Tutkimusraportti

Örön satama-alueen ruoppauksen ympäristöselvitys

Jari Hänninen, Sami Jokinen, Iita Manninen, Katja Mäkinen
Saaristomeren tutkimuslaitos
20 012 Turun yliopisto

1. Johdanto

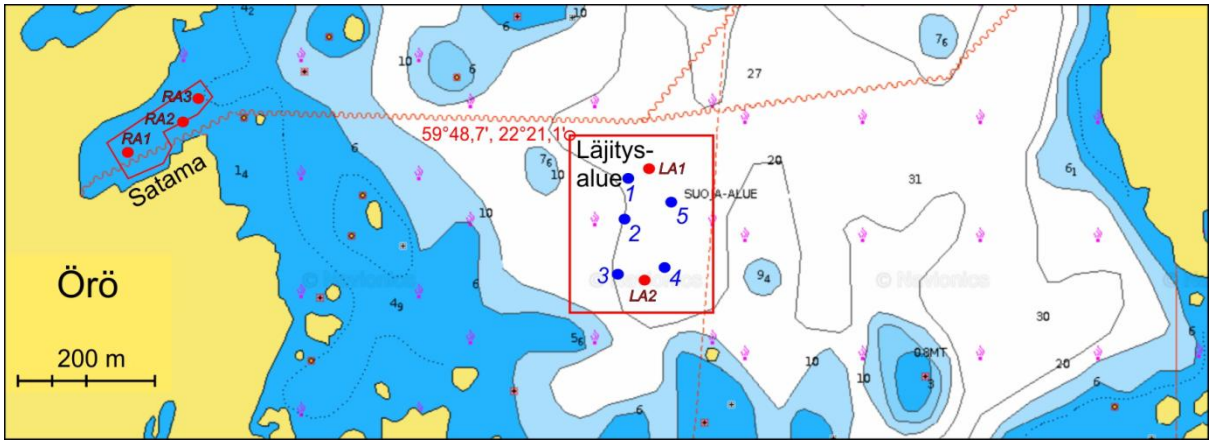
Puolustusvoimat vetäytyy Örön linnakesaarelta vuoden 2014 lopulla, jonka jälkeen saaren hallinnointi on siirtymässä Metsähallitukselle. Metsähallitus suunnittelee saaresta merkittävää virkistyskäyttökohdetta osana Saaristomeren kansallispuiston palveluita.

Oletettavasti lisääntyvä matkailijavirta edellyttää toimia Örön sataman nykyiseen infrastruktuuriin. Satamaan mahtuu tällä hetkellä vain noin 3 venettä mikä on riittämätön suunniteltua matkailukäyttöä varten, tarve on selvästi useamman veneen retkisatamalle. Retkisataman muutostoimien ensisijainen edellytys on Gölenin satamalahden syventäminen ruoppaamalla. Suunnitteilla on ruopata satama-allas kolmen metrin syvyyteen. Tämä vaatii noin 19 400m^3 maa-aineksen siirtoa pois Gölenin lahdesta. Ruoppausmassat on suunniteltu läjitettäväksi noin 1.2 km itään alueelle, jossa syvyyttä on 20-30 m.

Ruoppaustoiminta edellyttää Aluehallintoviraston viranomaislupaa. Tämän selvityksen tarkoituksena on tuottaa perustietoja Gölenin satama-altaan ruopattavan massan ominaisuuksista sekä suunnitellun läjitysalueen ympäristön tilasta lupahakemuksen sekä viranomaispäätöksen tueksi.

2. Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalueet sijaitsevat toisistaan noin 1.5 km etäisyydellä. Ruopattava Gölenin satama-alue on matala lahti, kooltaan 1.6 ha ja keskisyvyydeltään 1.78 m. Kaavailtu läjitysalue sijaitsee noin 1.5 km itään Busofjärdenillä. Läjitysalue on kooltaan noin 200 m x 300 m syvyyden vaihdellessa 20-30 metrin välillä.



Kuva 1. Ruopattava satama-allas Gölenin lahdella sekä kaavailtu läjitysalue Busofjärdenillä. Punaiset pisteet = sedimenttinäytepisteet (koordinaatit löytyvät kuvista 2-4). Siniset pisteet = pohjaeläinpisteet.

