatasundissa 2013.

		keskiarvo		keskihajonta		vaihteluväli	
laji	n	mm	g	mm	g	mm	g
Ahven	4	171,00	49,50	12,62	12,12	160–188	39–66
Särki	6	184,17	73,17	43,41	59,97	144–264	30–189



Kuva 24. Saaliin jakautuminen lajeittain Skatasundissa 2013. Jakaumat % kokonaismassasta ja lukumäärästä.

3.3.2. Kalojen nousukyky

Kalojen nousukyvyn ja mahdollisten nousuesteiden selvittämiseksi järvisysteemissä kalastettiin katiskoilla 23.–24.4.2014. Yksinkertainen katiskapyynti on käytetty menetelmä pienissä puroissa nousevien kalojen selvittämisessä kutuaikana (Salomaa 2013). Kalastuksessa käytet-

tiin yhteensä 4 katiskaa, jotka sijoitettiin jokaisen puron yläpuolelle siten, että ne jäivät kokonaan tai lähes kokonaan vedenpinnan alle. Katiskat olivat pyynnissä noin 18 tuntia.

Saalistulokset vaihtelivat paikkojen välillä hyvin paljon. Alimmasta Iskmo sundin katiskasta saatiin ainoastaan yksi ruutana, Vekasundista useita kymmeniä keskikokoisia särkiä, Strömsundista ruutana ja useita särkiä ja Skatasundista 10 kpl keskikokoisia ahvenia. Saatuja tuloksia voidaan jossain määrin pitää epäluotettavina ja vääristävinä sillä samaan aikaan Iskmo sundin alueelta oli saatu useita havaintoja kutevista hauista. Veka-Strömsundin välisessä uomassa liikkui maastokäynnin aikana satoja särkiä ja samaten Skatasundin-Strömsundin uoman yläpuolelta saatiin selkeitä havaintoja kutevista kaloista. Mahdollisia virhelähteitä ovat katiskojen sijainnit sivussa kalojen kulkureiteiltä tai liian myöhäinen ajankohta ahventen ja haukien havaitsemiseksi.

Katiskapyynnin yhtenä tärkeänä havaintona voidaan pitää saatua ahvensaalista Skatasundista. Todennäköistä on, että kalat pääsevät normaalivuosina nousemaan ongelmitta Skatasundiin asti. Tätä vahvistaa myös kesäkuussa 2014 tehty havainto suurikokoisesta hauesta Skatasundin keskivaiheilla. Uomissa ei myöskään ole havaittu suurempia nousuesteitä kevätkutuisten kalojen kannalta.

3.3.3. Kalastuskysely

Iskmon alueen kalastajille tehtiin suppea kysely 17.6.2014. Tarkoituksena oli hankkia lisätietoja muun muassa tärkeimmistä kalalajeista, kalastusmenetelmistä ja saalisalueista. Samalla tiedusteltiin henkilöiden näkemyksiä järvien tilasta, järvien tilan muutoksista ja mahdollisista kunnostustarpeista (liite 13).

Kyselyyn osallistui yhteensä kolme henkilöä, joiden näkemyksiin ja mielipiteisiin seuraavat tiedot perustuvat. Vastaajat kokivat yleisesti järvien virkistysarvon korkeaksi, kun taas kalastusalueena arvo nähtiin vähäisempänä. Järvillä oli kokeiltu useita kalastusmenetelmiä, mutta kaikilla vastaajilla kalastusaktiivisuus oli vähentynyt viimeisten vuosien aikana. Tärkeimmiksi saaliskaloiksi koettiin ahven ja hauki ja tärkeimmät saalisalueet sijoittuivat Iskmo sundin keski- ja eteläosiin, sillan pohjoispuolelle. Järvien vedenlaadun nähtiin viimeisten 10–20 vuoden aikana pysyneen lähes samana tai huonontuneen hieman. Järvien mataloituminen, rehevöityminen ja kalakuolemat keväisin olivat merkittävimmiksi koetut muutokset viimeisten vuosikymmenten aikana. Sen sijaan särkikalojen poistoa Iskmosundenin järvistä ei nähty tarpeellisena kunnostusmenetelmänä.

4. Yhteenveto järvien tilasta

Iskmosundenin vesistöt voidaan luokitella vedenlaatutietojen perusteella reheviksi ja paikoin ylireheviksi. Rehevyystasoa indikoi erityisesti korkeat klorofylli-a eli kasvilevien määrä kasvukauden aikana. Myös typpi- ja fosforipitoisuudet olivat korkeammat kuin Länsi-Suomen järvissä keskimäärin. Iskmosundenin järvien vedenlaadussa on kuitenkin suuria alueellisia eroja. Tulosten perusteella Skatasundin eteläosa vaikuttaisi olevan hieman Iskmo sundia rehevämpi ja Stråkan taas muita karumpi. Strömsundin ja Vekasundin tilan arviointia vaikeuttaa selvästi vähäisemmät näytemäärät. Toisaalta Vekasundiin ja Strömsundiin kohdistuva ulkoinen kuormitus on vähäisempää, minkä voidaan olettaa parantavan niiden tilannetta suhteessa Iskmo- ja Skatasundiin.

Järvien käyttökelpoisuutta alentavat matalat happipitoisuudet talvisin. On myös todennäköistä, että alueella esiintyy happikatoa useina talvina. Kevättalvella 2014 saatujen tietojen perusteella erityisesti Skatasundin länsiosa ja Iskmo sundin keskiosa kärsisivät alhaisista happipitoisuuksista, mutta normaalitalvina hapen puute koskee todennäköisesti laajoja alueita. Myös useina keväinä havaitut kalakuolemat ovat merkkejä heikoista happiolosuhteista. Hapen loppuessa fosforia alkaa vapautumaan pohjasedimentistä. Aiemmin happamoitumisesta kärsineiden Iskmosundenin järvien tila näyttäisi uusimpien tietojen perusteella paremmalta. Ainoastaan Vekasundin pH oli keväällä 2014 lähellä kaloille haitallista rajaa. Myös veden alkaliniteetti eli kyky vastustaa happamoitumista näyttäisi parantuneen heikommista 1980-luvun vuosista. Kiintoaine- sameus ja rautapitoisuudet ovat hieman kasvaneet verrattuna 1980–1990-lukuihin. Sen sijaan sähkönjohtavuusarvot olivat alhaisempia kuin aiempina vuosina mitatut.

Järviin laskevien ojien vedenlaatu oli suurimmaksi osaksi järvien vettä heikompaa. Erityisesti Skatasundin länsipuolelle laskevan Byträsketin ojan pH ja alkaliniteetti olivat hyvin alhaisia. Myös ravinnepitoisuudet olivat lähes jokaisessa ojassa runsaammat kuin järvissä. Ojien vedenlaadun parantaminen tulisikin ottaa ensisijaiseksi tehtäväksi kunnostustoimiin ryhdyttäessä.

Tutkittaessa vedenlaadun kehittymistä Iskmosundenin alueella suurta epävarmuutta aiheuttaa vähäiset tiedot aiemmilta vuosilta. Alueella ei ole ollut säännöllistä vedenlaadun seurantaa pois lukien 1980–1990 luvun vaihde, jolloin vesistöjä vaivasi happamoituminen. Tämän jälkeen tietoja on kerätty hyvin vähän ja ainoastaan parista näytepisteestä talvi- ja kevätaikana. Vedenlaadun seurantaa tulisikin jatkaa useamman vuoden ajan luotettavamman kokonaiskuvan saamiseksi järvien tilasta.

Iskmo- ja Skatasundissa sedimentin typpipitoisuus oli pintanäytteissä suurempi kuin syvemmältä otetuissa näytteissä. Sen sijaan fosforin määrä oli Iskmo sundissa suurempi 28–38 cm:n näytteissä. Skatasundissa fosforipitoisuus pysyi lähes samana molemmissa näytesyvyyksissä. Sedimentin kalkitustarve oli suurimmillaan pintanäytteissä. Myös pH nousi hieman syvempien näytteiden kohdalla.

Järvien vesikasvillisuus indikoi reheviä olosuhteita. Monin paikoin hallitseva laji on uistinvita, jonka kasvustot levittäytyvät laajalle järvien matalimmilla alueilla Iskmo sundin pohjoisosassa ja Skatasundin eteläosassa. Syvemmillä alueilla esiintyy yleisesti ulpukkaa ja lummetta. Rantakasvillisuus muodostuu mm. järvikortteesta ja leveäosmankäämistä. Mielenkiintoisena yksityiskohtana Iskmo sundissa ja Vekasundissa esiintyy näkinpartaa, mikä kertoisi meriveden ajoittaisesta virtaamisesta Vekasundiin asti (Kanckos 2013). Alueelta ei ole tiedossa nyt tehdyn selvityksen lisäksi muita systemaattisesti laadittuja kasvillisuuskartoituksia, mutta havaintojen mukaan kasvillisuus olisi muuttunut selvästi rehevämpään suuntaan.

Vesilintulajisto Iskmosundenin alueella oli kesän 2013 havaintojen mukaan suhteellisen köyhää, mutta toisaalta yksilöiden runsaus oli joissain tapauksissa huomattava. Yleisimpiä pesiviä vesilintuja olivat telkkä ja sinisora. Myös kahlaajien lajirunsautta voidaan pitää alhaisena, sillä näistä lajeista alueelta tavattiin pesimässä ainoastaan rantasipi. Syynä kahlaajien vähäisyyteen voidaan pitää rantojen jyrkkyyttä, jonka takia alue ei ole erityisen hyvä elinalue kahlaajalajeille (Kanckos 2013).

Nymanin (2013) selvityksessä pohjaeläinlajistossa havaittiin suuria eroja Iskmo sundin ja Skatasundin välillä. Iskmo sundissa pohjaeläimiä oli huomattavasti enemmän kuin Skatasundissa. Iskmo sundissa lajisto oli myös rehevämpää ympäristöä suosivaa, mutta toisaalta esiintyneen lajiston perusteella järven rehevöitymiskehitys on ollut vielä maltillista. Skatasundissa lajisto indikoi happamia olosuhteita ja toisaalta myös vähäisempää kalastoa, joka tukisi myös koekalastuksen vähäisiä saalismääriä Skatasundissa.

5. Suunnitellut toimenpiteet

Iskmon järvien kunnostamisessa ensimmäisenä tulee kiinnittää huomiota valuma-alueen kuormitukseen ja toimenpiteiseen sen hillitsemiseksi. Tässä projektissa ei tehty varsinaisia kuormituslaskelmia, mutta yleisesti Suomessa suuri osa järvien rehevöitymisongelmia aiheuttavasta kuormituksesta johtuu ulkoisista tekijöistä, mikä jatkuessaan johtaa sisäisen kuormituksen alkamiseen (Martinmäki ym. 2010). Näitä ovat erityisesti maanviljelyksestä ja metsätaloudesta aiheutuvat päästöt vesistöihin. Ravinnepitoisuuksia kasvattaa maatalous ja hajaasutus, kun taas metsätalous aiheuttaa myös happamoitumista. Vedenlaatutietojen perusteella Iskmo sundia voidaan päätellä vaivaavan tietynasteinen rehevöittävä kuormitus valuma-alueelta. Skatasundissa rehevyyden lisäksi on havaittavissa merkkejä happamoitumisesta.

Ulkoisen kuormituksen lisäksi Iskmo- ja Skatasundissa ongelmana voidaan pitää ajoittain voimakasta sisäistä kuormitusta. Erityisesti talven heikot happiolot järvissä aiheuttavat ravinteiden vapautumista sedimenteistä. Myös runsastuva kasvillisuus voi aikaa myöten johtaa sisäisen kuormituksen voimistumiseen. Järvissä toteutettavat vaihtoehdot tähtäävät näiden riskin estämiseen erityisesti happiolojen parantamiseen tähtäävillä toimilla. Lisäksi vesialueille suunnitelluilla toimenpiteillä pyritään parantamaan järvien virkistyskäyttöä vaarantamatta kuitenkaan niiden ekologista tilaa. Järviin suunnitellut kunnostustoimet keskittyvät pääasiassa Iskmo- ja Skatasundiin. Näissä järvissä rehevöitymiskehitys on koettu virkistyskäytön kannalta haitallisemmaksi. Tietysti valuma-alueella tehtävät toimet ja vedenlaadun koheneminen Skatasundissa vaikuttaa vedenlaatua parantavasti myös sen alapuolella sijaitsevassa Strömsundissa.

Seuraavaksi esiteltävät kunnostusvaihtoehdot perustuvat pitkälti Suomessa aiemmin tehtyihin järvikunnostuksiin ja niistä saatuihin tuloksiin. Vaihtoehdot on rajattu koskemaan sellaisia vaihtoehtoja, jotka soveltuvat viipymältään lyhyiden ja syvyydeltään matalien järvien kunnostamiseen (Väisänen ja Laakso 2005: 75) Menetelmät on jaettu järvien ulkoista kuormitusta vähentäviin toimenpiteisiin ja itse vesialueilla tehtäviin toimiin. Kohdassa 5.3. tuodaan esille potentiaalisten kunnostusmenetelmien vaikutuksia järvien käyttöön ja ekologiseen tilaan.

5.1. Ulkoisen kuormituksen vähentäminen

Valuma-alueelta aiheutuvan kuormituksen vähentämistä pidetään onnistuneen järvikunnostuksen lähtökohtana. Ilman valuma-alueella tehtäviä toimenpiteitä vesialueella tehtävien toimenpiteiden teho jää puutteelliseksi ja vaikutus lyhytaikaiseksi (Mattila 2005: 137). Valuma-alueella tehtäviin töihin on kiinnitetty huomiota useissa samankaltaisissa kunnostushankkeissa. Esimerkiksi Iskmon lähellä sijaitsevan Karperöfjärdenin kunnostuksessa suuri osa kunnostusponnistuksista kohdistettiin ihmisen toimista aiheutuvan kuormituksen minimoimiseksi (Hietaranta ym. 2007). Iskmon alueella huomiota tulee kiinnittää erityisesti haja-asutuksesta aiheutuvien päästöjen minimoimiseen, valuma-alueen ojien suojavyöhykkeisiin sekä muihin ojien vesiensuojelullisiin rakenteisiin (taulukko 6).

5.1.1. Haja-asutuksen jätevedet

Mustasaaren kunnassa on laadittu vesihuollon kehittämissuunnitelma, joka on tarkistettu 26.3.2012 (Tarkistettu vesihuollon kehittämissuunnitelma 2012). Sen mukaan kunnallinen jätevesiverkosto laajennetaan Iskmo-Jungsundin alueelle rajoitetusti siten, että Iskmon pohjoisosa Byträsketojan pohjoispuolelta jätettäisiin kokonaan viemäröinnin ulkopuolelle. Kuitenkin Hjerpen (2014) mukaan näitä suunnitelmia ollaan päivittämässä vuoden 2015 aikana siten, että Iskmon alue jäisi osittain kustannussyistä viemäröinnin ulkopuolelle. Tämä olisi selkeä heikennys ajatellen jätevesipäästöjä Iskmo sundiin. Vaihtoehtoisesti suositellaan esimerkiksi pienpuhdistamoiden perustamista, mikäli kunnallinen viemäröinti alueella ei toteudu.

Skatasundin valuma-alueeseen kuuluvalla alueella sijaitsee useita talouksia, joiden osalta tulee varmistaa riittävä jätevesien käsittely. Erityisesti tämä koskee ranta- ja Byträsketojan lähistöllä sijaitsevia kiinteistöjä (kuva 25). Ympäristönsuojelulaki (196/2011) ja valtioneuvoston uusi asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolella (209/2011) edellyttävät tiettyjä vaatimuksia jätevesien käsittelylle.

”*jätevedet on johdettava ja käsiteltävä siten, ettei niistä aiheudu ympäristön pilaantumisen vaaraa*” Ympäristönsuojelulaki 27 b.

Asetusten mukaiset vaatimukset tulee täyttää 15.3.2016 mennessä. Mustasaaren kunta kuuluu myös vuonna 2014 Pohjanmaan Jässi –hankkeen kohdealueisiin, jonka kautta tilanteestaan epävarmojen asukkaiden ja mökkiläisten on mahdollista saada maksutonta jätevesineuvontaa alan asiantuntijoilta (Pohjanmaan Jässi 2014).

Kuva 25. Esimerkki mahdollisesta haja-asutuksen kuormituslähteestä Byträsket -ojan keskiosalta (Olli-Matti Kärnä 15.6.2014).

5.1.2. Maa- ja metsätalouden suoja-alueet

Iskmo-Jungsundin alueella maatalous on lähinnä pienimuotoista peltoviljelyä ja viljellyt alat ovat verraten pieniä ja sijaitsevat etäällä toisistaan. Tästä huolimatta maanviljelyn kuormitus mataliin ja pienikokoisiin Iskmon järviin voi ajoittain olla runsasta. Aktiivisessa käytössä olevien peltojen kuormitusta pystytään vähentämään helposti monilla eri keinoilla, kuten riittävien suojavyöhykkeiden ja -kaistojen ylläpidolla. Suoja-alueiden olisi hyvä olla tarpeeksi leveitä, mutta vähintään niiden pitäisi täyttää maatalouden ympäristötuessa säädetyt leveysvaatimukset. Tutkimusten mukaan riittävien suojavyöhykkeiden on todettu leikkaavan pelloilta ojiin kulkeutuvan fosforin määrää 30–40 % ja 60 % kiintoainekuormasta (Uusikämppä ja Kilpinen 2000).

Iskmo-Skatasundin alueella suurimmat ongelmakohdat sijaitsevat Skatasundiin laskevan Byträsketojan varrella sekä Iskmo sundin länsirannalle laskevien ojien ympäristössä. Näistä Byträsketoja on ongelmallisin, sillä sen varrella muokkaamaton piennar on monin paikoin liian kapea (liite 6). Suosituksena pientareiden leveydestä voidaan pitää maatalouden ympäristötukien erityistukiehtoja, missä pientareen leveydeksi määritellään 1 m (Maa- ja metsätalousministeriö 2007). Iskmosundenin valuma-alueelle suositellaan yleisesti näitä, leveydeltään vähintään 1 m suoja-alueita peltojen ja ojien välille. Minimivaatimus alueiden leveydelle on 60 cm, mikä pääosin toteutuu Iskmosundenin alueella.

Maatalouden ohella metsätalous muodostaa vesistöjä kuormittavan lähteen. Metsäalueilta aiheutuva ravinne- ja kiintoainekuormitus on usein tasaista ja usein sitä vähäisempää mitä pidempi aika on kulunut avohakkuista ja mahdollisista täydennysojituksista (Mattila 2005). Iskmossa erityisriskin muodostaa alueen sijainti rannikon happamien alunamaiden alueella, missä metsäojien kaivuu voi paikallisesti aiheuttaa happamuutta ja sitä myöten metallien liukenemista ja huuhtoutumista vesistöihin. Iskmon valuma-alueella tulisikin jättää hakkuiden yhteydessä riittävät suojavyöhykkeet ojien varsille. Lisäksi alueella täytyy välttää lisäojituksien tekemistä (Wistbacka ja Snickars 2000). Ojituksien välttäminen koskee erityisesti Byträsketistä laskevan ojan valuma-aluetta, missä veden happamuus oli selkeimmin havaittavissa.

5.1.3. Laskeutusaltaat/lietekuopat

Laskeutusaltaat ovat pienikokoisia vesialtaita, joiden tarkoituksena on seisauttaa veden virtaus ennen järveä tai jokea. Altaassa veden kiintoaines ja siihen sitoutunut fosfori laskeutuu altaan pohjalle ja näin vähentää vesistön ulkoista kuormitusta (Mattila 2005). Laskeutusaltaan kokona suositellaan usein vähintään 1 % valuma-alueen pinta-alasta, mutta käytännössä pelto- ja metsäojien yhteydessä huomattavasti tätä pienemmät lietekuopat auttavat merkittävästi kiintoaineksen pidättymisessä.

Kuva 26. Vasemmalla Iskmo sundiin laskeva oja, joka on kaivettu liian lähelle järveä. Oikealla esimerkki lietekuopasta Vekasundin etelälaidalta (Olli-Matti Kärnä 9.-10.4.2014).

Iskmosundenin alueen ojissa näitä rakenteita havaittiin maastokäynneillä vaihtelevasti (kuva 26). Ainoastaan Vekasundin etelärannan kaksi ojaa oli aiemmin tehtyjen kunnostusojitusten yhteydessä padottu alaosastaan selkeillä lietekuopilla. Byträsketojan alaosassa on suurempi allas, mutta se on pahoin liettynyt. Samoin Björklundinojan alaosassa on näkyvissä kaivetun altaan piirteitä, mutta myös se on pahoin liettynyt.

Toimenpiteinä suositellaan edellisten Skatasundiin laskevien ojien lietekuoppien perkaamista kertyneestä aineksesta (liite 6). Työ voidaan tehdä kaivinkoneella ja kertyvät massat voidaan kasata ojan läheisyyteen, kuitenkin riittävän etäälle ojauomista. Iskmon länsirannalla sijaitseva oja on kaivettu järveen asti ilman mitään suojarakenteita (kuva 26). Ojan virtaaman hillitsemiseksi paikalle voidaan kasata karkeammasta aineksesta pato, jonka edestä ojaa voi varovasti perata. Kertyneet massat kannattaa padota viereisen pellon ja järven väliselle rantavyöhykkeelle. Jatkossa kaikkia altaita tulee tarkkailla ja tarpeen vaatiessa tyhjentää kiintoaineksesta. Näin rakennettujen altaiden avulla saadaan osa kiintoaineksesta ja siihen sitoutuneista ravinteista talteen ennen järviä. Kaivuumassat tulee kalkita huolellisesti happamuusriskien minimoimiseksi.

5.1.4. Byträsketin kosteikko

Byträsket sijaitsee Skatasundista luoteeseen noin 800 metrin etäisyydellä. Lammen vedet laskevat noin 1 km:n pituisen ojan kautta Skatasundiin. Lampi on aikoinaan ollut haukien tärkeä kutualue, mutta sen vedenpintaa on sittemmin laskettu maankuivatusten yhteydessä (Snickars ja Wistabacka 2000). Lammen ympäristö ja erityisesti sen eteläpuolinen alue on suota. PH-mittausten perusteella Byträsketistä laskevat vedet ovat happamia, samoin siihen laskevasta metsäojasta mitattiin kevättalvella 2014 erittäin alhaisia pH-lukuja. Tätä nykyä ojan vedet muodostavat riskin Skatasundin vedenlaadulle erityisesti kevään ja syksyn virtaamahuippujen aikana.

Byträsketin veden laatua voitaisiin parantaa muuttamalla lammen ulosvirtausta siten, että se suodattuisi nykyistä enemmän alueella olevan turvemaannoksen ja suokasvillisuuden läpi ennen ojaan virtaamista. Samalla lammen vettä patoamalla voitaisiin tasata erityisesti kevätajan virtaamahuippuja, jolloin veden happamuus on erityisen haitallista kaloille. Käytännössä ojan virtaamaa muutettaisiin kaivamalla nykyisen ojan sivuille lyhyet viiksiojat, joiden vesisyvyys tulisi pitää alle puolessa metrissä (liite 5). Tätä syvemmällä alunamaiden happamuus lisääntyy selvästi, jonka takia liian syvältä kaivamista tulee välttää (Österholm ja Åström 2002). Veden levittäytymistä suolle ja viiksiojiin pystytään tehostamaan patoamalla nykyistä ojaa viiksiojien kohdalta. Pato ja sen aiheuttama vettyminen aiheuttaisi alueella jonkin verran puustokuolemia, mitkä tulee ottaa huomioon suunnitelmia tehtäessä. Toisaalta toimenpiteellä saavutettava hyöty vedenlaadun kohentuessa olisi selvä etu Skatasundin järvivedelle. Samalla Byträsketin alapuolisen suon kasvillisuus palautuisi suomaisemmaksi.

5.1.5. Valuma-alueen kalkitukset

Kalkituksella pyritään parantamaan happamoitumisesta kärsiviä vesistöjä nostamalla veden pH neutraalin puolelle ja siten pienentämään happamuuden haittavaikutuksia vesistöissä. Valuma-alueen kalkitusten avulla pystytään vaikuttamaan pitkäaikaisesti esimerkiksi järviin valuvien vesien pH-arvoihin, kun taas järvien suorakalkitus jää vaikutuksiltaan lyhytaikaisemmaksi (Ympäristöministeriö 1991). Valuma-alueen kalkituksissa käytetyimmät menetelmät ovat kosteikkokalkitukset, viljelysmaiden kalkitukset ja ojavesien suorakalkitus. Varsinaisia kosteikkokalkitukselle sopivia alueita Iskmon ympäristössä on vain vähän. Kohdassa 5.1.4 mainitun Byträsketin kosteikkoa/patoa kalkitsemalla voitaisiin parantaa Byträsketistä laskevan ojaveden pH:ta. Samaten Byträsket -ojan happamuutta kevään virtaamahuippujen aikana voitaisiin kohentaa kalkitsemalla Norragängenin peltolohkoja. Tämä parantaisi myös viljelymaan laatua.

Ojavesien pH:ta voidaan kohottaa myös niin sanottujen suorakalkitusasemien tai kalkkirouhepatojen avulla. Kalkkirouhepatoja on käytetty joissain kohteissa veden pH:n selkeään nostamiseen kalataloudellisesti tärkeissä puroissa, mutta sen pitkäaikaisesta toimivuudesta ei ole vielä saatu varmoja tietoja (Maa- ja metsätalousministeriö 2011). Patojen ongelmana pidetään esimerkiksi niiden liettymistä ennen pitkää, minkä seurauksena niiden teho heikkenee selvästi. Sen sijaan suorakalkitusasemat ovat toimiva menetelmä tilanteissa, joissa halutaan kohottaa ojaveden pH:ta. Suorakalkitusasemien ongelmana ovat korkeahkot perustamiskustannukset. Iskmon alueella ojaveden neutralointia suositellaan erityisesti Byträsketistä virtaavan ojan kohdalla. Kyseeseen tulisi lähinnä kevään ja syksyn virtaamahuippujen aikainen kalkitus. Mahdollisesti myös Byträsket – kosteikon kalkitseminen voisi tulla kyseeseen. Valuma-alueen muiden ojien pH oli laboratoriomittausten perusteella > 6,0, joten niiden kalkitsemiselle ei tässä yhteydessä nähdä erityisiä perusteita. Kuitenkin pH-arvoja tulee edelleen seurata.

Taulukko 6. Suositellut vesiensuojelulliset toimenpiteet Iskmosundenin valuma-alueella.

	Toimenpide	Selite	+	-
a) Asutus	Kunnallisen jätevesiviemäröinnin laajentaminen	Laajentaminen vesihuollon kehittämissuunnitelman (2012) mukaan. Vaihtoehtoisesti pienpuhdistamo.	Viemäriverkkoon kuuluvien talouksien jätevesikuormitus -100 %	Kallis toteuttaa. Ei ulotu kokonaan Skatasundin valuma-alueelle. Epävarma toteutustilanne.
	Kiinteistöjen jätevesien käsittelyn tehostaminen.	Jätevesien käsittelyn tehostaminen lain vaatimalle tasolle (196/2011; 209/2011)	Huomattava ravinnekuormituksen lasku.	Kustannus kokonaan kiinteistöjen omistajille. Tehokkuus riippuvainen käytöstä ja laitteiston huollosta.
b) Maa- ja metsätalous	Suojakaistat ja pientareet	Suositellaan maatalouden ympäristötuen mukaisia (1 m) suojavyöhykkeitä.	Ravinne ja kiintoainekuormituksen pieneneminen.	Viljelykelpoisen peltoalan väheneminen.
	Laskeutusaltaat/lietekuopat	Ojavesien käsittely.	Ojavesien kiintoaineksen ja siihen sitoutuneiden ravinteiden vähentäminen.	Tulvakausien epävarmuus. Kaivamalla toteutettuna kallis ja sisältää riskin happamoitumisesta.
	Kosteikko/Byträsket	Ojavesien käsittely/Byträsket kosteikon hyödyntäminen.	Ojaveden kiintoaineksen ja ravinteiden vähentäminen. Kalkittuna myös happamuuden torjuntakeino.	Tulvakausien epävarmuus. Puuston kuolemat.
	Valuma-alueen kalkitukset	Peltojen kalkitus.	Maaperän viljavuuden paraneminen.	Kustannukset. Vaikutukseltaan tilapäinen.
		Ojien suorakalkitus.	Happamuuden vähentäminen erityisesti virtaamahuippujen aikana.	Menetelmien toimivuus epävarmaa pitemmällä aikavälillä. Kustannukset ja huoltotarve.

5.1.6. Vältettävät toimenpiteet

Iskmon vesistöjen valuma-alueella tulisi välttää sellaisia toimenpiteitä, joista aiheutuu ylimääräistä kuormitusta. Tällaisia toimenpiteitä ovat peltojen ja metsien uudet ojitukset, avohakkuut ja hakkuiden yhteydessä tehtävät maanmuokkaukset (taulukko 7; kuva 27). Ojituksien seurauksena alunamaat hapettuvat, mistä seuraa vesistöjen happamoitumista. Ojitukset myös li-

säävät ravinne- ja kiintoainesvirtaamia järviin, mikä edelleen aiheuttaa järvien rehevöitymistä. Metsämaan muokkauksen välttäminen pitää pintamaan ehjänä ja näin ollen vähentää eroosiota ja happamien alunamaiden aiheuttamaa hapanta kuormitusta. Metsäojien kunnostuksissa tulee välttää uusien ojien kaivuuta ja vanhojen ojien syventämistä alkuperäistä syvemmäksi.

Kuva 27. Esimerkkitapaus toteutetusta kunnostusojituksesta Iskmo sundin länsipuolelta. Iskmosundenin valuma-alueella tulisi välttää suuria metsäojituksia happamuusriskien vuoksi (Olli-Matti Kärnä 10.4.2014).

Taulukko 7. Iskmosundenin valuma-alueella vältettävät toimenpiteet.

Toimenpide	Selite	+	-
Peltojen ojitus	Ojitushaittojen vähentämiseksi peltojen ojitusta on vältettävä.	Happaman kuormituksen ja ravinnevirtaamien väheneminen.	Voi aiheuttaa peltojen vettymistä, viljelyn vaikeutumista ja satotappioita.
Metsämaan ojitus	Mahdollisuuksien puitteissa luovuttava. Kunnostusojituksissa noudatettava varovaisuutta.	Alunamaat eivät hapetu, minkä kautta hapan kuormitus ja metallien liukeneminen vesistöihin pienenee.	Mahdollisesti metsätaloudellisia tappioita vettymisestä johtuen.
Avohakkuut	Maanmuokkauksen välttäminen/minimoiminen.	Maaperän ehjä pintarakenne vähentää eroosiota ja sitä kautta ravinnehuuhtoumia.	Mahdollisesti metsän uudistumisen hidastuminen.

5.2. Järviin kohdistuvat toimenpiteet

Järvissä toteutettavat kunnostustoimenpiteet riippuvat järven ja valuma-alueen ominaisuuksista. Lisäksi kunnostusmenetelmissä täytyy ottaa huomioon luontoarvojen monimuotoisuus, ekologinen tila sekä järven käyttöpaineista aiheutuva kunnostustarve (Väisänen ja Lakso 2005; Hietaranta ym. 2008). Monesti valitut kunnostusmenetelmät muodostavat kompromissin, jossa pyritään ottamaan tasapuolisesti huomioon niin eri käyttäjäryhmät kuin luontoarvot.

Seuraavissa kappaleissa esitellään käytetyimpiä kunnostusmenetelmiä ja arvioidaan niiden käyttömahdollisuuksia erikseen Iskmo sundiin ja Skatasundiin. Tarkastelun kohteena ovat nimenomaan Iskmo sund ja Skatasund, koska näihin järviin kohdistuu suurin käyttöpaine ja nämä ovat myös oletettavasti muuttuneet eniten ihmistoiminnan seurauksena. Laajemmassa esittelyssä ovat ainoastaan järville soveltuvimmiksi arvioidut menetelmät. Taulukossa 8 on listattu myös muut käytetyimmät menetelmät ja niiden soveltuvuus Iskmosundenin vesistöille.

5.2.1. Monitavoitteellinen ruoppaus

Järven pohjasedimentin ruoppaus on yksi käytetyimmistä kunnostusmenetelmistä Suomessa. Ruoppauksella voidaan lisätä vesisyvyyttä, poistaa kasvillisuutta, estää umpeenkasvua ja vähentää tai jopa estää kokonaan pohjakerroksesta aiheutuvaa sisäistä kuormitusta. Näin saadaan lisättyä esimerkiksi järven virkistyskäyttöarvoa. Ruoppaukset voidaan jakaa niiden koon mukaan laajoihin kunnostusruoppauksiin ja yksittäisiä veneväyliä tai uimarantoja koskeviin pienruoppauksiin (Viinikkala ym. 2005).

Laajoilla kokonaisia järviä koskevilla ruoppauksilla tavoitellaan monesti ravinteikkaan pintakerroksen poistamista, jolloin uuden vähäravinteisemman pinnan avulla myös järven sisäisen kuormituksen riski saadaan alemmaksi. Tämä edellyttää ravinnemäärien selkeää alenemista syvemmissä sedimenttikerroksissa. Kesällä 2013 otettujen näytteiden mukaan Iskmo- ja Skatasundissa ainoastaan typpipitoisuus aleni selvästi 28–38 cm:n syvyyksillä. Sen sijaan fosforin osalta pitoisuus nousi Iskmo sundin pisteissä ja Skatasundissa fosforin määrä aleni vain hyvin vähän. Näin ollen pelkän pintakerroksen poistolla ei saavuteta oleellisesti vähäravinteisempaa kerrosta. Iskmo sundissa tilanne olisi fosforin osalta jopa päinvastoin. Laajoilla pintaruoppauksilla ei myöskään saavutettaisi oleellisesti stabiilimpaa mineraali- tai moreenipohjaa, sillä näytteet olivat kaikilla syvyyksillä suhteellisen tasalaatuista järvimutaa (pl. Skatasundin pohjoisin piste).

Vesisyvyyden lisääminen ruoppaamalla lisäisi paitsi järvien virkistysarvoa, vesitilavuutta kasvattamalla voitaisiin myös tasoittaa vedenlaadun vaihtelua ja vähentää ainakin alueellisesti aallokon aiheuttamaa pohjan pöyhintää ja siten ravinteiden vapautumista veteen. Laajamittainen ruoppaus Iskmo- ja Skatasundissa aiheuttaisi kuitenkin monia huomattavia riskejä vedenlaadulle. Ruoppaustoiminta muun muassa sekoittaa sedimenttiä, minkä seurauksena sedimentin sisältämät rikkiyhdisteet ja metallit vapautuvat vesistöön. Kesän 2013 tutkimusten mukaan molempien järvien kupari, nikkeli ja sinkkipitoisuudet ylittivät selkeästi Suomen rannikon tausta-arvot (taulukko 3). Toksisuusnäytteet otettiin kuitenkin koko sedimenttipatsaasta ja onkin todennäköistä, että raskasmetallipitoisuudet olisivat vähäisemmät esimerkiksi 1–20 cm:n näytteissä. Näytteiden pitoisuusarvot kuitenkin todistavat sedimentin happamoittavista aiheuttavan riskin, mikä täytyy huomioida ruoppaussuunnitelmien mitoituksessa.

Ruoppaustoimia rajoittaa myös töiden korkeat kustannukset, sillä ruoppaus on erilaisista kunnostusmenetelmistä kalleimpia. Myös sopivien ja riittävän suurien läjitysalueiden löytäminen asettaa omat rajoituksensa laajoille ruoppauksille Iskmo- ja Skatasundin alueilla. Esimerkiksi jos Skatasundin syvänteistä (> 1,5 m) sekä pahiten umpeen kasvaneilta alueilta poistettaisiin 0,4 metrin kerros sedimenttiä, olisi kaivettava ainesmäärä noin 16 400 m^3. Puolen metrin kerrokseksi levitettynä läjitysalueen pinta-alan täytyisi olla vähintään noin 3,2 ha. Käytännössä alueille tulisi varata vielä tätäkin enemmän tilaa, sillä sedimentin suuren vesipitoisuuden takia läjitysalueiden laidoille pitäisi varata riittävät suoja- ja maisemointivyöhykkeet. Iskmo sundin tapauksessa määrät olisivat vielä Skatasundiakin suurempia. Kustannusten kurissa pitämiseksi näiden läjitysalueiden tulisi vielä sijaita mahdollisimman lähellä järviä (Viinikkala ym. 2005).