Näytteenottopäivä oli 25.11.2013. Selvityksessä teimme mittauksia ja näytteenottoa suunnitellun läjitysalueen meriveden hydrografiasta ja pohjaeläinyhteisön koostumuksesta sekä molempien tutkimusalueiden sedimenttien koostumuksista.

I. Sedimenttianalyysit

Ruoppausalueen sedimenttinäytteenotto Gölenin lahdessa suunniteltiin alun perin tehtäväksi kolmesta varsinaisesta pisteestä sekä kolmesta varapisteestä. Tarkoituksena oli tutkia kustakin pisteestä sedimenttikoostumukset 0-5 cm, 5-20 cm ja 20-50 cm syvyisestä maa-aineksesta. Ennakkotietona oli että maa-aines lahdessa olisi pääosin hiekan sekaista savea. Kyseisen maa-aineksen selvittämiseen sopiva menetelmä ajateltiin olevan jatkovarsin varustettu *Venäläinen Suokaira* (halkaisija 8 cm), jota operoitiin veden mataluuden vuoksi pienveneestä käsin. Läjitysalueella sedimenttien näytteenottopisteitä oli kaksi. Näytteenottovälineenä käytettiin *Limnos pintasedimenttinoudin* (halkaisija 9 cm), jota operoitiin tutkimusalus Aurelian näytteenottovinssillä. Läjitysalueen näytepisteistä tutkittiin sedimenttikoostumukset 0-5 cm sekä 5-20 cm syvyisestä maa-aineksesta.

Sedimenteistä tutkittiin maa-aineksen kuiva-ainesosuus, hehkutushäviö, ominaispaino sekä raekokojakauma. Kuiva-ainesosuus ja hehkutushäviö (*Loss On Ignition, LOI*) määritettiin kuivaamalla näytteitä ensin 12 tuntia 105 ^{0}C:ssa, minkä jälkeen näytteitä hehkutettiin hehkutusuunissa 2.5 tuntia 550 ^{0}C:ssa (Bengtsson & Enell 1986). Näytteiden ominaispaino eli märkätiheys määritettiin punnitsemalla 32.5 cm^3 tuoretta sedimenttiä.

Raekokojakauman määritys tehtiin läjitysalueen hienoainespitoisista näytteistä (LA1 0-5 cm, LA1 5-20 cm, LA2 0-5 cm ja LA2 5-20 cm) *Coulter LS 200 laserdiffraktiometrillä*. Ennen laserdiffraktiometrianalyysiä orgaaninen aines poistettiin näytteistä vetyperoksidin avulla. Ruoppausalueen sedimenttinäytteiden (RA1 0-5 cm, RA2 0-5 cm ja RA3 0-5 cm) karkean aineksen (>63 µm) raekokojakaumat määritettiin kuivaseulonnalla. Kuivaseulonnassa erotellun hienoaineksen (<63 µm) raekokojakauma määritettiin erikseen *Coulter LS 200 laserdiffraktiometrillä*, minkä jälkeen kuivaseulonnan ja laserdiffraktiometrianalyysin tulokset yhdistettiin. Lajitteet (savi, siltti, hiekka ja sora) nimettiin *Geoteknisen maalajiluokitusen* mukaan (Korhonen *et al*. 1974) (Taulukko 1).

Taulukko 1. Geoteknisen maalajiluokituksen mukaiset lajitteiden raekoot (Korhonen et al. 1974).

Lajite	Raekoko (mm)
Sora	2–60
Hiekka	0,06–2
Siltti	0,002–0,06
Savi	< 0,002

Lisäksi otimme vastaaviat sedimenttinäytteet myös *Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy*:n metallimäärityksiä varten (kadmium, kupari, elohopea, kromi, lyijy, nikkeli ja sinkki, PCB-yhdisteet (PCB kongeneerit, IUPAC-numerot 28, 52,101, 118, 138, 153 ja 180) sekä orgaaniset tinayhdisteet.) Metallianalyysien tulokset raportoidaan *LSVSY*n toimesta erillisessä raportissa.