Edellä mainituista seikoista johtuen ja sedimenttinäytteiden tulosten perusteella ei pintasedimentin laaja-alainen poisto ole suositeltava toimenpide Iskmon järville. Alueellisesti rajoitettuna toimenpiteenä esitetään kuitenkin ruoppaamista Skatasundin eteläosan sekä Iskmo sundin pohjoisosan alueilla (liitteet 10–11). Ruoppausten ensisijaisena tavoitteena olisi parantaa järvien virkistyskäyttöarvoa kohdentamalla ruoppaukset uistinvidan (*Potamogeton natans*) pahiten valtaamille alueille. Erityisesti Skatasundin eteläosassa ja Iskmo sundin pohjoisosassa kasvustot haittaavat merkittävästi esimerkiksi veneellä liikkumista sekä muuta virkistyskäyttöä. Tiheitä kasvustoja poistamalla vähennetään samalla kasvustoon sitoutuneita ravinteita, mikä vähentää edelleen sisäisen kuormituksen riskiä. Uistinvidan poistaminen niittämällä

on epävarmaa, sillä ne kasvavat usein takaisin ravinnepitoisen juurakkonsa avulla. Tämä puoltaisi kasvuston poistoa ruoppaamalla.

Syntyvät ruoppausmassat tulee lähtökohtaisesti sijoittaa mahdollisimman lähelle ruopattavaa kohdetta, koska siirtoetäisyyksien kasvaessa myös kokonaiskustannukset nousevat huomattavasti (Viinikkala ym. 2005). Alustavassa suunnitelmassa syntyvät massat kasattaisiin järvien läheisille jouto- ja metsämaille. Skatasundissa massoilla voidaan kohottaa järven länsipuolella sijaitsevaa alavaa aluetta. Massat voidaan myös levittää peltoalueille, jolloin ne tulee kalkita huolellisesti. Iskmo sundin ympäristössä massojen sijoittaminen on vaikeampaa tiheämmästä asutuksesta ja rantojen jyrkkyydestä johtuen. Suunnitelmassa yhtenä ehdotuksena on kasata sedimenttimassat pohjoisosan rannoille, jolloin järven rantaviiva muuttuu osin. Toisena vaihtoehtona on täyttää massoilla Iskmo sundin ja Vekasundin välinen kosteikko ja osittain Vekasundin etelälaita. Paikallisten keskuudessa Iskmon läjitysmassojen sijoituskohteiksi on ehdotettu myös Vekasundia, Nästräsketin suota sekä Iskmo sundin etelänurkan täyttämistä. Ruoppaussuunnitelmista ja massojen sijoitusvaihtoehdoista kerrotaan enemmän kappaleessa 5.3.2.

5.2.2. Vesikasvillisuuden vähentäminen

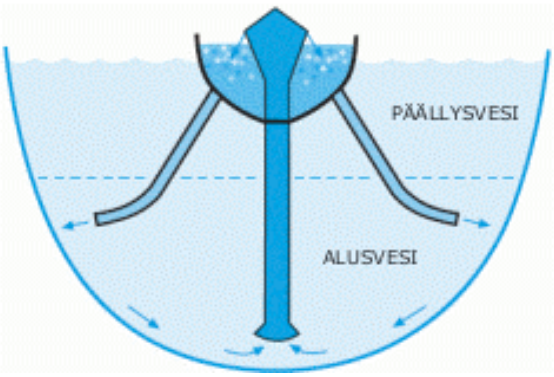
Iskmon alueella suurin kasvillisuuden aiheuttama haitta muodostuu kelluslehtisten paikallisesti tiheistä kasvustoista. Haitallisemmaksi kasviksi on koettu uistinvita (*Potamogeton natans*), joka muodostaa tiheitä kasvustoja Iskmo sundin pohjoisosassa ja Skatasundin eteläosassa. Kyseinen laji on vaikea poistettava muun muassa sen vahvan ja elinvoimaisen juuriston takia. Nybomin (1988) mukaan uistinvita ei koekohteissa hävinnyt useammankaan niittokerran jälkeen. Myös muiden kelluslehtisten kuten ulpukoiden ja lumpeiden poistamisessa pysyvämpiä tuloksia saavutetaan juuriston poistamisella esimerkiksi ruoppausten avulla (Ympäristöhallinto 2013). Tarvittaessa näitä kasveja voidaan kuitenkin yrittää niittää esimerkiksi talkootyönä, mutta tällöin pitää varautua toimenpiteen toistamiseen useampana vuonna peräkkäin.

5.2.3. Hapetus

Iskmo- ja Skatasund kärsivät talvi- ja kevätaikaisesta happikadosta. Happikadon seurauksista merkittävimpiä ovat kalakuolemat ja fosforin vapautumisesta johtuva sisäinen kuormitus (Lappalainen ja Lakso 2005). Iskmo sund ja Skatasund ovat matalia järviä, joissa pohjalla olevan orgaanisen aineksen happea kuluttava vaikutus on huomattavaa. Järviin ei myöskään laske huomattavia laskuojia mitkä täydentäisivät talven happivarantoja. Iskmo sundissa ha-

vaittiin viimeksi keväällä 2013 happikadon aiheuttamia kalakuolemia. Voidaankin todeta, että happikato on yksi järvien suurimmista uhkatekijöistä.

Järvien hapetusta pidetään kunnostuksen monitoimimenetelmänä, minkä avulla pyritään hillitsemään järvien liiallista fosforin kiertoa sekä turvaamaan kalakantojen elinolot talven yli. Hapetuksella siis pyritään järvien rehevyystason pitkäaikaiseen alentamiseen yhdessä muiden menetelmien kanssa (Lappalainen ja Lakso 2005). Nämä ovat tärkeimmät tavoitteet myös Iskmo sundin ja Skatasundin hapetusta suunniteltaessa. Järvien mataluudesta ja laajoja alueita koskevasta happivajauksesta johtuen mahdollisina hapetuslaitteina tulee kyseeseen lähinnä pintailmastimet, jotka siirtävät ilmakehän happea vähähappiseen alusveteen (kuva 28).



Kuva 28. Esimerkki ilmastuslaitteesta ja sen toiminnasta (Visiox; julkaisulupa: Vesi-Eko 2014).

Hapetustarpeen mitoitus tässä yhteydessä perustuu Saarijärven (2014) antamiin tietoihin. Sedimenttien yleinen hapenkulutus talviaikana vaihtelee 0,3–0,5 g/m^2/pv. Hapenkulutus kerrotaan järven pinta-alalla eli Iskmo sund (150 000 m^2) ja Skatasund (100 000 m^2). Näin laskennalliseksi hapenkulutukseksi talviaikana saadaan Iskmo sundissa 75 kg/pv., ja Skatasundissa 50 kg/pv.. Ilmastimien hyötysuhde on 1 kg/kWh, jolloin esimerkiksi Iskmo sundissa hapetustarpeeksi riittäisi joko 3 kpl 1 kWh:n laitetta tai vaihtoehtoisesti yksi 3 kWh:n laite. Skatasundissa hapetuslaitteen tehoksi riittäisi 2 kWh. Hapetuslaitteiden vaikutuksista ja suositeltavista sijoituskohteista kerrotaan enemmän kohdassa 6.1. ja liitteessä 6.

5.2.4. Biomanipulaatio

Biomanipulaatiolla tarkoitetaan ravintoketjukunnostusta, jossa järven eliöyhteisöä muokkaamalla parannetaan epäsuorasti järven vedenlaatua. Sen yleisin sovellutus on särkikalojen poistaminen ja petokalakantojen vahvistaminen. Näin vähennetään esimerkiksi särkikaloista aiheutuvaa pohjan mekaanista sekoittumista ja edelleen fosforin vapautumista. Lisäksi kasvi-

plankton yleensä vähenee sitä rajoittavan eläinplanktonin runsastuessa mikä vähentää muun muassa levien kasvua (Sammalkorpi ja Horppila 2005).

Iskmo sundissa ja Skatasundissa kesällä 2013 tehtyjen koekalastusten perusteella järvissä ei ole havaittavaa syytä ryhtyä erityisen laajoihin ravintoketjun muokkaustoimiin. Suurin osa Iskmo sundin saaliista oli särkikaloja, mutta niin massamäärässä kuin kpl määrissä osuus kokonaissaaliista oli alle 60 %. Lisäksi saaliiksi saatiin useita yli 15 cm ahvenia, jotka luetaan petokaloiksi. Vaikka saaliiksi ei saatu yhtään haukea, on niiden esiintyminen yleistä Iskmo sundissa. Esimerkiksi keväällä 2014 asukkaat ovat tehneet useita havaintoja suurikokoisista haukiyksilöistä Iskmo sundin eteläosasta. Edellisistä seikoista johtuen Iskmo sundin kalalajiston voidaan olettaa olevan sellaisella tasolla, missä petokalakannat säätelevät tehokkaasti särkikalojen runsautta (Sammalkorpi ja Horppila 2005). Tätä vahvistaa myös paikallisille kalastajille kesällä 2014 tehty kysely, missä ei nähty erityistä tarvetta särkikalojen poistolle.

Skatasundissa kalakantojen tilanne on saavutetun tiedon mukaan epävarma. Sieltä saatu saalistulos kesällä 2013 oli hyvin heikko (kolmella nordic-verkolla yhteensä 10 kalaa). Mahdollisia syitä kalakannan tilaan on useita. Kalastoa rasittaa havaittu vähähappisuus talvisin sekä mahdolliset happamuuspiikit valuma-alueen ojista. Toisaalta järvestä saadut selvät kalahavainnot kevään ja kesän 2014 aikana asettavat tehdyt koekalastustulokset jossain määrin kyseenalaisiksi. Skatasundissa kalakannan tilaa tulisikin seurata edelleen ja varmistaa eritoten keväisin riittävä happipitoisuus hapetustoimilla. Mahdollisesti toteutettavilla ruoppauksilla voidaan myös osin lisätä petokalojen saalistusalueita ja siten niiden viihtyvyyttä Skatasundissa.

5.2.5. Kuivattaminen

Tilapäistä kuivattamista kunnostusmenetelmänä on kokeiltu Suomessa muutamissa kohteissa. Kuivatuksen aikana pohjasedimentti tiivistyy ja muuttuu vähemmän järveä kuormittavaksi. Kuivatuksen aikana myös sedimentin kaivaminen on helpompaa kuin perinteisenä märkätyönä (Lehmikangas 2005).

Järvien kuivattaminen on erittäin raju toimenpide, jossa menetetään vähintään yksi virkistyskäyttövuosi. Lisäksi järven kalakanta kärsii ja myös sen merkitys lintuvetenä heikkenee oleellisesti. Iskmon alueella erityisen riskin muodostaa lisäksi alueen sijainti alunamailla, jossa sedimentin kuivuessa sen sisältämät sulfidit hapettuisivat ja aiheuttaisivat happamuus-

ongelmia. Ylempien järvien kuivattaminen edellyttäisi lisäksi niiden välissä sijaitsevien luonnontilaisten purojen kaivamista kuivatuskanaviksi, jolloin niiden esteettinen ja ekologinen arvo menetettäisiin täysin. Näin ollen järvien kokonaista kuivattamista ei voida suositella Iskmon järvien kohdalla.

5.2.6. Vedenpinnan nosto

Järvien vedenpinnan nostoa pidetään hyvänä kunnostusmenetelmänä silloin kun halutaan: a) estää umpeenkasvua, b) pienentää vedenlaadun vaihteluita, c) lisätä virkistyskäyttöä, ja c) kasvattaa talviaikaisia happivarantoja. Keskimäärin Suomessa toteutetuilla vedenpinnan nostoilla järvien vedenpintaa on korotettu noin 0,7 m (Äystö 1997). Hietarannan ym. (2008) mukaan noston täytyisi olla vähintään 20 cm, jotta sillä olisi merkitystä esimerkiksi järven happivarantoihin. Vedenpinnan nosto on vahvasti luvanvarainen toimenpide ja se edellyttääkin aina AVI:n (aluehallintoviranomaisen) luvan.

1990-luvulla Iskmo sundin vedenpintaa pyrittiin korottamaan rakentamalla sen alaosaan ns. Pantsarholmenin pato. Wistbackan ja Snickarsin (2000) sekä G. Wendellin tietojen mukaan Iskmon vedenpinta kuitenkin laski samassa yhteydessä jonkin verran. Syynä tähän oli Iskmo sundin lasku-uoman voimallinen perkaus. Täten vedenpinnan uudella nostolla pyrittäisiin palauttamaan aiemmin vallinnut tilanne.

Vedenpinnan nostoon olisi kaksi vaihtoehtoa: vanhan padon korottaminen tai uuden pohjapadon rakentaminen. Ongelmaksi ensimmäisen kohdalla muodostuisi Iskmo sundin eteläosan rantatontit, jotka voisivat vettyä vedenpinnan noston seurauksena. Jälkimmäisessä vaihtoehdossa uusi matalampi pohjapato rakennettaisiin Iskmon ja Jungsundin välisen sillan yläpuoleisen kapeikon alueelle. Tässä vaihtoehdossa padon sivuille tulisi rakentaa matalat patovallit estämään veden pääsyä rantakiinteistöjen alueille. Yhdessä mahdollisten ruoppausten kanssa vesisyvyys lisääntyisi Iskmo sundissa 20–50 cm. Padon seurauksena kulku veneellä estyisi, mutta toisaalta kohteeseen voitaisiin kiveämällä saada virtaavan veden ympäristöä, mikä toimisi osaltaan maisemallisena elementtinä. Patorakennelmien tarkemmat suunnitelmat tulisi laatia yhdessä alueellisten ympäristöviranomaisten kanssa siten, että kalojen kulkuyhteys vesistöjen välillä säilyisi.

Skatasundissa vedenpinnan nosto edellyttäisi laajojen patorakennelmien rakentamista Skatasundin ja Strömsundin väliselle kannakselle. Tämä hävittäisi nykyisellään luonnontilaisen puroympäristön järvien väliltä. Lisäksi Skatasundin länsirannalle täytyisi rakentaa

noin 200 m patovallia, jotta nouseva vesi ei pääsisi leviämään Byträsket ojan alavalle suisto-alueelle. Näiden seikkojen takia vedenpinnan nostoa ei voida suositella Skatasundin alueelle.

5.2.7. Pohjasedimentin peittäminen

Sedimentin peittämisellä voidaan vähentää järven sisäistä kuormitusta. Menetelmässä huonokuntoisen ja runsaasti ravinteita sisältävän sedimentin pinnalle luodaan eräänlainen kalvorakenne esimerkiksi savella, joka estää pohjan läheisen vesikerroksen ja sedimentin väliset reaktiot ja edelleen fosforin liiallisen vapautumisen vesipatsaaseen. Menetelmä sopii parhaiten järville, joissa huonokuntoisen sedimentin aiheuttama hapenpuute ja sisäinen kuormitus koskevat pinta-alaltaan rajattuja syvännealueita. Lisäksi vaatimuksena on ulkoisen kuormituksen minimointi, jotta luotu ”kalvo” ei peittyisi uudella ravinteikkaalla aineksella (Pekkarinen 2005). Iskmo sundissa heikko happitilanne koskee laajoja alueita, minkä takia sitä ei voida suositella järven kunnostusmenetelmänä. Skatasundissa menetelmää voitaisiin mahdollisesti soveltaa pienialaisemman Stråkanin alueella, koska sinne ei kohdistu merkittävää kuormitusta metsäojien kautta. Menetelmän käytettävyys ja tarkka suunnittelu Stråkanissa edellyttäisi kuitenkin hyvin tarkkoja tietoja muun muassa pohjasedimentin tilasta. Lisäksi kustannusten kurissa pitämiseksi hyvälaatuista savea tulisi esiintyä riittävästi mahdollisimman lähellä peitettävää pohjaa. Tuusulanjärvellä vuonna 2003 tehtyjen savipeittotöiden kustannuksiksi arvioitiin 14 000 €/ha. (Pekkarinen 2005).

5.2.8. Muut menetelmät ja kunnostusmenetelmien vertailu

Edellisissä kappaleissa arvioitiin yleisimpien kunnostusmenetelmien soveltuvuutta Iskmosundenin järville. Suomessa rehevöityneiden järvien kunnostuksissa on edellä mainittujen lisäksi kokeiltu muutamia muita tapoja, joiden toteutuskelpoisuus on vaihdellut tapauskohtaisesti. Nämä muut kunnostustoimet ovat kuitenkin selvästi harvinaisempia, minkä takia niiden vaikuttavuudesta ei ole saatavilla siinä määrin tutkittua tietoa kuin esimerkiksi hapetuksen ja ruoppausten vaikutuksista. Osittain tämän takia nämä menetelmät on jätetty vähemmälle huomiolle tässä raportissa. Toisaalta tähän on päädytty myös sen vuoksi, että niiden sopivuus Iskmon järvien tapauksessa on arvioitu vähäiseksi. Vertailun helpottamiseksi taulukossa 8 on esitelty lyhyesti nämä menetelmät, niiden toteutusmahdollisuudet ja haittatekijät yhdessä edellisissä kappaleissa esiteltyjen kunnostustoimien kanssa.

Taulukko 8. Järvien vaihtoehtoisten kunnostustoimenpiteiden vertailu (vihreä ja sininen: suositellaan; oranssi: ei suositella; harmaa: ei mahdollista tai ei tarpeen Iskmosundenin järvillä).