II. Läjitysalueen pohjaeläinyhteisön tila

Läjitysalueen pohjanäytteet otettiin *van Veen* -pohjanoutimella (koko 33 cm x 35 cm) käyttäen tutkimusalus Aurelian näytteenottovinssiä. Näytteenottopisteitä oli yhteensä viisi, joita käsiteltiin rinnakkaisina toistoina kuvaamaan läjitysalueen pohjaeläinyhteisön tilaa. Pohjanoutimella saatu aines nostettiin paljuun jossa sen ominaisuudet tarkasteltiin aistinvaraisesti (hapettuneen kerroksen paksuus, rikkivedyn esiintyminen). Näyte seulottiin seulapöydällä 500 µm seulan läpi ja seulalle jääneet makroskooppiset pohjaeläimet säilöttiin (70% etanoli) näytepurkkiin myöhemmin laboratoriossa analysoitaviksi. Laboratoriossa määritettiin preparointimikroskoopin avulla lajien yksilömäärät sekä biomassat (tuorepaino g wwt). Yksilömäärät sekä biomassat suhteutettiin neliömetrin laajuiselle alueelle.

III. Läjitysalueen hydrografia

Läjitysalueen hydrografia tutkittiin automaattisella CTD -sondilla (*SeaBird Electronics v2.29, USA*). Sondi laskettiin tutkimusalus Aureliasta kaapelin varassa noin metrin merenpohjan yläpuolelle. Laite mittaa syvyyden funktiona tutkittavia ympäristömuuttujia puolen sekunnin välein ja tallentaa havainnot sisäiseen muistiinsa. Muistista havainnot voidaan purkaa tarkasteluun kehitetyllä tietokoneohjelmalla (*SeaSave v.7.19, USA*) ja piirtää tutkittavista muuttujista profiilikuvat vesipatsaassa. Tässä työssä tutkitut muuttujat olivat lämpötila, sähkönjohtokyky, suolapitoisuus, happipitoisuus, sekä sameus.

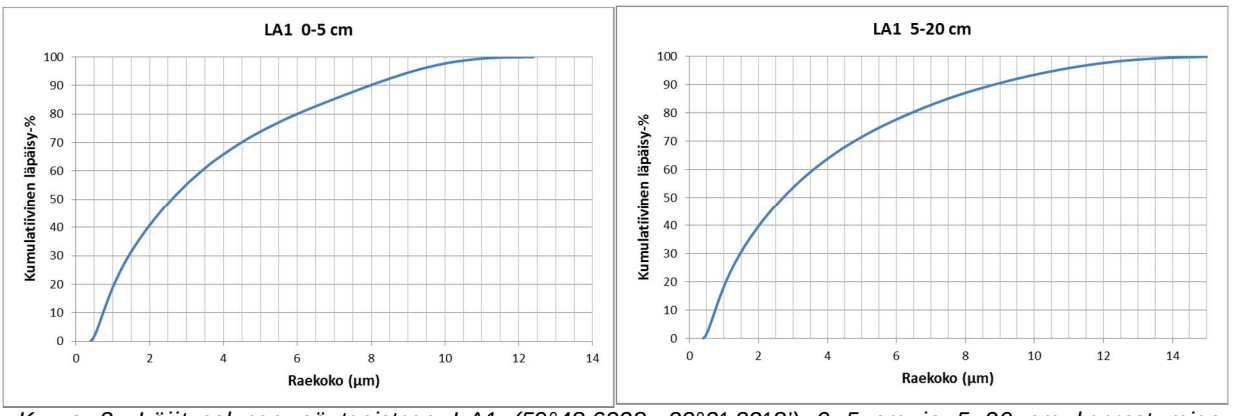
3. Tulokset

I. Sedimenttianalyysit

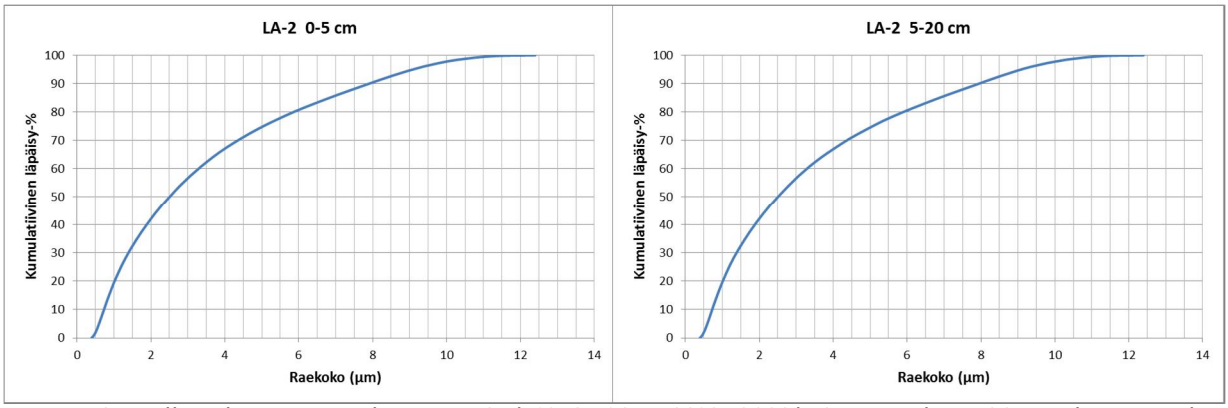
Sedimentologisten analyysien tulokset on koottu taulukkoon 2. Näytteiden raekokojakaumat on esitetty Suomessa käyttöön vakiintuneina kumulatiivisina läpäisypainoprosentteina (Kuvat 2., 3. ja 4). Ruoppausalueella hiekkaisen merenpohjan tiivis rakenne tuotti suuria ongelmia näytteiden ottamisessa. Onnistuimme saamaan suokairalla näytteet vain ylemmästä 5 cm pintakerroksesta 2-3 metrin syvyisestä vedestä. Näytteenotto olisi edellyttänyt *moottoroidun tärykairan* käyttöä, jollainen löytyy Suomesta vain *SYKEn Merikeskuksesta*. Samasta syystä myös suunnitelluista varapisteistä luovuttiin.

Taulukko 2. Sedimenttinäytteiden kuiva-ainesosuus, hehkutushäviö ja eri raekokolajitteiden osuus painoprosentteina. Raekokolajitteiden osuudet on laskettu kumulatiivisista läpäisyprosenteista.

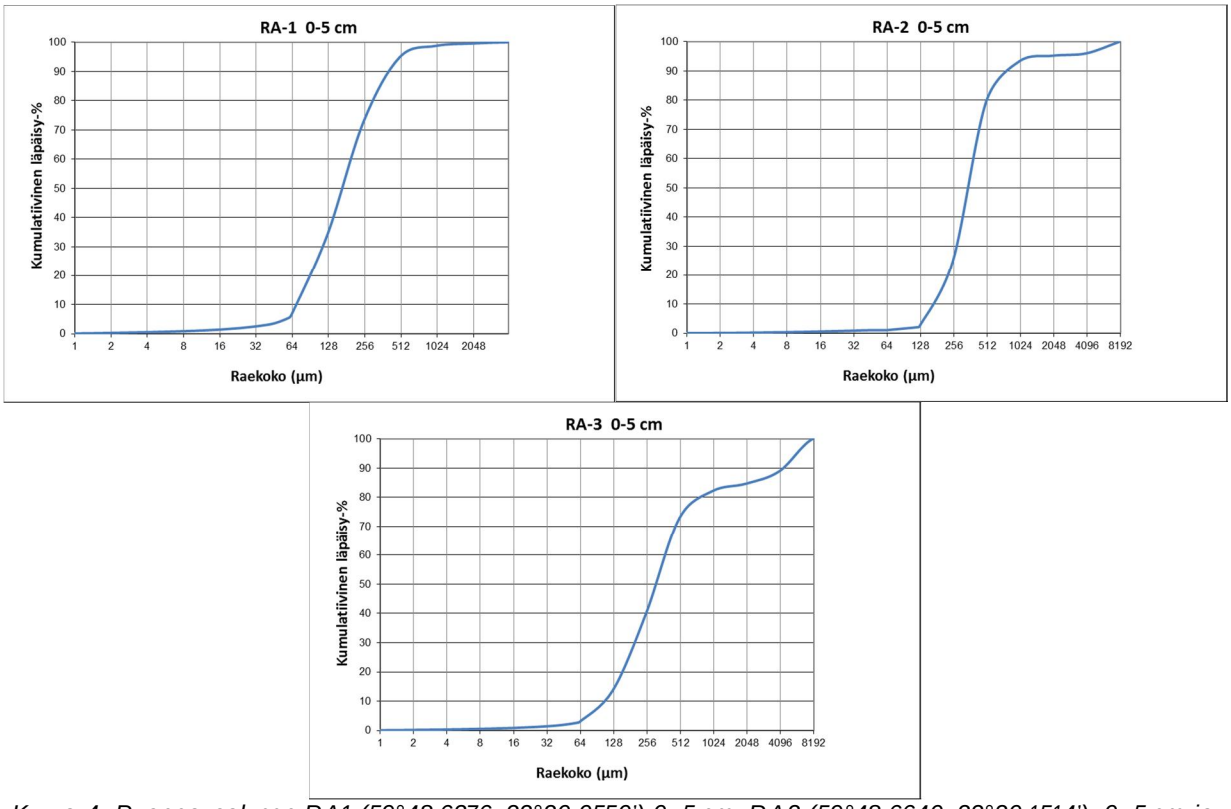
Näyte (cm)	Ominais-paino (g/cm³)	Kuiva-ainesosuus (%)	Hehkutus-häviö (%)	Savi (paino-%)	Siltti (paino-%)	Hiekka (paino-%)	Sora (paino-%)
LA1 0–5	1,11	17,0	17,1	41,0	59,0	—	—
LA1 5–20	1,11	20,4	14,3	39,9	60,1	—	—
LA2 0–5	1,11	15,8	16,4	42,3	57,7	—	—
LA2 5–20	1,12	23,4	12,5	42,3	57,7	—	—
RA1 0–5	1,76	67,0	1,4	0,3	6,2	93,1	0,4
RA2 0–5	1,79	70,2	1,0	0,1	0,9	94,2	4,8
RA3 0–5	1,80	71,9	1,3	0,2	2,7	81,8	15,3