Toimenpide	Selite	+	-
Ruoppaus	Pintasedimentin poistaminen - sisäisen kuormituksen vähentäminen laajoilla alueilla.	Molemmissa järvissä typpipitoisuus laskisi selvästi. Fosforin määrä pysyisi samana tai jopa nousisi (Iskmo sund)	Ruoppausmassojen suuri määrä - läjitysalueiden tarve. Massojen happamat valumavedet - sedimentin metallipitoisuudet. Kallis toteutus. Massojen kalkitus.
	Laajamittainen vesisyvyyden lisääminen.	Virkistyskäyttöarvojen koheneminen. Talviaikaisten happivarantojen kasvattaminen.	Samat kuin yllä. Lisäksi erittäin suurten läjitysalueiden tarve.
	Rajattu monitavoitteellinen ruoppaus (Iskmo sund ja Skatasund). Vesikasvillisuuden vähentäminen/veneilyn helpottaminen.	Parantaisi veneily- ja melontamahdollisuuksia. Petokalojen kohenevat elinalueet. Biomassan mukana ravinteiden väheneminen. Vaikutuksiltaan pysyvämpi poistokeino vrt. niitto. Rajoitettuna toimenpiteenä pienemmät läjitysalueet.	Läjitysalueiden tarve. Ruoppausmassojen kalkitustarve. Metallipitoisuudet. Veden työaikainen samentuminen.
Vesikasvillisuuden poisto	Niitto/**ruoppaus** (kts. ruoppaus)	Virkistysarvojen kohentaminen.	Helposti niittämällä vähennettävien kasvilajien puute. Kelluslehtisten epävarma poistettavuus pelkästään niittämällä.
Hapetus	Talviaikainen (Iskmo sund ja Skatasund)	Hapettomuuden torjunta. Kalaston elinolosuhteiden varmistaminen.	Järvien mataluus rajoittaa hapetusmenetelmien vaihtoehtoja. Sedimentin sekoittuminen
	Ympäri vuoden	Sama kuin yllä.	Matalissa järvissä ei perusteltua.
Vedenpinnan nosto	Iskmo sund/vaihtoehto laajoille ruoppauksille	Vesisyvyyden ja happivarantojen lisääminen. Umpeen kasvun hillitseminen. Alkuperäisen tilan palauttaminen.	Alavien maiden vettyminen. Hankkeen mahdollinen vastustus. Luontoarvojen menettäminen (Skatasund).
Biomanipulaatio	Poistokalastus	Bioturbaation mahdollinen väheneminen. Järven arvonnousu kalavetenä.	Tutkimustietojen valossa ei tarpeen.
Tilapäinen kuivattaminen		Sedimentin kiinteytys. Ruoppausten helpompi toteutettavuus.	Huomattava happamoitumisen riski - kalkitustarve. Linnustollisen arvon ja virkistyskäytön menetys useana vuonna.
Sedimentin peittäminen	Savi/kipsipeitto	Sedimentin stabilointi. Sisäisen kuormituksen väheneminen.	Järven madaltuminen. Ulkoisen kuormituksen hillitseminen ensiksi. Saven hankinta muualta - suuret kustannukset.
Kalkitseminen		Happamoitumisen ja siitä aiheutuvien ekologisten riskien torjunta.	Vedenlaatutietojen mukaan järvissä ei akuuttia happamuusongelmaa. Veden lyhyt viipymä – toimenpiteen toistotarve.

Sedimentin pöyhintä	Sedimentin sekoittaminen 30-50 cm saakka (Saarijärvi 2005).	Pohjasedimentin hapettaminen.	Happamuuden, ravinteiden ja metallien vapautuminen.
Fosforin kemiallinen saostus	Järven rehevyystason laskeminen saostamalla (rauta- tai alumiiniyhdisteiden avulla)(Oravainen 2005).	Tehokas menetelmä rehevyystason laskemiseksi.	Alkaliniteettia laskevien kemikaalien käyttö. Pienten, voimakkaasti rehevöitymisen lieveilmiöistä kärsivien järvien hoitomenetelmä. Ei tarpeen Iskmon järvissä.
Alusveden poistaminen			Järvien mataluudesta johtuen varsinaista kerrostumista ei pääse tapahtumaan. Ei tarpeen Iskmossa.
Veden laimentaminen	Vedenlaadun kohentaminen ulkopuolelta johdetun, parempilaatuisen veden avulla.		Iskmon lähistöllä ei muita hyvälaatuisia sisävesiä, joten ei mahdollista.

5.3. Vaikutusten arviointi

Järvien alueella toteutettavilla kunnostustoimilla tulee väistämättä olemaan vaikutuksia vedenlaatuun, virkistyskäyttöön ja ympäristöarvoihin. Tässä kappaleessa keskitytään kahden potentiaalisimman kunnostusmenetelmän eli hapetuksen ja monitavoitteellisen ruoppauksen vaikutuksiin. Lisäksi tuodaan lyhyesti esille mahdollisen Iskmo sundin vedenpinnan noston vaikutuksia. Muut edellisessä kappaleessa esitellyt menetelmät on jätetty vaikutustarkastelun ulkopuolelle.

5.3.1. Hapetus

Talviaikaista hapetusta on suunniteltu sekä Iskmo sundin että Skatasundin alueelle. Sillä pyritään hillitsemään happikadon aiheuttamaa sisäistä kuormitusta ja säilyttämään kalaston elinolosuhteet talven aikana. Sisäisen kuormituksen väheneminen ja petokalojen selviäminen talven yli ehkäisee myös epäsuorasti järvien yleistä rehevöitymiskehitystä. Lappalaisen ja Lakson (2005) mukaan järvien hapettamisen perusideana on turvata erilaisten kuluttaja- ja hajottajaorganismien toiminta ja edistää siten hiilen ja typen tervettä kiertoa, mutta toisaalta hidastaa liiallista fosforin kiertoa veden ja sedimentin välillä.

Hapettamisen välittömät vaikutukset ovat veden happipitoisuuden nousu, veden sekoittuminen ja pohjan läheisen veden viileneminen (Lappalainen ja Lakso 2005b). Toisaalta hapen lisääminen vesipatsaaseen lisää hieman pohjan hapenkulutusta, mikä kompensoituu jonkin verran veden lämpötilan laskiessa. Kylmeneminen johtuu kylmän pintaveden ja lämpimämmän syvän veden sekoittumisesta hapetuksen seurauksena (Hietaranta ym. 2008).

Hapetuksen tärkeimmät vaikutukset vedenlaatuun ovat siis ravinteiden väheneminen ja leväkasvun ehkäiseminen. Kalaston lajisuhteiden säilyttäminen talven ja kevään yli varmistaa ekosysteemin terveen toiminnan järvissä. Keväiset kalakuolemat voivat johtaa särki-

valtaisen lajiston syntymiseen, jolloin muun muassa pohjan bioturbaatio lisääntyy ja kasviplanktonia harventava eläinplankton vähenee.

Kalakannan säilyminen palvelee virkistyskäyttöä, sillä se lisää suoraan järvien arvoa kalavesinä. Veden ravinnemäärien lasku, pienempi leväkasvun riski ja näkösyvyyden kasvaminen edesauttavat järvien käyttöä veneily-, melonta- ja uintikohteina. Talviaikaisen hapetuksen haittapuolena voidaan pitää sen vaikutusta järvien jääpeitteeseen. Ilmastuslaitteen käytöstä aiheutuva avovesialue ja jääpeitteen paikallinen heikentyminen haittaa jäällä liikkumista ja voi jopa aiheuttaa vaaratilanteita. Hapetuslaitteiden varoitusmerkinnät talvisin voidaan kokea myös esteettisenä haittatekijänä. Iskmo- ja Skatasundissa hapetuslaitteiden sijoituksen sijoittamisessa täytyy huomioida alueella risteilevät latuverkostot. Lisäksi laitteiden vaatimat sähköasennukset ja kaapelit olisi hyvä asentaa esimerkiksi Iskmosunden yhdistyksen toiminnassa olevan henkilön tilalle.

5.3.2. Monitavoitteellinen ruoppaus

Skatasundin alueellisesti suunniteltu ruoppaus kohdentuisi kahdessa osassa järven eteläosan matalikoille. Iskmo sundissa ruoppausta on suunniteltu järven pohjoisosaan joko laajempana tai suppeana vaihtoehtona (liitteet 10–11). Molempien järvien kohdalla yleisvaikutukset olisivat veneily- ja melontamahdollisuuksien paikallinen parantuminen, umpeenkasvun hillitseminen, kalastusmahdollisuuksien koheneminen ja paremmat olosuhteet linnustolle. Yleisesti negatiivisia vaikutuksia olisivat veden työaikainen samentuminen ja läjitysalueiden maisemahaitat.

Ruoppaus on radikaali toimenpide, joka hävittää alueen kasvillisuuden ja pohjaeläimistön kokonaan tai lähes kokonaan. Toisaalta avovesialueen lisääntyessä myös petokalojen saalistusalueet lisääntyvät. Avovesialueiden kasvaessa ja maiseman muuttuessa mosaiikkisemmaksi alueiden arvo myös lintuvesinä voi kohentua nykyisestä.

Eliöstön ja virkistyskäytön takia kannalta paras ajankohta ruoppausten toteuttamisella on myöhäinen syksy ja talvi (Ympäristöministeriö 2004). Seuraavissa kappaleissa on kuvattu tarkemmin Iskmo sundin ja Skatasundin ruoppaussuunnitelmia ja niiden mahdollisia vaikutuksia ympäristölle ja vedenlaadulle. Kappaleessa 7.1. tuodaan vielä esille hankkeiden luvanvaraisuus.

5.3.2.1. Skatasund

Ruoppaamalla poistettava kerros olisi 25–30 cm. Tällä ruoppaussyvyydellä ei saavutettaisi fosforin osalta oleellisesti vähäravinteisempaa pohjaa, mutta sillä pystyttäisiin vähentämään hyvin uistinvitakasvustojen ravinteikkaita juuristoja ja näin vähentämään niiden esiintymistä. Poistettavan sedimentin ohella pohjalta vähennettäisiin kertynyttä biomassaa ja ravinteita, mikä voisi alueellisesti parantaa järven vedenlaatua. Myös veden vaihtuvuuden nopeutuminen voi kohentaa vedenlaatua. Ruoppausten aikana veden kiintoaine-, ravinne ja metallimäärät lisääntyvät väistämättä. Kuitenkin alueellisesti rajattuna ja vain pintakerrosta ruoppaamalla supistetaan vedenlaadullisia riskejä. Virtausten mukana kulkeutuva kiintoaines voi myös madaltaa erityisesti Skatasundin ja Strömsundin välistä purouomaa, joten uoman avaaminen ylimääräisestä aineksesta voi olla tarpeen myöhemmin.

Skatasundin ruoppaus kohdentuisi kahdessa osassa lähinnä tiheiden vesikasvustojen alueelle (kuva 29; liite 11). Ruopattavat alueet tulee rajata siten, että sitä ei uloteta voimakkaana rantojen lähelle, millä vähennetään rantojen vyöryntäriskiä. Lisäksi Skatasundissa Byträsketojan purkautumiskohta tulee jättää ruoppauksen ulkopuolelle. Ennen ruoppaustöihin ryhtymistä ruopattavat alueet tulee kartoittaa siellä sijaitsevien kivien ja siirtolohkareiden varalta.

Ruoppauksesta syntyvät massat täytyy pääasiassa sijoittaa etäälle vesistöistä. Tällä varmistetaan se, että ravinteet, kiintoaines ja happamuutta aiheuttava kuormitus eivät pääse kulkeutumaan takaisin vesistöön. Iskmo sundin ja Skatasundin kohdalla sopivat läjitysalueet ovat kuitenkin vähissä ja monet tarkoitukseen sopivat kosteikot ja muut maaston painaumat sijaitsevat etäällä ja hankalien yhteyksien päässä vesistöistä. Alustavasti ruoppausmassat sijoitettaisiin Skatasundissa järven länsi- ja itärannan painaumiin (liite 11). Skatasundin länsirannan läjitysalueen keskellä virtaa Byträsketoja, jonka varsille tulisi jättää riittävä suojavyöhyke (min. 5 m) takaisin virtaamien vähentämiseksi. Riittävä suojavyöhyke järven ja läjitysmassojen välillä hillitsee myös ravinteiden ja kiintoaineksen kulkeutumista takaisin järveen. Massojen levittämisellä laajalle alalle läjityskasojen korkeus (< 0,5 m.) pyritään pitämään maltillisena, millä tähdätään myös mahdollisimman vähäisiin valumiin. Sedimentin happamuuden ja sen sisältämien metallien takia ruoppausmassat tulee kalkita hyvin huolellisesti.

Kuva 29. Skatasundin ruoppausalueen pohjoisosaa SK1 (Liite 11) idästä kuvattuna. Taustalla Byträsket -ojan varteen sijoittuva vaihtoehto ruoppausmassoille (Olli-Matti Kärnä 16.6.2014).

5.3.2.2. Iskmo sund

Ruoppauksen vaikutukset vedenlaatuun olisivat pääasiassa samanlaiset kuin Skatasundissa. Ruopattavien massojen mukana järvestä poistuisi jonkin verran ravinteita, mutta toisaalta pohjan fosforipitoisuus voisi jopa kohota hieman. Kasvillisuuden vähentyminen parantaisi myös veden vaihtuvuutta ja vaikuttaisi siten positiivisesti vedenlaatuun. Iskmo sundissa järven suuremmasta kokonaistilavuudesta johtuen näiden alueellisten ruoppausten vaikutus koko järven vedenlaatuun jäisi vähäisemmäksi kuin Skatasundissa. Ruoppaus aiheuttaisi veden samentumista, mikä voisi näkyä etäälläkin työkohteesta.

Iskmo sundissa ruopattava alue sijaitsee järven pohjoisosassa (liite 10; kuva 30). Tässä yhteydessä suositellaan suppeampaa vaihtoehtoa (IS1b), jolla avattaisiin vene- ja kanoottiväylä tiheään kasvustoon ja luotaisiin samalla mosaiikkisempi maisemarakenne. Tällä alueella, samoin kuin Skatasundissa rantojen voimakasta ruoppaamista tulisi välttää niiden vyöryntäriskin välttämiseksi. Suunniteltu ruoppaussyvyys on n. 30 cm ja massamäärä toteutusvaihtoehdosta riippuen 1880–3784 m^3 (taulukko 10). Massojen sijoitusvaihtoehdot ovat: 1) hajautettuna Iskmo sundin ja Vekasundin väliselle kosteikolle, Iskmon pohjoisnurkan rantojen uudelleen muotoiluun ja Vekasundin etelärannalle. 2) Vekasundin täyttämiseksi osittain tai kokonaan. Vaihtoehdossa kaksi Vekasund toimisi samalla laskeutusaltaana, mikä vähentäisi tehokkaasti ravinteiden virtaamista takaisin Iskmo sundiiin. Se olisi myös vaihtoehdoista edullinen lyhyiden kuljetusetäisyyksien ja alueellisesti rajatun vaihtoehdon ansiosta.

Järven täyttäminen kokonaan tai osittain aiheuttaisi väistämättä biodiversiteetin paikallista heikkenemistä, mutta toisaalta Kanckoksen (2013) selvityksessä Vekasundissa ei pesinyt mikään EU:n lintudirektiivissä mainituista lajeista. Alueelta ei havaittu muitakaan uhanalaisia tai erityistä suojelua vaativia lajeja. Toinen merkittävä haitta olisi maiseman yksipuolistuminen ja heikkeneminen vuosiksi eteenpäin. Alueella kulkee muun muassa latuverkosto ja myös Iskmon retkeilyreitin alustava reittivaihtoehto on suunniteltu kulkevaksi järven lähistöllä. Mahdollisessa Vekasundin täytössä tulisi huomioida erityisen huolellisesti kalojen kulun varmistaminen ylemmäksi järvisysteemissä. Tämä saattaisi edellyttää Vekasundiin jätettävän vesialueen rantojen vahvistamista karkeammalla kiviaineksella. Myös Iskmo sundissa läjitysmassat täytyy kalkita erittäin huolellisesti happamien valumien estämiseksi.

Iskmo sundin eteläosan matalikon mahdollinen ruoppaaminen edellyttäisi huomattavasti suurempia läjitysalueita. Potentiaalisin vaihtoehto tällaisista olisi Nästräsketin suo Iskmon itäpuolella. Ennen sinne läjitystä alueen luontoarvot tulisi kuitenkin kartoittaa huolellisesti. Muita vaihtoehtoja olisi Iskmon etelänurkan täyttäminen, joka kuitenkin olisi luvanvaraista ja hankalaa muun muassa ravinteiden kulkeutumisen takia. Iskmon järvien erityispiirteiden vuoksi laajamittaista ruoppaamista ja vesisyvyyden lisäämistä ei voida alueelle suositella.

Kuva 30. Iskmo sundin pohjoisosan ruopattava alue. Pintasedimentin ruoppaamisen tavoitteena olisi avata syvempi veneväylä tai vaihtoehtoisesti poistaa alueella tiheänä kasvavan uistinvidan kasvustot ja siten vähentää myös alueellisesti järven ravinteita. Kasvuston vähentäminen parantaisi myös veden vaihtuvuutta Iskmo sundin pohjoisosassa. (Olli-Matti Kärnä 19.8.2013).

5.3.3. Iskmo sundin vedenpinnan nosto

Iskmo sundin vedenpinnan nostaminen 20–30 cm:llä lisäisi välittömästi järven vesisyvyyttä ja täten virkistyskäyttöarvoa. Vedenpinnan noston vaikutuksesta järven happitilanne talvisin paranisi kun jääpeitteen ja pohjan väliin jäisi enemmän sulana pysyvää vettä. Yhdessä talviaikaisen hapetuksen kanssa happitilannetta parantava vaikutus voi olla huomattava. Vedenpinnan nostaminen hillitsee myös järven umpeenkasvua ja estää monien haitallisena koettujen kasvilajien leviämistä. Tätä vaikutusta tehostavat valuma-alueella tehtävät vesiensuojelulliset toimenpiteet.

Vedenpinnan noston haittapuolia ovat rantatonttien paikallinen vettyminen ja orgaanisen aineksen hetkellinen lisääntyminen. Tonttien vettyminen voi paikoin edellyttää suojaavien rakenteiden rakentamista. Myös laitureiden siirto yms. saatetaan nähdä haittana. Toisaalta Iskmo sundin tapauksessa nostolla pyrittäisiin palauttamaan järven alkuperäinen vedenpinnan taso, mistä johtuen haittojen voidaan olettaa jäävän pieniksi. Iskmo sundin rantojen jyrkkyyden ansiosta vedenpinnan nosto voitaisiin myös toteuttaa suhteellisen vähäisillä patorakenteilla. Toteutusvaihtoehdosta riippuen riittäisi nykyisen padon korottaminen tai uuden pohjapadon ja sitä ympäröivien vallien rakentaminen järven luusuaan. Iskmo sundin vedenpinnan nostolla vesisyvyyttä ja virkistyskäyttöä voitaisiin lisätä huomattavasti edullisemmin, turvallisemmin ja helpommin kuin laajoilla ruoppauksilla. Vedenpinnan nosto on vahvasti luvanvarainen toimenpide. Luvanvaraisuudesta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 7.1.

Kuva 31. Iskmo sundin entinen ruopattu luusua sillan yläpuolelta kuvattuna. Matalan pohjapadon avulla Iskmosundin vedenpintaa voitaisiin korottaa ja luoda alueella koskimaista ympäristöä (Olli-Matti Kärnä 1.10.2013).

6. Kustannusarvio

Suunniteltujen toimenpiteiden kustannustaso riippuu toimien laajuudesta, käytettävästä laitteistosta, kohdealueen saavutettavuudesta, urakoitsijasta ja talkootyön määrästä. Tässä kappaleessa esitetyt kustannusarviot ovat karkeita arvioita, jotka täsmentyvät viimeistään tarjouspyyntöjä tehtäessä. Liitteessä 12 on koottuna keskeisten toimenpiteiden kustannusarvioita.

6.1. Hapetus

Iskmosundenissa hapetustarve koskee ainoastaan talviaikaa, mikä alentaa hapetustoimien kokonaiskustannuksia. Käyttökulut vaihtelevat myös sen mukaan kuinka pitkä talven jääpeitteinen aika on ja millainen laite valitaan. Taulukossa 9 on arvioitu yhden hapetuslaitteen hankinta- ja käyttökustannuksia. Molemmissa järvissä hapetus voidaan toteuttaa yhdellä laitteella, mutta useammalla pienitehoisella laitteella happea saadaan varmemmin levitettyä muodoltaan pitkänomaisille järville. Laitteiden lukumäärästä riippuen hankintakustannukset liikkuisivat kahden järven tapauksessa vähintään 14 000 € ja vuosikulut vähimmillään 2 800 €.

Taulukko 9. Yhden hapetuslaitteen hankinta ja käyttökulut.

Hankintakustannus	Sis. hapetuslaite ja sähköturvallisuusvaatimusten mukaiset sähköasennukset	**7 000–10 000 €**
	sähkökaapeli (2–3 €/m)	
Energian kulutus / a	3 kWh (0,11 cnt/kWh)	n. 1400 € (180 pv).
huollot	X	X
	Käyttökulut yht. vuodessa	**1 400 €** + X

6.2. Ruoppaus

Ruoppauksen kustannukset vaihtelevat suuresti ruoppausmenetelmän, ruoppausmassojen kuljetuksen ja massojen jälkikäsittelytarpeen mukaan (Viinikkala ym. 2005; Hietaranta ym. 2008). Kustannukset esimerkiksi kasvavat kuljetusetäisyyksien kasvaessa. Usein tärkein kustannustekijä on kuitenkin ruoppausmassojen määrä (Viinikkala ym. 2005). Iskmo sundin ja Skatasundin tapauksessa kustannuksia kasvattavat myös teetettävät lisäselvitykset sedimentin ominaisuuksista. Taulukossa 10 on esitetty eri toimenpidealueiden massamääriä ja ruoppauskustannuksia. Kustannukset perustuvat ruoppauksen yksikkökustannusarvioon mikä voi siis vaihdella käytettävän menetelmän ja urakoitsijan mukaan. Tässä yhteydessä arvio perustuu jäältä tehtävän ruoppauksen hinta-arvioon.

Massalaskelmat on tehty ArcGIS 10.0 ohjelmiston avulla. Laskennassa on hyödynnetty vuoden 2011 vesi- ja mutasyvyystietoja. Pistemäisen syvyysaineiston avulla alueista on tehty TIN (triangulated irregular network) –tasot ennen ja jälkeen mahdollisten ruoppausten. Ohjelma on tämän jälkeen laskenut tasojen erotuksen ja siten ruopattavan kuutiomäärän. Mainitut massamäärät ovat ainoastaan suuntaa antavia ja ne pitää laskea vielä tarkemmin ennen varsinaisia toimenpidesuunnitelmia ja urakkatoteutusta (Lassinaro 2003). Kustannuksissa ei myöskään ole huomioitu jään vahvistamisesta aiheutuvia lisäkuluja. Taulukon suuremmat massamäärät on laskettu sen mukaan, että ruopattavalta alueelta poistettaisiin tasaisesti saman verran sedimenttiä.

Taulukko 10. Ruoppaustoimenpiteiden kustannusarvioita (0 % alv.). Suositellut vaihtoehdot on tummennettu.

Alue*	Nykyinen syvyys (m)**	Poistettava kerros (m)***	Uusi syvyys	Alueen pinta-ala (m^2)	Massamäärä m^3****	Ruoppauksen hinta-arvio (€)*****
SK1	**0,6–1,5**	**0,25–0,4**	**0,9–1,75**	**12 787**	**2 440–3 830**	**19 150**
SK2	**0,4–1,5**	**0,3–0,35**	**0,7–1,8**	**4 116**	**892–1 235**	**6 175**
IS1a.	0,38–1,3	0,3	0,58–1,5	12 614	2 462–3 784	18 920
IS1b.	**0,6–1,5**	**0,4**	**1–1,9**	**4 700**	**1 880**	**9 400**
IS2	0,5–1,5	0,3	0,8–1,8	19 200	4 179–5 760	28 800
Yht. Suos.					**5 272–7 015**	**34 725**
Yht. kaikki.					11 913–16 559	82 445

*SK: Skatasund; IS: Iskmo sund; kts. myös liitteet 10–11.
**Nykyinen syvyys perustuu Iskmosunden yhdistyksen tekemiin pistehavaintoihin vuodelta 2011. Kts. liitteet 7–9.
***Poistettava kerros riippuu nykyisestä syvyydestä. Pääsääntöisesti poistettava kerros on noin 0,3 m, joka on myös minimisyvyys tarkoille ruoppaustoimille.
****Massamäärät on laskettu kahdella tavalla: 1) ArcGIS TIN ”väyläperusteinen” 2) 0,3 metrin kerros ruopattavalta alueelta.
*****Kustannusarvio on laskettu suuremman ruoppausmäärän yksikkökustannuksen (5 €/m^3) mukaan. Yksikkökustannus voi myös olla huomattavasti tätä korkeampi (Martinmäki ym. 2010).

Suositeltujen ruoppausten massaperusteinen kustannus olisi noin 35 000 €. Ruopattavien alueiden kasvaessa myös kustannukset nousevat huomattavasti, erityisesti jos läjitysalueet sijaitsevat kaukana ruoppauskohteista. Ruoppausten toteuttaminen talvella edellyttää jäiden vahvistamista, mikä aiheuttaa jonkin verran lisäkuluja (yksikköhinta n. 0,15 €/m^2). Lauhana talvena ruoppausten toteuttaminen voi olla hankalaa tai mahdotonta. Lisäkuluja tulee myös ruoppausmassojen kalkituksesta, maisemoinnista ja massojen mahdollisista vahvistamistoimista ranta-alueilla. Kalkituksen yksikköhinta maastoon tuotuna vaihtelee 60–75 €/tn (Jylhä 2014; Martinmäki ym. 2010). Ruoppaustyöt tulee kilpailuttaa, jolloin selviää myös tarkempi kustannustaso.

6.3. Valuma-alueen vesiensuojelulliset toimet

Valuma-alueelle sijoittuvat toimenpiteet ovat 4 ojan lietekuoppien kunnostus ja Byträsketin kosteikkoratkaisu. Näissä kuluja aiheutuu lähinnä kaivinkoneen käytöstä ja kalkituksista. Taulukossa 11 ei myöskään ole huomioitu mahdollisesti tarvittavan karkeamman maa-aineksen hankinta- ja kuljetuskustannuksia.

Taulukko 11. Valuma-alueella tehtävien toimenpiteiden kustannusarvioita (0 % alv.).

Toimenpide	Yksikkökustannus (€)	Aika-arvio (h)	Yhteensä (€)
Lietealtaat 4x	50	16	800
Byträsket –kosteikko (viiksiojat: maksimisyvyys 50 cm)	50	8	400

7. Kunnostuksen toteuttaminen ja aikataulu

Järvien kunnostus ja vesiensuojelu yleensä on toimintaa, jossa täytyy varautua vesistöistä huolehtimiseen pitkällä aikavälillä. Valuma-alueen vesiensuojelulliset toimenpiteet, kuten kuormituksen vähentämisen vaikutukset näkyvät itse vesistöissä vasta vuosien kuluttua. Vedenlaatua ja virkistyskäyttöarvoa voidaan parantaa nopeammin itse vesistöissä tehtävillä kunnostustoimilla, mutta myös niiden kohdalla vaikutus voi näkyä vasta jonkin ajan kuluttua.

Iskmosundenin vesistöissä jo ilmenneen rehevöitymiskehityksen hillitsemiseksi suositellaan toimenpiteiden aloittamista lähivuosina. Toisaalta järvien tila ei ole vielä hälyttävä verrattuna useisiin muihin rehevöitymistapauksiin Suomessa. Taulukossa 12 on yksi esitys Iskmosundenilla toteutettavien töiden aikataulusta.

Järvien tilan kohentamisessa tärkeimpänä toimenpiteenä on aina valuma-alueen ulkoisen kuormituksen vähentäminen mahdollisimman siedettävälle tasolle (esim. Sarvilinna ja Sammalkorpi 2010). Iskmon alueella kunnallisen jätevesiviemäröinnin laajennus tulisi toteuttaa mahdollisimman laajana vaihtoehtona. Viemäriverkoston ulkopuolelle jäävien kiinteistöjen jätevesien käsittely tulee ajanmukaistaa asetusten vaatimalle tasolle. Erityisen tärkeää tämä on rantakiinteistöille ja suurimpien ojien varsilla sijaitseville talouksille.

Maanviljelysalueilla tulee tarkistaa riittävät suojavyöhykkeet vähintään maatalouden erityistukien mukaisiksi. Erityistä huomiota tulee kiinnittää Skatasundin itäpuolella sijaitsevien Norragängenin peltojen suojavyöhykkeisiin. Mielellään riittävät vyöhykkeet tulisi jättää seuraavan maanmuokkauksen yhteydessä. Suunniteltu kosteikkoratkaisu kannattaa toteuttaa mahdollisimman pian, jotta hapanta kuormitusta Skatasundiin saataisiin vähennettyä.

Taulukko 12. Iskmosundenin alueelle suunniteltujen kunnostustoimien toteutusaikatauluehdotus.

		Toimenpide ja tehtävät	Selite	Suunniteltu toteutusaika	Lisätietoja
Ulkoinen kuormitus	Asutus	Jätevesiviemäröinnin laajentaminen mahdollisimman laajana.	Laajennus vesihuollon kehittämissuunnitelman mukaan. Vaihtoehtoisesti pienpuhdistamoiden perustaminen.		Mahdollisimman nopeasti.
		Jätevesien käsittelyn tehostaminen.	Tehostaminen vähintään asetusten 196/2011 ja 209/2011 vaatimusten mukaisesti.	15.3.2016 mennessä	Asetetun aikarajan puitteissa. Rantakiinteistöillä mahdollisimman nopeasti. Mustasaari on v. 2014 osa JÄSSI-hankkeen kohdealueita, jossa asukkaille tarjotaan ilmaista jätevesineuvontaa.
	Maa- ja metsätalous	Suojakaistat	Suositellaan ympäristötuen mukaista (1 m) kaistaa. Vähintään 60 cm viljelemätön piennar.	2014-	Suositusten mukaiset suoja-alueet kaikille peltolohkoille.
		Lietekuopat	Vanhojen kuoppien kunnostus.	2014-	
		Kosteikko	Byträsketin ojaveden parantaminen.	2015–2016	
		Valuma-alueen kalkitukset	Ojaveden kalkitus virtaamahuippujen aikana.	2015–2020	Byträsket –oja.
Sisäinen kuormitus - virkistyskäyttö		Hapetus/ilmastus	Talviaikainen.	2015–2020	Vuosittain talviaikana. Iskmo- ja Skatasund
		Monitavoitteellinen ruoppaus	Veneily/melontamahdollisuuksien kohentaminen, umpeenkasvun estäminen, linnuston elinolosuhteiden parantaminen.	2015–2018	Haitallisten vaikutusten minimoimiseksi toteutetaan talvella. Samoin toimenpiteiden jaksottaminen vähintään kahdelle talvelle vähentää haitallisia ymp.vaikutuksia. Toteutus vaatii riittävän paksun jääpeitteen.
		Vedenpinnan nosto	Iskmo sund	2017–2018	Suunnitelmat yhdessä ymp.viranomaisten kanssa. AVI:n lupa.

Järvien kohdalla tärkeintä olisi parantaa talviaikaan ilmenevää happivajetta, joten hapetustoimet tapahtuisivat ainoastaan talviaikana. Hapetusta täytyy jatkaa vähintään siihen asti kunnes valuma-alueelle suunnitellut työt on saatu valmiiksi, jonka jälkeen tilannetta voidaan tarkistaa. Mahdollisesti hapetusta joudutaan jatkamaan myös tämän jälkeen.

Ruoppaustyöt tulee tehdä lintujen pesintäajan ja tärkeimmän virkistyskäyttökauden jälkeen eli käytännössä syksyllä tai talvella. Suunnitellut ruoppaustyöt ovat sen verran mittavia, että niistä aiheutuvien vaikutusten minimoimiseksi ne olisi hyvä tehdä talvella jään päältä. Myös ruoppausalueiden olosuhteet ja yhteydet ovat sellaisia, että koneiden liikkuminen olisi helpointa ja vähiten haitallista talvella. Vaikeana jäätalvena (esim. 2013–2014) jään päältä ruoppaaminen voi olla mahdotonta. Tällöin työt tulisi toteuttaa myöhään syksyllä.

Iskmo sundin vedenpinnan nostaminen vaatii lisäselvityksiä muun muassa vedenpinnan tasoista, virtaamista ja noston vaikutusalueista, joten realistinen aikatavoite tälle olisi aikaisintaan vuonna 2017–2018. Myös tarvittava lupaprosessi kestänee useita vuosia. Lisähuomiona mainittakoon se, että sekä vedenpinnan nosto että järvien osittainen ruoppaaminen ovat niin mittavia toimenpiteitä, että nämä täytyy suunnitella laajana yhteistyönä niiden vaikutuspiirissä olevien asukkaiden kanssa. Myös paikallisten asukkaiden yhteisymmärrys on ensisijaisen tärkeää suurempien toimenpiteiden toteuttamiseksi.

7.1. Toimenpiteiden luvanvaraisuuus

Tässä työssä esitetyt toimenpiteet, erityisesti ruoppaus ja Iskmo sundin vedenpinnan nosto vaativat ottamaan huomioon monia vesilain säädöksiä (vesilaki 2:6 §; 2:7 §; 2:15 §; 30 §; 3:2 §; 3:3 §). Vedenpinnan noston vaatimuksena on AVI:n myöntämä lupa.

Erityismainintana mainittakoon, että kaikki yli 500 m^3 ruoppaukset vaativat aluehallintoviraston myöntämän luvan. Suunnitellut toimenpiteet eivät sen sijaan vaadi YVA-menettelyä (Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994/468).

8. Yhteenveto

Iskmosundenin vesistöjen riskitekijät vaihtelevat alueellisesti. Skatasundin eteläosa voidaan havaintojen mukaan luokitella ylireheväksi ja Iskmo sund lievästi reheväksi. Pienempien Veka- ja Strömsundin tilasta on vähemmän tietoa saatavilla, mutta toisaalta niihin ei kohdistu siinä määrin suoraa ulkoista kuormitusta. Alueen järvien luontainen kehitys on kohti rehevämpää tilaa, mutta valuma-alueen kuormituksesta johtuen rehevöitymisen voidaan katsoa voimistuneen viime vuosina.

Alueen järvien suurimpia riskitekijöitä ovat rehevöityminen ja siitä aiheutuvat seurannaisvaikutukset. Rehevöitymisen seurauksena järvien vesikasvillisuus on lisääntynyt ja paikoin rannat ovat umpeenkasvaneita. Ympäristön kannalta suurin haitta liittyy talviaikaiseen happikatoon, jota esiintyy kaikilla järvillä. Happikadon aikana esiintyy kalakuolemia ja lisäksi pohjasta pääsee vapautumaan järvien rehevöitymiskehitystä nopeuttavia ravinteita. Alueen pohjoisosassa on myös joitain merkkejä happamoitumisesta.

Rehevöitymiskehityksen pysäyttämisessä oleellisen tärkeää on hillitä valuma-alueelta järviin tulevaa ulkoista kuormitusta. Ulkoisen kuormituksen pysäyttämiseksi tulee kiinnittää huomiota jätevesien huolelliseen käsittelyyn ja valuma-alueen maankäyttöön. Valuma-alueelle suunnitellut toimenpiteet tähtäävät ravinteiden ja muun kuormituksen pienentämiseen.

Iskmosundenin alue on mainio esimerkki Pohjanmaan rannikon pienvesistä, joka on kehittynyt hiljalleen maankohoamisen seurauksena. Järvikokonaisuus on pitkälti säilyttänyt luonnontilaisuutensa, mikä on suhteellisen harvinaista kyseisellä alueella. Tämän ainutlaatuisuuden ja järvien kohtalaisen hyvän ekologisen tilan takia alueelle ei esitetä laajamittaisia, radikaaleja ja ympäristövaikutuksiltaan kaikista järeimpiä toimenpiteitä. Tavoitteena on hillitä rehevöitymiskehitystä tukemalla järvien tervettä ravinnekiertoa ja toisaalta kohentaa järvien virkistyskäyttöä nykyisestä.

KIITOKSET

Kiitokset arvokkaista kommenteista L. Haldinille.

9. Lähteet

Eloranta, P. (2005). Järvien kunnostuksen limnologiset perusteet. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 13–28.