Kuva 2. Läjitysalueen näytepisteen LA1 (59°48,6228, 22°21,3218') 0–5 cm ja 5–20 cm kerrostumien raekokojakaumat kumulatiivisina läpäisypainoprosentteina.



Kuva 3. Läjitysalueen näytepisteen LA2 (59°48,4934', 22°21,2663') 0–5 cm ja 5–20 cm kerrostumien raekokojakaumat kumulatiivisina läpäisypainoprosentteina.



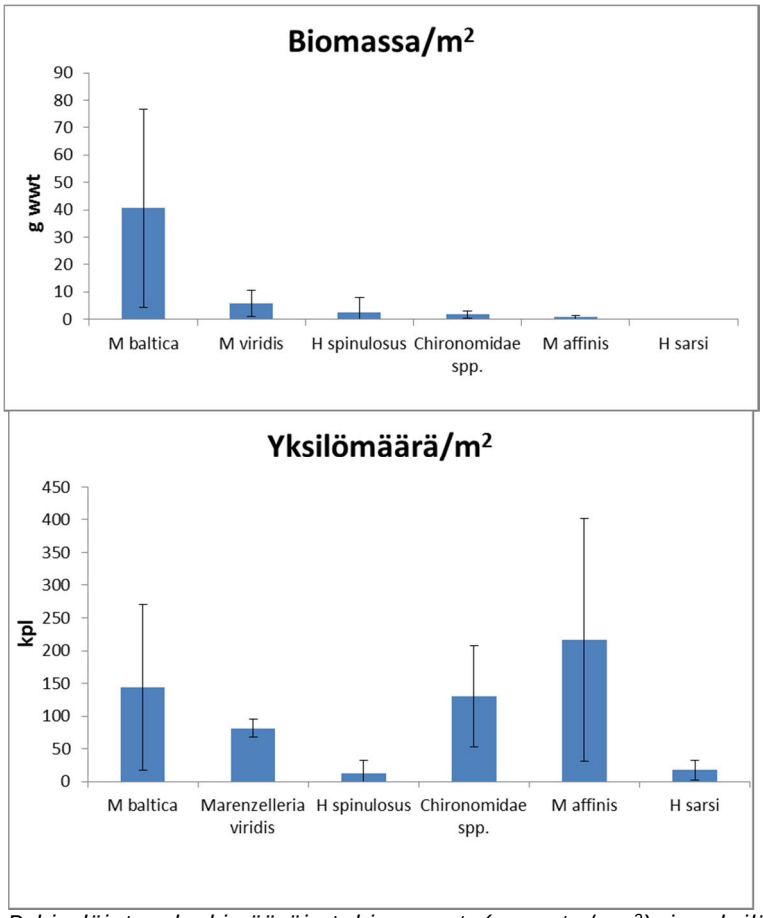
Kuva 4. Ruoppausalueen RA1 (59°48,6376, 22°20,0550') 0–5 cm, RA2 (59°48,6640, 22°20,1514') 0–5 cm ja RA3 (59°48,6884, 22°20,2242') 0–5 cm kerrostumien raekokojakaumat kumul. läpäisypainoprosentteina.