Hagman, A-E. (2012). *Hiidenveden kunnostus 2012–2015 –hanke. Hiidenveden kunnostus- ja hoitosuunnitelma*. Ramboll. 92 s.

Hertta (2014). Hertta ympäristötietojärjestelmä. Valtion ympäristöhallinto. <*wwwp2.ymparisto.fi* >. Viitattu v. 2013–2014.

Hietaranta, J., A. Kaseva & L. Ahlfors. (2008). *Mustasaaren Karperöfjärdenin kunnostussuunnitelma ja ympäristöön kohdistuvien vaikutusten arviointi*. Turun ammattikorkeakoulu. 48 s.

Hjerpe, H. (2014). [Sähköposti 31.7.2014. Rakennuttajainsinööri Hans Hjerpen tiedonanto Mustasaaren kunnan vesihuollon kehittämissuunnitelman tilanteesta.]

Jylhä, M. (2014). [Suullinen tiedonanto 25.6..2014. Nordkalk Oy Ab:n kalkin yksikköhinnoista maastoon tuotuna].

Kalkitusopas (2002). Kalkitusyhdistys. 4. uusittu painos.

Kanckos, M. (2013). *Inventering av fåglar och vattenväxtligheten i Iskmosunden*. 8 s.

Koivisto, A-M, A. Kairimo & I. Nousiainen. (2005). *Karperöfjärdenin luonnontaloudellinen selvitys vuonna 2004*. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen moniste. 66 s.

Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 1994/468. Oikeusministeriö.

Laki ympäristönsuojelu lain muuttamisesta 196/2011. Oikeusministeriö.

Lappalainen, M. & Lakso, E. (2005). *Järvien hapetus, kunnostuksen monitoimimenetelmä*. Järvien kunnostuskirjan julkaisuseminaari. Oulu 16.3.2005.

Lappalainen, M. & Lakso, E. (2005b). Järven hapetus. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 151–168.

Lassinaro, K. (2003). Kauharuoppaus. *Ympäristö ja terveys* 34 (2): 32–34

Lehmikangas, M. (2005). Järven tilapäinen kuivattaminen. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.) (2005). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 301–308.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2007). Suojavyöhykkeen perustaminen ja hoito. 10 s.

Maa- ja metsätalousministeriö. (2011). *Happamien sulfaattimaiden aiheuttamien haittojen vähentämisen suuntaviivat vuoteen 2020*. Maa- ja metsätalousministeriö. Ympäristöministeriö. Tampere. 26 s.

Mannio, J., A. Räike & J. Vuorenmaa. (2000). *Finnish lake survey 1995: regional characteristics of lake chemistry*. Verh. Internat. Verein. Limnol. 27: 362–367.

Martinmäki, K., M. Marttunen, T. Ulvi, M. Visuri, M. Dufva, I. Sammalkorpi, H. Ahtiainen, E. Lemmelä, H. Auvinen, M. Partanen-Hertell, A. Lehto, T. Väisänen, J. Mustajoki & R. Ihme. (2010). *Uusia menetelmiä järven kunnostushankkeen suunnitteluun.* Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 19/2010. 64 s.

MML., (2010). Maanmittauslaitos. *Ortokuvarasteri*.

MML., (2010b). Maanmittauslaitos. *Maastotietokanta*.

MML., (2011). Maanmittauslaitos. *Taustakarttasarja*.

MML., (2014). Maanmittauslaitos. *Maastokarttarasteri*.

Mattila, H. (2005). Ulkoisen kuormituksen vähentäminen. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.) (2005). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 137–150.

Myrstener, M. (2012). Konduktivitet i vattendrag som indikator på sura sulfatjordar. Umeå Universitet. Sweden. 18 s.

Mäensivu, M. (2001). *Poikastuotantotutkimus*. Pohjanmaan työvoima- elinkeinokeskus. Kalatalousyksikkö. 24 s.

Nybom, C. (1988). *Vesikasvien poiston koetoiminta vuosina 1972–1986*. Vesi- ja ympäristöhallitus. Vesi- ja ympäristöhallinon julkaisuja 16. 79 s.

Nyman, C. (2013). Bottenfaunan i Iskmo sund och Skatasund, Korsholm. 8 s.

Oravainen, R. (1999). *Opasvihkonen vesistötulosten tulkitsemiseksi*. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry. 25 s.

Pekkarinen, M. (2005). Savipeitto. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 317–325.

Pohjanmaan Jässi (2014). Pohjanmaan Jässi –jätevesihanke. <*http://www.jatevesihanke.fi/pohjanmaa/etusivu/*> Viitattu 7.7.2014.

Rytkönen, J. & T. Riipi. (1997). Ympäristöä säästävää teknologiaa satamien ja väylien ruoppaustöissä. *Kunnalliselämä* 6: 20–23.

Saarijärvi, E. (2014). [Sähköposti 9.6.2014. Limnologi Erkki Saarijärven arvioita sedimentin hapen kulutuksesta ja hapetuslaitteiden kustannusperusteista.]

Salomaa, M. (2013). [Sähköposti 12.11.2013. Kalastusmestari Mika Salomaalta saatu arvio kevätkutuisten kalojen nousukyvyn seurantamenetelmistä.]

Sammalkorpi, I. & J. Horppila. (2005). Ravintoketjukunnostus. *Teoksessa*: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 160–190.

Sarvilinna, A. & I. Sammalkorpi. (2010). *Rehevöityneen järven kunnostus ja hoito*. Ympäristöopas. Suomen ympäristökeskus. 64 s.

Seppänen, A. (1998). *Ehdotus valtioneuvoston päätökseksi maa-alueen ja maaperän saastuneisuuden selvittämisestä ja puhdistustarpeen arvioinnista*. Muistio. Ympäristöministeriö. 15 s.

Tarkistettu vesihuollon kehittämissuunnitelma.(2012) <*http://www.mustasaari.fi/fi/document.aspx?docID=17448*> Viitattu 12.6.2014.

Uusikämppä, J. & M. Kilpinen. (2000). *Suojakaistat ravinnekuormituksen vähentäjänä*. Maatalouden tutkimuskeskuksen julkaisuja – sarja A 83. 49 s.

Valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla 209/2011. Oikeusministeriö.

Vesi-Eko Oy. (2014). Visiox-ilmastus. <*http://www.vesieko.fi/palvelut-ja-tuotteet/visiox-ilmastus*>. Viitattu 1.8.2014.

Vesilaki 587/2011. Oikeusministeriö.

Viinikkala, J., E. Mykkänen & T. Ulvi. (2005). Ruoppaus. Teoksessa: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 211–226.

Väisänen, T. & E. Lakso. (2005). Tavoitteiden asettelu ja kunnostusmenetelmän valinta. Teoksessa: Ulvi, T. & E. Lakso (toim.). *Järvien kunnostus*. Helsinki. Ympäristökeskus. s. 75–90.

Wetzel, R. G. (2001). *Limnology. Lake and river ecosystems*. Academic Press. 1006 s.

Wistbacka, R. & M. Snickars. (2000). *Rannikon pienvedet kalojen kutupaikkoina Pohjanmaalla 1997–1998*. Maa- ja metsätalousministeriö. Kala- ja riistahallinnon julkaisuja 48/2000. 423 s.

Ympäristöhallinto. (2013). Vesikasvien poisto ja niitto. *<http://www.ymparisto.fi/fiFI/Vesi_ja_meri/Vesistojen_kunnostus/Rantojen_kunnostus/Vesikasvien_poisto>*. Viitattu: 27.6.2014.

Ympäristöministeriö. (1991). *Pintavesien neutraloinnin suuntaviivat Suomessa – Kalkitustyöryhmän mietintö*. Helsinki. Valtion painatuskeskus.

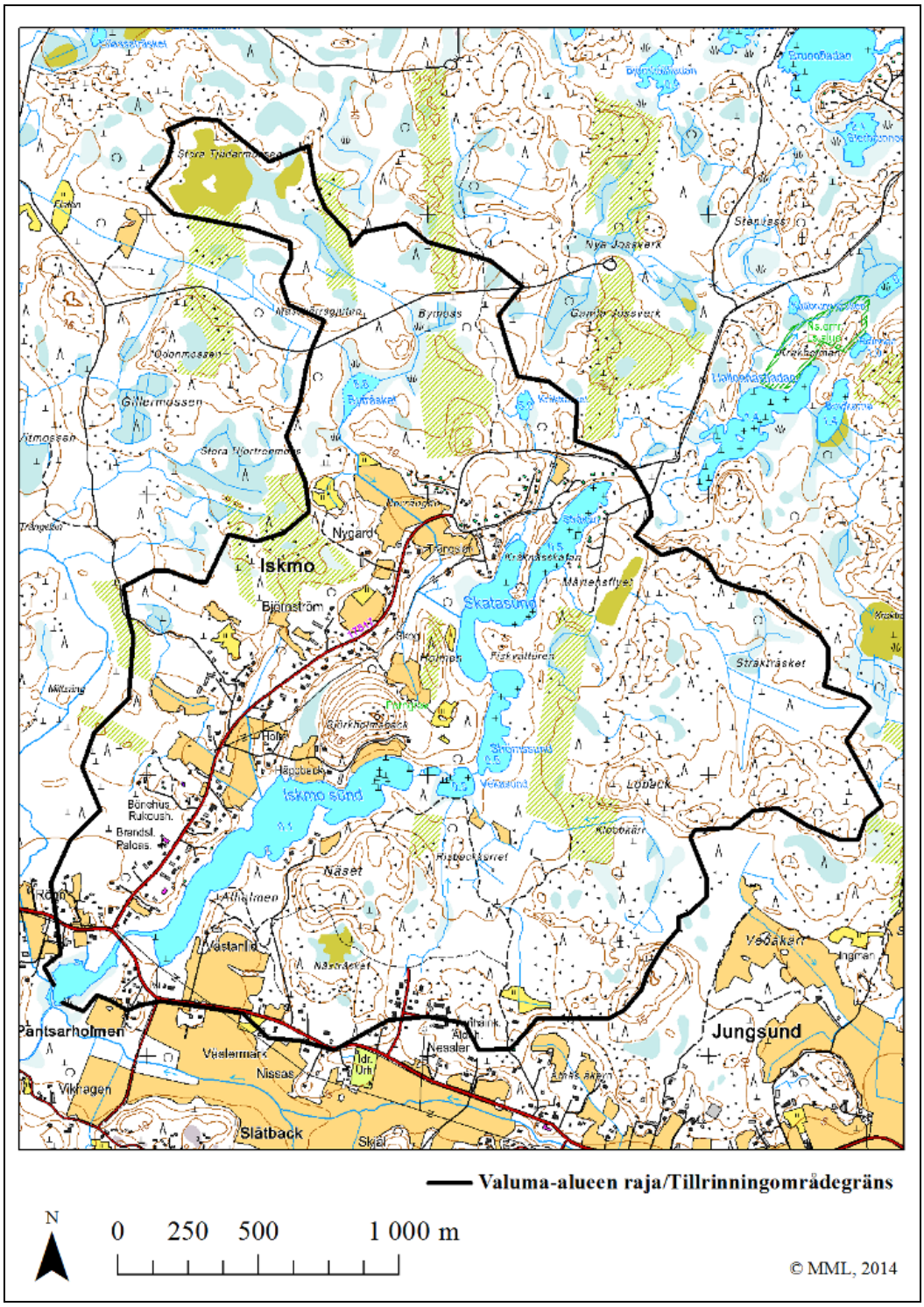
Ympäristöministeriö. (2004). *Sedimenttien ruoppaus- ja läjitysohje. Ansvisning för muddring och deponering av muddermassor*. Ympäristöopas 117. Ympäristöministeriö. 121 s.

Äystö, V. (1997). *Rehevien järvien kunnostuksen arviointi*. Suomen ympäristökeskus. Suomen ympäristö 115. 165 s.

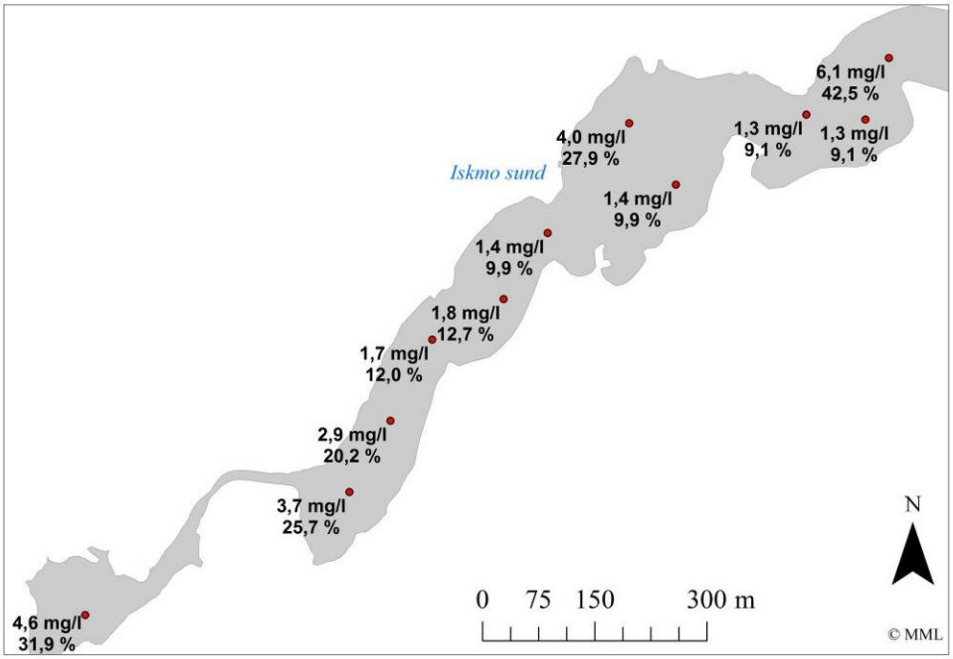
Österholm, P. & M. Åström. (2002). Spatial trends and losses of major and trace elements in agricultural acid sulphate soils distributed in the artificially drained Rintala area, W. Finland. *Applied Geochemistry* 17: 1209-1218.

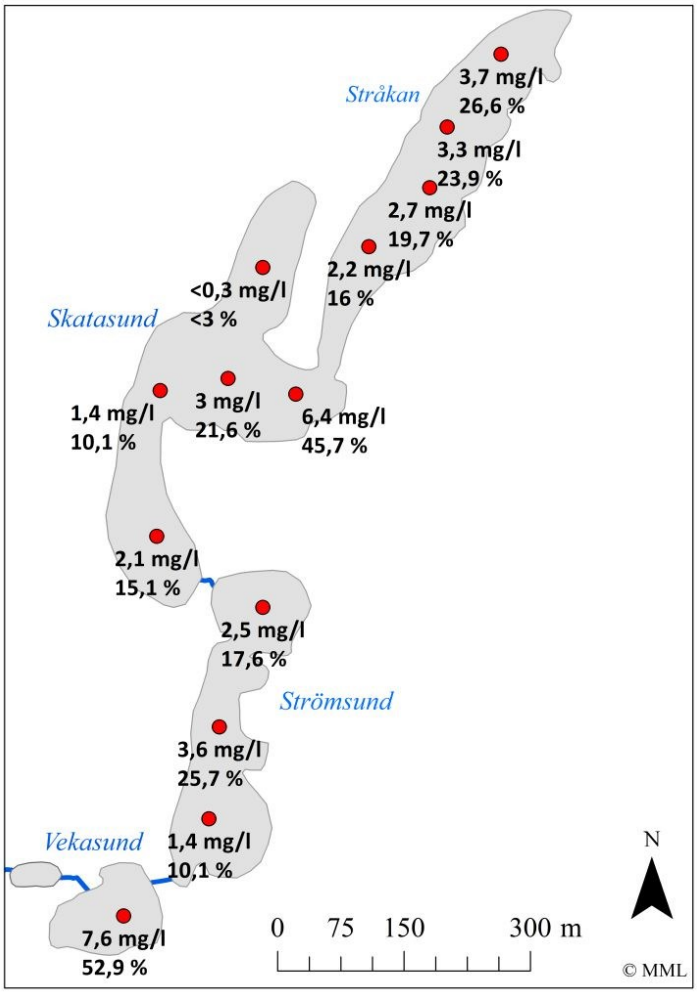
Liitteet

LIITE 1. Iskmosundenin valuma-alue. Valuma-alueen rajojen piirtämisessä on käytetty apuna Karperöfjärdenin olemassa olevaa valuma-aluerajausta sekä Suomen ympäristökeskuksen uuden valuma-aluetyökalu VALUE:n tietoja. Valuma-alueen ulkopuolelle on rajattu ne ojat, jotka laskevat Pantsarholmenin padon alapuolelle.

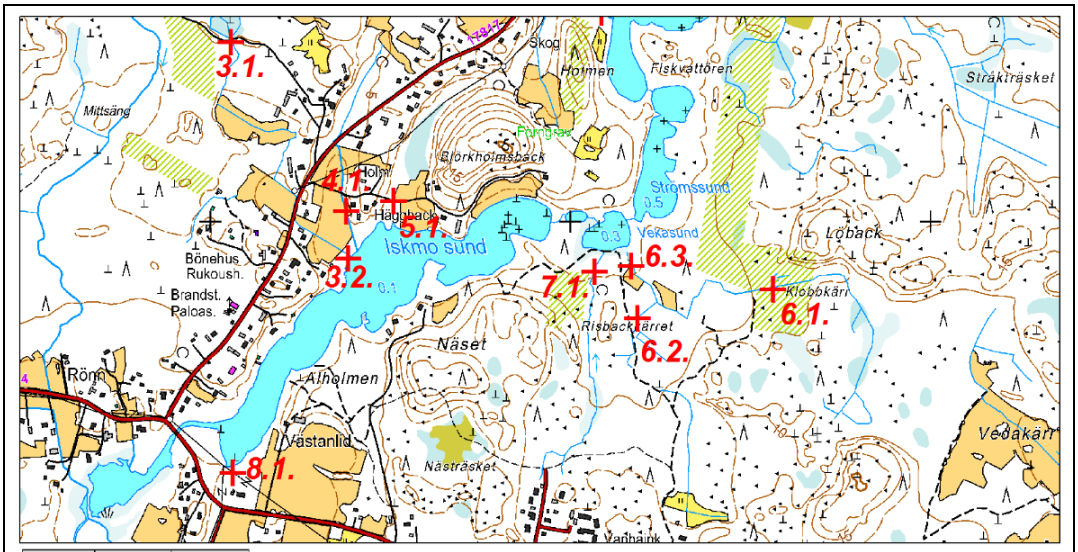


LIITE 2. Talven happipitoisuus Iskmosundenin vesistöissä.

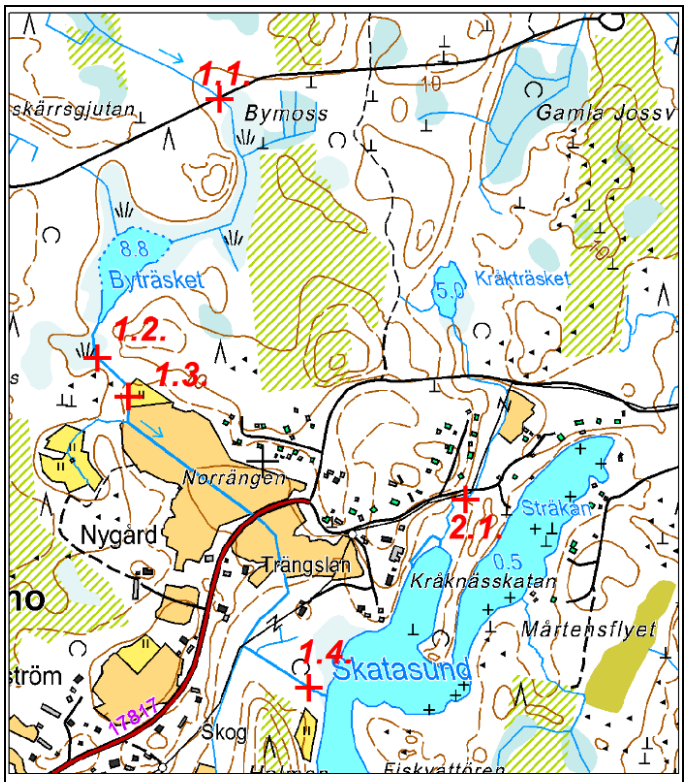




LIITE 3. Valuma-alueen ojien pH-tulokset



	10.3.2014	10.4.2014
3.1.		4,5
3.2.	5,5	5
4.1.		5,5
5.1.	5,5	5,5
6.1.		5
6.2.		5,5
6.3.		5
7.1.		5
8.1.		5,5



	14.11.2013	10.3.2014	10.4.2014
1.1.			4
1.2.	5		4,5
1.3.	5	5	4,5
1.4.			5
2.1.		6	5,5

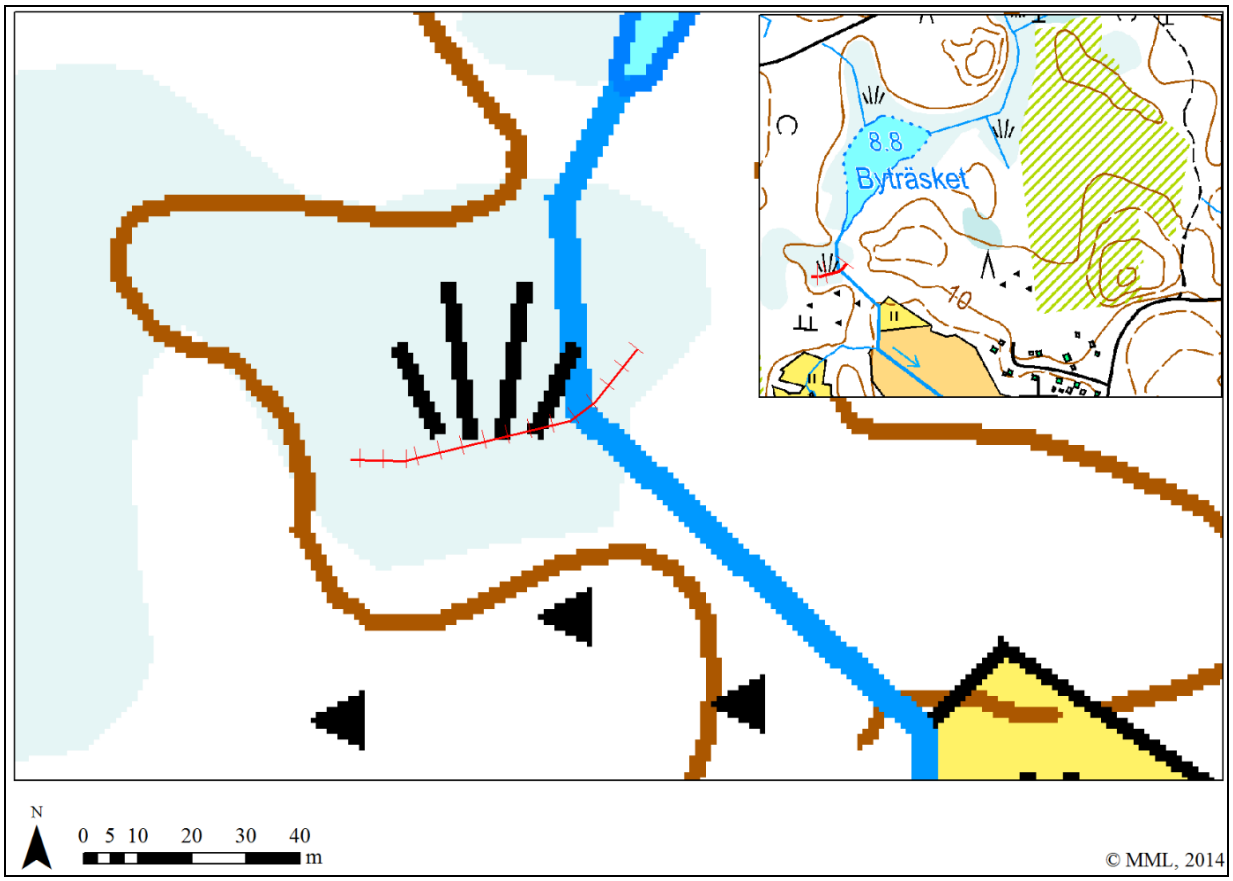
LIITE 4. Sedimentin kalkitustarve.

Kalkitustarpeen määrityksessä käytettiin tässä yhteydessä tietoa siitä kuinka paljon kalkkia tarvitaan kyseisen maan pH-arvon nostamiseen mitatusta arvosta viljavuusluokkaan tyydyttävä ja hyvä. Kalkitustarve riippuu siis maalajista ja maan happamuudesta (Kalkitusopas 2002).

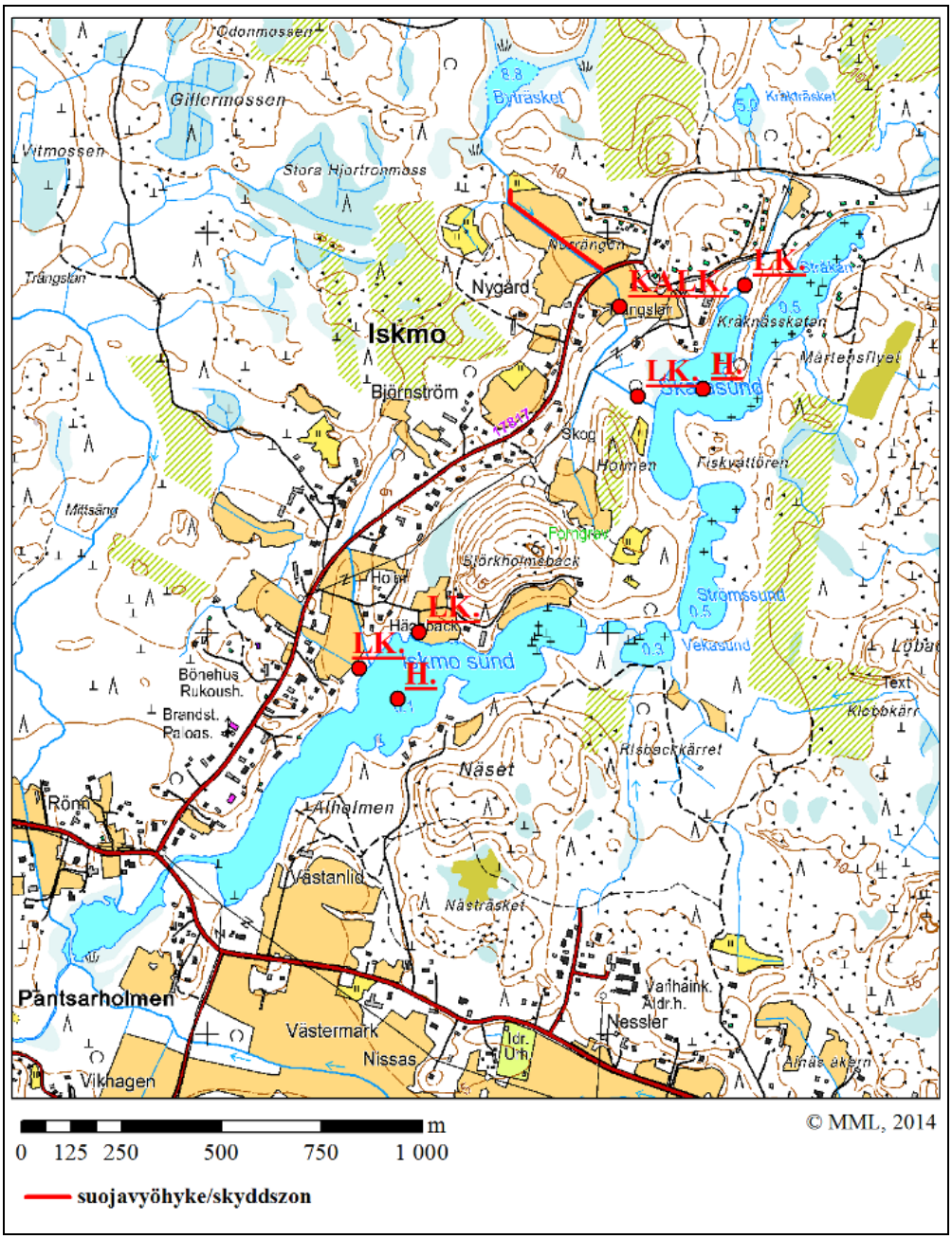
Sedimenttinäytteiden kalkitustarve Iskmo sundissa ja Skatasundissa 2013. Tarvittava kalkkimäärä vaihtelee maalajin ja mitatun pH: n mukaan. Sulkeissa oleva luku tarkoittaa kyseisen näytteen pH:n arvoa tyydyttävä ja hyvä. Esim. Skatasundinpohj. pintanäytteen pH:n nostaminen mitatusta arvosta luokkaan tyydyttävä (5,6) tarvitaan kalkkia 18 tn/ha ja luokkaan hyvä (6,0) 28 tn/ha.

Näyte	Maalaji	Kalkkia tn/ha
Skatasundpohj. 1-10 cm	Järvimuta	18 (5,6)/28 (6,0)
Skatasundpohj. 28-38 cm	Hietasavi/runsasmultainen	7 (6,0)/16 (6,5)
Skatasund etelä 1-10 cm	Järvimuta	21 (5,6)/31 (6,0)
Skatasund etelä 28-38 cm	Aitosavi/erittäin runsasmultainen	7 (6,2)
Iskmo sundpohj. 1-10 cm	Järvimuta	7 (6,0)
Iskmo sundpohj. 28-38 cm	Hietasavi/erittäin runsasmultainen	-
Iskmo sundkeskik. 1-10 cm	Järvimuta	5 (6,0)
Iskmo sundkeskik. 28-38 cm	Järvimuta	-

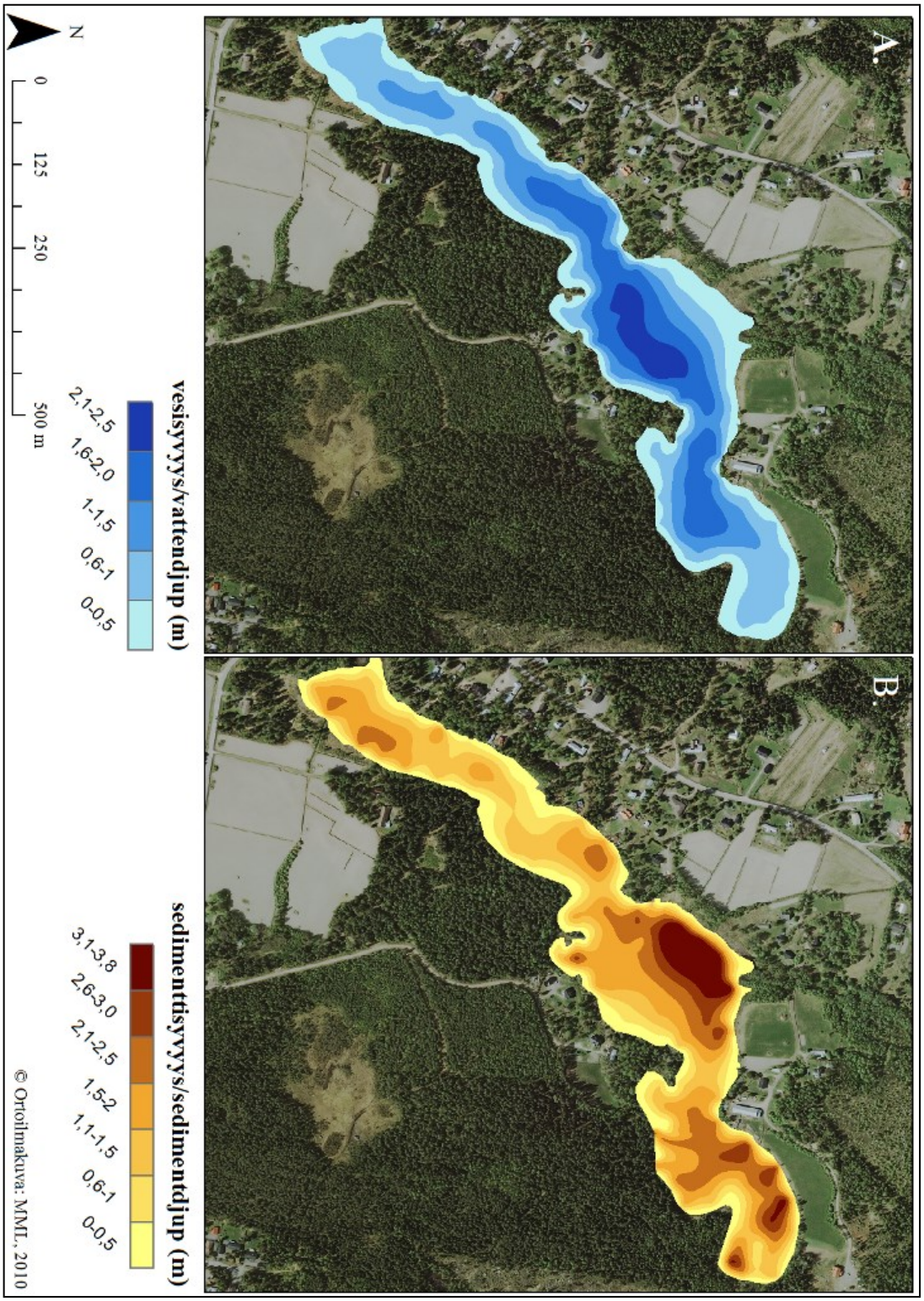
LIITE 5. Byträsket kosteikon vaatimat rakenteet. Viiksiojat punaisella. Ojien syvyys tulisi happamuusriskin takia rajoittaa alle 50 cm:n. Viiksiojilla tarkoitetaan matalia ja lyhyitä ojia, joiden avulla ohjataan vesi laajemmalle alalle ja vähennetään näin varsinaisen ojan virtaamaa.



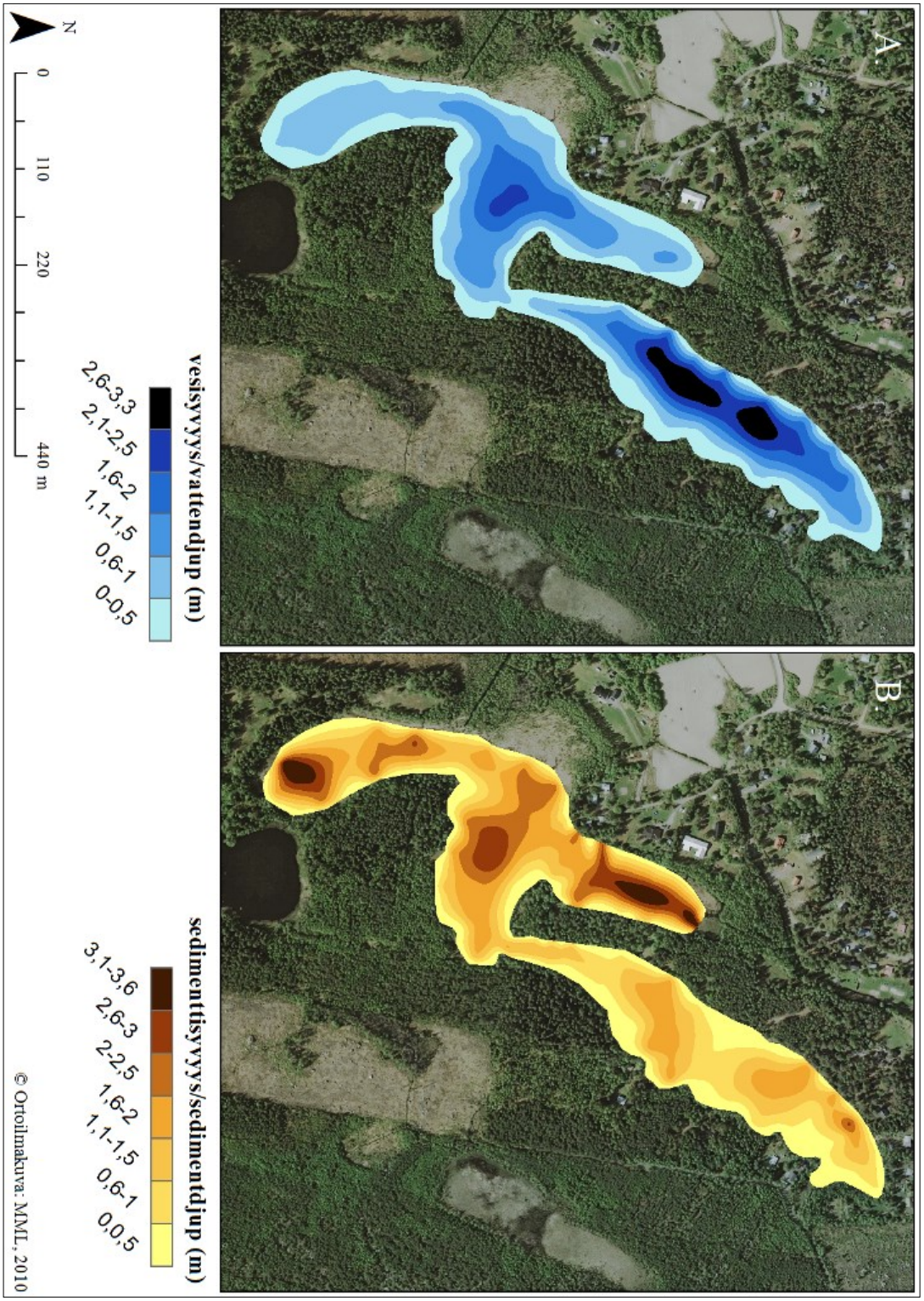
LIITE 6. Valuma-alueen vesiensuojelulliset rakenteet ja hapetuslaitteiden sijaintivaihtoehdot (H: hapetuslaitteen sijainti; KALK: kalkituskohde; LK: lietekuoppa). Huom. katso myös s. 34, missä lisätietoja suoja-alueista.