II. Läjitysalueen pohjaeläinyhteisön tila

Pohjaeläinten näytteenottopisteiden syvyydet vaihtelivat välillä 25.1 - 31.1 metriä. Pohjaeläinyhteisön koostumus oli samankaltainen kaikilla viidellä näytteenottopisteellä. Yhteisö koostui yhteensä viidestä lajista (Taulukko 3). Biomassaltaan merkittävin laji oli *liejusimpukka* (Kuva 5.) kun taas yksilömäärältään suurin oli *valkokatka* (Kuva 6).

Taulukko 3. Läjitysalueen pohjaeläinlajiston biomassojen keskiarvot tuorepainona (g wwt / m²) sekä keskimääräiset yksilömäärät (kpl / m²) keskihajontoineen. Lajisto on lueteltu biomassojen mukaisessa suuruusjärjestyksessä.

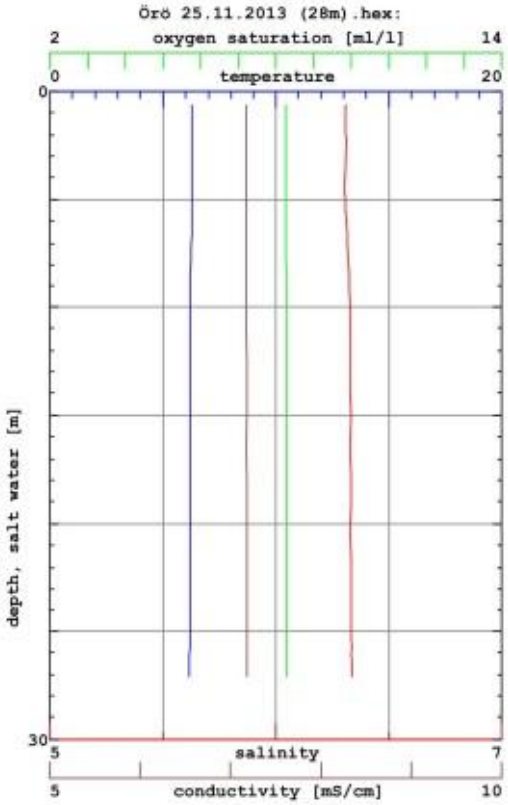
Laji	Biomassa (g wwt /m²)	SD	Yksil. (kpl / m²)	SD
Liejusimpukka (*Macoma baltica*)	40.5	36.1	143.7	126.1
Amerikansukasjalkainen (*Marenzelleria viridis*)	5.7	4.7	81.4	14.1
Makkaramato (*Halicryptus spinulosus*)	2.6	5.1	12.1	20.2
Surviaissääsken toukka *(Chironomidae spp.)*	1.7	1.4	129.5	77.1
Valkokatka (*Monoporeia affinis*)	0.8	0.7	216.5	186.0
Liejusukasjalkainen (*Harmothoe sarsi*)	<0.1	<0.1	17.3	15.5



Kuva 5. Pohjaeläinten keskimääräiset biomassat (g wwt / m²) ja yksilömäärät suunnitellulla läjitysalueella. Hajontapylväät ilmaisevat viiden rinnakkaisen näytteen lajittaiset keskihajonnat.

III. Läjitysalueen hydrografia

Hydrografian tulokset ovat ensimmäiseltä sedimenttien näytteenottopisteeltä (Kuva 1. piste LA_1 läjitysalueella). Sameusanturissa havaittiin jälkikäteen vika eikä tuloksia voida siksi esittää. Profiilikuvaajasta on nähtävissä vesipatsaan tila syksyn täyskierron aika: vesimassa on käytännössä homogeeninen pinnasta pohjaan riippumatta tutkittavasta muuttujasta (Kuva 7).



Kuva 7. Läjitysalueen hydrografinen profiili (0-27 m, kokonaissyvyys 28 m) lämpötilan, suolapitoisuuden, happipitoisuuden sekä johtokyvyn suhteen.