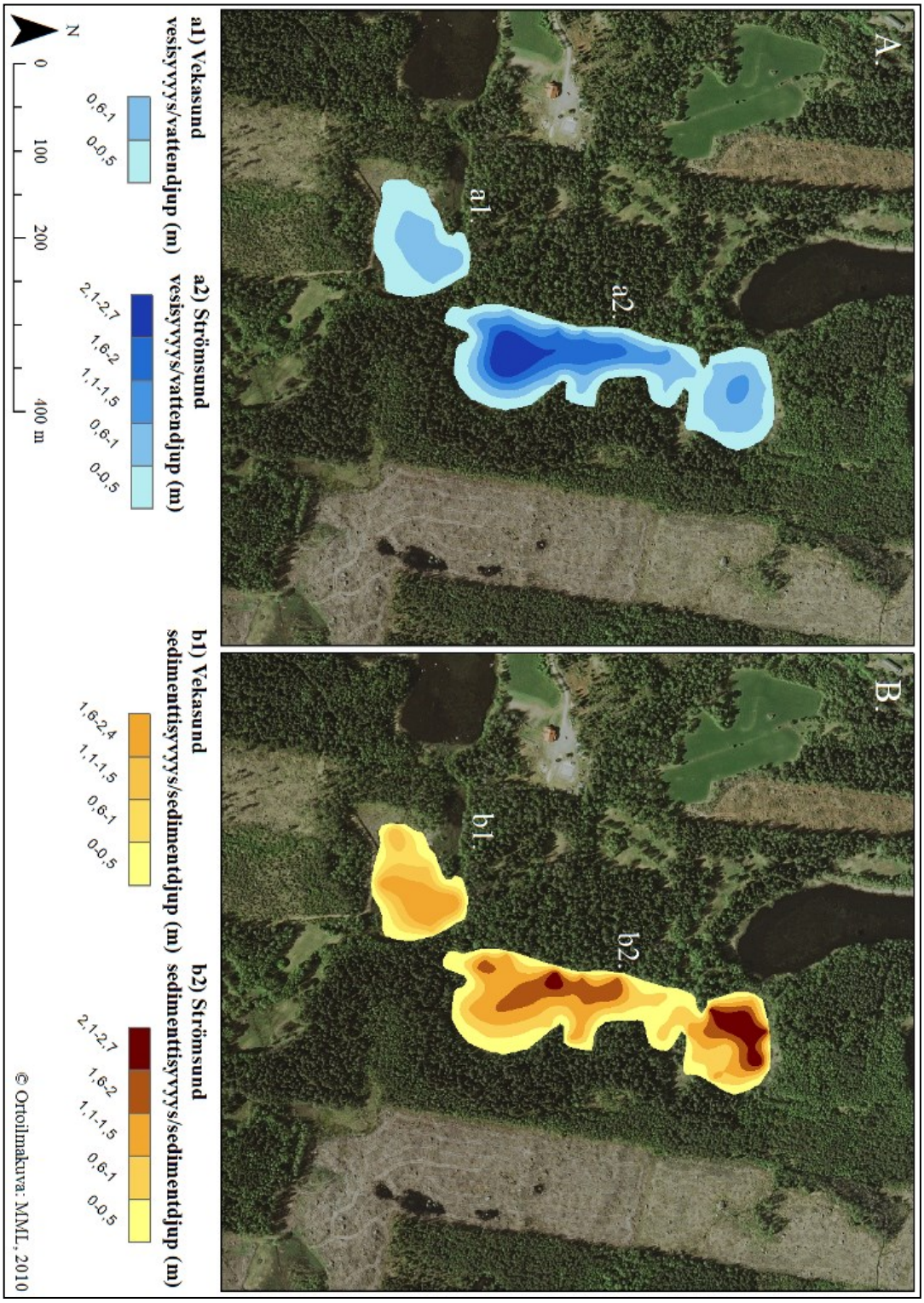
LIITE 7. Iskmo sundin vesi (A)- ja mutasyvyys (B). Kartat perustuvat vuonna 2011 kerättyyn pisteaineistoon.



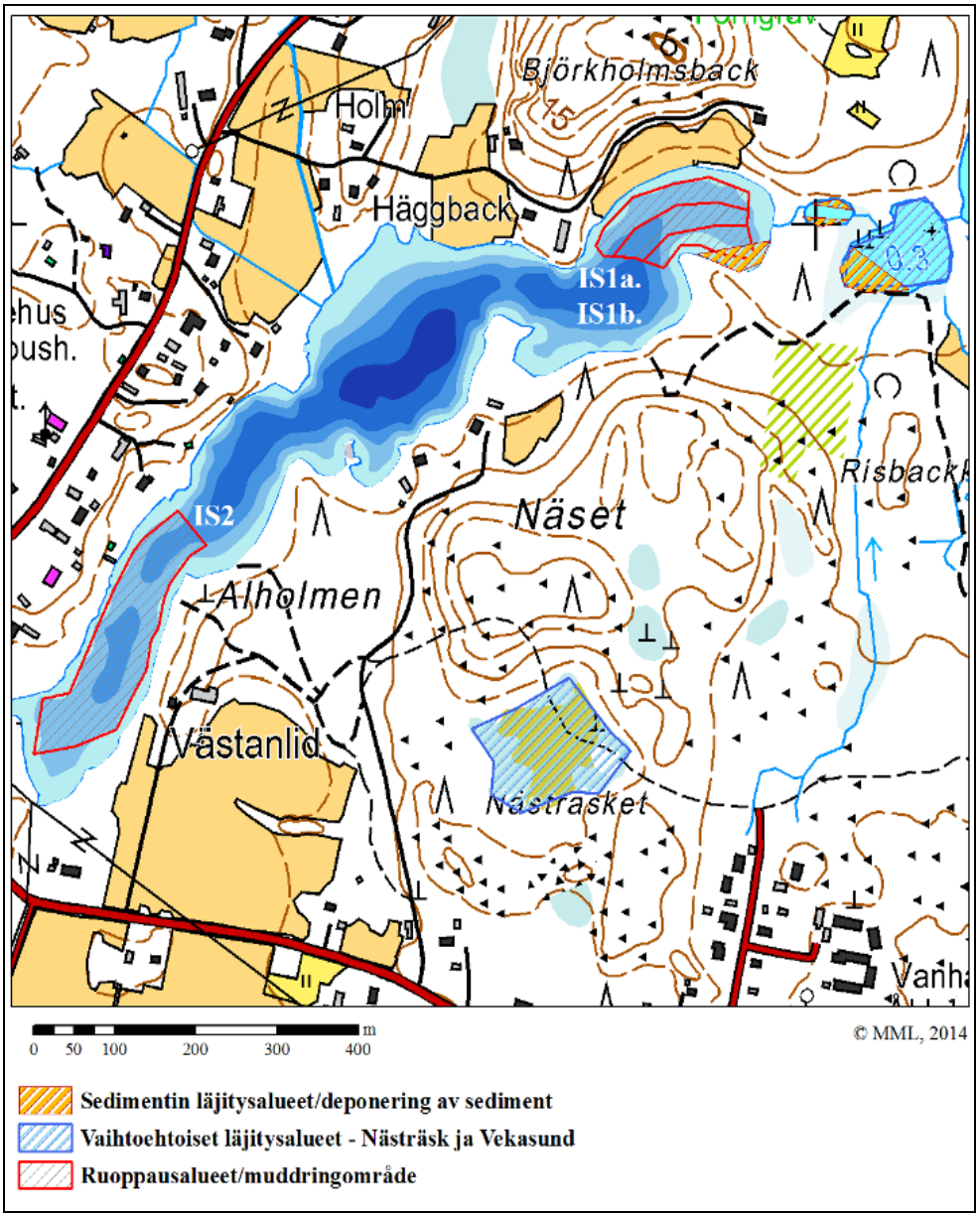
LIITE 8. Skatasundin vesi (A)- ja mutasyvyys (B). Kartat perustuvat vuonna 2011 kerättyyn pisteaineistoon.



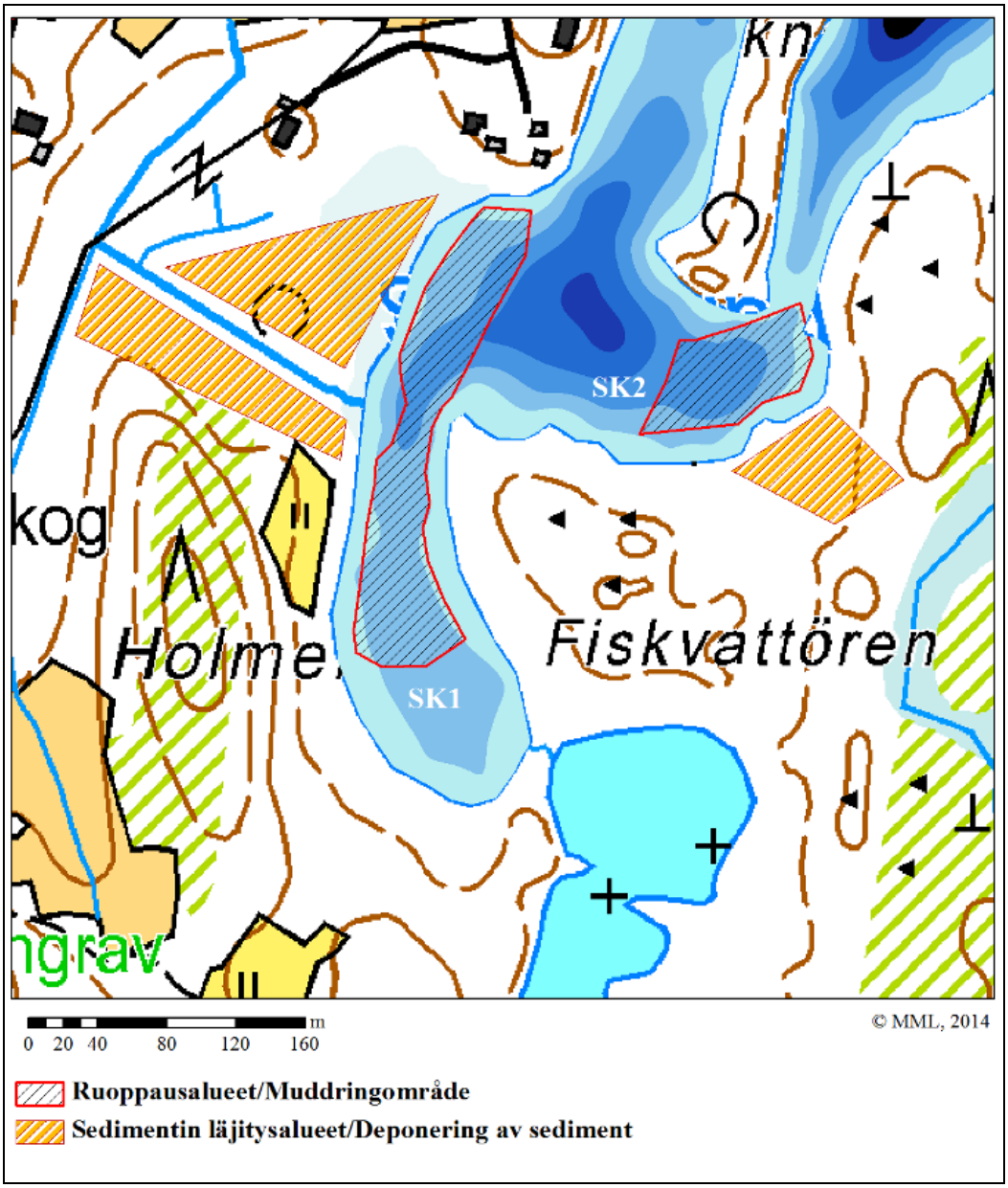
LIITE 9. Ström- ja Vekasundin vesi (A)- ja mutasyvyys (B). Kartat perustuvat vuonna 2011 kerättyyn pisteaineistoon.



LIITE 10. Karttaesitys Iskmo sundin vaihtoehtoisista ruoppausalueista ja läjitysalueista.



LIITE 11. Karttaesitys Skatasundin vaihtoehtoisista ruoppaus- ja läjitysalueista.



LIITE 12. Iskmosundenille suunniteltujen kunnostustoimien kustannusarvioita. Hinta-arviot ilman arvolisänveroa. Ruoppaustoimien hinta-arvio ainoastaan alustava. Yhteiskustannuksissa ei ole huomioitu mahdollista Iskmo sundin vedenpinnan nostoa.

	Toimenpide	Selite	Kustannus (€)
Suunniteltu	Ruoppaus	Skatasund 1 (SK1)	19 150
		Skatasund 2 (SK2)	6 170
		Iskmo sund 1b. (IS1b)	9 400
	Ruoppaus, laajempi vaihtoehto	Iskmo sund 1a. (IS1a)	18 920
		Iskmo sund 2 (IS2)	28 800
	Hapetus	Iskmo sund. Yhden hapetuslaitteen hankintahinta + kaapeli	10 000 + X
		Skatasund. Yhden hapetuslaitteen hankintahinta + kaapeli	10 000 + X
		Käyttökulut/järvi + huolto/v.	1 400 + X
	Byträsket -kosteikko	Ojastojen kaivuu. Lisäkuluja mm. kaivuumassojen kalkituksesta.	400
	Lietekuopat 4x.	Olemassa olevien lietekuoppien kunnostus/parantaminen. Lisäkuluja kalkituksesta.	800
Lisätoimenpiteet	Kalkitus	Kalkin yksikköhinta maastoon tuotuna/tn (Nordkalk)	60 (alustava kalkin määrä n. 100 tn.).
	Sedimenttitutkimus	Näytteenotto + näytteet (24 kpl)	5 000
	Täydentävät luontoselvitykset		
Suunnitellut- ja lisätoimenpiteet yhteensä		Arvioitu maksimikustannustaso (suppeammat ruoppausvaihtoehdot, kalkkimäärä 15 kg/m^3). Ei sisällä ojavesien suorakalkitusta.	75 000-85 000
Vaihtoehtoiset toimenpiteet	Vedenpinnan nosto	Patoharjametri.	1 000
	Vesikasvillisuuden vähentämien	Niitto/ha.	300

LIITE 13. Iskmon kalastuskysely 2014.

Iskmo fiskeförfrågan 2014

Din ålder: _____

1. Ditt förhållande till Iskmo-Jungsund?

a) fast bosatt b) fritidsboende c) annat, vad?

_____

2. Är du

a) yrkesfiskare b) fritidsfiskare

3. Hur lång erfarhet har du av Iskmo sjöarna i allmänhet?

_____ år

a) Fiskeriaktivitet under de senaste 10 åren? Har den t.ex. minskat, varit på samma nivå eller ökat?

_____

_____

_____

b) Under vilka månader har fiskeriet skett?

1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12

4. a) Hur stor är fiskeriets betydelse i Iskmo sjöarna överhuvudtaget?

Liten Mycket stor

1	2	3	4	5

4. b) Sjöarnas betydelse för fritidsverksamheten?

Liten Mycket stor

1	2	3	4	5

5. Villka fångstmetoder används?

Nät	Kass	Drag	Isfiske	Mete	Annan

6. Viktigaste fiskarter:

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

7. Viktigaste/bästa fiskeplatserna i Iskmo?

1. _____
2. _____
3. _____
4. _____

8. Har det skett förändringar i fiskebeståndet under de senaste 10-20 åren?
Förbättrats, försämrats eller hållits på samma nivå?
Finns det någon art tydligt har minskat eller ökat i antal?

_____

_____

b) Finns det behov av göra något åt fiskebeståndet?
Så som t.ex. minska mörtbeståndet?

Ja	Vet inte	Nej

9. Har det skett förädringar i vattenkvaliteten under de senaste 10-20 åren?

Betydlig försämring				Förbättring
1	2	3	4	5

10. Vilka förändringar har skett med Iskmo sjöarna under de senaste decennierna?
Hur betydande har evetuella förädringar varit? Skala 1-5

a)	Allmän övergödning/eutrofiering
b)	Sjöarna har blivir grundare
c)	Tillökning av sjöväxter
d)	Fiskemöjligheterna har minskat
e)	Möjlighet till fritidsversamhet har minskat
f)	Fiskdödlighet om vårarna
g)	Övrigt, vad?

_____

FÖRENINGEN
ISKMOSUNDEN RF

WWW.ISKMOSUNDEN.FI