4. Tulosten tarkastelu

Suunnitellun läjitysalueen sedimenttinäytteet ovat geoteknisen maalajiluokituksen mukaan silltisiä liejusavia (Korhonen *et al*. 1974). Ominaisuuksiltaan näytteet vastaavat Saaristomeren nykyisten akkumulaatiopohjien resenttejä orgaanispitoisia liejusavia (Virtasalo *et al*. 2007). Myös Jonssonin *et al*. (1990) luokituksen mukaan läjitysalue on akkumulaatiopohjaa. Virtasalo *et al*. (2007) mukaan resenttien liejusavien (*Brackish-water sediment drifts)* raekoon mediaani on noin 2 µm ja hehkutushäviö 5–15 % kasvaen pintaa kohti. Läjitysalueen näytteiden korkeat hehkutushäviöt 12.5–17.1 % viittaavat siihen, että pintasedimentti on kerrostunut viime vuosikymmenien aikana. Lisäksi korkea vesipitoisuus (alhainen viskositeetti) ja

pohjaeläinnäytteiden seulonnassa havaittu suuri kasvinjäänteiden määrä ovat tyypillisiä ominaisuuksia resenteille liejusaville (Virtasalo *et al*. 2007). Näytteiden hienorakeinen minerogeeninen aines ja osa orgaanisesta aineksesta ovat todennäköisesti peräisin maankohoamisen aiheuttamasta vanhempien sedimenttien resuspensiosta akkumulaatioaltaan reunoilla (esim. Jonsson *et al*. 1990).

Ruopattavan lahden sedimenttinäytteet ovat geoteknisen luokituksen mukaan hiekkoja (Korhonen *et al*. 1974). Jonssonin *et al*. (1990) luokituksen mukaan ruopattavan lahden sedimenttinäytteiden ominaisuudet vastaavat eroosiopohjien sedimenttien ominaisuuksia. Pohjan eroosioluonteeseen viittaavat hienoaineksen vähäinen määrä sekä alhainen hehkutushäviö ja vesipitoisuus. Lahti on matala ja avoin mm. tuulille, minkä vuoksi aaltoeroosio estää resentin liejusaven kerrostumisen.

Suunnitellun läjitysalueen nykyhetkinen pohjaeläinlajisto edustaa sekä yksilömäärältään että biomassaltaan tyypillistä Saaristomeren välisaariston pohjaeläinyhteisöä tutkitussa syvyysvyöhykkeessä (mm. Bonsdorff *et al*. 1991, Hänninen & Vuorinen 2001). Samat lajiryhmien edustajat muodostavat valtaosan Saaristomeren pohjaeläimistöstä myös muualla välisaariston alueella samassa syvyysvyöhykkeessä.

Läjitysalueen hydrografisten muuttujien arvot kuvastavat meriveden tyypillisiä vuodenaikaisia arvoja syksyisen vesikerrostumien (erit. termokliini) purkautumisen jälkeen välisaaristossa.

Lähteet

Bengtsson, L. & Enell, M. 1986. Chemical analysis. Teoksessa: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology* (toim. B.E. Berglund), John Wiley and Sons, Chichester, 423–451.

Bonsdorff E., Aarnio K. & Sandberg E. 1991. Temporal and spatial variability of zoobenthic communities in the archipelago waters of the Northern Baltic Sea - consequences of eutrophication? *Int. Rev. Ges. Hydrobio.* 76: 433-449.

Hänninen, J. & Vuorinen, I. 2001. Macrozoobenthos structure in relation to environmental changes in the Archipelago Sea, northern Baltic Sea. *Boreal Env. Res.* 6:93-105.

Jonsson, P., Carman, R., & Wulff, F. 1990. Laminated sediments in the Baltic – A tool for evaluating nutrient mass balances. *Ambio* 19:152–158.

Korhonen, K-H., Gardemeister, R. & Tammirinne, M. 1974. *Geotekninen maaluokitus*. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Geotekniikan laboratorio, tiedonanto 14, 20 s.

Virtasalo, J., Kotilainen, A., Räsänen, M. & Ojala, E. 2007. Late-glacial and post-glacial deposition in a large, low relief epicontinental basin: the northern Baltic Sea. *Sedimentology* 54:1323–2344.